

An aerial photograph of a rural landscape, likely in Denmark, showing a patchwork of agricultural fields in various shades of brown and green. A large, thin white circle is drawn over the landscape, centered on a small cluster of buildings. The text is overlaid on the image.

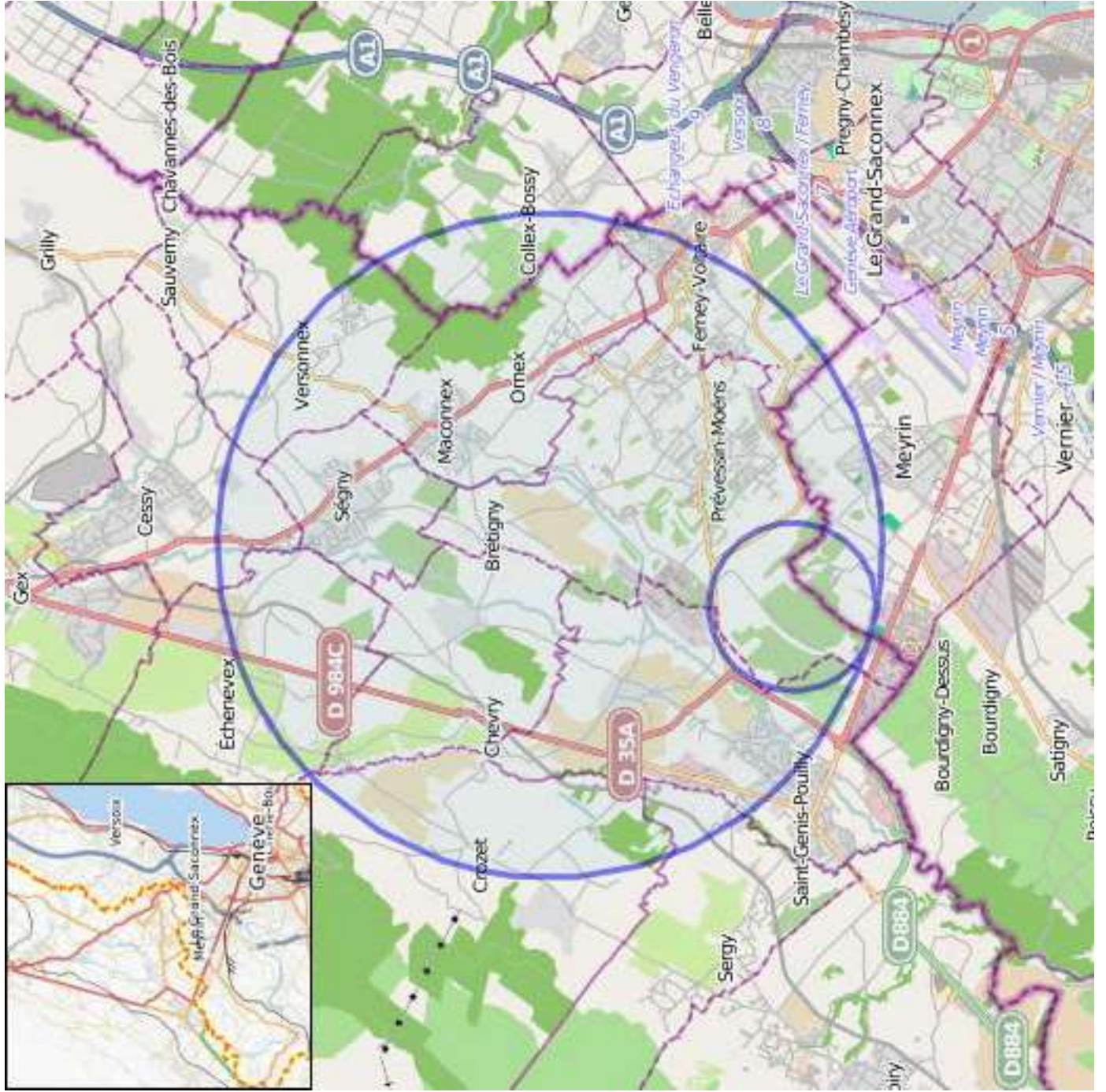
# Danish involvement in CERN detector Upgrades

