

Emil Gorm Nielsen, Niels Bohr Institutet

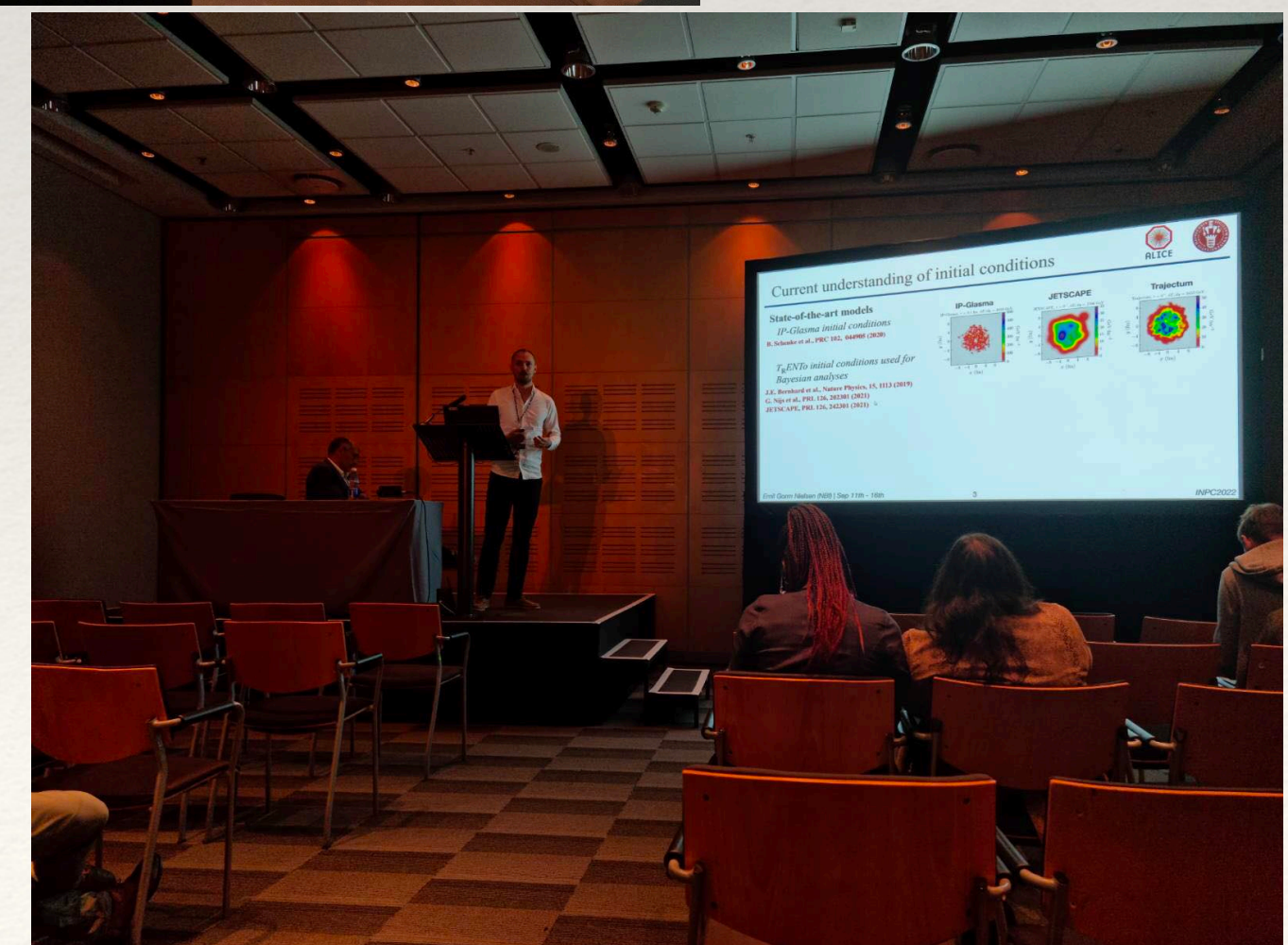
“Strange” partikler

ALICE Master class
20. marts 2023

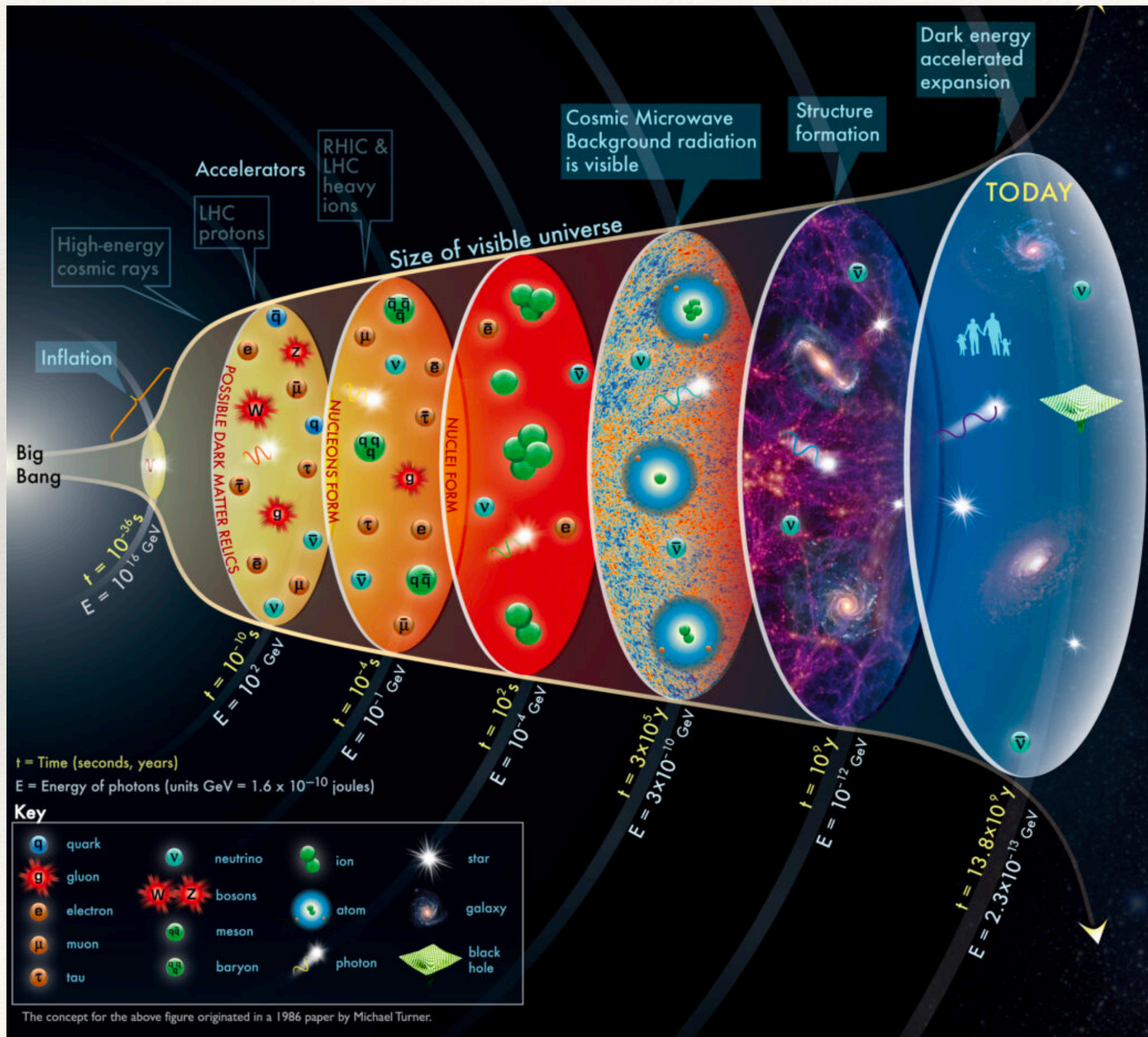


Om mig

- ❖ Emil, 28 år
- ❖ Bachelor og Kandidat fra Niels Bohr Institutttet (NBI)
- ❖ 1 års udveksling i Santa Barbara, Californien
- ❖ PhD studerende i High-Energy Heavy-Ion gruppen på NBI

