

# Strengteori for engasjerte n00bs

## Oppstartsforedrag

Vegard Undheim

$\Delta\varphi\kappa$ -foredrag

18. januar 2022

- 1 Intro: Strengteori for n00bs?
- 2 1 En kort introduksjon til strengteori
  - 1.1 Fysikkens foreningstendenser
  - 1.2 Strengteori som en foreningsteori for fysikken
  - 1.3 Observasjoner og argumenter for strengteori
  - 1.4 Fremtidsutsikter for strengteori (anno 2009)
- 3 Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?
  - Fordi det er kult?
  - Fremdriftsplaner *ish*

- Hvem er jeg?
  - Ikke en strengteoretiker i hvertfall!
- Mathias Nødtvedt er også med.
- Bok: *A first course in Streng Theory* av Barton Zwiebach, anbefales!

- Hvem er jeg?
  - Ikke en strengteoretiker i hvertfall!
- Mathias Nødtvedt er også med.
- Bok: *A first course in Streng Theory* av Barton Zwiebach, anbefales!

- Hvem er jeg?
  - Ikke en strengteoretiker i hvertfall!
- Mathias Nødtvedt er også med.
- Bok: *A first course in Streng Theory* av Barton Zwiebach, anbefales!

- Hvem er jeg?
  - Ikke en strengteoretiker i hvertfall!
- Mathias Nødtvedt er også med.
- Bok: *A first course in Streng Theory* av Barton Zwiebach, anbefales!

- Hvem er jeg?
  - Ikke en strengteoretiker i hvertfall!
- Mathias Nødtvedt er også med.
- Bok: *A first course in Streng Theory* av Barton Zwiebach, anbefales!

## Kap. 1.1 i boken

Gjennom historien har fysikkens<sup>a</sup> mål vært foreningen av beskrivelser til en mer generell (og forklarende) teori. E.g.

---

<sup>a</sup>og naturvitenskapens forøvrig

- 1865 Maxwell forener beskrivelsen av elektrisitet og magnetisme, og samtidig oppdager et teorien beskriver flere strålingstyper, blant annet optisk.
- 1905 Einstein forener rom og tid, og energi og masse, og skaper dermed et nytt paradigme for mekanikk, som erstatter Newtons. Mekanikk kan nå sømløst forenes med Maxwells El.Mag. teori.
- 1900 Kvantemekanikk blir utarbeidet og danner et rammeværk for å forene alt av klassisk (ikke relativistisk) fysikk med atomets. Fysikk på atomnivå forenes med hverdagsstørrelser gjennom *Ehrenfest teoremet*.



# De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## De 4 fundamentalkreftene

Nå (hvedes det) at alle observasjoner kan forklares med interaksjonen mellom elementær partikler gjennom opptil 4 fundamentale krefter. La det synke inn...

- **Gravitasjon** Klassisk beskrivelse av attraksjon innbyrdes mellom energi
- **El.Mag.** Interaskjon mellom partikler med elektrisk-ladning.
- **Svak kraft** Interaskjon mellom partikler med isospin-ladning. Sær ved at den 'mikser' partikler ( $\beta$ -henfall).
- **Fargekraft** Interaskjon mellom partikler med farge-ladning. Kalles også sterk kjernekraft, og holder atomkjernen og hadroner sammen.

## Mer foreninger

- 1960s El.Mag. og svak kjernekraft forenes til *elektrosvak* kraft, som helhet bestemmes av en ligning.
- Standard modellen = elektrosvak + QCD, moderne partikkelfysikk. Inneholder 60 forskjellige elementærpartikler og 20 frie parametere.

**Drøm** Forene elektrosvak og QCD i samme rammeværk: *Grand Unified Theory (GUT)*.

**Drøm** Forene alle de fire kreftene under ett rammeværk: *the Theory of Everything*. Innebærer en kvanteteori for gravitasjon.

- Strengteori er en kandidat for en slik teori.

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensjoner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensjoner), og superstrenger (10 dimmensjoner).



## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensjoner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensjoner), og superstrenger (10 dimmensjoner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensjoner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensjoner), og superstrenger (10 dimmensjoner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensioner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensioner), og superstrenger (10 dimmensioner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensioner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensioner), og superstrenger (10 dimmensioner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensjoner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensjoner), og superstrenger (10 dimmensjoner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensjoner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensjoner), og superstrenger (10 dimmensjoner).

## 1.2 Hvordan forener strengteori alle interaksjonene?

Strengteori er en kvanteteori, hvor alle kraftbærere *og* massepartikler er beskrevet av strenger med forskjellige ossilasjonsfrekvenser. Ja, det er faktiske, fysiske strenger i rommet.

- Dette gir *ett* justerbart parameter: lengden av strengen.
- Antall rom-tid dimmensioner *utledes* fra teorien, og er da altså ikke en input!
- Det finnes 2 klasser av strengteorier
  - Lukkede strenger (som en gummistrikk, en lukket linje). Nødvendig for en konsistent teori.
  - Åpne strenger (som på en gitar). Valgbar komponent, men opptrer bare *sammen* med lukkede strenger.
- Vi skiller også mellom bosoniske strenger (26 dimmensioner), og superstrenger (10 dimmensioner).

# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.



# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

## Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.

# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

## Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.

# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

## Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.

# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

## Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.

# M-teori

På midten av 1980 tallet var det kjent 5 forskjellige typer superstrengteorier. Etterhvert ble det oppdaget sammenhenger mellom disse, og det viser seg at de alle er forskjellige *limits* av en unik teori, kjent som *M-teori*.

