

| | |
|---|----------|
| Gravnelaget for utredningen | 1 |
| 1.1 Mål og underliggende premisser | 1 |
| 1.2 Kilder og informasjonsgrunnlaget - CERN | 3 |
| 1.3 Analyse og fremgangsmåte | 4 |
| Norsk deltakelse i CERN | 7 |
| 2.2 Deltagelse i CERN og nasjonal tilknytning | 9 |
| 2.3 Policy og styringsmåte | 10 |
| 2.4 Drift, økonomi og folk på CERN | 11 |
| Helge Godø | |
| med bidrag fra | 16 |
| Øyvind Såtvedt | |
| Aris Kaloudis (bibliometri) | |
| Hans Skoie | |
| Norsk deltakelse i CERN | 23 |
| 1.1 Mål og underliggende premisser | 23 |
| 1.2 Kilder og informasjonsgrunnlaget | 23 |
| 1.3 Analyse og fremgangsmåte | 23 |
| 2.1 Deltagelse i CERN og nasjonal tilknytning | 25 |
| 2.2 Policy og styringsmåte | 27 |
| 2.3 Drift, økonomi og folk på CERN | 29 |
| 2.4 Bidrag og kompetanse | 29 |
| 3.1 Deltakelse i CERN og nasjonal tilknytning | 31 |
| 3.2 Policy og styringsmåte | 33 |
| 3.3 Drift, økonomi og folk på CERN | 35 |
| 3.4 Bidrag og kompetanse | 37 |
| 4.1 Deltakelse i CERN og nasjonal tilknytning | 37 |
| 4.2 Policy og styringsmåte | 38 |
| 4.3 Drift, økonomi og folk på CERN | 38 |
| 4.4 Bidrag og kompetanse | 38 |
| 5.1 Deltakelse i CERN og nasjonal tilknytning | 38 |
| 5.2 Policy og styringsmåte | 40 |
| 5.3 Drift, økonomi og folk på CERN | 40 |
| 5.4 Bidrag og kompetanse | 40 |



Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Grunnlaget for utredningen | 1 |
| 1.1 | Mål og underliggende premisser | 1 |
| 1.2 | Kilder og informasjonsgrunnlaget - CERN | 3 |
| 1.3 | Analyse og fremgangsmåte | 4 |
| 2 | Generelt om CERN | 7 |
| 2.1 | Historisk bakgrunn | 7 |
| 2.2 | Deltagelse i CERN og nasjonal tilknytning | 8 |
| 2.3 | Policy og styringsmåte | 10 |
| 2.4 | Drift, økonomi og folk på CERN | 11 |
| 3 | CERNs aktiviteter i dag | 16 |
| 3.1 | Eksperimentene ved CERN | 16 |
| 3.2 | Ambisjoner og retning på CERNs virksomhet | 18 |
| 3.3 | Partikkelfysikk utenom CERN | 21 |
| 4 | Norsk deltakelse i CERN | 23 |
| 4.1 | Historisk bakgrunn | 23 |
| 4.1.1 | De første år | 23 |
| 4.1.2 | Utvidelsene av CERN | 25 |
| 4.1.3 | Hva har vært diskutert 1948 - 1997? | 27 |
| 4.1.4 | Oppsummering - historisk perspektiv på CERNs rolle i norsk forskningpolitikk | 28 |
| 4.2 | CERN - aktiviteter og prosjekter med norsk deltakelse | 29 |
| 4.2.1 | Brukere og deltakelse i CERNs eksperimenter | 29 |
| 4.2.2 | Finansiering og styring av CERN | 30 |
| 4.2.3 | Norske ansatte i CERN | 31 |
| 4.2.4 | Leveranser av norske varer og tjenester til CERN | 31 |
| 4.3 | Norske prioriteringer og valg | 31 |
| 4.4 | Omfang av norsk ressursbruk til CERN | 32 |
| 4.5 | Norsk deltakelse på personnivå | 33 |
| 4.6 | Norsk innflytelse | 34 |
| 4.7 | Nivå på norsk deltakelse | 35 |
| 4.8 | Kunnskapspredning fra CERN | 35 |
| 5 | Resultater oppnådd hittil | 37 |
| 5.1 | Metodiske begrensinger | 37 |
| 5.2 | Scientometriske målinger av resultater oppnådd | 38 |
| 5.2.1 | Patenter | 38 |
| 5.2.1 | Vitenskapelig artikler - resultater av en bibliometrisk analyse | 38 |
| 5.3 | Opplæringseffekten av deltakelse i CERN | 40 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.4 | Kommersiell virksomhet ut fra CERN | 41 |
| 5.5 | Nettverksaspektet ved deltakelse i CERN | 43 |
| 5.6 | Alternative prioriteringer | 44 |
| 6 | Forskningsmessige utsikter for CERN | 45 |
| 6.1 | LHC | 45 |
| 6.2 | Generelt om forskningsmessig utsikter | 45 |
| 6.3 | Forholdet CERN-deltakelse og NFR/NTs strategier | 47 |
| 6.4 | OECDs Megascience Forum | 48 |
| 7 | Fremtidsutsikter: Politiske faktorer | 50 |
| 7.1 | Politiske tendenser som påvirker internasjonalt forskningssamarbeid ... | 50 |
| 7.1.1 | ØMU - budsjettreduksjoner på kort sikt | 50 |
| 7.1.2 | Europa utvides for CERN | 51 |
| 7.1.3 | OECDs Megascience Forum | 51 |
| 7.2 | CERN og EUs rammeprogrammer | 51 |
| 7.3 | Viktige politiske faktorer for Norges fremtidige deltakelse i CERN | 52 |
| 7.3.1 | Norske utenrikspolitiske interesser i CERN | 53 |
| 7.3.2 | Norske sikkerhetspolitiske interesser i CERN | 53 |
| 7.3.3 | Norske næringspolitiske interesser i CERN | 53 |
| 7.4 | Politiske alternativer | 54 |
| | Litteratur | 55 |

1 Grunnlaget for utredningen

1.1 Mål og underliggende premisser

Hensikten med denne rapporten er å tilveiebringe et vurderingsgrunnlag (fakta) for norsk deltakelse i CERN. Rapporten inngår som en *delutredning* i en større utredning om norsk deltakelse i de store internasjonale forskningsorganisasjonene ESA, CERN, EMBL, ESRF og OECDs Halden-prosjekt. De overordnede mål som foreliggende rapport om CERN skal bidra til å belyse er.

- ▶ Forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger for deltakelse - da og nå, samt andre politiske forhold, f eks norsk utenrikspolitikk:
 - Har forventningene fra norsk inntreden i disse organisasjonene blitt innfridd?
 - Er det nye forutsetninger som er aktuelle nå?

- ▶ Hva slags effekter har deltakelse oppnådd? Hva er alternativ-verdien av innsatsen? Klargjøring av dette i form av:
 - oversikt over vitenskapelige/kunnskapsmessige resultater oppnådd
 - oversikt over industrielle/kommersielle resultater oppnådd
 - norske FoU-systemets utnyttelse og fordeler av samarbeidet
 - "uunnværlighets"-vurdering
 - generelt om kunnskapsspredning, kompetanseoppbygging og nettverkseffekter oppnådd av deltakelse.

- ▶ Hva slags suksesskriterier er relevante for vurdering av fortsatt deltakelse i disse organisasjonene ut fra fremtidsperspektiver - faglig, industrielt og forskningspolitisk.

Bakgrunnen for utredningen er et oppdrag fra Norges Forskningsråd, Område for Naturvitenskap og teknologi (NT), av 16/12 1996.

Arbeidet med å fremskaffe et faktagrunnlag skjer i henhold til en mal som er identisk for hver organisasjon som utredningen omfatter, dvs: ESA, EMBL, ESRF og OECDs Halden-reaktorprosjektet.

I foreliggende delrapport er det norsk deltakelse i CERN som er hovedfokus. Rapporten vil være en av 6 rapporter som skal ferdigstilles fra Del 2 (faktainnsamlingsdelen) av utredningen.

Overordnede problemstillinger for Del 2 er:

- ▶ "Da og nå" - forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger
- ▶ Effekter oppnådd av deltakelse
- ▶ Relevante suksesskriterier for vurderinger av fortsatt deltakelse

Arbeidet med å fremskaffe et faktagrunnlag skjer i henhold til et design som er identisk for hver organisasjon som utredningen omfatter. Hensikten med dette er i størst mulig grad å sikre et datagrunnlag som vil muliggjøre en konsistent analyse og sammenligning av norsk deltakelse i de nevnte internasjonale organisasjonene. Ut fra dette er datainnsamlingen konsentrert om tema/funksjoner, som vist i matrisen nedenfor:

| | <i>Temalfunksjon</i> | <i>ESA</i> | <i>CERN</i> | <i>ESRF</i> | <i>Halden-reaktoren</i> | <i>EMBL</i> |
|---|---|------------|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| 1 | Grunnlaget for utredningen | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 2 | Generelt om organisasjonen | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 3 | Nåværende aktiviteter | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 4 | Norsk deltakelse | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 5 | Resultater oppnådd | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 6 | Fremtidsutsikter: Forskning | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 7 | Fremtidsutsikter: Politiske faktorer | | <i>Denne rapporten</i> | | | |
| 8 | Momenter som skal inngå i anbefalingene til NFR (Del 3) | | | | | |

Den sjettede rapporten vil ta for seg punkt 8 horisontalt i matrisen, mens det lages separate rapporter for hver kolonne/organisasjon, dvs 5 rapporter av denne typen.

1.2 Kilder og informasjonsgrunnlaget - CERN

Av de fem organisasjonene som denne utredningen omfatter er CERN den eldste og - om ikke den største - så meget stor, målt i budsjetter og antall mennesker som har sitt liv og virke tilknyttet organisasjonen. Følgelig er kildetilfanget stort og jevnt over av god kvalitet m h t de problemstillingene som utredningen berører. En forutsetning for utredningen var nettopp at den skulle basere seg på tilgjengelige kilder og bare i begrenset utstrekning innhente opplysninger gjennom egne opplegg, som intervjuer, etc. I utredningen er imidlertid informanter blitt benyttet, både for å få veiledning om eksisterende dokumenter og andre informasjonskilder, samt råd til utdyping av utredningens problemstillinger, gjennom:

- løpende kontakt og møter med ledere og saksbehandlere i NFR som har CERN som arbeidsfelt, bl a gjennom prosjektets styringskomite,
- møter og samtaler med:
 - professor Egil Lillestøl, leder for NRFs KJERNPAR-program og ansatt i CERN
 - professor Eivind Osnes, norsk delegat til CERNs Committee of Council
 - professor Torgeir Egeland, leder for Norsk Fysikkråd
 - ekspedisjonssjef Tore Olsen, Kirke, undervisnings- og forskningsdepartementet.
 - byråsjef Runar Jensen, Utenriksdepartementet
 - sivilingeniør Carl Rønnevig, norsk Industrial Liason Officer på CERN

Av dokumenter som denne utredningen om CERN bygger på er følgende viktigst:

- ▶ KUFs årlige forslag til statsbudsjett (St prp nr 1) vedrørende CERN,
- ▶ Årsrapporter fra Område Naturvitenskap og teknologi i NFR, samt årsrapporter for KJERNPAR-programmet,
- ▶ CERNs *Annual Reports*, både vol I og vol II, for tidsrommet 1987-1995 (1996 hadde ikke utkommet pr mai 1997),
- ▶ Årsrapporter fra den norske Industrial Liason Officer tilknyttet CERN,
- ▶ CERNs WWW-sider,
- ▶ Årsrapporter fra aktuelle institutter i Norge som deltar i CERN,
- ▶ CERNs egne styringsdokumenter, fra organer som:
 - Council of Committees
 - Financial Committee
 - Working Group on the Review of the CERN Purchasing Policy and Procedures,
 - Science Policy Committee, samt noen av underkomiteene ("Collaborations")
 - CERNs Personel Statistics
- ▶ Evalueringer og reviews med fokus på CERN:
 - ECFA (European Committee for Future Accelerators) studier fra 1980, 1990 og 1996, samt ECFA-uttalelse av 30/9-'96 om norsk partikkelfysikk,
 - NAVFs *Evaluation of Norwegian CERN activities* av 1992,

- "Abragam-rapporten" (*Final report of the CERN review committee*) av 1987, samt dokumenter som fulgte denne opp, *Report on the implementation of the recommendations of the CERN review committee*, av 27/2 1990,
- OECDs Megascience Forums *Particle Physics* av 1995, samt andre publikasjoner som OECDs Megascience Forum har utgitt med tilknytning til utredningens tema,
- Nordisk Ministerråds *International evaluation of the Nordic Institute for Theoretical Atomic Physics - NORDITA*, av 1988 (NORD 1988:105 - ikke direkte CERN-relatert),
- CERNs *Technological Developments at CERN 1988-1989 & 1991-1995 - Extracts from the CERN Annual Report volume 2*,
- Norsk Fysikkråd og Norsk Fysikkselskap, *Fremtidsplaner for norsk fysikk 1985-1988*, av 1985,
- ▶ Generelle studier av CERN:
 - Ben Martin og John Irvine, "CERN: Past performance and future prospects", i *Research Policy*, vol 13 (1984), s 183-210, s 247-284, s 311-342,
 - div FoU-historiske studier og biografier, hvorav A Herman, J Krige, U Mersits og D Pestres *History of CERN*, vol I og II (1987, 1990) har vært sentral, men mange andre historiske analyser er benyttet,
- ▶ Gjennomgang av tidsskrifter 1996-97 som belyser FoU-strategiske og politiske aspekter ved CERN og partikkelfysikk mer generelt:
 - *Nature*
 - *Science*
 - *CERN Courier*
 - *Physics Today*
 - *Research Policy*
 - *Research Management*
 - *Scientific American*
 - *New Scientist*

Konkrete opplysninger vil bli angitt i kildehenvisninger eller fotnoter i selve teksten.

1.3 Analyse og fremgangsmåte

Informasjonsasymmetri, interessekonflikt og konkurranse om knappe midler er sentrale faktorer i vurderinger og prioriteringer av forskning. Sagt enkelt: De som sannsynligvis vet mest om et bestemt fagområde (forskerne som arbeider her) er ikke de samme som skal ivareta samfunnets interesser i forskningen, dvs ivareta

helheten og prioritere knappe midler mellom forskjellige fagområder som alle hevder de er meget attraktive og lovende. De samfunnsmessige interesser i forskningen vil ta form av prioriteringer mellom ulike typer og mengder forskning, ut fra mange og tildels motstridende hensyn - og tidsperspektiv. Forskerne vil argumentere for at deres eget forskningsområde fortjener høy prioritet, og de kan mobilisere sterke argumenter for hvorfor dette bør skje og hvordan (konkrete planer). Summen av alle ønsker vil som oftest overskride tilgjengelige ressurser, både på kort og lang sikt, og - viktigst - konsekvensene av prioriteringer kan være forskningspolitisk skjebnessvangert på lang sikt. Beslutningstakere vil derfor være interessert i informasjon som kan tydeliggjøre hva slags *valgmuligheter* de har, og hva *konsekvensene* av deres valg/prioriteringer får. Fordi forskning generelt er så spesialisert og lite tilgjengelig for vurdering selv for spesialister benytter forskningsstrategiske organisasjoner "uavhengig, uhildet" ekspertise for å hjelpe seg i vurderingene. Allerede i 1984, i en analyse av CERN påpekte Martin og Irvine at også dette i økende grad byr på vanskeligheter:

"The underlying problem is that it is becoming more difficult in Big Science to locate neutral peers capable of providing sufficiently disinterested judgements; all potential peers tend either to have some professional interest in a proposed new project, or to be associated with a competing set of interests which would benefit from a negative decision on that project" (1984:312)

Uansett grad av uavhengighet vil det allikevel oppstå informasjonsasymmetri fordi få - om noen - er egentlig faglig ekspert på mer enn avgrensede områder, slik at f.eks når man skal prioritere mellom område y og x basert på på uttalelser fra ekspert(er) A om y og ekspert(er) B om x , så er det sannsynligvis knyttet metodisk usikkerhet til hvordan man egentlig skal kunne sammenligne råd fra hhv A og B - og hvordan disse passer inn i en større forskningsstrategisk kontekst.

Med CERNs planer om utbygging og store investeringer i den nye partikkelakselleratoren Large Hadron Collider (LHC) som skal skrus på i 2005 blir denne den største, dyreste og eneste i sitt slag i verden. Det knytter seg spennende forskningsforventninger til LHC, men samtidig tydeliggjøres problemet med informasjonsasymmetri og potensielle interessekonflikter i en nasjonal forskningsstrategi. For beslutningstakere som skal prioritere mellom mange forslag som er tildels meget kostbare og innebærer langsiktige bindinger, vil man være interessert i pålitelig informasjon om:

- hvor vellykket har forskningen på et bestemt område vært, hva har vi fått ut av den?

- hvor gode/lovende er fremtidsutsiktene?

Foreliggende rapport tar sikte på å bidra til et vurderingsgrunnlag for disse spørsmålene, basert på analyse av kildene som ble angitt ovenfor. Som forklart ovenfor vil denne rapporten bare omhandle CERN-delen av utredningen, dvs at den utgjør en av de fem kolonnene i utredningens design, presentert ovenfor.

