

# Big history

A silhouette of a person sitting on a grassy hill, looking up at a vibrant, multi-colored galaxy (red, orange, yellow, green, blue) against a dark starry night sky. The person is in the lower-left foreground, and the galaxy is the central focus of the background.

**Dr H.P. Wagner (ed.)**

Pieter Groen college, Katwijk (ZH)

Geinspireerd op het originele Big History Project door **Prof. Dr David Christian**  
(<https://course.bighistoryproject.com/bhplive>)

## Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b> .....	1	3.3.1. De steenplaneten (silicaatplaneten) .....	51
0.1. Welkom bij het Big history Project .....	4	3.3.1.1. Mercurius .....	52
0.1.1. Algemene Natuurwetenschappen .....	4	3.3.1.2. Venus .....	52
0.1.2. Pieter Groen Academie .....	4	3.3.1.3. Aarde .....	52
0.2. Wat is het Big history project .....	4	3.3.1.4. Mars .....	53
0.3. Belangrijke begrippen in Big history .....	7	3.3.2. De gasreuzen .....	54
0.3.1. Origin stories .....	7	3.3.2.1. Jupiter .....	54
0.3.2. Ingrediënten .....	7	3.3.2.2. Saturnus .....	54
0.3.3. Goldilocks voorwaarden .....	7	3.3.3. De ijsreuzen .....	54
0.3.4. Stappen van toenemende complexiteit .....	8	3.3.2.3. Uranus .....	54
0.4. Schalen die je pet te boven gaan .....	8	3.3.2.4. Neptunus .....	55
0.5. Wat is waar.....	9	3.3.4. Overige hemellichamen .....	56
0.6. Entropie en complexiteit .....	10	3.3.4.1. “Dwergpaneten” .....	56
<b>Stap 1. Het verhaal begint....</b> .....	14	3.3.4.2. Planetoïden .....	56
1.1. Inleiding .....	15	3.3.4.3. Kometen .....	57
1.2. Een kijkje in het verleden .....	19	3.3.4.4. Meteoren en meteorieten .....	57
1.3. Tijd en relativiteit .....	21	<b>3.4. De Maan en haar invloed op de Aarde</b> .....	58
1.4. De Big Bang theorie .....	23	3.4.1. De Maan .....	58
1.5. Falsificeerbaarheid .....	27	3.4.2. Eb en Vloed .....	60
<b>Stap 2. Elementen en sterren</b> .....	29	<b>3.5. De invloed van de Zon op de Aarde</b> .....	60
2.1. De vorming van sterren .....	30	3.5.1. De seizoenen .....	60
2.1.1. Materie maakt het verschil .....	30	3.5.2. Positiebepaling .....	62
2.1.2. Stephen Hawking – A Briefer history of Time .....	32	3.5.2.1. Breedtegraadbepaling .....	62
2.2. Soorten sterren .....	33	3.5.2.2. Lengtegraadbepaling .....	63
2.3. Het einde van sterren, een nieuw begin voor elementen .....	37	<b>3.6. Onze aarde, thuisbasis van het leven</b> .....	65
2.4. De overige 72 elementen .....	40	3.6.1. Hoe ontwikkelde onze planeet zich? .....	65
2.5. Het periodiek systeem der elementen .....	43	3.6.2. Aardkorst en de continenten .....	65
2.6. Moleculen .....	46	3.6.3. De atmosfeer .....	66
<b>Stap 3. Ons zonnestelsel en de Aarde</b> .....	48	<b>Stap 4. Biodiversiteit</b> .....	68
3.1. De vorming van ons zonnestelsel .....	49	4.1. Wat is leven .....	69
3.2. De grootte van ons zonnestelsel .....	50	4.2. Hoe begon het leven .....	70
3.3. De planeten .....	51	4.2.1. Hoe ontwikkelde het leven zich verder? .....	72

4.3. Gemeenschappelijke voorouders .....	74	<b>Stap 6 Landbouw</b> .....	103
4.4. Hoe oud zijn fossielen? .....	74	6.1. Inleiding .....	104
4.4.1. Absolute datering .....	74	6.2. Een nieuwe manier van leven .....	107
4.4.2. Relatieve datering .....	75	6.3. Cultiveren .....	107
4.5. Het belang van DNA .....	76	6.3.1. Veredelen en gericht kruisen .....	107
4.5.1. De samenstelling van DNA .....	77	6.3.2. Landschapsverandering .....	108
4.5.2. Wat doet DNA? .....	77	6.4. Het ontwikkelen van beschaving .....	108
4.6. RNA .....	78	6.5. Uitbreiding en uitwisseling .....	110
4.6.1. mRNA .....	79	6.5.1. Het Malthusiaans plafond .....	112
4.6.2. tRNA .....	79	6.5.2. De verspreiding van ziektes .....	113
4.6.3. rRNA .....	79	6.5.3. Moderne landbouw .....	114
4.7. De evolutietheorie .....	80	<b>Stap 7 Moderne revolutie</b> .....	116
4.7.1. Lamarckisme .....	81	7.1. Hoe de moderne wereld ontstond .....	117
4.7.2. Darwinisme .....	81	7.1.1. Innovaties .....	120
4.7.3. Erfelijkheidswetten .....	83	7.1.2. Nieuwe brandstoffen .....	121
4.7.4. Mutatietheorie van Morgan .....	83	7.2. Het Anthropoceen .....	123
4.7.5. Neodarwinisme, de moderne evolutieleer .....	85	7.3. Op naar de toekomst .....	124
<b>Stap 5 Collectief leren</b> .....	86	7.4. Duurzaamheid .....	125
5.1. Inleiding .....	87	7.4.1. Afval .....	125
5.2. Het ontstaan van de mens .....	87	7.4.2. Landbouw .....	126
5.3. Soorten mensen .....	89	7.4.3. Milieu .....	128
5.4. Wat maakt ons uniek? .....	91	7.4.4. Energie .....	128
5.5. Collectief leren .....	95	7.4.5. Infrastructuur .....	129
5.5.1. Sociale Psychologie .....	97	7.4.6. Huizenbouw .....	129
5.5.2. Conformereren .....	98	7.5. Tot slot .....	130
5.5.3. Het bystander-effect .....	98	<b>Bronnen</b> .....	131
5.5.4. Persoonlijke afstand .....	99		
5.5.5. Stereotypen .....	100		
5.5.6. Tot slot .....	101		

# INLEIDING

LES 1:

## 0.1. Welkom bij het Big history project

### 0.1.1. ANW

Algemene Natuurwetenschappen (ANW) is een schoolvak dat tot doel heeft leerlingen enthousiast te maken voor natuurwetenschap. Op het Pieter Groen maakt Algemene Natuurwetenschappen deel uit van het examencurriculum in de bovenbouw van het vwo.

Bij ANW staan er vijf vragen centraal, “de 5 Anw-vragen”:

1. Hoe ontstaat natuurwetenschappelijke kennis?
2. Hoe weet je wat waar is?
3. Hoe pas je natuurwetenschappelijke kennis toe?
4. Hoe beïnvloeden natuurwetenschap, techniek en samenleving elkaar?
5. Wat is jouw mening?

### 0.1.2. Pieter Groen Academie

Pieter Groen Academie heeft tot doel leerlingen kennis te laten maken met wetenschap op een uitdagende manier. In de onderbouw werkten jullie in modules van enkele weken, waarin afgewisseld werd tussen de alfa-, bèta- en

gammawetenschappen en filosofie. Binnen zo’n blok deed je een eigen onderzoek wat hoorde bij de betreffende discipline.

In het vierde leerjaar van de bovenbouw hebben we ervoor gekozen om één module te geven, dat een heel jaar duurt en waarin alle disciplines samenkomen: het Big history project.

Stonden zelf onderzoekjes opzetten en uitvoeren centraal in de onderbouw, middels deze module willen we jullie eerst kennis laten maken met onderzoek in een breder perspectief en kritisch tegenover onderzoek staan. In 5vwo gaan jullie beginnen met jullie Profielwerkstuk (PWS) waarbij jullie de opgedane kennis en ervaring gaan toepassen. De variatie aan onderwerpen en onderzoekjes waarin je tijdens deze module kennis maakt kan jullie inspireren voor jullie profielwerkstuk.

## 0.2 Wat is het Big history project

Het Big history project is een module die het verhaal verteld van de Big Bang tot en met nu. Hiermee is deze module ambitieuzer dan welk vak dan ook dat je hier op school volgt. Omdat het ontzettend veel tijd omvat om het verhaal van het Universum en zo veel onderwerpen te vertellen vraagt deze module een andere benadering dan

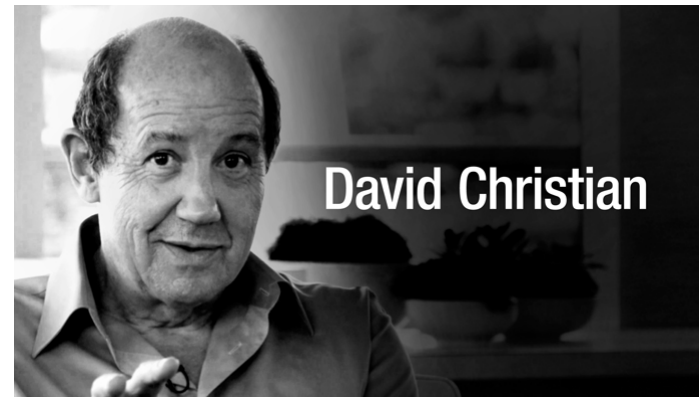
andere vakken die je kent. Als dit verhaal alleen verteld zou worden door bijvoorbeeld een geschiedkundige zou dit verhaal bij lange na niet zo interessant en diepgaand zijn dan wanneer de kennis van onderzoekers van diverse vakgebieden bij elkaar komen. In Big history wordt van je gevraagd na te denken over zowel natuurkunde, sterrenkunde, scheikunde, geologie, biologie, antropologie als geschiedenis. Een dergelijke benadering wordt interdisciplinair genoemd. Je zult merken dat wanneer je vanuit het perspectief van meerdere vakgebieden een antwoord zoekt op een vraag, je een ongetwijfeld veel interessanter antwoord krijgt.

Zoals gezegd is Big history dus een verhaal dat een moderne ontstaansgeschiedenis verteld. Het is een groot verhaal dat helpt uit te leggen hoe alles is zoals het is, hoe wij daarin passen en waar het toe kan leiden. David Christian is de bedenker van Big history. Hij bedacht in 1989 de 8 thresholds (hier “stappen” genoemd) om zo 13,7 miljard jaar geschiedenis te bestuderen.

Sinds 1994 wordt Big history ook als cursus gegeven op de Universiteit van Amsterdam en sinds 2012 is er een versie voor WON ontwikkeld door Constance van Hall van het A. Roland Holst college in Hilversum en zijn we een jaar later begonnen op het Pieter Groen met onze eigen versie, die geïnspireerd is op de voorgaande versies en waarbij het

origineel als uitgangspunt genomen is, aangevuld met de leerdoelen die de wetgeving stelt aan het vak ANW.

In onze eigen bewerking van Big history die voor je ligt, worden de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> “threshold” gecombineerd, zodat er uiteindelijk 7 stappen genomen worden in dit verhaal.



*Afb. 0.1. Prof. David Christian, de bedenker van Big History*

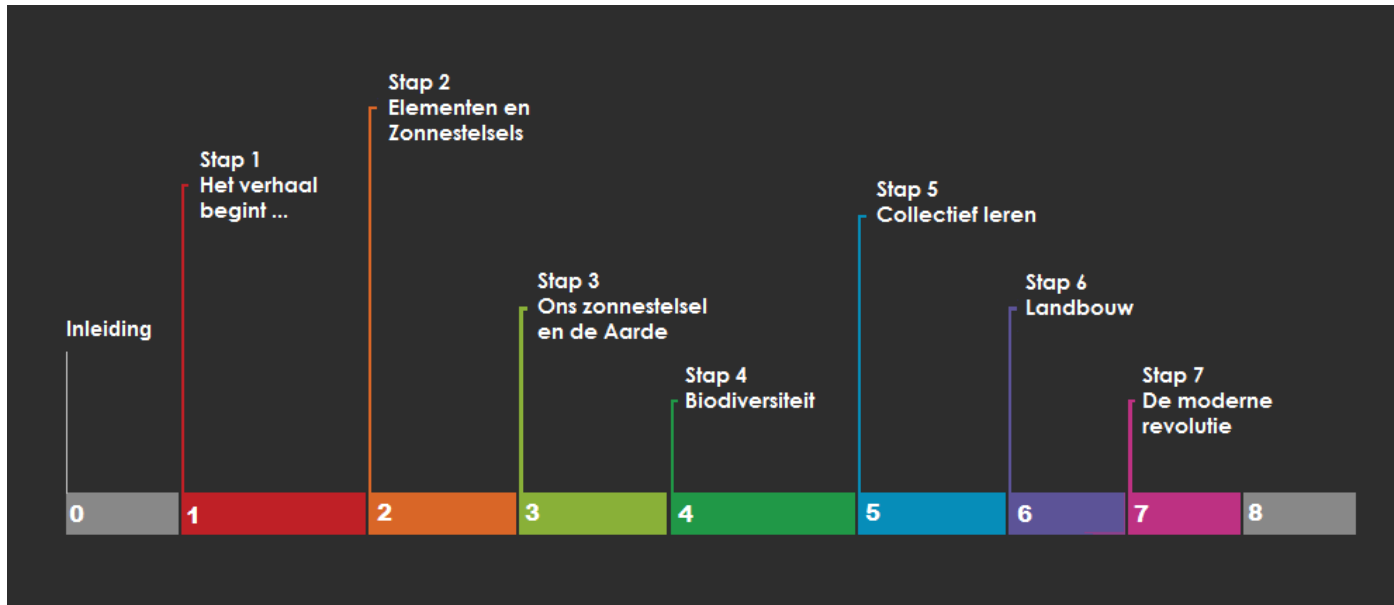
### **Opdrachten:**

#### **Opdracht 1**

Beargumenteer waarom Big history verder gaat dan welk ander vak dan ook.

#### **Opdracht 2**

Hoe komt het dat de verschillende vakken op school zelden zo ver terug redeneren? Vind je dit terecht?



Afb. 0.2. De 7 stappen van Big History van deze ANW/PGA module

LES 2:

### Opdrachten:

#### Video What is Big History (6:46 min.)

Bekijk en beluister de lezing van David Christian in "[What is Big History](#)". Maak hierover aantekeningen en probeer de onderstaande vragen te beantwoorden.

#### Opdracht 3

1:07 min. – Met welke vraag begon David Christian na te denken over het grote geheel (*big picture*) en de grote vragen (*bigger questions*) over geschiedenis?

#### Opdracht 4

1:38 min. – Hoe noemt David Christian de verhalen die antwoorden geven op de "big questions" waarin hij was geïnteresseerd?

#### Opdracht 5

3:36 min. – Noem enkele van die belangrijke "big questions" die David Christian zichzelf stelt in deze module.

#### Opdracht 6

1:44 en 4:15 min. - Wat is Big history?

**Opdracht 7**

5:57 min. – Wat is *Complexity*?

**Opdracht 8**

3:15-4:04 min. – Maak je eigen “timeline” met stappen die bepalend voor je zijn geweest, net zoals David Christian doet in zijn lezing. Wees zo creatief mogelijk!

**Opdracht 9**

Verzin zelf een model waarmee je aan iemand duidelijk gaat maken hoe lang 13,7 miljard jaar eigenlijk is.

LES 3:

**0.3. Belangrijke begrippen in Big history**

In Big history worden een aantal belangrijke begrippen gebruikt waarop dit verhaal verteld wordt. Hieronder zijn deze kort toegelicht.

**0.3.1. Origin stories**

We kennen vele “Origin stories”, verhalen die ons vertellen hoe het Universum en de mensheid tot stand gekomen zijn. Zolang als er mensen zijn worden deze verhalen al verteld en doorgegeven. Online staan enkele documenten met deze verhalen om te downloaden. Lees deze door en maak de volgende opdracht.

**Opdracht:****Opdracht 10**

Welke “origin stories” ken je zelf? Wat hebben alle origin stories gemeen volgens David Christian (gebruik je aantekeningen en de “vergelijkingskaart Origin stories” op de online versie van school). En wat maakt Big history anders dan andere ontstaansgeschiedenissen?

**0.3.2. Ingrediënten**

Om nieuwe vormen van alles en nog wat te laten ontstaan heb je bouwstenen nodig. Ingredients (ingrediënten) zijn die bouwstenen. Door de ingrediënten samen te brengen kun je ingewikkelder structuren maken. Denk bijvoorbeeld aan bloem, eieren en melk als ingrediënten voor een taart.

**0.3.3. Goldilocks voorwaarden**

Met elke stap die we gaan nemen in Big history spelen de “Goldilocks” voorwaarden een belangrijke rol. Zonder deze ideale omstandigheden kunnen de ingrediënten nooit de ingewikkelde structuren vormen.

**Opdracht:****Opdracht 11**

Waarom zou David Christian deze ideale omstandigheden “Goldilocks conditions” noemen?

### 0.3.4. Stappen van toenemende complexiteit

Met dit begrip wil David Christian verschijnselen omschrijven die een nieuwe stap in de tijd van de ontwikkeling van de geschiedenis markeren. Zo'n verschijnsel kent een hogere mate van ingewikkeld zijn dan welk stadium ervoor. Deze stappen kunnen beschreven worden aan de hand van de formule:

*Ingrediënten + "Goldilocks" voorwaarden = nieuwe complexiteit.*



Afb. 0.3. Beschrijving van de stap in Big History van deze module

Les 4:

### 0.4. Schalen die je pet te boven gaan

In deze les gaan we wat dieper in op de 7 stappen en op de schaal waarop wij kijken naar onze geschiedenis.

In 1957 onderzocht Kees Boeke in zijn boek *Cosmic View, The Universe in 40 Jumps*, het heelal op verschillende schalen: van microscopisch tot galactisch. Hierop geïnspireerd werd de video Powers of Ten gemaakt die we in de les gaan bekijken.

#### Opdracht:

#### Video Powers of Ten (1977) (9:00 min) –

De video start met een picknick in een park, waarbij het beeld een breedte heeft van 1 meter. Vervolgens wordt er traag uitgezoomd: eerst naar een beeld met 10 meter (ook wel  $10^1$  m.) breed, daarna 100 meter ( $10^2$  m.), dan 1 kilometer ( $10^3$  m.), et cetera tot aan  $10^{26}$  meter, de grootte van het zichtbare heelal. Dan gaat de camera snel terug naar de picknick en begint aan haar reis in het gebied van de negatieve machten van tien tot aan  $10^{-18}$  m. We zien dan de kleinste deeltjes die we kennen, de quarks.

#### Opdracht 12

Surf naar de video [Powers of Ten](#) en bekijk de video.



### 0.5. Wat is waar?

In tegenstelling tot bijvoorbeeld Religie moet de wetenschap altijd haar beweringen bewijzen. Dat is echter (nog) niet altijd mogelijk. Na het bekijken van de video is dan ook de eerste vraag die bij je opkomt hoe we dit allemaal kunnen weten en of dit ook allemaal waar is. Dit is wat in Big history “Claim testing” genoemd wordt. Er zijn verschillende manieren waarop we om kunnen gaan met zogenaamde wetenschappelijke beweringen die nog niet door bewijs ondersteund worden:

- We **vertrouwen** de gegeven verklaring
- We **negeren** de gegeven verklaring
- We gaan **onderzoeken** of deze verklaring juist is.

Volgens Bob Bain gebruiken we vier “claim testers” om tot de conclusie te komen of zo’n bewering waar is, nl. *intuïtief*, op basis van *autoriteit*, *logica* en tot slot *bewijsvoering*. Zo zal bijvoorbeeld het verhaal van de “Big Bang”, waarmee we straks Big History beginnen voor de één de meest aannemelijke origin story zijn, maar voor een ander niet. Het is voor dit vak de kapstok om jullie kennis te laten maken met een origin story waarmee wetenschapsbeoefening en kritisch denken geoefend wordt.

#### Opdrachten:

#### Video [How Do We Decide What to Believe \(8:57 min\)](#)

In deze video verteld Bob Bain hoe we de “claims” die de wetenschappers maken kunnen evalueren en beoordelen. Maak hierover aantekeningen en probeer de onderstaande vragen te beantwoorden.

#### Opdracht 13

1:28 min. – Wat is een “claim”?

#### Opdracht 14

2:15 min. – Je mocht misschien niet weten wat een “claim” was tot nu toe of er nooit over hebben nagedacht, maar eigenlijk hoor je “claims” overal om je heen. Wat zijn de drie reacties die we volgens Bob Bain geven op de “claims” die we horen?

#### Opdracht 15

5:55 min. - Wat zijn de vier “claim testers” en hoe kunnen we ze onderscheiden van elkaar?

#### Opdracht 16

Onderzoek op het internet of de claims die Bob Bain over zichzelf doet waar zijn. En.... zijn ze waar?

Les 5:

### 0.6. Entropie en complexiteit

Er bestaat een vreemde tegenstelling in ons universum. Terwijl we om ons heen een toenemende complexiteit waarnemen, is er in ons universum juist een verval van alles, ook wel “entropie” genoemd. Wat is entropie precies?

De Tweede Wet van de Thermodynamica beschrijft mathematisch de neiging van alle fysieke systemen om mettertijd naar een thermodynamisch evenwicht te streven. Verschillen in temperatuur, druk en energie zullen altijd (zonder invloed van externe factoren) van meer geconcentreerde naar meer diffuse staat bewegen. Dit klinkt ingewikkeld, maar eigenlijk komt het er op neer dat wanneer je een kopje warme koffie ergens neerzet en je er niets mee doet deze altijd zal afkoelen naar kamertemperatuur. De hitte blijft bestaan, maar deze heeft zich verspreidt over de kamer. Deze onvermijdelijke verspreiding van materie en energie van een meer-geordende staat (hete koffie) naar een minder geordende toestand (de kamer) wordt entropie genoemd.

#### Opdrachten:

##### Opdracht 17 – Groepsopdracht (3 personen)

Bedenk een voorbeeld waarmee jullie entropie kunnen uitleggen. Presenteer je voorbeeld aan de klas in de volgende les.

LES 6:

##### Opdracht 17 – presentaties: Entropie

LES 7:

#### Opdracht:

##### Opdracht 18

Maak een Nederlandse samenvatting van onderstaande tekst over Complexity and Tresholds.

## COMPLEXITY & THRESHOLDS

By David Christian

### Complexity and why it's important

One of the central themes of this course is the idea of increasing complexity. In the 13.7 billion years since our Universe appeared, more and more complex things seem

to have appeared — and we're among the most complex of them all. So it's natural for complex things to fascinate us. Besides, modern human society is so complex that learning how the Universe creates complexity can also teach us something about today's world. But we shouldn't assume there's anything special about complexity or that complex things are necessarily any better than simple things. Remember that complexity can present challenges.

### **What does complexity mean?**

That's a tough question and there's no universally accepted answer. We may feel intuitively that empty space is much simpler than a star, or that a human being is in some sense more complex than an amoeba. But what does that really mean? Here are some ideas that may help you think about complexity during this course.

### **A continuum from simple to complex**

Complexity is a quality, like "hot" or "cold." Things can be more or less simple and more or less complex. At one end is utmost simplicity, like the cold emptiness of intergalactic space. At the other extreme is the complexity of a modern city.

### **The qualities of more complex things**

Here are three qualities that make some things more complex than others.

*Diverse ingredients:* More complex things often have more bits and pieces, and those bits and pieces are more varied.

*Precise arrangement:* In simpler things it doesn't matter too much how the ingredients are arranged, but in complex things the bits and pieces are arranged quite precisely. Think of the difference between a car and all the bits and pieces of that car after it's been scrapped and is lying in a junkyard.

*Emergent properties:* Once the ingredients are arranged correctly, they can do things that they couldn't do when they weren't organized. A car can get you around; its component parts cannot. A car's capacity to be driven is a quality that "emerges" once it's been assembled correctly, which is why it's called an "emergent property."

### **Complexity is fragile**

There's another important thing to remember about complexity. Complex things need just the right ingredients and they need to be assembled in just the right way. So, complex things are usually more fragile than simple things. And that means that after a time, they fall apart. If they are living creatures, we say they "die." Death, or

breakdown, seems to be the fate of all complex things, though it may take billions of years for a star to break down, and just a day or two for a mayfly.

### **The Second Law of Thermodynamics**

Creating complex things is more difficult than creating simple things. The natural tendency of the Universe seems to be for things to get less and less organized. Think of your own house if you just let it be for a month. Tidying your room means arranging everything in just the right way; it takes work. But if you don't care how it's arranged you can just let it un-tidy itself naturally. The idea that the Universe tends naturally to get less ordered and less complex is expressed in one of the most fundamental of all the laws of physics: the Second Law of Thermodynamics. That's one way of explaining why making complex things requires more work (and thus more energy) than making simple things.

### **Why complexity is rarer than simplicity**

The Second Law of Thermodynamics explains why most of the Universe is simple. Intergalactic space is almost completely empty, extremely cold, and randomly organized. Complexity is concentrated just in a few places: inside galaxies and particularly around stars.

