



”Danske” instrumenter på ESS
HEIMDAL og BIFROST

ESS Instrumenter

Diffraktion

- DREAM (2025)
- NMX (2025)
- MAGIC (2027)
- **HEIMDAL (2027)**

Storskala-strukturer

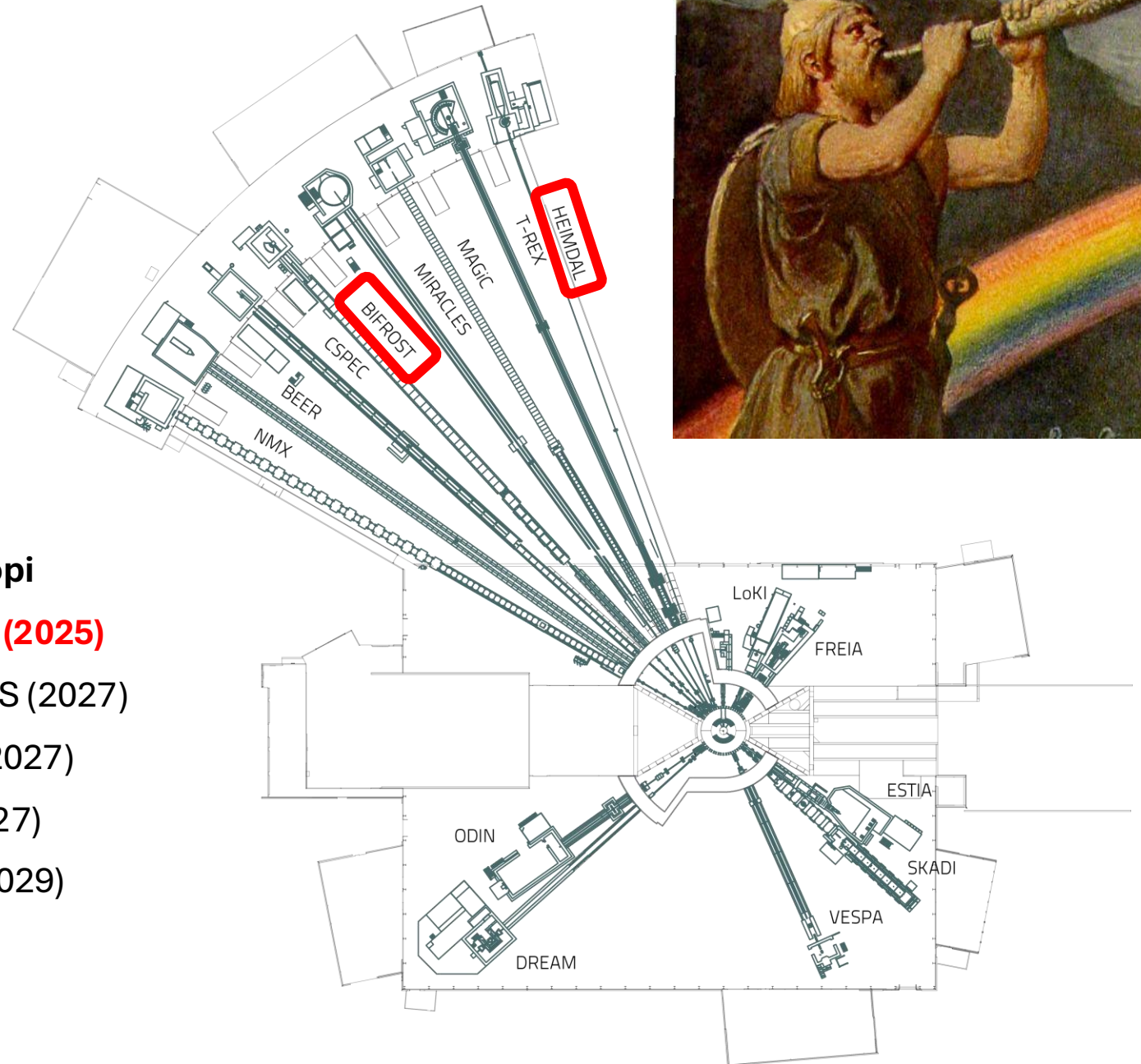
- LOKI (2025)
- ESTIA (2026)
- SKADI (2026)
- FREIA (2027)

”Engineering and industrial”

- BEER (2027)
- ODIN (2025)

Spektroskopi

- **BIFROST (2025)**
- MIRACLES (2027)
- CSPEC (2027)
- TREX (2027)
- VESPA (2029)



Hvordan kom vi overhovedet med?

- **2009:** Beslutning om at ESS skal ligge i Lund (hvis finansiering kan findes)



- **2009-2011:** Forberedelse af dansk-schweiske samarbejde om instrumenter
- **2012-2013:** Dansk-schweiziske samarbejdsprojekter (5 instrumenter)
 - Finansiering fra
- **2013-2014:** Udvalg af 15 ESS instrumenter. (3 DK-CH instrumenter valgt)
- **2014-2015:** Udvidelse af instrument-konsortier. Rafinering af koncepter
- **Efteråret 2016:** Scope-setting møder
 - Aftaler om hvor ambitiøse instrument vi må bygge
 - Fastsættelse af budget på 13.6 M€ for BIFROST og 13.6 M€ for HEIMDAL

BIFROST (DTU, KU, PSI, IFE, LLB, ESS)

Science case: Magnetiske eksitationer i f.eks.

- Høj-temperatur superledere
- Funktionelle materialer (multiferroika, magnetoelektrika)
- Frustrerede magneter
- Lav-dimensionale kvante-magneter

BIFROST vil være specielt velegnet til forsøg med:

- * Høje magnetfelter
- Højt tryk
- Ultralave temperaturer



<https://ess.eu/instruments/bifrost#instrument-description>



Rasmus Toft-Petersen (DTU)
Instrument-ansvarlig forsker

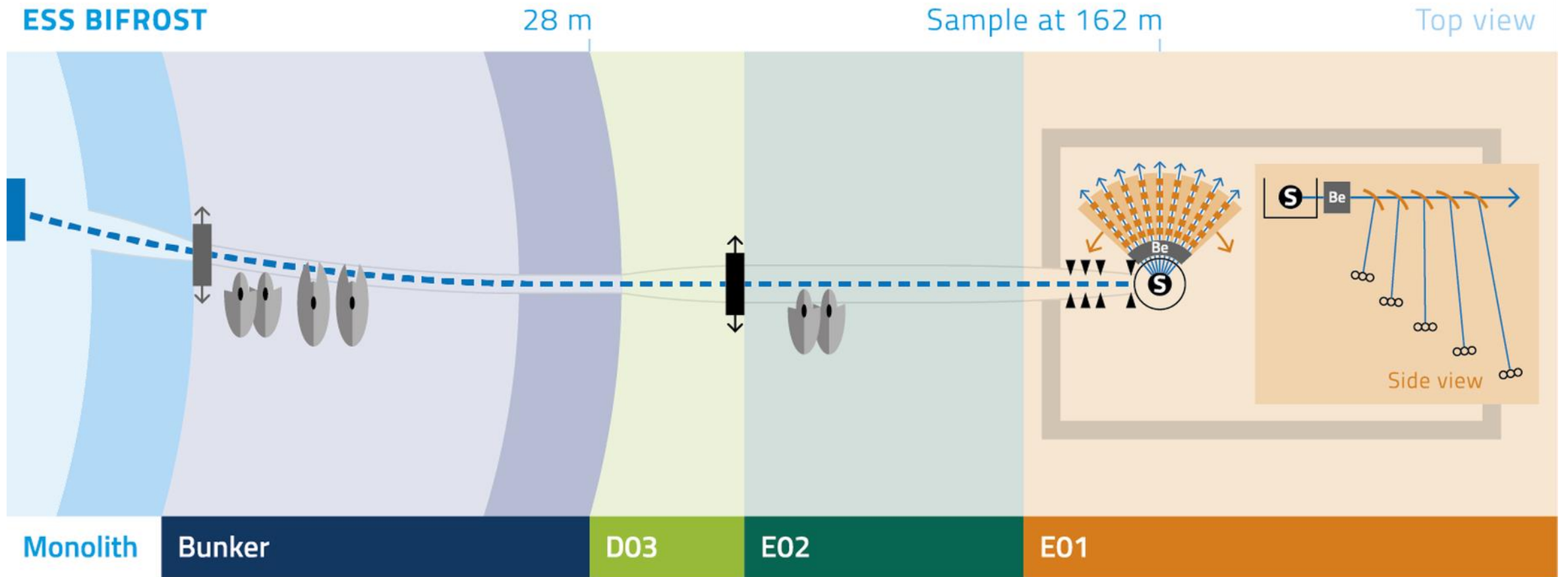


Liam Whitelegg (ESS)
Instrument-ingeniør

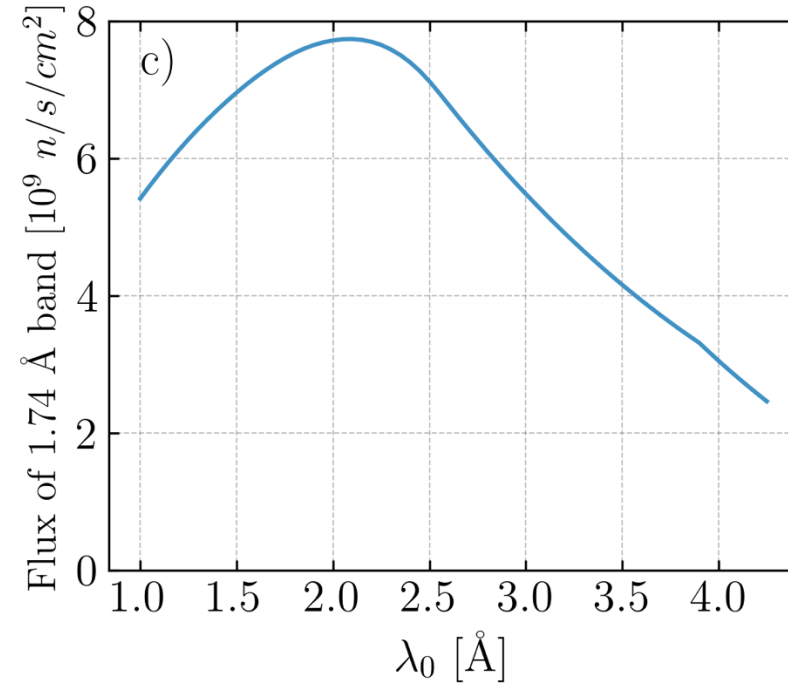
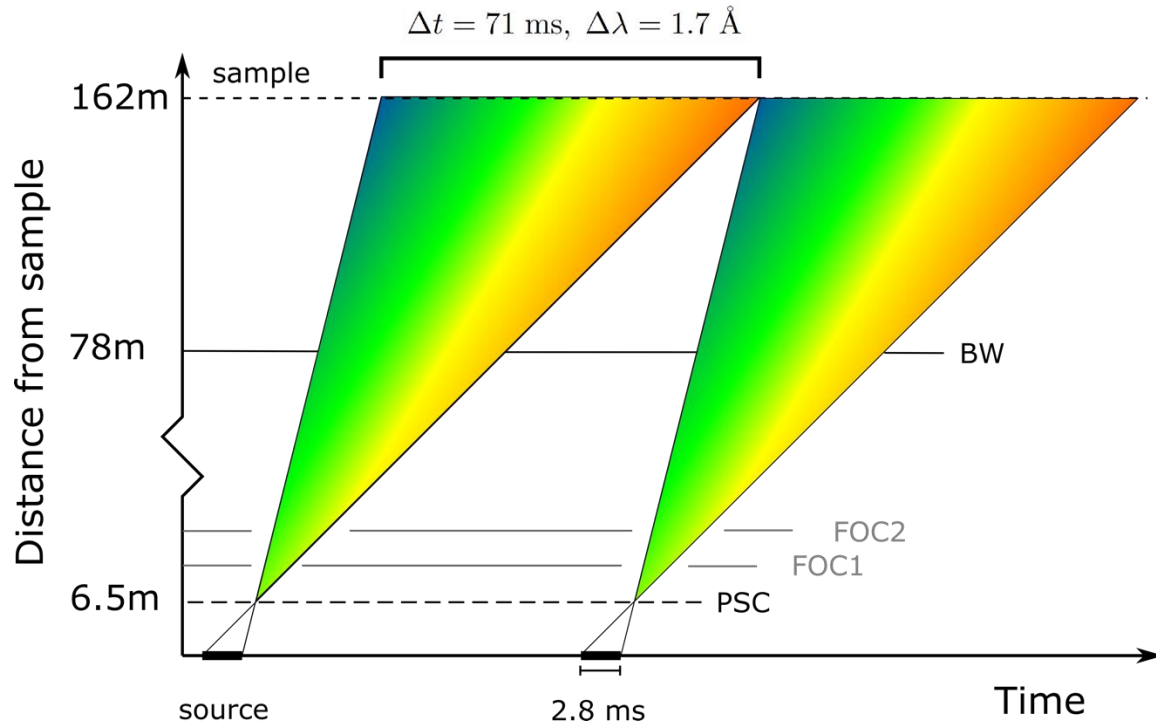


Project manager
Niels B. Christensen
DTU Fysik

BIFROST konceptuelt design



BIFROST simulationer



Simulationer

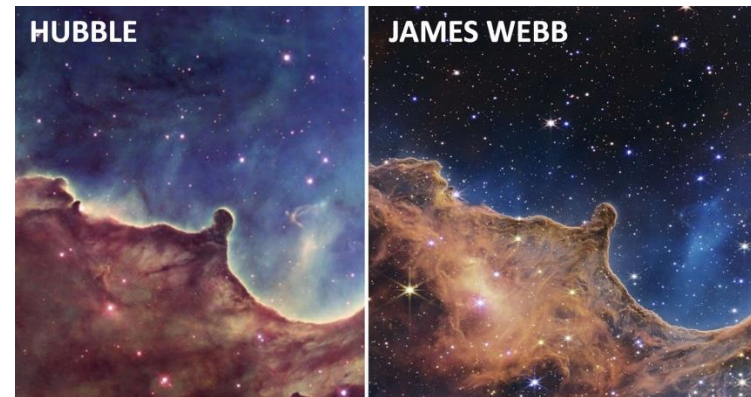
Kristine Krighaar
Kim Lefmann
(KU)

