

Opprinnelsen til (nesten) alt

Graham Lawton

Etter å ha studert biokjemi og vitenskapskommunikasjon ved Imperial College, begynte Graham Lawton i *New Scientist*, der han har vært nesten hele dette århundret, først som featureredaktør, og nå som sjefredaktør. Han har vunnet flere priser både som skribent og som redaktør.

Jennifer Daniel

Jennifer Daniel er prisbelønt illustratør og forfatter og er fast bidragsyter til *New York Times* og *New Yorker*. Hun lager også animasjoner og illustrasjoner for flere bokforlag. Hun er kreativ leder i Google, tidligere grafisk redaktør i *New York Times* og har fått mange flotte priser for sitt arbeid innen visuell historiefortelling.

New Scientist

Tekst:

Graham Lawton

Illustrasjoner:

Jennifer Daniel

Oversettelse:

Lene Stokseth

FONT FORLAG

Innhold

Innledning 6

Forord 8

1 Universet 10

2 Planeten vår 38

3 Liv 70

4 Sivilisasjon 118

5 Kunnskap 166

6 Oppfinnelser 198

Videre lesning 246

Takk 249

Register 250

Innledning

Professor Stephen Hawking

Eksistens: Hvor kom vi fra?

Hvorfor er vi her? Hvor kom vi fra? Ifølge

Boshongo-folket i det sentrale Afrika fantes det bare mørke, vann og den store guden Bumba. En dag da Bumba hadde vondt i magen, spydde han opp solen. Solen fordampet litt av vannet så det ble tørt land. Men Bumba var fortsatt kvalm, og kastet opp månen, stjernene og leoparden, krokodillen, skilpadde og til slutt menneskene.

Denne skapelsesmyten kjemper i likhet med så mange andre med de samme spørsmålene vi fremdeles stiller i dag. Heldigvis har vi nå et redskap som kan gi oss svarene: vitenskapen.

Når det gjelder disse mytene bak vår eksistens, ble de første vitenskapelige bevisene funnet i 1920-årene, da Edwin Hubble begynte å gjøre observasjoner med teleskop på Mount Wilson i California. Hubble oppdaget til sin forundring at nesten alle galaksene bevegde seg bort fra oss. Og ikke bare det: Jo lenger unna galaksene var, desto raskere bevegde de seg unna. Utvidelsen av universet er en av de viktigste oppdagelsene som er blitt gjort.

Dette funnet endret fullstendig debatten om hvorvidt universet hadde en begynnelse. Hvis galaksene beveger seg fra hverandre nå, må de ha vært nærmere hverandre tidligere. Og hvis farten har vært konstant, må alle galaksene ha vært oppå hverandre for noen milliarder år siden. Var det begynnelsen på universet?

Da denne oppdagelsen ble gjort, var det mange vitenskapsmenn som ikke likte tanken på at universet skulle ha hatt en begynnelse, fordi det antydte at fysikken hadde brutt sammen. Det innebar at man måtte påkalle en drivkraft utenfra, en vi for enkelhets skyld kan kalle gud, for å finne ut hvordan universet begynte. Derfor videreutviklet de teorier om hvordan universet utvidet seg i vår tid uten å ha en begynnelse.

Den kanskje mest kjente teorien ble fremlagt i 1948. Den ble kalt *steady state*-teorien og hevdet at universet

alltid hadde eksistert og hadde vært likt i all tid. Denne siste egenskapen hadde den store fordel at den var en forutsigelse som kunne etterprøves, noe som er en avgjørende faktor for den vitenskapelig metode. Og den viste seg å være mangelfull.

De empiriske bevisene som kunne bekrefte forestillingen om at universet var kompakt i begynnelsen, kom i oktober 1965 med oppdagelsen av en svak bakgrunn av mikrobølger gjennom rommet. Den eneste fornuftige tolkningen er at denne «kosmiske bakgrunnsstrålingen» er resterende stråling etter en tidlig varm og kompakt tilstand. Etter hvert som universet utvidet seg, kjølnet strålingen til den ikke ble mer enn de restene vi kan se i dag.

Denne nye forestillingen ble snart underbygd av teori. Sammen med Roger Penrose fra Oxford University viste jeg at hvis Einsteins relativitetsteori er korrekt, må det ha eksistert en singularitet, et punkt med uendelig stor tetthet og en krumning av tidrom der tiden har en begynnelse.

Universet begynte med Big Bang og utvidet seg fort. Dette kalles «inflasjon» og gikk ekstremt raskt: Universet doblet seg i størrelse mange ganger i løpet av et lite brøkdels sekund.

Inflasjonen gjorde universet veldig stort, veldig jevnt og veldig flatt – men ikke helt jevnt: Det fantes ørsmå variasjoner fra sted til sted. Variasjonene forårsaket etter hvert galakser, stjerner og solsystemer.

Det er disse variasjonene vi kan takke for vår eksistens. Hvis universet hadde vært helt jevnt i begynnelsen, ville det ikke eksistert stjerner, og dermed ville heller ikke livet ha kunnet utvikle seg. Vi er produktet av opprinnelige kvantefluktuasjoner.

