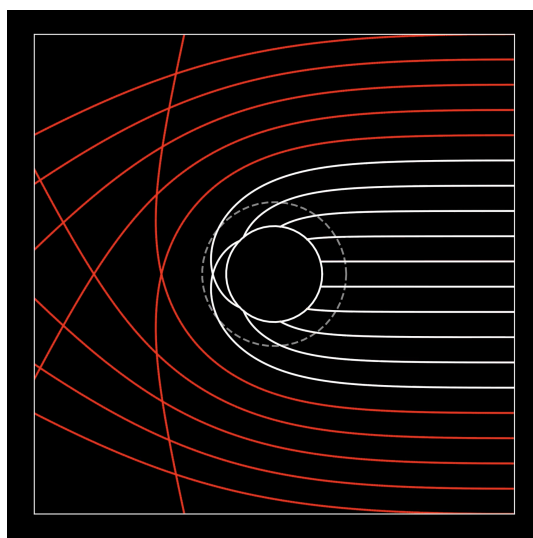


# Universets sorte spejle

Albert Sneppen, Cosmic DAWN Center og Niels Bohr Institutet

Lige udenfor randen af et sort hul ligger spejlbilleder af universet selv. Dette følger fordi de sorte huller store tyngdekraft får lys til at gå i kredsløb om hullet. Dette resultat fremgår fra forskning på Niels Bohr Institutet og The Cosmic DAWN Center, som måske kan åbne for en dybere forståelse af tyngdekraft, sorte huller og vores forunderlige flotte univers.

I et kosmos fyldt med matematiske skønheder og uhyrlige giganter er det sorte hul dog stadig en usædvanlig beboer, der bryder med den menneskelige intuition. Den standser tiden selv, fanger alt i sit indre og spejler universets lys på dens kant [1]. Sidstnævnte kan muliggøre tests af vores forståelse af tyngdekraft og er blevet belyst af forskning fra Niels Bohr Institutet og the Cosmic DAWN Center [2]. Selvom det umiddelbart lyder paradoksalt, at sorte huller skulle reflektere lys, så er fysikkens love heldigvis eksplicitte nok. Så lad os indstille vores teleskop og sammen gå på opdagelse i, hvordan sorte huller reflekterer universets lys. Nærmere bestemt skal du forestille dig, at du står foran en perfekt rund kugle af sorthed i skærende kontrast til et omkringliggende hav af stjerner, galakser og kosmiske lys.

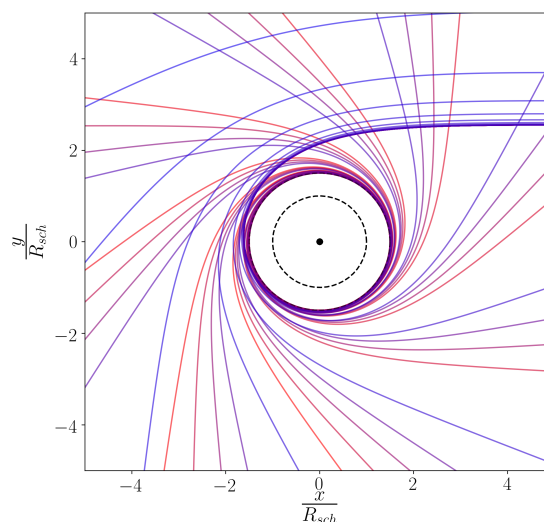


**Figur 1.** Billedet af lysets krummede baner i nærheden af et sort hul. Når man kigger på et sort hul (eller en neutronstjerne) kan man ikke bare se en side af objektet. Lys fra både forside og bagside kan rejse mod én, fordi lyset bøjes rundt om horisonten af tyngdekraften. På sorte huller, vil stjernerne altid stå over horisonten, selv når de faktisk fysisk ligger bag det sorte hul.