Før prøven:

Rekord-mange neutroner rammer prøven hvert sekund.
Gode muligheder for at veksle flux for bedre energi-opløsning

Efter prøven:

Effektiv opsamling af de spredte neutroner i $9 \times 5 = 45$ kanaler betyder at data-mængden bliver enorm



BIFROST i bilder



BIFROST i billeder



HEIMDAL (AU, PSI, IFE, ESS)

Science case:

In-situ og in-operando studier af

- Energi-materialer (batterier, brændselsceller, termoelektroka, ...)
- Porøse strukturer
- Magnetiske materialer

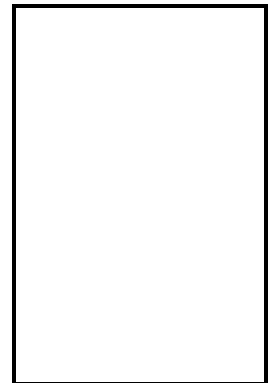
... over længdeskalaer fra 0.01 nm til 50 mm

- Diffraktion
- Imaging
- **Småvinkelspredning**



Project manager

Mogens Christensen
AU Kemi



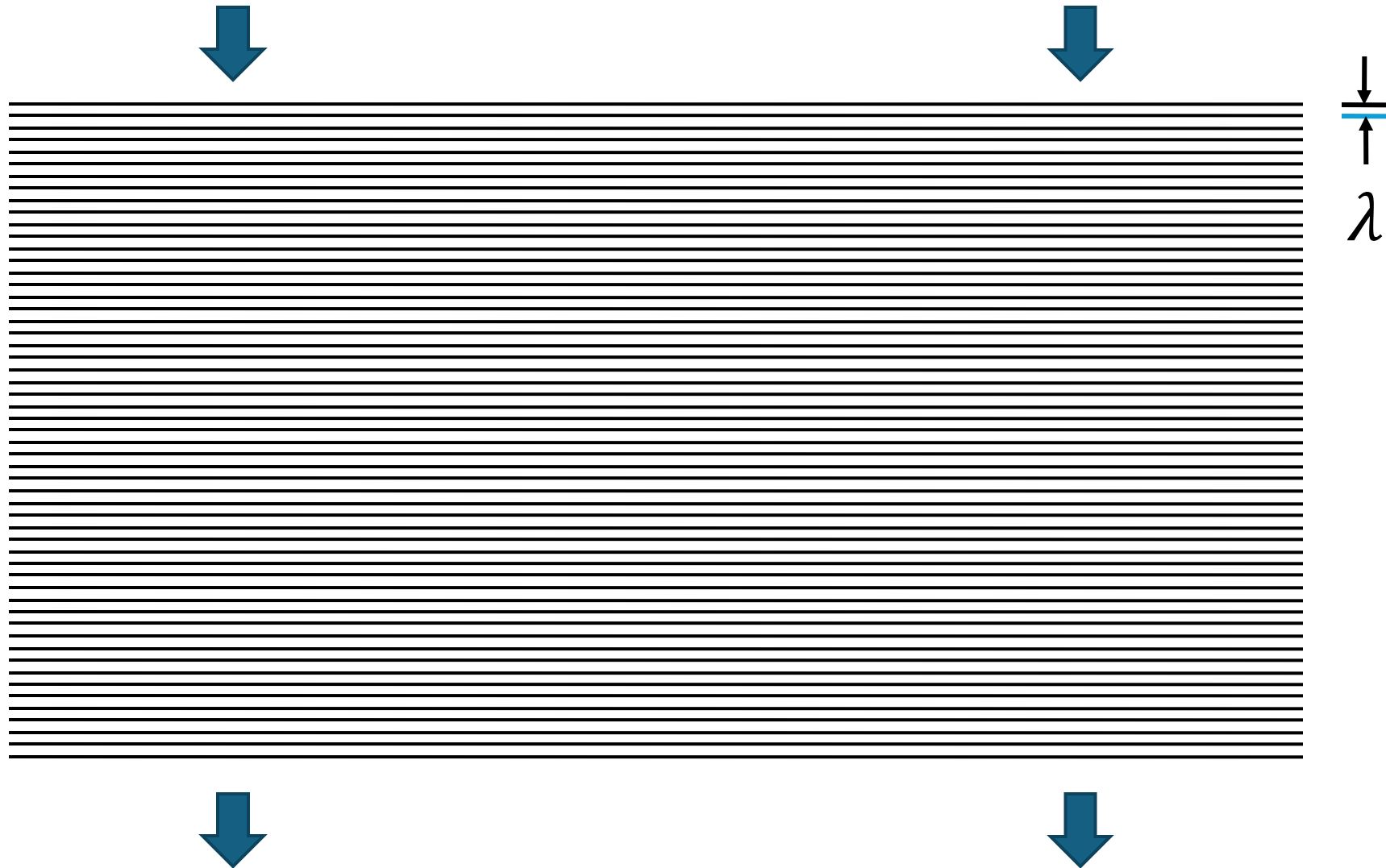
Instrument scientist

Dan Mannix
ESS

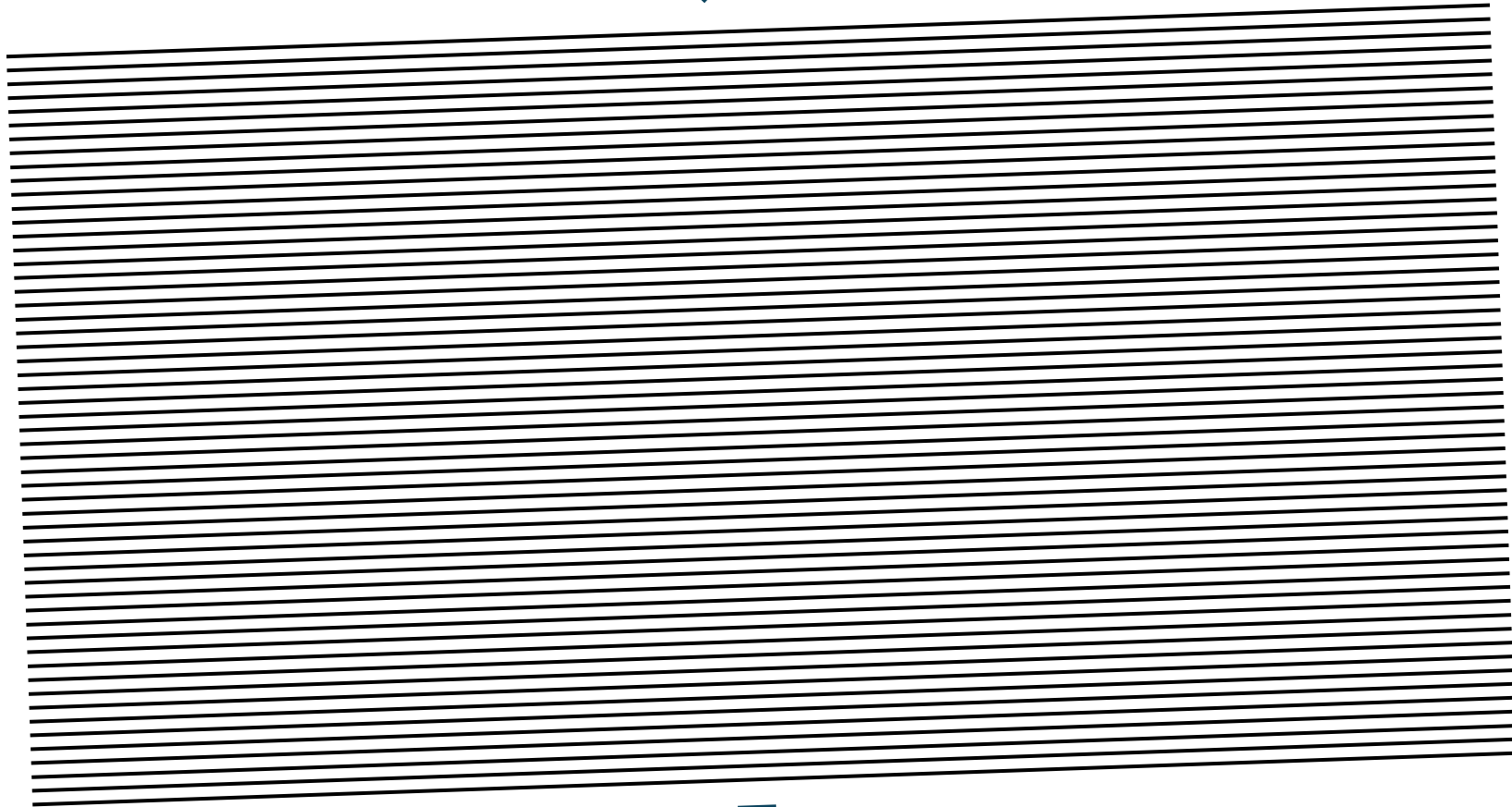
Småvinkelspredning

Small angle neutron scattering (SANS)