Som vi snart vil se, gjenstår det fremdeles mange store mysterier, men vi nærmer oss sakte men sikkert svarene på de eldgamle spørsmålene: Hvor kom vi fra? Og er vi de eneste vesenene i universet som kan stille slike spørsmål?

Forord

Jeg har alltid vært fascinert av opprinnelser. Som barn var jeg ofte ute på Yorkshire-kysten sammen med mamma, pappa og søsteren min. Der gravde vi ammonitter, belemnitter og fossile østers ut av klippene, og jeg lurte på hvor de kom fra. Hvordan var jorden mens de levde?

Det var ikke bare naturens verden som fikk meg til å undres over hvor ting kom fra. Jeg husker at jeg så på TV – antakelig svart-hvitt-TV den gangen, men like fullt et teknologisk underverk – og tenkte: Hvem var det som oppfant den? Jeg klarte ikke å forestille meg hvordan noen kunne ha skapt en boks med en skjerm som viste bilder fra et sted langt unna. Noe sånt ville jeg aldri greid å gjøre, tenkte jeg for meg selv.

Da jeg ble vitenskapsjournalist for 20 år siden, gikk det opp for meg hvor stor tiltrekningskraft opprinnelseshistorier har på fantasien. «Hvor kom vi fra?» er et av de mest grunnleggende og fundamentale spørsmål vi stiller oss. (De andre er «hvordan bør vi leve?» og «hvor skal vi?», men dem kan vi la ligge til en annen gang.) Jeg er overbevist om at det ligger i menneskets natur å se på noe, eller gruble over et eksistensielt spørsmål, og si: Hvordan ble det sånn?

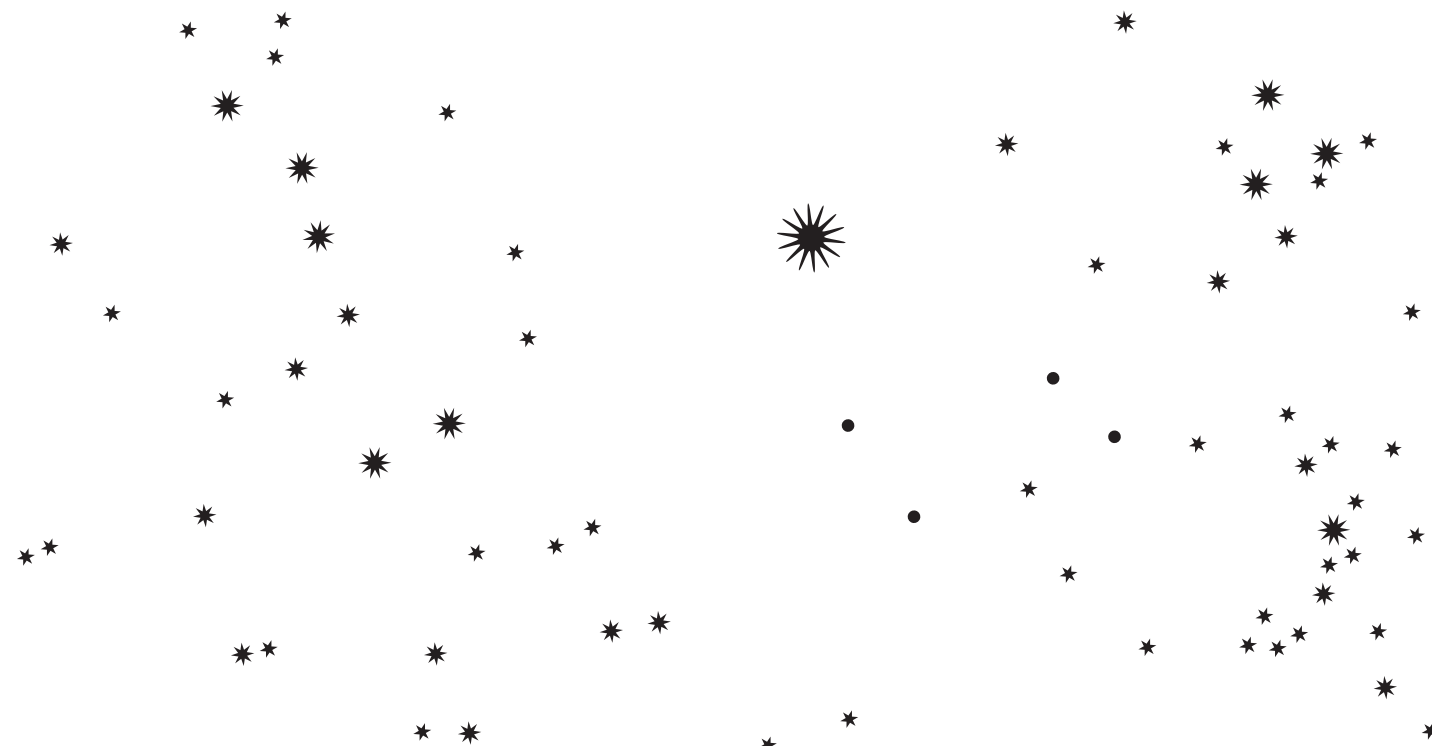
Alle samfunn vi kjenner til, har historier om opprinnelsen til kosmos og dets beboere. Den eldste nedtegnede skapelsesmyten er *Enuma elish*, som ble risset inn på 2700 år gamle leirtavler fra bronsealderens Babylon. Men opprinnelseshistoriene oppsto ganske sikkert mye tidligere enn som så, minst for 40 000 år siden, da forfedrene våre ble det som adferdsmessig kalles moderne mennesker. Såvidt vi vet, var hjernen