### **Goldilocks Conditions**

You find complex things only where the conditions are just right for making them, where there are just the right environments, just the right ingredients, and just the right energy flows. We call these conditions "Goldilocks Conditions." Remember the children's story of the three bears? Goldilocks enters their house when they were out. She tastes their porridge and finds that the father bear's is too hot, the mother bear's is too cold, but the baby bear's is just right! Complexity seems to appear only where the conditions are "just right." So whenever we see complex things appearing we can ask why the Goldilocks Conditions were "just right."

Here's an example. You always need energy. So if there's no energy flowing, it's hard to build complexity. Think of a still, calm lake that's been dammed. Not much is happening. Then imagine opening the gates of the dam and allowing the water to flow downhill. Now you have energy flowing — enough to drive a turbine that can create the electricity to power a computer. Now more complex things can happen! But of course there mustn't be too much energy. If there's too much water pressure than the turbine will be destroyed. So you need just the right amount of energy — not too little, not too much.

**Thresholds of increasing complexity**

In this course, we will focus on moments when more complex things seemed to appear, things with new emergent properties. We call these “threshold moments.” Examples include the appearance of the first stars in an Universe that had no stars and the appearance of the first cities in societies that had never known cities before. Each time we cross one of these thresholds we’ll ask about the ingredients and the Goldilocks Conditions. And we’ll also ask what was new. What emergent properties do these new complex things have?

There are many such turning points in big history, but in this course we will focus mainly on eight threshold moments. Some thresholds took place at a very specific point in time, while others were more gradual and we can only approximate the turning point. If this were an astronomy course or a biology course, our choice of thresholds would undoubtedly be different. In fact, during this course we will see many important “turning points” that we could, perhaps, describe as “thresholds.”

## STAP 1

# HET VERHAAL BEGINT....

In dit hoofdstuk:

- Leer je de geschiedenis van het denken over ons universum
- Maak je kennis met de Big Bang theorie

Astronomie, Natuurkunde, Filosofie

**1**

STAP 1  
HET VERHAAL BEGINT....

INGREDIËNTEN + GOLDILOCKS VOORWAARDEN = NIEUWE COMPLEXITEIT

We kunnen alleen speculeren      We kunnen alleen speculeren      Het Universum

Tijd en ruimte

Verschillende vormen van energie (incl. gravitatiekracht en electromagnetisme)

Verschillende vormen van materie (incl. quarks en electronen)

13.7 MILJARD JAAR GELEDEN      13.6

Les 8:

*“The voyage of discovery is not seeking new landscapes but in having new eyes.”*

- Marcel Proust (1871 – 1922)

*Pumbaa: Ever wonder what those sparkly dots are up there?*

*Timon: Pumbaa. I don't wonder; I know.*

*Pumbaa: Oh. What are they?*

*Timon: They're fireflies. Fireflies that uh... got stuck up on that big... bluish-black... thing.*

*Pumbaa: Oh. Gee. I always thought that they were balls of gas burning billions of miles away.*

*Timon: Pumbaa, with you, everything is gas.*

*Pumbaa: Simba, what do you think?*

*Simba: Well, somebody once told me that the great kings of the past are up there, watching over us.*

- Uit: The Lion King, The Walt Disney Company (1994)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

1. Hoe zijn we gekomen tot de huidige Big Bang theorie?
2. Wie en wat heeft onze ideeën beïnvloed?
3. Wetenschapsfilosofische kanttekeningen

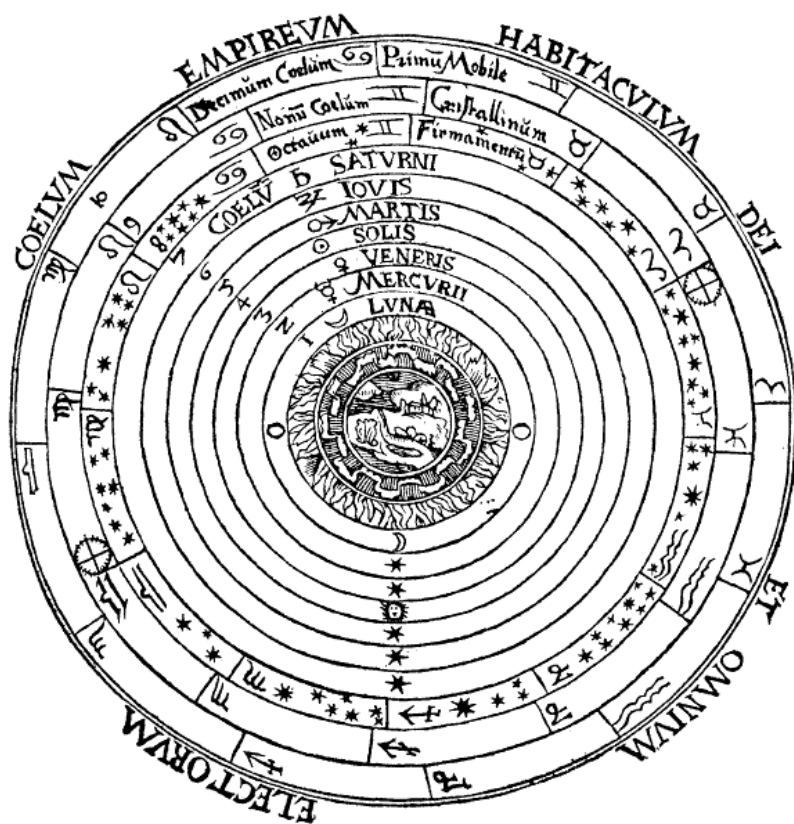
### **1.1. Inleiding**

In allerlei culturen heeft de mens belangstelling gehad voor de hemelverschijnselen. En ieder van zich probeerde zich wel een beeld te geven van deze hemelverschijnselen om zich heen. Wanneer je omhoog kijkt zie je de maan en allerlei planeten en sterren om je heen bewegen terwijl jij stil staat. De aarde lijkt wel stil te staan in het centrum van het heelal (geocentrisch wereldbeeld). De oudste geschreven bronnen waarin men stelselmatig onderzoek deed aan de natuur in onze geschiedenis was bij de Oude Grieken. Veel boeken beginnen bij Thales (ca. 500 vC), de eerste natuurfilosoof die een theorie formuleerde waarmee nauwkeurige voorspellingen werden gedaan. Zijn kennis van de sterrenkunde was indrukwekkend en hij kon dan ook zonsverduisteringen nauwkeurig voorspellen.

Aristoteles (384 – 322 jaar vC) was een leerling van de beroemde filosoof Plato, en hij hield zich bezig met allerlei wetenschappelijke disciplines. Hij maakte vooral gebruik van deductie: vanuit een algemene theorie trok hij specifieke conclusies. Zijn teleologisch wereldbeeld heeft ons denken bepaald tot in de Renaissance. Volgens hem zat in alles een doel (telos). Dit verklaarde waarom een object naar de aarde valt wanneer je het loslaat: het doel van het object is terug te gaan naar zijn rustpunt, dat midden in de aarde lag. Ook planeten waren bezig met

het verwezenlijken van hun doel: door perfecte ronde banen om onze wereld te draaien en zelf perfect rond te zijn.

Aristoteles formuleerde uitgebreid het geocentrische model, waarin de Aarde als het centrum van een bolvormige cosmos werd gezien.



Afb. 1.1. Een voorbeeld van een geocentrisch model

Ptolemaeus (zie ook het dossier in je studiewijzer in SOMtoday) werkte dit model verder uit. Om de Aarde heen draaien Maan, Mercurius, Venus, Zon, Mars, Jupiter en Saturnus. Deze hemellichamen zitten vast aan bollen van doorschijnend kristal die om een gemeenschappelijke as draaien. De buitenste 'laag' die het universum begrensd is de bol met de vaste sterren, die in tegengestelde richting van de 'planeten' draaien.

Het gedachtegoed van Aristoteles hield meer dan 1000 jaar stand. Franciscus van Assisi (1181/1182–1226) combineerde de ideeën met wat er in de Bijbel stond, waardoor in de Middeleeuwen in een groeiende Christelijke maatschappij deze ideeën verankerd werden. Elke kritiek op het wereldbeeld van Ptolemaeus en de ideeën van Aristoteles stond daarmee gelijk aan kritiek op de Bijbel. Dat is dan ook één van de belangrijkste redenen waarom het wereldbeeld van Ptolemaeus zo lang kon standhouden.

Het zou pas tot in de 16<sup>e</sup> eeuw duren voordat men anders naar onze wereld en het universum ging kijken, door ontdekkingen van onder andere Copernicus (1473–1543), Galilei (1564-1642) en Newton (1642-1727). Naar aanleiding van hun observaties en ideeën is gaandeweg ons beeld van het universum veranderd.





Afb. 1.2. Van links naar rechts: Copernicus, Galilei en Newton

### Opdrachten

**Video** [How did our view of the universe change \(11:05 min\)](#)

In deze video verteld David Christian over de visie op op universum door de tijd heen. Maak hierover aantekeningen en probeer de onderstaande vragen te beantwoorden.

#### Opdracht 19

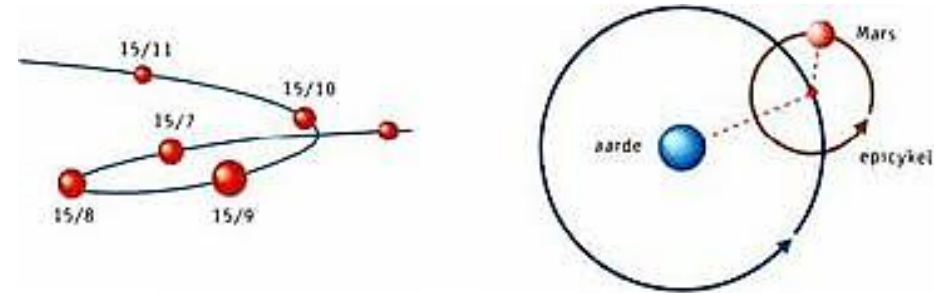
Wat maakt de visie van Ptolemaeus, Newton en Hubble op ons universum verschillend van elkaar?

#### Opdracht 20

Welk nieuw bewijs onderbouwde elke visie?

Omdat Franciscus van Assisi aannemelijk gemaakt had dat een geocentrisch model ook de visie in de Bijbel

vertegenwoordigde waren astronomen voornamelijk bezig met de waarnemingen binnen deze visie aan te passen. Om de “volmaakte hemellichamen” om de aarde te laten draaien moesten er allemaal cirkelbewegingen in de door de hemellichamen afgelegde cirkelbewegingen aangebracht worden om hun baan te laten voldoen als een cirkel om de aarde. Zo ontstonden er op een gegeven moment vele honderden epicykels.



Afb. 1.3. Epicykels.

In Italië ontstond in de 15<sup>e</sup> eeuw een beweging van geleerden, kunstenaars en rijke lieden die ontevreden waren over hun eigen tijd. Men wilde een “eerherstel” van hun oude Romeinse en Griekse culturele erfgoed en gingen de oude geschriften en gebouwen opnieuw bestuderen. De Renaissance, de wedergeboorte van de klassieke cultuur, ontstond. In de rest van Europa zou het nog bijna 200 jaar duren voor ook daar de Renaissance goed en wel in opmars kwam. De individuele mens en

haar leven stond in dit denken centraal en kerk en staat moesten gescheiden zijn.

Men ging over van “blote oog” observaties aan de hemel naar het waarnemen met telescopen. Galilei (1564-1642) bouwde naar het voorbeeld van een Nederlandse opticien (Hans Lippershey) zijn eigen telescoop. Ook Christiaan Huygens (1629 – 1695) heeft veel bijgedragen met zijn tot op heden niet na te maken lenzen. In deze periode van het onafhankelijke denken kregen onderzoekers zoals Galileo Galilei dan ook hun gedachtengoed te delen, totdat hij hiermee in conflict raakte met de kerk, die zijn werk in de ban deed tot 1822. Galilei wist op basis van het werk van Copernicus, dat pas na zijn dood het licht zag, de complexe astronomie vol epicykels sterk te vereenvoudigen door de Aarde om de zon te laten draaien. De wiskundige onderbouwing van dit alles en het ontdekken van de gravitatiewetten door Isaac Newton wisten een solide basis onder dit denken te leggen. Het zou tot de 20<sup>ste</sup> eeuw duren voordat Einstein zijn relativiteitstheorie wereldkundig maakte in zijn proefschrift (1916). Einstein was echter overtuigd van een statisch heelal, terwijl Levitt, Hubble en de Belgische astronoom en geestelijke Georges Lemaître aantoonde dat het heelal nog steeds uitdijt. Het was Lemaître zelfs die de “film” van het uitdijende heelal teruggedraaide en veronderstelde dat het allemaal begonnen moet zijn met een oeratoom.

**Opdrachten****Opdracht 21**

Wanneer is de Big Bang theorie eigenlijk ontstaan? Onderzoek op Internet wanneer deze theorie voor het eerst bedacht werd en zoek ook op hoe men er hiervoor over dacht.

**Opdracht 22**

Beschrijf in je antwoord waarom we van het beeld van een statisch heelal overgingen naar een idee van een dynamisch heelal.

**Opdracht 23**

Maak een (creatieve!) woordspin waarbij je het “denken over het heelal” in het midden zet en waarin alle denkers en ideeën die je in de voorgaande teksten en video tegengekomen bent in naar voren laat komen.

LES 9:

**Opdracht 24 – Groepsopdracht (3 personen)**

Bekijk en lees de Biografieën over Ptolemaeus, Copernicus, Galilei, Newton, Leavitt en Hubble.

Maak nu zelf een soortgelijke biografie over Georges Lemaître (1896-1966).

Les 10:

### 1.2. Een kijkje in het verleden

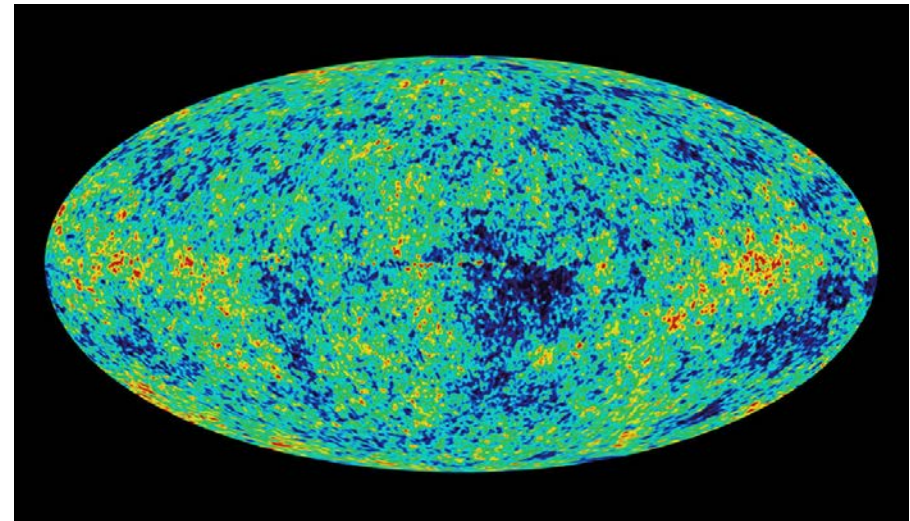
Wanneer je een hele grote telescoop neemt, die heel ver kan kijken, en je richt deze op de sterren boven je aan de hemel neem je in werkelijkheid een kijkje in het verleden.

Beelden die we zien, worden veroorzaakt door het licht dat er op weerkaatst en op ons netvlies vallen. Onder invloed van licht valt dan in de kegeltjes van je netvlies de stof retinol uiteen in retinine en een electron, waardoor er een impuls wordt opgewekt en die een beeld vormt in onze hersenen.

Licht reist altijd met de lichtsnelheid. De lichtsnelheid is de snelheid waarmee het licht en andere elektromagnetische straling zich voortplant. In vacuüm legt licht 299.792.458 m/s af. Dat is dus bijna 300.000 km per seconde! Dus als een ster 10.000 lichtjaar van de Aarde af staat zie je dus een ster zoals deze er 10.000 jaar geleden uitzag. Ook als we naar onze eigen zon kijken zien we deze in het verleden. Het licht vanaf de zon doet er namelijk iets meer dan 8 minuten over om de Aarde te bereiken, dus zien we een beeld van de zon zoals dat er 8 minuten eerder uit zag.

We hebben inmiddels zelfs ruimtetelescopen, zoals bijvoorbeeld de Hubble ruimtetelescoop, waarmee we nu

zelfs zo ver kunnen kijken dat we het begin van het ontstaan van ons universum hebben kunnen waarnemen. Met een Radiotelescoop (deze vangt korte golf radiogolven die uit het universum op ons afkomen op) kunnen we tot nu toe nog het verst “kijken” en hebben wetenschappers een beeld kunnen maken op basis van de achtergrondstraling van ons heelal toen het net pas was ontstaan.



Afb. 1.4. Stralingsbeeld van ons universum vlak na haar ontstaan

Het is eigenlijk wel een beetje raar om je voor te stellen, maar we reizen altijd wel een stukje terug in de tijd. Ook als je in de spiegel kijkt zie je het beeld van jezelf met een lichte vertraging. Licht mag dan wel heel snel bewegen,

maar het doet er altijd eventjes over om ergens te komen. Zo doet licht er een duizendste van een miljoenste seconde er over om van jou naar de spiegel (op 30 centimeter afstand) en weer terug naar jou te gaan. Maar hoe verder we weggaan, hoe groter deze vertraging wordt. Brian Cox (2011) stelt over het terugkijken in de tijd in zijn boek *Wonders of the Universe*: “Although over tiny distances the effect is always utterly negligible, it should be obvious that once we lift our eyes upwards to the skies and become astronomers, profound consequences await us.” Als we de zon ineens zouden weghalen, zouden we toch nog 8 minuten kunnen genieten van haar licht. Dat geldt overigens niet alleen voor haar licht, maar ook voor de gravitatiekracht. Aangezien de lichtsnelheid het grootste is dat weke invloed dan ook kan behalen, is een invloed als de gravitatiekracht die de zon genereert ook nog 8 minuten aanwezig terwijl de zon er al niet meer is. Dus, volgens Cox (2011), als de zon magischerwijs zou verdwijnen, blijven we het licht toch nog 8 minuten zien en blijft de Aarde ook nog 8 minuten lang er om heen draaien. We kijken dus altijd terug in de tijd als we naar de zon kijken.

Met dit fenomeen moeten we ook rekening houden met die Marswagentjes die er over de rode planeet rijden. Afhankelijk van de positie van de aarde en Mars in hun baan rond de zon is er een tijdsverschil van 4 tot 20

minuten die het licht er over doet om de afstand tussen Mars naar de Aarde af te leggen. Wanneer een Marswagentje dus op een ravijn afrijdt kan het dus tussen de 8 en 40 minuten duren voor we een signaal kunnen afgeven om het kunnen laten stoppen.

Een ander mooi voorbeeld dat Cox (2011) geeft is: “Two and a half million years ago, when our distant relative *Homo habilis* was foraging for food across the Tanzanian savannah, a beam of light left the Andromeda Galaxy and began its journey across the Universe. As that light beam raced across space at the speed of light, generations of pre-humans and humans lived and died: whole species evolved and became extinct, until one member of that unbroken lineage, me, happened to gaze up into the sky below the constellation we call Cassiopeia and focus that beam of light onto his retina. A two-and-a-half-million-year journey ends by creating an electrical impulse in a nerve fibre, triggering a cascade of wonder in a complex organ called the human brain that didn’t exist anywhere in the Universe when the journey began.”

Onwillekeurig roept dit soort gedachtenoefeningen de vraag op of wij de enige wezens zijn die zich hierover verwonderen. Hoewel er wetenschappers zijn geweest die statistische berekeningen hebben gemaakt dat in een

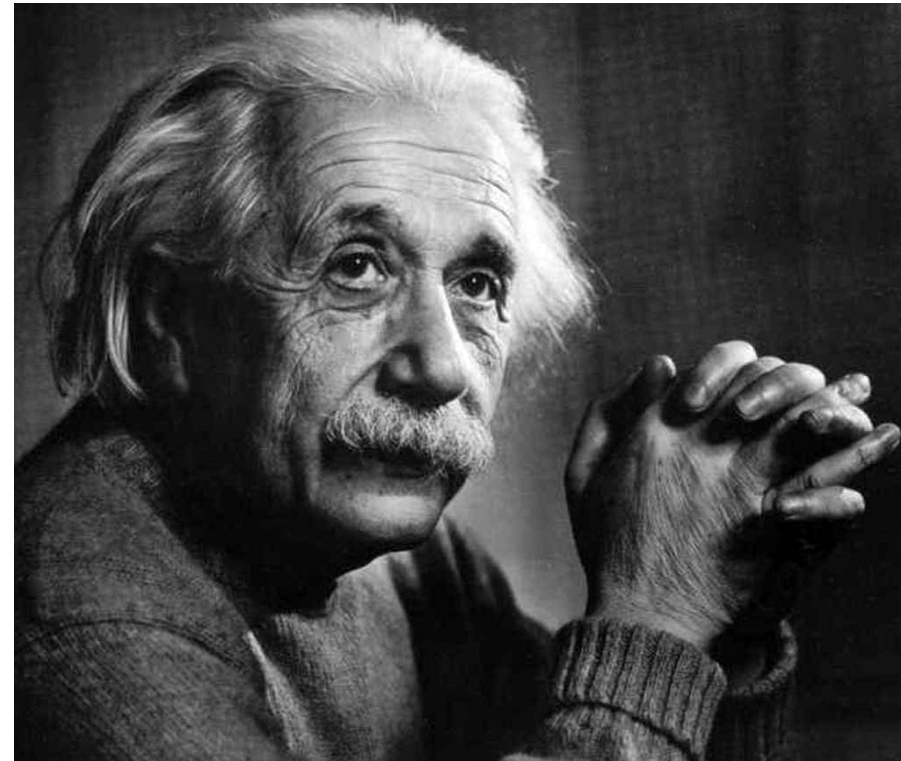
universum zo groot als waarin wij leven er een behoorlijk grote kans zou moeten zijn dat er wellicht nog een miljoen vormen van intelligent leven zou moeten bestaan, is de kans dat we dat tegenkomen uitermate klein, als deze er überhaupt al is, omdat we in tijd en ruimte gescheiden zijn.

### 1.3. Tijd en relativiteit

Wanneer je het nieuws zit te kijken en je ziet een correspondent aan de andere kant van de wereld via een satellietverbinding praten met de nieuwslezer valt je al gauw op dat het enige tijd duurt voordat de correspondent de vraag verstaan heeft van de nieuwslezer. Je ziet terwijl er hier gesproken wordt de correspondent afwachtend staan kijken. Ook wanneer je mee gaat zitten lippen met het antwoord dat de correspondent geeft, lijkt het alsof de lippen niet synchroon lopen met de tekst die hij uitspreekt. Blijkbaar lopen het beeld (licht) en de tekst (geluid) niet synchroon. Wanneer licht en geluid van hier naar de satelliet gaan en van de satelliet naar de correspondent en vice versa ontstaat er een tijdsverschil dat het licht er over doet om van daar naar hier te komen, en een ander tijdsverschil dat het geluid er over doet om van daar naar hier te

komen. De snelheid van het licht is sneller dan van het geluid.

Dat het nog vreemder kan zitten met tijd dan dit, is iets wat Albert Einstein ons heeft laten zien. Hij toonde aan dat niets sneller dan het licht kan reizen en dat ruimte en tijd niet absoluut, maar relatief zijn aan diegene die observeert en datgene dat geobserveerd wordt.



Afb. 1.5. Albert Einstein (1879 - 1955)

Dit klinkt op zichzelf nog niet zo spannend, of het zegt je nog niet zoveel, maar de consequenties hiervan zijn bizar. Om dit te begrijpen moet je het volgende voorstellen. Stel, jij zit in een trein die héél hard rijdt. Je verveelt je een beetje en gooit een balletje omhoog en naar beneden. Voor jou gaat het balletje recht omhoog en recht naar beneden. Stel je nu voor dat je beste vriend op het perron staat terwijl de trein langs raast. Hij verveelt zich ook en besluit jou te filmen met zijn mobiele telefoon. Hij vertraagt daarna het beeld dusdanig dat hij jou ziet zitten en het balletje ziet gooien. Hoe beweegt het balletje dan terwijl jij langsrijdt? Vast niet recht op en neer, maar eerder diagonaal. De bal lijkt zo voor jouw vriend dus meer afstand af te leggen tussen boven en beneden dan voor jou. Zo werkt dat ook met tijd (en met ruimte overigens), want hoe sneller jij reist, hoe langzamer jouw tijd gaat ten opzichte van je vriend en dit heeft merkwaardige consequenties.

### Opdrachten

Bekijk nu de video "[Einstein's Big idea](#)" (4:11 min).

#### Opdracht 25

Leg uit na het zien van deze video waarom de vaststelling "niets gaat sneller dan het licht" tijdreizen tot consequentie zou hebben?