2 Generelt om CERN

2.1 Historisk bakgrunn

CERN ble startet som et internasjonalt samarbeid om grunnforskning i fysikk. Det første skrittet mot etableringen av CERN ble tatt under "The European Cultural Conference" i Lausanne i desember 1949. Et år senere - i desember 1950 - tok European Centrés Commision for Scientific Cooperation initiativet til en utredning om behovet for en stor partikkelakselerator for høyenergiforskning. En viktig drivkraft bak denne prosessen var lederen for UNESCOs avdeling for naturvitenskap, franskmannen Pierre Auger (Dahl, 1981). Gunnar Randers deltok på dette møtet for Norge. I desember 1951 innkalte UNESCO til en konferanse hvor resultatet av denne utredningen ble presentert. Utredningen ble ledet av Pierre Auger. Odd Dahl deltok fra norsk side. Deltagerne på UNESCO-konferansen var offisielt utpekte delegater fra europeiske land. Forslaget gikk ut på å konstruere to akseleratorer, hvorav den ene ville bli den største i verden. Det ble opprettet et "provisorisk CERN" som skulle arbeide for realiseringen av prosjektene. CERN ble formelt etablert 29 september 1954, ved at "the Convention for the Establishment of an European Oraganisation for Nuclear Research" trådte i kraft. Norge kom tidlig med i dette arbeidet med CERN, noe som skal utdypes nærmere i kap. 4.

Hensikten med CERN, slik det er nedfelt i stiftelsesvedtektenes artikkel II er:

"The Organization shall provide for collaboration among European States in nuclear research of a pure scientific and fundamental character, and in research essentially related thereto."

In 1954 forelå planene for de første aktivitetene for CERN: Bygging av en 600 MeV synkro-sykrotron og en proton-synkrotron for mer enn 10 GeV. På dette tidsrommet ble det regnet med at en bemanning på ca 100 forskere, konstruktører og teknikere ville være tilstrekkelig. I 1960 hadde antall ansatte på CERN økt til ca. 1.000.

Veksten nådde et høydepunkt i 1975, på ca. 3.800 ansatte. Siden har antall ansatte minket gradvis (ca. 3.400 i 1987 og 2.938 utgangen '95), men dette og de store kostnadene forbundet med bygging og drift av anleggene (CERNs årsmelding 1995 viser total kostnader på 948 millioner CHF = ca. NOK 4,5 milliarder) gjør at CERN er blant de største internasjonale forskningsprosjektene hvis man ser bort fra EUs rammeprogrammer o.l.

Motivet for etableringen av CERN var flere:

- ▶ demonstrere at gjenoppbygging av det krigsherjede og antagonistiske Europa skulle kunne skje på fredelige vis gjennom internasjonalt samarbeid (UNESCO

var instrumentell i dette),

- ▶ pragmatisme: erkjennelse av at "Big Science" var så stor at et europeisk felles prosjekt var nødvendig for å bygge større anlegg enn de som fantes da, særlig i USA (Lawrence Radiation Laboratory og Brookhaven).

Detaljene i CERNs begivenhetsrike historie ligger utenfor denne utredningen, men en fyldig beskrivelse finnes i Herman, Krige, Mersits og Pestres (1987,1990), i deres historiske studier av CERN.

2.2 Deltagelse i CERN og nasjonaltilknytning

CERN er forankret i en traktat, hvor *nasjoner* er medlemmer. Nasjonene bidrar til finansiering av CERN i henhold til en kostnadsfordelingsnøkkel som er basert på andeler beregnet ut fra nasjonenes netto nasjonale inntekt (NNI). Tabell 2.1 nedenfor viser hvilke land som er medlemmer og deres andel av budsjettet i 1995.

Siden 1995 har prosentandelene blitt justert - Norges medlemskapsandel er nå på 1,6%. I tillegg til disse deltar en rekke nasjoner i CERNs aktiviteter, som observatører eller med egne avtaler som "non-member states". Dette gjelder følgende:

- . Kanada
- . Israel (observatør)
- . India
- . Japan (observatør)
- . Russland (observatør)
- . USA
- . Tyrkia (observatør)
- . EU kommisjonen (observatør)
- . UNESCO (observatør)

Disse landene bidrar også til byggingen av det nye LHC-anlegget som skal være ferdig i 2005. Bidragene fra Japan og USA vil bli betydelige, særlig har USAs interesse for deltakelse i LHC-anlegget økt sterkt etter at planene om SSC (Sup Conducting Supercollider) - ble endelig skrinlagt i 1996. Både medlemskap og bidrag fra "non-member states" skjer formelt på nasjonalt nivå, typisk representert ved et ministerium for forskning eller en organisasjon som har fått delegert slike fullmakter. I Norge er det Kirke, undervisning- og forskningsdepartementet (KUF) som har budsjett- og forvaltningsmessig ansvar for Norges medlemskap i CERN,

Tabell 2.1: CERNs medlemslands andel av budsjettet

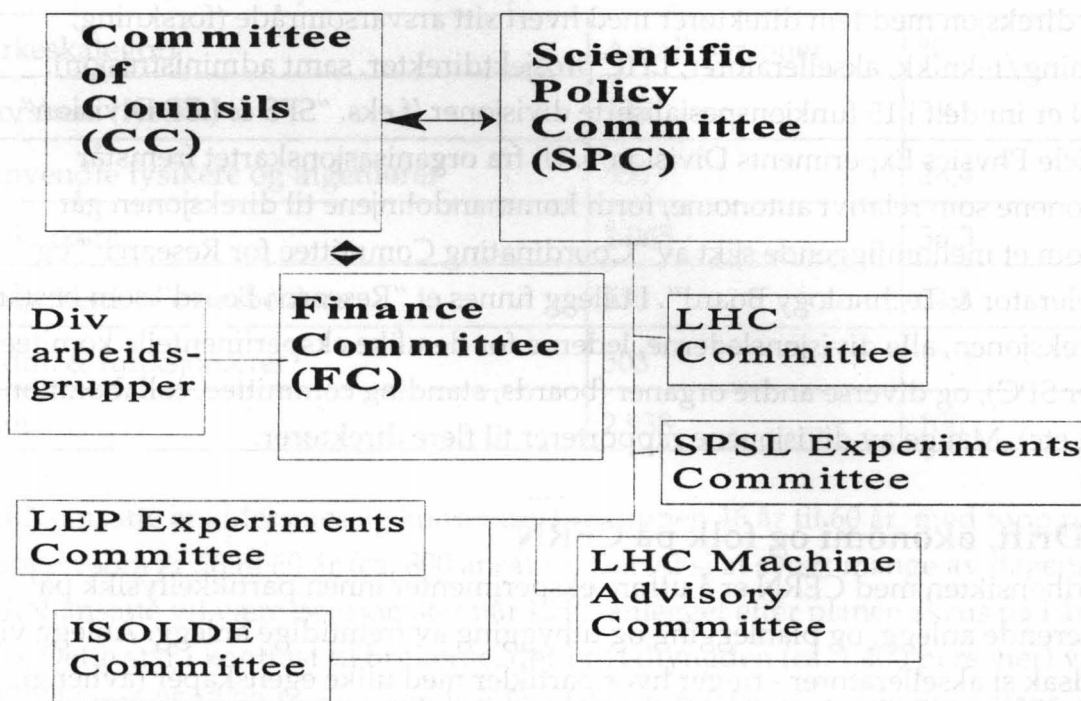
| <i>Nasjon</i> | <i>%-andel</i> |
|---------------|----------------|
| Norge | 1,36 |
| Sverige | 2,64 |
| Danmark | 1,9 |
| Finland | 0,78 |
| Tyskland | 22,78 |
| Frankrike | 17,77 |
| Italia | 15,26 |
| UK | 13,72 |
| Spania | 7,43 |
| Sveits | 4,18 |
| Belgia | 3,27 |
| Nederland | 4,73 |
| Østerrike | 2,68 |
| Portugal | 0,76 |
| Hellas | 0,4 |
| Ungarn | 0,07 |
| Tsjekkia | 0,1 |
| Slovakia | 0,05 |
| Polen | 0,12 |

mens det operative ansvaret for selve deltakelsen ligger i Norges Forskningsråd. Dette utdypes nærmere i kap. 4 mht beskrivelse av hvordan norsk deltakelse skjer, men lignende arbeidsdelingen vil man finne i de fleste medlemslandene. Når det gjelder CERNs arbeidsmåte mht forskningsaktiviteter vil også dette bli utdypet et annet sted, dvs. i neste kap. 3.

2.3 Policy og styringsmåte

Som vist nedenfor er CERN underlagt en rekke styringsorganer som fastsetter retning og rammer for organisasjonene.

Øverste organ er "Committee of Council," (CC) der alle medlemslandene er representert med to delegater. Dette organet har en indre kjerne, nærmest et arbeidsutvalg, der leder, nestleder, to medlemmer og lederne for Scientific Policy Committee og Finance Committee møter. Leder for den innflytelsesrike interesseorganisasjonen European Committee for Future Accelerators (ECFA) kan også delta i dette rådet.



De facto synes det imidlertid som Scientific Policy Committee (SPC) er et like sterkt organ som CC. I dette organet er det forskningenens interesser som er representert og det finnes to typer medlemmer.

- ▶ medlemmer, utpekt pga høy vitenskapelig anseelse
- ▶ Ex-officio medlemmer, dvs ledere for faglige og eksperimentelle underkomiteer,

samt ECFA

Ingen norske er representert i SPC - heller ingen andre fra Norden.

I Finance Committee (FC) er alle medlemslandene representert. Leder for CC møter i SPC, mens lederne for SPC og FC møter i CC, dvs at det er en viss overlapp.

Styringsstrukturen som er representert ovenfor utgjør "toppen av isberget". Under SPC er det en egen struktur av komiteer, "collaboration boards", arbeidsgrupper, ad-hoc grupper, etc. Det er først her at norske *brukerne*, forskerne og organisasjonene de er ansatt i (forskningsinstitutter og universiteter) representert. Formelt sett er CERN på styringsnivå brukerstyrt.

CERN som *laboratorium* for eksperimenter i partikkelfysikk ledes av en *generaldirektør* og en direksjon med fem direktører med hvert sitt arsvarsområde (forskning, forskning/teknikk, akselleratorer, LHC prosjektdirektør, samt administrasjon). CERN er inndelt i 15 funksjonspesialiserte divisjoner (f.eks. "SPS & LEP Division", "Particle Physics Experiments Division"). Ut fra organisasjonskartet fremstår divisjonene som relativt autonome, fordi kommandolinjene til direksjonen går gjennom et mellomliggende sjikt av "Coordinating Committee for Research" og "Accelerator & Technology Board". I tillegg finnes et "Research Board" som består av direksjonen, alle divisjonslederne, lederne for de ulike eksperimentelle komiteene (under SPC), og diverse andre organer (boards, standing committee, collaboration board etc). Mange av divisjonene rapporterer til flere direktører.

2.4 Drift, økonomi og folk på CERN

Hovedhensikten med CERN er å utføre eksperimenter innen partikkelfysikk på eksisterende anlegg, og planlegging og utbygging av fremtidige anlegg. Anlegg vil i hovedsak si akselleratorer - ringer hvor partikler med ulike egenskaper (avhengig av eksperiment) fraktes opp i nesten lys-hastigheter, med tilhørende detektorer som registrerer partikkel-adferd når (og hvis) de kolliderer. CERNs organisasjon og virkemåte kan forklares ut fra dette. Imidlertid, de som *befolker* CERN kan grovt deles i to

- ▶ *De fast ansatte på CERN*, 2.938 personer ved utgangen av 1995,
- ▶ *Brukerne*, i hovedsak forskere/fysikere som oppholder seg ved CERN i forbindelse med eksperimentene, og som er ansatt ved forskningsorganisasjoner i medlemslandene og ellers. 1995 var det 4.739 personer av denne kategori innen CERN i kortere eller lengre perioder. Det er på denne måten Norge deltar i CERN,

noe som skal utdypes i kap. 4.

Blant de fast ansatte vil man finne at 60% av de ansatte kommer fra to de vertslandene Frankrike (47%) og Sveits (13%). Norge har 26 ansatte. Ikke uten grunn betegnes CERNs organisasjonskultur som fransk-dominert. I CERNs interne organisasjon er 58% av CERNs faste ansatte (1.723 personer) tilknyttet divisjonene som står for driften av akselleratorene (AT, MT, PS, SL, ST og TIS), mens 28% (824 personer) er tilknyttet divisjonene som har ansvar for databehandling, nettverk, eksperimentelt oppsett, etc. Blant disse finner vi CERNs minste divisjon, den for teoretiske studier, som hadde 27 ansatte, hvorav 1 er fra Norge. Tabell 2.2 nedenfor, som er basert på opplysninger i CERNs årsrapport for 1995, viser fordelingen av CERNs fast ansatte etter yrkeskategorier.

Tabell 2.2: *Ansatte på CERN 1995, fordelt etter yrke*

| Yrkeskategori | Antall personer | % |
|---------------------------------|-----------------|------|
| Forskere (fysikk) | 105 | 3,6 |
| Anvendte fysikere og ingeniører | 830 | 28,4 |
| Teknikere | 1.065 | 36,3 |
| Fagarbeidere og arbeidere | 430 | 14,4 |
| Adm. & funksjonærer | 508 | 17,3 |
| I alt | 2.938 | 100 |

CERN-ansatte er aldersmessig konsentrert i gruppen 46 år til 60 år, med topp på gruppen som er 56 til 60 år (ca. 800 ansatte). Det vil si at svært mange av dagens CERN-ansatte vil være pensjonister når LHC-anlegget etter planen skrur på i år 2005. Dette står i kontrast til brukerne, der hovedtyngden (ca. 1.400 personer) var folk i alderen 25 til 30 år, noe som kan forklares at fra det er mange hovedfags- og dr.gradsstudenter i denne alderen som deltar på eksperimentene.

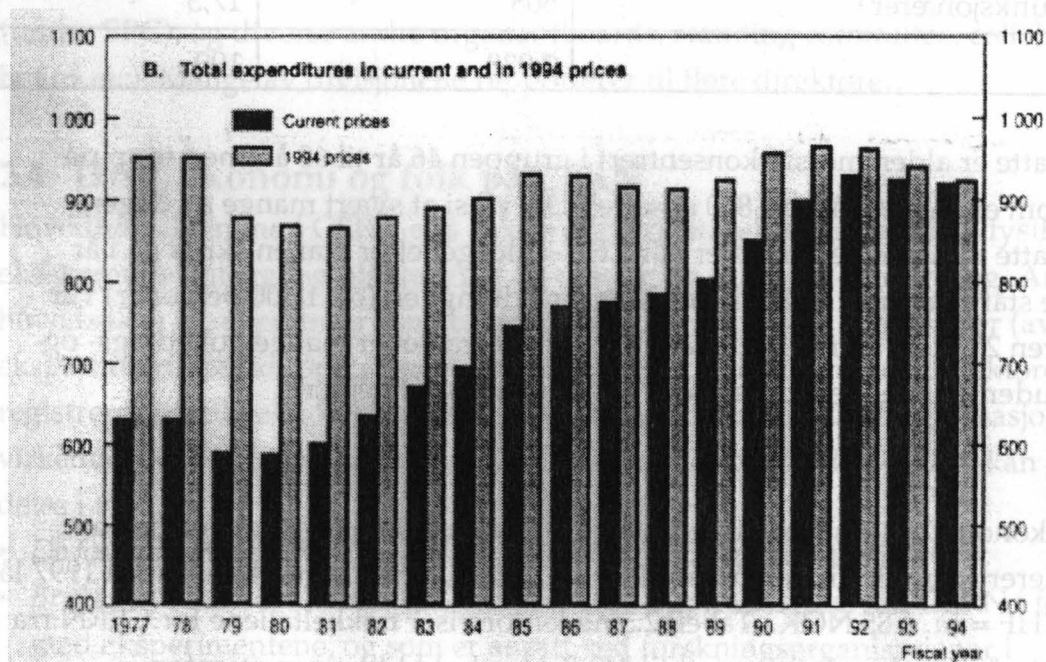
Økonomi

I CERNs økonomi brukes sveitsiske franc (CHF) som enhet, og fordi verdien av denne varierer i forhold til den norske kronen, blir tallene omtrentlige. I april 1997 lå kursen 1 CHF = ca. 4.85 NOK. Tabell 2.3 nedenfor viser nøkkeltallene for CERN fra 1995, basert på regnskapstall, omsatt til NOK i henhold til kursen ovenfor.