DIBS'20

Taastrup, 28 January 2020

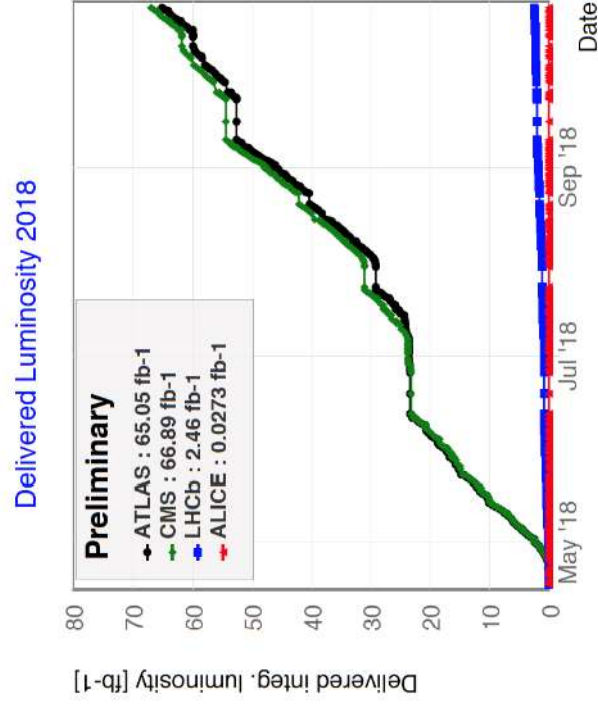
Børge Svane Nielsen

Niels Bohr Institute

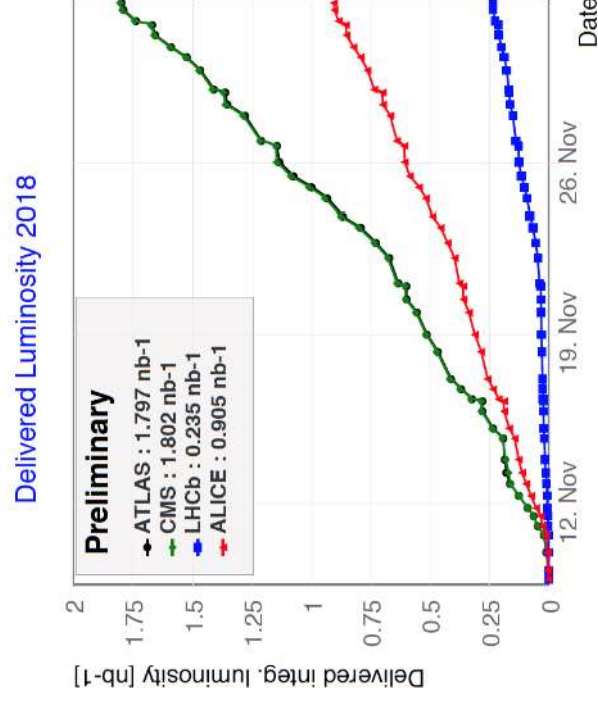


# CERN accelerator performance 2018

## LHC 2018 Harvest



pp-runs



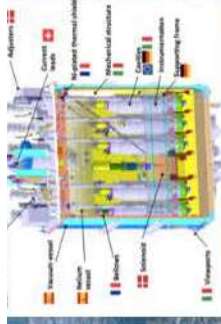
PbPb-runs

# Danish science at CERN

LHC



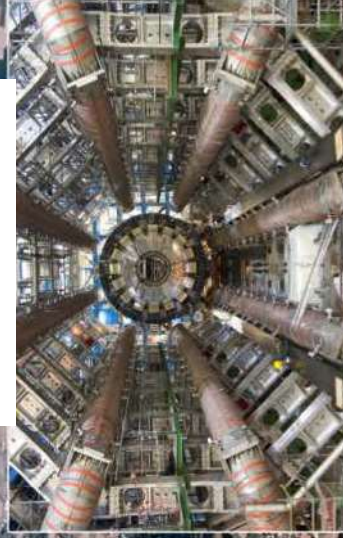
HIE-ISOLDE



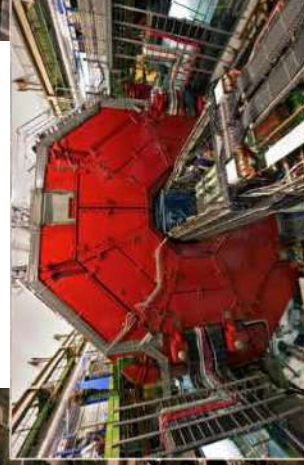
CAST



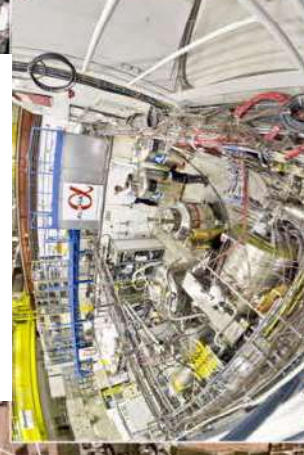
ATLAS



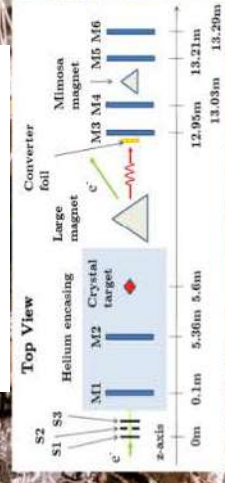
ALICE



ALPHA



NA63



# LHC Hi-Lumi Upgrade

The High Luminosity LHC will increase the luminosity by a factor 10 beyond the LHC design.

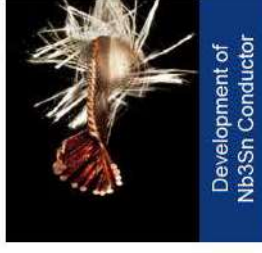
The aim is to study fully the details of the Standard Model and probe deeper into possible extensions. Ex: 15 mio Higgs bosons per year.

HL-LHC is a top priority of the European Strategy for Particle Physics 2013.

Construction is under way and should finish in 2027

# HiLumi-LHC upgrade kickoff 15/6-2018

## The High Luminosity LHC Project (HL-LHC)



**CIVIL ENGINEERING**  
2 new 300-metre service tunnels and 2 shafts near to ATLAS and CMS.

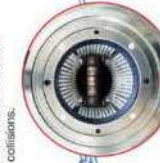
**"CRAB" CAVITIES**  
10 superconducting crab cavities for each of the ATLAS and CMS experiments to tilt the beams before collisions.



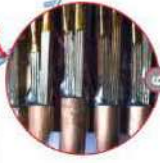
**FOCUSING MAGNETS**  
12 more powerful quadrupole magnets for each of the ATLAS and CMS experiments, designed to increase the concentration of the beams before collisions.