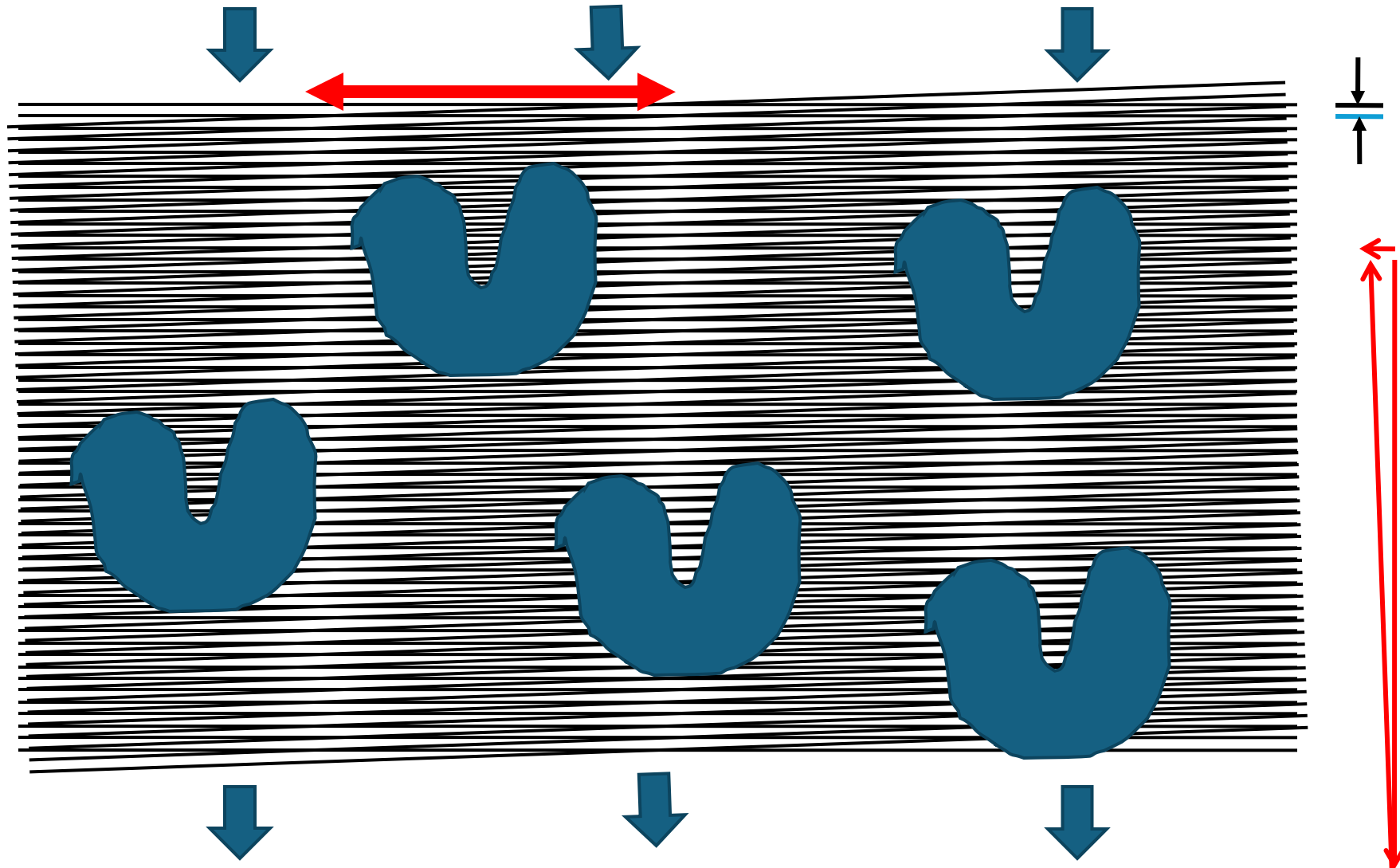
Indkommende bølge



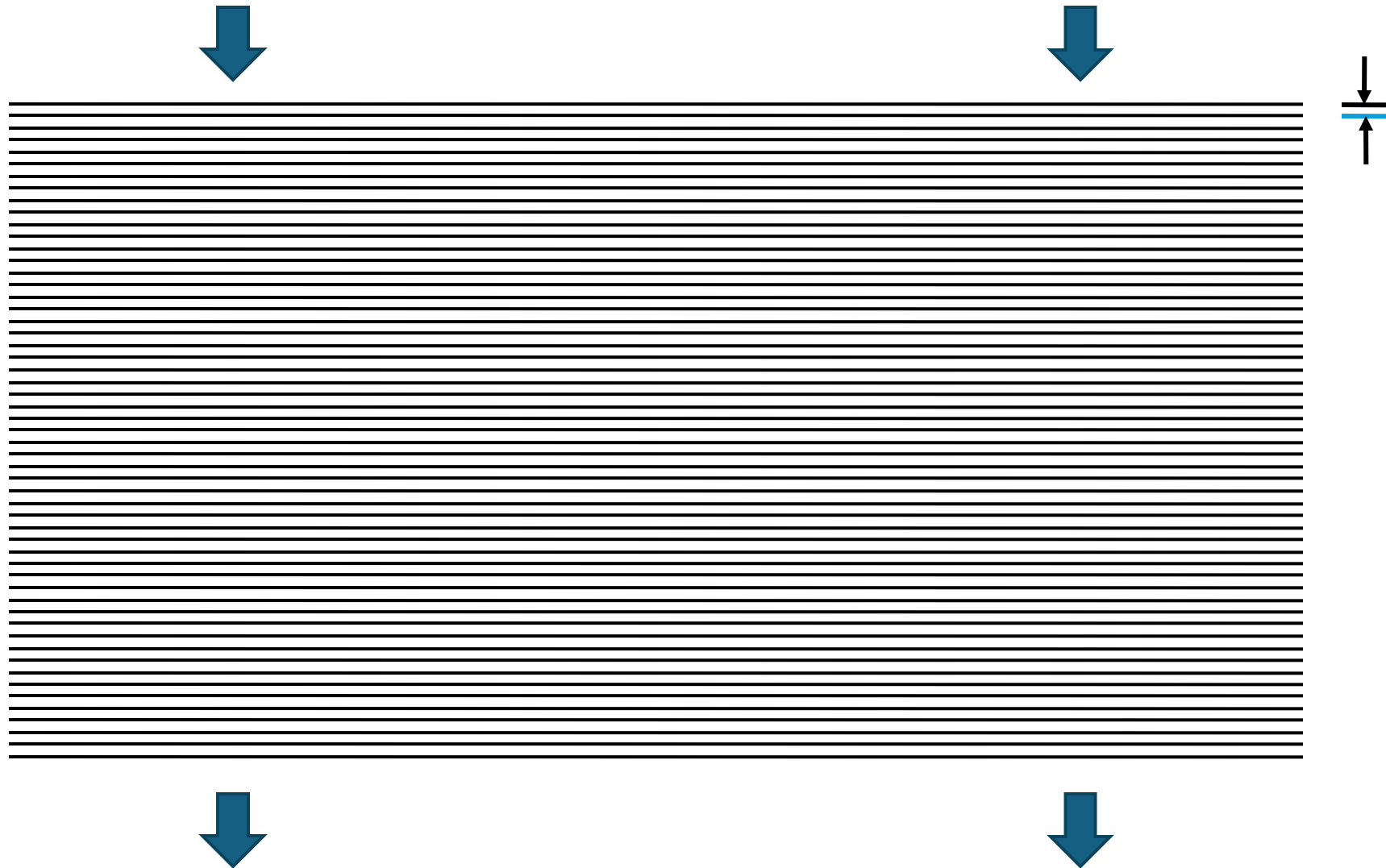
Spredt bølge: $2\theta = 2$ grader



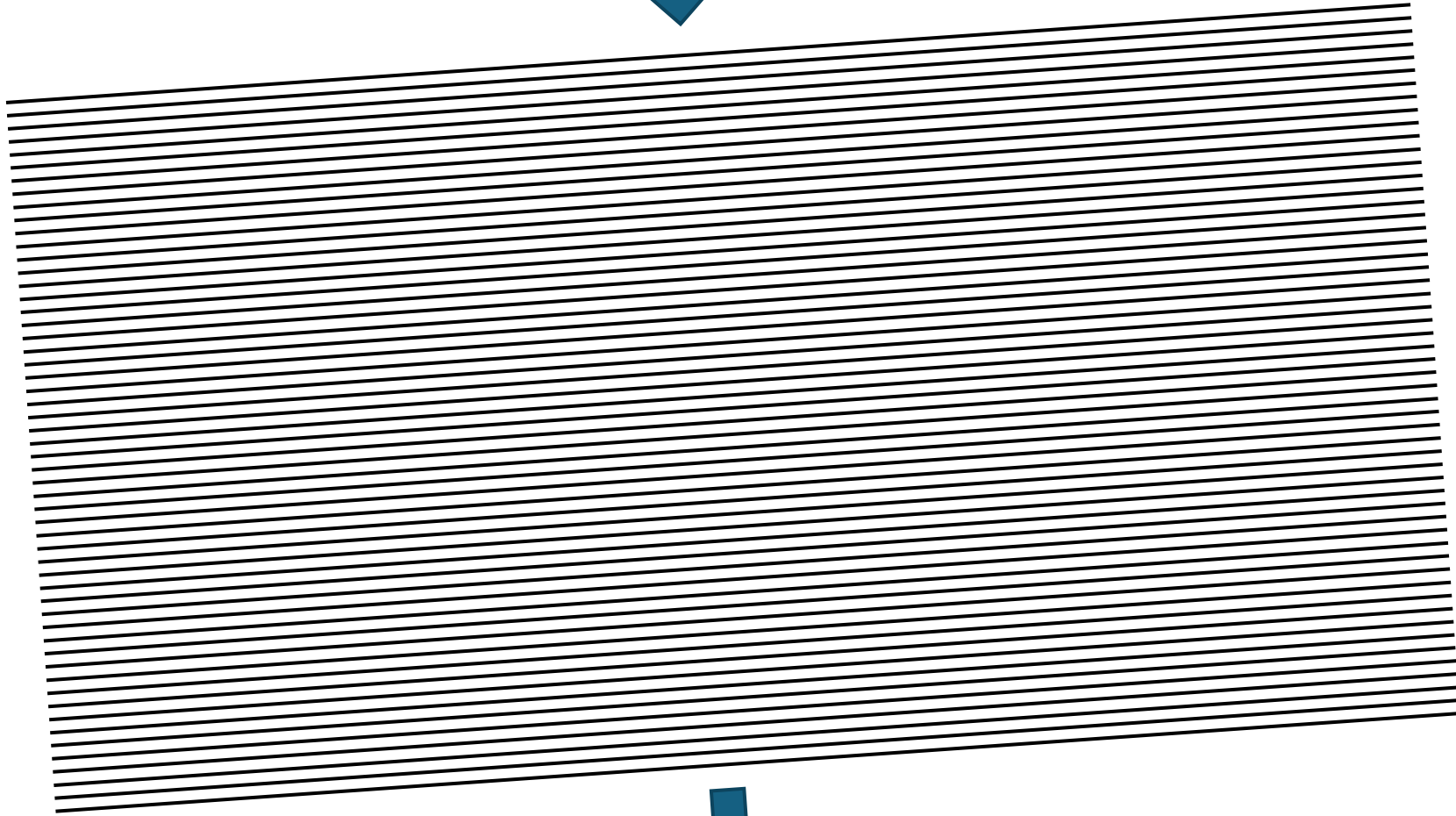
Overplot indkommende og spredt bølge



