

1 Miljard jaar?

De aarde en de zon zijn 4,6 miljard jaar oud; de zon kan 10 miljard jaar oud worden en het heelal is tussen de 10 en 15 miljard jaar oud. Wat kunnen we ons daar bij voorstellen? Men spreekt weleens van “*astronomische*” getallen. Dus laten we even een uitstapje maken naar grote getallen.

We kijken er niet van op, als we in de krant lezen over meevallers van de regering van miljarden gulden. De begroting van het kabinet voor 2001 heeft een totaal aan uitgaven van 362 miljard; de staatsschuld daalt volgens de beleidsvoornemens af tot 499 miljard. Uit de genoemde meevallers wordt aan extra uitgaven 1,5 miljard voor onderwijs en 1,6 miljard voor zorg uitgetrokken. Dat kunnen we ons evenmin voorstellen, dus met evenveel reden zouden we van “*economische*” of “*politieke*” getallen kunnen spreken. Een manier om dat meer aanschouwelijk te maken is door het relatief uit te drukken. Bijvoorbeeld deed mijn krant dat door de staatsschuld uit te drukken als een bedrag per Nederlander van 32,5 duizend gulden.

Ook als we naar bijvoorbeeld electriciteitscentrales kijken krijgen we grote getallen. Zo’n centrale heeft al gauw een vermogen van een miljard Watt (1 GigaWatt of 1000 MegaWatt). Wat betekent dat? Een Watt is een Joule per seconde en een Joule is ongeveer 0,24 calorie. Dus 1 Watt is voldoende vermogen om 0,24 gram water in 1 seconde 1 graad Celsius te verwarmen. Een GigaWatt wil dan zeggen, dat je er 240 duizend liter water in 1 seconde een graad mee kunt verwarmen. Een 240 duizend liter water klinkt als een hoop, maar het is een volume van een kubus met een zijde van maar 6,2 meter!

Kun je een miljard ook aanschouwelijk maken? Ik probeer het op twee manieren. De eerste is een vakantiereis. Ik ben zelf verschillende malen met een caravan achter de auto naar midden Frankrijk gereden. Dat is vanuit mijn woonplaats ongeveer duizend kilometer en daar doe ik twee dagen over. Dus ik kan me die duizend kilometer best invoelen. Ook weet ik heel goed voor te stellen wat een millimeter is. Nu, duizend kilometer is een miljard millimeters.

Een tweede voorbeeld is hartslag. Ik heb zelf van nature een hartslag aan de lage kant van 50 tot 55 per minuut (als ik me niet inspan tenminste). Voor de meesten van ons ligt het in de buurt van 70 of 80. Laten we 60 als een gemiddelde nemen, want dat is precies één hartslag per seconde. Nu heeft een jaar van 365,25 dagen (het gemiddelde na 4 jaar als er ook een schrikkeljaar is geweest) ongeveer 31,6 miljoen seconden. Dus na ruim 31,5 jaar heeft een hart in dat geval een miljard slagen gemaakt. En in een mensenleven van zeg 80 jaar is dat ongeveer 2,5 miljard. We kunnen onze hartslag voorstellen en 30 jaar kan ook nog wel. Nu, dat is dan in hartslagen gemeten een miljard.

Het heeft nooit zin om een getal, groot of klein, zomaar op zich te bekijken. Men spreekt thans veel over een globale opwarming en daarbij gaat het om een graad of zo. Wat betekent dat nu en hoe erg is dat? Het geeft o.a. aanleiding tot een stijging van de zeespiegel, vooral omdat water, net als alle andere stoffen, uitzet als het warmer wordt (de afsmelting van de poolijskappen is waarschijnlijk een kleiner effect). Stel nu, dat al het water in de zeeën en oceanen een graad warmer wordt tot op de grootste diepten (alhoewel dat niet realistisch is). Het wateroppervlak is 2/3 van dat van de aarde ofwel zo’n 340 miljoen vierkante kilometers. De gemiddelde diepte is 5 kilometer, dus we hebben 1,7 miljard kubieke kilometer water. Als nu water een graad warmer wordt, neemt het volume toe met ongeveer 0,01%. Dus komt er 170 duizend kubieke kilometer bij. Als de continenten niet aanzienlijk zouden krimpen betekent dat een zeespiegelstijging van ongeveer 50 centimeter. Dus een graad is veel!