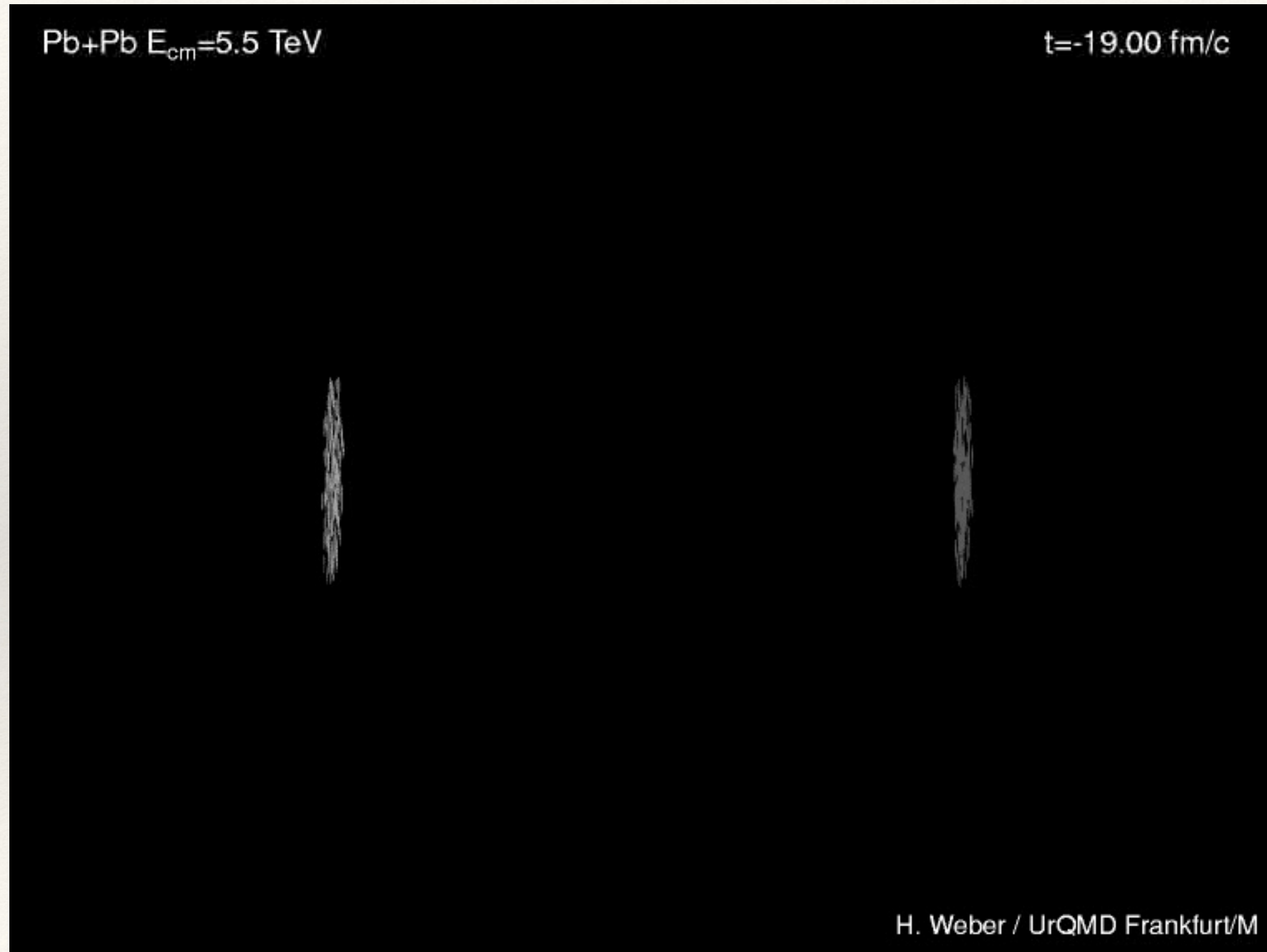


Fra Big Bang...



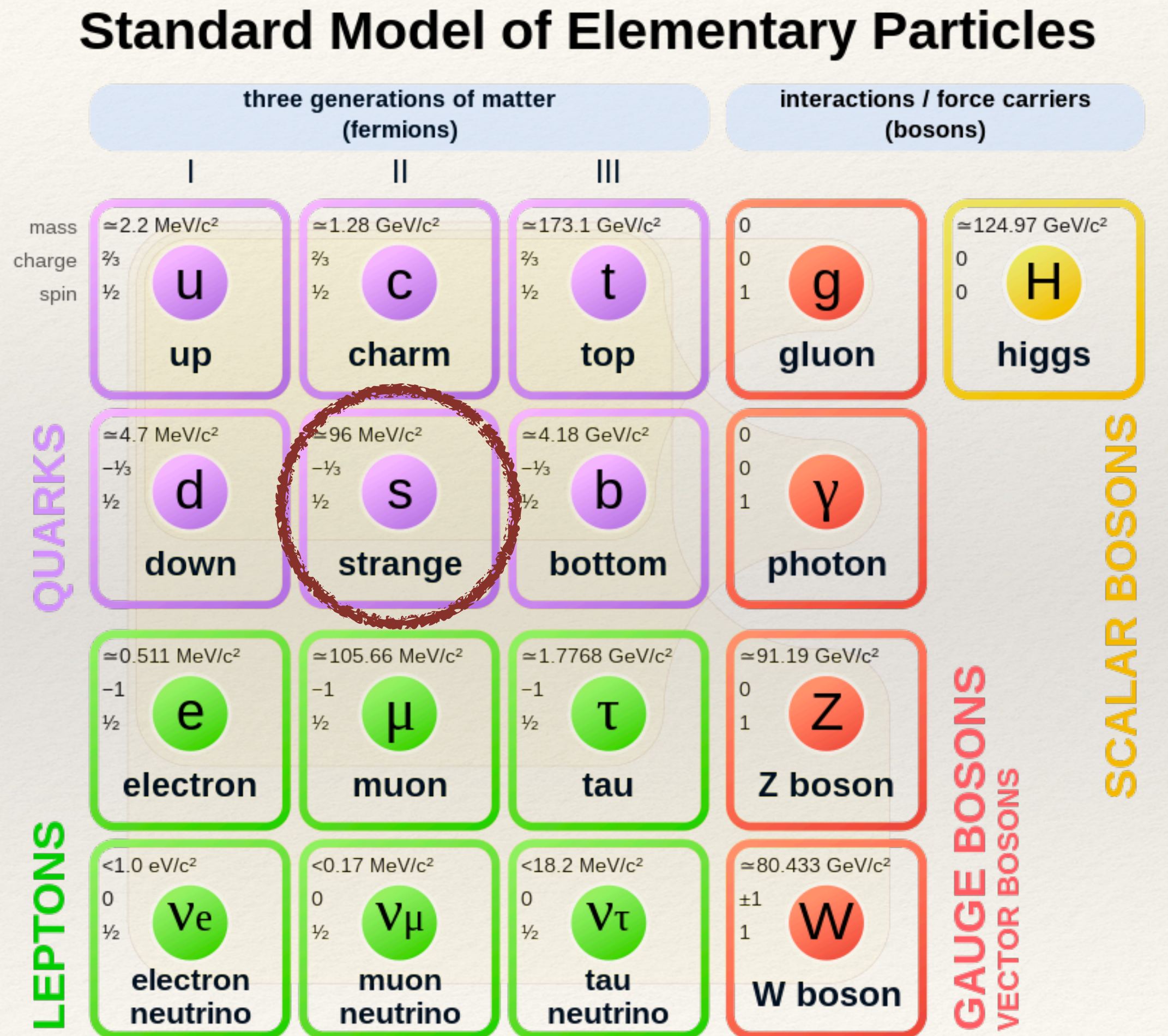
- ❖ Alt stof og energi samlet i et punkt
 - ❖ I mikrosekundet efter Big Bang var densiteten og temperaturen enorm
- Kvark-gluon-plasma?