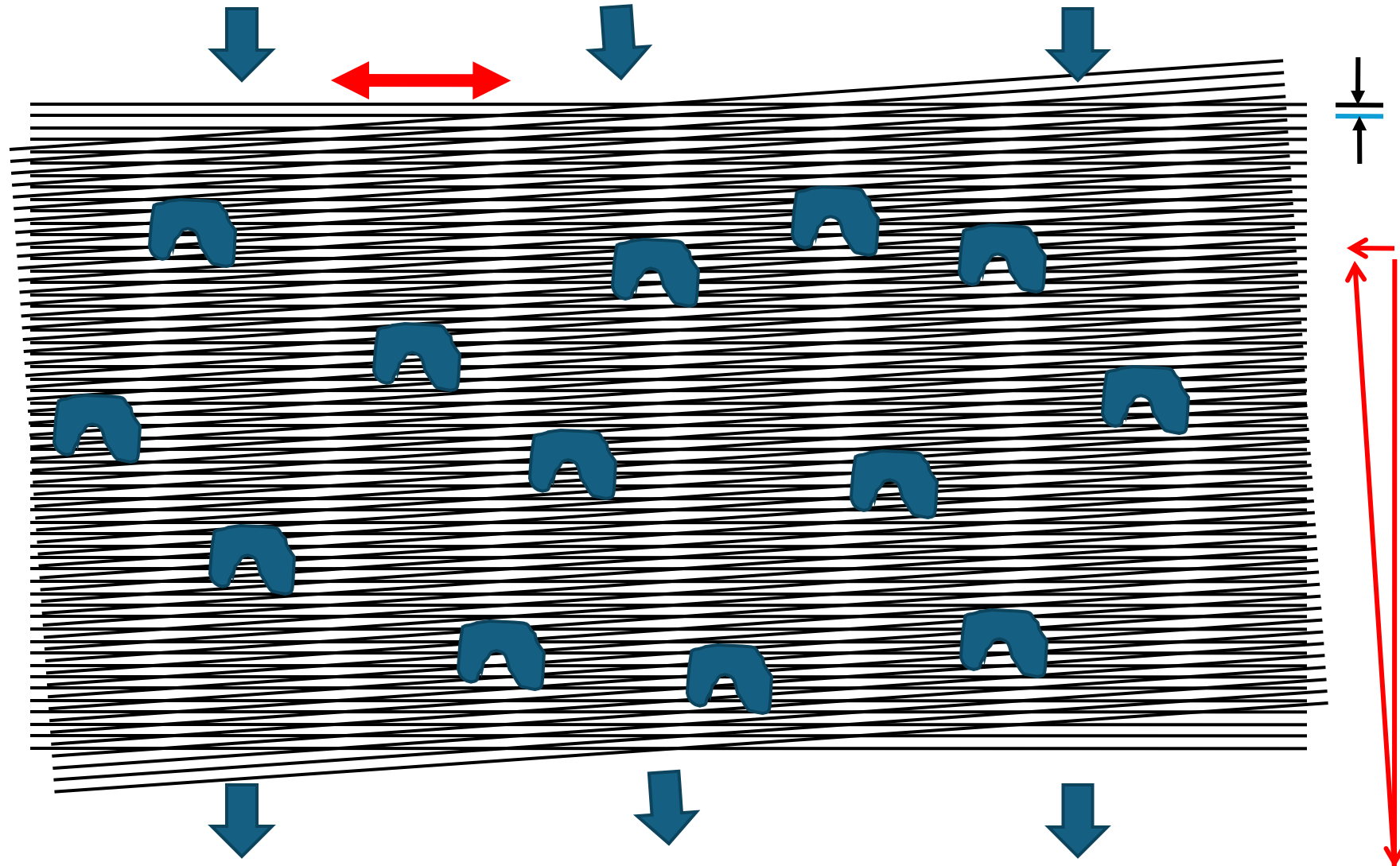
Indkommende bølge



Spredt bølge: $2\theta = 4$ grader



Overplot indkommende og spredt bølge



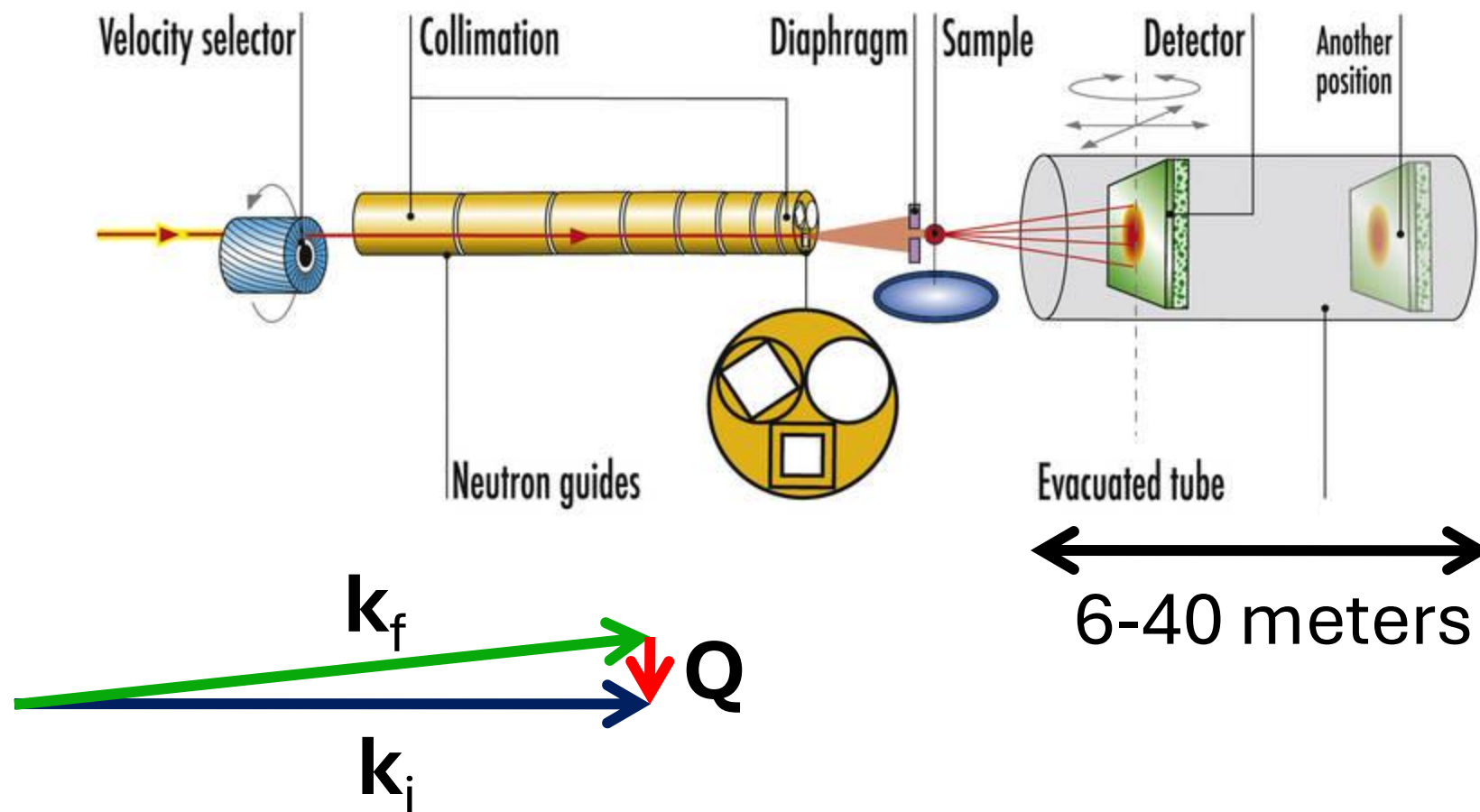
Småvinkelspredning

Konklusion:

For at studere strukturen af ”store objekter” skal vi bruge små spredningsvinkler.

Bølger spredt til større vinkler reflekterer strukturer med en kortere karakteristisk længdeskala.