deres som vår, altså hadde de evnen til å gjøre mentale reiser – å plassere seg selv i fortid og fremtid. Det betyr at forfedrene våre kunne overskride sitt eget her og nå og kanskje til og med tenke seg til tiden før og etter sin egen levetid, slik at de kunne fundere over fjern fortid og fremtid. I likhet med oss må de ha undret seg over hvor alt kom fra.

Kan hende strekker det seg enda lenger tilbake i tid. Kanskje hadde til og med våre aller første forfedre en opprinnelsesmyte, en million år gammel fortelling som ble fortalt på et urspråk rundt leirbålet til *Homo erectus*. Ja, selv opprinnelseshistorier krever en opprinnelseshistorie.

Skaperne av disse utgamle historiene hadde naturligvis ikke så mye annet å bygge historiene på enn egne umiddelbare erfaringer og fantasi. De tydde som oftest til overnaturlige forklaringer. Vår kulturs opprinnelsesmyte, Første Mosebok, er en slik historie. Den byr faktisk på to muligheter: først den velkjente beretningen om skapelsen som foregikk i løpet av seks dager, og så en litt annerledes og noe motstridende versjon. Det kan være en stilltiende innrømmelse av at vi aldri kan være helt sikre, men vil prøve oss likevel.

Når vi i tillegg støtter oss til kraften i den vitenskapelige metoden, blir den mentale tidsreisen et



presisjonsinstrument. Vi kan bruke teleskoper til å ta en titt inn i det tidlige universet, og bruke matematikk for å forstå dets egenskaper. Ved å skru klokken tilbake på denne måten har vi kommet langt på vei – nesten til universets begynnelse, slik Stephen Hawking forklarer i innledningen.

I mellomtiden gjør de historiske vitenskapene – geologi, evolusjonsbiologi og kosmologi – det mulig for oss å rekonstruere hendelser fra lenge før menneskenes eksistens, helt tilbake til det vi kaller «dyptid»: solsystemets fødsel, livets opprinnelse og evolusjonen til mennesket og mange andre arter. Arkeologi og historie hjelper oss med å forstå vår egen fortid og opprinnelsen til ting mennesket er direkte ansvarlig for, fra tidlige oppfinnelser som matlaging, til moderne teknologi som verdensveven World Wide Web.

Opprinnelsen til (nesten) alt er en samling moderne opprinnelseshistorier som vitenskapen har avdekket. Boken samler de viktigste, mest interessante og mest forbløffende av disse historiene i 53 korte kapitler, som løftes fram av Jennifer Daniels levende og ofte humoristiske infografikk.

Da jeg begynte å lage en idéliste til boken, var noen ideer selvnlysende, som Big Bang, livets opprinnelse og menneskehetens evolusjon. Den menneskelige sivilisasjonen var en annen gullåre. For 15 000 år siden var forfedrene våre nomadiske jegere og samlere. Nå bor vi i hus, handler på supermarkedet og reiser rundt i maskiner. Hvordan gikk det til?

Andre ideer var mindre åpenbare, og jeg er veldig glad for de mindre selvsagte forslagene fra John Murray og de strålende kollegene mine i *New Scientist*: Null, jord og personlig hygiene er noen av dem jeg liker best. Til slutt hadde vi altfor mye materiale til bare én bok. Listen over ideer som ikke vant frem, er lang og innbefatter blant annet cricketsportens opprinnelse og Viennetta-is, for å nevne to. En dag kommer jeg kanskje til å skrive *Opprinnelsen til (nesten) alt annet*.

Men nå får det være nok mentale tidsreiser. Jeg er kjempestolt av boken. For meg har den vært en oppdagelsesreise, og det håper jeg at den blir for deg også. Mange av historiene den forteller, har endret og utviklet seg underveis etter hvert som nye oppdagelser ble gjort. Det er noe av det vakreste ved den hvileløse vitenskapen.

Det eneste jeg er lei meg for, er at arbeidsundertittelen min ikke kom så langt som til bokomslaget – (Og hvis du lurer, var den *Fra Big Bang til naolelo*, noe jeg synes gir et godt bilde av spennet). Formelt ble boken unnfanget i en idényldring mellom *New Scientist* og John Murray, men i hodet mitt var den egentlige opprinnelsen på en strand i Yorkshire, i tankene til en liten gutt som lot seg inspirere av naturens mange vidundre.

Men nå er jeg i gang igjen. Slik er vi mennesker – det er umulig å la være.