...til et 'Little' Bang



Hvorfor 'strange' partikler

- ❖ 'Strange' kvarker er ustabile
 - Henfalder til up kvarker
- ❖ 'Strange' kvarker er lette
 - Nemme at producere - god statistisk
- ❖ 'Strange' kvarker vil være bundet i 'strange' partikler som K_s^0 , Λ og Ξ
- ❖ Forøget produktion af strange partikler er en af signaturene på at kvark-gluon-plasma er produceret

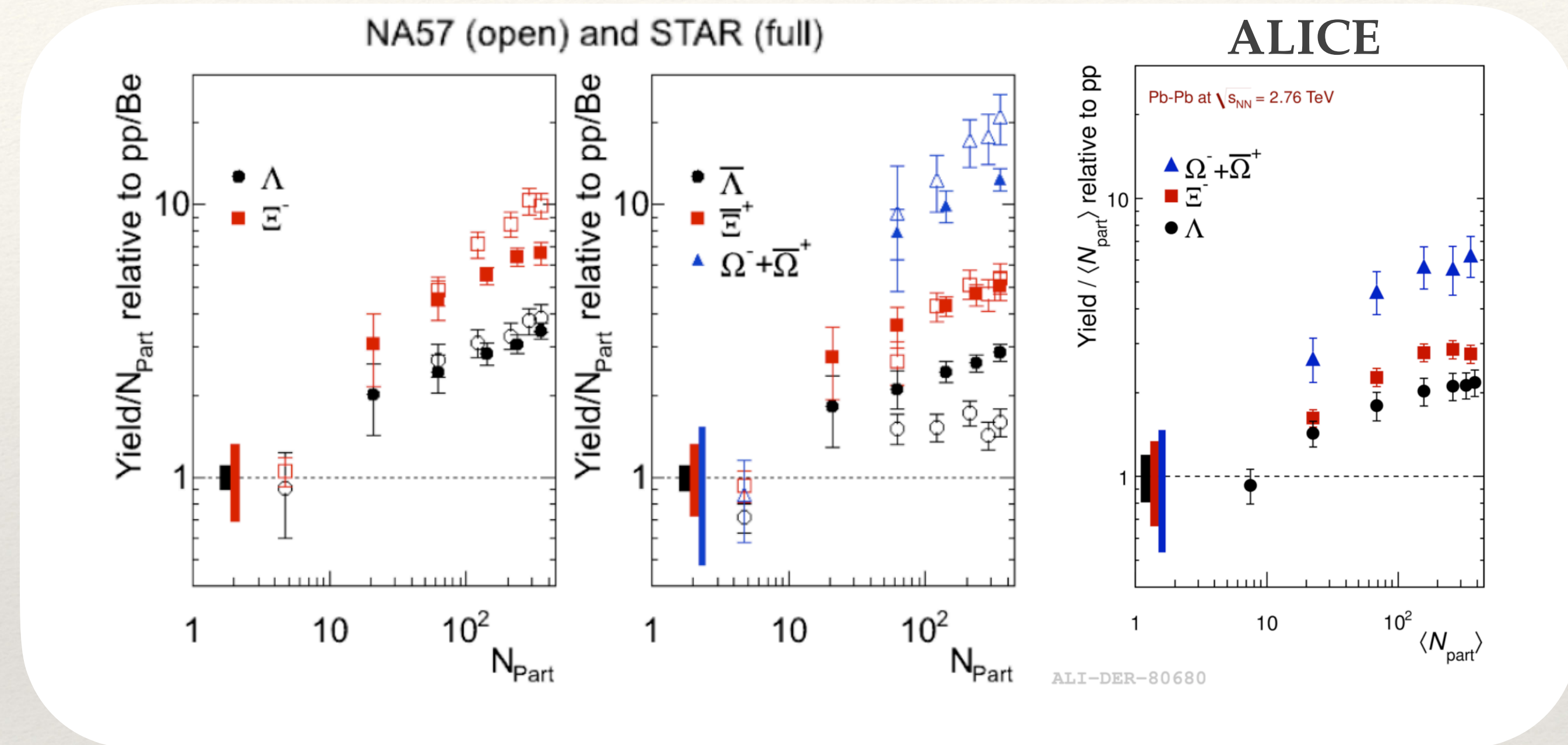


Strangeness enhancement

Ordbog

Yield (udbytte): Antal partikler (af en specific type) produceret pr. interaktion