Tabell 2.3: Nøkkeltall for CERNs økonomi 1995 - regnskapstill

| Utgiftsart | Millioner - NOK | Andel i % |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| Lønninger | 2.408 | 52,3 |
| Energi | 258 | 5,6 |
| Andre driftskostnader | 731 | 15,9 |
| Utstyr og materiell inkl. bygninger | 1.045 | 22,7 |
| Avsatt til LHC | 155 | 3,4 |
| I alt | 4.597 | 100 |

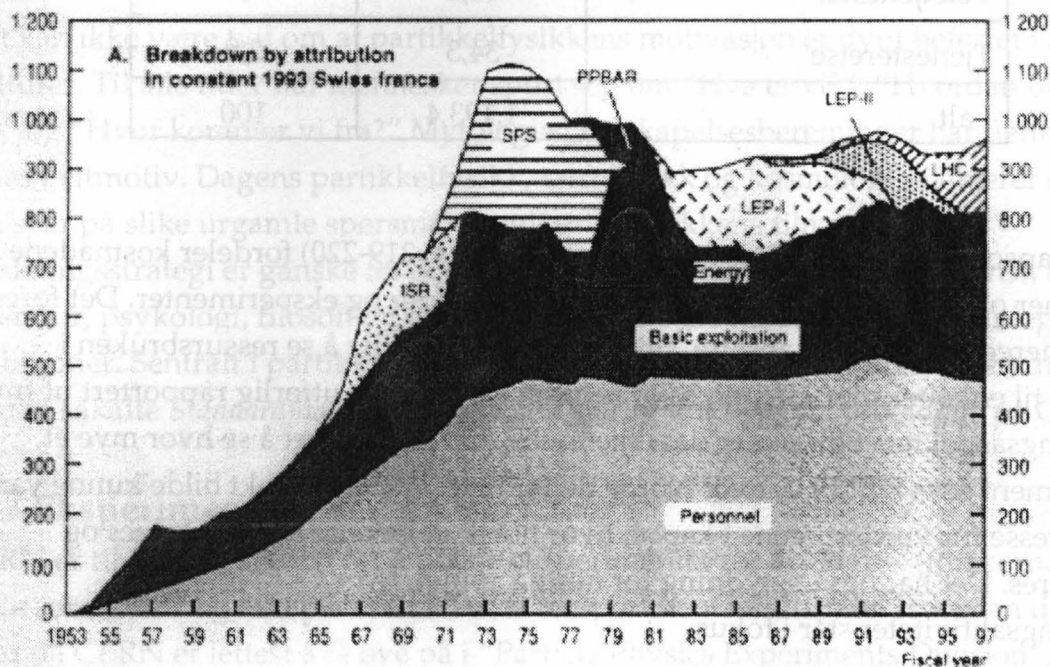
Lønnskostnadene utgjør største utgiftskategori i CERN, dvs lønninger til de fast ansatte, som er ca NOK 820.000 pr. ansatt i gjennomsnitt. Det er ikke uvanlig med lønnskostnader på dette nivået i internasjonale organisasjoner og bedrifter, men det knytter seg allikevel mye oppmerksomhet til CERNs lønninger. Alt i "Abragam-rapporten" fra 1987 ble man bekymret for dette, mest fordi det bidro til for lav - personellsirkulasjon og forgubbing - innforstått frykt for intellektuell stagnasjon og fastlåsing. Aldersfordelingen på CERNs ansatte er omtalt ovenfor. I 1995 forlot 145 fast ansatte CERN, mens 98 personer (herav 2 fra Norge) ble nyansatt. Dette betyr at 3,3% av de ansatte i CERN var nye i 1995 - en fornyelsesgrad som er relativt lav, men ikke uvanlig i mange etablerte, "modne" forskningsorganisasjoner.



Source: European Laboratory for Particle Physics (CERN).

Nest største utgiftspost i CERN er utstyr og materiell, på i overkant av 1 milliard kr i 1995. Denne posten sammen med enkelte underposter i "andre driftskostnader" som gjelder tjenester, utgjør til sammen varer og tjenester som CERN kjøper inn, oftest gjennom internasjonale anbudskonkurranser i medlemslandene. Tabell 2.3 ovenfor angir dette nærmere, mens figurene viser en distribusjon av CERNs kostnader over tid, både totalt, inflasjonsjustert og i forhold til store utbyggingsprosjekter.

Figure 10. CERN budget (1953-97) and total expenditure (1977-94)
(million SF)



Tabell 2.4 nedenfor viser at nivået på innkjøp fra CERN ca. 1,2 milliarder NOK. Gitt Norges andel av medlemskap på 1.6% gir dette en pro rata verdi på ca. 19 millioner. CERNs gjenkjøp av norske varer og tjenester var i 1996 på ca. 8,2 millioner kr. Dette omtales nærmere i kap 4.

Tabell 2.4 CERNs innkjøp etter kategori i 1995 - regnskapstall

| Kategori | Beløp i mill NOK | % |
|------------------------|---------------------|------|
| Industrial equipment | 292,7 | 24,9 |
| Edb-behandling | 90,8 | 7,6 |
| Små-utstyr | 203,7 | 8,7 |
| Vedlikehold | 123,6 | 10,6 |
| Forsikringspremier | 24,5 | 2,1 |
| Industrielle tjenester | 501,5 | 40,0 |
| Teletjenester | 14,1 | 1,2 |
| Tjenestereise | 34,3 | 2,9 |
| I alt | 1.193,4 | 100 |

Regnskapsoversikten i CERNs årsmelding (Vol II, s. 219-220) fordeler kostnadene på divisjoner og utgiftskategorier, men ikke på prosjekter og eksperimenter. Det føres ikke timeregnskap for de ansatte, slik at det ikke er mulig å se ressursbruken i forhold til enkelteksperimenter, hvor resultatene ellers er utførlig rapportert ut fra forskningsaspektet. Slik sett er det ikke mulig, via regnskapet å se hvor mye et eksperiment som DELPHI, hvor Norge deltar mye, koster. Et slikt bilde kunne være av interesse for vurderingene i kap. 4, hvor norsk deltakelse skal beskrives og analyseres. Det har også betydning for neste kapittel, hvor CERNs forskningsaktiviteter står i fokus.

3 CERNs aktiviteter i dag

Partikkelfysikkens mål er å avdekke materiens grunnleggende substans, hvordan Universet er sammensatt av disse og hva slags lovmessigheter som binder og utvikler disse. I dette ligger en søken bakover i tid, etter en forklaring på Universets skapelse, slik man tror det har utviklet seg fra en liten, kosmisk ildkule, i det store smellet (Big Bang) for 10 til 15 milliarder år siden. Partikkelfysikken innebærer også en *forskningsstrategi*, der forklaringer søkes i gjennom undersøkelser av *mikrokosmos*. En rivaliserende (komplementær) forskningsstrategi finner man i astrofysikk og kosmologi, hvor de samme overordnede spørsmål som partikkelfysikken stiller søkes besvart i *makrokosmos*, ved å samle inn informasjon om universitet, typisk i romvirksomhet.

Det kan ikke være tvil om at partikkelfysikkens motivasjon er dypt befestet i alle kulturer. Til alle tider har mennesker spurt seg om "Hva er vi?", "Hvordan ble vi til?" og "Hvor kommer vi fra?" Mytologien og skapelsesberetninger har dette som felles Leitmotiv. Dagens partikkelfysikk, astrofysikk og kosmologi målbærer ønsket om svar på slike urgamle spørsmål. Imidlertid, fysikkens tilnærning og forskningsstrategi er ganske forskjellige fra de man finner innen billedkunst, teater, litteratur, psykologi, filosofi og teologi - som ofte også har lignende, grunnleggende ambisjoner. Sentralt i partikkelfysikkens forskning står arbeidet med videreutvikling av den såkalte *Standardmodellen* - noe som i særlig grad gjelder arbeidene på CERN.

3.1 Eksperimentene ved CERN

CERN er til først og fremst for å utføre eksperimenter for brukerne (forskerne). Det er de som tolker og "skaper fysikk" ut av eksperimentresultatene. Hvordan dette skjer på CERN er lettest å få øye på i "Particle Physics Experiments Division", som organiserer eksperimenter på de forskjellige anleggene på CERN. Dette skjer gjennom det CERN kaller *programmer* på de enkelte anleggene, samt i en rekke FoU-prosjekter og i teknologiutviklingen.

Disse er

- *LEP-programmet*, organisert rundt Large Electron Positron (LEP) collider, som er en 27 km ringtunnel ca. 80 meter under bakken i Geneve. Denne maskinen, som sto ferdig i 1987, har fire detektorpunkter, for observasjon av hva som skjer når partikler kolliderer her. Rundt disse er det organisert eksperimenter, eller "collaborations" som CERN kaller dem:

- ALEPH
 - DELPHI, hvor særlig norske forskere har vært aktive
 - L3
 - OPAL

 - LHC-programmet (Large Hadron Collider), som gjelder planlegging og utbygging av et akselerator anlegg som skal være ferdig i 2005. Dette vil skje ved en oppgradering av LEP-ringtunnelen og tilkobling av nye detektorer beregnet for å måle partikkelkollisjoner ved høyere energimengden enn dagens LEP. Disse er:
 - ATLAS, for registrering av proton-proton kollisjoner
 - CMS, for muon-observasjoner
 - ALICE, en tung-ionedetektor

 - SPS-FT-programmet (Super Proton Synchrotron-Fixed-Target) er et eldre anlegg på CERN, (fullført 1977), og består av en 7 km ringtunnel, ca. 40 meter under bakken. Anlegget kan akselerere protoner og antiprotoner imotsatt retning, begge i meget høy energi. Dette anlegget benyttes fortsatt til en rekke eksperimenter:
 - Muon (en type lepton) (NA 47)
 - Neutrino (WA 95 og WA 96)
 - CP violation (charged-particles) (NA 48)
 - Atom- og nuklearfysikk (NA 43 og NA 54)
 - Lett og tunge kvartspektroskopi (WA 89, WA 91, WA 102)
 - Tung-ione eksperimenter (NA 44, NA 45, NA 49, NA50, NA52, WA 97, WA 98, EMU 11, EMU 12, EMU 13, EMU 15, EMU 18, EMU 19). Norske forskere deltar bare i ett av eksperimentene, WA 97 på området tung-ione.

 - LEAR-programmet (Low Energy Antiproton Ring) er basert på den minste ringen på CERN. Omkring den foregår en rekke eksperimenter rundt
 - Hadron spektroskopi og NN-interaksjon
 - Grunnleggende symmetri - CP-violation
 - Nuklearfysikk med antiprotoner
 - Atomærfysikk med antiprotoner
- Norske forskere deltar bare i ett eksperiment (PS 202). LEAR ble avviklet i 1996.
- ISOLDE-programmet (Isotope Separator On Line Complex) er et anlegg som brukes til å eksperimentere med ustabile isotoper. Under ISOLDE finner man en rekke eksperimenter

- ISOLDE Target Development
- Nukleærfysikk, hvor norske fysikere deltar i eksperimentet IS 338.
- faststoff-fysikk
- biokjemi og biomedisin

I tillegg til aktiviteter (programmene) knyttet til anleggene pågår det CERN kaller *FoU-prosjekter* for utvikling av instrumenteringsteknologi og annen teknologi for fremtidige (LHC) eksperimenter. I likhet med eksperimentene utføres FoU-prosjektene som "collaboration" mellom universiteter og forskningsinstitutter i medlemslandene. I CERNs årsrapport for 1995 er det omtalt 29 slike FoU-prosjekter, hvorav norske organisasjoner deltar i to:

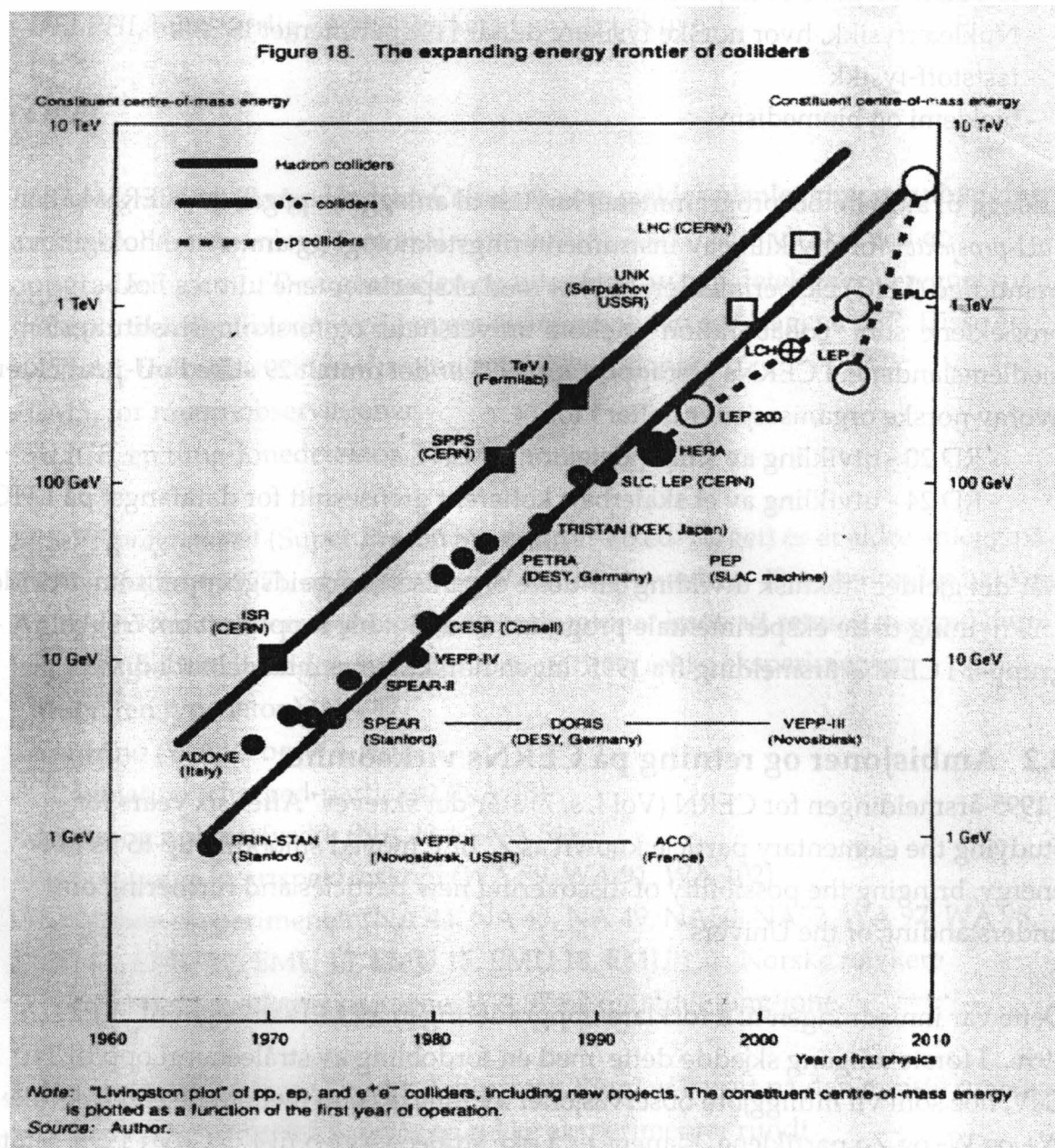
- RD 20 - utvikling av silikondetektor for LHC
- RD 24 - utvikling av et skalerbart koherent grensesnitt for datafangst på LHC

Når det gjelder "teknisk utvikling" er dette organisert i arbeidsgrupper som arbeider i tilknytning til de eksperimentale programmene. Det ble rapportert om 6 slike grupper i CERNs årsmelding fra 1995. Ingen norske synes å ha deltatt i disse.

3.2 Ambisjoner og retning på CERNs virksomhet

I 1995-årsmeldingen for CERN (Vol I, s. 7) står det skrevet "After six years for studying the elementary particle known as Z, LEP moved smoothly up to its new energy, bringing the possibility of discovering new particles and furthering our understanding of the Univers".

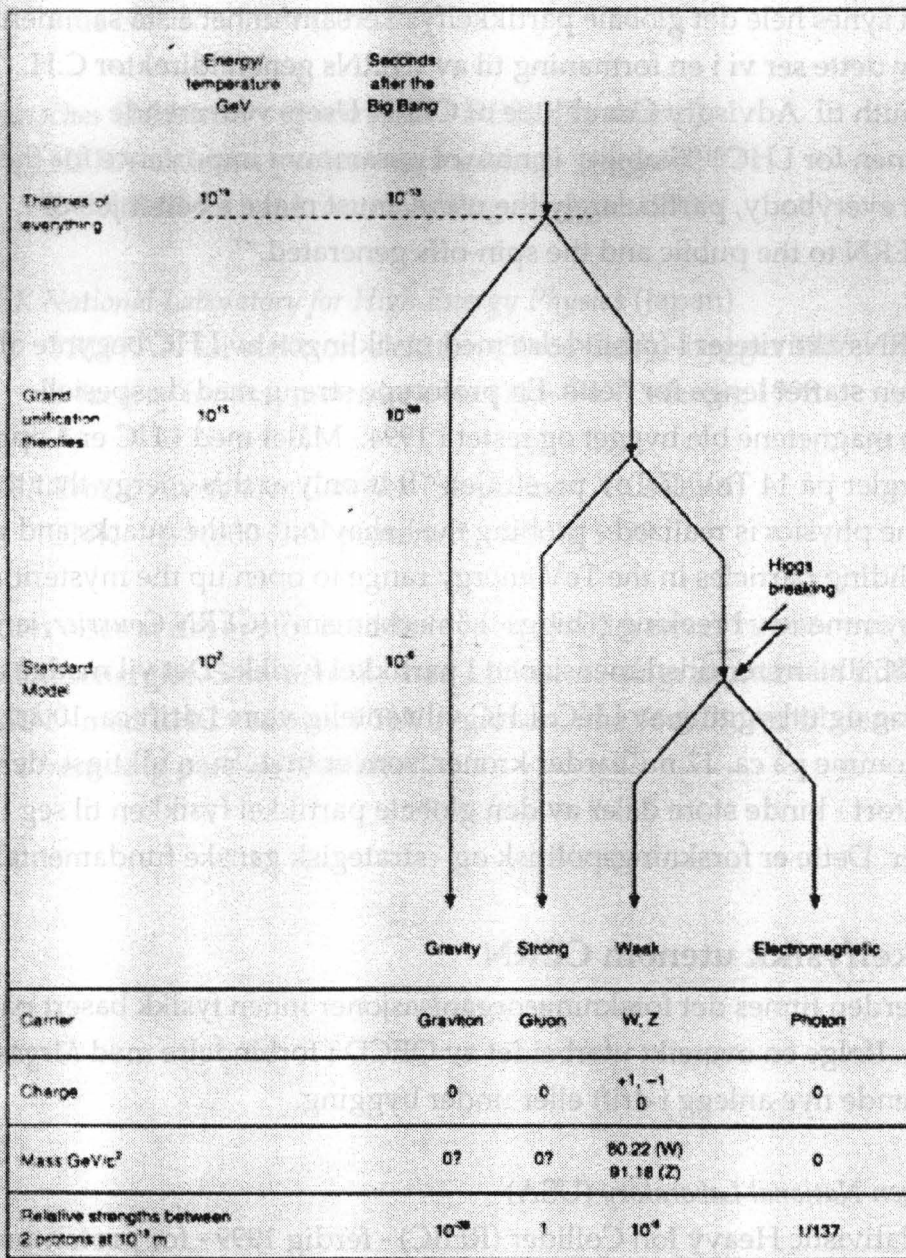
Dette var innledningen til å forklare oppgraderingen av LEP-anlegget til "LEP2" i 1996. I første omgang skjedde dette med en fordobling av stråleenergi opp til 140 GeV, noe som vil muliggjøre observasjoner av interaksjon mellom de elektrosvake $W+$ og $W-$ og Z_0 partiklene. Planene er å øke stråleenergien til 175 GeV i 1998. Sitatet ovenfor viser hvordan partikkelfysikerne knytter sine ambisjoner om å forklare Universet sammen med bruk av økende stråleenergier. Innen partikkelfysikken illustreres dette gjennom en såkalt "Livingston plot", et diagram som viser utviklingen av stråleenergi på de ulike partikkelfysikk-laboratoriene over tid. *Figur 3.1* nedenfor viser dette.