Graham Lawton
London, mai 2016

Kapittel 1

Universet

14
Materie, rom
og tid

30
Mørk materie
og mørk
energi

18
Stjerner og
galakser

22
Grunn-
stoffer

26
Meteoritter

34
Svarte
hull

Hvordan begynte alt sammen?

Universet er stort. Veldig stort. Men likevel, hvis vår teori om opprinnelsen er riktig, var universet lite en gang i tiden. Bitte lite. En gang var det faktisk ikke-eksisterende. For omtrent 13,8 milliarder år siden vokste plutselig materie, energi, tid og rom spontant ut fra ingenting i det vi kjenner som Big Bang.

Hvordan skjedde det? Eller for å spørre på en annen måte: Hva er opprinnelsen til alt?

Det er dette som er det viktigste opprinnelsesmysteriet. For de fleste mennesker i historien har det eneste plausible svaret vært at «det var Gud som gjorde det». Selv vitenskapen unnvek dette spørsmålet lenge. På begynnelsen av 1900-tallet mente de fleste fysikere at universet var uendelig og evig. Det første hintet om at det ikke stemte, kom i 1929, da Edwin Hubble oppdaget at galaksene flyr fra hverandre som granatsplinter etter en eksplosjon.

Den logiske konklusjonen var at universet må være i ferd med å utvide seg, og at det derfor har vært mindre tidligere. Astronomene kom frem til en annen logisk, men ganske merkelig konklusjon ved å forestille seg ekspansjonen baklengs, som å spole en film tilbake: Universet må ha hatt en begynnelse.

Den aller første begynnelsen

Til å begynne med var det mange vitenskapsmenn som ikke likte ideen om en slik begynnelse, og derfor fremla de alternative forklaringer som ikke krevde det. Den best kjente av dem – *steady state*-teorien – ble lansert i 1948. Ifølge denne hypotesen hadde universet eksistert bestandig og hadde sett likt ut til alle tider.

Astronomene fant snart ut hvordan de kunne teste hypotesen, og oppdaget at den ikke kunne være riktig. Visse himmellegemer, som kvasarer, finnes bare veldig langt unna, og det tyder på at universet ikke har sett likt ut til alle tider. *Steady-state*-teoretikerne satte likevel varige spor etter seg fordi de ga oss ut-

trykket «Big Bang», som opprinnelig ble brukt som en spydig avvisning.

Nådestøtet kom i 1965, da man ved en tilfeldighet oppdaget den svake skimmeret av bakgrunnsstråling i hele verdensrommet. Man tolket denne kosmiske bakgrunnsstrålingen som «ettergløden» etter et univers som var mye varmere og hadde mye større tetthet enn i vår tid.

Disse observasjonene ble snart underbygget av teori. Stephen Hawking og Roger Penrose viste at hvis

Ikke Big Bang

Big Bang er den vanlige forklaringen på universets opprinnelse, men den får ikke stå alene i rampelyset. En alternativ forklaring er at det ikke skjedde et kjempesmell, men et hopp. Når vi spoler oss tilbake gjennom universet i dette scenarioet, beveger vi oss gjennom den ufattelig varme begynnelsen med enorm stor tetthet og ut på den andre siden, gjennom en like varm og tett slutt på et tidligere univers. En annen forklaring er at smellet var ett av mange. Ifølge multiversteorien er vårt univers bare en boble i et frådende skum av universer. Begge disse ideene innebærer imidlertid at universet ikke hadde noen begynnelse. Det er enda vanskeligere å tenke seg enn at det bare dukket opp.

den generelle relativitetsteorien stemmer, må det ha eksistert en singularitet, et punkt med uendelig stor tetthet og en krumning av tidrom der tiden begynte.

I vår tid er Big Bang anerkjent vitenskap. Kosmologene mener at de kan spore universets utvikling fra et brøkdels sekund etter opprinnelsen til i dag, inkludert en kort periode med en halsbrekkende utvidelse (inflasjon) og fødselen til de første stjernene. Det nøyaktige skapelsesøyeblikket er imidlertid gjenstand for mye spekulasjon fremdeles. Der smuldrer virkelighetsteoriene våre opp. Hvis vi skal komme videre, må vi finne ut hvordan vi skal forene den generelle relativitetsteorien med kvanteteori. Fysikerne sitter fast til tross for mange tiårs hardt intellektuelt arbeid. Likevel har vi en viss idé om hvordan vi skal besvare det vanskelige Big Bang-spørsmålet:

Hvordan får man noe av ingenting?

Det er et fornuftig spørsmål, for enkelte fysikere mener at det er lite som tyder på at universet i det hele tatt skulle eksistert.

Termodynamikkens annen hovedsetning sier at uorden, eller entropi, alltid har en tendens til å øke over tid. Entropi måles i hvor mange måter man kan omorganisere komponentene i et system på uten å endre systemets generelle utseende. Molekylene i varm gass kan for eksempel omorganiseres på mange ulike måter uten at temperaturen og trykket endres. Det betyr at gassen er et høyentropisk system. Vi kan derimot ikke omorganisere molekylene i noe levende i særlig grad uten å gjøre det til noe som ikke lever, og det betyr at menneskene er laventropiske systemer.