Småvinkelspredning

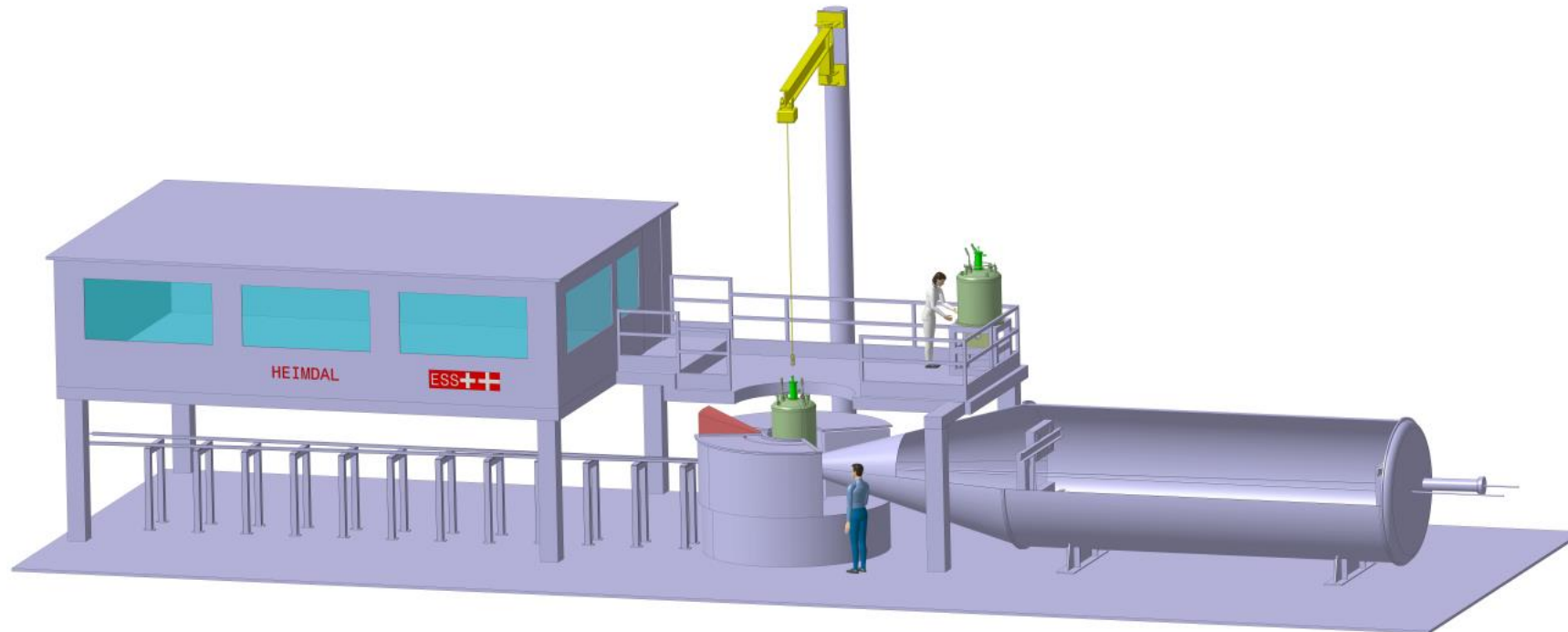


Meget små spredningsvinkler opnås ved at flytte detektoren langt væk fra prøven

HEIMDAL (AU, PSI, IFE, ESS)

Den oprindelige vision: Diffraktion, småvinkelspredning og imaging

Mål: Studie af strukturer fra 0.01 nm til 50 mm længdeskala



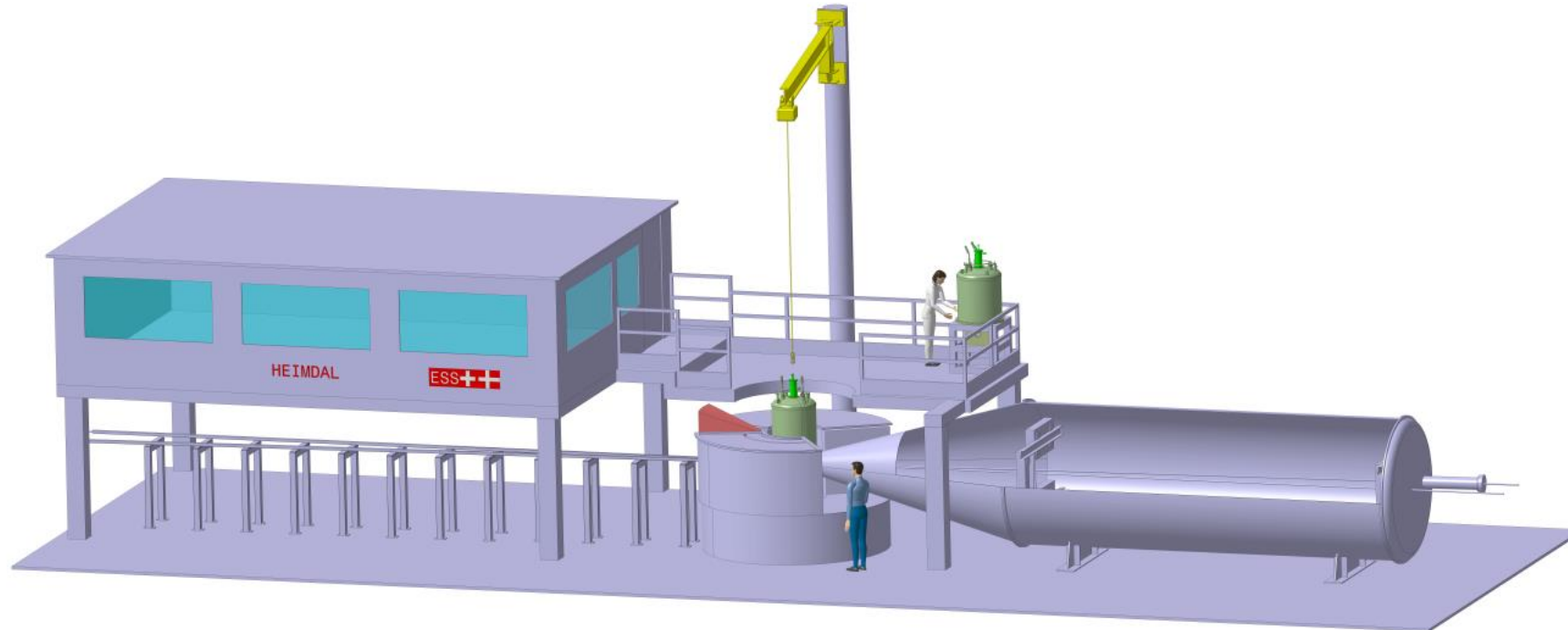
Project manager
Mogens Christensen
AU Kemi

Instrument scientist
Dan Mannix (ESS)