#### Opdracht 26

Google naar "Twin paradox" en maak een tekeningetje van wat dit bekende gedachten experiment inhoudt.

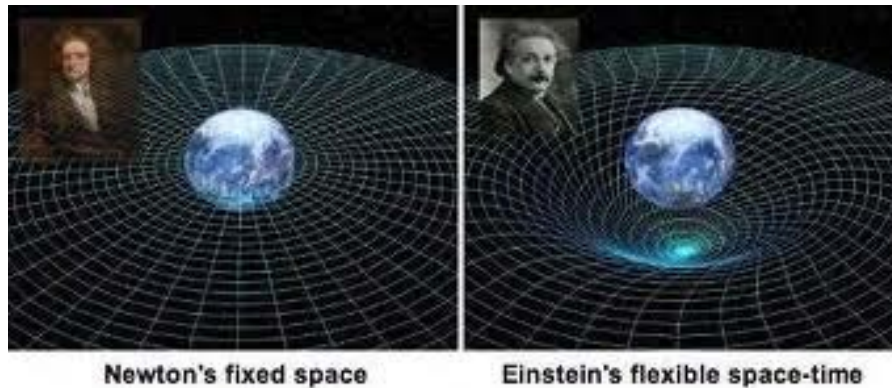
Tijd blijkt dus afhankelijk te zijn van degene die observeert en wordt dus hiermee relatief. Tot nu toe lijkt het alsof we ons alleen baseren op de claimtester *logica*, immers dit idee kwam voort uit de berekeningen van Einstein. Maar we hebben inmiddels ook *empirisch* (= *wetenschappelijk*) bewijs voor het feit dat tijd relatief is. Zo bleken de atoomklokjes aan boord van een straaljager iets achter te lopen dan die aan boord van straaljagers die aan de grond waren blijven staan. Ook in ons dagelijks leven moeten we rekening houden met de relativiteit van tijd. De satellieten die verantwoordelijk zijn voor onze GPS systemen bewegen met zo'n 14.000 km/uur rond de Aarde. Als we die niet zouden corrigeren zou de TomTom er de hele tijd flink naast zitten.

Les 11:

Wat verder volgt uit de relativiteitstheorie is dat tijd een onderdeel is van ruimte. Zagen wij vroeger nog tijd als iets oneindig, absoluut en onveranderlijk, nu weten wij dat tijd veranderlijk is en zelfs verbonden is met de ruimte in een merkwaardige dimensie die we tijd-ruimte noemen.



Een zwaar object, bijvoorbeeld de zon, verbuigt deze ruimte-tijd. Gravitatiekracht wordt zo een product voor het buigen van ruimte-tijd. De bekende fysicus Michio Kaku zei hierover: “In some sense, gravity does not exist; what moves planets and stars is the distortion of space and time.”



Afb. 1.6. Het statisch heelal van Newton en het flexibele ruimte-tijd model van Einstein.

### Opdrachten

Bekijk nu de video op YouTube met de titel “[De oerknal](#)” door Robbert Dijkgraaf (vanaf 3:20 – 49:00 (45:40 min)).

#### Opdracht 27

Om de buiging van ruimte-tijd duidelijk te maken haalt Robbert Dijkgraaf in zijn college voor DWDD een trucje uit. Welk trucje?

Les 12:

In de vorige les eindigden wij met Einstein. Hij berekende en bewees al in 1916 zijn relativiteitstheorie. Traditioneel dacht ook hij in die tijd dat er een statisch universum was en om dat in stand te houden bedacht hij een “cosmologische constante”. 17 Jaar later woonde Einstein een seminar bij van Georges Lemaître in Californië, die hem deed beseffen dat het vasthouden aan een “statisch” universum zijn grootste blunder was, zoals hij het zelf omschreef. Hij besepte vanaf dat moment dat het heelal uitdijt en dus ook dat het eerder kleiner geweest moest zijn. De stap naar een oneindig klein universum heeft hij echter nooit durven maken. Ook Georges Lemaître drukte zich voorzichtig uit, maar ging wel zover dat hij sprak over een “oeratoom”. Hoe dan ook, Einstein veranderde onze kijk op het heelal radicaal en de stap naar wat later de “Big Bang Theory” zou gaan heten, werd daarna al gauw gemaakt. Deze theorie over de oerknal legt uit waar wij vandaan komen en hoe alles is ontstaan.

### 1.4. De Big Bang theorie

Bill Bryson (2003) beschrijft hoe we ons moeten voorstellen hoe de oerknal verliep (bewerkt):

Hoe groot moeten we het “oeratoom” van Lemaître ons voorstellen? Stel je een stip voor die je zojuist gemaakt

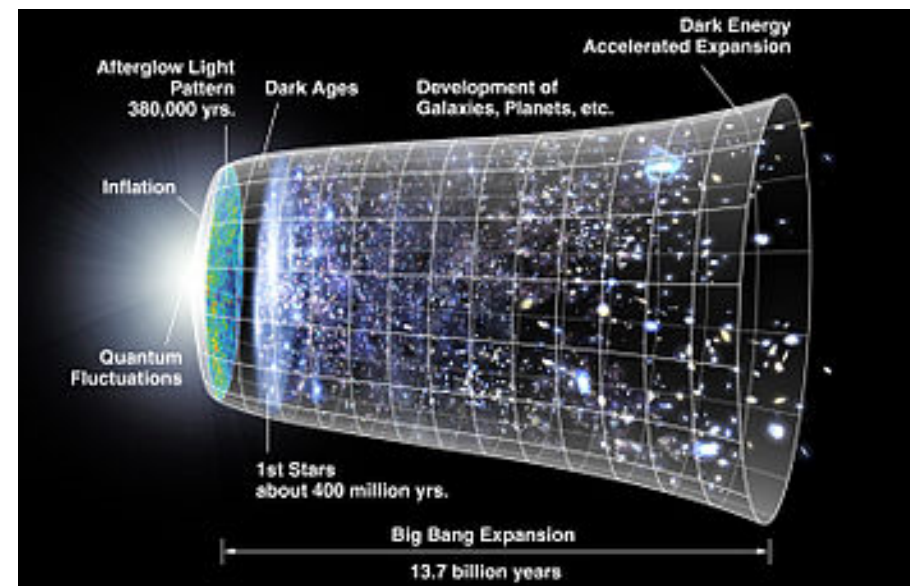
hebt met je balpen. In deze stip passen ongeveer 500 miljard protonen. Pers zo'n proton samen tot één miljardste van zijn huidige formaat en je zou iets krijgen ter grootte van het "oeratom". Zo'n onvoorstelbaar klein punt noemen we een "singulariteit", een punt zo klein dat het eigenlijk geen grootte meer heeft, maar wel een onmeetbare hoeveelheid energie. En wat is er omheen? Dit oeratom hangt in een leegte. Er is niets om het punt heen, want als jij op een afstandje zou willen toekijken, waar zou je dan gaan zitten in de ruimte die zich nog niet heeft gevormd? Er ontstaat pas ruimte na de Big Bang. En dan de temperatuur? Die is ongelooflijk hoog, het hoogste dat mogelijk is. En tijd? Tijd bestaat nog niet. En dan ineens, zet het "oeratom" met een ongelooflijke kracht en snelheid uit en er ontstaan de 4 krachten:

- Gravitatiekracht
- Electromagnetisme
- sterke nucleaire kracht
- zwakke nucleaire kracht.

De snelheid waarmee het universum groeit en de warmte die vrijkomt bij de "explosie" is genoeg om een keten van nucleaire reacties te bewerkstelligen. Er vormt zich Waterstof en Helium en soms een atoom Lithium. In ongeveer 3 minuten wordt 98% van alle materie die er is

of ooit zal zijn gevormd. We hebben nu een universum, het grootste wonder ooit en dat werd gevormd in de tijd waarin je een broodje kan smeren.

Op dit moment wordt berekend dat dit allemaal 13,7 miljard jaar geleden gebeurde, maar eigenlijk is zo iets nauwelijks te berekenen. Het enige dat we zeker weten is dat op een zeker moment in een ver verleden het we op het moment  $t=0$  zijn gekomen. We zijn op weg."



Afb. 1.7. Model van de expansie van de Big Bang



**Opdrachten**

Bekijk nu de video "[What emerged from the Big bang](#)" (13:18 min). Er zijn 3 delen in deze lezing.

Deel 1:

**Opdracht 28**

Hoe kunnen we dankzij de observaties van Hubble zo precies de leeftijd van ons universum berekenen?

**Opdracht 29**

Hoe is de term 'Big Bang' ontstaan?

Deel 2:

**Opdracht 30**

Welke vier fundamentele krachten ontstaan direct na de Big Bang?

**Opdracht 31**

Leg uit wat een plasma universum is.

**Opdracht 32**

Wanneer het plasma universum eindigt, kunnen we spreken van een 'mini treshold' volgens David Christian. Welke twee redenen heeft hij hiervoor?

Deel 3:

**Opdracht 33**

Vind jij het bestaan van kosmische achtergrond straling overtuigend bewijs voor de Big Bang? Beargumenteer.

Zoals je in de video al hoorde zijn er nog veel zaken onduidelijk rondom de Big Bang. Maar zoals Laurens Kraus ooit gezegd heeft (2009): "Wetenschappers houden van mysteries. Ze houden ervan dingen niet te weten! Dat is de kern van wetenschap."



Rondom de Big bang zijn er ook veel mysteries. Zo kunnen we niets zeggen over wat de oorzaak van de oerknal was, of wat daarvoor was. 'Daarvoor' is al moeilijk te bedenken, omdat men er van uit gaat dat de tijd pas ontstond met de Big Bang.

Onderstaande tekst van Bill Bryson (2003) gaat over deze mysteries en mogelijke antwoorden die wetenschappers hebben geformuleerd.

“Hoewel iedereen het de Big Bang noemt, waarschuwen vele boeken ons om er niet over te denken alsof het een explosie is in de conventionele zin. Het was een behoorlijk snelle, onverwachte uitdijning op een kolossale schaal. Wat veroorzaakte het?

Een mogelijkheid was dat de singulariteit een overblijfsel was van een eerder, ineengestort universum – dat we dus één van een cyclus van uitdijende en ineenstortende universa zijn... Andere schrijven de Big Bang toe aan wat zij een “false vacuum” of een “scalar field” of “vacuum energie” noemen. – iets dat, in ieder geval, een mate van instabiliteit toevoegde in het “niets” (“nothingness”) dat er was. Het lijkt onmogelijk dat je “iets” krijgt uit “niets”, maar het feit dat er eerst niets was en dat er nu een universum is, is duidelijk bewijs dat het mogelijk is.”

**Opdracht****Opdracht 34**

Hoe kan iets nu vanuit niets ontstaan? Zoek op wat wetenschappers verstaan onder “nothingness” en hoe zo te verklaren valt dat de Big Bang vanuit het niets ontstond.

Les 13:

Sommige wetenschappers suggereren dat het mogelijk kan zijn dat ons universum deel uitmaakt van vele grotere universa, waarvan sommige in andere dimensies, en dat Big bangs aan de orde van de dag zijn in dit multiversum. Of dat ruimte en tijd ook andere vormen hadden voor onze Big Bang, vormen te verschillend om voor te kunnen stellen. De Big Bang waar wij mee te maken hebben zou dan een soort overgangsfase zijn waarbij het universum veranderd van vorm in een universum dat wij bijna kunnen begrijpen. In een artikel in de New York Times door de kosmoloog Dr Andrei Linde (2001) zouden zulke redeneringen bijna religieuze vragen zijn.

Weer een ander idee is dat er een multiversum is, waarbij het volgende universum gevormd wordt door het vorige. In de video van de lezing van Robbert Dijkgraaf gebruikte hij het onderstaande plaatje om het multiversum een vorm te geven.

**Opdrachten****Opdracht 35**

Ben jij het ermee eens dat de vragen rondom de Big Bang theorie bijna religieuze vragen zijn? Beargumenteer je antwoord.



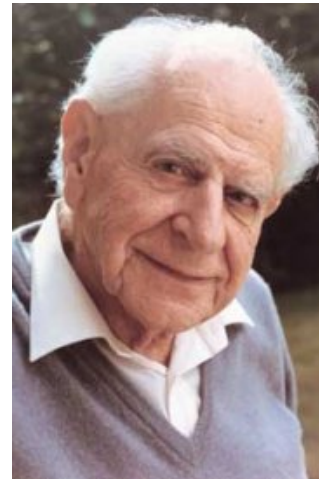
Afb. 1.8. Een model van het multiversum.

### 1.5. Falsificeerbaarheid

Hoewel er tegenwoordig toch wel over wordt nagedacht, houden wetenschappers zich over het algemeen niet bezig met de vraag wat er voor de Big bang was. Dit komt niet alleen omdat deze vraag niet te beantwoorden is zonder observaties of berekeningen die toetsbaar zijn. We kunnen tot  $10^{-43}$  seconden na de Big bang terugkijken en daar kunnen wel zinnige dingen over gezegd worden die toetsbaar zijn. Ook door het ontbreken van *ingredients* en *goldilock conditions* is ook de vroege geschiedenis van de Big Bang theorie niet meer dan een *origin story*. De aannemelijkheid van de theorie ligt in de logische bewijsvoering als *claimtester*.

De eis van de moderne wetenschap is *falsificeerbaarheid*, geformuleerd door de Oostenrijkse wetenschapsfilosoof

Karl Popper. Hij stelde dat dat wetenschappelijke theorieën zo moesten worden geformuleerd, dat ze met één observatie verworpen zouden kunnen worden. Voor elke theorie zou je een test moeten kunnen bedenken om een tegenvoorbeeld te vinden waaruit blijkt dat de theorie niet klopt. Het gaat er om riskante voorspellingen te doen die gemakkelijk te weerleggen lijken.



Afb. 1.9. Karl Popper (1902 – 1994)

Popper nam Einstein als voorbeeld van een goede wetenschapper: hij had een gewaagde theorie die tegen het heersende denken inging en deed precieze voorspellingen die gemakkelijk weerlegd hadden kunnen worden. Maar dat gebeurde niet, waardoor Einsteins theorie steeds aannemelijker werd. Popper spreekt dan

van *corroboratie*: het steeds aannemelijker worden van een theorie, omdat deze kritische toetsen doorstaat. Falsificeerbaarheid is dus datgene wat echte wetenschap onderscheidt van pseudowetenschap. Popper's criterium voor wat wel en wat niet wetenschappelijk is wordt ook wel het *demarcatiecriterium* genoemd.

Theorieën over wat er voor de Big bang was zijn vooralsnog niet toetsbaar en dus volgens het criterium van Popper pseudowetenschappelijke theorieën. Dat is dan ook de reden dat de wetenschappelijke wereld zich daar de afgelopen decennia nauwelijks mee heeft beziggehouden. Momenteel lijkt hierin verandering te komen, want steeds meer wetenschappers, zoals bijvoorbeeld Roger Penrose, formuleren theorieën over

wat er voor de Big Bang kwam. Dit is opmerkelijk, omdat zij een aantal jaren geleden deze vraag absoluut onwetenschappelijk vonden.

**Opdrachten****Opdracht 36**

Verzin drie uitspraken die wetenschappelijk lijken, maar dat niet zijn volgens het criterium van Popper. Herformuleer ze vervolgens zo dat ze wel falsificeerbaar zijn.

## STAP 2

# Elementen en sterren

In dit hoofdstuk:

- Hoe sterren ontstonden na de Big Bang
- Welke soort sterren er zijn
- Wat de sterren ons geven
- Alles over de chemische elementen
- Dat wij allemaal gemaakt zijn van sterrenstof

Scheikunde, Astronomie, Natuurkunde, Filosofie

**Stap 2a**  
**ELEMENTEN EN STERREN**

**INGREDIËNTEN** + **GOLDFLOCKS VOORWAARDEN** = **NIEUWE COMPLEXITEIT**

**INGREDIËNTEN**  
Waterstof en helium  
Gravitatiekracht

**GOLDFLOCKS VOORWAARDEN**  
Kleine variaties in de dichtheid van materie in het hele Universum  
Sta de zwaartekracht toe om materie samen te trekken in steeds dichtere wolken, die bij het vormen heter worden  
Temperatuur > 10 miljoen graden Celsius  
Zijn heet genoeg voor de sterke atoomkrachten om protonen te fuseren en enorme hoeveelheden energie vrij te maken

**NIEUWE COMPLEXITEIT**  
"Hot spots"  
Plaatsen in het Universum waar genoeg energie en materie is om geheel nieuwe Goldlocks voorwaarden te scheppen  
Nieuwe structuren  
Sterren  
Sterrenstelsels  
Clusters  
Superclusters



Les 14:

*'When I consider how, after sunset, the stars come out gradually in troops from behind the hills and woods, I confess that I could not have contrived a more curious and inspiring sight.'*

- Henry David Thoreau (1817 – 1862)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

---

1. Het belang van deeltjes
2. Hoe ontstaan sterren?
3. Soorten sterren
4. Atomen en de vorming van elementen?
5. Het belang van stervende sterren

#### **2.1. De vorming van sterren**

De tweede grote stap in de historie van het bestaan is de vorming van de sterren. Sterren waren de eerste complexe en stabiele eenheden in het universum.

##### **2.1.1. Materie maakt het verschil**

Om te kunnen begrijpen hoe het mogelijk is om alles wat er nu bestaat is ontstaan uit de Big Bang, moeten we eerst een beetje de diepte in gaan over het bestaan van deeltjes en materie.

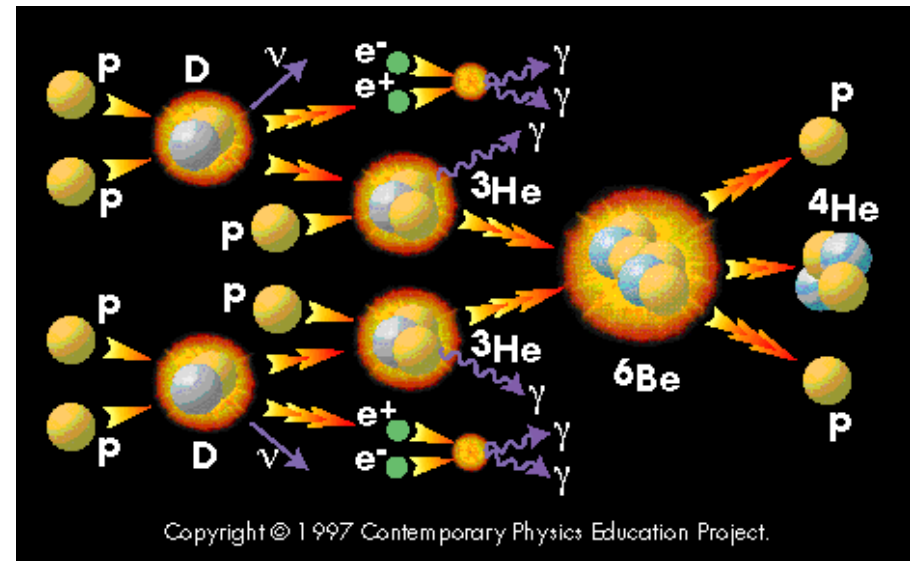
Met zijn relativiteitstheorie toonde Albert Einstein aan dat materie en energie uitwisselbaar zijn. Hij toonde aan hoe deeltjes zich vormden na de Big Bang. Hij formuleerde zijn bewijsvoering in de wereldberoemd geworden formule  $E = MC^2$ . Deze formule geeft de omzetting weer hoeveel energie overeenkomt met een bepaalde hoeveelheid materie.

In de eerste periode van uitdijing vormden zich protonen en daarna de veel lichtere elektronen. Vervolgens door versmelting van deze twee de neutronen. Eén seconde na de oerknal was het universum al zo uitgedijd en afgekoeld dat er niet meer genoeg energie was om verder deeltjes te maken. Door een proces dat we **nucleosynthese** noemen, konden zich enkele eenvoudige elementen vormen. Dit zijn de lichtste elementen die we kennen, waterstof en helium. Ook vormden zich enkele andere elementen, Lithium, Berillium en Boor. Deze elementen gaan uiteindelijk een belangrijke rol spelen voor het oplichten van de sterren die zich veel later zouden vormen.

Tot zo'n 380.000 jaar na de Big Bang bleef het universum eigenlijk zeer eenvoudig. Het merendeel bestond uit wat we "zwarte materie (dark matter)" noemen en die verder geen rol speelt in ons verhaal dat nu volgt. Laten we concentreren op de waterstof, helium en energie die er

toen was. Onder invloed van gravitatiekracht begonnen de eerste elementen naar elkaar toe te bewegen en vormden wolken die in temperatuur slechts  $0,00001\text{ }^{\circ}\text{C}$  verschilden met hun omgeving. Echter ongeveer 200 miljoen jaar na de Big Bang, beginnen sterren en melkwegen op te lichten. Hoe groter de wolk, hoe groter de massa. Hoe groter de massa van de wolk, hoe sterker de gravitatiekracht tussen de onderlinge deeltjes. Door de hoge dichtheid van deze waterstofwolken nam de temperatuur en druk in de wolk enorm toe. En zo ontstonden de zogenaamde "hot-spots" in de ruimte. De waterstofatomen vielen door de hoge temperatuur weer uit elkaar en er ontstond weer een soort plasma van deeltjes (protonen, elektronen en neutronen). De protonen botsten door de gravitatiekracht zo hard op elkaar dat twee protonen met elkaar samengevoegd werden en één van die twee zijn lading afstond die in de vorm van energie vrijkwam. Zo ontstond er deuterium (waterstof met een proton en een neutron in de kern). De deuterium atomen botsten weer op elkaar en vormde zo helium en ook hier kwam weer een hoop energie bij vrij in de vorm van hitte en licht. Dit proces noemen we **kernfusie**. Enerzijds vallen de deeltjes onder de gravitatiekracht naar elkaar toe, anderzijds wordt er een druk opgebouwd waarbij grote hoeveelheden energie vrijkomen. Wanneer er een evenwicht ontstaat tussen de

druk die de wolk uiteen willen drukken enerzijds en de gravitatiekracht die de deeltjes naar elkaar toe trekken en laten fuseren, ontstaat er een ster. Een deel van de vrijkomende warmte en licht verlaat de ster en de ster licht op en verwarmd haar omgeving.



Afb. 2.1. Kernfusie in een ster

Wanneer zo een aantal sterren gevormd zijn trekken ook deze sterren elkaar aan onder invloed van de gravitatiekracht en vormen zo sterrenstelsels. De sterrenstelsels vormen op hun beurt weer de superclusters onder invloed van de gravitatiekracht. Daarna is de gravitatiekracht te klein geworden om nog



verder superclusters samen te binden. Zodoende zijn er aparte melkwegstelsels die uit elkaar drijven.

### Opdrachten

#### Opdracht 37

Bekijk de video "[How were stars formed](#)" (9:54 min)

#### Opdracht 38

Bekijk de video "[Birth of stars](#)" (7:58 min).

LES 15:

### 2.1.2. Stephen Hawking – A Briefer history of Time

“The universe as a whole would have continued expanding and cooling, but in regions that were slightly denser than average, this expansion would have been slowed down by the extra gravitational attraction.

This attraction would eventually stop expansion in some regions and cause them to start to collapse. As they were collapsing, the gravitational pull of matter outside these regions might start them rotating slightly. As the collapsing region got smaller, it would spin faster – just as skaters spinning on ice spin faster as they draw in their arms. Eventually, when the region got small enough, it would be spinning fast enough to balance the attraction of gravity, and in this way dislike rotating galaxies were born. Other regions that did not happen to pick up a rotation would become oval objects called elliptical

galaxies. In these, the region would stop collapsing because individual parts of the galaxy would be orbiting stably around its center, but the galaxy would have no overall rotation.

As time went on, the hydrogen and helium gas in the galaxies would break up into smaller clouds that would collapse under their own gravity. As these contracted and the atoms within them collided with one another, the temperature of the gas would increase, until eventually it became hot enough to start nuclear fusion reactions. These would convert the hydrogen into more helium. The heat released in this reaction, which is like a controlled hydrogen bomb explosion, is what makes a star shine. This additional heat also increases the pressure of the gas until it is sufficient to balance the gravitational attraction, and the gas stops contracting. In this manner, these clouds coalesce into stars like our sun, burning hydrogen into helium and radiating the resulting energy as heat and light. It is a bit like a balloon – there is a balance between the pressure of the air inside, which is trying to make the balloon expand, and the tension in the rubber, which is trying to make the balloon smaller.

Once clouds of hot gas coalesce into stars, the stars will remain stable for a long time, with heat from the nuclear reactions balancing the gravitational attraction.



Eventually, however, the star will run out of its hydrogen and other nuclear fuels. Paradoxically, the more fuel a star starts off with, the sooner it runs out. This is because the more massive the star is, the hotter the star, the faster the nuclear fusion reaction and the sooner it will use up its fuel. Our sun has probably got enough fuel to last another five billion years or so, but more massive stars can use up their fuel in as little as one hundred million years, much less than the age of the universe.”