Ut fra den samme logikken er intethet den høyeste entropiske tilstanden som finnes. Den kan man omorganisere så mye man vil uten at den ser ut som noe annet enn intethet.

Med tanke på denne hovedsetningen er det van-

Big Bang eller kjempehopp: begynnelsen på alt, eller tilbakevendingen til et tidligere univers?

skelig å forstå hvordan ingenting kan bli til noe – ja, til et helt univers. Men entropien er bare en del av historien. Den andre delen er en kvalitet fysikerne kaller symmetri, men som ikke er helt det samme som hverdagssymmetrien vi forbinder med former. For fysikere er noe symmetrisk hvis det finnes noe man kan gjøre med det for å få det til å se likt ut etter at man er ferdig med å gjøre det. Ifølge denne definisjonen er intethet fullstendig symmetrisk: Man kan gjøre hva man vil med den uten at den blir noe annet enn intethet.

Fysikerne har lært at symmetrier er til for å brytes, og når de brytes, har de stor påvirkningskraft på universet.

Kvanteteorien forteller oss at tomhet ikke finnes. Tomhetens perfekte symmetri er for perfekt til å kunne vare, og blir brutt av forstyrrende partikler som kommer og går.

Det fører til den teoretiske konklusjonen at noe, til tross for entropien, er mer naturlig enn ingenting. I den forstand er alt i universet bare eksitasjoner av kvantevakuumet (atomer bringes over i en mer energirik tilstand).

Kan noe lignende forklare selve universets opprinnelse? Ja, ganske sannsynlig. Big Bang var kanskje bare intethet med helt naturlige kvantefluktuasjoner som utløste skapelsen av et helt univers.

Utenfor rom og tid

Dette reiser selvfølgelig spørsmålet om hva som var før Big Bang, og hvor lenge det var slik, men på dette punktet er vanlige konsepter som «før» meningsløse.

Det reiser også et enda vanskeligere spørsmål. Denne forståelsen av skapelsen forutsetter at de fysiske lovene er korrekte, og innebærer også at lovene må ha eksistert før universet gjorde det.

Hvordan kan fysiske lover eksistere utenfor rom og tid og uten et eget formål? Eller, for å si det på en annen måte, hvorfor finnes det noe og ikke ingenting?

Hvorfor skinner stjernene?

Når du ser på nattehimlen, ser du tilbake i tid.

Lyset fra Sirius A, som er den klareste stjernen, bruker omtrent åtte og et halvt år på å bevege seg gjennom det interstellare rommet til Jorden. Den stjernen som ligger lengst unna av dem vi kan se med det blotte øye, Deneb, er omtrent 2600 lysår unna. For alt vi vet, eksisterer kanskje ingen av dem lenger.

Hvis vi ser lenger ut, ser vi enda lenger tilbake i tid. I 2012 publiserte romteleskopet Hubble bildet eXtreme Deep Field, som ble lagd ved å samle det svake lyset fra en liten del av himmelen i 23 døgn. Det ble koblet til fjernliggende galakser, noen av dem så langt unna at lyset fra dem ble sendt ut da universet var bare en halv milliard år gammelt.

Bildet bekreftet det astronomene lenge hadde hatt mistanke om: Universet er omtrent likt i alle retninger og domineres av stjerner og galakser ikke ulike våre egne. Men hvis Hubble hadde kunnet kikke enda dypere inn i fortiden, ville den se et helt annerledes univers.

Det råder nå alminnelig enighet om at universet begynte som en ufattelig liten, varm, tett ildkule av materie og energi. Dette universet hadde verken stjerner eller galakser. De kom ikke før etter over ytterligere 500 millioner år.

Den eldste galaksen vi kjenner til, er EGSY8p7, som

ble født omtrent 600 millioner år etter Big Bang. En halv milliard år senere var universet fullt av galakser, hver med flere hundre milliarder stjerner. Hvordan kunne det gå fra den ene ytterligheten til den andre?

For å svare på det spørsmålet må vi gå veldig langt tilbake i tid, til bare 3×10^{-44} sekunder etter Big Bang. Dette var starten på inflasjonen, et brøkdels millisekund da universet utvidet seg eksponentielt.

Blåst opp som en ballong

Inflasjon forvandlet universet fra en frådende, grumsete knute av materie og energi til noe mye jevnere og mer uniformt, omtrent som når man blåser opp en krøllete ballong, men det gjorde ikke universet helt konformt: Det var ørsmå variasjoner fra sted til sted, de utstrakte restene av kvantefluktuasjoner som hadde forårsaket Big Bang. Da inflasjonen var over, fortsatte universet å utvide seg, bare mye saktere, og strakte ut variasjonene enda mer. Dette var frøene til fremveksten av stjerner og galakser.