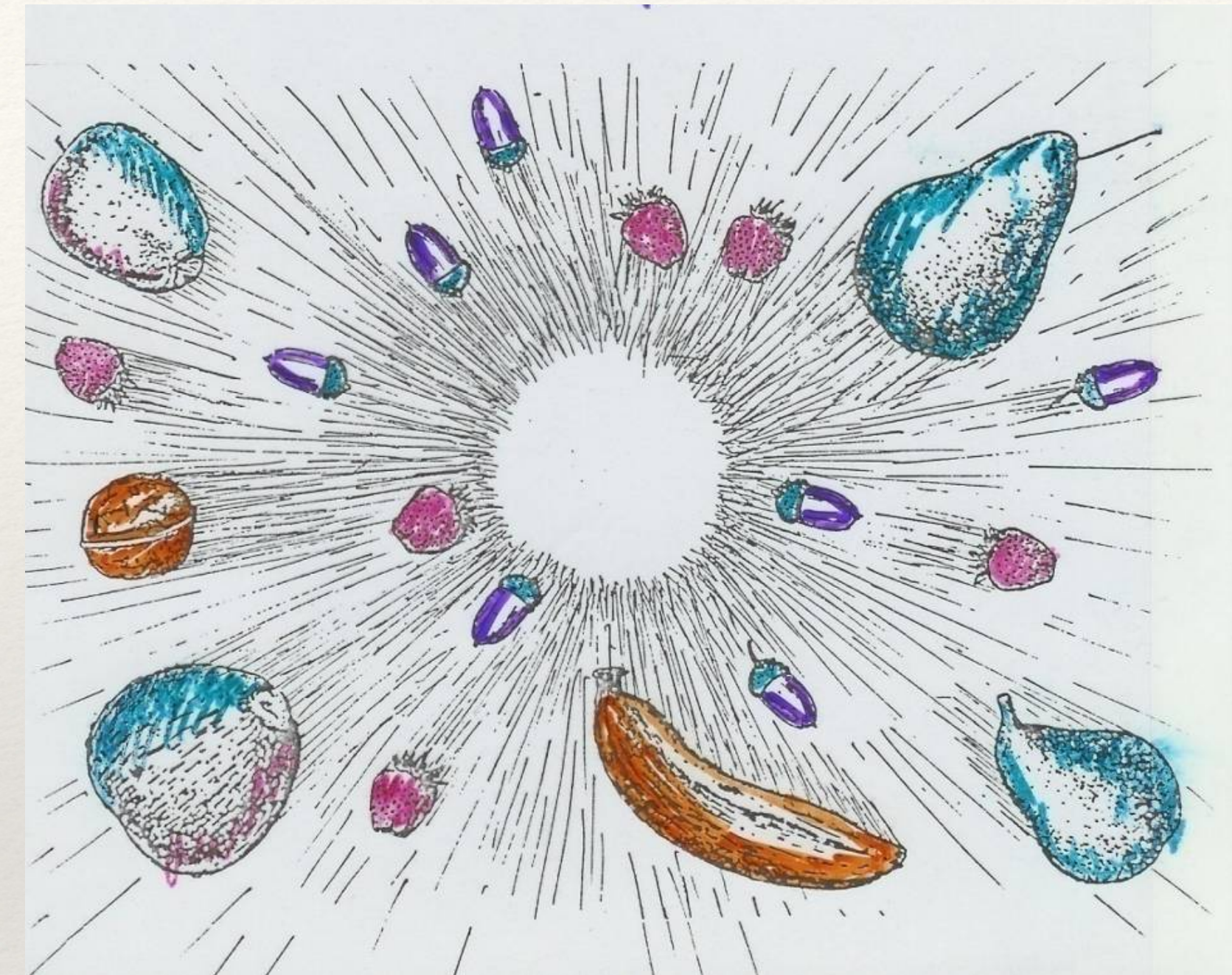
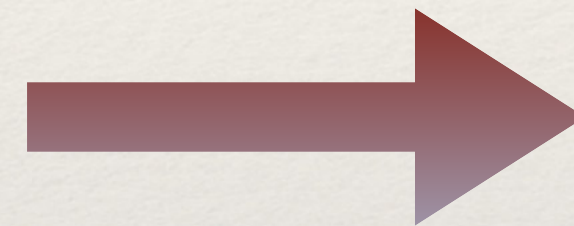
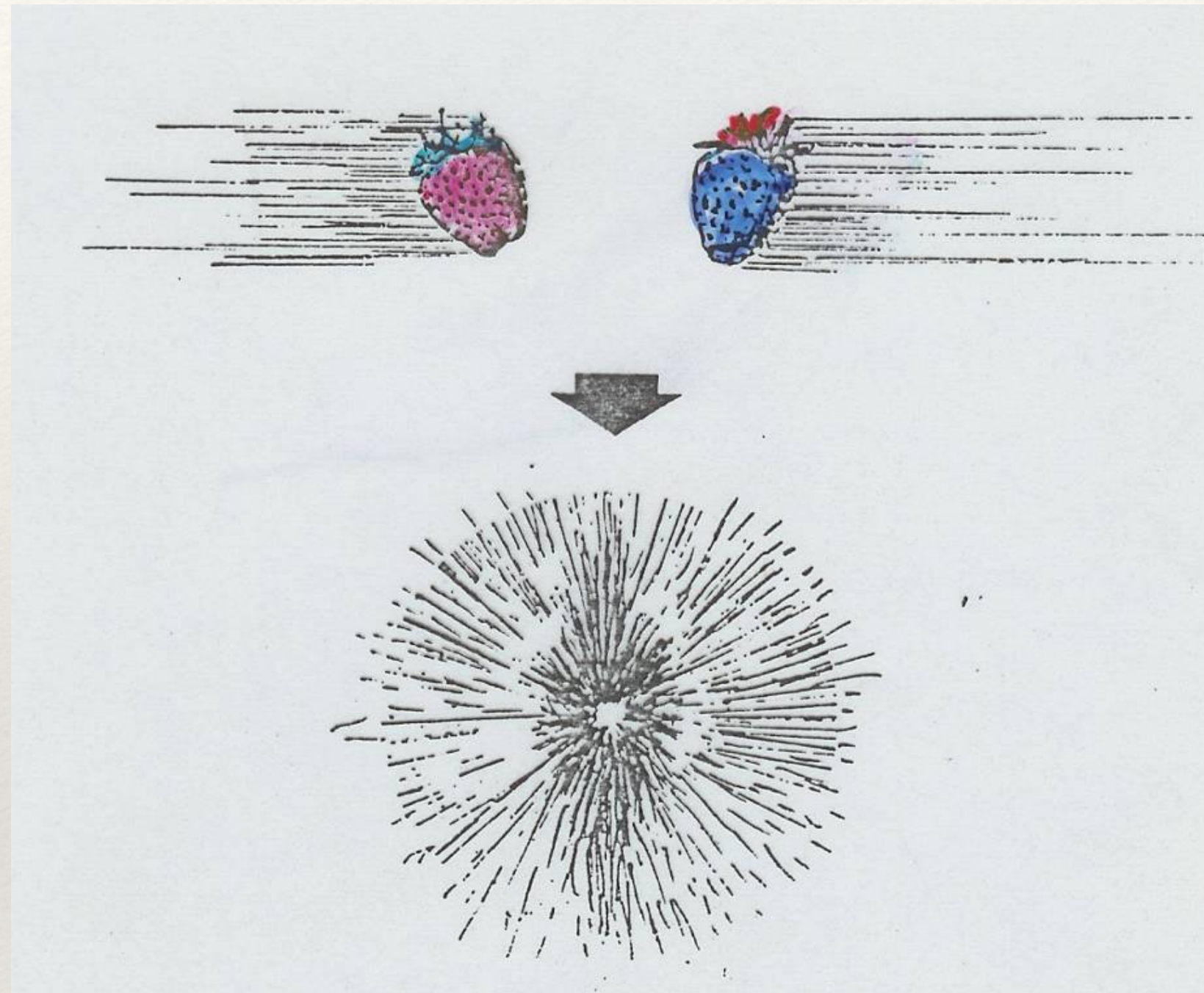
Strangeness enhancement: Partikeludbytte normaliseret med antal deltagende partikler i kollisionen i forhold til det samme i proton-proton kollisioner



- ❖ Hvis ratioen er større end 1
 - ➔ Forøget produktion af strange partikler i tungionskollisioner

Produktion af strange partikler i tungionskollisioner relativt til proton-proton (proton-Beryllium)