Av diagrammet ser man at CERN nå og i overskuelig fremtid leder an i utviklingen. Dette skyldes tildels oppgraderingen av LEP2, men med den planlagte LHC i 2005 håper partikkelfysikerne at de økte energimengdene vil kunne gi dem bedre empiriske tester på hypoteser knyttet til Standard modellen. Dette vil igjen bringe fysikken eksperimentielt et skritt nærmere det store smellet (Big Bang) - og de teoretisk funderte forklaringene som dette bygger på. I dette bildet hører teorien om "Grand unification" (forklaring om hvordan elektrosterke og elektrosvake krefter oppsto 10^{-37} sekunder etter Big Bang) og "TOE - Theory of Everything" (forklaring på hvordan gravitasjon oppsto, 10^{-43} sekunder etter Big Bang). Med andre ord -

fremtiden for CERN er LHC.

Figure 9. Temporal evolution of the Universe from the Big Bang



Source: Author.

LHC

CERN satser mye på at LHC-anlegget skal bli en realitet. For å oppnå dette vil CERNs nåværende aktiviteter fases ut eller minimaliseres for å frigjøre midler til byggingen av LHC. Denne metoden ble benyttet i 1970-årene for å finansiere utbyggingen av LEP. Dette, samt andre tiltak (lønningskutt) og tilskudd fra ikke-medlemsland som India, Israel, Canada og, ikke minst, USA og Japan, gjør at man nå har sydd sammen en finansieringspakke som muliggjør oppstart i 2005. Dette innebærer fullføring av LHC i en jafs - og ikke totrinn, som opprinnelig planlagt. Bak denne planen synes hele det globale partikkelfysikersamfunnet å stå sammen. En illustrasjon av dette ser vi i en formaning til av CERNs generaldirektør C.H. Leewellyn Smith til Advisory Committee of CERN Users vedrørende fremdriftsplanen for LHC: "Stability is now of paramount importance for the future of CERN, but everybody, particularly the users, must make a better job of explaining CERN to the public and the spin-offs generated."¹

En del av CERNs aktiviteter i forbindelse med utviklingen av LHC begynte alt i 1986 - planleggingen startet lenge før dette. En prototype streng med de spesielle superledende magnetene ble bygget og testet i 1994. Målet med LHC er å oppnå kollisjonsenergi på 14 TeV (7 TeV pr. stråle): "It is only at this energy that the full potential of the physics is realized - probing the behaviour of the quarks and gluons inside the colliding particles in the TeV energy range to open up the mysterious electroweak symmetry breaking ("higgs") "mechanism" (*CERN Courier*, jan 1 feb s. 1 1995). LHC illustrerer tidsdimensjonen i partikkel fysikk: Det vil medgå over 20 år i planlegging og utbygging av LHC. LHC vil ventelig være i drift ca. 10 år. Selve anlegget vil komme på ca. 12 milliarder kroner, som er mye, men viktigst, den vil - hvis gjennomført - binde store deler av den globale partikkel fysikken til seg i over 20 år fremover. Dette er forskningspolitisk og - strategisk ganske fundamentalt.

3.3 Partikkelfysikk utenom CERN

Rundt om i verden finnes det forskningsorganisasjoner innen fysikk basert på akselleratorer. Ifølge en oversikt utarbeidet av OECD i forbindelse med *Megascience Forum* er følgende nye anlegg i drift eller under bygging.

Brookhaven National Laboratory (USA)

- Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) - ferdig 1999 - for proton-proton kollisjoner (2 x 100 GeV).

¹ Referat fra møte 12/3-97 - se <http://www.cern.ch/CERN/...ccu/minutes/1997.35.html>

- . *Cornell Laboratory of Nuclear Studies (USA)*
 - Continuous luminosity improvement - ferdig 1999 (6 GeV e+e-)

- . *Fermi National Accelerator Laboratory (USA)*
 - Tevatron fixed target and collider - bygget 1994

- . *Stanford Linear Accelerator Center (USA)*
 - PEP II asymmetric B-factory (10,6 GeV) - ferdig 1998
 - Free electron laser (20 GeV)

- . *Deutsches Elektronen - Synkrotron - DESY (Tyskland)*
 - HERA elektron-proton lagringsring - bygget 1992
 - DORIS III for synkrotronstråling - bygget 1993

- . *KEK National Laboratory for High Energy Physics (Japan)*
 - TRISTAN for elektron-elektron (50-64 GeV) - bygget 1986
 - B-factory for assymetriske e+e- (10,6 GeV) - ferdig 1998

- . *IHEP Proton Accelerator Complex (Serpuknov, Russland)*
 - UNK - 600 (600 GeV protoner) - ferdig 1998

Oversikten viser at det er stor bredde i typen akselleratorer rundt om i verden, også mht strålingsenergi. Sammenstilt med Livingston-diagrammet vist tidligere, viser at bare CERN - med LHC - er over i TeV regionen, noe som bidrar til dens unike posisjon i fremtidig partikkelfysikk.

4 Norsk deltakelse i CERN

4.1 Historisk bakgrunn

4.1.1 De første år

Norsk interesse og medvirkning.

Norge kom tidlig med i drøftingene om CERN-initiativet. IFA direktøren Gunnar Randers og "altnuligmannen" Odd Dahl fra CMI kom først med fra norsk side - i 1949 -50. På norsk side ble CERN-initiativet i første omgang drøftet i NTNFs Atomutvalg. Her var astrofysikeren Svein Rosseland formann. Stemningen i utvalget var meget positiv til CERN - samarbeidet. Andre medlemmer var Gunnar Randers og professorene Holtmark (Oslo), Hyllerås (Oslo), Trumpy (Bergen) og Wergeland (Trondheim). De deltok alle på møter om CERN-forberedelsene på europeisk nivå på denne tiden.

Norge blir medlem

NTNFs Atomutvalg hadde to møter i løpet av 1951 for å vurdere om Norge burde bli med i CERN-samarbeidet. (NTNFs årsmelding 1951/1952). Konklusjonen var at Norge burde bli med. Argumentasjonen gikk på at det her var snakk om forskning som ikke kunne dekkes ved de tiltak som på denne tiden var satt i verk i Norge, og at denne type forskning var av et slikt omfang at det var utelukket at Norge skulle kunne make noe slikt alene.

Så langt var Norges tilslutning likevel foreløpig. Den 5. mai 1952 underskrev Norge en overenskomst om å opprette et råd for videre studier i forbindelse med opprettelsen av et europeisk laboratorium for kjerneforskning. Overenskomsten gjaldt i første omgang for 18 måneder (fra 1. mai 1952), men ble ved en tilleggsavtale fra 30. juni 1953 (undertegnet av Norge 31. desember 1953) forlenget til 1. november 1954.

NTNFs Atomkomité fungerte som rådgivningsorgan/kontaktorgan for Utenriksdepartementet også i forbindelse med behandlingen av spørsmålet om permanent norsk deltakelse i CERN. I følge NTNFs årsmelding for 1953/1954 mente NTNFi ikke overraskende at Norge burde bli fullverdige medlemmer av organisasjonen.

Regjeringen fremmet en proposisjon om dette den 12 mars 1954. (St. prp. nr. 42) Stortinget sluttet seg enstemmig til proposisjonen den 26. mai samme år. Spørsmålet ser ikke ut til å ha skapt noen særlig debatt. I følge Stortingstidende for 1954 (s. 1141

og s. 1468) sluttet Stortinget seg til ratifikasjonen uten debatt. I innstillingen fra utenriks- og konstitusjonskomiteen heter det: "Komitéen er av den oppfatning at det har stor betydning at Norge deltar i det internasjonale samarbeid på forskningens område..." (*Inst. S. nr. 102, 1954*)

Avtalen ble underskrevet av 11 europeiske land. Den 7. oktober 1954 ble CERN formelt opprettet.

Engasjementet fra NTNf og Atomutvalgets side i forhold til norsk deltagelse i CERN kom også til uttrykk ved at NTNfs Atomutvalg tok initiativ til at Norge burde tilby seg å være vertsland for CERNs laboratorium. Den 24. juni 1951 besluttet Atomutvalget å henstille til NTNf å anbefale overfor Regjeringen at Norge skulle tilby seg å stille til rådighet tomt for CERNs laboratorium i Norge. Dette kommer frem i NTNfs årsmelding for 1951/1952. Henstillingen ble begrunnet med at "det ville innebære meget store fordeler for norsk vitenskap[...] å ha et slikt laboratorium for eksempel i nærheten av Oslo..." (NTNF, 1952)

Allerede før CERN ble formelt opprettet var det nordmenn med i arbeidene med de tekniske installasjonene. På det første councilmøtet i det "provisoriske CERN" ble Odd Dahl utpekt som leder for en gruppe som skulle arbeide med forprosjektet til det som skulle bli CERNs første "flaggskip" - 28 GeV proton- synchrotron akseleratoren (PS). Hovedkvarteret for denne gruppen ble Chr. Michelsens Institutt i Bergen. Kjell Johnsen fra Chr. Michelsens Institutt ble også med i den samme gruppen. Johnsen ble senere en av de første ansatte ved CERN (Dahl, 1981; s. 190)

Oppsummering - den første tiden

CERN-samarbeidet var helt fra begynnelsen rettet inn mot grunnforskning i fysikk. Franskmannen Pierre Auger, som var en av de viktigste drivkreftene bak etableringen av CERN, insisterte på en modell som la vekt på stor grad av forskerinnyelse over virksomheten. Dette avspeilte seg også i at myndighetene, bl.a. i Norge, la en betydelig del av ansvaret for deltagelsen til forskningsrådsstrukturen. I Norges tilfelle ble det NTNf som fikk dette ansvaret. NTNf var også ansvarlig for arbeidene med atomenergi i Norge.

CERN-samarbeidet ble til i en tid da holdningene til vitenskapelig aktivitet av den type som CERN representerte generelt hadde en høy stjerne. I sine memoarer sier Odd Dahl:

"Slik jeg ser det dukket CERN-samarbeidet opp i rett tid. Europa var i sin gjenoppbyggingsfase og naturvitenskap og teknologi sto fortsatt høyt i kurs. Prosjektets mål var klart, og rent vitenskapelig, og det var lett å se at det ville kunne komme til å virke teknologisk og industrielt stimulerende." (Dahl, 1981, s. 195)

Ikke minst hadde fysikken opparbeidet seg en høy prestisje. Forskningen fikk en stor del av æren for de alliertes seier i 1945, og kjernefysikk sto i sentrum for seierherrenes takknemlighet (Pestre i Krige (red.), 1993, s. 165)

Det er også nærliggende å se etableringen av CERN i forhold til de øvrige forsøk på å få istand økt internasjonalt samarbeid i de første årene etter krigen. Det er blitt hevdet at det var av stor betydning for CERN-samarbeidet at det parallelt var arbeid for å få i stand et bredere europeisk samarbeid også på andre områder, jfr. den såkalte Schuman-planen. (Pestre i Krige (red.), 1993, s. 166ff)

Den norske holdningen til CERN var også svært positiv. Det er ikke unaturlig å se dette i sammenheng med de holdninger som preget Europa forøvrig. Da Stortinget i 1954 ble bedt om å ratifisere avtalen om medlemskap i CERN skjedde dette uten debatt. Fra stortingskomiteen som behandlet saken ble det pekt på at det var prinsipielt positivt å delta i internasjonalt samarbeid.

4.1.2 Utvidelsene av CERN

Generelt

CERN samarbeidet er blitt utvidet flere ganger. I Norge er det Stortinget som har tatt endelig stilling til disse. Det har både skjedd ved egne CERN-saker til Stortinget om utvidelsene og som del av ordinære budsjettsaker. De viktigste er:

- Intersecting Storage Rings (ISR) - 1965²
- 300 - 400 GeV Super Proton Synchrotron (SPS) - 1971
- Large Electron Positron Machine (LEP) - 1981
- Large Hadron Collider (LHC) - 1995

Norsk stillingstagen til utvidelsene

Super Proton Synchrotron (SPS) og Intersecting Storage Rings (ISR)

I 1963 bestemte CERN seg for å bygge en ny og enda større akselerator - Super Proton Synchrotron (SPS). Den var i første omgang planlagt som en 300 GeV

² Årstallet henviser til det året det ble gjort vedtak om norsk delttagelse.

akselerator. Senere ble effekten øket til 400 GeV. Samtidig ble det lagt frem et forslag om å bygge et noe mindre anlegg - et såkalt Intersecting Storage Rings -anlegg. (ISR).

I mars 1965 fremmet regjeringen forslag om norsk deltagelse i ISR. ISR ble sett på som noe man måtte være med på som en følge av engasjementet innen CERN. Dette fremgår av Stortingsproposisjon nr. 85 (1964 -65). Dessuten var det vesentlig rimeligere enn SPS.

Spørsmålet om norsk deltagelse i SPS var ikke like opplagt. *Hovedkomiteen for norsk forskning* ble i juli 1966 bedt om å vurdere både dette prosjektet og fremtidig satsing innen grunnforskning i fysikk i Norge. Hovedkomiteen la frem sin rapport i april 1968. Hovedkomiteen la vekt på å se deltakelse i 300 GeV-prosjektet (SPS) opp i mot andre alternativer. Basert på forventet utvikling i bevilgningene til fysikk-forskningen, og en vurdering av ulike alternativer for anvendelse av disse midlene, konkluderte Hovedkomiteen med at Norge både burde satse på egen såkalt Tandem van de Graaff og på 300 GeV-prosjektet (SPS). Forutsetningen var imidlertid at det ble en årlig vekst i bevilgningene til fysikk på 15%. NTNF kom også med en uttalelse. Denne uttalelsen var på sin side mer positiv til SPS enn Hovedkomiteens.

I juni 1968 fikk 300 GeV-prosjektet (SPS) et kraftig skudd for baugen da det ble kjent at Storbritannia ikke ville delta i prosjektet. Begrunnelsen var at det ble for kostbart. Dette var trolig en medvirkende årsak da alle de nordiske landene senere besluttet at heller ikke de ville delta. Den opprinnelige planen måtte dermed skrinlegges.

Allerede våren 1970 forelå det imidlertid en ny og revidert plan for en slik akselerator. Den reviderte planen innebar vesentlige kostnadsreduksjoner. Stortinget vedtok i forbindelse med St. prp. nr. 143 (1970 - 1971) den 15. juni 1971 at Norge likevel skulle delta i 300 GeV-prosjektet (SPS). Foruten de forskningsmessige sidene, la både Utenriksdepartementet og fra Kirke- og Undervisningsdepartementet vekt på at norsk deltagelse var positivt også ut i fra utenrikspolitiske hensyn.

Large Electron Positron machine (LEP) og Large Hadron Collider (LHC)

Sammenlignet med diskusjonene om SPS var beslutningene om norsk deltagelse i LEP og LHC langt mindre kontroversielle. Stortingets behandling av disse utvidelsene skjedde i begge tilfelle i forbindelse med behandling av statsbudsjettet³. I

³ Budsjettproposjonen for hhv. Kultur- og Vitenskapsdepartementet (1981) og Kirke Utdannings- og Forskningsdepartementet (1995).

begge tilfeller ble den norske tilslutningen begrunnet fra departementet med at dette var en naturlig følge av det norske medlemskapet i CERN, og at det var viktig at CERN kunne tilby topp moderne vitenskapelig utstyr. (KVD, 1981; KUF,1995)

4.1.3 Hva har vært diskutert 1948 - 1997?

Den faglige verdi av CERN-samarbeidet

Ved starten av samarbeidet hadde CERN full oppslutning i Norge. Senere har det blitt a fra tid til annen hevet seg en og annen røst som har stilt spørsmål ved om elementærpartikkel fysikken er verdt en så høy prioritet i forhold til annen fysikk. Dette er særlig kommet frem gjennom alternative satsinger - jfr. debatten om SPS som toppet seg rundt 1969 -1970. Fra Hovedkomiteen for norsk forskning, og fra de mange institusjonene som uttalte seg i denne anledning, ble det lagt vekt på at deltagelsen i CERN ikke måtte føre til tilsidesettelse av andre viktige områder innen fysikk.