### Opdrachten

#### Opdracht 39 – Groepsopdracht (2 personen)

Leg in je eigen woorden, en met behulp van de bekeken video's (les 14) en de bovenstaande tekst van Stephen Hawking, uit hoe sterren zijn ontstaan.

Schrijf het als een korte **blogpost** dat voor iedereen begrijpelijk is en lever deze over precies één week in bij je docent. Tijdens de les krijg je informatie over blogs.  
[praktische deeltaets 1]

Les 16:

### 2.2. Soorten sterren

Het valt met blote oog niet op, maar wanneer je 's avonds naar de sterrenhemel kijkt, zijn niet alle sterren hetzelfde. In de astronomie onderscheiden we verschillende soorten sterren en hun levensloop is bepalend voor wat zij

bijdragen. Sommige sterren leven kort, anderen lang. Sommige zijn heel groot en andere klein. Sommige sterren besluiten hun leven (=bestaan) met een knal, terwijl andere sterren langzaam uitdoven. Deze verschillen zijn bepalend voor wat deze sterren ons geven en openen de deur voor de vorming van elementen, waar uiteindelijk alles uit opgebouwd is.

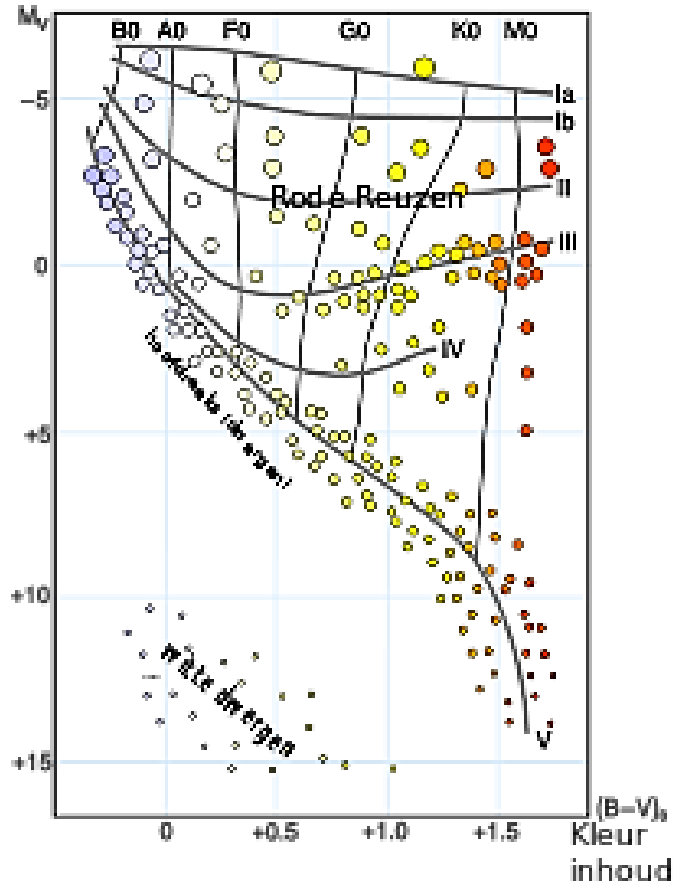
Door middel van een analyse van het licht dat een ster afgeeft kunnen wij tegenwoordig sterren van diverse soorten onderscheiden. Newton onderzocht in 1666 al het spectrum van onze zon en in de 19<sup>e</sup> eeuw werd het pas mogelijk een indeling te maken van sterren in duidelijk onderscheiden spectraaltypen. Wat spectraaltypen zijn wordt uitgelegd in de video [Sterrenspectra](#) [1:40 min.].

Hertzsprung en Russell maakten rond 1910 allebei onafhankelijk van elkaar een diagram waarbij zij de kleur van sterren uit zetten tegen hun helderheid. Dit diagram wordt het Hertzsprung-Russelldiagram of HR-diagram genoemd.

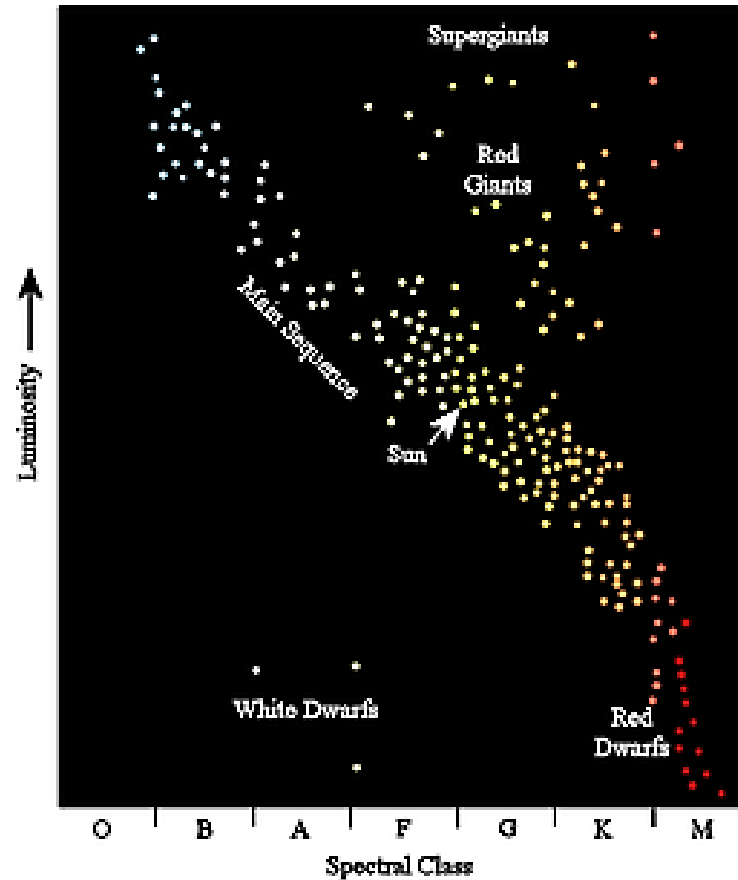
Het werk van Ejnar Hertzsprung en Russell laten zien dat de meerderheid van de sterren behoren tot wat zij de hoofdreeks (main sequence) noemen. Zeker 90% van de sterren behoren tot deze hoofdreeks. Dit zijn de sterren met een gemiddelde doorsnede en een normale

lichtsterkte en oppervlaktetemperatuur. Al deze sterren ontlenen hun energie aan de fusie van waterstof naar helium. Ook onze eigen zon is een ster uit de hoofdreeks.

Wanneer de sterren uit de hoofdreeks uitdoven vormen zij **rode dwergen**, de uitdovende kleine sterren. Aan het andere uiteinde van de hoofdreeks (linksboven) staan de



Afb. 2.2. Hertzsprung-Russelldiagram



**blauwe reuzen.** Dit zijn hoofdreekssterren met een zeer hoge massa, tot enkele tientallen keer de massa van onze zon. De blauwe kleur is een gevolg van hun hoge temperatuur (een paar tienduizenden Kelvin). Ze stralen het grootste deel van hun energie uit in het ultraviolet. De hogere massa gaat gepaard met een nog veel hogere lichtkracht waardoor de totale levensduur drastisch lager is dan bij een ster zoals de zon.

Dan zijn er nog een aantal sterren die afwijken van de hoofdreeks. Bovenaan rechts bevinden zich de **rode reuzen** en **superreuzen**. De rode reuzen zien er rood uit door hun relatief lage effectieve temperatuur van typisch zo'n 3000 K. De superreus heet zo omdat hun straal een factor 100 tot 1000 groter is dan bij een hoofdreeksster van dezelfde temperatuur. Dit zijn sterren die in de eindfase van hun leven zitten, en enorm uitgezette, maar zeer ijle buitenlagen hebben. Deze sterren zijn ook onderhevig aan een continu massaverlies door sterrenwind, die de massa met zich meeneemt het heelal in.

Tot slot zijn er nog de **witte dwergen**, die linksonder staan in het HR diagram. Dit zijn eindproducten van sterren met een lagere massa dan onze zon. De weinige energie die ze nog uitstralen is thermische afkoeling. In deze sterren

vinden geen kernfusies meer plaats. Het zijn sterren met een massa van een kleine ster, maar met de afmeting van een planeet.

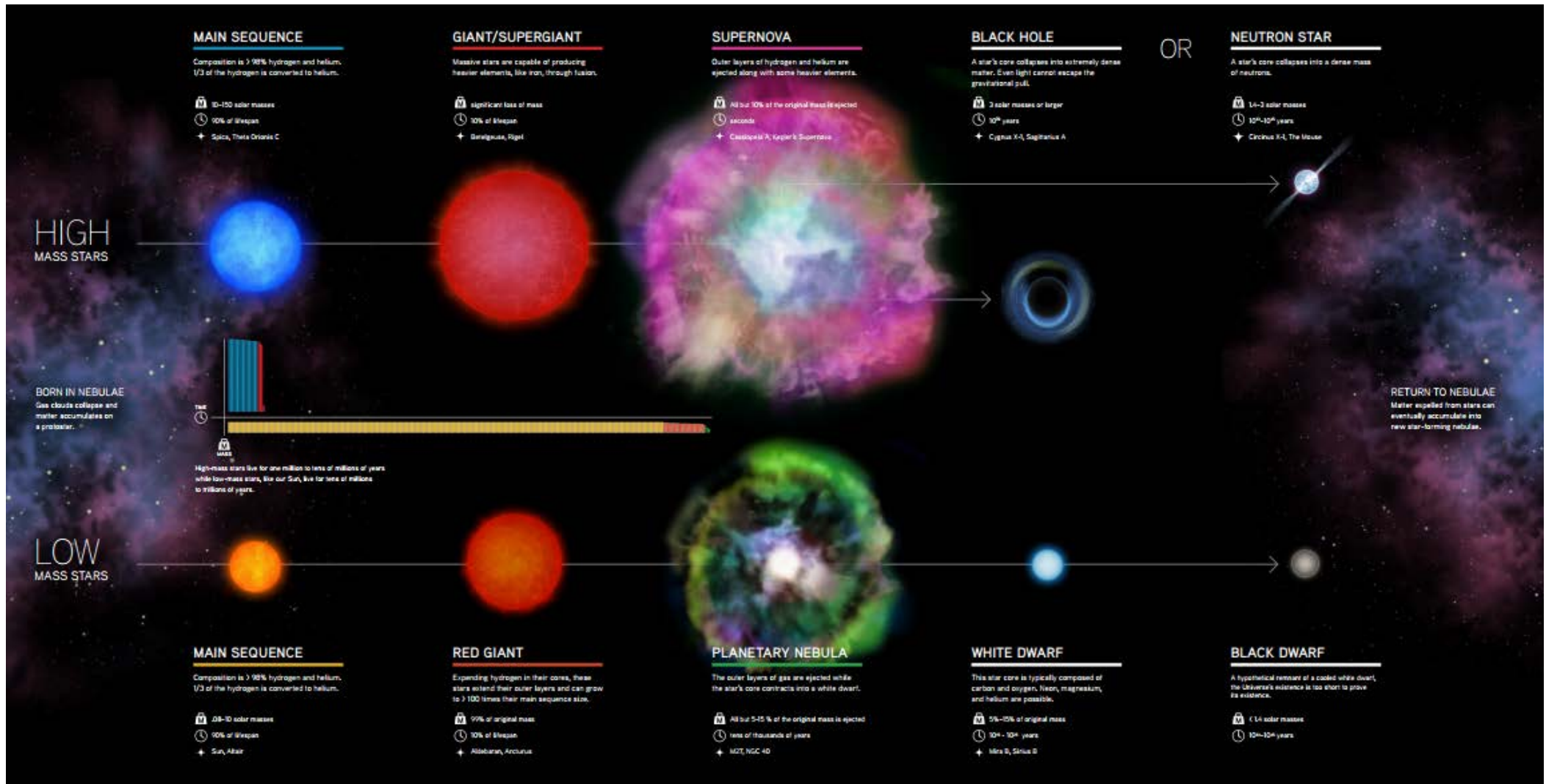


Afb. 2.3. Ejnar Hertzsprung (1873-1967) & Henry Norris Russell (1877-1957)

### Opdracht

#### Opdracht 40

Onderzoek op Internet welke soort sterren je het meest ziet als je op een doorsnee avond naar de sterrenhemel kijkt. En welke sterren zie je het minst vaak?



Afb. 2.4. Levenscyclus van sterren

## LES 17:

**STAP 2b**

## NIEUWE CHEMISCHE ELEMENTEN

<p><b>INGREDIËNTEN</b></p> <p>Verouderde en stervende sterren</p> <p>Zeer hoge temperaturen</p>	+	<p><b>GOLDILOCKS VOORWAARDEN</b></p> <p>Sterren zonder waterstof</p> <p>Leidt tot het produceren van elementen zo zwaar als ijzer door kernfusie</p> <p>Reuzensterren storten in</p> <p>Leidt tot supernova's met de noodzakelijke voorwaarden om de meeste elementen van het periodiek systeem te smeden en deze te verspreiden terwijl ze exploderen</p>	=	<p><b>NIEUWE COMPLEXITEIT</b></p> <p>Chemie is geboren</p> <p>Tweeënnegentig elementen, elk met hun eigen specifieke structuur en eigenschappen, verspreiden zich door de ruimte en combineren met elkaar om chemische verbindingen te vormen die op complexe manieren op elkaar inwerken</p>
---	---	--	---	---

*'The nitrogen in our DNA,  
the calcium in our teeth,  
the iron in our blood,  
the carbon in our apple pies,  
were made in the interiors of collapsing stars.  
We are made of star stuff.*

- Carl Sagan (1934 - 1996)

### 2.3. Het einde van sterren, een nieuw begin voor elementen

Sterren maken de weg vrij voor nog grotere complexiteit. De eerste sterren produceerden uiteindelijk veel van de chemische elementen die wij vandaag de dag aantreffen. Het universum was een relatief simpele ruimte die voornamelijk uit waterstof en helium bestond en waar je niet zo veel mee kan maken. Dit veranderde toen de eerste sterren 'stierven' (uitdoofden). Zij creëerden hierbij de extreem hoge temperaturen die nodig waren om kernen te laten versmelten en zo nieuwe chemische elementen te vormen. Deze elementen baanden de weg voor oneindig veel nieuwe mogelijkheden.

#### Opdrachten

##### Opdracht 41

Bekijk nu het eerste deel en begin van het tweede deel van "[What did the stars give us?](#)" (4:50 min).

Deel 1:

##### Opdracht 42

Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen sterren met een hoge massa en sterren met een lage massa?

**Opdracht 43**

Waarom is de creatie van chemische elementen een belangrijke stap voorwaarts in ons verhaal van Big History?

Brian Cox verteld in zijn boek *Wonders of the Universe* hoe een ster uiteindelijk veranderd in een rode reus en dan vervolgens in een nevelwolk (Nebula). Samenvattend komt het er op neer dat sterren zich in een wankel evenwicht bevinden. Aan de ene kant is er de gravitatiekracht die de ster wil samenpersen, waardoor ze zo warm wordt dat de elektromagnetische afstoting tussen waterstofkernen overwonnen wordt en ze fuseren totdat helium ontstaat. Aan de andere kant komt hierbij energie vrij die de druk levert die de ster juist behoedt voor ineenstorten. Wanneer de waterstof op gaat raken, vermindert dus ook de naar buiten gerichte druk en de gravitatiekracht neemt nu de overhand en verandert de ster drastisch van structuur. Nu gaat de kern van de ster snel ineenstorten waarna er een schil van waterstof en helium overblijft. Door de krimpende kern neemt de temperatuur weer toe tot wel 100 miljoen graden Celsius, waardoor een nieuw fusieproces wordt getriggerd. Op deze temperatuur wordt de elektromagnetische afstoting tussen heliumkernen overwonnen en nu gaan deze fuseren. De ster verbrand nu helium.

Door deze verandering treden er twee effecten op. Allereerst komt er bij deze fusie genoeg energie vrij die voorkomt dat de ster verder ineenstort, de ster stabiliseert en zwelt weer op. Dit is het begin van het leven van wat we een **Rode reus** noemen. Ten tweede leidt de fusie tot het ontstaan van het element dat aan de basis ligt van het leven. Uit twee fuserende heliumkernen ontstaat Beryllium ( $\text{Be}^8$ ), bestaande uit 4 protonen en 4 neutronen. Echter deze beryllium-isotoop is instabiel en zal snel uit elkaar vallen, maar door de extreem hoge temperatuur van de strevende ster blijven ze lang genoeg bestaan om nog te fuseren met een derde heliumkern en zo koolstof te vormen ( $\text{C}^{12}$ ). Dit is de bron waar alle koolstof in het universum vandaan komt: elk koolstofatoom in elk levend wezen op deze planeet is ooit geproduceerd in de kern van een stervende ster.

Overigens eindigt de heliumverbranding in een ster met de vorming van koolstof, want de omstandigheden in de kern laat ook toe dat nog een heliumkern fuseert met een koolstofatoom en zo zuurstof ( $\text{O}^{16}$ ) vormt. Hier op aarde bevindt zich zelfs 21% zuurstof in de atmosfeer, maakt deel uit van water, en is op waterstof en helium na het meest voorkomende element in het universum.

Vergeleken met de levensduur van een ster, is deze productie van koolstof en zuurstof door een ster in een



oogwenk voorbij. In ongeveer een miljoen jaar raakt de heliumvoorraad op en voor veel sterren stopt dan het fusieproces. Dan raakt de ster instabiel en er ontstaan veel gebieden met een hoge druk totdat de gehele ster ontploft. Daarbij wordt de voorraad zuurstof, koolstof, waterstof en alle andere elementen die gevormd zijn weggeblazen en gaan op reis door het heelal. Dan ontstaat er voor korte tijd ('slechts' enkele tienduizenden jaren) een fraaie nevel of nebula.



Afb. 2.5. Helix nebula (GC 7293)

Nadat de nebula verdwenen is, blijft er van een ster zo groot als onze eigen zon, een voorwerp over dat niet groter is dan onze Aarde. In zo'n situatie ontstaat er een **witte dwerg**.

Hele grote sterren vervallen tot de helft van de massa van onze zon, en daar blijft de chemische productielijn bestaan. Wanneer daar de helium fusie tegen het eind gaat lopen krijgt wederom de gravitatiekracht de overhand en het ineenstorten van de kern gaat verder. De temperatuur stijgt weer en een derde stadium in het ontstaan van elementen vangt aan. Bij een temperatuur van honderden miljoenen graden Kelvin, koolstof en helium fuseren tot neon, neon fuseert met helium tot magnesium, twee koolstofatomen fuseren tot natrium. Hoe meer elementen er aanwezig zijn en hoe hoger de temperatuur stijgt, hoe zwaarder de elementen zijn die zich vormen. De kern van de ster blijft ineenstorten, de temperatuur blijft stijgen en lagen van gevormde elementen blijven achter.

Uiteindelijk gaat dit proces door tot zich ijzer vormt uit de fusie van silicium. Op dat moment is de kern van de ster al 2,5 miljard graden Kelvin geworden en deze kan nergens meer heen. De piek van nucleaire stabiliteit is bereikt en er komt niet genoeg energie meer vrij om elementen

zwaarder dan ijzer te vormen. Uiteindelijk blijft er een ijzeren kern over en stort de ster volledig in en vormt een nebula.

### Opdrachten

#### Opdracht 44

Bepaal naar aanleiding van de bovenstaande tekst welke elementen zich tot dan hebben gevormd door een ster zoals onze eigen zon.

#### Opdracht 45

Welke sterren zijn er alleen verantwoordelijk voor de productie van alle elementen tot en met ijzer?

LES 18:

### 2.4. De overige 72 elementen

### Opdrachten

#### Opdracht 46

Bekijk nu de rest van het tweede deel van "[What did the stars give us?](#)" (4:51 – 9:10 min).

Nu komen we voor de vraag te staan waar de overige elementen vandaan komen die we nu tegen kunnen komen in de natuur. Het grootste element dat we kennen

in de natuur heeft atoomnummer 98 (= 98 protonen in de kern). Het grootste element dat tot nu toe gevormd werd in ons verhaal is 26 (ijzer). Enfin, tot nu toe werden de elementen tot ijzer gevormd door het ineenstorten van de kernen van sterren. De grotere elementen die we kennen zijn waardevol (goud, zilver en platinum), van levensbelang in organismen (koper en zink) of gewoon bruikbaar zoals uranium, tin en lood. Zeer zware sterren zijn nog in staat om de zwaardere elementen tot aan Bismuth-209 (atoomnummer 89) te vormen in hun kernen via een proces dat we neutron invangen noemen, maar dit proces verklaart niet de hoeveelheden die we nu aantreffen. Er zijn gewoonweg niet genoeg sterren met genoeg massa om hiervoor verantwoordelijk te zijn.

De omstandigheden die ijzer vormen worden alleen in zeer zeldzame situaties in het universum gevonden, die maar twee minuten in een eeuw van onze jaartelling voorkomen.

Na een paar miljoen jaar in een sterrenleven verandert het lot van de grootste sterren in ons universum dramatisch. Nadat de kern opgebrand is van waterstof tot aan ijzer begint het evenwicht in de ster te wankelen. De ster kent nog eenmaal een laatste stuiptrekking, maar wel één met zo'n intensiteit dat het de vorming van de zwaardere elementen mogelijk maakt.



De kern van de ster bezwijkt onder de gravitatiekracht met een snelheid die kan oplopen tot een kwart van de lichtsnelheid. Hierdoor krimpt de kern tot een fractie van haar oorspronkelijke grootte en stijgt de temperatuur tot maar liefst 100 miljard graden Kelvin. Nu treedt er een nieuw fenomeen op, namelijk door de hoge dichtheid in de kern van de atomen die aanwezig zijn, zijn het de bouwstenen van de kerndeeltjes, de kwantum deeltjes, die een verder ineenstorten van de kern tot stilstand brengen.

Letterlijk zijn bijna alle protonen en elektronen samengeperst tot neutronen. Neutronen zijn, net als protonen en elektronen, ondergeschikt aan wat wij het Pauli uitsluitingsprincipe noemen, die voorkomt dat zij te dicht op elkaar kunnen zitten. Het komt er op neer dat geen twee neutronen zich in hetzelfde kwantum stadium kunnen bevinden. Dit maakt de bal van neutronen die zich in de ineenstortende ster bevindt het hardste materiaal in ons universum, miljoenen malen harder dan diamant. Wanneer de neutronen dus niet dichter meer opeengeperst kunnen worden zal deze superververwarme materie met een enorme kracht uit elkaar spatten. Vanuit de kern van de ster zal een enorme schokgolf zich een weg naar buiten de kern banen en die de hoogste temperaturen het universum (100 miljard graden Kelvin)

heeft. Hoewel we het proces van deze snelle verhitting niet volledig kunnen bevatten, is deze intens genoeg om alle elementen van goud tot plutonium te laten ontstaan. Dit wordt een Type II **supernova** genoemd.

Supernovae zijn zo zeldzaam dat we sinds 1604 er geen meer hebben waargenomen (tot vrij kort geleden). Dat was dus een paar jaar voordat Galilei zijn versie van de telescoop had uitgevonden. Op basis van kansberekeningen zou er gemiddeld één supernova plaatsvinden per eeuw. Wat dat betreft heeft de wetenschap in de afgelopen 400 jaar pech gehad. Pas in juni 2015 werd een nieuwe supernova waargenomen, maar dit was er een van een onbekend type ster op een afstand van 3,8 miljard lichtjaar.