2 De tijd heeft een begin gehad

Als we verderweg kijken in het heelal, kijken we ook terug in de tijd. Dat komt, omdat het licht –maar ook radiostraling en zo– met een eindige snelheid beweegt. Die snelheid is 300 duizend kilometer per seconde. Nu beweegt licht in een rechte lijn, maar als het om de aarde kon bewegen zou dit betekenen, dat het in een seconde zeven en een half keer rondgaat. Dat kun je vergelijken met een vlucht met een vliegtuig. Ik ga regelmatig naar Australië en met de KLM van Amsterdam naar Sydney (nog niet eens half de aarde rond) duurt dat zo'n 21 uur. De snelheid van een vliegtuig ten opzichte van de grond hangt af van de wind (en vooral van de straalstroom, zodat een reis naar het oosten sneller gaat dan naar het westen), maar is gemiddeld zoiets van 900 kilometer per uur. Dat is 250 meter per seconde of een kilometer in 4 seconden! Dus het licht gaat ruim 1,3 miljoen keer sneller dan een Boeing 747. We weten hoe we ons een miljoen moeten voorstellen: een kilometer is een miljoen millimeter.

Het heelal expandeert; dat wil zeggen, dat alles zich van alles verwijderd. Denk daarbij niet aan een oppervlak, want dat is er niet. Als we verderweg kijken in het heelal komt er een punt, waarop we net zover terugkijken als het heelal oud is. Dat is een soort van horizon als we op aarde kennen. Maar het is geen rand; in de loop der tijd komt een groter deel van het heelal binnen die horizon. Je kunt uitrekenen, hoe lang gelden alles bij elkaar was. We weten niet precies of deze uitdijing van het heelal vroeger langzamer of sneller is geweest (tegenwoordig denkt men dat het vroeger langzamer is geweest), maar afhankelijk daarvan is dat 10 tot 15 miljard jaar geleden.

U zult zeggen: maar de aarde wordt toch niet steeds groter en de zon gaat toch niet steeds verder van ons weg? Dat klopt, maar op een echt grote schaal geldt het wel. We leven in een Melkwegstelsel, dat uit honderden miljarden sterren bestaat en de meeste van die sterren zijn net zoiets als onze zon. Dat Melkwegstelsel is heel groot, want het licht doet er zo'n honderd duizend jaar over om van de ene naar de andere kant te gaan. En het is vooral een nogal platte schijf als een dikke pannenkoek. Omdat we daar in zitten (overigens niet in het midden van de pannenkoek, maar wel halverwege of zo van de dikte) zien we al die sterren samen als een lichtende band aan de hemel, die we de Melkweg noemen. In de stad zien we die zelden, maar wel als we op een maanloze nacht ver van alle menselijke verlichting zijn (bijvoorbeeld op vakantie als we een miljard millimeters hebben gereden met onze caravan en auto). En er zijn in het heelal voor zover we kunnen zien nog miljarden andere melkwegstelsels en die verwijderen zich van elkaar.

Men noemt dat begin van de uitdijing van het heelal de “*Oerknal*” of in het Engels de “*Big Bang*”. De vraag zou nu kunnen zijn, wat er *vòòr* die Oerknal was. Nu kun je tijd alleen zinvol definiëren als er iets verandert. We “zien” tijd bijvoorbeeld aan het veranderen van de stand van de wijzers van de klok. En in het heelal zien we zo de tijd “lopen”, omdat alles zich van alles af beweegt. Maar als alles heel erg dicht bij elkaar is, dan kan de expansie niet meer gebruikt worden om tijd te zien. Je kunt niet dicht bij elkaar komen dan op een afstand nul. Misschien klinkt dat voor de hand liggend, maar bedenk u, dat dat net zoiets is als dat er een absoluut nulpunt aan de temperatuur is van 273 graden onder nul. Immers temperatuur betekent beweging en hogere temperatuur snellere beweging. Dus je kunt iets afkoelen en dan gaan de moleculen langzamer bewegen, maar je kunt niet langzamer gaan dan stilstaan.

Dus er is een punt terug in de tijd, dat alles bij elkaar was en verder terug gaan kan dan niet meer. Dus de Oerknal was het begin van de tijd. Wat moet je bedoelen met “daarvoor”? Dat is dus niet zinvol te definiëren. Overigens geldt ook zoiets voor de ruimte, er bestaat geen manier om te zeggen wat je bedoelt met buiten het heelal. Het woord heelal zegt het al; het is alles (heel en al).