**BENDING MAGNETS**  
4 pairs of shorter and more powerful dipole bending magnets to free up space for the new collimators.



**COLLIMATORS**  
15 to 20 new collimators and 50 replacement collimators to reinforce machine protection.



**SUPERCONDUCTING LINKS**  
Electrical transmission lines based on a high-temperature superconductor to carry current to the magnets from the new service tunnels near ATLAS and CMS.

- New interaction quadrupole magnets Nb<sub>3</sub>Sn (inner triplets)
- New 11 T Nb<sub>3</sub>Sn dipoles (5.5 m)
- RF Crab Cavities
- Collimation upgrade
- Cryogenics upgrade
- Cold powering
- Machine protection
- ...



**Major intervention on more than 1.2 km of the LHC**

Civil engineering has started.

The goal is 3000 fb<sup>-1</sup> by 2037. Major detector upgrades are needed.

Most of these activities need support from the A&T Sector

### LS2 Overview: ALICE

- New Inner Tracking System (ITS)**
  - improved pointing precision
  - less material
  - thinnest tracker at the LHC
- Muon Forward Tracker (MFT)**
  - new Si tracker
  - Improved MUON pointing precision
- MUON Arm**
  - continuous readout electronics
- Time Projection Chamber (TPC)**
  - new GEM technology for readout chambers
  - continuous readout
  - faster readout electronics
- TOF TRD**
  - fastest readout
- New On/Off-line computing farm (O2)**
  - new architecture
  - on line tracking & data compression
  - 50kHz PbPb event rate
- New Trigger Detectors (FIT)**

### LS2 overview: ATLAS

- Barrel Inner Sector 7-8**
- New "Small" Wheels**
- Muon Detection**
- Tile Calorimeter**
- Pixel Detector**
- TDAQ upgrade**
- Calorimeter Electronics**