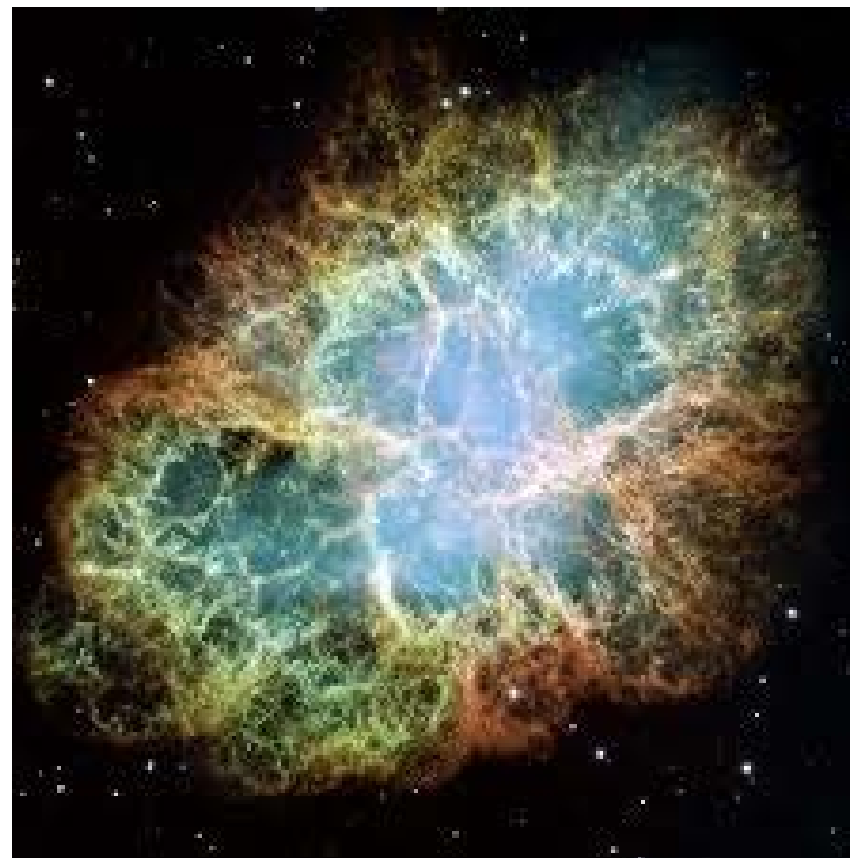
Eén van de belangrijkste kandidaten om in een supernova te veranderen is op dit moment Betelgeuse. Deze ster wordt al vele tientallen jaren in de gaten gehouden en op basis van veranderingen in haar helderheid hebben we ontdekt dat deze ster zeer instabiel is. Inmiddels is haar helderheid al met 15% afgenomen in de afgelopen 10 jaar. Het is een vrij jonge ster, naar schatting 10 miljoen jaar oud, maar wel een enorm massieve ster. Men verwacht dan ook dat deze ster “elk moment” in een supernova kan gaan veranderen. Op een tijdsbestek van 10 miljoen jaar is “elk moment” natuurlijk een relatief

begrip, want het kan morgen al gebeuren, maar ook over 1 miljoen jaar. Omdat Betelgeuse op slechts 500 lichtjaar hier vandaan staat zal de explosie dan ook hier goed zichtbaar zijn wanneer deze zich aandient. Op dit moment produceert op dit moment meer energie in een oogwenk dan onze eigen zon in haar gehele leven. Op het moment dat de ster explodeert in een supernova zal zij al de door haar gevormde elementen door het universum blazen. Er ontstaat dan een **nebula**, een wolk rijk aan elementen die door de ruimte gaat zweven. Wat over is van de neutronen in de kern van de ster zal verder gaan als een **neutronenster**.

Een **neutronenster** is de ineengestorte kern van een massieve ster die overblijft bij een supernova explosie. Ze ontstaat als de kern van een exploderende ster ineenstort onder invloed van de zwaartekracht. Terwijl de kern kleiner wordt, worden de protonen en elektronen samengeperst en vormen neutronen. De ster krimpt helemaal ineen en is uiteindelijk niet meer dan 10 - 30 Km in doorsnede, maar wel ongeveer anderhalf keer zo zwaar als onze eigen zon. De dichtheid van een neutronenster is dan ook onvoorstelbaar groot: een suikerklontje ervan zou meer wegen dan de Mount Everest!

Wanneer een ster nog groter dan Betelgeuse is kan er zelfs een **hypernova** ontstaan. De ineenstorting van de kern is dan zo groot dat er een **zwart gat** ontstaat. Zwarte

gaten werden al in 1790 voorspeld door John Michell en Pierre-Simon Laplace, omdat men het licht in het heelal zag afbuigen naar een bepaald punt en verdwijnen.



Afb. 2.6. Krabnevel

Wanneer een ster maar een lage massa heeft wordt zij eerst een witte dwerg (zie eerder in dit hoofdstuk) om

dan langzaam uit te doven en een **zwarte dwerg** te worden. Een zwarte dwerg zendt dus geen licht of warmte meer uit en is dus niet meer dan een uitgebluste ster.

### Opdrachten

#### Opdracht 47

Bekijk op <http://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/v/lifecycle-of-massive-stars> (6:41 min).

Maak een serie tekeningen van de fases die een grote ster doorloopt totdat zij een supernova wordt.

#### Opdracht 48

Bekijk nu ook <http://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/v/supernova--supernovae> (11:58 min).

#### Opdracht 49

Hoe groot moet een ster zijn om een zwart gat te vormen?

#### Opdracht 50

Wat is er zo bijzonder aan de Krabnevel?

LES 19:

## 2.5. Het periodiek systeem de elementen

In de voorgaande paragrafen wordt de vorming van de elementen besproken, zonder dat we precies aangeven wat elementen zijn. Daarvoor moeten we eerst naar het kleinste deeltje waaruit alles is opgebouwd: de **atoom**.

Democritus (ca. 460 v.Chr.-380/370 v. Chr.), één van de Griekse natuurfilosofen, geloofde al dat alles opgebouwd zou zijn uit kleine deeltjes die zelf ondeelbaar zouden zijn. Deze deeltjes noemde hij atomen. Aristoteles (384 v. Chr. - 322 v. Chr.) geloofde echter niet dat materie uit deeltjes bestond. Hij stelde dat elk stuk materie opgedeeld kon worden in steeds kleinere deeltjes zonder een einde: je kon oneindig blijven doordelen. Democritus bleek uiteindelijk gelijk te hebben, want alles hier op aarde blijkt te zijn opgebouwd uit atomen, die niet altijd bestaan hebben en die ook niet de enige soorten deeltjes in het universum zijn.

Tegenwoordig weet de wetenschap goed uit te leggen waaruit een atoom bestaat:

- **Protonen** – positief geladen deeltjes die zich in de kern bevinden;
- **Neutronen** – neutrale (niet geladen) deeltjes, die zich ook in de kern bevinden;
- **Electronen** – negatief geladen deeltjes die zich in een baan buiten de kern bevinden.

Nu we weten wat een atoom is, en waaruit deze is opgebouwd, kunnen we iets zeggen over de elementen die wij op Aarde aantreffen. Zoals je in de voorgaande paragrafen hebt kunnen lezen zijn er 98 van deze elementen ontstaan in (stervende) sterren.

In de 19<sup>e</sup> eeuw kende men al een groot deel van de elementen, maar wist niet goed deze te rangschikken. Het was John Dalton (1766-1844) die ontdekte dat elk element een eigen atoomgewicht had en specifieke eigenschappen. Het lukte hem, en een hele reeks onderzoekers na hem, echter niet om deze in een werkbaar overzicht te rangschikken. Wel wist men van de elementen die men al kende steeds beter het atoomgewicht en de eigenschappen te bepalen. In 1862 was de tijd rijp om te gaan kijken of al deze puzzelstukjes op één of andere manier in elkaar pasten. Het zou duren tot 1869 voordat de rus Dmitri Mendeleev (1834-1907) met de uiteindelijke oplossing kwam en de eerder voorgestelde overzichten op atoomnummer en een groepsindeling op eigenschappen zou combineren tot één allesomvattend systeem. Op dat moment waren er 63 elementen bekend en vertoonde het periodiek systeem vele gaten (van Spronsen, 1969).

Omdat alle elementen per kolom dezelfde eigenschappen hebben en ook weer per rij typische eigenschappen hebben kon men aan de hand van dit periodiek systeem

voorspellen hoe het ontbrekende element er uit moet zien en welke eigenschappen deze heeft.

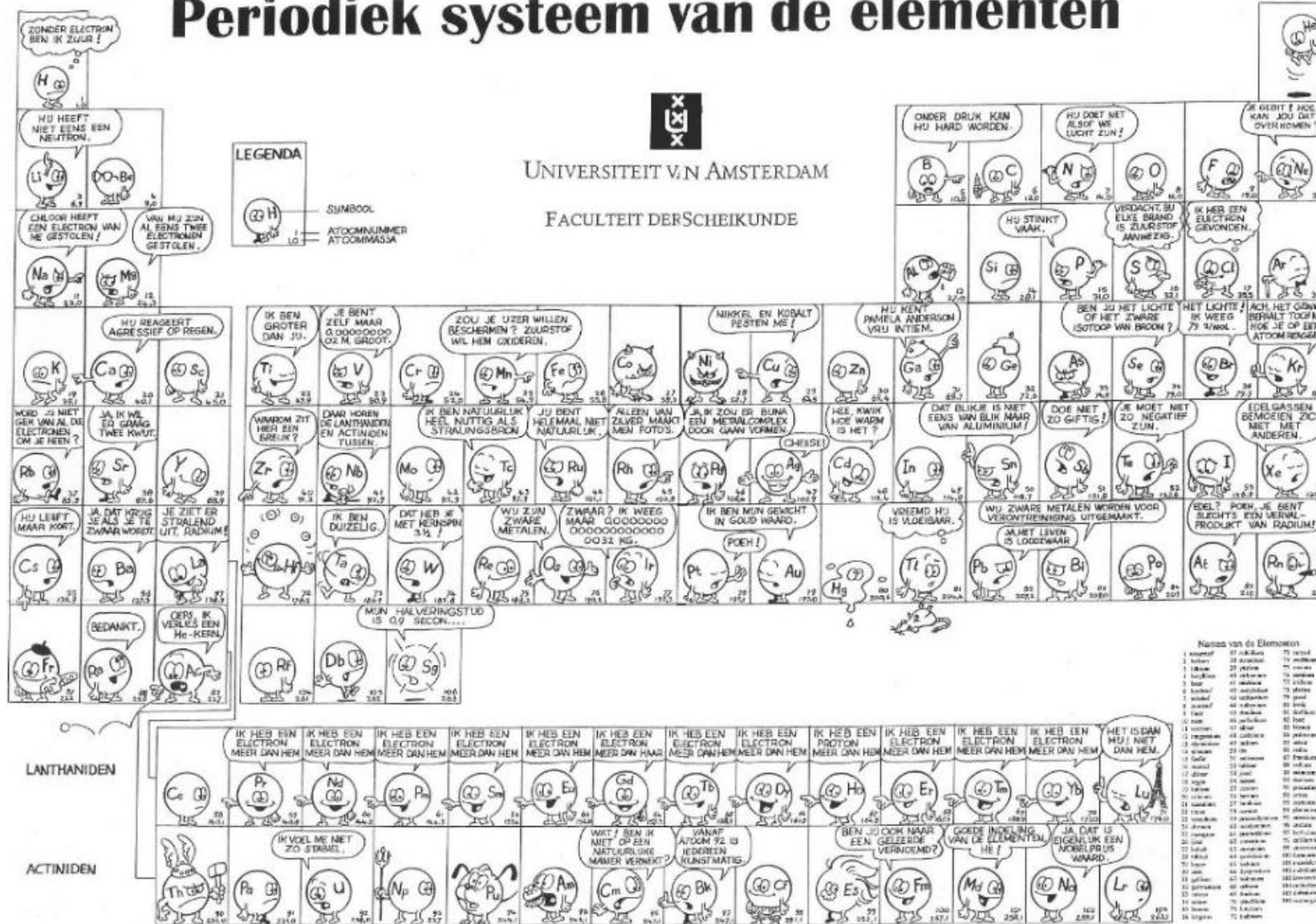
H																	He
Li	BE											B	C	N	O	F	?
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	?
K	Ca	?	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	?	?	As	Se	Br	?
Rb	Sr	Yt	Zr	Nb	Mo	?	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	?
Cs	Ba	La	?	Ta	W	?	Or	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	?	?	?
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
		?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
		Th	?	U	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Afb. 2.7. Periodiek systeem gebaseerd op Mendeleev (1869)

Zo kon men dus gericht zoeken en in de eerste 50 jaar na het opstellen van het periodiek systeem werden alle 98bestaande elementen gevonden. Daarnaast zijn er in de afgelopen 90 jaar nog eens 20 elementen kunstmatig gemaakt die mogelijk bestaan hebben, maar doordat ze zo'n korte tijd bestaan niet in het universum gevonden worden.

De letters in het periodiek systeem zijn afkortingen voor elementen. Zo staat de H voor waterstof (**H**ydrogen), den C voor koolstof (**C**arbon) en de O voor zuurstof (**O**xxygen).

# Periodiek systeem van de elementen



Afb. 2.8. Een humoristische weergave van het periodiek systeem.

Wat opvalt in het periodiek systeem der elementen op pagina 45 is dat er ook een cijfertje bij staat. Bij de H is dat een 1 en bij de C een 6. Dit cijfer geeft het aantal protonen in de kern van het atoom aan en wordt het atoomnummer genoemd. Een element en haar plaats in het periodiek systeem zijn aan de hand van het atoomnummer vastgesteld. Als je een atoom aantreft met 6 protonen in de kern, dan heb je te maken met koolstof (C). Een atoom met 1 proton in de kern is waterstof (H) en een atoom met 8 protonen in de kern is zuurstof (O).

### Opdrachten

#### Opdracht 51

Bekijk op <http://www.khanacademy.org/science/chemistry/v/elements-and-atoms> (13:09 min).

#### Opdracht 52

Bekijk <http://www.youtube.com/watch?v=zUDDiWtFtEM> (3:00 min.) "the NEW periodic table song" met alle 118 elementen!

LES 20:

### 2.6. Moleculen

Tot nu toe hebben we het alleen maar over de afzonderlijke elementen gehad. Maar in de wereld waarin wij leven zou alle leven niet kunnen bestaan als deze

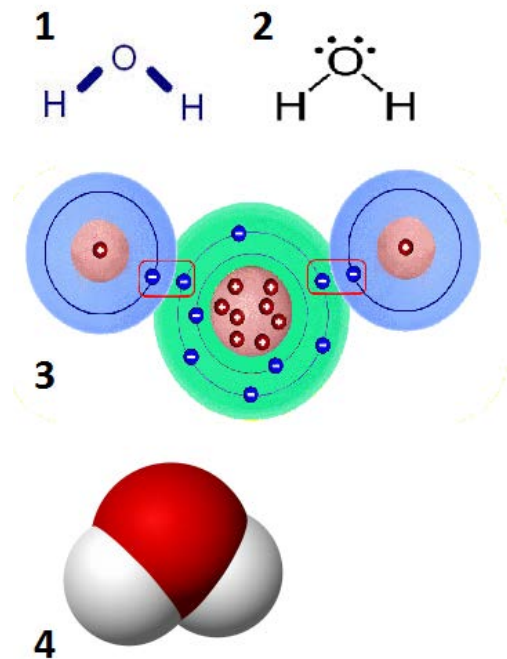
elementen geen verbindingen met elkaar waren aangegaan.

Samen vormen verbonden atomen moleculen. Zo bestaat een watermolecuul uit 3 atomen, behorende tot 2 elementen. In een watermolecuul is één zuurstofatoom een verbinding aangegaan met twee waterstofatomen (**brutoformule**). Om aan te geven hoe water is opgebouwd kunnen we gebruik maken van verschillende notatiewijzen, nl. als **molecuulformule** of als **structuurformule**.

De **molecuulformule** van een stof is een korte notatiewijze die aangeeft uit welke elementen en in welke aantallen atomen een molecuul is opgebouwd. De elementen worden voorgesteld door een symbool. Zo is waterstof een H en zuurstof een O. De molecuulformule voor water is dan H<sub>2</sub>O.

De **structuurformule** is een grafische, tweedimensionale weergave van de structuur en enkele andere belangrijke kenmerken van een molecuul. Met een structuurformule laat je ook zien hoe de verschillende atomen gerangschikt zitten in een molecuul en welke **covalente** verbindingen zij aangaan. Hoe covalente verbindingen aangegaan worden wordt uitgelegd in de video uit opdracht 53.





Afb. 2.7. Weergaven van water: 1 en 2. structuurformule, 3. structuurformule met covalenties, 4. molecuulmodel.

### Opdrachten

#### Opdracht 53

Bekijk de video over [drie hoofdtypes van chemische bindingen](#) (4:55 min).

#### Opdracht 54

Na het zien van het bovenstaande video is het nu aan jou om schematisch te tekenen hoe  $H_2O$  zich vormt.

#### Opdracht 55

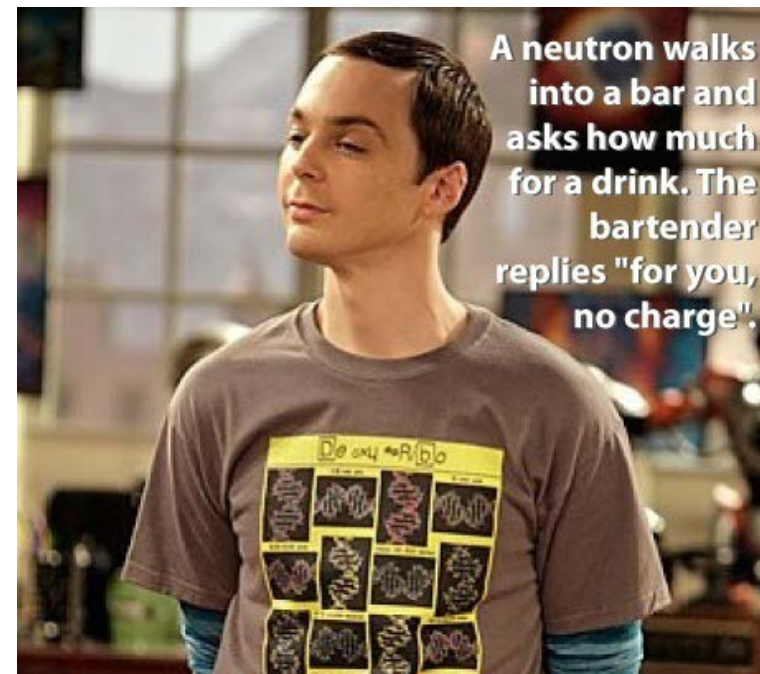
Welke verschillende soorten verbindingen kennen we?

#### Opdracht 56

Hoe verklaren deze verbindingen de kenmerken van bepaalde stoffen?

#### Opdracht 57

Zoek een feitje op over atomen dat jij het meest fascinerend vindt.



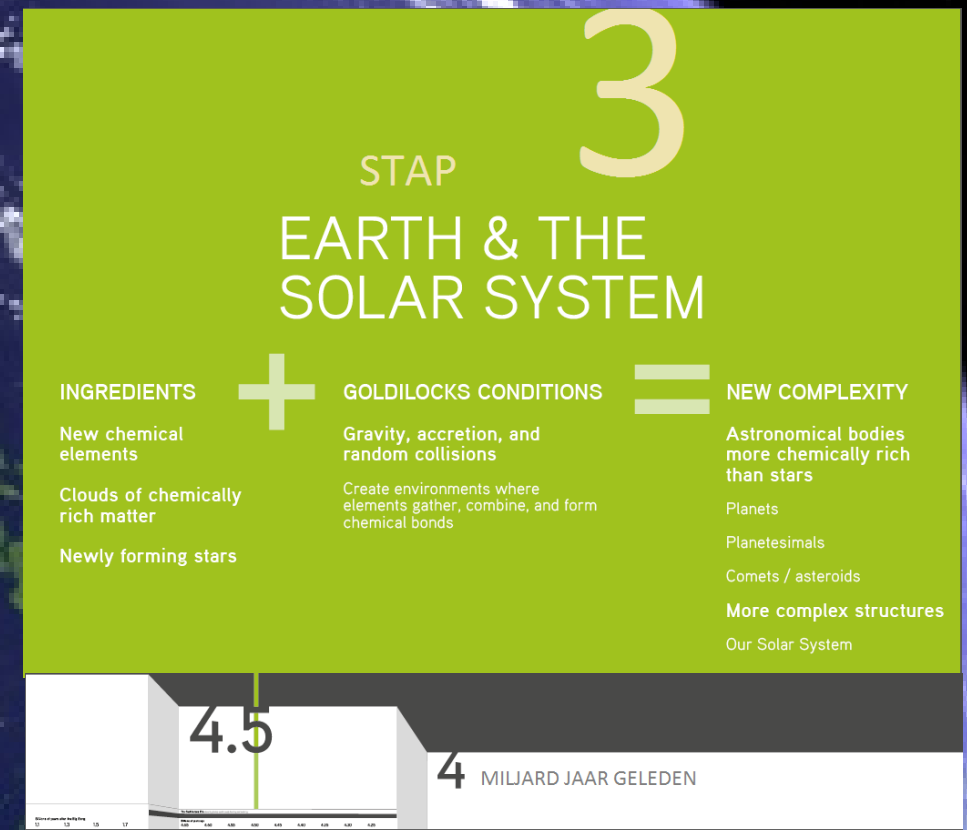
## STAP 3

# Ons zonnestelsel en de Aarde

In dit hoofdstuk:

- Alles over ons zonnestelsel
- Welke hemellichamen zijn er in ons zonnestelsel
- De ontstaansgeschiedenis van de Aarde
- De invloed van onze zon en maan
- De aardkorst en de dampkring en waarom die beschermd moet worden

Scheikunde, Astronomie, Natuurkunde, Geologie, Meteorologie





LES 21:

*“It’s funny. When we were alive we spent much of our time staring up at the cosmos and wondering what was up there. We were obsessed with the moon and whether we could one day visit it. The day we finally walked on it was celebrated worldwide as perhaps man’s greatest achievement. But it was while we were there, gathering rocks from the moon’s desolate landscape, that we looked up and caught a glimpse of just how incredible our own planet was. Its singular astonishing beauty. We called her Mother Earth. Because she gave birth to us, and then we sucked her dry”.*

Jon Stewart (1962 – heden)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

---

1. Hoe vormde ons zonnestelsel zich?
2. Hoe groot is ons zonnestelsel?
3. Hoe ziet ons zonnestelsel er uit?
4. Hoe ontwikkelde onze planeet zich?
5. Aardkorst en atmosfeer
6. Vorming van de continenten
7. Voorwaarden voor leven

### **3.1. De vorming van ons zonnestelsel**

Er is voor de vorming van zwaardere elementen zoveel hitte nodig, dat deze alleen kunnen ontstaan dankzij supernova’s. Op onze Aarde treffen wij zwaardere elementen aan en dit is de reden dat de wetenschap er van overtuigd is dat ons zonnestelsel ontstaan is na zo’n dramatische gebeurtenis. Door de schokgolf worden alle elementen die wij nu kennen geformeerd, de ruimte in geschoten en zo blijft er een grote wolk gas over, waarbinnen al snel reacties plaatsvinden en onze zon ontstaan is. We hadden in de vorige stap al gezien dat grotere sterren korter bestaan dan kleinere. Ook de ouderdom van ons zonnestelsel,  $4\frac{1}{2}$  miljard jaar, wijst er op dat ons zonnestelsel is ontstaan uit de supernova van een grotere ster. Hieronder kun je zien hoe dat er uit moet hebben gezien:



Afb. 3.1. Het ontstaan van een nieuw zonnestelsel in het universum.

**Opdrachten****Opdracht 58**

Bekijk nu de lezing "[How did Earth form?](#)" (12:05 min).

Deel 1:

**Opdracht 59**

Hoe komen we aan zoveel soorten materialen?

Deel 2:

**Opdracht 60**

Wat is een protoplanetary disc (proplyde)?

**Opdracht 61**

Leg uit wat accretie is?

Deel 3:

**Opdracht 62**

Waarom zijn planeten complexer dan sterren?

**3.2. De grootte van ons zonnestelsel**

Ons zonnestelsel is eigenlijk ontzettend groot. Want ook na de laatste planeet van ons zonnestelsel is het nog 50.000 maal die afstand door de Oort wolk reizen voor we aan de grens komen van ons zonnestelsel. De 384.000 kilometer naar de Maan is al een hachelijke onderneming.

Toen President George W. Bush ooit opperde de mens een bemane vlucht naar Mars te laten maken, werd dit idee in alle stilte afgevoerd nadat iemand uitrekende dat dit 450 miljard dollar zou gaan kosten en hoogstwaarschijnlijk geen enkele kosmonaut de reis zou overleven. Op basis wat we nu weten is het gewoon onmogelijk dat men ooit tot de grens van ons eigen zonnestelsel kan reizen. Momenteel leren we wel veel van de foto's die de Voyager 1 en Voyager 2 sondes maken en dit zijn momenteel de snelst vliegende ruimtescheepjes die we hebben met hun snelheid van ruim 56.500 km/uur. Deze sondes zijn sinds hun lancering in 1977 (Voyager 2 op 20 augustus 1977 en Voyager 1 op 5 september 1977) op weg naar de rand van ons zonnestelsel. In totaal zal de Voyager 2 er ongeveer 40.000 jaar over doen om de dichtstbijzijnde ster, Proxima Centauri, te bereiken.

Omdat de afstanden in ons zonnestelsel zo groot zijn in kilometers heeft men een aparte eenheid om mee te rekenen. Die eenheid is de **astronomische eenheid (ae)**. De astronomische eenheid is gedefinieerd als de gemiddelde afstand van de Zon naar de Aarde. Dus de Aarde ligt op 1 ae van de Zon af. Pluto, die tot voor kort als onze buitenste planeet werd beschouwd bevindt zich op bijna 40 ae van de Zon.

**Opdrachten****Opdracht 63**

Maak een schaalmodel van ons zonnestelsel. Zet daarbij voor zowel de zon als onze planeten een punt “.”. Reken eerst de afstanden van de planeten om in astronomische eenheden (ae) en zet deze op schaal uit op een A4 blaadje. Let op, kies je schaal zo dat alle planeten en Pluto op het vel passen. Gebruik onderstaande tabel 3.1 om alles uit te rekenen.

**Opdracht 64**

Hoe komt het dat de omlooptijd van de planeten steeds langer duurt?