Hoe gaat dat nu in je gevoel? Is het tegen je gevoel om van een absoluut begin van alles te spreken? Merkwaaardig genoeg kennelijk niet. Immers de Bijbel begint ook met “*In den beginne ...*”. En zover ik weet is er iets vergelijkbaars in vele andere godsdiensten en mythologieën.

Misschien kun je zeggen, dat er voor dat begin God of Goden waren. Maar er gebeurde in ieder geval niets! Dus kennelijk hebben mensen altijd zonder enige moeite geloofd in een begin van de tijd.

3 Tijd heeft een richting

Merkwaardig: er is een verschil tussen verleden en toekomst. Als je te vroeg op het station komt voor een trein, dan is er niet veel aan de hand, maar als je te laat komt wel. En denk eens aan een kop thee. Als je die laat staan wordt de thee koud (en de lucht in de kamer een klein beetje warmer). Maar het gaat nooit andersom. Er gaat zelfs informatie verloren met de tijd. Want je kunt aan een koude kop thee niet eens zien of die ooit wel warmer is geweest (je neemt het onmiddellijk aan, maar weten doe je het niet). En als die thee ooit warmer is geweest kun je niet eens meer bepalen wanneer en hoeveel warmer. Die informatie is er niet meer.

In de natuurkunde spreekt men dan van een begrip entropie. Dat is zoiets als ongeorganiseerdheid en die neemt als je niets doet altijd toe met de de tijd. Een warme kop thee in een kamer vergt meer organisatie dan een kop thee, die dezelfde temperatuur heeft als de lucht. Het is ook veel moeilijker om iets op te bouwen dan iets af te breken. Het wordt vanzelf een rotzooi, opruimen (en dus meer organisatie aanbrengen) kost moeite.

Interessant genoeg verandert in onze herinnering het verleden. De Brits-Amerikaanse natuurkundige Freeman Dyson beschrijft het volgende. Als jongeman ging hij naar de V.S. en schreef daarvandaan regelmatig naar zijn ouders in Engeland. Na hun dood vond hij al zijn brieven weer terug in hun nalatenschap. Hij merkte ervan op, dat toen hij die brieven herlas er zaken in voorkwamen, die kennelijk toen van groot belang voor hem waren, maar die hij zich nu nauwelijks kon herinneren. Sterker nog, er waren gebeurtenissen, die hij zich levendig herinnerde, maar die helemaal niet gebeurd bleken te zijn. Zelfs het verleden ligt niet vast.

Er is verder nog iets merkwaardigs. Het is gebleken, dat het onmogelijk is om bijvoorbeeld het weer op een termijn van langer dan een paar weken nauwkeurig te voorspellen en op een termijn van een paar maanden lukt het zelfs niet echt meer in grote lijnen. Nou ja, we weten, dat het na de winter weer lente en zomer wordt, maar over of het een mooie lente of zomer wordt kun je alleen statistisch iets zeggen. Dat komt, omdat je om toekomstig weer uit te rekenen op dit moment alles oneindig nauwkeurig moet weten en dat blijkt ook fundamenteel onmogelijk te zijn. Van een atoomdeeltje kun je volgens het zogenaamde onzekerheidsprincipe van Heisenberg niet tegelijk de plek en de snelheid onbepaald nauwkeurig bepalen. Dus het weer (en in het algemeen de toekomst) is niet te voorspellen.

Dat is naar mijn gevoel maar goed ook. Want anders zou de toekomst al vast moeten staan. Ik weet wel, dat er zaken zijn, waarop ik geen invloed heb, maar ik heb wel de mogelijkheid zelf te bepalen hoe ik daarmee omga. En dat is niet ergens al vastgelegd. Van elke dag kan ikzelf bepalen wat ik er met wat er op me afkomt van maak. Stelt u zich eens voor, dat dat niet zo zou zijn.