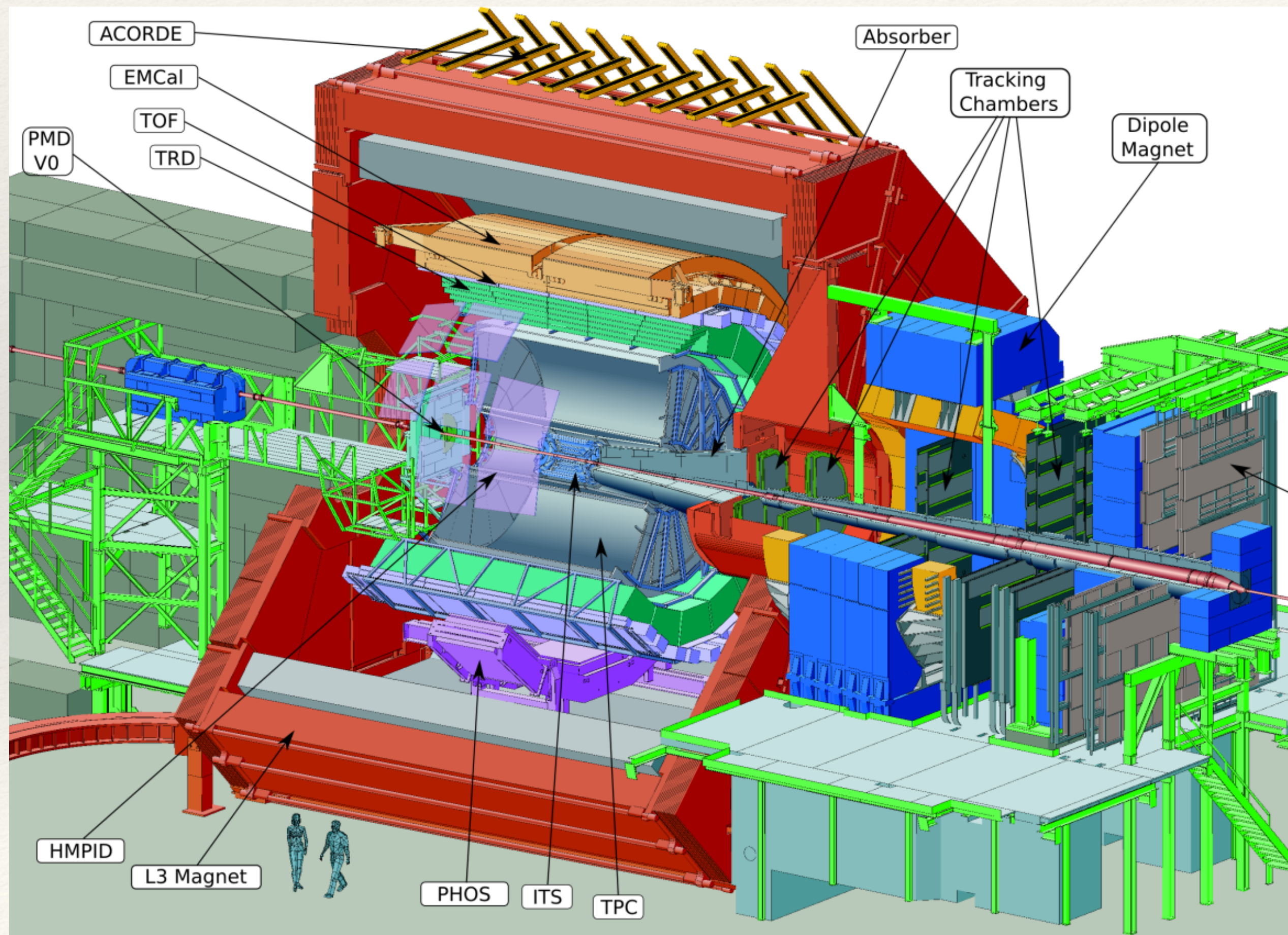
Partikelproduktion



- ❖ Kollision af bly-bly (u og d kvarker)
- ❖ Hvordan får vi så 'strange' partikler

$$E = m c^2 \quad \text{eller} \quad E \approx kT$$

Magnet: 0.5 T (Jordens magnetfelt: 25-65 μT)



- ❖ Ladede partikler bliver bøjet i detektorens magnetfelt
- ❖ Bøjningen afhænger af partiklens ladning og dens masse

Større masse = Mindre afbøjning
 Større ladning = Mere afbøjning

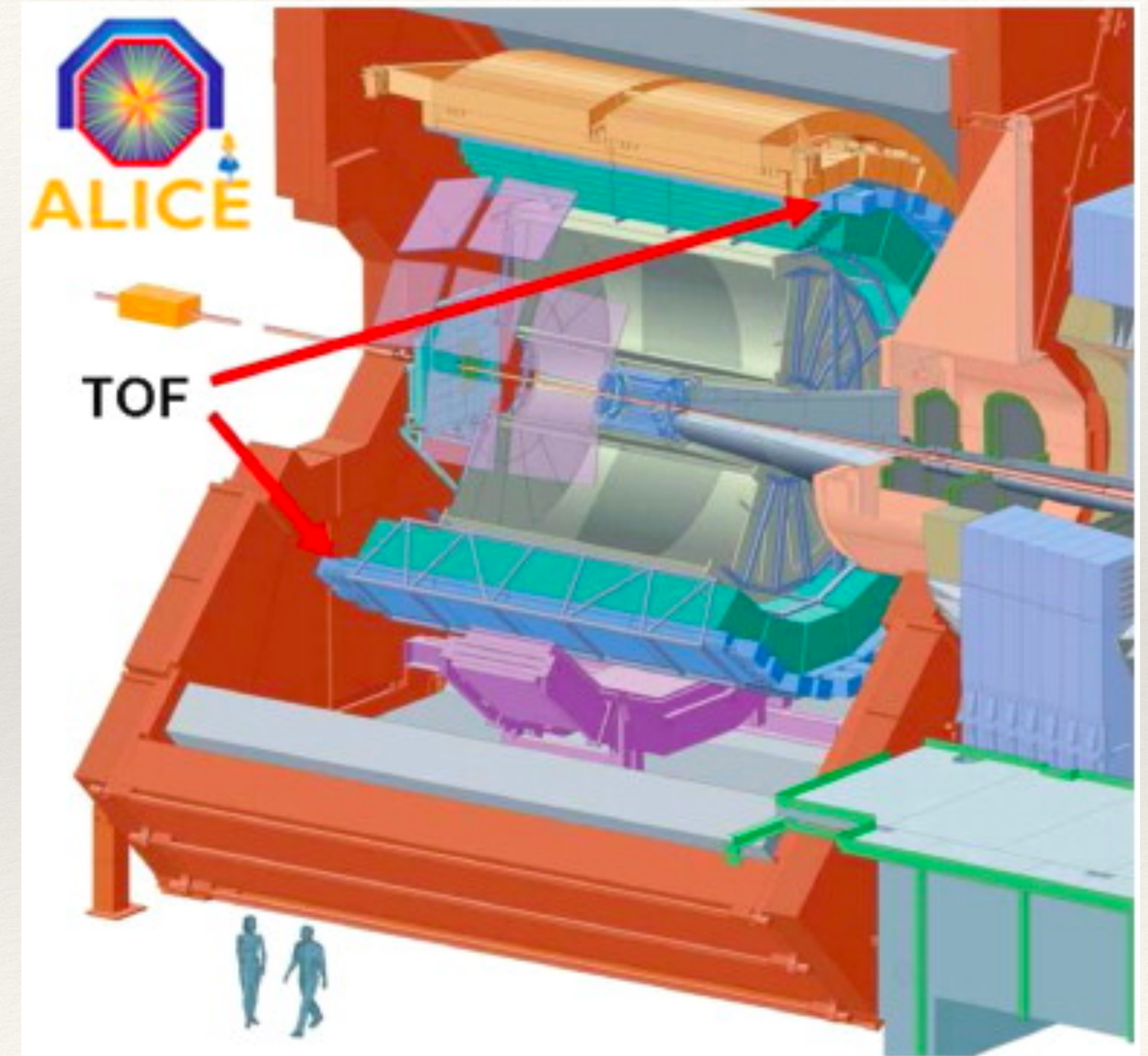
$$r = \frac{mv}{qB}$$

- ❖ Mangler en ingrediens mere

- ❖ Time-of-flight detektor
- ❖ Præcision på en tiendededel af en milliardenedel af et sekund
- ❖ Måler den tid det tager at rejse fra kollisionspunktet til detektoren
 - Afstanden er kendt - vi kan nu finde hastigheden