## Hvordan er fysikken som beskriver disse teoriene

Overraskende, er det teoretiske DNA'et til strengteori ganske enkelt å oppsummere.

- 1 Ta utgangspunkt i klassiske strenger, slik som beskrevet i mek.fys./bølge og fluid.
- 2 Gjør den relativistisk.
- 3 Kvantiser.

Det er nettopp dette læreboken gjør, og hvert steg blir gått gjennom i detalj. Derfor kan vi følge den uten kjenskap til tradisjonell QFT.

## 1.3 Observasjoner som kan støtte strengteori

### Meme

Det er foreløpig ingen eksperimentelle observasjoner som bekrefter strengteori (på bekostning av standard modellen eller GR).

- Det er forventet at strengteori avviker fra standardmodellen ca. ved plancklengden  $\ell_{\text{Pl}} \simeq 10^{-33}$  cm, men kan hypotetisk sett også oppdages rundt  $10^{-18}$  cm. Moderne part.aksel. måler ned i skalaen  $10^{-16}$  cm.
- Det er mulig å måle tilstedeværelsen av ekstra dimensjoner gjennom gravitasjon, og for tiden får vi inn mye ny data på gravitasjon pga gravitasjonsbølger! (foreløpig ingenting oppdaget.)
- Gravitasjonsbølger kan også brukes til å måle kosmiske strenger, gjennlevninger fra universets begynnelse.
- Oppdagelsen av supersymetri innen partikkelfysikk ville pekt sterkt mot strengteori, men er på ingen måte en særlig unik kvalitet ved strengteori (men nødvendig!).

M-teori har mange parametere, både diskre og kontinuerlige. Det er estimert å være rundt  $10^{500}$  mulige konfigurasjoner, så hvordan finner vi den som representerer vårt univers?

Men,  
Strengteoretikere liker å si at de har en substansiell prediksjon som er oppdaget: gravitasjon.  
Strengteori er kvantisering av strenger, på ingen måte er konseptet gravitasjon implisitt i en slik modell. Likevel dukker Einsteins feltlinginger opp som en *nødvendig* bosonisk lukket streng i teorien. Gitt strengteori *må* GR være en ting!

M-teori har mange parametere, både diskre og kontinuerlige. Det er estimert å være rundt  $10^{500}$  mulige konfigurasjoner, så hvordan finner vi den som representerer vårt univers?

Men,  
Strengteoretikere liker å si at de har en substansiell prediksjon som er oppdaget: gravitasjon.

Strengteori er kvantisering av strenger, på ingen måte er konseptet gravitasjon implisitt i en slik modell. Likevel dukker Einsteins feltligninger opp som en *nødvendig* bosonisk lukket streng i teorien. Gitt strengteori *må* GR være en ting!



M-teori har mange parametere, både diskre og kontinuerlige. Det er estimert å være rundt  $10^{500}$  mulige konfigurasjoner, så hvordan finner vi den som representerer vårt univers?

Men,  
Strengteoretikere liker å si at de har en substansiell prediksjon som er oppdaget: gravitasjon.

Strengteori er kvantisering av strenger, på ingen måte er konseptet gravitasjon implisitt i en slik modell. Likevel dukker Einsteins feltlinginger opp som en *nødvendig* bosonisk lukket streng i teorien. Gitt strengteori *må* GR være en ting!

## 1.4 Fremtidsutsikter for strengteori (anno 2009)

En av de største grunnene til at det fortsatt forskes på strengteori idag er innsikten den har gitt oss innen matematikk. Strengteori er et av eksemplene på at også fysikk kan stimulere til ny matematikk!

Studiene har også gitt innsikt i hypotetiske effekter av kvantegravitasjon, som har hjulpet oss med forståelse av Hawkingstråling og svarthull-entropi, og tidlig kosmologi.

# Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
  - Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
  - På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
  - Men mest av alt for å få aktivitet i fysikkklubben, og strengteori kanskje er noe som fenger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0312077>

# Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
- Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
- På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
- Men mest av alt for å få aktivitet i fysikkklubben, og strengteori kanskje er noe som fanger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0310077>

# Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
- Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
- På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
- Men mest av alt for å få aktivitet i fysikkklubben, og strengteori kanskje er noe som fanger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0310077>

# Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
- Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
- På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
- Men mest av alt for å få aktivitet i fysikkklubben, og strengteori kanskje er noe som fanger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0310077>

# Hvorfor bør vi i fysikklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
- Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
- På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
- Men mest av alt for å få aktivitet i fysikklubben, og strengteori kanskje er noe som fanger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0310077>

# Hvorfor bør vi i fysikkklubben lære om strengteori?

- Fordi det er fremtiden?
  - Nei, det er det *lite* hold for å predikere. Snarere er det snakk om en generasjon med fysikk-talenter som har kastet bort tiden sin på teorien.<sup>1</sup>
- Fordi det er en populær og kjent teori mange lekmenn forventer du er kjent med fordi du er fysiker? - Ja, blandt annet.
- På veien til å forstå grunnprinsippene i strengteori kommer vi innom mye interessant teori som er 'canon' blant annet innenfor QFT.
- Men mest av alt for å få aktivitet i fysikkklubben, og strengteori kanskje er noe som fenger Deltagere.

---

<sup>1</sup>En dialog som sammenligner strengteori med *loop-quantum-gravity*, har strengteori noe for seg? <https://arxiv.org/abs/hep-th/0310077>



# Vi ser i boken

Prøver å ta ca 1 kapittel hver foredrag, en gang i uken. Prøver å dekke *del 1 (kap. 1-13<sup>2</sup>)* i læreboken.

Takk for meg!