Det er observasjoner av den kosmiske bakgrunnsstrålingen som gjør at vi kjenner til dem, et svakt skimmer av mikrobølger som gjennomsyrrer hele rommet og ofte kalles «ettergløden» etter Big Bang. Til å begynne med så det ut til at den kosmiske bakgrunns-

strålingen hadde samme temperatur overalt: iskalde $2,7 \text{ °C}$ over det absolutte nullpunktet. Men i 1992 kartla NASA-satellitten Cosmic Background Explorer (COBE) den i detalj og avdekket områder med litt lavere eller litt høyere gjennomsnittstemperatur.

Forskjellene er ørsmå – bare noen hundretusendels – men de er der.

De kalde feltene samsvarer med områder i det tidlige universet som inneholdt mer materie – først og fremst hydrogen og helium – og derfor hadde litt større tetthet enn vanlig. Tyngdekraften gjorde resten og klumpet gradvis denne materien sammen til større og tettere klumper som etter hvert ble så store og fikk så stor tetthet at det ble utløst kjernereaksjoner. Slik ble stjernene født.

Det er også tyngdekraften som har ført til dannelsen av stjernehopene vi kaller galakser, og hopene av galakser som kalles ... eh, galaksehoper. De siste kan ha en fysisk bredde på over 100 millioner lysår.

Vår egen galakse ble dannet slik, og prosessen fortsetter. Melkeveien vokser for eksempel sammen med to nærliggende satellittgalakser, den lille og den store magellanske skyen, og suger også inn gass fra rommet. Melkeveien er allerede en diger galakse som er mye større og klarere enn de fleste andre, og kommer etter hvert til å bli enda større og mektigere ved å forenes med en annen nærliggende galakse, Andromeda.

Stjernedannelsene fortsetter også i tette områder med interstellart støv som blir en slags «fødestuer» for stjerner.

Romteleskopet Hubble har oppfanget dramatiske bilder av store søyler av gass og støv der nyfødte stjerner kommer frem fra skyene, ferdig utstyrt med protoplanetariske skiver som etter hvert vil danne grunnlaget for solsystemer. Alt i alt avler Melkeveien omtrent ti stjerner i året.

Selv om alle stjerner blir født på samme måte, er de svært forskjellige. Noen er klare, andre svake; noen er

blå, andre er hvite, gule, oransje eller røde. Noen er enorme, andre knøttsmå.

Lev hardt, dø ung

Ulikhetene skyldes tilfeldige variasjoner i masse. Omtrent 90 prosent av stjernene er hovedsekvensstjerner, og alle gjør det samme: De knuser hydrogenkjerner sammen i midten og danner heliumkjerner i en fusjonsprosess. Jo større masse en stjerne har, desto varmere er den i midten, og desto raskere vil hydrogenet smelte – og desto mer lyssterk blir stjernen. En stjerne blir blåere jo mer lyssterk den er.

Stjernens masse dikterer også hvor lenge den vil leve. Selv om mer massive stjerner har mer drivstoff å forbrenne, forbrenner de det mye raskere og dør tidligere. De mest massive stjernene bruker opp hydrogenet på noen få millioner år. Solen derimot, har brent i 4,6 milliarder år og kommer til å fortsette med det i mange milliarder år til.

Alle hovedsekvensstjerner bruker før eller senere opp alt hydrogenet i midten. Da vil de begynne å forbrenne hydrogenet utenfor midten samtidig som de utvider seg og kjøles ned. En stjerne i et slikt stadium er en kjempe eller en superkjempe.

Disse enormt store stjernene lever kortvarige, men dramatiske liv. De begynner å fusjonere helium, karbon, neon, oksygen, silikon og svovel. De siste to kan fusjonere til jern, men jern fusjonerer ikke til tyngre stoffer, og på dette tidspunktet er stjernen dømt til å eksplodere som en supernova. Etterpå kolliderer restene til en liten kule med stor tetthet og kan bli et svart hull eller en nøytronstjerne.

De minste gigantstjernene eksploderer ikke, men reduseres langsomt til varme skygger med stor tetthet som kalles hvite dverger. Hvis det går lang nok tid, blekner de hvite spøkelsene helt og blir svarte dverger.

Men det skjer ikke ennå, for universet er ikke gammelt nok.

Det finnes tre hovedtyper galakser

Elliptisk

Spiral

Bygd av et svart hull

De fleste tenker på galakser som noe som gradvis vokser sammen under påvirkning av tyngdekraften, men det finnes en alternativ og langt mer dramatisk mulighet. De kan bli til på et blunk fordi høyenergiske strømmer av materie braser inn i gasskyer. Strømmene slippes ut fra kvasarer, ekstremt lyssterke himmellegemer som vi tror får energi fra supermassive svarte hull. Hvis dette er riktig, betyr det at de supermassive svarte hullene som finnes innerst i de fleste galakser, skaper sine egne omgivelser og ikke er produkter av dem.

Stavspiral

Blinke, blinke

Hvis du merker av stjerner etter lysstyrke og farge, trer det frem et mønster. De er ikke strødd tilfeldig utover, men danner tre klumper som forteller oss mye om stjernenes liv og hvordan de utvikler seg.