Utilstrekkelig følgeforskning i Norge?

Mot slutten av 1970-tallet synes det å ha blitt økt oppmerksomhet om hvordan det norske CERN-medlemskapet ble utnyttet i forhold til den forskningen som foregikk i Norge - såkalt følgeforskning. Dette førte til at det fra og med budsjettet for 1978 ble satt opp en egen post på statsbudsjettet til dette formålet. Dette hadde tidligere vært forskningrådets ansvar. Med denne øremerkingen fikk departementet selv ansvaret for dimensjoneringen av denne posten.

Kan vi få mer igjen for innsatsen?

Omtrent samtidig ble det også satt økt søkelys på den teknologisk-industrielle utnyttelsen av medlemskapet. Norsk Senter for Informatikk ga i 1979 ut noe som nærmest var en håndbok for eksportansvarlige og produktutviklere innen elektroteknisk, elektronisk og mekanisk industri om hvordan det var mulig å skaffe seg kontrakter på levering av teknisk utstyr til CERN. I 1986 opprettet Kultur- og Vitenskapsdepartementet i samarbeid med NTNf og Norges Eksportråd et sekretariat som skulle hjelpe norsk industri å konkurrere om kontrakter til ESA og CERN.

Budsjettforankring

På tross av at CERN-medlemskapet hele tiden har hatt en klar grunnforskningskarakter hadde NTNf lenge et betydelig ansvar for medlemskapet i CERN. I 1971 ble imidlertid dette ansvaret, sammen med ansvaret for høyenergifysikk, kjernefysikk og kjernekjemi overlatt til NAVF.

I de første årene var det Utenriksdepartementet som hadde det fremste ansvaret av departementene for det norske medlemskapet i CERN. Senere ble hovedansvaret gradvis overtatt av de respektive departementene med hovedansvaret for forskning. (KUD,KVD,KUF). Budsjettsansvaret for medlemskontingenten i CERN ble overlatt til Kirke- og Undervisningsdepartementet i forbindelse med statsbudsjettet for 1964. I 1978 ble dette departementets budsjettansvar for CERN-medlemskapet ytterligere utvidet i forbindelse med midler til følgeforskning.

4.1.4 Oppsummering - historisk perspektiv på CERNs rolle i norsk forskningpolitikk

Generelt ser oppslutningen om delttagelse i CERN ut til å ha vært forholdsvis god, ikke minst på politisk nivå. De første årene etter krigen kan dette trolig tilskrives både prestisjen forbundet med big science i sin alminnelighet og partikkelfysikken i særdeleshet. Dette innebar at NTNFS som en viktig institusjonell drivkraft bak norsk engasjement i CERN, fikk gehør både i regjeringen representert ved Utenriksdepartementet, og i Stortinget. NTNFS engasjement i forhold til CERN kommer også til uttrykk i forsøket på å få lokalisert CERNs laboratorium til Norge på begynnelsen av femtitallet. Men det er noe vanskeligere å få et inntrykk av om oppslutningen om CERN-medlemskapet var like god i forskningsmiljøene for øvrig.

Det norske engasjementet i CERN ble utfordret i forbindelse med arbeidet med SPS akseleratoren på slutten av 60-tallet. I de to uttalelsene fra henholdsvis NTNFS og Hovedkomiteen for norsk forskning kommer det frem en fortsatt stor vilje til å satse på CERN og den nye akseleratoren. Det ser likevel ut til at det fortsatt var NTNFS som var den sterkeste drivkraften bak videre norsk engasjement. Fra både Hovedkomiteens flertall og fra de ulike institusjoner som uttalte seg i sakens anledning, var man i sterkere grad enn NTNFS opptatt av å se CERN-engasjementet i forhold til grunnforskning i fysikk forøvrig.

Argumentet for norsk CERN-medlemskap ser i første rekke å være knyttet til synspunkter av forskningsmessig art, ut fra ønsket om å delta i et grunnforskningssamarbeid som har bidratt til europeisk elementærpartikkelforskning. Mot slutten av 1970-tallet ser det imidlertid ut til at det ble økt oppmerksomhet om hvordan medlemskapet ble utnyttet i norske forskningsmiljøer. Etableringen av en egen post på statsbudsjettet til følgeforskning kan sees i denne sammenheng. Omtrent samtidig ble det også økt oppmerksomhet om den teknisk-industrielle utnyttelsen av medlemskapet. Dette perspektivet er også kommet med i budsjettproposisjonene fra denne tiden av.

Denne endringen kan muligens ha sammenheng med en gradvis utvikling i synet på forskningens rolle i en bredere forstand. Den økte oppmerksomheten om hvordan Norge utnyttet sitt medlemskap mot slutten av 1970-tallet kan være et signal om at oppslutningen om "big science" - prosjekter av denne type var blitt noe mer betinget siden Norge ble medlem på 1950-tallet.

4.2 CERN - aktiviteter og prosjekter med norsk deltakelse

Norsk deltakelse i CERN skjer på fire områder

- som bruker, gjennom deltakelse i CERNs eksperimenter
- finansiering og styring av CERN
- ansettelse av norske statsborgere i CERN
- leveranse av varer og tjenester til CERN

Hovedmotivet for deltakelsen er å være bruker av CERN, for å få tilgang til - og delta i selve eksperimentene, dvs. *forskning i partikkelfysikk*. De andre tre områdene avledes av dette.

4.2.1 Brukere og deltakelse i CERNs eksperimenter

Norske forskere har i løpet av de siste 10 - 15 årene i hovedsak vært involvert i følgende 5 programmer i CERN:

- *DELPHI-programmet* på LEP-collidern (LEP1) fra 1982, gjennom bidrag med to SAT- (Small Angle Tagger) kalorimeter tilknyttet hoveddetektoren for måling av luminositet i strålen. Dette og tilhørende arbeid har vært hovedbidraget fra norsk side, dvs. forskere fra universitetene i Oslo og Bergen. Norsk deltakelse i CERN har i hovedsak vært knyttet til DELPHI, også i LEP2. Denne vil fases ut ca. 2000, når ombyggingen av LEP til LHC begynner. I tiden fram til LHC vil derfor norsk partikkelfysikk få en venteperiode.
- *LEAR-programmet*, gjennom deltakelse i en rekke eksperimenter:
 - JETSET-eksperimentet, siden 1987, som nå er avsluttet,
 - PS 179-eksperimentet - tolkning av data fra boblekammer - nå avsluttet
- *SPS-programmet*, i tung-ione eksperimenter gjennom deltakelse i
 - NA 36 - analyse av data fra eksperimenter påbegynt i 1986 - nå avsluttet,

- WA85 - også her gjennom analyse av data fra eksperimentene, nå avsluttet
- *ISOLDE-programmet*, som er et av CERNs eldste (startet 1964) med fokus på nuklær-kjemi, med deltakelse fra en gruppe ved universitetet i Oslo og Bergen, i 1995 i eksperimentet IS 338, som skal karakterisere enkeltneutron-tilstander i tinn (^{123}Sn), for utbygging av nuklærkjernemodeller. Deltakelse nå avsluttet.
- *LHC-programmet* - her har norske miljøer gradvis blitt mer aktive i løpet av de siste årene gjennom
 - *ATLAS*, som er en «general-purpose» detektor for proton-proton kollisjoner. Totalt har over 1.500 forskere verden over vært involvert ved utgangen av 1995. I Norge deltar miljøene ved universitetene i Oslo og Bergen gjennom utvikling av silisium detektoren for ATLAS. SINTEF/SI og AME er også med i utviklingen.
 - *ALICE*, som er en tung-ionedetektor, som ble godkjent som forslag i tiden 1993-95. De norske fysikerne har ansvar for en PHOS-detektor (ytte lag av detektoren) samt datainnsamling fra denne detektoren. AME er også her involvert i utviklingen av dette utstyret. Ved utgangen av 1995 var 565 fysikere fra 63 organisasjoner involvert i arbeidet med ALICE.

I det store bildet av CERN ser man at norsk deltakelse ikke er stor. I denne sammenheng vil en økning på 50 - 100% av norsk deltakelse heller ikke være nevneverdig merkbar, ei heller en drastisk reduksjon.

4.2.2 Finansiering og styring av CERN

Norge bidrar med 1.6% av CERNs budsjett fra 1997. Tidligere var dette 1,36%, men den ble fra 1997 forhøyet som følge av en teknisk justering av beregningsgrunnlaget for Norges NNI. De økonomiske aspektene tas opp nærmere i neste avsnitt.

Medlemskapet gir Norge rett til å være representert - som alle andre medlemmer - med to plasser i CERNs råd (Committee of Councils) og i finanskomiteen. Norge er ikke representert i Scientific Policy Committee, ei heller i noen av de viktige eksperimentelle komiteene som hvert av CERNs anlegg har. Først i de såkalte «collaboration boards» på de enkelte eksperimentene som DELPHI finner man norske representanter, da som representanter for deltakende universitet (Bergen, Oslo) - og ikke i arbeidsutvalg eller styrende posisjoner. M.a.o. en lav profil mht. styringsposisjoner i det som er CERNs politiske liv.

4.2.3 Norske ansatte i CERN

Ved utgangen av 1996 var det 26 norske statsborgere ansatt i CERN, dvs. ca. 0,8% av alle CERNs ansatte. 11 av disse tilhører kategori 2 av CERN-personale, dvs. «Applied Physicist and Engineers» - og 8 personer var i kategori 3, «Technicians». En norsk person er ansatt i kategori 1, «Research Physicist». Ingen norske CERN-ansatte er i ledelsen av CERN. De øvrige 6 personer er funksjonærer. M.a.o. en svak representasjon av norske både i antall og posisjoner i CERNs organisasjon, noe som har vært påpekt i mange år. Dette gjelder generelt også for andre nord-europeiske land.

4.2.4 Leveranser av norske varer og tjenester til CERN

Dette området er omgitt med en viss oppmerksomhet, mest pga. muligheten for å levere varer som innebærer nyutvikling og prestisjefulle referanser. Norsk Datas leveranser av NORD-maskiner i sin tid er et slikt eksempel, altså potensielt stor strategisk-kommersiell betydning *utenfor* CERN. CERN selv opererer med en returkoeffisient for måling av sine innkjøp vis a vis medlemslandene, som beregnes ut fra medlemskapets størrelse, som nå er 1,6% for Norge. En innkjøpsandel *fra* Norge som er lik 1,6% av CERNs totale innkjøp gir en returkoeffisient på 1. CERNs retningslinjer er at et medlemsland bør ha en returkoeffisient på 0.8. Dette og andre forhold utdypes nærmere i neste kapittel. Returkoeffisient for Norge de siste årene har vært:

- 1993: 0,47
- 1994: 0,45
- 1995: 0,33
- 1996: 0,32

I pengebeløp for 1996 er dette ca. 8,2 millioner kroner. Norges forskningsråd bruker årlig ca. 1 million kroner til en ordning med en Industrial Liaison Officer (ILO), et område som har høy prioritet. Norge leverer mindre og mindre fra år til år til CERN, mens medlemsbidraget er blitt justert oppover.

4.3 Norske prioriteringer og valg

Gitt den profil norsk deltakelse i CERN har, slik den ble beskrevet ovenfor, er det nærliggende å spørre om *hvorfor* og *hvordan* dette har blitt til, om det er resultat av bevisste valg og prioriteringer, dvs. forskningsstrategiske overveielser. På dette området finnes det få eksakte svar, dvs. at forklaringen på hvorfor norske fysikere har valgt f.eks. stor deltakelse i DELPHI, må forstås ut fra *langsiktighet* og

spesialisering som kreves i deltakelse på eksperimentelt nivå. LHC vil fra «fødsel» ha en forventet levetid på over 30 år. I 1996 årsrapporten for KJERNPAR begrunnes deltakelsen (og høy prioritering av) LHC-aktivitetene ALICE og ATLAS slik:

«KJERNPAR ser det som sin plikt å sørge for at norske fysikere og norsk high-tech industri får være med på det mangeårige utviklingsarbeidet som må gjøres før fysikk-eksperimentene ved LHC kan starte. Denne innsatsen vil være grunnlaget for norsk deltakelse i eksperimentene i LHC som vil være hovedkilden til vitenskapelige data for partikkelfysikken de neste 20 år, ikke bare i Europa, men i hele verden.»

Muligheten for å delta i et internasjonalt forskersamfunn i forskningsfronten er altså hovedbegrunnelsen. Den mer spesifikke, taktiske motivasjonen, (f.eks. silisium-detektor-bygging) må søkes i de komplekse prosessene som ligger i opprettelse og planlegging av de enkelte eksperimentene.

4.4 Omfang av norsk ressursbruk til CERN

En oversikt over hva deltakelsen i CERN har kostet må ideelt sett omfatte følgende kostnadskategorier:

- ▶ Norges medlemskapskontingent
- ▶ bevilgninger til følgeforskning
- ▶ bruk av ressurser på universitetene
- ▶ indirekte kostnader (overheads) som påløper norsk administrasjon og offentlighet pga. deltakelsen

I utredningen har det vist seg problematisk å få oversikt over de to siste kategoriene, hvorav ressursbruken på universitetene er vanskeligst fordi dette sannsynligvis utgjør betydelige ressurser. Universitetsansatte rapporterer ikke hvor mye tid de bruker til CERN-relatert arbeid og CERN selv fører heller ikke slike oversikter. Tabellen nedenfor viser hva som er kjent gjennom offentlige bevilgninger og som er den estimerte ressursbruken, dvs der tallgrunnlaget er usikkert.

Estimatet for universitetenes «egeninnsats» tar utgangspunkt i en oversikt NFR har utarbeidet (Internt notat 2/3-95 - NT) over den norske «CERN-community» og CERNs egne oversikter over «unpaid associates». Ut fra disse er ansatte ved universitetene identifisert (ikke medregnet hovedfagsstudenter og prof. II). Det ble identifisert 53 personer - og i henhold til CERNs egne forutsetninger ble disse regnet

Tabell 4.1: Norsk ressursbruk CERN 1987-96, millioner NOK

| ÅR | Medlemskaps- kontingent | Følge- forskning | Norske deltakeres egeninnsats (estimat) | Administrative overheads estimat | Ressurs- bruk i alt | Andel følgeforskning % av kontingent |
|--------------|----------------------------|---------------------|--|--|------------------------|--|
| 1987 | 61,5 | 4,76 | 9,62 | 1,36 | 77,24 | 7,74 |
| 1988 | 64,2 | 5,53 | 10,26 | 1,45 | 81,45 | 8,61 |
| 1989 | 64,9 | 6,72 | 10,95 | 1,52 | 84,09 | 10,35 |
| 1990 | 64,9 | 8,72 | 11,40 | 1,58 | 86,60 | 13,44 |
| 1991 | 62,5 | 9,93 | 11,79 | 1,64 | 85,85 | 15,89 |
| 1992 | 59,4 | 10,28 | 12,06 | 1,67 | 83,41 | 17,31 |
| 1993 | 59,2 | 10,44 | 12,34 | 1,71 | 83,69 | 17,64 |
| 1994 | 63,1 | 10,3 | 12,62 | 1,74 | 87,75 | 16,32 |
| 1995 | 68,9 | 11,2 | 12,67 | 1,78 | 94,55 | 16,26 |
| 1996 | 70,4 | 11,2 | 12,72 | 1,80 | 96,12 | 15,91 |
| I alt | 639 | 89,08 | 116,42 | 16,25 | 860,75 | 13,94 |

som 0,4 årsverk, dvs. i alt 21,2 årsverk, verdsatt som kr 600.000 pr. årsverk i 1996. Estimatet for «indirekte administrative kostnader» ble satt til 3 årsverk, som i det vesentlige omfatter NFR, KUF, UD og andre myndigheter, i alt 1,8 millioner i 1996.

Det finnes imidlertid bruddstykker av informasjon mht. ressursbruken fra universitetet som kan understøtte estimatet ovenfor. Professor Torleiv Buran opplyste (17/4-97 på Teknisk Museum) at egeninnsatsen til Universitetet i Oslo i forbindelse med SAT-detektoren til DELPHI-eksperimentet var ca. 40 millioner kroner, konservativt regnet og ut fra timesatser som ligger «mye lavere enn SIs».

Ut fra dette ser man at norsk deltakelse i CERN i perioden 1987-96 (siste 10 årene) har kostet ca. 860 millioner kroner, ut fra en nominell verdi. Alternativverdien av dette er ikke beregnet, ei heller er tallene inflasjonsjustert, bl.a. fordi man her, som ellers må regne ressurser som «sunken cost», dvs. at man ikke kan regne ressursbruken som investeringer som vil gi direkte økonomisk avkastning. Når det gjelder indirekte utbytte vil dette bli nærmere omtalt i neste kapittel.

4.5 Norsk deltakelse på personnivå

På dette området finnes det heller ikke regnskapstall som kan gi eksakte tall. NFR/NT har på grunnlag av egen kartlegging (jf. tidligere omtalt internt notat av 2/3-95) registrert 100 personer og her heter det at «medregnet andel teoretikere har

vi et «Norwegian CERN community» på over 120 personer». Ut fra dette og andre opplysninger gir tabell 4.3 nedenfor en oversikt.