4 Tijd heeft geen eind

De tijd en het heelal hebben een begin gehad. Maar zal er ook een einde zijn? Vroeger is wel gedacht, dat de onderlinge aantrekking van al die melkwegstelsels op elkaar de expansie van het heelal zou stoppen en dat het dan weer zou inkrimpen tot een "*Big Crunch*". Dan zou er een einde aan de tijd komen. Maar huidige inzichten geven aan, dat die aantrekking niet genoeg is en zelfs dat er om nog te verklaren redenen zelfs een versnelling van de kosmische expansie lijkt te zijn. Hoe dan ook, de tijd zal nooit stoppen.

Wel zal er een eind komen aan de aarde. Want de zon heeft na ongeveer 10 miljard jaar al

haar brandstof opgebruikt om te stralen. De zon is in haar centrum een soort van gecontroleerde waterstofbom. Ze bestaat voor driekwart uit waterstof en door de hoge temperaturen in de centrale delen treden daar kernreacties op, waarbij het waterstof wordt omgezet in helium. Maar na 10 miljard jaar is het op. De zon zal dan na een opleving, die kort duurt en waarbij enige andere, hier niet belangrijke dingen gebeuren, uitdoven. En de aarde zal dit waarschijnlijk niet overleven. Aan het leven op aarde komt dus wel een einde, tenzij we ons weten te verplaatsen naar een planeet om een andere ster. Dat kunnen we nu niet natuurlijk, maar er is nog ruim 5 miljard jaar om daarover na te denken. Toch zal ook dat niet helpen, want alle sterren komen aan hun eind en ook het gas, waaruit nieuwe sterren vormen, zal op een keer op zijn. Misschien de moeite waard om hier eens over na te denken.

Gevoelsmatig hebben we veel meer moeite met een eind aan de tijd dan aan een begin. En dat ondanks dat we vinden dat alles een doel moet hebben. Maar als dat doel nu is bereikt? Ik geloof eigenlijk, dat we altijd onderweg zijn. Tenslotte, als ik een doel op een of andere manier in mijn leven bereikt heb, stel ik me gewoon weer een ander doel. Toch ben ik daar ambivalent in. Ik houd niet van afscheid nemen. Een Frans spreekwoord zegt zo treffend, dat uit elkaar gaan een beetje sterven is. Ook herken ik de neiging in mezelf, dat we wel bereid zijn om naar nieuw terrein te trekken, maar dan wel alles willen meenemen. Bij een verhuizing vinden we wel onuitgepakte dozen van een vorige verhuizing.