Stjerner karakteriseres ved to parametere som er synlig gjennom teleskop: **lysstyrke og farge**. For det blotte øye virker de som regel hvite eller gule, men egentlig kan de være alt fra blå til mørkerøde

1. Hovedserien

Nitti prosent av stjernene er på dette båndet. De er unge stjerner som gjør det unge stjerner gjør: fusjonerer hydrogenkjerner til heliumkjerner i midten av stjernen. De mest massive stjernene er øverst til venstre, og de minste er nederst til høyre, fordi jo større en stjerne er, desto varmere og klarere er den.

3. Hvite dverger

Gamle stjerner som er ferdige som hovedseriestjerner og kjemper. De er små, har stor tetthet, er varme og er usynlige for det blotte øye. Hvis det går lang nok tid, vil de hvite dvergene blekne helt og bli svarte dverger.

2. Kjemper og superkjemper

De største kjempene blir svarte hull eller nøytronstjerner, men noen dukker opp igjen på diagrammet som hvite dverger

Middelaldrende stjerner som tidligere har vært i hovedserien, men har forbrent alt hydrogenet i midten. Nå forbrenner de hydrogen utenfor kjernen og utvider seg.

Kjemper og superkjemper lever kortvarige, men dramatiske liv. De begynner snart å fusjonere helium, karbon, neon, oksygen, silikon og svovel. De siste to fusjonerer til jern, men jern fusjonerer ikke, og på dette tidspunktet er stjernens liv over, og den eksploderer som en supernova.

10⁻⁵ Solar luminositet

STIGENDE TEMPERATUR

SYNKENDE TEMPERATUR

10⁶ L_☉

10⁵

10⁴

10³

10²

10

1

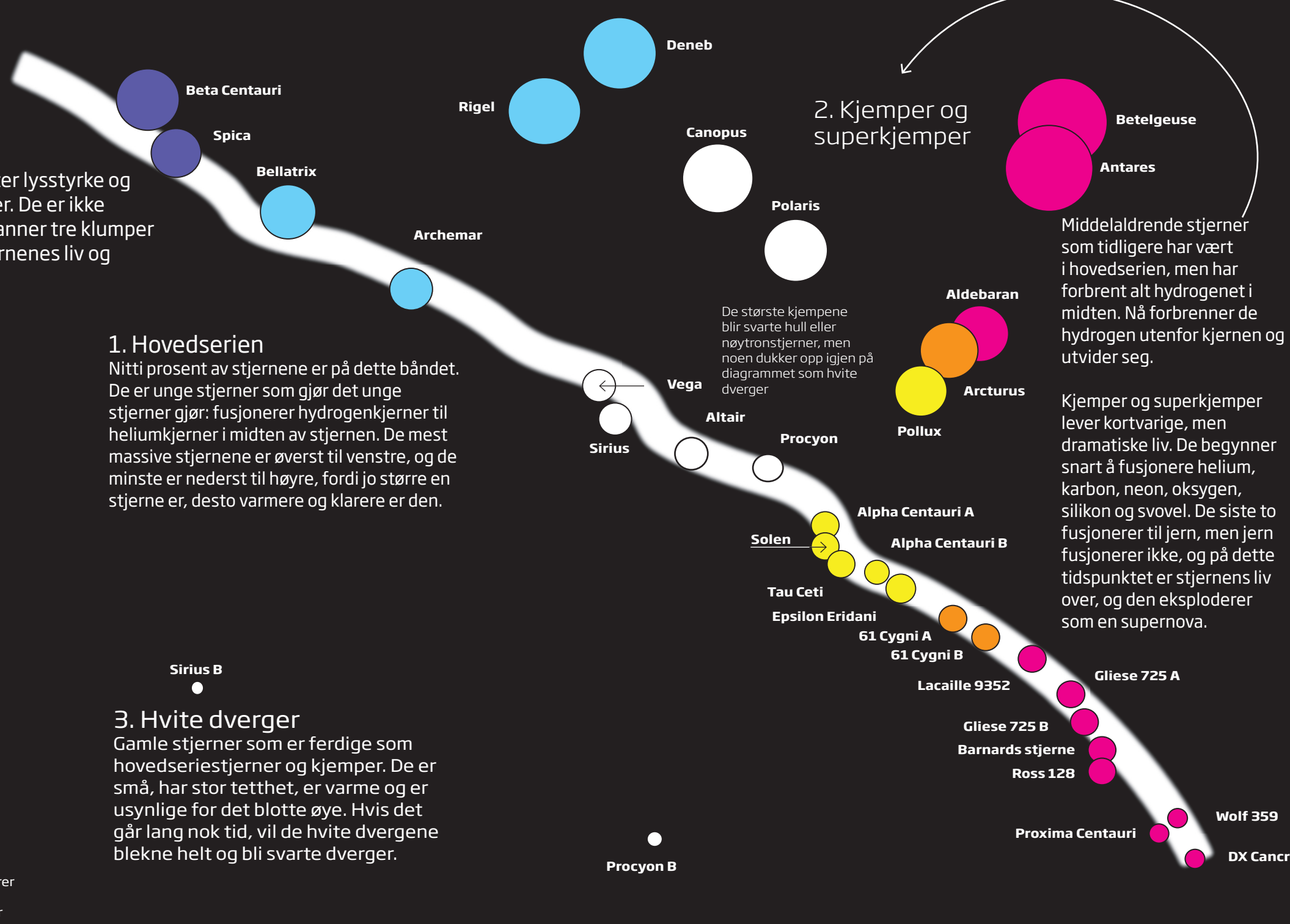
.1

10⁻²

10⁻³

10⁻⁴

10⁻⁵



Lysstyrkeakse
Måles i luminositet (L_☉). 1 enhet defineres som lik solens lysstyrke

