

# Stephen Hawking (1942-2018)

Af Svend E. Rugh, KVANT



Gerard 't Hooft, Holger Bech Nielsen og Stephen Hawking, som på billedet sidder i sin kørestol, mens Holger Bech Nielsen fortæller.

Vi vil i redaktionen af tidsskriftet KVANT meget gerne bringe nogle ord om Stephen Hawking, der i levende live nåede at blive nogenlunde lige så berømt som de allermest berømte filmskuespillere fra Hollywood. Det var fortræffeligt, og heldigt, at Hawking overlevede “sine lægers dødsdom” med mere end et halvt århundrede, i hvilket Hawking – trods tiltagende fysiske handicap – fik bidraget med overraskende ideer til fysikken. Endvidere fik Stephen Hawking – med humor<sup>1</sup> og sans for at finde på illustrative, anskuelige billeder – fortalt om sine ideer og tanker i mange forskellige sammenhænge.

Hawkings forskningsfelt var *især* teorier for gravitationsfeltet, og hans tanker har haft meget stor slagkraft og virkning på fysikere, der pusler med projekter indenfor dette emne. Fx følgende ideer:

(1) Stephen Hawking anvendte – allerede i sin ph.d.-afhandling fra 1965 – Roger Penroses singularitetsteoremer *på hele* Universet, hvor Penrose i tale og på skrift selvsamme år kun havde anvendt sine nye matematiske metoder på sorte huller og matematisk bevist, at disse må have en singularitet under visse rimelige antagelser.

Fortsættes på side 35.

<sup>1</sup>Her i Danmark har lektor i fysik (ved Syddansk Universitet) Arne Lykke Larsen præcis samme sygdom – ALS – som Stephen Hawking, og med en dejlig (og fantastisk imponerende og beundringsværdig) humor skrevet bøger derom. Fx bogen “Alt er muligt” fra 2011. En bog der er skrevet alene ved at blinke med øjnene. Sådan blev også Hawking nødt til at opbygge sine foredrag og skrive sine bøger, hvis han ville skrive dem selv.

## Stephen Hawking (1942-2018)

(2) Hawkings ideer om at der er udstråling fra sorte huller – den berømte “Hawking stråling”. Sorte huller er således alligevel ikke helt sorte: “Sorte huller lyser”. Meget små sorte huller lyser endog rigtig meget!<sup>2</sup>

(3) Hawkings (og Bekensteins) ideer om at tilskrive sorte huller en entropi, der – forholdsvis overraskende – vokser proportionalt med *overfladearealet* af det sorte hul og ikke med dets volumen.

(4) Hartle-Hawkings “no-boundary” betingelse: Universet har dén begyndelsesbetingelse, at det ingen begyndelse har. En ide der er udarbejdet sammen med Murray Gell-Manns tidligere student Jim Hartle.

Den meget lille plads her gør det ikke muligt i nogen detalje at beskrive disse ideer, som især blev udviklet over en periode på tyve år, fra midt 1960’erne til midt 1980’erne. En god kilde til mere information er Stephen Hawkings hjemmeside (www.hawking.org.uk), der indeholder gode (og ikke tekniske) manuskripter og mange interessante oplysninger.

Hvad angår (1) er singularitets-teoremerne idag et alment accepteret og matematisk velfunderet teoretisk resultat.<sup>3</sup>

Derimod er (2) og (3) noget kontroversielle og nærmest at regne for “kvalificerede gæt” som dog er bygget på fysiske argumenter.<sup>4</sup> Men det er vigtigt, for eksempel, at fortælle at Hawking-strålingen (2) ikke er eksperimentelt eftervist. Hvad angår sorte hullers entropi (3) er det tætteste på en fysisk (mikrofysisk) fundering af entropien (i et forsøg på at optælle et sort huls mikrotilstande og ikke alene basere sig på termodynamiske analogier) vist et tyve år gammelt arbejde af Andrew Strominger og Cumrun Vafa (hep-th/9601029), som forsøger at fundere entropien mikrofysisk for en klasse af 5-dimensionale sorte huller indenfor en strengteori-formulering. Hvad angår (4) sker formuleringen matematisk i termer af et ikke-veldefineret funktionalintegral – der bl.a. involverer en

“*imaginær tid*”.<sup>5</sup> Det er ikke muligt (p.t.) at formulere ideen på en matematisk velfunderet måde og som reelt gør det muligt at regne på teorien. Murray Gell-Mann (kvarkernes opfinder) fortalte ofte – i sine foredrag – at “Hartle-Hawking-no-boundary”-betingelsen udtrykker “en drøm om at det er *muligt* at beskrive *randen af* vort Univers i termer af begreber (matematisk sprog m.m.) som er opstået i det *indre af* vort Univers.”