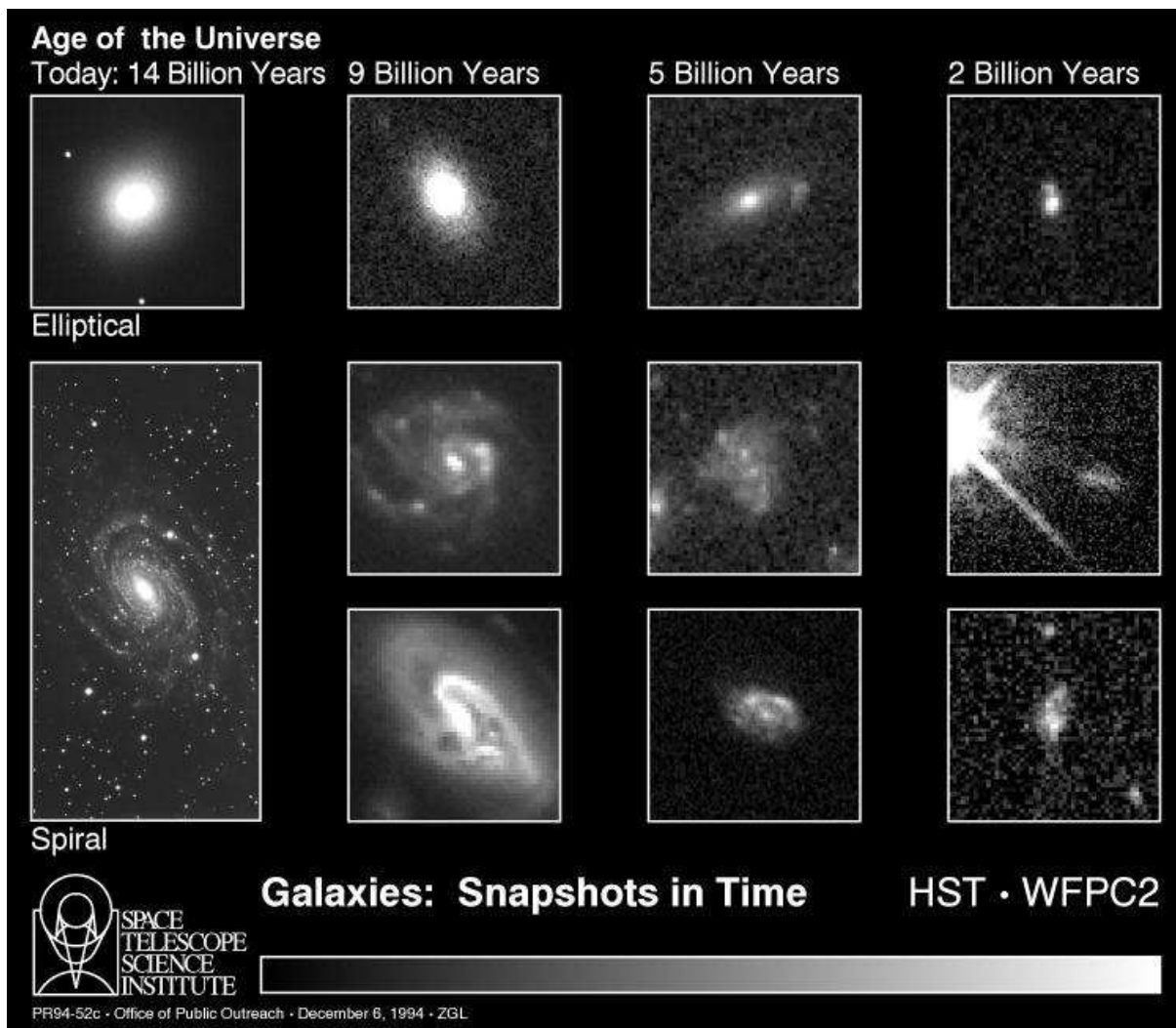
In een lied, waarvan naar ik meen de tekst van Bilderdijk komt, staat: *“Alles woelt hier om verandering en betreurt die dag aan dag; hunkert naar hetgeen hij zien zal, wenst terug wat hij eens zag”*. Je moet gewoon met de tijd meegaan en achterlaten wat niet meer bruikbaar is. Ik denk, dat het van belang is –en in zekere zin ook een doel kan zijn– om onderweg te zijn. Vraag je niet teveel af, wat het *uiteindelijk* doel is. Ik kan het u in ieder geval niet vertellen. Maar wel, dat elke nieuwe dag, die op de kalender staat, weer een uitdaging is om meer medemenselijkheid in de samenleving te brengen met mijn aanwezigheid.

5 Terugkijken in de tijd

In veel science-fiction literatuur speelt reizen in de tijd een belangrijke rol. Mijn grote favorieten in de wetenschap zijn Pythagoras en Johannes Kepler (het voert te ver om uit te leggen waarom) en ik zou ze best wel eens aan het werk willen zien. Maar in die zin kan dat niet. In een eerdere paragraaf schreef ik al, dat zelfs zulke informatie voor een belangrijk deel verloren is gegaan en niet meer terug te vinden valt. Toch kunnen we in de sterrenkunde wel terugkijken in de tijd. Als we naar melkwegstelsels kijken, die heel verweg staan, zien we ze in een veel vroeger stadium in hun evolutie. Dat is eigenlijk heel opmerkelijk, want u zult zich misschien afvragen, waarom al die informatie niet verloren is gegaan. Is dat niet in strijd met wat ik eerder heb gezegd over entropie?

Nu, we kunnen zulke verwegliggende en veel jongere melkwegstelsels wel zien, maar nooit met het detail waarmee we ze zien als ze dichterbij zijn. Dus onze kennis over dat verleden zal altijd onvolledig blijven. Het is toch wel de moeite waard om daarbij ook eens stil te staan. Over de toekomst weten we niet veel, het staat zelfs niet eens vast. Maar over het verleden blijft ook niet alles over. Net als bij onszelf. Een collega zei eens, toen hij het had over wat je van het verleden moet overhouden: “Vergeet het verleden, maar niet de lessen, die het je geleerd heeft”. Geen slechte raad.