Tabell 4.2: Norske deltakere og ansatt i CERN - 1995

| Kategori | UiO | UiB | SINTEF | CERN-ansatte norske |
|-------------------------------------|-----|-----|--------|---------------------|
| Professorer | 12 | 8 | - | |
| Post.doc/aman. | 1 | 6 | - | |
| Dr.gradsstip. | 14 | 4 | - | |
| Ingeniører | 4 | 5 | 8 | |
| Hovedfagsstud. Prof. II og annet | 33 | 7 | - | 26 |
| I alt | 55 | 30 | 8 | 26 |

Tabellen gir en sum på 118 personer. Teoretikerne kommer altså i tillegg, anslagsvis 20 personer.

Når det gjelder *hvordan* de norske deltar er dette primært bestemt ut fra hva slags eksperiment deres team deltar i - og ut fra dette - hva slags oppgaver de har i disse. Som vi har sett går en betydelig andel av arbeidet med på bygging av detektorer. Neste kapitteles gjennomgang av resultater oppnådd utdyper dette nærmere - de norske CERN-ansattes arbeid er alt forklart ovenfor; det samme gjelder norsk deltakelse i CERNs styringssystem.

4.6 Norsk innflytelse

Det har ikke fremkommet opplysninger om norske i innflytelsesrike posisjoner i dagens CERN. Tidligere hadde personer som Gunnar Randers, Odd Dahl og Kjell Johnsen en høy profil, både innad i CERN og i det forskningspolitiske miljøet rundt CERN. Ei heller er det norske i CERNs ledelse eller i ledende styringsorganer og komiteer, utover de som Norge har rett til, som følge av medlemskapet. Slik sett kommer norske interesser først til syne på collaboration-nivå, i forbindelse med de enkelte eksperimentene - som «menig» deltakende organisasjoner, som en blant mange deltakere.

I forskning er det viktig å få være med på planlegging og i den tidlige fase, hvis man ønsker å påvirke innholdet i samsvar med egne interesser, og særlig i CERN, hvor tidshorisontene er så langsiktige. Det kritiske er derfor å være med i forslagsfasen og de første feasibilitystudiene.

Både før, i den tidlige fase DELPHI, og nå, for LHC i forbindelse med ALICE og ATLAS, har norske vært aktive. I alle tre tilfellene har norske fått ansvar for deler av eksperimentene og tilhørende utstyr (detektorer) og datafangst/analyse. Hvor sterk konkurransen har vært om disse oppgavene og hvor mye tildelingen av oppgaver til de norske skyldes noe spesielle fortrinn eller interesser har det ikke vært mulig å undersøke fordi dette er aspekter som empirisk er vanskelig tilgjengelig. Uansett må man regne med at de norske har blitt tilgodesett med forskningsoppgaver - i likhet med alle andre - i kraft av Norges medlemskap, og ut fra dette kan påberope seg arbeidsoppgaver.

4.7 Nivå på norsk deltakelse

Ideelt sett skal dette si noe kvalitativt om norsk deltakelse på tre nivåer:

- viktigst - som *bruker* av CERN i forbindelse med forskningen
- styring av CERN som «eier» gjennom medlemskap
- som ansatt i CERN, med nettverk til miljøer «hjemme».

Mht. de to siste punktene er det tidligere vist at de norske nå er heller svake, ut fra synlige kriterier som antall og posisjoner, noe som også reflekterer at Norge i utgangspunktet er et lite medlemsland. Når det gjelder norske brukere er det empiriske grunnlaget svakt, men i tall på norsk deltakelse er et iøyenfallende trekk at CERN er viktig i forbindelse med utdannelse av især hovedfagsstudenter og dr.gradsstipendiater - til sammen utgjør de over halvparten av norsk deltakelse. Gitt at dette oftest skjer i nært samarbeid med norske veiledere blant de vitenskapelige ansatte som også deltar i CERN-arbeidet, må dette være et dominerende trekk ved norsk deltakelse.

4.8 Kunnskapsspredning fra CERN

På grunn av den nære tilknytning som norske brukerne av CERN har til undervisning - enten som lærere eller hovedfags- og dr.gradsstudenter, må spredningseffekten av kunnskap fra CERN kunne sies å være stor. Hvor stor - og eventuelt i forhold til hva - og hvordan er vanskeligere å besvare eksakt. Hvis norsk deltakelse i CERN hadde hatt sin basis i f.eks. IFE, FFI, eller CMI med liten

undervisning og få studenter, ville kunnskapsspredningen vært langt mindre og mer selektiv (spesialisert). Til gjengjeld ville den kommersielle-industrielle orienteringen kanskje vært mer markant. Dette er aspekt som blir nærmere omtalt i neste kapittel. Ut fra profilen på norske brukere som deltar i utdanningsøyemed, betyr dette at den samfunnsmessige kunnskapseffekt sannsynligvis er betydelig, inklusiv kompetanse i Norge til å følge med på hva som skjer i forskningsfronten gjennom den inngangsbilletten som CERN-medlemskapet gir, til et fysikkmiljø som består av ca. 8.000 menneskers arbeid.

5 Resultater oppnådd hittil

I vurderinger av hva slags resultater som CERN har oppnådd kan flere tilnærminger og avgrensninger benyttes. I Ben Martin og John Irvines analyse av CERN i 1984 (Martin og Irvine, 1984) var et av utgangspunktene en sammenligning over tid av CERN med tilsvarende anlegg i USA og Russland (Sovjet) ut fra en rekke kriterier som er relevante forskningsstrategisk og -politisk. En tilsvarende undersøkelse nå (13 år etter) ville hatt stor interesse, men er såpass krevende at den ligger utenfor hva som er ressursmessig mulig i denne utredningen. Vel så viktig er at CERN i minkende grad lar seg sammenligne fordi den etter hvert har fått en enestående posisjon i global partikkelfysikk, jfr Livingston-diagrammet i kap 3. Med det planlagte LHC-anlegget blir CERN helt enerådende m h t høyenergipartikkelfysikk, særlig nå når USA har besluttet å skrinlegge planene om en Superconducting Supercollider - SSC.

Fokus i dette kapitlet blir derfor den *norske deltakelsen* i CERN. En innebygd antakelse i dette er, slik Martin og Irvine gir flere holdepunkter til, at CERN fra ca 1980 tok over ledelsen m h t den globale partikkelfysikkforskningen, i det som betegnes som en "europeisk renessanse", både på instrument/eksperimentsiden og m h t evnen til å skape "god fysikk". Spørsmålet blir dermed: Hvordan har de norske miljøene greid å utnytte disse presumptivt gunstige mulighetene?

5.1 Metodiske begrensninger

Vurderinger av forskningsresultater er generelt beheftet med metodiske problemer og begrensninger, slik at kunnskap om dette bare kan bli omtrentlig, d v s de gir mye sikrere indikasjoner enn "synsing", men ikke eksakt kunnskap slik vi f eks forventer av statikk og lignende kvantitative disipliner. Gitt dette forbeholdet vil det for hvert aspekt som vurderes i dette kapitlet bli tatt ytterligere forbehold. Mer prinsipielt kan det innvendes at hvis hensikten med en slik vurdering er å skaffe et underlag for fremtidsrettet forskningsstrategi, da er det heller *utsiktene* og *mulighetene* i fremtiden som har interesse. Hvis tidligere oppnådde resultater er en forutsetning for dette, da kan det kanskje være interessant å vite hva man tidligere har oppnådd av resultater. Oftest vil dette bare være en av mange faktorer - kanskje heller ikke så viktig. Fremtidsutsiktene vurderes nærmere i kapitlene 6 og 7.

5.2 Scientometriske målinger av resultater oppnådd

5.2.1 Patenter

CERN har som retningslinje (policy) at den kan ta ut patent på egne oppfinnelser, men gjør det ikke av praktiske grunner. Programvare og design mønsterbeskyttes på vanlig måte, og kan utlisensieres med ikke-ekslusive avtaler, dvs at alle som vil kan bruke CERNs åndsverksbeskyttede arbeider mot betaling, men ingen kan kjøpe seg til eksklusive rettigheter. Dette betyr at patenter o.l. ikke kan brukes som mål på CERNs resultater, ei heller for norsk deltakelse.

5.2.1 Vitenskapelig artikler - resultater av en bibliometrisk analyse

Innen grunnforskning regnes publisering som et mål for forskningsproduktivitet, men bibliometriske analyser kan også fortelle mye om samforfatterskap (nettverk og samarbeidsmønstre) og reputasjon (hvem som blir sitert). I utredningen er det utført bibliometriske analyser med fokus på norske deltakere i CERN. Analysen er gjengitt i sin helhet i et eget notat, se *NIFUs U-notat 9/97*. Nedenfor gjengis bare de observasjonene som gjelder publikasjoner innen fysikk og i forhold til CERN.

Analysen bygger i det vesentligste på undersøkelser av publikasjoner i internasjonale tidsskrifter som er registrert i *Science Citation Index (SCI)* i perioden 1990-96.

I analysen ble det observert at:

- ▶ Minst 12 prosent av *alle* norske publikasjoner innenfor fagområde Fysikk involverer direkte samarbeid med CERN. Innenfor de mer grunnforskningsorienterte publikasjoner (som er klassifisert under SCI delområde 'Physics') er denne andelen 21 prosent.
- ▶ Minst 40 prosent av alle SCI publikasjoner fra Fysisk institutt, UiB er innenfor eksperimentell partikkelfysikk og de knytter seg direkte til CERN. For Fysisk institutt, UiO er den tilsvarende andelen av CERN publikasjoner betydelig lavere, nemlig 16 prosent. Minst 111 CERN publikasjoner involverer samarbeid mellom både UiO og UiB.
- ▶ Publikasjonsprofilen for det Fysiske instituttet ved NTNU er forskjellig fra publikasjonsprofilene fra de andre to norske institutter som inngår i denne undersøkelse. Både NTNU's fagfordeling av publikasjonene og sampubliseringsmønsteret med CERN skiller seg ut. Når det gjelder fagprofilen, synes det som om forskningen ved Fysikk - NTNU er mer orientert mot andre fagfelter enn det er tilfellet for Fysikk - UiO, og Fysikk - UiB. Når det gjelder

samarbeidet med CERN finner vi bare én felles publikasjon mellom instituttet og CERN.

Betyr det at NTNU, Fysikk ikke publiserer i det hele tatt innenfor CERN fagspesialiteter? For å kunne besvare dette undersøkte vi HEP preprint database som produseres av SLAC (Stanford) i USA. Denne databasen inneholder bibliografiske referanser til mer enn 335,000 artikler innenfor partikkelfysikk. Det er de sakkyndige ved HEP som vurderer hvorvidt en publikasjon er relevant for partikkelfysikk når de registrerer den i HEP databasen.

I denne databasen identifiserte 21 norske institusjoner hvorav de viktigste var:

- Universitetet i Oslo med 289 publikasjoner etter 1990;
- Universitetet i Bergen med 269 publikasjoner etter 1990;
- NTNU med 71 publikasjoner (AVH 66 publikasjoner) etter 1990.

De øvrige institusjonene hadde en lav publiserings representasjon i databasen, dvs mellom 1 og 10 publikasjoner etter 1990. Av disse var det to bedrifter: IDE as og Dolphin as.

Hovedpoenget her er at NTNU har produsert 71 publikasjoner innenfor (eller relevante til) partikkel fysikkforskning uten et synlig samarbeid med CERN. En mer detaljert undersøkelse av disse 71 publikasjonene er imidlertid nødvendig for å kunne stadfeste hva slags forskning som dette representerer.

Konklusjoner - bibliometri

I utgangspunktet ligger norsk fysikk under det som er estimert som norsk "performance level" m h t bibliometriske publikasjonsindikatorer. Dette og andre forhold som knytter seg til generelle bibliometriske kjennetegn ved norsk fysikk er nærmere presentert i Vedlegg 1. Hva som er årsaken til dette og hvorvidt dette kan knyttes til deltakelsen i CERN, er det vanskelig å si noe om.

Framstillingen ovenfor gir oss en indikasjon på at UiB's forskningsvirksomhet innenfor fysikk er mest knyttet til CERN's forskning. Omvendt er NTNU's forskningsvirksomhet minst knyttet til CERN. Det er sannsynlig at både UiB, Fysikk og UiO, Fysikk er mer påvirket av CERN forskning enn det som samforfatterskapsstatistikken tilsier i denne undersøkelse. Dette fordi tallene ovenfor er en nedre grense av CERN's påvirkning i instituttenes publiseringsproduksjon. Man kan selvsagt si at dette funn er åpenbart et positivt trekk når det gjelder utnyttelsesgraden av kontigentoverføringer fra Norge til

CERN. Det er imidlertid grunn til å spørre om man kan tolke de samme tall som en indikasjon på en større enn ønsket nasjonal avhengighet (dette gjelder særlig for UiB, Fysisk institutt) av CERNs forskning innenfor fagområde fysikk?

5.3 Opplæringseffekten av deltakelse i CERN

I forrige kapittel ble det pekt på at norsk deltakelse i CERN er dominert av hovedfagsstudenter og drgradsstudenter, i nært samarbeid med norske universitetsveiledere og -lærere, som også arbeider med CERN-eksperimenter. Gitt dette og det at CERNs eksperimenter generelt ligger i teten i internasjonal forskning i partikkelfysikk er det klart at CERN spiller en viktig rolle for norske fagmiljøer ved universitetene i Oslo og i Bergen, der hovedtyngden av norsk deltakelse skjer, dvs de ca 100 personene som tilhører det norske "CERN-community". Men partikkelfysikk er bare en av mange disipliner innen fysikk, og det er ikke aktiv deltakelse i CERN fra fysikkmiljøene ved NTNU og Universitetet i Tromsø. Til tross for eksperimentell fokus er partikkelfysikken lite anvendelsesorientert i sammenligning med andre fysikkdisipliner, feks faststoff-fysikk eller biofysikk, noen som kanskje kan forklare hvorfor NTNU ikke er så aktiv i CERN. Altså, opplæringseffekten er avgrenset til de som deltar i CERN, og dette er i hovedsak partikkelfysikerne ved universitetene i Oslo og Bergen og deres studenter. Når studentene er ferdigutdannet er det relativt få som fortsetter som forskere. De fleste går ut i normalt arbeidsliv som lærere, i næringsliv, etc. Den spesifikke kunnskap de har i partikkelfysikk vil ikke i noen særlig grad være grunnlag for deres fremtidige arbeid. Derimot gir dette, i likhet med de fleste andre former for vitenskapelig spesialisering, generelle almenkunnskaper og ferdigheter som er verdifull for samfunnet.

I følge NTs årsmelding fra 1995 er antall drgrader fra partikkelforskningen som vist i tabellen nedenfor:

| Program | Avlagte doktorgrader 1995 | Avlagte doktorgrader 1994 |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Romforskning m/ESA | 6 | 4 |
| Kjerne- og partikkelforskning m/ CERN | 1 | 0 |

Instituttsektoren er oppdragsdrevet. Dens aktiviteter relatert til partikkelfysikk vil avhenge av i hvilken grad det finnes oppdrag for dette. Dette er relativt lite og knyttet til teknologiutvikling for detektorer som norske universiteter har ansvar for utviklingen av. Dette forklarer hvorfor bare SINTEF/SI (Oslo) har deltatt - en aktivitet finansiert gjennom oppdrag fra NFRs KJERNPAR-program og dens forgjenger. Til gjengjeld har et lite team av forskere der i nært samarbeid med to bedrifter - AME og IDE - bygget opp en anerkjent kompetanse på detektorsiden. Norsk deltakelse i CERN kan dermed sies å ha hatt en viss *direkte* opplæringseffekt på denne måten, finansiert av følgeforskningsprogrammet til NFR.

5.4 Kommersiell virksomhet ut fra CERN

CERNs policy mht innkjøp av varer og tjenester er tidligere omtalt, også Norges returkoeffisient, som har vært synkende de siste årene. Nasjonaløkonomisk har ikke dette noen stor betydning - Norges netto betalingsbyrde til CERN påvirkes ikke av størrelsen på returkoeffisienten så lenge CERN ligger utenfor Norge og så lenge det ikke er snakk om *meget* store leveranser (større enn Norges totale medlemskapskontingent). En høy returkoeffisient betyr bare at en større andel av Norges medlemsskapsavgift skjer i form av varer og tjenester (som produseres i Norge), i stedet for "rene" penger - det norske samfunnet betaler uansett. Derimot vil det være en rekke ikke-økonomiske effekter som indirekte kan tenkes å ha en positiv effekt på norske bedrifter, slik det i sin tid hevdes at Norsk Datas leveranse av NORD-maksiner til CERN hadde:

- *generell prestisje,*
- *positiv assosiasjonseffekt* som kan oppnås ved at et produkt eller bedriftsnavn knyttes til CERN,
- *refeanse* til, og utprøving under, ekstreme, men kontrollerte forhold med CERN-dokumentasjon,
- *opplæringseffekt* som særlig knytter seg til utvikling av nytt, avansert utstyr, programvare og instrumenter - for en kunde som er ansett som krevende
- tilgang til *miljøer og uformelle personnettverk* som er *kreative og internasjonale* - kilde til produktideer og kontakter utenfor CERN, osv

For øyeblikket er det tre norske bedrifter som synes å være aktuelle i denne forbindelse:

- AME

- IDE

- SINTEF(SI)

Alle disse har - eller har gode utsikter til å få - leveranser i forbindelse med de norske detektorkomponentene til ALICE og ATLAS i LHC. Hvorvidt de vil oppnå vekst og kommersiell fremgang som følge av CERN-leveransene er for tidlig å si. Erfaring fra innovasjonsforskningen viser at det i allefall oftest tar 7 til 10 år før det er mulig å si om slike kommersielle forhåpninger er forfeilet eller vellykket.