Planeet	Afstand tot de Zon (in km)	Afstand tot de Zon (in ae)	Omlooptijd (in jaren)
Mercurius	57.910.000	..	0,29
Venus	108.208.930	..	0,62
Aarde	149.597.870	1,0	1,00
Mars	227.936.640	..	1,88
Jupiter	778.412.010	..	11,86
Saturnus	1.426.725.400	..	29,46
Uranus	2.870.972.200	..	84,01
Neptunus	4.498.252.900	..	164,79
Pluto	5.906.886.800	..	248,50

Tabel 3.1.

LES 22:

**3.3. De planeten**

Sinds een grote conferentie van de Internationale Astronomische Unie (IAU) is er op basis van alle nieuwe informatie die men met ruimtesondes verkregen heeft de afgelopen 30, een nieuwe indeling gemaakt van ons zonnestelsel. Ons zonnestelsel kent momenteel 8 planeten en een aantal andere hemellichamen. Onze planeten worden sinds kort ingedeeld in drie groepen, nl. de **steen- of silicaatplaneten** (Mercurius, Venus, Aarde en Mars), de **gasreuzen** (Jupiter en Saturnus) en de **ijsreuzen** (Uranus en Neptunus). Planeten draaien in een baan om de Zon.

Pluto werd tot 24 augustus 2006 gerekend tot de 9<sup>e</sup> planeet van ons zonnestelsel, maar heeft sindsdien een “eigen status” gekregen, samen met nog 4 hemellichamen uit ons zonnestelsel.

**3.3.1. De steenplaneten (silicaatplaneten)**

De steenplaneten bestaan voornamelijk uit de zwaardere elementen en hebben een zware kern die bestaat uit ijzer. Van de 4 steenplaneten hebben Venus, de Aarde en Mars veel met elkaar gemeen gehad. Op een gegeven moment in hun geschiedenis zijn ze elk een eigen ontwikkeling gaan doormaken, waardoor alleen op aarde leven aanwezig is.

### 3.3.1.1. Mercurius

Mercurius staat het dichtst bij de zon en de ijzerkern omvat 42% van de planeet. Het oppervlak van de planeet is zwaar gehavend door de vele rotsblokken die de steenwoestijn veranderd heeft in een oppervlak vol inslagkraters. De ruimtesonde Mariner 10 heeft ook "gladde" plekken aangetroffen die wijzen op gestold lava, dus vroeger was er ook vulkanisme.

Omdat deze planeet zo dicht bij de Zon ligt vangt deze veel rotsblokken die in de ruimte zweven op die door de Zon aangetrokken worden door haar grote gravitatiekracht. Ook kan het er wel  $430^{\circ}\text{C}$  warm worden, terwijl het in de nacht afkoelt tot  $-180^{\circ}\text{C}$ . Mercurius heeft geen manen.



Afb. 3.2. Mercurius.

Afb. 3.3. Venus.

### 3.3.1.2. Venus

De oppervlakte van Venus is continu in beweging, want er is een hoge mate van vulkanische activiteit. Er is ook een atmosfeer, maar niet één waar wij ons erg thuis zouden voelen. Er is een dik wolkendek van zwavelzuurdruppels en verder bestaat de atmosfeer voornamelijk uit koolstofdioxide. Hierdoor ontstaat er een groot broeikaseffect en is de planeet bijna net zo warm als Mercurius. Verder is er door de dichte atmosfeer ook een zeer hoge druk, die bijna net zo groot is als de druk achter een kurk van een champagnefles (90 atmosfeer). Eén van de eerste ruimtesondes die op Venus probeerde te landen was al na enkele minuten aangetast door het zwavelzuur en verpletterd onder de grote druk. Venus is ook de enige planeet die we kennen die andersom om haar as draait. Dit komt zeer waarschijnlijk doordat de planeet  $180^{\circ}$  omgeslagen is na een botsing met een ander groot hemellichaam. Ook Venus heeft geen manen.

### 3.3.1.3. Aarde

Dit is veruit de belangrijkste planeet voor ons, omdat we daar zelf wonen. Later in dit hoofdstuk gaan we verder in op deze planeet. Ook de Aarde heeft een atmosfeer, maar deze bestaat voornamelijk uit stikstof en zuurstof. De gemiddelde temperatuur op Aarde is  $12^{\circ}\text{C}$ , maar zonder atmosfeer zou deze anders  $30^{\circ}\text{C}$  kouder geweest zijn. De

ijzerkern van onze planeet maakt slechts 17% deel uit van alle materie op Aarde. Door een unieke combinatie van omstandigheden (goldilocks condities) is er leven aanwezig op deze planeet. De Aarde heeft één maan, die we simpelweg Maan genoemd hebben.



Afb. 3.4. Aarde.

Afb. 3.5. Mars.

#### 3.3.1.4. Mars

Mars lijkt in veel opzichten op de Aarde, maar door haar ijle atmosfeer zijn veel gassen en waterdamp aan de planeet ontsnapt. Diepe groeven in het oppervlak duiden er op dat er vroeger water was op deze planeet. Door het ontbreken van een atmosfeer en de grotere afstand tot de zon is de temperatuur op Mars gemiddeld  $-25^{\circ}\text{C}$ . Het is niet uitgesloten dat ook op Mars leven is ontstaan, maar het heeft geen kans gekregen zich te ontwikkelen. De ruimtevaartorganisaties NASA en ESA hebben al eerder

met onbemande voertuigen naar (resten van) levensvormen gezocht, maar tot op heden niet gevonden. Mars heeft 2 onregelmatig gevormde manen, Phobos en Deimos. Er is wel verondersteld dat deze twee manen door de gravitatiekracht van Mars ingevangen planetoïden zijn.

#### Opdrachten

##### Opdracht 65

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Mercurius en Venus](#)" [10:57 min.] op.

##### Opdracht 66

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Aarde](#)" [10:53 min.] op

##### Opdracht 67

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Mars](#)" [10:52 min.] op.

LES 23:

#### 3.3.2. De gasreuzen

Sinds kort (2006) is de oude indeling van de gasplaneten vervangen en worden alleen nog Jupiter en Saturnus tot de gasreuzen gerekend. Door hun omvang en samenstelling kon er rond deze planeten meer gas condenseren via accretie, voordat de rest van het

overgebleven gas in het zonnestelsel in wording door de zonnwind werd weggeblazen. Op beide gasreuzen gaat de oppervlakte van de planeet geleidelijk over in een atmosfeer.



Afb. 3.6. Jupiter.



Afb. 3.7. Saturnus.

### 3.3.2.1. Jupiter

Jupiter is een planeet met een kleine kern van silicaat en metaal met daaromheen een mantel van metallisch waterstof. Daarboven is een dikke laag van moleculair waterstof. Door de aanwezigheid van metallisch waterstof kent de planeet een sterk magnetisch veld. In 1610 werden de eerste vier manen van Jupiter ontdekt door Galileo Galilei (1564-1642), in 2001 waren er 12 manen bekend en inmiddels zijn er al 63 manen geïdentificeerd, waarvan bijna driekwart kleiner dan 10 kilometer in doorsnede zijn.

### 3.3.2.2. Saturnus

Ook Saturnus is qua samenstelling gelijk aan Jupiter, maar heeft om de planeet 7 groepen van ringen, die uit meer dan honderd kleine ringen van fijn puin bestaan. Lange tijd dacht men dat dat Saturnus de meeste manen had van alle planeten. Hoewel de grens tussen grote brokstukken in de ringen en “echte” manen moeilijk te trekken is, worden er nu 62 manen onderscheiden.

### 3.3.3. De ijsreuzen

Dankzij de informatie die men verkregen heeft met de vele ruimtesondes en de Hubble ruimtetelescoop blijkt dat de samenstelling van de kleinere ijsreuzen Uranus en Neptunus totaal verschillend is van de beide gasreuzen. Zij bestaan uit een grotere kern van silicaten en metaal en een dunnere mantel van waterstof, methaan, en ammoniak

#### 3.3.3.1. Uranus

Deze planeet werd in 1690 voor het eerst ontdekt door de Engelse astronoom John Flamsteed. Hij dacht echter dat het om een ster ging. Pas op 13 maart 1781 was het William Herschel die aantoonde dat het hier om de 7<sup>e</sup> planeet van ons zonnestelsel ging. Dankzij de ruimtesonde Voyager 2 en de Hubble ruimtetelescoop zijn er sinds 1986 verscheidene ringen om de planeet waargenomen.



Deze staan echter, net als de as van de planeet, onder een hoek van  $98^\circ$ . Dit is waarschijnlijk het gevolg van een botsing met een ander hemellichaam en verklaard ook de grote hoeveelheid manen (27) rond de planeet.



Afb. 3.8. Uranus.

Afb. 3.9. Neptunus.

### 3.3.3.2. Neptunus

In december 1612 ontdekte Galileo Galilei als deze planeet, maar dacht met een ster uit een verderop gelegen zonnestelsel van doen te hebben. Daarom staat de ontdekking van de 8<sup>e</sup> planeet op de naam van Johann Galle en Heinrich d'Arrest op 23 september 1846. Door de afwijkingen in de baan van Uranus wist men dat deze schommelingen afkomstig moesten zijn van een 8<sup>e</sup> grote

planeet en dat bleek dus uiteindelijk Neptunus te zijn. In 1846 werd een maand na de ontdekking van Neptunus al maan Triton beschreven, maar het zou tot 1949 duren voor een tweede maan ontdekt werd. Inmiddels zijn er in 2013 al 14 manen in kaart gebracht rond deze planeet.

#### Opdrachten

##### Opdracht 68

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Jupiter](#)" [10:51 min.] op.

##### Opdracht 69

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Saturnus](#)" [10:58 min.] op.

##### Opdracht 70

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Uranus en Neptunus](#)" [10:49 min.] op.

##### Opdracht 71

Geef in je schaalmodel van opdracht 63 de namen steenplaneten, gasreuzen en ijsreuzen aan.



LES 24:

### 3.3.4. Overige hemellichamen

Naast de ster, de Zon, en de eerder genoemde 8 planeten kent ons zonnestelsel nog meer bewoners. Hieronder een kort overzicht van de diverse categorieën.



Afb. 3.10. Pluto.

Afb. 3.11. Ceres.

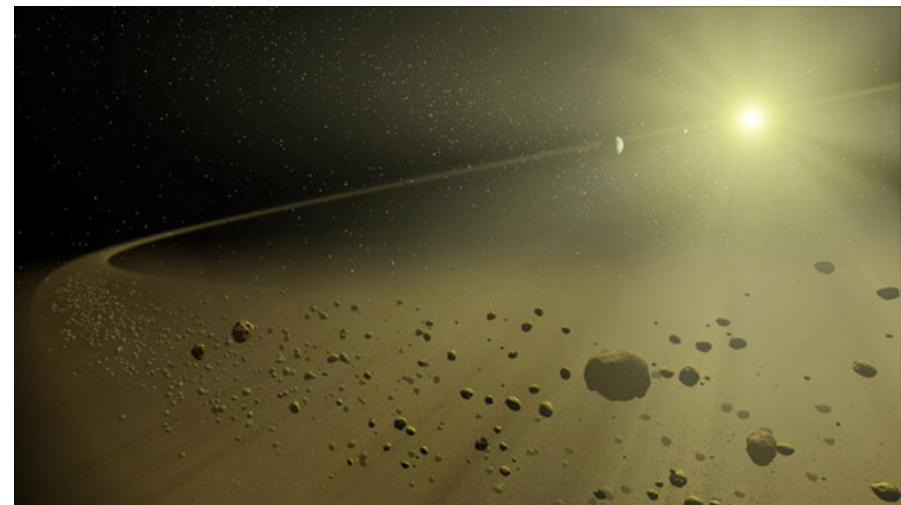
#### 3.3.4.1. “Dwergplaneten”

In ons zonnestelsel zijn een aantal “dwergplaneten”. Dit zijn objecten die, net als planeten, ook in een baan om de zon lopen, sterk doen denken aan planeten en waarvan men ook een soortgelijke samenstelling vermoedt. Enkele van deze dwergplaneten zijn Pluto (vroeger de 9<sup>e</sup> planeet), Eris, Makemake, Ceres en vermoedelijk nog een 10 tal soortgelijke objecten die allen kruisen met de baan van Neptunus en onder een hoek met de proplyde om de zon draaien. Hoewel de samenstelling niet goed bekend is

denkt men dat deze hemellichamen een stenen kern hebben en bedekt zijn met een dikke laag ijs.

#### 3.3.4.2. Planetoïden

**Planetoïden** (of **asteroïden**) zijn stukken materie die zich evenals planeten en dwergplaneten in een baan om de Zon bewegen. Er zijn er inmiddels ruim 300.000 bekend. Ongeveer 98% van alle planetoïden bevinden zich in een puingordel tussen de planeten Mars en Jupiter. De grootste zijn bijna 1000 km groot, maar de overgrote meerderheid is zo klein als stof. De overige 2 procent bevindt zich in de Kuipergordel (waar ook Pluto zich bevindt) en de nog verderop in ons zonnestelsel gelegen Oort wolk.



Afb. 3.12. Planetoïdengordel.

### 3.3.4.3. Kometen

Kometen hebben een elliptische baan, en af en toe wordt zo'n baan verstoord en raakt de komeet in een sterk excentrische baan die hem dicht in de buurt van de Zon brengt. **Kometen** zijn dus relatief kleine hemellichamen die in vaak erg grote elliptische banen rond een ster en de buitenste gebieden van het zonnestelsel draaien. De kometen vinden vaak hun oorsprong in de Kuipergordel en de Oort wolk en bestaan uit ijs en stof.



Afb. 3.13. De komeet van Hale-Bobb (29 maart 1977) zoals te zien was boven Pazin (Kroatië).

Wanneer een komeet dicht genoeg bij een ster komt en warmer wordt verdampt een deel van de materie waaruit ze bestaat. Wij zien dan de komeet vanaf de Aarde als een hemellichaam met twee staarten. De ene staart is de staart is de plasmastaart en wordt gevormd door geladen molecuulfragmenten die oplichten in de zonnwind. De andere staart is de stofstaart. De komeet zelf lijkt op te lichten door een wolk gas die zich om de komeet vormt.

### 3.3.4.4. Meteoren en meteorieten



Afb. 3.14. Sterrenregen.

Een **meteoriet** is een stuk puin uit de ruimte. De Aarde komt tijdens haar baan om de Zon door verschillende

wolken van ruimtepuin heen en zo raakt zij bijvoorbeeld in augustus elk jaar veel van dit soort brokstukken. Veel van dit puin dat in contact komt met de dampkring bereikt de aarde niet, maar verbrandt door de weerstand van de atmosfeer. De brokstukken die verbranden zijn in de nacht zichtbaar als **meteoren**, ook wel **sterrenregen** of **vallende ster** genoemd.

Wanneer een meteoriet niet volledig verbrand in onze dampkring dan slaat het restant in en laat een krater achter. In 2013 ontplofte een meteoriet op 15 februari boven het Russische plaatsje Tsjeljabinsk en vielen er veel gewonden.

Bekijk de video over deze natuurramp:

<https://www.youtube.com/watch?v=YP--WThEg4A>

Bekijk ook de video over de restanten die men gevonden heeft van deze meteoriet:

<https://www.youtube.com/watch?v=Hz38K5LWng4>

De schatting was dat de meteoriet 17 meter groot was toen deze in onze atmosfeer terecht kwam en grotendeels verbrandde. De snelheid van de meteoriet werd geschat op 30 km/sec. (= 108.000 km/uur).

Aan de hand van de samenstelling van meteorieten kan soms bepaald worden wat de herkomst is, nl. van de Maan of Mars afkomstig puin.

## Opdrachten

### Opdracht 72

Bekijk van de serie Encyclopedia Galactica nu de aflevering "[Kometen en asteroiden](#)" [11:02 min.].

### Opdracht 73

Zoek de afstanden tot de Zon op van Ceres en Pluto en zet ook deze in je schaalmodel van opdracht 63. Let er op dat je ook de juiste hoek ten opzichte van de proplyde aangeeft.



Afb. 3.15. Meteorietinslag nabij Tsjeljabinsk (Oekraïne).

LES 25:

### 3.4. De Maan en haar invloed op de Aarde

De **Maan** is de enige natuurlijke satelliet van de Aarde en is de op vier na grootste maan van ons zonnestelsel. Ze wordt soms aangeduid met haar Latijnse naam *Luna*. Ook het Engelse woord voor iemand die “maanziek” is, heeft men hiervan afgeleid: Lunatic.

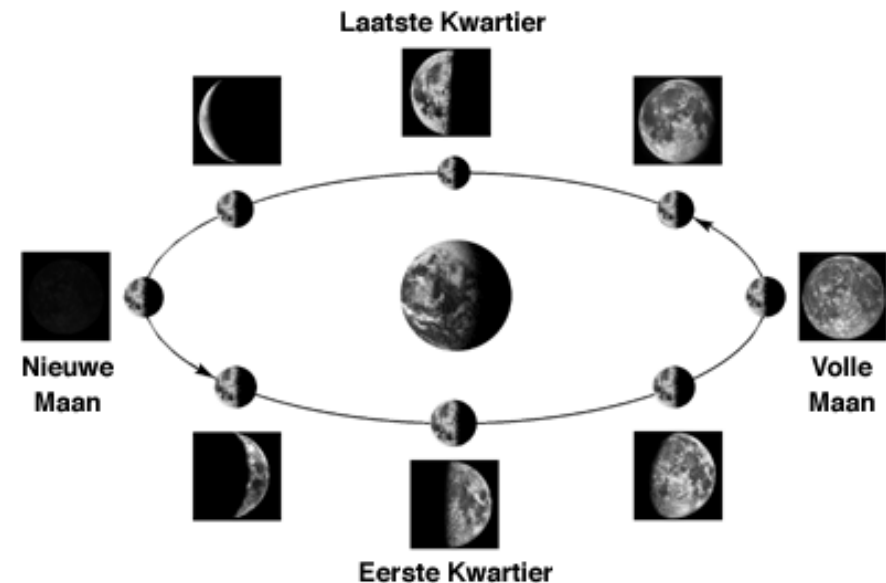
#### 3.4.1. De Maan

De samenstelling van de Maan is gelijk aan die van de Aarde. Echter doordat de Maan geen atmosfeer heeft is de kern volledig afgekoeld. Door de diverse ruimteschepen (bemand en onbemand) die de Amerikanen en Russen naar de Maan gestuurd hebben zijn maangesteenten mee genomen. Daarnaast zijn er op Antarctica nog meteorieten gevonden die van de Maan afkomstig zijn. Onderzoek met behulp van isotopen in de maangesteenten toont aan dat de Maan 4,527 miljard jaar oud is. Dat is dus 30 tot 50 miljoen jaar jonger dan de vorming van ons zonnestelsel.

De maan draait éénmaal om haar as in ongeveer 29 dagen. Dat is bijna net zo lang als dat de Maan één volledige cirkel om de aarde draait. Daarom zien wij altijd maar één kant van de Maan. De vorm van de Maan lijkt ook per nacht van vorm te veranderen. Ook dat heeft te maken met het feit dat de Maan om de Aarde heen

draait. Op de kant van de Maan die naar de Zon is gericht valt licht.

Ga eens in gedachten op de aarde staan en kijk naar de Maan die Eerste kwartier is genoemd. Voor jou staat de Maan dan links van de Zon aan de hemel en de rechterkant van de Maan is verlicht. De helft van de Maan is te zien en dat noemen we het **Eerste Kwartier (EK)**. Bij **Volle maan (VM)** staat de Maan recht tegenover de Zon en is als een cirkel te zien. Na volle maan wordt steeds minder van de maan zichtbaar. Bij het **Laatste kwartier (LK)** zie je de helft van de maan, maar nu de linkerhelft.



Afb. 3.16. Schijngestalten van de Maan



De maansikkel wordt de dagen daarop steeds kleiner en je kunt haar uiteindelijk niet meer zien. Het is dan **Nieuwe maan (NM)**. Vanaf de Aarde staat de Maan dan in de richting van de Zon en dat betekent dat we haar niet (goed) meer kunnen zien. Wanneer de Maan in een soortgelijke positie precies vóór de zon staat is er ook sprake van een **zonsverduistering**.

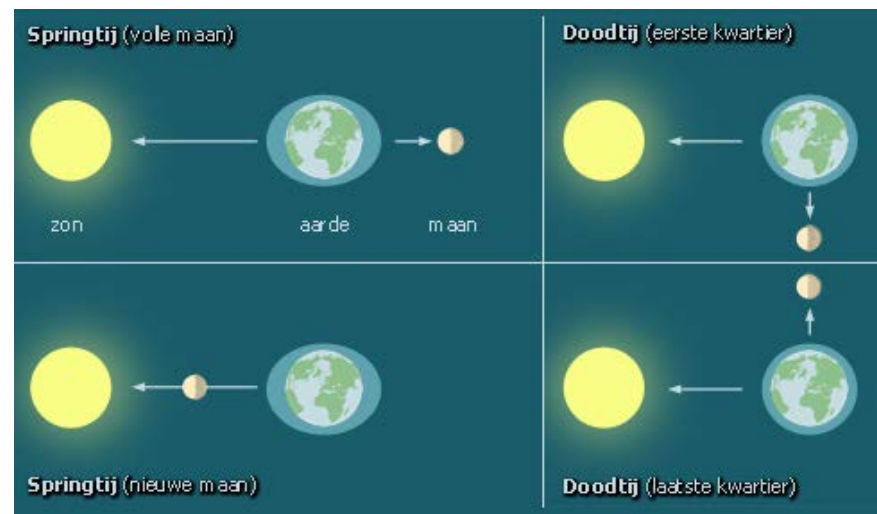
### 3.4.2. Eb en vloed

Door haar grootte en de wisselende afstand van de Maan tot de Aarde gedurende haar baan om diezelfde Aarde is er variatie in de gravitatiekracht tussen deze twee hemellichamen. Ook de gravitatiekracht van de Zon werkt in op de gehele Aarde. Omdat de aardas onder een hoek van  $23,5^\circ$  staat ten opzichte van de zon is de invloed van de gravitatiekracht verschillend. Dus afhankelijk van de van plek op Aarde varieert dus de gravitatiekracht in grootte en richting. Dit heeft invloed op de watermassa die het grootste deel van onze planeet bedekt en ontstaat er een stromende beweging. Daar waar meer watermassa zich naartoe verplaatst onder deze gravitatiekracht ontstaat er **vloed**, waardoor er elders dus minder water aanwezig is (**eb**).

### 3.5. De invloed van de Zon op de Aarde

Niet alleen de maan is van invloed op de Aarde, maar vooral de zon speelt een cruciale rol hier op de Aarde die

het leven in al haar vormen mogelijk maakt. De zon levert ons meer dan alleen licht en warmte. Ze geeft ons ook de seizoenen, die geheel afhankelijk zijn van de invloed van de zon. Daarnaast hebben we de zon ook nodig om te weten op welke plek wij ons op Aarde bevinden.



Afb. 3.17. Eb en vloed

### 3.5.1. De seizoenen

Onze aardas staat niet precies recht op ten opzichte van de zon, maar onder een hoek van  $23\frac{1}{2}$  graden. Ook de beweging van de cirkel die de Aarde maakt rond de Zon is niet rond, maar ovaal en bevindt de Aarde zich steeds op een andere afstand van de Zon gedurende het jaar van haar omloop. Daarnaast is er tijdens de omloop rond de

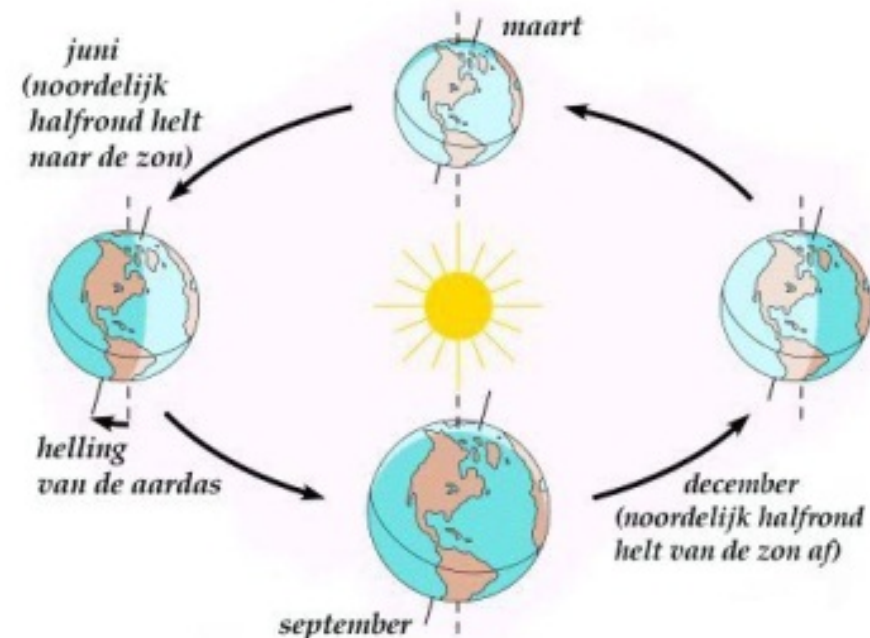
Zon ook een schommeling in hoogte die de Aarde inneemt ten opzichte van de zon. In totaal zijn dat dus 3 bewegingen die van grote invloed zijn op de seizoenen en dus ook op het klimaat.