Én ukendt størrelse

$$r = \frac{mv}{qB}$$

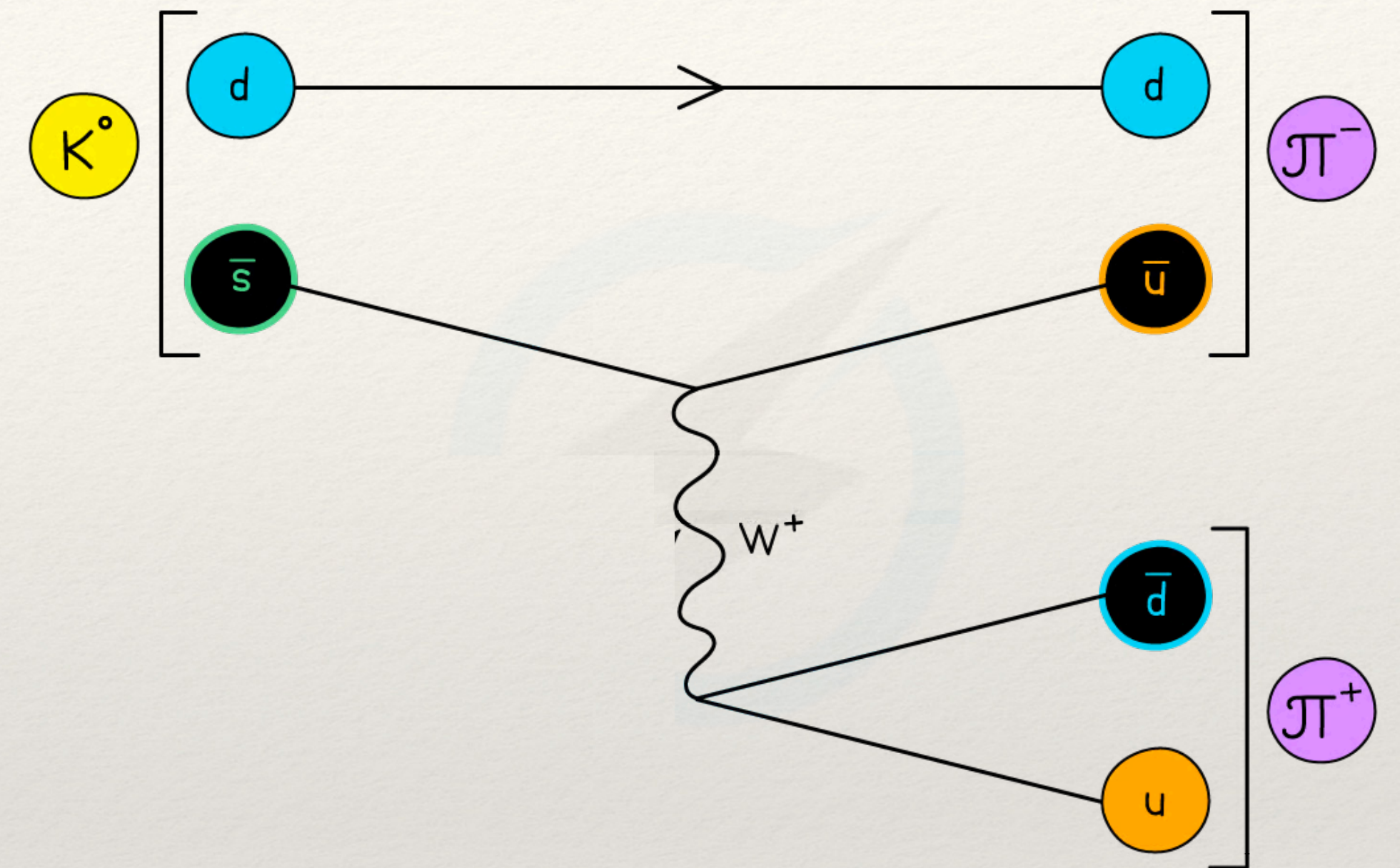


'Strange' henfald

- ❖ Strange partikler er kortlivet (0.09 ns)
- Hvordan kan vi måle dem?
- ❖ Vi bliver nødt til at regne baglæns!
- ❖ Energi og momentum er bevaret og målt i detektoren