"Fair-return"

CERNs innkjøpspolicy er basert på prinsippet om billigst og best, med utstrakt bruk av anbudskonkurranser. Altså, ikke noen "fair-return"-policy slik man ser praktisert i andre internasjonale organisasjoner som Norge deltar i. I denne konkurransen har Norge gradvis sakkert akterut i løpet av 1990-årene, tiltross for en betydelig innsats fra NFRs side gjennom ordningen med en norsk Industrial Liaison Officer (ILO) som aktivt følger opp CERNs innkjøpsvirksomhet. Noe av nedgangen skyldes at multinasjonale selskap nå lar sine sveitsiske og franske datterselskap ta seg av leveransene til CERN. Dette rammer bedrifter som Alcatel Norge, som tidligere leverte både kabel og hussentral til CERN. Ifølge den norske ILO er det også lav interesse blant norske bedrifter fordi:

- ▶ norske bedrifter vurderer et langsiktig leverandørforhold til CERN som vanskelig og prioriterer heller kunder hvor de ser slike muligheter,
- ▶ prisene til CERN er generelt presset og gir lav (eller ingen) lønnsomhet på leveranser hvor de teknologiske utviklingsmulighetene ikke er så interessante at bedriften ser bort fra lønnsomhet (opplæringseffekt),
- ▶ anbudsokumentasjonen som CERN krever er omfattende og koster bedriftene mye å utarbeide, uten at dette kompenseres.

Det siste momentet kan tyde på at CERN har en høy kapasitet til både å utvikle kravspesifikasjoner og vurdere anbud i detalj - en praksis som de fleste store, teknologidrevne bedrifter og organisasjoner har gått bort fra fordi det skaper byråkratiskostnader som ikke kan rettfærdiggjøres teknisk eller kvalitetsmessig.

Teknologioverføring

Fra CERN og partikkelfysikermiljøene fremholdes at CERN er en kilde til teknologioverføring til industrien, og at dette bidrar til en økonomisk gevinst utover det forsknings- og kunnskapsmessige. Begrunnelsen er at de ekstreme teknologiske kravene som stilles til instrumentering, akselleratorene, detektorene og datafangst/databehandling, dvs krav om spesielle løsninger som ikke har eksistert

tidligere. Utvikling av slike løsninger skaper så et fundament hos leverandører for kommersielle produkter som kan bli innovasjoner, dvs bli kommersielt vellykkede utenfor CERN. Norsk Datas leveranse av NORD-maskiner fremholdes som et eksempel på dette.

I de fleste moderne, store teknologiske systemer vil man kunne observere lignende effekter som de CERN påberoper seg, fordi det pågår en kontinuerlig utvikling med sikte på å oppnå teknologiske forbedringer i ytelser, prisreduksjoner, økt pålitelighet og kvalitet. Dette vil man se feks i moderne våpensystemer, nye kommunikasjonssystemer og transportsystemer, som i kompleksitet og ytelser ellers har meget høye krav. Gitt at man antar at CERN holder samme standard på sin teknologiske FoU som i industrien hvor det foregår kontinuerlig utvikling, kan man ikke forvente at det skal komme så mye ut av CERN, fordi CERN - selv om organisasjonen er stor - tross alt er marginal i størrelse i forhold til den teknologiske FoU i industrien. Snarer kan det hevdes at CERN i det store og hele er avhengig av en betydelig teknologiimport fra industriell FoU for å gjennomføre sine vitenskapelige ambisjoner. Allikevel har CERN endel unike fortrinn innen teknologiutviklingen som teller med i en positiv vurdering av CERN. Dette gjelder innen cryogenetikk og superledere, men på dette området er det ifølge den norske ILO liten interesse i norske miljøer for å delta.

5.5 Nettverksaspektet ved deltakelse i CERN

I utgangspunktet består "the CERN-community" av ca 8.000 personer (CERN-ansatte + associates) - i et meget internasjonalt, forskerdominert miljø. Av de internasjonale forskningsorganisasjonene som Norge deltar i, er CERN en av de eldste. Dette betyr at CERN representerer en stor, veletablert arena for internasjonal kontakt, konsentrert til et relativt lite geografisk areale. For den enkelte deltaker vil kontakten med CERN være avgrenset - og kontaktpunktene bestemmes - ut fra arbeidet, særlig det som utføres i forbindelse med eksperimenterne, i "collaborations". I tilknytning til slike er det allikevel en betydelig faglig aktivitet, med kollokvier, seminarer og konferanser.

Informanter fremhever den uformelle kontakten i CERN som verdifull: "I løpet av en halvtime på CERNs kantine er jeg helt oppdatert og vet mer om hva som skjer enn om jeg hadde vært månedsvis på biblioteket" - er et utsagn som illustrerer hvor høy den uformelle kontakten verdsettes når det skal settes på spissen: Tett samhandling fører til stort informasjonsflyt. Oversikten nedefor, basert på CERNs årsmelding (vol II), viser antall partnere i de største eksperimenterne og prosjektene

som de norske deltar i. Oversikten forklarer hvorfor det er en høy grad av samforfatterskap i publikasjonene som ble analysert ovenfor. Dette viser en sterk internasjonal orientering. Imidlertid er det vanskelig - uten omfattende undersøkelser og analyser - å gi eksakte mål på hvor internasjonalt orientert den CERN-relaterte samhandlingen er, hvordan dette er i forhold til andre, tilsvarende organisasjoner, hvor mye dette har påvirket norsk forskning og hvor dyktige de norske er til å utnytte de mulighetene som CERN tilbyr.

| <i>Eksperiment/ prosjekt i CERN</i> | <i>Antall partner- organisasjoner</i> |
|---|---|
| DELPHI | 46 |
| ATLAS | 147 |
| ALICE | 63 |
| WA97 | 16 |
| IS 338 | 9 |
| RD 20 | 32 |
| RD 24 | 14 |

5.6 Alternative prioriteringer

Spørsmålet i denne sammenheng er *om* - og i såfall *hva slags* - forskning som har fått mindre prioritet som følge av norsk deltakelse i CERN, og, eventuelt, hva slags følger dette har fått for norsk forskning. Andre vil kanskje si at dette spørsmålet er uaktuelt fordi særlig norsk følgeforskning til CERN er underbudsjettet. Et empirisk mål på alternative prioriteringer ville være å analysere etterspørselen etter forskningsmidler (søknader til NFR, etc) i forhold til de faktiske allokeringene som er foretatt. Gitt at etterspørselen var "ren" (et reelt uttrykk for alle genuine forskningsønsker) ville analysen vise nabodisipliner og problemstillinger mht prioritet. Dette er metodisk og empirisk vanskelig og følgelig ikke utført. Mer nærliggende er det å peke på KJERNPARs prioriteringer av sine knappe midler. I årplaner og i langtidsplan KJERNPAR mener at de bør ha 18 millioner kr pr år, men i 1996 fikk 11,7 millioner kroner. Av årsrapporten for KJERNPAR 1996 ser man at det på eksperimentsiden bare er gitt en mindre bevilgning (kr 200.000) til

Synklotrongruppen ved Universitetet i Oslo, og at dette ikke var tilstrekkelig til å dekke denne gruppens ønske om to nye detektorer. Resten, 11,5 millioner kr, ble kanalisert til CERN-relaterte aktiviteter og utstyrsutvikling. Det er lite plass til annen forskning enn CERN og de vel 50 personene som driver slik forskning i Norge, dvs de som ikke er med i "the CERN-community".

| | |
|--------|----|
| RD 24 | 14 |
| RD 20 | 32 |
| WASP | 16 |
| ALICE | 63 |
| ATLAS | 47 |
| DELPHI | 44 |

5.5 Nettverksaspektet ved deltakelse i CERN

Utgangspunktet består "the CERN-community" av ca 100 personer (CERN-

5.6 Alternative prioriteter

De viktigste utfordringene som står foran CERN er å sikre fortsatt økonomisk støtte og å utvikle nye detektorer og eksperimentelle oppsett. Dette er utfordringer som krever samarbeid mellom CERN og andre forskningsorganisasjoner. I tillegg er det viktig å sikre at CERN har tilstrekkelig kompetanse og utrustning til å gjennomføre disse oppgavene. Dette er utfordringer som krever samarbeid mellom CERN og andre forskningsorganisasjoner. I tillegg er det viktig å sikre at CERN har tilstrekkelig kompetanse og utrustning til å gjennomføre disse oppgavene.

6 Forskningsmessige utsikter for CERN

6.1 LHC

CERNs fremtid er LHC - Large Hadron Collider. Så sant planene om denne lar seg gjennomføre, vil store deler av CERNs virksomhet være fastlagt for 20 år fremover. Ut fra økonomiske betraktninger betyr dette at Norge sannsynligvis vil bruke ressurser tilsvarende 100 millioner kroner årlig i 20 år fremover på dette alene. CERNs planer innebærer at forskningen vil bli bundet for en hel generasjon fremover, til de detektorene som nå utvikles - og eksperimentene som er planlagt i etterpå.

Finansiering av LHC

LHC vil koste i overkant av 12 milliarder kroner og skal være ferdig i 2005. LHC vil bli finansiert fra to kilder:

- ▶ *omposteringer innen CERNs budsjett*, slik at en stor andel av budsjettet de neste ca 10 årene kanaliseres til LHC, ut fra at medlemskontingentbidraget forblir på samme nivå som i dag,
- ▶ *bidrag fra ikke-medlemsland*: USA har forpliktet seg til å betale ca 2,4 milliarder kroner og ca 1,3 milliarder kroner kommer fra andre (Japan, India, Kanada og Russland), ialt 3,7 milliarder fra ikke-medlemmer.

Venteperioden frem til 2005

Planene for LHC er basert på en ombygging av LEP-ringtunnelen og endel av de andre anleggene på CERN. I praksis betyr dette og finansieringsplanen at det ikke blir noen eksperimentelle aktiviteter på CERN fra 1998 til 2005. KJERNPAR-programmet har derfor lagt opp til en tilknytning av norske forskere til tungione-programmet på RHIC, Brookhaven i USA, samt BARBAR-eksperimentet ved Stanford (USA) og/eller HERAB ved DESY i Hamburg. Det er noe uklart hvordan denne venteperiodens aktiviteter er tenkt finansiert all den tid brorparten av NFRs midler i KJERNPAR synes å være bundet til CERN-aktiviteter i forbindelse med bygging av detektorene til LHC.

6.2 Generelt om forskningsmessig utsikter

Blant partikkelfysikere synes det å være en samstemminghet om at LHC-eksperimentene bærer i seg løfter om å kunne utdype Standardmodellen ytterligere. Standardmodellen betegnes som "fullstendig konsistent", men også "ufullstendig",

særlig mht å kunne forklare fenomener som først kan observers med høyere energier. I dette ligger en ambisjon om eksperimentelt å komme et skritt nærmere det som teoretisk er predikert som *supersymmetri* - eller SUSY, som fysikere kaller dette:

"...LHC could find SUSY up to some 400 GeV for sleptons, some 2000 GeV for squarks and gluinos, and probe the lightest supersymmetric particles up to some 350 GeV, covering almost the full allowed range. Despite the cluttered conditions of 14 TeV proton-proton collisions [LHCs planlagte styrke], the expected SUSY signals should be visible. The experimentalists are convinced that if SUSY is not just a dream, then the LHC will reveal all". (CERN Courier, jan/feb, 1997, s 21)

I den norske begrunnelsen for en forskningsmessig interesse i dette fremholdes spørsmål som er "..fundamentale for den verden vi lever i". Blant annet blir det spurt:

- Finnes det antimaterie i Universet?
- Har Universet gått gjennom en fase av frie kvarker og gluoner på et tidlig stadium av Big Bang?

Det er klart at svar, eller fornyede - og sannsynligvis fortsatt tentative - forklaringer på de generelle spørsmålene som partikkelfysikken stiller har bred almen interesse, slik i sin tid erkjennelsen om heliosentrisme og elektromagnetisme fikk. Slik sett er det *mening og forståelse, ikke umiddelbar økonomisk nytte* som er de viktigste dimensjonene i partikkelfysikkens prosjekt. Gitt at samfunnet synes forskning i slike spørsmål er såpass viktig at man vil bruke ca 100 millioner årlig som norsk bidrag til et internasjonalt fellesprosjekt de neste 20 årene - blir spørsmålet:

- Er deltakelse i CERN en riktig strategi for dette?
- Gitt at forventningene til LHC slår til (f eks. at man finner SUSY-signaler), hva slags konsekvenser får dette egentlig for de forklaringer vi alt har om Universets opprinnelse, hva slags konsekvenser får det for de forklaringer vi alt har?
- Finnes det andre forskningsstrategier som er mer interessante, mer fleksible og i midre grad fastlåste til en bestemt type eksperimentelt oppsett som LHC er?

Sett utenfra er det naturlig å stille slike spørsmål fordi partikkelfysikkens prosjekt bærer et preg av paradigmerigiditet og tilhørende kollegial konsensus, samt "lock-in" til en type eksperimentell tilnærming knyttet til undersøkelse av mikrokosmos, som forskningsmessig kan fortone seg risikopreg. Det siste ikke av teknologiske grunner, men mer av intellektuelle, forskningsmessige grunner: Har man lagt opp til for stor grad av forutsigbarhet? Slik sett bærer forskningen preg av å være låst

inn i et puslespill som lett kan slås i stykker av kunnskap og forklaringer som kommer fra andre tilnærminger.

6.3 Forholdet CERN-deltakelse og NFR/NTs strategier

Yttre sett passer norsk deltakelse i CERN inn i to av NFRs tre hovedsatsninger, dvs satsning på *grunnforskning* og *internasjonalt forskningssamarbeid*, jfr NFRs *Forskning for framtiden* (s 43-46). Dette strategidokumentet sier at NFR vil "Prioritere forskningssamarbeid i Europa og opprettholde nivået på kontakten med USA" (s 59). Norsk deltakelse i EUs rammeprogrammer omtales for seg selv et annet sted, dvs at NFR må ha tenkt på den type forskning som CERN representerer. I en nærmere utdyping av dette sier dokumentet at:

"Forskningens internasjonale dimensjon har alltid vært sentral, og er av spesielt stor betydning for en liten nasjon. De uformelle personlige kontakter er grunnstammen i det internasjonale forskningssamarbeidet, men det formaliserte samarbeidet gir norske forskere muligheten til deltakelse i mange former for internasjonale forskningssatsninger og prosjekter" (s 77).

I denne sammenheng nevnes ESA og CERN, men NRF tilkjenner ikke noen vurderinger eller synspunkter om disse.

I strategi for *Området Naturvitenskap og teknologi* (NT) nevnes ikke CERN - bare noen få forskningorganisasjoner er overhode nevnt. Spørsmålet blir dermed så hvordan den *type* forskning som CERN representerer passer inn i NTs strategi? Dette er ikke lett å få øye på. Under overskriften *Grunnforskning* heter det riktignok at NT vil "styrke grunnforskningen", men det synes implisitt at dette skal være på områder med et anvendelsespotensiale, noe man kan si ikke er et fremtredende trekk ved de forskningshorisontene som partikkelfysikken er i, slik status er idag. Dette inntrykket styrkes av at NT ønsker å prioritere grunnforskningsprogrammer knyttet til naturressursgrunnlaget til Norge, dvs på "...områder med spesielle fortrinn eller områder hvor Norge kan være i den internasjonale forskningsfronten".

Partikkelfysikere vil hevde at CERN oppfyller det siste kravet mht internasjonale forskningsfronten. Det kan derimot også hevdes at Norge har pga størrelse og andre forhold, ikke har noen markant posisjon i dette.

NTs strategi er mer presis mht internasjonalisering, der det forutsettes "..et sterkt engasjement fra FoU-miljøene må ligge til grunn for deltakelse i ressurskrevende internasjonalt forskningssamarbeid. Uten aktiv deltakelse fra forskersamfunnet kan ikke store utgifter til medlemskontingenter forsvares". Det er uklart om NT tenker på

EUs rammeprogrammer eller på store organisasjoner som CERN og ESA - eller begge deler. Men når NT skriver videre at man ønsker å opprettholde internasjonalt samarbeid med ledende forskningsmiljøer i USA og Japan, vil man kunne tolke sitatet ovenfor som at NTs holdning er at internasjonalt forskningssamarbeid skal være *faglig motivert*, ikke politisk.

I de tematiske hovedsatsningene til NT (marin forskning, miljørettet forskning, næringsrettet FoU) nevnes ikke den type forskning CERN står for, men det er heller ikke så rart, fordi CERN og partikkelfysikken vanskelig kan ha noen direkte relevans for disse områdene.

Strategidokumentene som er gjennomgått fører vanligvis sine resonnementer og utsagn på et relativt generelt nivå - konkrete anvisninger gis sjeldent. Dette kommer vanligvis i budsjettdokumenter ol. Hvis man derimot skal tolke *ånden* i disse dokumentene er det nærliggende at det nasjonale utbytte av forskningen står sentralt - at man ønsker en grunnforskning som kan underbygge den nasjonale FoU-innsatsen, fortrinnsvis på områder hvor Norge har gode forutsetninger. Verken partikkelfysikk eller CERN kan sies å være fullt konsistent med en slik målsetning. Men, partikkelfysikk og CERN har en sterk berettigelse i seg selv - og den er i godt selskap med mange forskningstyper som ikke helt passer inn i strategier.