Laten we stapsgewijs van deze 3 factoren eens bekijken wat dit inhoudt voor de Aarde.

Doordat de aardas onder een hoek van  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  staat zijn er delen op Aarde die meer uren licht ontvangen dan andere. Door de schommeling van de Aarde op en neer ten opzichte van de zon verschilt ook het aantal uren licht per dag gedurende het jaar op dezelfde plek. Doordat de afstand van de Aarde tot de zon ook niet altijd hetzelfde is tijdens de omloop rond de zon is ook de temperatuur op dezelfde plek gedurende het jaar verschillend. Dit verschijnsel noemen we de seizoenen.

In de zomer in Nederland staat de Zon ter hoogte van  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  Noorderbreedte (NB). Ook helt het noordelijk halfrond naar de zon toe in onze zomer, terwijl deze juist van de zon af helt in december. Het noordelijk halfrond bevindt zich in de zomer dus dicht bij de zon. In de praktijk betekent dit dus dat eind juni in Nederland bijna driekwart van de dagelijkse omwenteling van de Aarde het dus licht is en warmer dan in elk ander jaargetijde. De zon komt op om 5 uur 's-morgens en gaat onder rond 10 uur 's-avonds. Het is dan bijna 17 uur licht op de langste zomerdag. In onze winter staat de Zon ter hoogte van

$23\frac{1}{2}^{\circ}$  Zuiderbreedte (ZB). Het is dan zomer in Australië en daar viert men dus kerstmis in hartje zomer. Daarom noemen we de zomer op het zuidelijk halfrond de Australische zomer. Op 21 maart en 21 september bevindt de Zon zich precies boven de evenaar. Bij ons is het dan lente en herfst, respectievelijk.



Afb. 3.18. De seizoenen.

Hoe meer je richting de Noordpool of Zuidpool gaat, hoe groter de dag/nacht verschillen worden. Zo is het op de Noordpool zomers 24 uur per dag licht en in de winter 24 uur per dag donker. Strikt genomen in dag/nacht ritmes

gerekend duurt een pooldag (licht) een halfjaar en een poolnacht (donker) eveneens een halfjaar.

In de video "[Het ontstaan van de seizoenen](#)" kun je een animatiefilm zien van het hierboven beschreven proces.

### Opdrachten

#### Opdracht 74

Van wanneer tot wanneer loopt een poolnacht op de Noordpool?

LES 26:

### 3.5.2. Positiebepaling

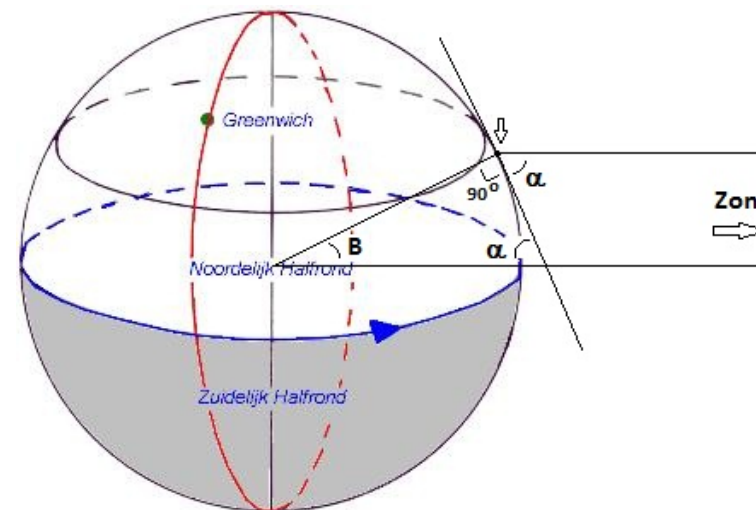
Meestal is het niet zo moeilijk om te weten waar je jezelf bevindt. Vaak heb je wel een straatnaambordje in de buurt of kan iemand je vertellen waar je bent. Echter, in werkelijkheid wordt de plaats waar je jezelf bevindt uitgedrukt in graden Noorderbreedte (NB) of Zuiderbreedte (ZB) en Oosterlengte (OL) of Westerlengte (WL). Om te weten waar je jezelf bevindt, kun je dit bepalen aan de hand van de Zon of de sterren.

Laten we gaan kijken hoe je een positiebepaling kunt doen met behulp van onze eigen Zon of met de Poolster.

#### 3.5.2.1. Breedtegraadbepaling

In afbeelding 3.19 bevindt zich een scheepje op zee (aangegeven met een pijl).

Vanaf het schip kan men de horizon zien (staat met een lijn evenwijdig aan het aardoppervlak aangegeven). Wanneer men naar de zon kijkt, die héél ver van je afstaat, maakt deze een hoek  $\alpha$  ten opzichte van de horizon. De hoek B geeft aan onder welke hoek jij je bevindt ten opzichte van de evenaar. Als de zon ten zuiden van je aan de hemel staat bevind je jezelf op het Noordelijk halfrond, wanneer de zon ten noorden van je aan de hemel staat bevind je jezelf op het Zuidelijk halfrond.



Afb. 3.19. Positiebepaling met behulp van de zon op 21 maart/21 september

Omdat de zon zich op 21 maart en 21 september boven de evenaar bevindt geldt er de formule van Pythagoras



voor driehoeken. Om uit te rekenen waar je bent, moet je deze formule gebruiken:

$$\alpha + B + 90^\circ = 180^\circ \Leftrightarrow B = 180^\circ - 90^\circ - \alpha \Leftrightarrow B = 90^\circ - \alpha$$

Dus om je breedtegraad (B) te bepalen moet je dus weten hoe groot de hoek is die de zon maakt ten opzichte van de horizon ( $\alpha$ ). Als je dat weet kun je dus eenvoudig uitrekenen waar je bent.

1 jan	-23,0	17 mrt	-1,3	31 mei	22,2	14 aug	13,6	28 okt	14,6
6 jan	-22,5	22 mrt	0,7	5 jun	22,8	19 aug	11,9	2 nov	-15,2
11 jan	-21,8	27 mrt	2,7	10 jun	23,2	24 aug	10,1	7 nov	-17,6
16 jan	-21,0	1 apr	4,7	15 jun	23,4	29 aug	8,3	12 nov	-18,8
21 jan	-20,0	6 apr	6,7	20 jun	23,5	3 sep	6,4	17 nov	-20,0
26 jan	-18,9	11 apr	8,6	25 jun	23,4	8 sep	4,4	22 nov	-21,0
31 jan	-17,6	16 apr	10,4	30 jun	23,1	13 sep	2,4	27 nov	-21,8
5 feb	-16,2	21 apr	12,2	5 jul	22,7	18 sep	0,4	2 dec	-22,5
10 feb	-14,7	26 apr	13,9	10 jul	22,1	23 sep	-1,6	7 dec	-23,0
15 feb	-13,1	1 mei	15,4	15 jul	21,3	28 sep	-3,6	12 dec	-23,3
20 feb	-11,4	6 mei	16,9	20 jul	20,4	3 okt	-5,6	17 dec	-23,5
25 feb	-9,5	11 mei	18,2	25 jul	19,3	8 okt	-7,6	22 dec	-23,5
2 mrt	-7,3	16 mei	19,5	30 jul	18,1	13 okt	-9,5	27 dec	-23,3
7 mrt	-5,3	21 mei	20,5	4 aug	16,7	18 okt	-11,3	31 dec	-23,0
12 mrt	-3,3	26 mei	21,4	9 aug	15,2	23 okt	-13,0		

Tabel. 3.2. De seizoenscorrectie (in graden) voor de zonshoogte

Echter wanneer je een andere datum je positie wilt bepalen staat de zon niet meer ter hoogte van de evenaar

en moet je dus de hoek  $\alpha$  die je gemeten hebt corrigeren met een correctiefactor.

### 3.5.2.2. Lengtegraadbepaling

Voor de lengtebepaling moet je alleen de beschikking hebben over twee klokken. Eén met de tijd van Greenwich, waarover de zgn. **nulmeridiaan** loopt. De andere klok geeft de tijd aan waar jij je bevindt. Het tijdsverschil is een maat voor de afstand tussen jou en de nulmeridiaan. Wanneer het bij jou vroeger is dan in Greenwich bevind je jezelf op een afstand in graden Westerlande (WL), wanneer het bij jou later is dan in Greenwich bevind je jezelf op een afstand in graden Oosterlande (OL).

De Aarde is een bol en een bol heeft een omtrek van  $360^\circ$ . Dus wanneer de Aarde zich om haar as draait in 24 uur heeft zij een afstand afgelegd van  $360^\circ$ . Dat is dus per uur  $360^\circ: 24 = 15^\circ$  per uur. Wanneer jij je op een plaats ben waar het dus 2 uur en 30 minuten later is dan in Greenwich bevind je jezelf op  $2,5 \times 15 = 37,5^\circ$  OL.

Om je positie te bepalen met behulp van de sterren hoef je alleen de hoek van de poolster (Noordelijk halfrond)/Zuiderkruis (Zuidelijk halfrond) ten opzichte van de horizon te meten. Die hoek is de Breedtegraad waarop jij je bevindt.

**Opdrachten****Opdracht 75**

Zoek uit hoe je de poolster kunt vinden aan de nachtelijke hemel.

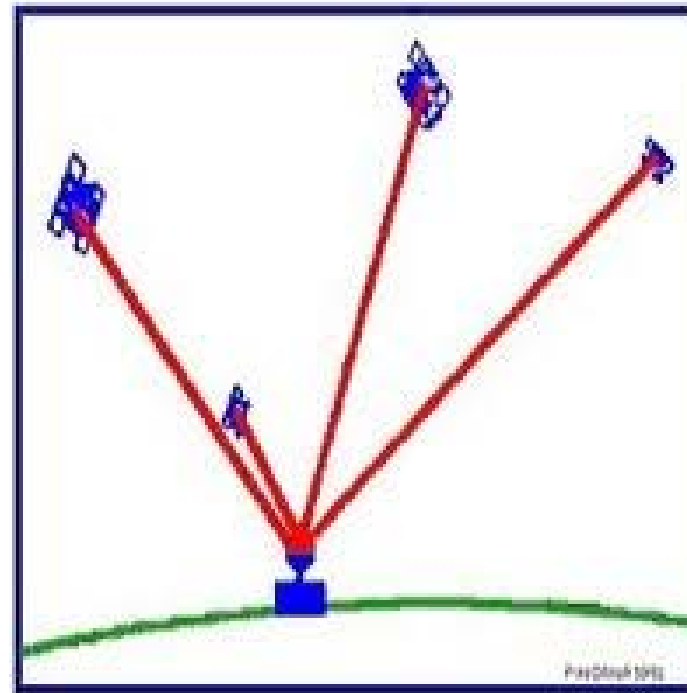
**Opdracht 76**

Een kapitein wil een kustlijn in kaart brengen en moet daarvoor regelmatig zijn positie bepalen. Het is 21 maart. Aan boord is een klok die de tijd van Greenwich aangeeft. Wanneer de Zon precies in het zuiden staat, is het op die klok 18 minuten voor vier in de middag. De hoogte van de Zon boven de horizon is dan precies  $84^\circ$ . Bereken de positie van het schip, schrijf de coördinaten uit en zoek de positie van het schip op in een atlas. Waar ligt het schip voor anker?

**Opdracht 77**

Als je van Amsterdam naar Los Angeles wil vliegen wordt er over Groenland en Canada gevlogen in plaats van een rechte lijn van Amsterdam naar Los Angeles. Bekijk met behulp van een draadje en een globe de afstanden in beide situaties en bepaal het afstandsverschil die het vliegtuig moet vliegen. Hoeveel korter is het om via Groenland en Canada te vliegen?

## LES 27:



Afb. 3.20. Positiebepaling met GPS.

Tegenwoordig is het bepalen van je positie een stuk gemakkelijker geworden dankzij een netwerk van satellieten in de ruimte. Met een speciaal apparaat dat contact zoekt met meerdere satellieten kan heel precies je positie bepaald worden. Dit heet Global Positioning System (GPS).

**Opdracht****Opdracht 78 – groepsopdracht (3 personen)**

Ontwerp een eenvoudig apparaat waarmee jullie de hoek kunnen meten die de poolster maakt met de horizon. Ga naar een plaats waar je deze opdracht wil gaan uitvoeren. Doe op een heldere avond minstens 10 metingen per persoon en bepaal de Breedtegraad waar jullie je bevinden.

Maak een zonnewijzer met een satéprikker, een plankje en een stuk papier. Bepaal op welk tijdstip de zon daar het hoogst aan de hemel staat en reken dan uit op welke lengtegraad jullie je bevinden.

Lever je meetapparaat en een kort verslag in van je bevindingen in Les 31 [[praktische opdracht 2](#)].

**3.6. Onze Aarde, thuisbasis van het leven**

Toen onze Aarde gevormd werd was alles nog woest. De oppervlakte bestond uit gesmolten gesteente en ook diverse gassen vormden een atmosfeer die nu voor een onleefbare planeet gezorgd zouden hebben. Zeeën en continenten vormden zich pas later en uiteindelijk zou het leven hier ontstaan zoals wij dat nu kennen.

**3.6.1. Hoe ontwikkelde onze planeet zich?**

Om een idee te krijgen hoe de Aarde haar huidige vorm gekregen heeft volgen we deel 1 van de lezing "[What was the young Earth like?](#)" door David Christian [5:08 min.].

**Opdrachten****Opdracht 79**

Wat wil David aantonen met zijn voorbeeld van een sauspan?

**Opdracht 80**

Noem en teken de 4 aardlagen die beschreven worden.

**3.6.2. Aardkorst en de continenten**

In deel 2 van "[What was the young Earth like?](#)" [6:01 min] wordt uitgelegd hoe de oceaانبodem en continenten gevormd worden.

**Opdrachten**

Bekijk nu deel 2 van "*What was the young Earth like*":

**Opdracht 81**

Wat is Pangaea?

**Opdracht 82**

Hoe heeft de platen tektoniek gewerkt om de oppervlakte van de Aarde zoals wij die nu kennen te vormen? Betrek in je antwoord de term "subductie".

Alfred Wegener (1880-1930) heeft tijdens zijn leven nooit de erkenning gekregen voor zijn theorie van de platen tektoniek. Pas halverwege de jaren zestig, ruim 35

jaar na zijn dood waren het vooral de biologen die bewijzen vonden die zijn theorie bevestigden. Pas in de jaren 80 van de twintigste eeuw werd de theorie ook op brede schaal geaccepteerd binnen de geologie. Tegenwoordig kunnen we zelfs aan de magnetische straling van gesteenten op de continenten meten waar de diverse brokstukken van het oude Pangaea gelegen hebben. Sterker nog, ook pangaea blijkt uit eerder op elkaar gebotste oercontinenten bestaan te hebben. De plaattektonische bewegingen vinden al plaats zolang er continentale platen bestaan en herhaald zich iedere keer weer.

### 3.6.3. De atmosfeer

Onze atmosfeer, ook wel dampkring genoemd, is een zeer dun laagje van gassen die al het leven op Aarde mogelijk maakt. We onderscheiden een aantal “lagen” in de atmosfeer.

**Troposfeer** (ook wel **biosfeer** genoemd): de onderste –en veruit de belangrijkste- laag van de dampkring. Zo’n 80% van alle lucht bevindt zich in deze laag, dankzij de gravitatiekracht van de aarde. Ook vinden alle weersverschijnselen plaats in deze laag. Deze laag is zo’n 12 kilometer dik.

**Stratosfeer**: Een ijle luchtlaag waarin zich ook de zogenaamde ozonlaag zich bevindt. De ozonlaag is van

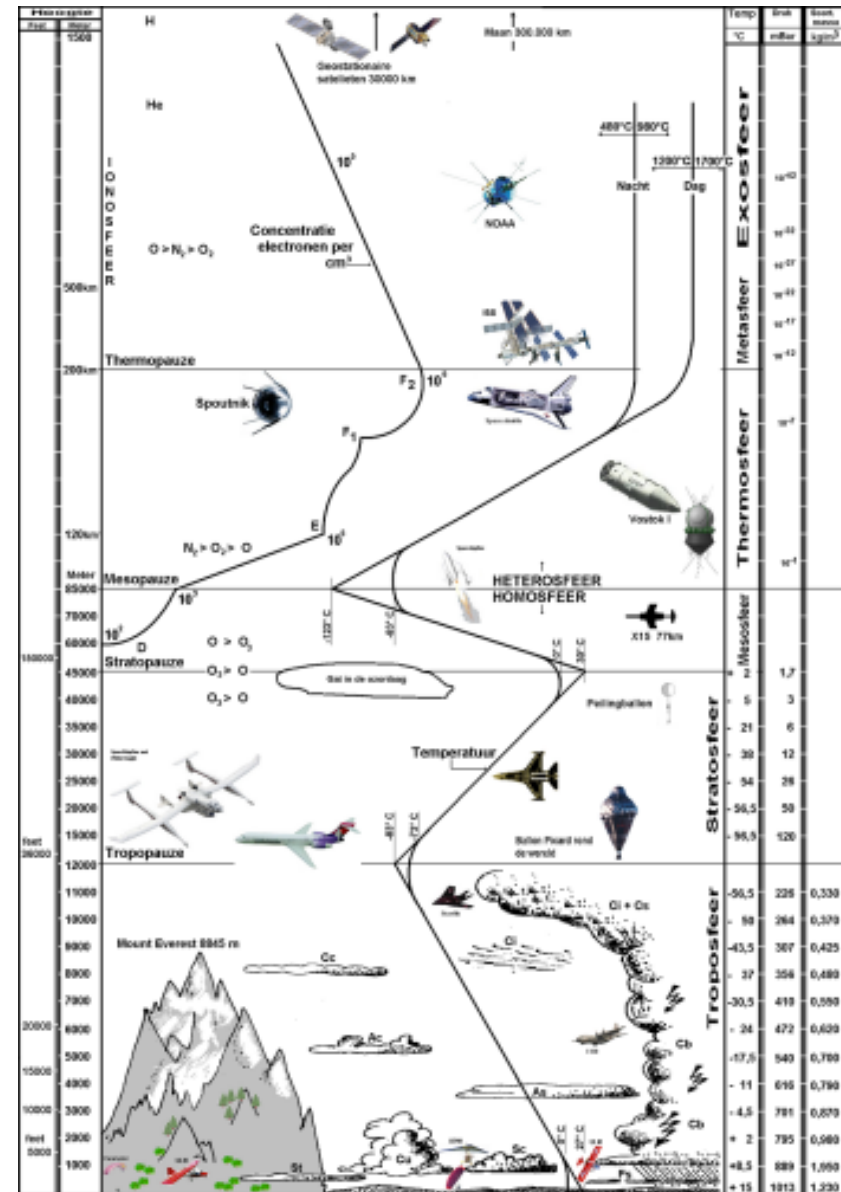
groot belang voor ons, omdat deze de ultraviolette straling van de zon grotendeels weerkaatst en gedeeltelijk ook absorbeert. In de onderlaag van de stratosfeer kan het flink waaien, ook wel *straalstromen* of *jetstreams* genoemd. Deze laag gaat over in de volgende op zo’n 45 km hoogte.

**Mesosfeer**: Dit is een zeer ijle luchtlaag zonder enige vorm van weersverschijnselen. Deze loopt tot 85 km boven ons aardoppervlak.

**Thermosfeer**: Een luchtlaag die zeer veel lijkt op de mesosfeer, maar waarin veel ionen (elektrisch geladen deeltjes) zich bevinden, die we ook vaak gebruiken voor radiogolven. Ter hoogte van onze polen lichten deze geladen deeltjes ook op door de zonnwind en dat zien we dan als het **Noorderlicht** of **Zuiderlicht**. Meteoren die onze dampkring binnenvallen verdampen bijna allemaal in de Thermosfeer. De thermosfeer loopt eigenlijk tot ongeveer 500 km hoogte, maar soms wordt de thermosfeer ook verdeeld in thermosfeer en metasfeer (samen ionosfeer).

**Exosfeer**: Dit is de buitenste laag van de dampkring waarin de dichtheid van de lucht steeds verder afneemt tot aan het luchtledige van het heelal.

Afb. 3.21. De atmosfeer



## STAP 4

# Biodiversiteit

In dit hoofdstuk:

- Hoe is leven ontstaan
- Het belang van DNA
- De evolutietheorie

Biologie, Scheikunde, Geologie,  
Filosofie

STAP

# 4

## BIODIVERSITEIT

INGREDIËNTEN



GOLDOLOCKS VOORWAARDEN



NIEUWE COMPLEXITEIT

Complexe chemische  
verbindingen (inclusief  
RNA en DNA)

Precies de juiste hoeveelheid  
energie

Nieuwe organismen met  
het vermogen om

Maakt diverse en stabiele chemische  
reacties mogelijk

Zichzelf te onderhouden en te  
voeden (metabolisme)

Vloeibaar water

Zich aan veranderingen om  
hen heen aan te passen  
(homeostase)

Maakt het voor atomen en moleculen  
gemakkelijk om te combineren en te  
recombineren

Zichzelf te kopiëren  
(reproductie)

In de loop van de tijd nieuwe  
kenmerken te ontwikkelen  
(aanpassing)

4 MILIARD JAAR  
GELEDEN

1 MILIARD JAAR  
GELEDEN

LES 28:

*“There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved”*

- Charles Darwin (1809 - 1882)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

---

1. Wat is leven?
2. Hoe begon het leven?
3. Het belang van DNA
4. De evolutietheorie

#### **4.1. Wat is leven**

Bovenstaande vraag is de meest moeilijke vraag die je jezelf kan stellen. Wanneer we onszelf bekijken bestaan we alleen maar uit een reeks chemische elementen, net alle andere voorwerpen om ons heen. Toch hebben wij, samen met de andere organismen die we kennen, de eer om ons levende wezens te noemen. Dit wordt door veel mensen als het grootste wonder op Aarde gezien en nog steeds hebben wetenschappers en filosofen geen antwoord op deze vraag.

Hoe kan er van een verzameling simpele elementen opeens een organisme bestaan dat zichzelf kan vermenigvuldigen? Welk antwoord we ook bekijken, we hebben wel ideeën hierover, maar vaak komen deze niet verder dan het noemen van de kenmerken van leven. Echter deze raken niet de bron van wat leven nu werkelijk is. Aristoteles kwam niet verder dan de definitie dat leven het vermogen had tot groeien en voeden. Ook in de lezing van David Christian, “What is life?” worden kenmerken van leven genoemd, maar tot de kern komt hij nooit.

#### **Opdrachten**

##### **Opdracht 83**

Bekijk de lezing van David Christian, “[What is life?](#)” [10:24 min.] en beantwoordt de onderstaande vragen.

##### **Opdracht 84**

Welke 4 kenmerken van leven worden er genoemd? Geef ook van elk kenmerk een uitleg.

##### **Opdracht 85**

Waarom is DNA zo belangrijk?

##### **Opdracht 86**

Wat is natuurlijke selectie?



## 4.2. Hoe begon het leven

Ook al zijn wij levende wezens, niemand van ons weet hoe het allemaal begonnen is. Ook hier hebben we dus weer origin stories te vertellen, een soort “Big Birth” dus. Aan de hand van de studie van fossielen, versteende overblijfselen of afdrukken van organismen, weten we dat het eerste leven eencellig was. Ook nu nog komen we eencellige organismen tegen die daar op lijken.

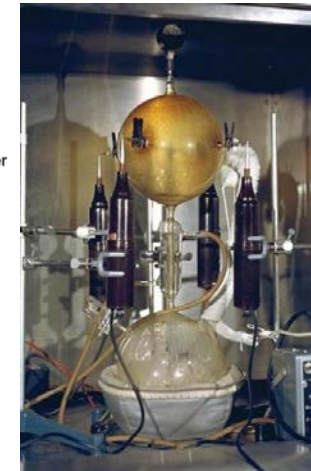
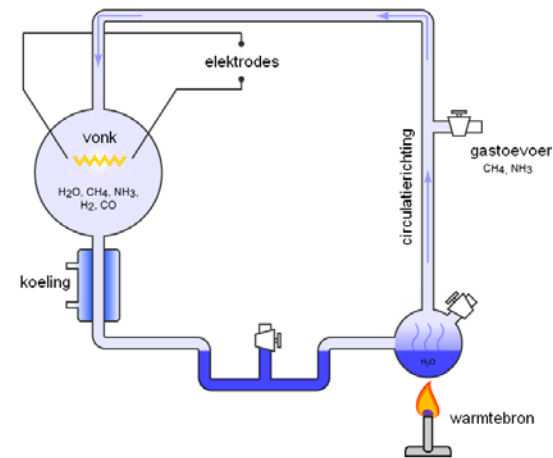


Afb. 4.1. V.l.n.r. eencellige plant, eencellig dier en bacterie

In 1953 vroegen de onderzoekers Harold Urey en Stanley Miller zich af hoe het eerste leven zou hebben kunnen ontstaan uit de onleefbare condities die er toen op Aarde heersten. Op de jonge Aarde was er geen vrije zuurstof, maar wel een oerzee met water en de gassen ammonium ( $\text{NH}_4$ ), methaangas ( $\text{CH}_4$ ), waterstofgas ( $\text{H}_2$ ) en koolstofmonoxide ( $\text{CO}$ ). Een bol met verwarmd water (het was nogal warm in die tijd, want de Aarde was nog erg warm vanbinnen) stond voor de oceanen en de gassen voor de atmosfeer. Ook werden elektrische ontladingen in

de proefopstelling gebruikt, omdat in onze atmosfeer indertijd deze ook veelvuldig plaatsvonden.