## Et spejlbillede af universet

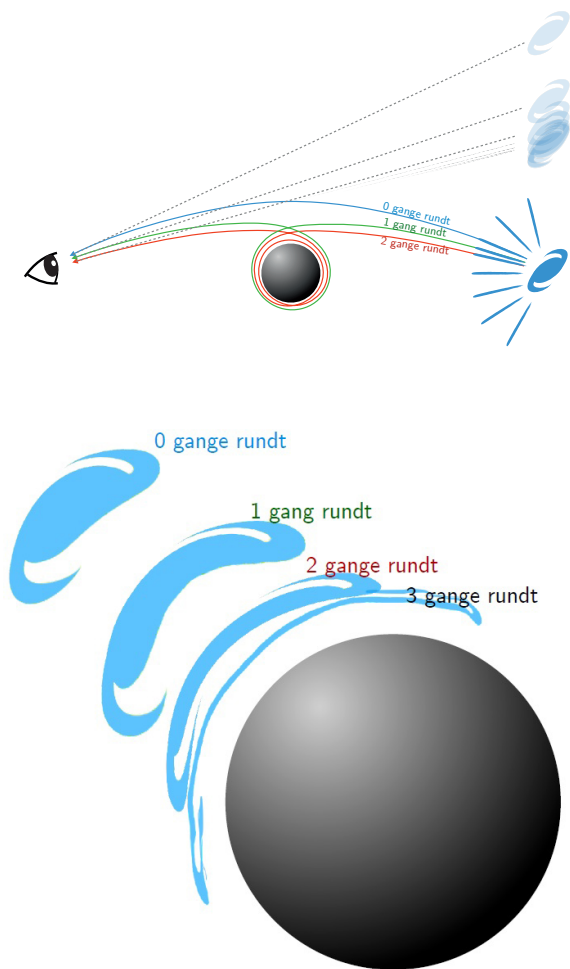
Vi stiller først vores blik på de stjerner, som ligger langt fra den sorte kugles omrids. Dette ligner vores vante nattehimmel. Her er lyset for langt væk til at tiltrækkes mod hullet – og vil derfor bevæge sig i lige linjer. Som man flytter blikket nærmere det sorte hul, vil stjernerne dog i stigende grad forvrænges, da tyngdekraften buer

lysets baner. Lyset drejer først nogen enkelte grader med den konsekvens, at stjernerne ikke længere er, hvor de burde være på nattehimmelen. De er subtilt forskudte fra deres rigtige lokation. Endnu tættere på randen begynder lyset at afbøjes dusinvis af grader. Her kan man faktisk se de stjerner, der ligger bag den sorte gigant, da deres lys drejes rundt om hullet. Endnu tættere på afbøjes lyset nu hundredevis af grader, så meget at lyset begynder at rotere om det sorte hul.



**Figur 2.** Billede af lysets baner nær kanten af et ikke-roterende sort hul. Det sorte hulls singularitet (uendeligheden i hjertet af hullet) er indikeret med en sort prik og begivenhedshorisonten (point of no return) er markeret med den stiplede linje. Længere ude er fotonsfæren, hvor lyset kan gå i kredsløb om det sorte hul. Desto tættere lyset kommer på fotonsfæren, desto længere kan det kredse om det sorte hul, men da banen ikke er stabil, vil lyset enten falde væk fra det sorte hul eller spiralere ind mod singulariteten.

De stjerner, som vi så langt fra det sorte hulls omrids, skinner ikke kun mod os, men også i retningen af den sorte kugle. Nogle af deres stråler af lys snitter hullets rand, bøjer dramatisk og kastes ud i vores retning. Fra vores perspektiv kommer dette lys nu fra kanten af det sorte hul. Det vil altså sige, at du både ser disse stjerner på din vante nattehimmel, men også spejlet nær det sorte hulls kant. På den måde bliver alle egne af universet reflekteret tæt på randen. Ja, selv lyset fra vores planet kan i teorien ses efter at have drejet en fuld rotation i det sorte hulls racerspor. Det er ikke et tydeligt billede af os for lysstrålerne er få og forvrænget af deres rejse, men det er stadig vores omrids.