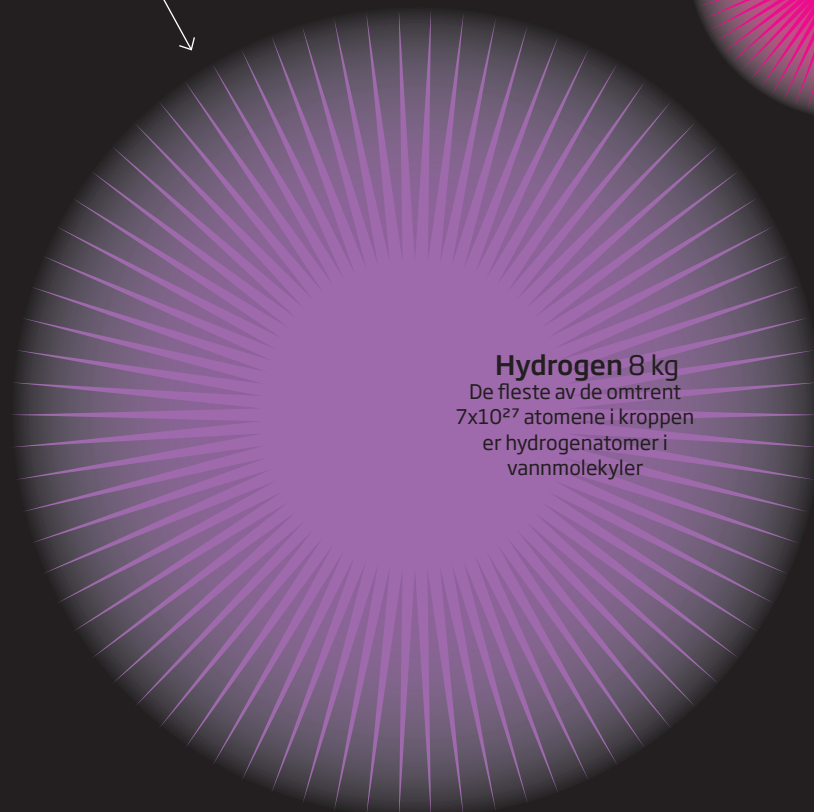
Fargeakse
Representerer temperatur. En stjerne er varmere jo blåere den er

Du er (stort sett) lagd av stjernestøv

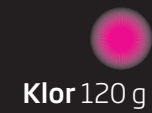
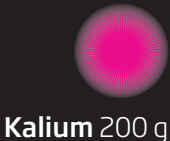
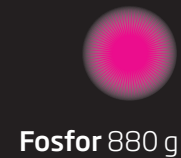
Menneskekroppen består av rundt 20 forskjellige grunnstoffer, og de fleste er dannet i gamle stjerner. Hvis du skulle dekonstruere et menneske på 80 kilo til atomer, ville du få følgende:



Hydrogenatomene i kroppen ble dannet under Big Bang. Alle de andre ble dannet inni en stjerne for lenge siden og ble kastet ut i rommet under en supernovaeksplosjon. Du har kanskje hørt at vi kun består av stjernestøv, men det er ikke helt sant.



12 prosent av kroppens atomer er karbon



Magnesium 40 g
En viktig del av superoksidet dismutase, som er et av de viktigste avgiftningenszymer

Sink 2.6 g
En viktig del av hormonet tyroksin, som produseres i skjoldbruskkjertelen. Det tyngste stoffet som er livsnødvendig for menneskekroppen

Silisium 1.6 g
Den biologiske rollen er ikke bekreftet, men det finnes hovedsakelig i aorta, den store arterien som går ut fra hjertet

Jern 4.8 g
Finnes i hem, som er den delen av hemoglobinmolekylet som transporterer oksygen i de røde blodcellene

Strontium 0.37 g
Finnes nesten bare i skjelettet, der det kan ha en gunstig virkning på vekst og tetthet

Fluor 3.0 g
Styrker tennene, men regnes ikke som livsnødvendig

Kobber 0.08 g
Del av mange enzymer. Kobbermangel gir blod- og nervelidelser

Mangan 0.0136 g

Molybden 0.0104 g

Jod 0.0128 g

De fire grunnstoffene menneskekroppen inneholder mest av - hydrogen, oksygen, karbon og nitrogen - utgjør over 99 prosent av atomene inni deg. De er i hele kroppen, mest i form av vann, men også som deler av biomolekyler som proteiner, fett, DNA og karbohydrater.