Til sidst en personlig anekdote. En af de gange hvor vi var fysikere fra København, der havde mulighed for at mødes og diskutere med Stephen Hawking var på Kreta i 1998 til et såkaldt “Triangulært Møde” (der var udvidet til en 5-kant, dvs. fem universiteter havde leveret fysikere til mødet). Jeg tog dér et billede (som bringes på bagsiden) af tre gode og meget forskelligartede fysikere: Holger Bech Nielsen, Gerard ’t Hooft og Stephen Hawking, som på billedet sidder i sin kørestol og hører Holger fortælle. Hawking havde en fin hørelse og ville gerne have at folk snakkede til ham. Det tog bare lang tid for ham at svare!

Senere blev der ud på aftenen spillet op til dans. Hawking dansede med og futede rundt i sin kørestol – meget energisk! – og deltagerne hyggede sig gevaldigt over det. Sidste gang jeg så Hawking, var for et par år siden til konferencen “Philosophy of Cosmology” i september 2014. Den var arrangeret af bl.a. Cambridge University, men blev afholdt på en af De Kanariske Øer med et behageligt klima. Hawking måtte egentlig ikke rigtig vise sig til konferencen (men alle hans venner var der; George Ellis, Don Page, Jim Hartle, osv, så Hawking kunne slet ikke holde sig væk!) Hawking var nemlig inviteret – som en af hovedtalerne – til den *efterfølgende* konference i hvilken der deltog *virkelige berømtheder* såsom astrofysikeren og rockmusikeren Brian May fra rockbandet Queen og en Apollo 16 astronaut der havde gået rundt på jordklodens måne. Det havde vist altid været en af Hawkings drømme at komme på en sådan rejse!

<sup>2</sup>Udstrålingen er en sortlegemestråling (blackbody radiation) ved en Hawking-temperatur  $T_H$  som er omvendt proportional med det sorte huls masse  $M$ . Hvis vi angiver det sorte huls masse  $M$  i forhold til massen  $M_\odot$  af Solen fås følgende overslag for Hawking-udstrålingstemperaturen (angivet i kelvin K)

$$T_H = \left( \frac{\hbar c^3}{8\pi G k_B} \right) \cdot \frac{1}{M} \sim 10^{-7} \text{K} \cdot \frac{M_\odot}{M} .$$

Et sort hul med masse som Solen har en forsvindende Hawkingtemperatur på  $\sim 10^{-7}$  K. Teorien for Hawkingudstrålingen fører til at levetiden (“fordampningstiden”) for det sorte hul bliver proportional med  $M^3$  (det sorte huls masse opløftet i tredje potens). Fx vil et sort hul med en masse  $M_\odot$  som Solen leve  $\sim 10^{67}$  år, mens et sort hul med masse  $\sim 10^5$  kg kun lever et enkelt sekund. Så er det strålet ud! Ifølge Hawking.

<sup>3</sup>De fleste fysikere mener at rumtidssingulariteter – fx hvor rumtids-krumningen kan divergere og blive uendelig stor – ikke er en *fysisk egenskab* ved vort univers, og derfor peger eksistensen af sådanne singulariteter på *grænser* for anvendelsen af Einsteins *klassiske* (ikke-kvantiske) teori for gravitationsfeltet. Dvs. at denne teori ikke er den endelige og fuldt tilfredsstillende beskrivelse af gravitationsfeltets opførsel i alle fysiske situationer.

<sup>4</sup>Holger Bech Nielsen, med hvem jeg har diskuteret dette, synes at dette træk ved teorierne i en vis forstand gør teorierne til et flottere bidrag til fysikken, idet man netop ikke bare kan udlede dem ved brug af et pålideligt og sikkert ræsonnement!

<sup>5</sup>Holger Bech Nielsen er en af de fysikere i Danmark der f.eks. i sine foredrag har forholdt sig til nogle af Hawkings mere spekulative tanker, fx “baby universes” og “no-boundary”-betingelsen for Universet, og Holger slog altid ud med armene og sagde “...og dét forstår jeg ikke helt!”, når han nåede netop dét sted i sit foredrag, hvor han skulle redegøre for, at Stephen Hawking lader tiden blive imaginær.