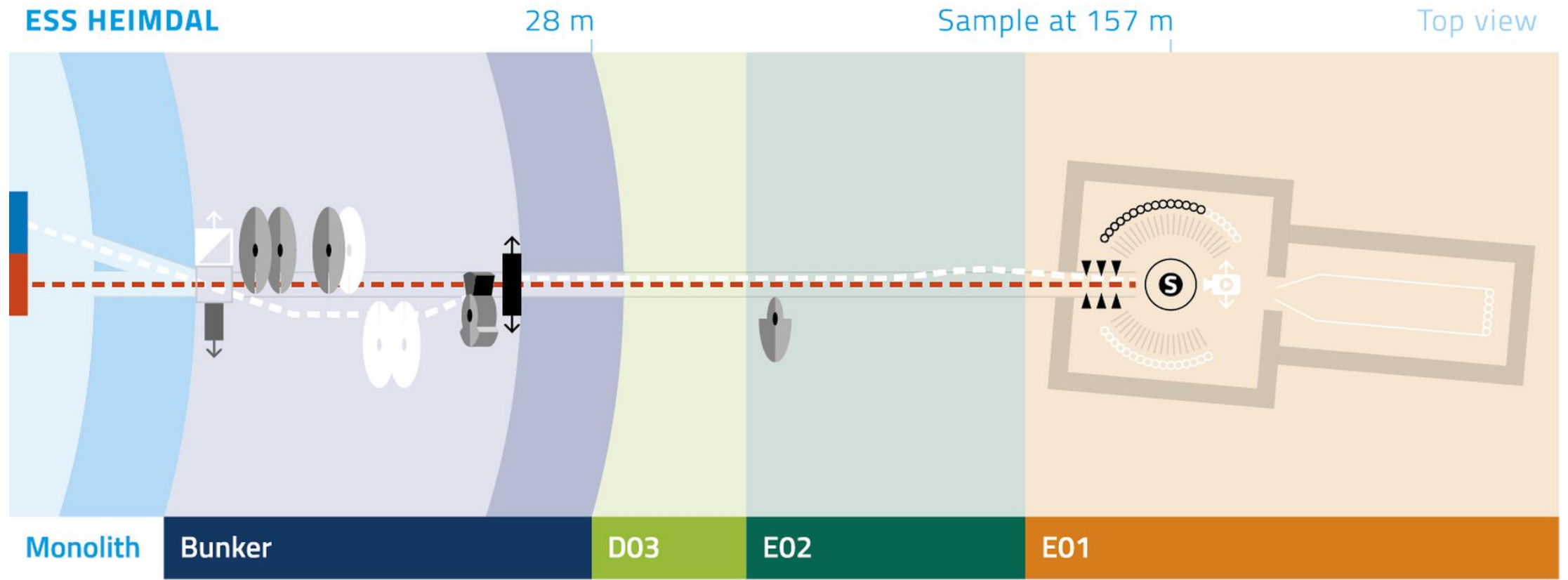
HEIMDAL (AU, PSI, IFE, ESS)

Hvad team HEIMDAL kunne få for 13.6 M€: Diffraktion

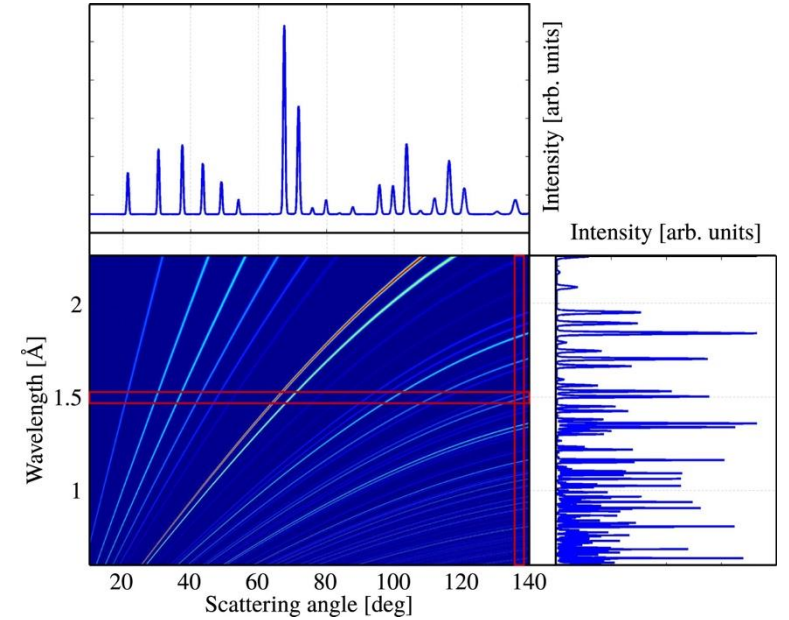
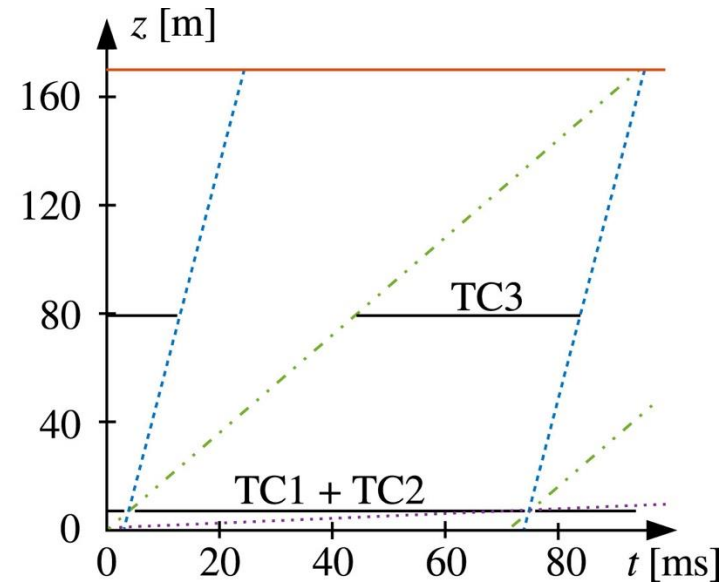
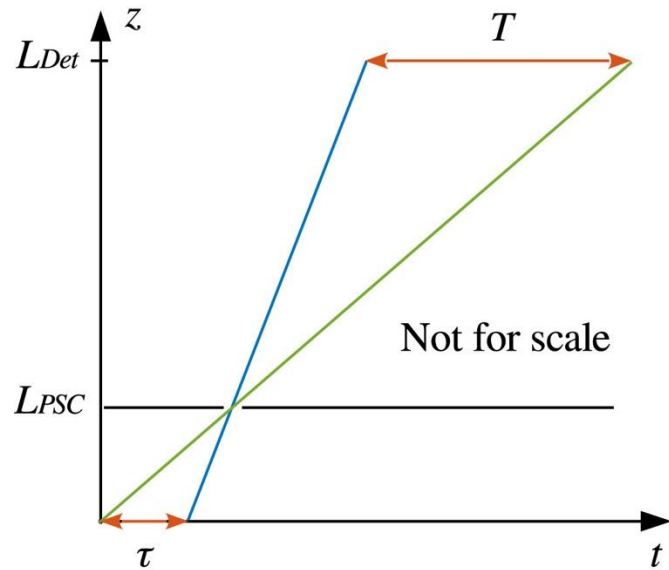
AU og dets partnere presser på for at HEIMDAL bliver opgraderet så de oprindelige videnskabelige mål kan nås.



HEIMDAL konceptuelt design



Instrument simulationer (McStas)



Simulationer
Sonja Holm-Dahlin
(KU; Nu: TI)

S. L. Holm et al, Nuclear Inst. And Methods in Physics Research A (2016)

K. H. Andersen et al, Nuclear Inst. And Methods in Physics Research A (2020)

International conference om neutronspreddning