6.4 OECDs Megascience Forum

I 1992 opprettet OECD en gruppe under komiteen for Science and Technology Policy, som fikk navnet *Megascience Forum*. Hensikten med opprettelsen blir forklart med et ønske om "...exchange information and open and substantive discussions of issues relating to existing and potential megascience projects among member country governments and the science community involved in very large scientific undertakings". Mandatet for Megascience Forum utgår høsten 1998. Den spesifikke, utløsende motivasjon for opprettelsen av Megascience Forum vites ikke, men det er nærliggende å peke på sammentreffet mellom dette og de nye verdensoppfatningene som oppsto i årene umiddelbart etter Murens fall: Tøværet i øst-vest forholdet som har fjernet noe av den tidligere sikkerhetspolitiske og strategiske motivasjonen for store, vestlige forskningsprogrammer, særlig de grunnforskningsrelaterte. Megascience Forum satte igang en rekke aktiviteter - møter, seminarer, studier, etc, samt utarbeidelse av forslag til mulig internasjonale samarbeidsprosjekter.

I følge en statusrapport om fremdriften i Megascience Forum fra mars 1997 ligger det an til konkrete utspill om en rekke prosjekter om ikke så lenge - endel av disse skal presenteres sommeren 1997, som rapporter fra de ulike arbeidsgruppene som er i sving. Disse er:

- radioastronomi (nyetablert)
- nøytronkilder
- bioinformatikk
- nukleærfysikk, bl a om neste generasjons akselleratorer,
- undersjøisk neutrino-observatorie

I tillegg er det nedsatt en arbeidsgruppe for å "...fjerne hindringer for internasjonalt megascience samarbeid" [oversatt fra engelsk], med fokus på analyser av avtaleverk og juridiske hindringer.

Det tar oftest lang tid fra OECD kommer med et omforent forslag til det tas konkrete politiske initiativ. Imidlertid er det nå etterhvert en vilje til å finne nye institusjonelle ordninger for storskala forskning på globalt nivå slik man ser på CERN i europeisk skala. De facto har en globalisering av CERN skjedd gjennom finansieringen av LHC, der USA, Japan og andre såkalte ikke-medlemmer har forpliktet seg til betydelige bidrag. Slik sett tvinger globale løsninger seg frem og Europa vil her ha gode forutsetninger for å være ledende, fordi man her gjennom CERN, ESA og mange andre organisasjoner har lært ulike tilnærminger til store, internasjonale forskningssamarbeidsprosjekter. Derfor ligger det i kortene at slike globale løsninger vil tvinge seg frem, primært av økonomiske grunner. I et slikt nytt institusjonelt samarbeid vil det være viktig at man finner organisasjonsformer som er bedre tilpasset en ny tidsalder, særlig hva moderne informasjonsteknologi og telematikk muliggjør av løsninger. Det å ha en stab på nesten 3.000 ansatte på et sted, til meget gunstige betingelser slik CERN har idag, er ikke farbar i fremtiden av mange grunner. Her kan man lære av multinasjonale selskapers måte å organisere seg globalt - hvor det finnes stor varisjonsbredde, tilpasset ulike formål og forhold.

7 Fremtidsutsikter: Politiske faktorer

I 1997 er den europeiske politiske agendaen preget av ØMU - den økonomiske monetære union - og kravene som EU har satt seg selv i denne forbindelse for 1999. Et annet viktig aspekt er Europas "utvidelse" - det at mange tidligere østblokkland søker en permanent, institusjonalisert integrasjon i Europa, fortrinnsvis i EU og NATO, men også medlemskap i organisasjoner som både symboliserer og utfolder europeisk samarbeid. Mer enn noe annet viser dette at et nytt Europa er i ferd med å ta form uten de gamle maktblokkene. Begge dynamikkene - ØMU og Europas utvidelse - har betydning som politiske faktorer som påvirker forskningens situasjon, og gjennom dette også for CERNs fremtid. CERNs tilblivelse i sin tid var motivert av politiske faktorer, men da av de som preget etterkrigstidens Europa på terskelen inn i den kalde krigen. Med dette bakteppet skal vi se nærmere på rekke faktorer som det er viktig å vurdere i en analyse av CERNs fremtid.

7.1 Politiske tendenser som påvirker internasjonalt forskningssamarbeid

7.1.1 ØMU - budsjettreduksjoner på kort sikt

I de fleste EU-landene er det igangsatt tiltak og planer for å bringe de offentlige finansene i balanse, slik man har blitt enige om i forbindelse med at ØMU skal etableres 1 januar 1999. I praksis betyr dette at omfattende spare- og budsjettkuttprogrammer er igangsatt i mange EU-land, som igjen vil ramme finansieringen av internasjonale forskningsorganisasjoner som CERN. Tyskland har alt skjært ned på sitt bidrag til CERN, dette i første omgang motivert ut fra ekstrabyrdene med gjenforeningen med DDR. Tysklands holdning må dessuten forstås ut fra de har DESY i Hamburg. Frankrike går til valg nå og det forventes radikale budsjettkutt hvis Chirac gjenerobrer makten. England går til urnene også, men Englands holdninger har alltid vært på den uttalt reserverte siden mht store bidrag til CERN. I Italia foregår det store omlegginger av de offentlige finansene. Tyskland har annonsert minsket bidrag til ESA - og vil ventelig gjøre det samme på andre forskningsprogrammer, for ifølge det tyske forskningsministeriet skal det spares "overalt". I Sverige er det også igang lignende planlegging. Ut fra at de fleste EU-landene opplever høye arbeidsløshetstall samtidig som de skal tilpasse seg ØMU-kravene kan man forvente at CERNs finansiering vil i økende grad bli et tema de neste årene - og at det vil bli tatt initiativ til nye avtaler og finansieringsformer, også på nordisk nivå. I så fall kan man forvente at diskusjoner ikke bare kommer til

å gjelde CERN, men hele spekteret av internasjonalt forskningssamarbeid innen grunnforskning.

7.1.2 Europa utvides for CERN

CERN har i løpet av de siste årene tatt opp som medlemmer tidligere østblokkland som Ungarn, Polen, Slovakia og Tsjekkia. Dette og bidragene fra USA, Japan, Russland, India, Israel og Kanada i forbindelse med finansieringen av LHC viser at CERN nå er en helt annen organisasjon enn hva den var for bare noen få år siden. I realiteten er ikke CERN rent europeisk lengere, den har blitt mer global, eller en slags krysning mellom OECD og G7. De europeiske medlemslandene besluttet i 1995 at CERN-medlemskap fortsatt skulle være forbeholdt land i Europa. Resonnementene bak dette standpunktet vil sannsynligvis bli utfordret i årene som kommer.

7.1.3 OECDs Megascience Forum

OECDs Megascience Forum har ennå ikke resultert i noe konkret - dette vil først skje i løpet av 1998. OECD har ikke besluttende myndighet - den gir råd og er på denne måten innflytelsesrik, fordi "rådene" som oftest er skapt av den samme styrende elite som skal lytte til disse. Når temaet om megascience er satt på dagsorden slik dette skjer nå, kan man forvente at forskjellig utspill vil komme, om ikke direkte for CERN, så vil de bidra til en helt ny tenkning omkring CERNs rolle og organisering i fremtiden.

7.2 CERN og EUs rammeprogrammer

Tematisk og forskningsmessig er det lite overlapp mellom disse to. Den politiske motivasjonen er også forskjellig, men viktigst er kanskje tidsdimensjonen. EUs rammeprogrammer er av fire års varighet - nåværende 4. rammeprogram avsluttes i 1998 og vil bli avløst av 5. rammeprogram. Dette betyr at rammeprogrammene er mye mer kortvarige enn CERN og gir følgelig medlemslandene større fleksibilitet mht deltakelse og innhold. Norge kan (og må) med jevne mellomrom vurdere sin politikk i forbindelse med eventuelle fremtidige rammeprogrammer. Dette og den desentraliserte organiseringen av FoU-arbeidet i EUs rammeprogrammer gjør at handlingrommet for forskningspolitiske prioriteringer i realiteten er stor. Hittil har ikke deltakelse i CERN og andre grunnforskingsorganisasjoner blitt vurdert i sammenheng med deltakelse i EUs rammeprogrammer - den har hatt en politisk motivasjon. Etterhvert vil man sannsynligvis begynne å se deltakelse i disse mer i sammenheng, og da vil deltakelsen i EUs rammeprogrammer gi et handlingsrom som kan gjøre det lettere å rettfærdiggjøre deltakelse i organisasjoner som CERN.

Dette, sammen med de andre momentene som ble drøftet tidligere kan tenkes å skape et klima som gjør at CERN får en annen forankring i den norske forskningspolitikken mht internasjonalt forskningssamarbeid, men først om noen år.

7.3 Viktige politiske faktorer for Norges fremtidige deltakelse i CERN

I utgangspunktet er det viktig å ha klart for seg rasjonalet for CERN og andre, lignende big science organisasjoner. Dette utgjør fundamentet som vil være tilstede i overskuelig fremtid, som en selvstendig berettigelse for denne typen forskningsaktivitet:

- ▶ *Ikke-triviell kompleksitet i forskningsoppgaven* - felles erkjennelse av en reel og utfordrende forskningsfront,
- ▶ *Skala mht kostnader og spesialisert kompetanse* - behov som gjør at ingen enkeltnasjon vil greie oppgaven alene,
- ▶ *Effektivitets- og kvalitetsfordeler* som bedre kan oppnås ved storskalaorganisering,
- ▶ *Skape allianser som er politisk ønskelige* ("brobygging") og som det kan knyttes viktige symboler til, slik forskning kan assosieres med fremskritt og håp.

Forskere har tradisjoner med kollegialt samarbeid (og rivalisering), dvs det individbaserte forskningssamarbeidet, typisk utveksling av gjesteforskere, etc. I big science krever størrelsesforholdene institusjonaliserte samarbeidsavtaler og finansiering av en helt annen type enn de individbaserte. Fordi store offentlige bidrag oftest er involvert vil det gjerne være avtaler på nasjonalt nivå som regulerer dette.

Tendensen man kan se i CERN i forbindelse med LHC-finansieringen, samt andre politiske trender tyder på at det går mot økende globalisering. Dette i takt med at big science blir stadig mer kostnadskrevende. Med i dette bildet hører tendenser som:

- Økende miljøbevissthet har også skapt bevissthet om globale problemer som krever internasjonalt FoU-samarbeid,
- Forskningsoppgavenes størrelse og kompleksitet gjør at selv de største og mest ressursrike nasjonene (USA og Japan) ser fordeler med en internasjonal kostandsdeling av forskningsutgifter på grunnforskning,
- Et nytt internasjonalt samarbeidsklima etter den kalde krigen har oppstått med et større internasjonalt handlingsrom,
- FN-systemets impotens og manglende troverdighet har skapt et initiativsvakum som ventelig vil bli fylt av andre, slik som OECD,

- Grenser for offentlige finansieringsnivå av grunnforskning ut fra hva som er politisk akseptabelt i nasjonstatene skaper grobunn for å lete etter internasjonale løsninger,
- CERN og ESA har vært såpass vellykket de siste årene at den politiske mening bruker disse som modeller/presedens for store internasjonale prosjekter,
- Næringslivet globaliseres - en generell tidsånd om å tenke globale løsninger blir nå mer vanlig,
- IT og telekom har gitt verktøy som gjør internasjonale forskningssamarbeid lettere og mer praktisk gjennomførbart, til langt lavere kostnader enn tidligere.

7.3.1 Norske utenrikspolitiske interesser i CERN

Utenrikspolitisk betyr deltakelse i CERN lite, i den forstand at det norske politiske systemet og offentlighet ikke vier organisasjonen noe særlig oppmerksomhet. Det betyr at norsk deltakelse i CERN oppfattes som ordinær, uproblematisk og ukontroversiell, og bidrar ellers positivt til å understøtte Norges image som en aktiv, moderne medspiller i det internasjonale og europeiske fellesskap. En *ensidig* norsk utmeldelse eller nedtrapping i CERN vil derimot ikke passe inn i dette bildet og ville bli oppfattet negativt av støttespillere som er viktige for Norge. Derfor er dette helt uaktuelt. Derimot antas det å være interesse for at Norge skal delta i en dialog om visse justeringer av medlemsnasjonenes CERN-policy (særlig finansieringsnivået) sammen med andre nordiske land.

7.3.2 Norske sikkerhetspolitiske interesser i CERN

I dagens politiske klima er det få - om noen - direkte sikkerhetspolitiske interesser knyttet til CERN-medlemskapet. Heller ikke norsk forsvarsindustri eller forsvarsrelatert FoU har noen teknologistrategiske interesser knyttet til CERN. Men også ut fra dette perspektivet ville det vekke oppmerksomhet og reise "troverdighetsspørsmål" om Norge *ensidig* endret sin policy ved utmeldelse, nedtrapping eller andre signaler som tilkjennega en minkende interesse for CERN.

7.3.3 Norske næringspolitiske interesser i CERN

Norsk medlemskap i CERN er uvesentlig for vårt næringsliv i økonomisk forstand; det har vel heller aldri vært stilt slike forventninger til medlemskapet. Derimot ligger det en argumentasjon om muligheter til kommersiell teknologiutvikling i kjølvannet av deltakelsen - ofte med henvisning til Norsk Datas "gjennombrudd" i sin tid. Teknologioverføring er også motivasjonen for NFRs finansiering av ordningen med ILO. Som påvist tidligere har Norges returkoeffisient sunket utover 1990-årene. Tatt i betraktning de økonomiske dimensjonene som er knyttet til

CERN, CERNs innkjøpspolicy og teknologihorisont er det tvilsomt om det egentlig bør stilles forventninger til teknologioverføring fra CERN som en motivasjon for deltakelsen. Som faktor i vurderingen av medlemskap i CERN bør ikke dette veie tungt. Det finnes bedre og mer effektive alternative virkemidler for teknologioverføring fra forskning enn det CERN kan tilby.

7.4 Politiske alternativer

Gjennomgangen ovenfor viser klart at det internasjonalt er vilje for å satse på store forskningssystemer som CERN, men at man er inne i en brytningstid mht institusjonelle ordninger og organisering. Tendensen går mot globale organisasjonsformer, men prosessene er langsomme fordi det omfatter prosjekter med lange tidskonstanter, stor kompleksitet forskningsmessig, teknologisk og organisatorisk. ØMU-prosessen kan tenkes å skape enkelte budsjettkriser på kort sikt. EUs rammeprogrammers avgrensning i tid vil derimot øke det fremtidige handlingsrommet. Norge bør ikke ensidig ta noe initiativ eller gi signaler om endret holdning til CERN eller tilsvarende organisasjoner som Norge deltar i. Med Norges nåværende gunstige økonomiske situasjon vil dette skape badwill samtidig som det er relativt lite å hente økonomisk. Derimot kan det forventes initiativ fra andre land som av forskjellige grunner ønsker å revurdere grunnlaget for sin policy mht deltakelse i internasjonal big science. Hvis så skjer bør *forskningspolitisk og -strategiske prioriteringer styre norske holdninger og posisjoner*. Fremgangsmåten for dette blir tema for Del 3 i utredningen.

Litteratur

- J.B.Adams i Asbjørn Barlaup (red.), *"Festskrift til Odd Dahl"*, Bergen, 1968.
- CERN, *Annual Report for 1976*, CERNs hjemmeside på internett.
- Odd Dahl, *"Trollmann og rundbrenner"*, Gyldendal norsk forlag, Oslo, 1981.
- A. Hermann et. al., *"The history of CERN"* Bind I og II, North Holland, Amsterdam, 1987.
- Hovedkomiteen for Norsk forskning, melding nr 3: *"Grunnforskning i fysikk i Norge"*, Oslo, 1968
- Innst. S. nr. 102 *"Innstilling fra utenriks- og konstitusjonskomitéen om samtykke til ratifikasjon av en konvensjon om opprettelsen av en europeisk organisasjon for kjerneforskning utferdiget i Paris 1. juli 1953."*
- Arve Kjellberg i Mauritz Sundt Mortensen (red.) *"I Forskningens lys"*, NAVF, Oslo, 1974.
- John Krige, *"Choosing big technologies"*, Harwood academic publishers, Chur, 1993.
- Ben R. Martin og John Irvine i Research Policy 13 (1984): *"CERN: Past performances and future prospects, artikkel I, II og III"*, Elseviers Science Publishers B.V., North Holland, 1984.
- NAVFs årsmelding for 1979.
- Norsk Senter for Informatikk, *"Norsk teknologisk/Industriell utnyttelse av CERN"*, Oslo, 1979
- NTNFs CERN-komité, *"Uttalelse fra CERN-komitéen om 300 GeV akselerator prosjektet og om en eventuell norsk deltagelse i dette."*, Oslo, 1968.
- NTNFs årsmelding for 1951/1952.
- NTNFs årsmelding for 1953/1954.
- Gunnar Randers, *"Lysår"*, Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 1975.
- Tormod Riste og Egil Spangen, *"Norsk fysikk; omfang - struktur og vekst"*, Skrifter fra Hovedkomiteen for norsk forskning nr. 1, Universitetsforlaget, Oslo, 1968.

Arild Oma Steine, "De skandinaviske land og CERNs storakselerator 300 GeV", Rapport 1977:6, NAVFs utredningsinstitutt, Oslo, 1977.

Stortingsmelding nr. 85 (1964 - 1965) "

St. prp. nr. 42 (1954) "Om samtykke til ratifikasjon av en konvensjon om opprettelsen av en europeisk organisasjon for kjerneforskning, utferdiget i Paris 1. juli 1953."

St.prp. nr. 143 (1970 - 1971)

St.prp. nr 1, Kirke- og Undervisningsdepartementet / Kultur- og Vitenskapsdepartementet / Kirke- Utdannings- og Forskningsdepartementet for 1963 - 1997