### LS2 overview: CMS

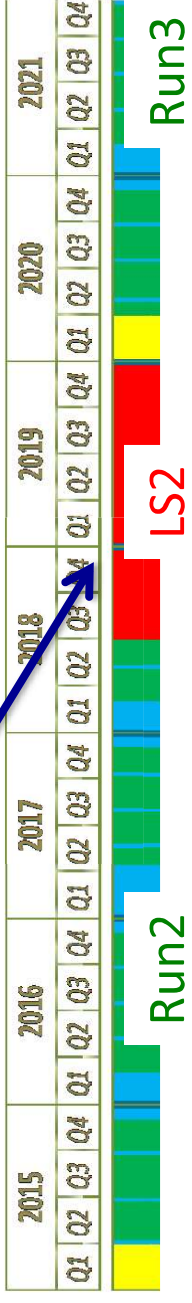
- Beam-pipe (all chambers exc fwd)**
  - Cylindrical central Be/Al + Al bellows
  - Al outer with shallower cone fix lining & X-talk issues
  - Lower activation; helps with ALARA, phase 2 Tracker compatibility;
- Pixel Tracker major revision (new)**
  - Replace L1 (250fb<sup>-1</sup> design max)
  - fix timing & X-talk issues
  - TBM, DC-DC, modules all elements
- Barrel ECAL**
  - New SZU chilled water feed pipe 18→9 C in LS3 to reduce APT noise
- Barrel HCAL (last Phase1 upgrade)**
  - Replace rad damaged HPD by SIPM+ depth segmentation
- MAGNET (stays cold!) & Yoke**
  - Cooled freewheel thyristor-power/cooling
  - New opening system (telescopic jacks)
  - New YE1 cable gentry (Phase2 services)
- Trigger/DAQ**
  - DAQ 2 → DAQ 3, EVB x 4 faster
  - Starpoint update
- Forward systems**
  - New T2 track det (TOTEM <sub>not exp</sub>)
  - CTPPS, RP det & moving sys upgrade
- Muon System (declines critical path)**
  - New CMS muon chambers (FF electronics for inner rings of endcap (disks 2,3 & 4))
  - New GEM layer in inner ring of 1st central disk
  - Major leak repair campaign in barrel RPC (green house gas emission targets)

### LS2 Overview: LHCb

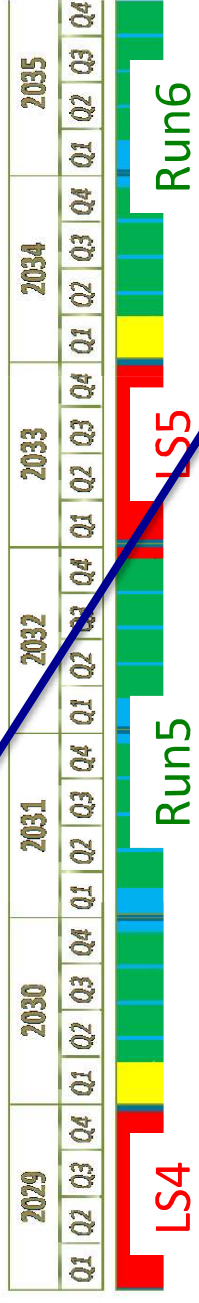
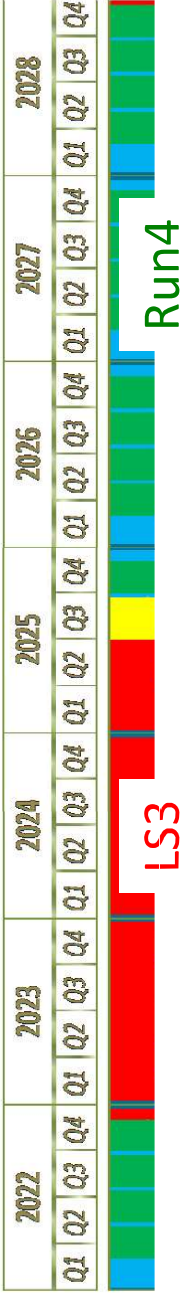
- New Readout Boards – PCI express**
- New PC farm**
- RICH**
  - replace Hybrid Pixel Detector by MAPMTs + new optical systems
- Exchange Vertex Locator**
  - Silicon strip to pixel
  - +RF foil
  - +cooling system
- Replace Calorimeter Front-end electronics**
- New Muon system Back-End**
- Disassemble Muon Station 1**
  - + Pressurizer
  - + Lead
  - +Scintillating Pad Detector
- Scintillating Fibre detector replacing Outer Tracker and Inner Tracker**
  - With +1mm fibres, + SIPM (-40°C)
  - + NOVEC cooling system
- Replaces Tracker by Upstream Tracker**
  - Better coverage of active area
  - +CO<sub>2</sub> cooling