Toen ik nog op de lagere school zat (dus wat nu het basisonderwijs heet), hoorde ik van het verhaal van Faust. Dit is vooral bekend geworden door de schrijver Goethe (geschreven rond 1775), maar is naar alle waarschijnlijkheid gebaseerd op een echte persoon, ene Doctor Johannes Faust (ongeveer 1480 tot 1540) in Duitsland, die aan magie deed. Hij verkocht zijn ziel aan de duivel en mocht dan zeven wensen doen. Mijn onmiddellijke reactie was toen, dat mijn eerste wens zou zijn om er oneindig veel te mogen doen. Dat zou ik nog steeds doen, maar ik denk,

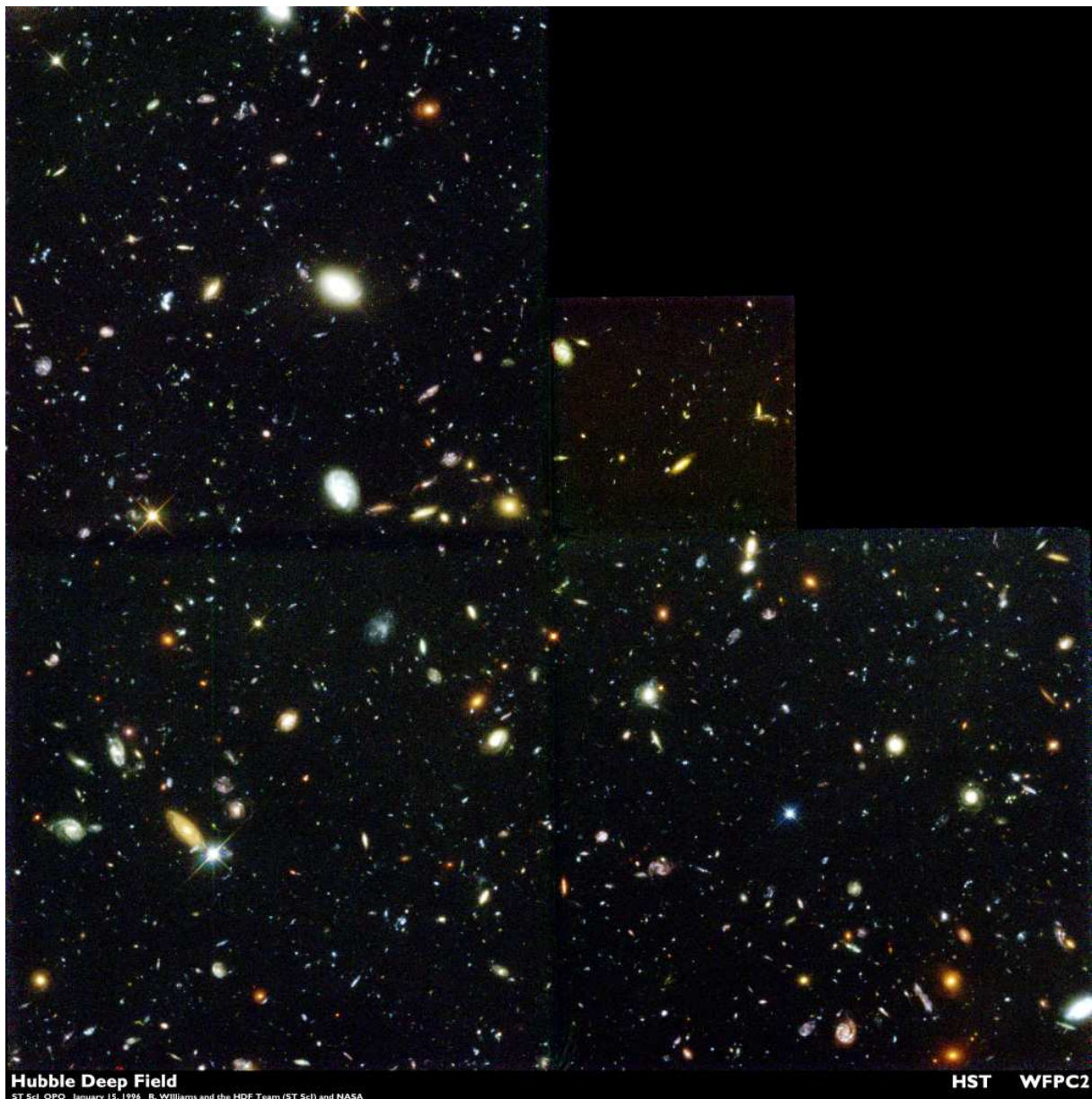


Figuur 1: We leven in een melkwegstelsel, dat er in grote lijnen uitziet als de onderste links. Het is een zogenaamd spiraalstelsel. Voor de duidelijkheid is in deze figuur de leeftijd van het heelal op 14 miljard jaar gesteld. Naar rechts zien we opnamen van melkwegstelsels toen het heelal veel jonger was met 2 miljard jaar helemaal rechts. De stelsels waren toen kennelijk veel minder regelmatig. Men denkt, dat dit komt, omdat ze toen nog vormden uit botsingen en samensmelting van kleinere stelseltjes. We zien dit hier gebeuren door met de Hubble Space Telescope zwakkere en zwakkere stelsels te bekijken en zo zien we aan de verandering van de stelsels de kosmische tijd lopen. (Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA, on behalf of NASA and ESA)

dat mijn tweede zou zijn om het verleden in meer details te kunnen zien. Ik denk niet, dat ik zou wensen in de toekomst te kunnen kijken. Eigenlijk lijkt me dat niet eens interessant.

6 Tijd is relatief

Tijd is relatief in de zin, dat als je ergens op wacht de tijd heel langzaam gaat en als je iets fijns beleeft snel. Einstein heeft ons daar in de natuurkunde veel over geleerd. Hij heeft relativiteit uitgelegd met op het volgende te wijzen: *“Als je je hand een minuut op een hete kachel legt, lijkt het een uur; als je een uur met een mooie vrouw verkeert, lijkt het een minuut.”* In de (speciale)