**Figur 3.** Skitse som viser, hvordan det samme objekt, her en galakse, kan ses flere steder på nattehimmelen nær et sort hul, fordi lyset kan tage mange forskellige baner om det sorte hul. De ekstra billeder af galaksen bliver mere og mere mast sammen, jo tættere vi kigger på det sorte hul. Grafik: Peter Laursen.

### Uendelige kopier af universet

For at forstå det næste vores øjne ville se, når vores blik nærmer sig det sorte huls kant, har jeg nørklet med Einsteins love og skabt et nyt matematisk udtryk for lysets baner. Det nye perspektiv forklarer, at det lys, som når endnu nærmere, kan rotere mange gange om hullet, ligesom Jorden om Solen, elektroner om atomkerner eller enhver god partner i folkedans. Derfor er der stråler af lys, som roterer 2 runder, 3 runder, eller måske endda 42 runder, før det kastes ud til os. Hver runde giver os et endnu et billede af stjernerne. Hvert af disse billeder ses evigt tættere på den sorte kugles kant, for desto tættere lyset kommer – desto mere afbøjes det – desto flere gange kan det rotere. Den nye forskning understreger desuden, at hvert af spejlbillederne af universet bliver klemmt i en smallere stribe end den sidste. Selvom billederne bliver evigt tyndere, så forsætter de til uendeligheden. Derfor – lige udenfor randen af et sort hul, vil du, din planet og lyset fra hele vores univers gentage sig til uendeligheden.

En sidste krølle på historien er, at rejsetiden for lyset bliver længere, jo flere gange det skal rundt om det

sorte hul. Det betyder af spejlbillederne ville blive mere og mere “forsinkede” og derved kommer fra fjernere og fjernere tidspunkter i fortiden. Hvis man forestillede sig en stjerne undergå en supernova-eksplosion i en bagvedliggende galakse, ville man derfor i teorien kunne se denne stjernedød ske igen og igen.

Den nye forskning afslører, at dette uendelige sæt af billeder gælder for alle sorte huller. Fra ensomme sorte huller, som roterer nær lysets hastighed, til den supermassive mastodont i midten af Mælkevejen. Spækket overalt i kosmos er sorte huller klædt i universets lys. Det er blandt andet derfor, det sorte hul er en noget usædvanlig beboer af universet. Et medlem, som både er uhyre skræmmende og så finurligt smuk. Både er en matematisk abstraktion og en fysisk realitet. Både definitionen af mørket selv og et spejl til universets lys.

### Litteratur

- [1] J.-P. Luminet (1979) “Image of a spherical black hole with thin accretion disk”, *Astronomy and Astrophysics*, bind 75, side 228–235.
- [2] A. Sneppen (2021) “Divergent reflections around the photon sphere of a black hole”, *Scientific Reports*, bind 11, side 14247.



Albert Sneppen er ph.d.-studerende på Niels Bohr Institutet og The Cosmic DAWN Center, hvor han blandt andet har publiceret forskning om stjerners massefordeling i diverse galakser og om den ekstreme fysik af kolliderende neutron-stjerner. Sidstnævnte har ledt til den første præcise bestemmelse af geometrien af en såkaldt kilonova og til en ny måling af Hubble konstanten.

### Generalforsamling i SNU

Generalforsamlingen i SNU afholdes den 8. april 2024 i Auditorium 1, i H.C. Ørstedbygningen, Universitetsparken 5, 2100 København Ø efter foredraget om Martin Knudsen (se side 43). Foredraget starter kl. 19.30.

#### Dagsorden:

1. Valg af dirigent
2. Præsidentens beretning for 2023
3. Godkendelse af regnskab for 2023
4. Forelæggelse af budget for 2024
5. Beslutning om kontingent for 2025
6. Valg af medlem til direktionen ifølge vedtægterne – Ole Mørk Lauridsen og Sven Frøkjær udtræder i 2024, og direktionen vil fremlægge forslag om indvalg af to nye medlemmer.
7. Valg af revisor
8. Orientering om programmet resten af året for 200-årsfejringen af SNU
9. Eventuelt