# Long Term Schedule of LHC: will run at least until 2037

**PHASE I Upgrade**  
**ALICE, LHCb: major upgrade**  
 ATLAS, CMS, “minor” upgrade



New dates:  
 LS2 ends: May 2021  
 Run 3 ends: end 2024  
 LS3: 2025-mid 2027  
 Run 4 start: end 2027



**PHASE II Upgrade**  
**ATLAS, CMS: major upgrade**



# CERN-UP

Funding for  
Danish  
involvement in  
detector  
upgrades.

In addition to  
NICE yearly  
funding to cover  
operation.



**Rektor Henrik Wegener**  
Rektorsekretariatet  
Københavns Universitet  
Nørregade 10, Postboks 2177  
1017 København K

*Sendt med email til rektor@adm.ku.dk*

**Kopi:**

*Jens Jørgen Gaardhøje, gaardhoje@nbi.dk  
Poul Schjørring, poul.schjorring@adm.ku.dk  
Caroline Reipurth Kristensen, ckr@adm.ku.dk*

**Dialog med henblik på bevilling**

Styrelsen for Forskning og Uddannelse (SFU) skal på vegne af uddannelses- og forskningsministeren meddele, at det er besluttet at indlede dialog med henblik på bevilling til forskningsinfrastrukturen:

**CERN-UP - Opgradering af CERN infrastruktur til eksperimenter**

Det forventes, at en eventuel bevilling vil være i omegnen af 11.200.000 kr.

Der gøres opmærksom på, at der endnu ikke er truffet endelig afgørelse om bevilling til forskningsinfrastrukturen.

Den foreløbige afgørelse er truffet af uddannelses- og forskningsministeren i henhold til finanslov for finansåret 2018, § 19.45.01. Pulje til Forskningsinfrastruktur. Afgørelsen kan ikke indbringes for anden administrativ myndighed.

**Dialogproces og forventet tidsplan**

Som del af processen mod en eventuel bevilling til CERN-UP anmoder SFU om en redegørelse for en række punkter, jvnrfor Anneks 1.

SFU vil på baggrund af modtagelsen af redegørelsen indkalde til et dialogmøde, med den fagligt ansvarlige forventeligt i uge 33 med henblik på at drøfte indfrielsen af de forventede bevillingsforudsætninger.

Efter dialogprocessen forelægges uddannelses- og forskningsministeren udfaldet og vil tage endelig stilling til bevilling samt bevillingens omfang. Det forventes, at endelig beslutning vil blive truffet i oktober 2018.

**Forventet tidsplan**

- Frist for indsendelse af redegørelse 7. august 2018
- Dialogmøde uge 33 2018
- Forventet endelig beslutning om bevilling oktober 2018

14. marts 2018

Styrelsen for Forskning  
og Uddannelse

Bredgade 40  
1260 København K  
Telefon 3544 6200  
Telefax 3544 6201  
E-mail sfu@ufm.dk  
Netstedt www.ufm.dk  
CVR-nr. 1991 8440  
EAN-nr. 579800046697

Sagsbehandler  
Katinka Steenbjørn

E-mail kas@ufm.dk

Sagnr. 5072-000268  
Dok. nr.

Side 1/4

## Executive Summary

### Overordnet konklusion

Denne analyse har haft til formål at undersøge udbyttet af de danske medlemskaber af store internationale forskningsfaciliteter. Danmark er medlem af otte store internationale forskningsfaciliteter: ESO, CERN, ILL, ESRF, ESS, EMBL, XFEL og ITER. De direkte årlige omkostninger til varetagelsen af disse medlemskaber beløber sig til op i mod 430 mio. kr. Der er begrænset viden om effekterne af medlemskaberne for såvel dansk forskning som for det øvrige danske samfund. Der findes kun få systematiske evalueringer og analyser af de internationale medlemskaber blandt de øvrige europæiske lande. Det betyder at vi ikke ved om vi får nok ud af de danske medlemskaber, og om der er behov for at gøre en ekstra indsats for forskellige faciliteter.