Figuur 2: Dit is de diepste “foto” van het heelal. Het is een klein gebied aan de hemel met een “oppervlak” van een dertigste van dat van de volle maan. Hiervoor heeft men de Hubble Space Telescope eind 1995 voor een periode van 10 dagen alleen naar dit gebied laten “kijken” en zo zeer zwakke melkwegstelsels zichtbaar gemaakt. Maar we kijken natuurlijk ook hier terug in de tijd. In dit hele kleine gebiedje aan de hemel zien we al honderden stelseljes, de allerzwaksten op een moment toen het heelal ongeveer een tiende van de huidige leeftijd had. (Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA, on behalf of NASA and ESA)

relativiteitstheorie heeft Einstein gevonden, dat als je met een hoge snelheid beweegt –maar dan wel een aanzienlijke fractie van de lichtsnelheid– de tijd merkbaar langzamer gaat lopen. Dus als zo de helft van een tweeling naar een andere ster gaat en terugkomt, is die beduidend jonger dan zijn/haar op aarde achtergebleven broer of zus. Dit valt niet voor te stellen, maar is wel in het laboratorium met behulp van zeer snel bewegende radioactieve atomen geverifieerd.

Dus eigenlijk is tijd niet alleen onbeïnvloedbaar in de zin dat de klok onherroepelijk doortikt en we met elke verjaardag een jaar ouder worden, maar het heeft ook iets ongrijpbaars. Dus



Figuur 3: Hier zien we supernova 1987A in een begeleidend stelseltje (de zogenaamde Grote Magelhaense Wolk) van ons eigen Melkwegstelsel. Het is alleen op het zuidelijk halfrond zichtbaar. Op 23 februari 1987 zagen we daar de ontploffing van een ster; dit was met het blote oog zichtbaar. Links zien we de supernova; rechts een oudere opname, waarin een pijl wijst op de ster voor de ontploffing. Bij zo'n supernova explosie treden veel kernreacties op, waardoor de chemische elementen worden gevormd, waar wij mensen uit bestaan (zoals met name koolstof en zuurstof). Dat wordt dan de ruimte in geslingerd, zodat het gas, waaruit bijvoorbeeld onze aarde en zon zijn gevormd zulke elementen bevat en waardoor het ontstaan van leven mogelijk wordt. (Mount Stromlo and Siding Spring Observatories en Anglo-Australian Observatory, Australia)

laten we het maar houden bij de zin *“Ik wil m'n uren goed gebruiken”*. Eigenlijk zou ik het ook als volgt kunnen zeggen. Een jaar van 365 dagen heeft 31 miljoen 536 duizend seconden en elke seconde is er één, waarbij we de keuze hebben om er iets zinvol in te doen.

P.C. van der Kruit