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

Momentum = 0 $\Rightarrow E = mc^2$

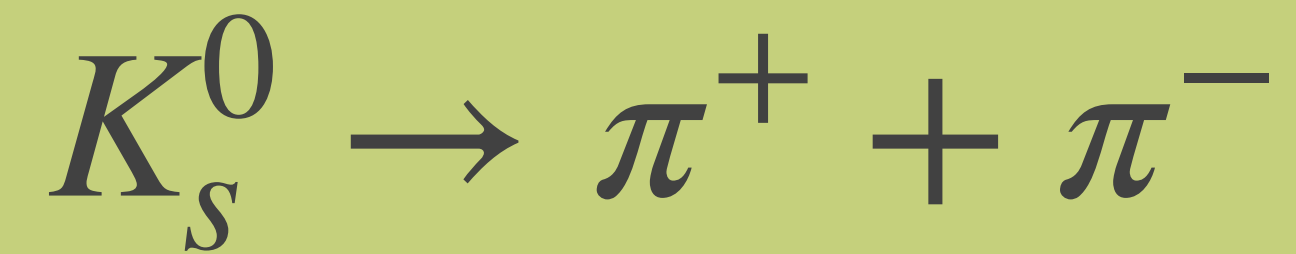


F.eks. find to pioner med modsat ladning og beregn deres invariante masse

‘Strange’ henfald

Henfald

Kaon ($d\bar{s}/\bar{d}s$)
0.09 ns



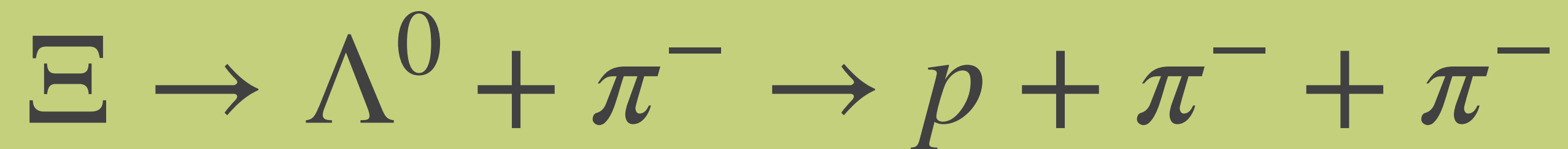
Lambda (uds)
0.26 ns



Anti-lambda ($\bar{u}\bar{d}\bar{s}$)
0.26 ns

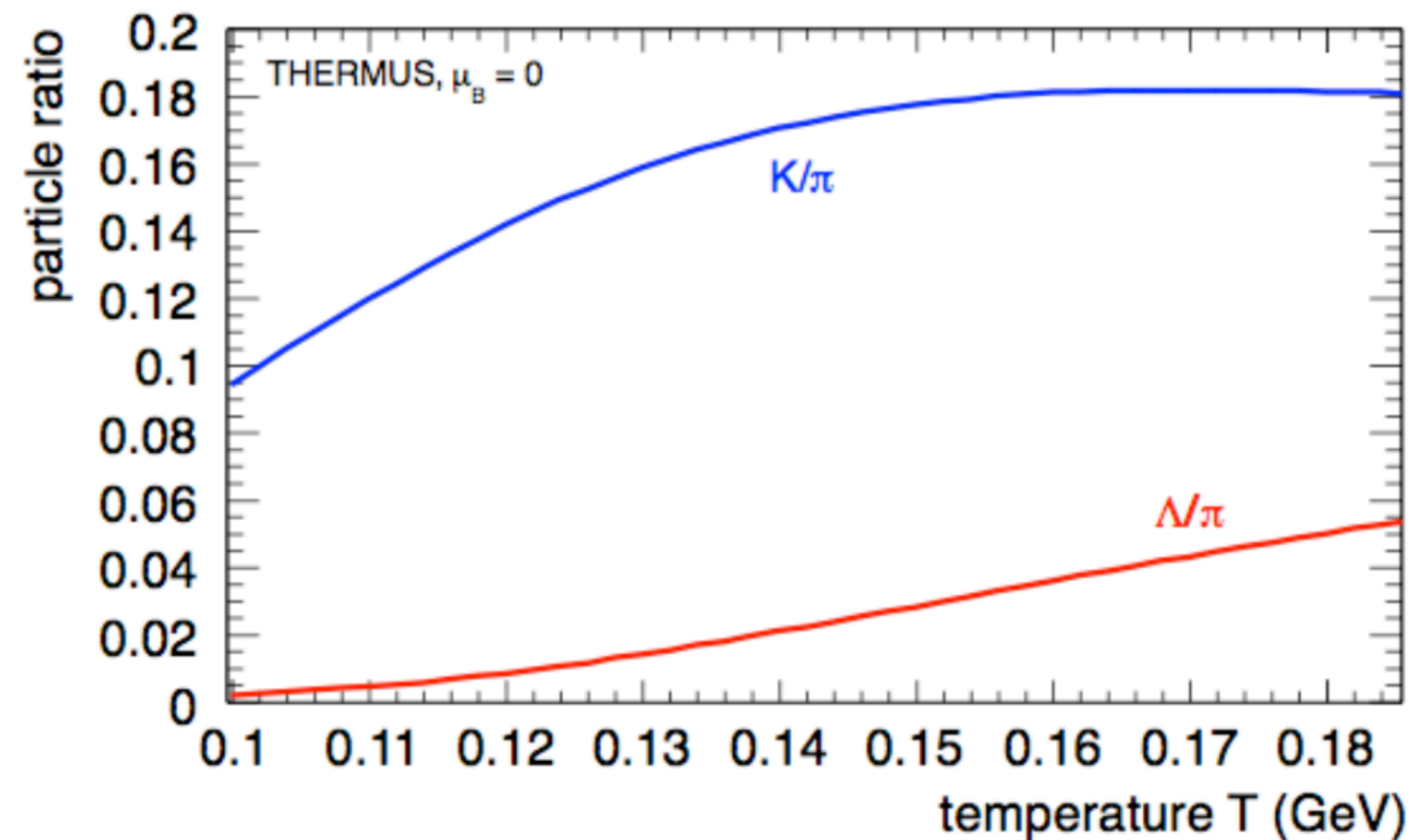
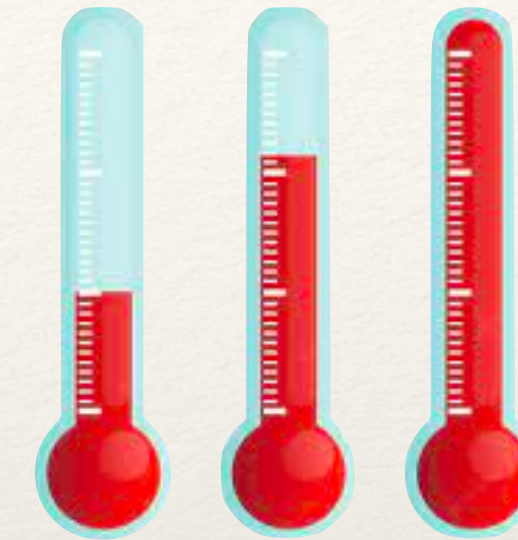


Xi (dss)
0.16 ns

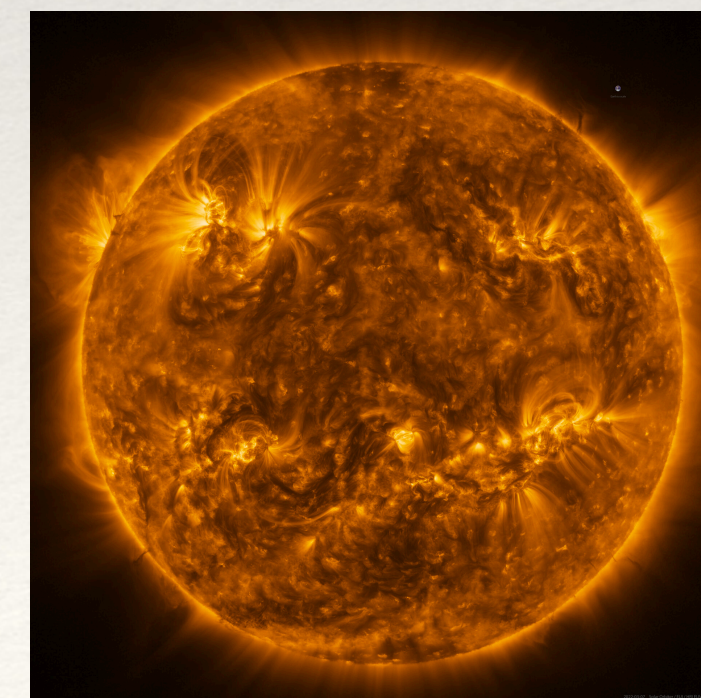


Temperatur

- ❖ Målinger af 'strange' partikler kan fungere som et termometer på kvark-gluon-plasmaet