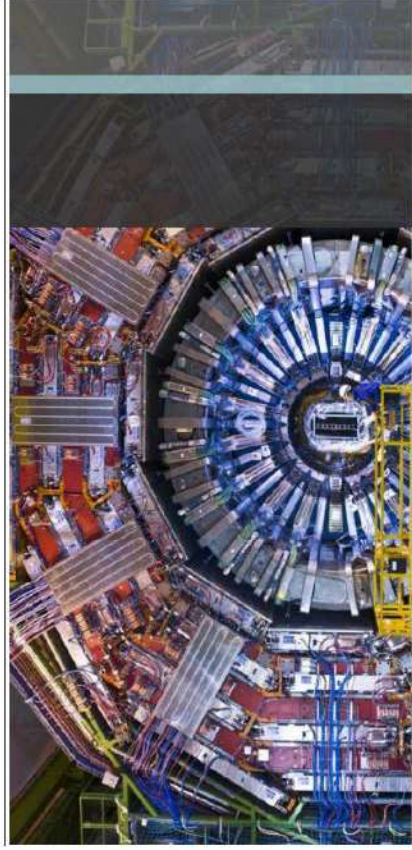
Analysen er baseret på omfattede dialog med brugermiljøerne og universiteterne. Ligeledes har det været vigtigt at basere analysen af effekter på forskningstagslig viden om såvel dansk forskning som de enkelte faciliteter. Til det formål har vi involveret et internationalt forskningspanel i analysen. De ledende forskere i panelet har på heldagsmøder i efteråret 2017 interviewet og været i dialog med alle de relevante brugermiljøer, universiteter, instrumentcentre, BigScience.dk-sekretariatet samt Styrelsen for Forskning og Uddannelse. Endelig er der gennemført både dokumentstudier, faktabeskrivelser samt bibliometrisk kortlægning som dele af analysen.

Analysen viser at det giver god mening for et lille land som Danmark at være medlem af store internationale strukturer på forskningsområdet, som vi ikke har ressourcer eller kapacitet til selv at opbygge eller drive. Takket være summen af medlemslandenes bidrag til de internationale faciliteter, kan de danske forskeres aktiviteter indgå direkte i en global sammenhæng, som løfter forskningen til højeste mulige niveau.

Analysen viser at alle de internationale faciliteter, som Danmark er medlem af, er internationalt højtrangerende og i de fleste tilfælde unikke faciliteter med gode eksperiment- og forskningsmuligheder. Det fremgår også at danske forskergrupper er blandt de bedste til at udnytte disse muligheder. Der foregår ligeledes en udvikling og opgradering på alle faciliteterne i disse år, således at fremtiden i stor udstrækning vurderes at være sikret. Det er det internationale forskningspanels vurdering, at Danmark deltager på områder af stor strategisk betydning for dansk forskning, og at de valgte medlemskaber alle er de bedste indenfor deres respektive områder.

Analysen viser dog også, at der er meget store forskelle på hvordan og hvor meget de internationale faciliteter udnyttes af danske brugere, samt hvor stor nytte de skaber for dansk forskning, uddannelse og erhvervsliv. Nogle af forskellighederne i udnyttelse kan forklares direkte ved faciliteternes forskellighed og forskellige medlemsbetingelser, men det begrunder ikke alle forskellighederne i den danske udnyttelse og nytte. Udnyttelsen af de danske medlemskaber er for de aktive forskningsgrupper bundet til forskningsprogrammer med et 3-5 års perspektiv. Disse er set i dette korte perspektiv relativt fokuserede. Den samlede udnyttelse set i et længere perspektiv på op til 40 år forekommer dog relativt ad-hoc præget, hvilket vurderes at bunde i, at de overordnede mål og succeskriterier for medlemskaberne enten er uklare eller ikke eksisterende. Der mangler generelt strategier og handlingsplaner for udnyttelse af medlemskaberne.

**damvad**  
ANALYTICS



3. april 2018

## Udbyttet af Danmarks medlemskaber af store internationale forskningsinfrastrukturer

Rapport til Styrelsen for Forskning og Uddannelse

# NICE-CERN update

- CERN accelerator complex and experiments performed admirably since the startup in 2011.
- Long shutdown LS2 ongoing: 2019-2021.
- **Hi-Luminosity upgrade of LHC** underway.
- **CERN-UP detector and computing upgrade: 11.2 MDKK,**

Following talks:

Stefania Xella, ATLAS upgrades

Ian Bearden, ALICE upgrades

Hans Fynbo, Isolde upgrades

Preparations for new Roadmap application ongoing.