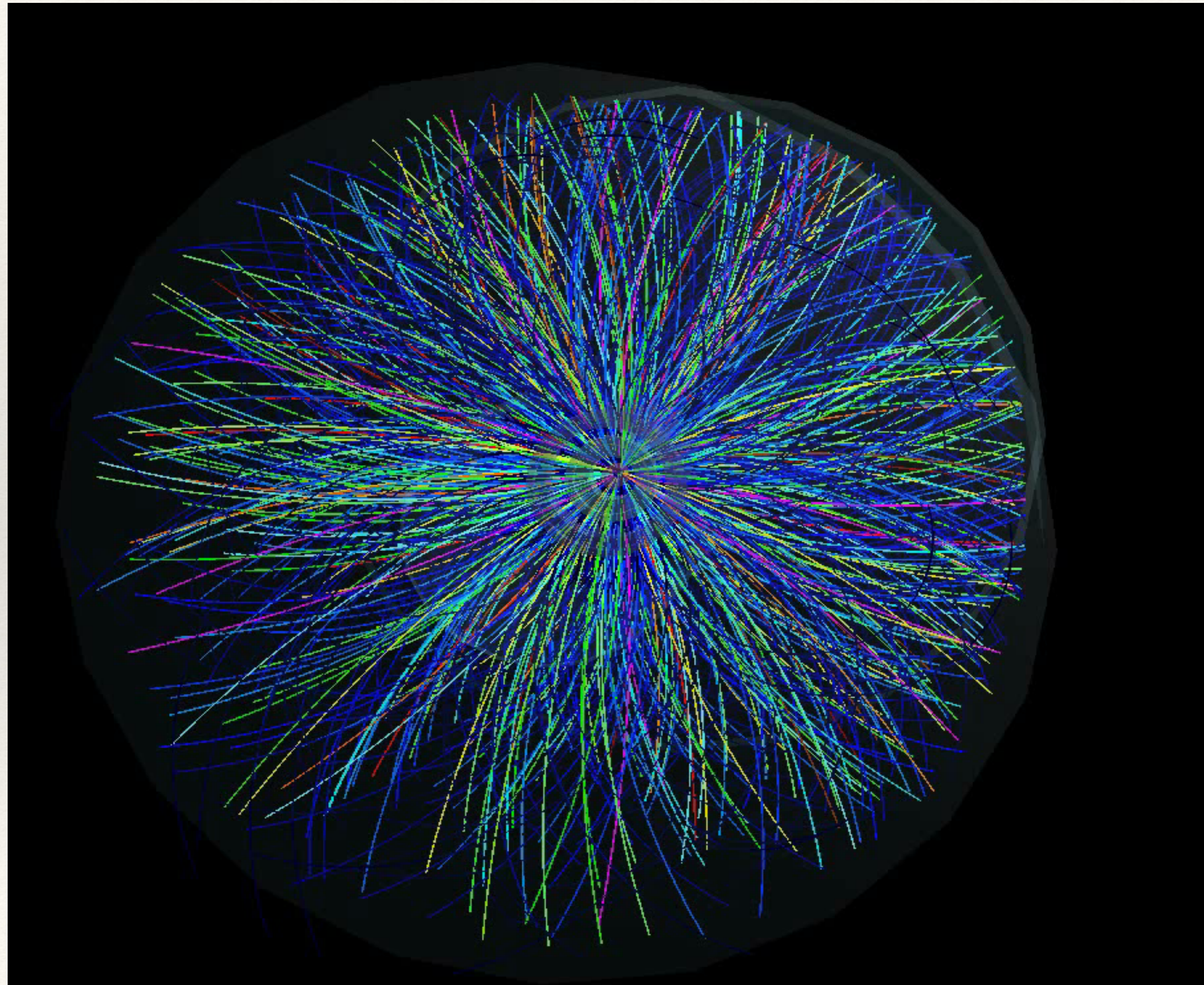


- ❖ Målinger viser at stoffet har en temperatur på $\sim 120\text{-}180$ MeV (1.7×10^{12} K)



1 milliard gange
temperaturen på
solens overflade
(5500 C°)

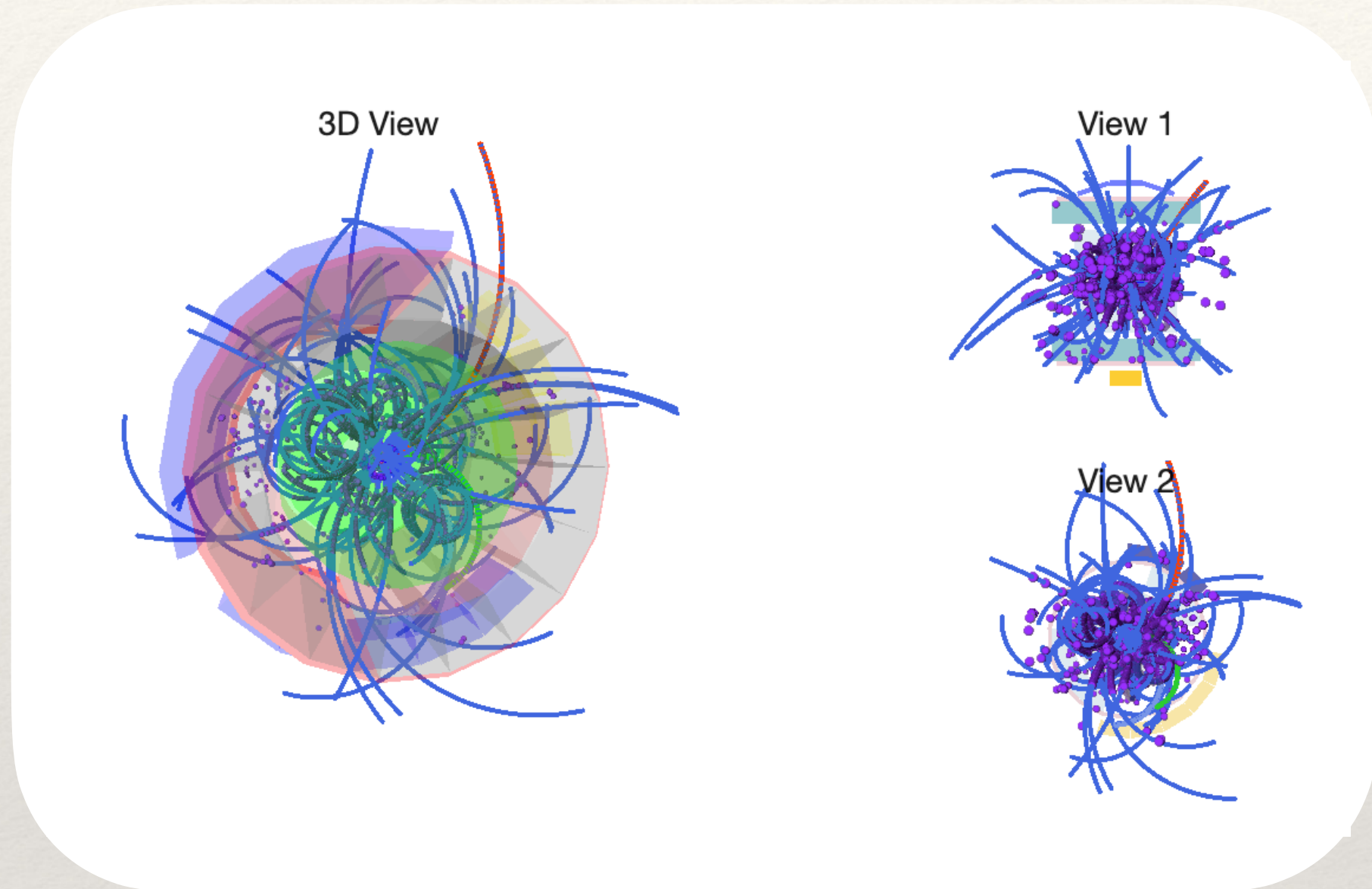
Målinger



- ❖ Én kollision af bly-bly kan producere op mod 35.000 partikler
 - ❖ Med flere 100 mio. kollisioner bliver det hurtigt uoverskueligt
- ❖ Derfor bruger vi supercomputer til at behandle vores data



Den første øvelse



- ❖ Find henfaldsprodukter fra henfald af 'strange' partikler

- ❖ Identificer moderpartiklen ud fra produkternes invariante masse

Calculator

Charge	p_x (GeV/c)	p_y (GeV/c)	p_z (GeV/c)	mass (GeV/c ²)
(+)				
(-)				
(b)				
Total				

Select particle type

Add

Particles

Type	mass (GeV/c ²)
e^-, e^+	0.0005
π^-, π^+	0.1396
K_s^0	0.4976
p, \bar{p}	0.9383
$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1.1157
$\Xi, \bar{\Xi}$	1.3217