Tot hun verbazing ontstond er een prutje onder in de opstelling waarin verschillende aminozuren werden aangetroffen. Dat was opmerkelijk, omdat aminozuren de bouwstenen zijn van eiwitten en ook DNA is een eiwit. Eiwitten zijn de bouwstenen voor leven.

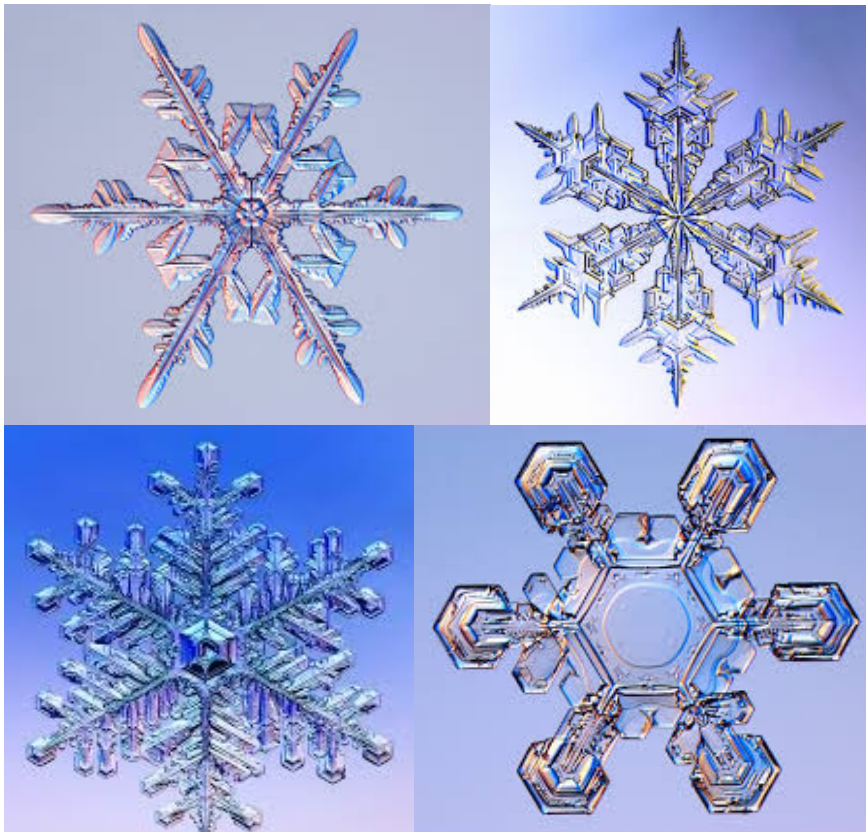


Afb. 4.2. De proef van Urey-Miller uit 1953

Deze proef is diverse malen herhaald en regelmatig werden andere aminozuren gevonden als eindresultaat.

Tegenwoordig weten we dat eiwitten (proteïnen) niet zomaar opeens ontstonden en er zijn verschillende wetenschappelijke origin stories hoe en waar leven

ontstaan is. We weten ook dat chemische reacties die te maken hebben met leven heel vaak voorkomen. Eigenlijk is het ontstaan van leven onvermijdelijker dan we denken, omdat er een natuurlijke impuls is om samen te komen en om zo complexere vormen te krijgen. Denk maar eens aan zo iets simpels als een sneeuwvlokje (bevroren water).



Afb. 4.3. Sneeuwvlokjes

### Opdrachten

#### Opdracht 87

Bedenk voor jezelf eens welke omstandigheden een voorwaarde zijn voor leven. Beargumenteer elke keuze.

#### Opdracht 88

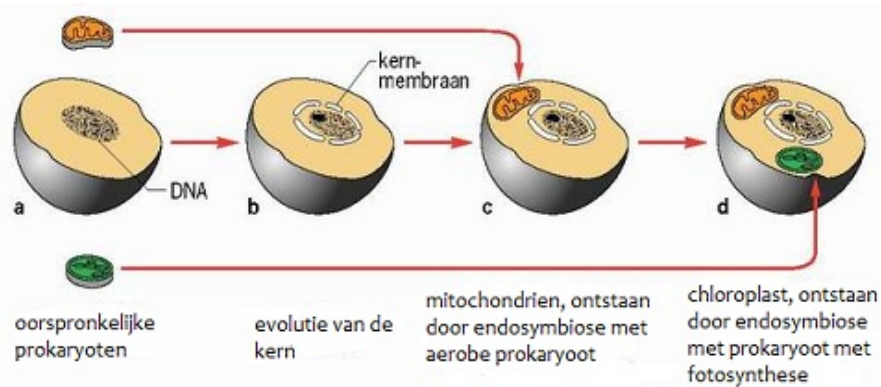
Bedenk in een groep (of zoek op) of er uitzonderingen zijn die kunnen leven zonder die voorwaarde. Welke voorwaarde(n) blijft/blijven er uiteindelijk over?

#### LES 29:

De meest populaire kandidaat die een verklaring geeft voor het ontstaan van het leven op Aarde is de Hydrothermal Vent theorie, die ervan uit gaat dat de eerste levensvormen ontstaan zijn op de zeebodem in de buurt waar de zeebodem gevormd wordt.

Nadat de eerste levensvorm ontstaan is, niet meer dan één cel, zijn volgens de endosymbiose theorie diverse van deze ééncellige organismen gaan samenwerken en ontstond zo o.a. de eerste plantaardige cel.

Deze oudste fossielen van deze plantaardige cellen, zijn zo'n 3,5 miljard jaar oud en zijn stromatolieten genoemd. Omdat deze ééncellige algen een kalkskelet afgezet hebben zijn deze resten bewaard gebleven.



Afb. 4.4. Endosymbiose theorie



Af. 4.5. Reconstructie van Stromatolieten



Afb. 4.6. Fossielen van Stromatolieten

## 4.2.1. Hoe ontwikkelde het leven zich verder?

Nadat de Stromatolieten de zeeën bevolkten is er een belangrijke verandering opgetreden in onze atmosfeer. Door fotosynthese, het proces waarbij planten uit water en koolstofdioxide onder invloed van de energie die ze uit zonlicht halen suikers vormen en zichzelf daarmee verder bouwen, ontstond er voor het eerst vrije zuurstof in onze atmosfeer. Na 2½ miljard jaar zuurstof produceren verschenen de eerste meercellige organismen en fossielen van de eerste echte dieren dateren van 600 miljoen jaar geleden. Veel van deze fossielen komen uit de Burgess Shale (klei-afzetting uit de Canadese Rocky Mountains) en de reconstructies die men nu maakt



spreken tot de verbeelding. Aanvankelijk ging de ontdekker van deze fossielen, Charles **Walcott** (1850 - 1927) met zijn reconstructies uit van organismen die ook nu nog voorkomen, maar door het grote aantal fossielen dat men sindsdien gevonden heeft bleek dat de fossielen niet bestonden uit altijd weer samen gevonden combinaties van dieren zoals we die nu kennen. Aanvankelijk dacht Walcott dat het fossiel van *Anomalocares* een klompje restanten was van het achterlijf van een garnaal, een ringvormige kwal en enkele wormen. Vooral het onderzoek van Harry Blackmore **Whittington** (1916 - 2010) toonde aan dat alle klompjes restanten een individu op zich was. Enkele reconstructies worden hier (naast het oorspronkelijk) fossiel getoond in afbeelding 4.7.

Stephen Jay Gould (1941 – 2002) bracht de wonderbaarlijke fossielen van de Burgess Shale onder de aandacht van het grote publiek in zijn boek *Wonderful Life* (1989) en een fraaie collectie van deze fossielen zijn te zien in Naturalis in Leiden. Nog geen 100 miljoen jaar later, aan het eind van het Cambrium tijdperk, waren alle huidige klassen van dieren al vertegenwoordigd in de oceanen.

Om een indruk te krijgen hoe deze levensvormen er uit gezien hebben, bekijk dan de video "[Just how complex were the animals found in the Burgess Shale?](#)" [3:50 min.].

TIP: Als je nog niet genoeg van dit soort animaties gezien hebt kijk dan ook "[A Swim Through a Cambrian Sea](#)" [6:40 min].



Afb. 4.7. *Canadapsis* (boven), *Halicugenia* (midden) en *Wiwaxia* (onder)

Zoals al aangegeven hierboven is de stap van aminozuur naar eiwit en van eiwit naar DNA en naar eencellig leven er één vol mysteries. Feit blijft dat er leven is ontstaan onder omstandigheden waarbij je normaliter geen leven mag verwachten. Suiker in een glas water doen en schudden zal ook niet leiden tot de vorming van suikerklontjes, maar in de natuur gebeurde dit wel, aldus Bill Bryson (2003).

### Opdrachten

David Christian neemt je mee naar de goldilock condities die ervoor zorgden dat toch deze stap gezet werd naar een steeds complexer wordend stadium van het leven, die uiteindelijk leidt naar de biodiversiteit die we nu kennen. Jullie bekijken nu de video "[How did life begin and change](#)" [6:10 min.].

### Opdracht 89

Noteer de drie Goldilock condities die hij noemt en vergelijk deze met het antwoord dat je verkregen hebt in opdrachten 86 en 87.

### 4.3. Gemeenschappelijke voorouders

We kennen tegenwoordig een grote schakering aan organismen en allemaal hebben ze een ding met elkaar gemeen, nl. gemeenschappelijke voorouders. Tussen de

eerste levende wezens op Aarde en nu zit een hele reeks aan gemeenschappelijke voorouders.

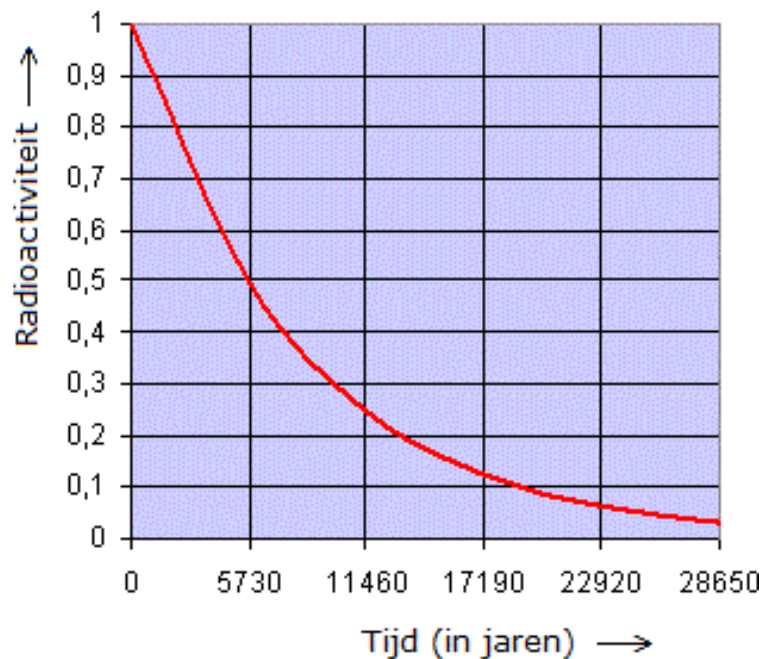
LES 30:

### 4.4. Hoe oud zijn fossielen?

Veel kennis over de ontwikkeling van het leven op aarde is verkregen door het bestuderen van aardlagen (dit zegt vaak iets over omstandigheden zoals klimaat) en fossielen (dit zegt vaak iets over welke organismen er toen voorkwamen). Fossielen zijn versteende resten of afdrucken van (producten) van organismen. Om de ouderdom te bepalen kunnen we gebruik maken van twee methoden, nl. een **absolute datering** en een **relatieve datering**.

#### 4.4.1. Absolute datering

In het begin van de Aarde was er meer radioactieve straling aanwezig. Deze straling bevond zich voornamelijk in een deel van de diverse elementen. Deze radioactieve elementen verliezen in de loop der tijd hun radioactiviteit. De tijd waarover de helft van de radioactiviteit in het aanwezige element verdwenen is, noemen we de halfwaardetijd van het radioactief verval. Als je dus de halfwaardetijd weet van een element, kun je van fossielen of aardlagen die dit element bevatten vrij nauwkeurig de ouderdom bepalen. Een nauwkeurige ouderdomsbepaling noemen we een absolute datering.



Afb. 4.8. Halfwaardetijdgrafiek van het radioactief verval van koolstof.

#### 4.4.2. Relatieve datering

In de loop der tijd hebben we veel kennis opgedaan door de bestudering van de fossielen. Net als op je bureau is in principe het onderste boek in een stapel boeken het "oudst". Dat boek is het langst geleden bekeken. Elke keer leg je er in de tijd weer een boek op. Dus het bovenste boek is het kortst geleden bekeken en op de stapel gelegd. Dat geldt ook voor fossielen. De fossielen die

dieper liggen dan de andere fossielen zijn dus in principe ouder dan de hoger gelegen fossielen. Hoe oud ze zijn kun je niet precies zeggen, wel kun je de ouderdom in volgorde aangeven. Door ervaring en vondsten van fossielen en eerdere absolute dateringen van soortgelijke grondlagen waarin dit soort fossielen gevonden zijn, hebben we een idee over welke periode deze organismen voorkwamen. Omdat we niet precies kunnen zeggen hoe oud een fossiel is, maar wel weten van wanneer tot wanneer deze voorkwam spreken we van een **relatieve datering**. Voor relatieve dateringen gebruiken we **gidsfossielen**. Gidsfossielen zijn fossielen van organismen die voldoen aan de volgende drie criteria:

- Veel voorkomend in gesteentelagen
- Over een groot gebied voorkomend
- Als soort vrij kort geleefd te hebben op Aarde

Met een gidsfossiel kun je dus de ouderdom van nieuwe omringende fossielen in het veld dateren.

#### Opdrachten

##### Opdracht 90

In een urn in Zuid-Amerika wordt een gemummificeerd lijk gevonden. Men gaat een absolute datering uitvoeren en meet  $1/3$  van de oorspronkelijke radioactiviteit van Koolstof in het lijk. Hoe oud is de mummie?



**Opdracht 91**

Men vindt af en toe resten van de legendarische *Tyrannosaurus rex* in het zuiden van de Verenigde Staten. Waarom is de T. rex niet geschikt als gidsfossiel?

**Opdracht 92**

Bedenk een manier waarop een relatieve datering die men uitvoert niet correct blijkt te zijn. Geef dit aan in een tekening.

LES 31:

**4.5. Het belang van DNA**

DNA, een afkorting voor Desoxyribonucleïnezuur, was al lang bekend voordat men in de gaten kreeg hoe belangrijk deze stof is in levende wezens. In 1869 ontdekte Johann Friedrich Miescher (1844-1895) al deze stof die hij verkregen had uit witte bloedcellen. Phoebes Levene (1869-1940) ontdekte in zijn poging de samenstelling van het DNA te ontrafelen, dat DNA uit 4 nucleotiden bestond, namelijk Adenine (A), Cytosine (C), Guanine (G) en Thymin (T). Hoewel Erwin Schrödinger (1887-1961) in zijn boek *What's Life* (1944) stelde dat erfelijke eigenschappen vastgelegd moesten zijn in een vaste stof met een regelmatige maar variabele structuur, kon pas in begin jaren vijftig van de 20<sup>ste</sup> eeuw bewezen worden dat het DNA deze stof was. Alfred Hershey (1908-1997) en

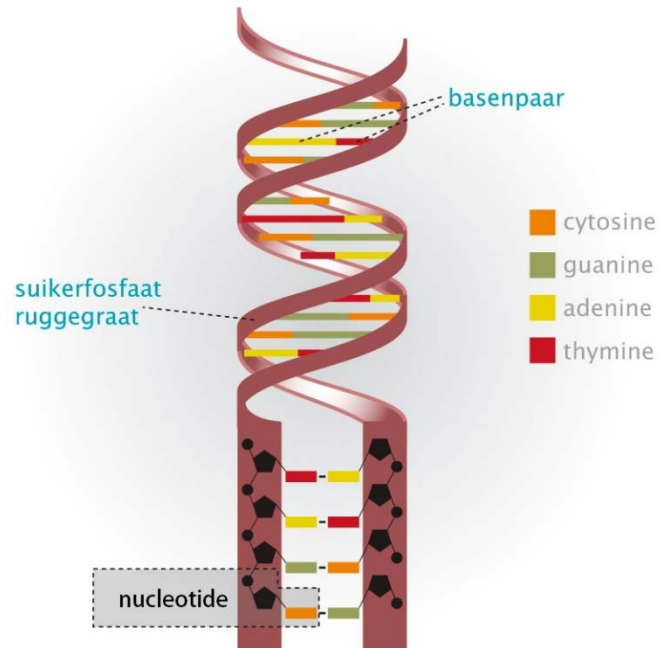
Martha Chase (1927-2003) ontdekten in 1952 namelijk dat virussen zich konden vermenigvuldigen met behulp van DNA.

Inmiddels was ook het onderzoek gestart naar hoe het DNA nu opgebouwd was en er ontstond een ware race tussen Engelse en Amerikaanse onderzoekers wie het eerst het gezicht van DNA kon laten zien. Het eerste model kwam van Linus Pauling (1901-1994), en hij was de eerste die met een helix-model kwam. Echter zijn model bevatte op belangrijke punten nog onjuistheden. Erwin Chargaff (1905-1980) ontdekte dat er zich evenveel Adenine als Thymin en evenveel Cytosine als Guanine in een dubbelstrengs DNA bevindt. De groep onderzoekers Rosalind Franklin (1920-1958), James Watson (geb. 1928), Francis Crick (1916-2004) en Maurice Wilkins (1916-2004) ontdekten uiteindelijk het correcte model van DNA. Rosalind Franklin wist via röntgendiffractietechniek een foto te maken van het DNA. Doordat Maurice Wilkins deze foto buiten haar medeweten doorspeelde aan Watson en Crick maakten deze het DNA model wereldkundig. Enkele jaren later kregen Watson, Crick en Wilkins de nobelprijs voor hun ontdekking (1962) en Rosalind Franklin, inmiddels aan kanker bezweken, haar cruciale bijdrage heeft lang de geschiedenisboeken van de wetenschap niet gehaald.

**Opdracht**

Eerst ga je een video met uitleg over DNA bekijken op: <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw> (3:39 min.).

Lees de onderstaande tekst eerst door en beantwoord daarna de vraag verderop.



Afb. 4.9. Een DNA molecuul

**4.5.1. De samenstelling van DNA**

DNA ziet er uit als een gedraaide ladder. Het DNA bestaat uit nucleotiden die aan elkaar vastzitten. Elke nucleotide bestaat uit 3 onderdelen:

- Een base
- Een desoxyribosegroep
- Een fosfaatgroep

De desoxyribosegroep zit verbonden met een fosfaatgroep van de volgende nucleotide en vormt zo een keten die de zijkanten van de “ladder” vormen. De base staat min of meer loodrecht op de zijkanten van de ladder en vormen de ene helft van een trede van deze ladder. Door middel van waterstofbruggen vormen Adenine en Thymine én Cytosine en Guanine paarsgewijs de treden van de ladder. Tegenover elke Adenine zit met twee waterstofbruggen een Thymine, tegenover elke Cytosine zit met drie waterstofbruggen een Guanine.

**4.5.2. Wat doet DNA?**

DNA bestaat met maar één enkel doel, namelijk het maken van meer DNA (**repliatie**). Het lijkt wel alsof DNA levende organismen gebruikt om zichzelf in stand te houden. Veranderingen (**mutaties**) in de basevolgorde van het DNA leiden tot nieuwe eigenschappen en ook tot nieuwe levensvormen. De mogelijkheden tot variatie in de basevolgorde lijken bijna onuitputtelijk, wanneer je bedenkt dat één enkele DNA keten soms wel 3,2 miljard basen lang is, dus 103.480.000.000 mogelijke combianties kent. Soms heeft het verkeerd inbouwen van een base geen effect, omdat meerdere basevolgorden voor

hetzelfde coderen. Per 3 basen (**codon**) wordt voor één aminozuur gecodeerd. Een **aminozuur** is een bouwsteentje waaruit eiwitten zijn opgebouwd. Bij dieren zijn er 20 verschillende aminozuren. Uitgaande van de 4 basen die in combinaties van 3 voorkomen zijn er dus  $4^3 = 64$  verschillende codons mogelijk. Sommige aminozuren kennen maar één codon die voor hen codeert, maar andere soms wel 6.

Hiermee is ook duidelijk dat het DNA dus ook codeert voor de aanmaak van eiwitten. Onze erfelijke eigenschappen worden dus eigenlijk bepaald door de aanmaak van bepaalde eiwitten. Zo kun je dus een eiwit maken in de cellen van je iris die er voor zorgt dat je groene ogen hebt. Het is echter niet het DNA zelf dat de eiwitten aanmaakt, want de eiwitten worden niet in de kern van een cel gemaakt, maar in de ribosomen. In de regel kan DNA de kern niet verlaten, dus daar is een afgeleid molecuul voor nodig, het RNA.

### Opdracht

#### Opdracht 93

Geef een beschrijving van **genen** en **chromosomen** en geef ook aan wat voor rol DNA hierin speelt.

LES 32:

### 4.6. RNA

#### Opdracht

Eerst ga je een video met uitleg over RNA bekijken op: <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw> (3:39 min.).

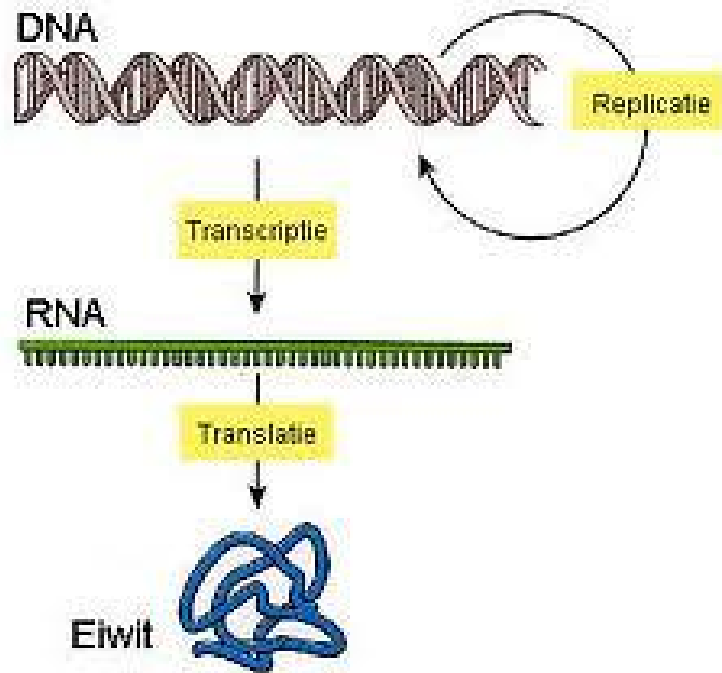
Lees de onderstaande tekst eerst door en beantwoord daarna de vraag verderop.

RNA is de afkorting voor ribonucleïnezuur. RNA lijkt veel op DNA, maar bestaat uit één streng en heeft de base Uracil (U) in plaats van Thymine.

RNA wordt via **transcriptie** uit DNA gemaakt en verlaat de kern en wordt afgelezen (**translatie**) door de ribosomen. De volgorde van de codons in het RNA bepaald de volgorde van de aminozuren en dus de vorm en werking van het eiwit dat op deze manier gemaakt wordt.

Er bestaan 3 soorten RNA:

- mRNA
- tRNA
- rRNA



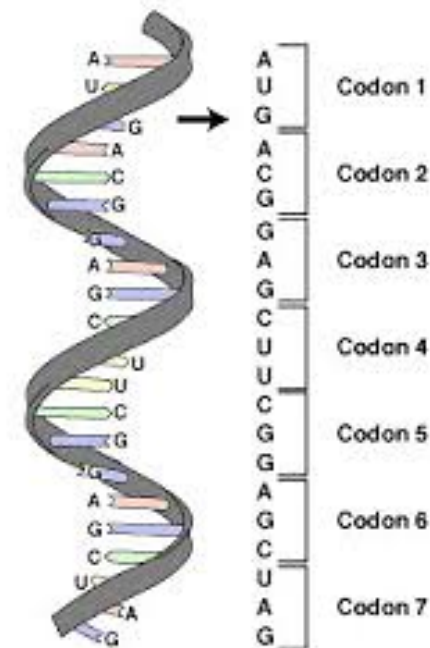
Afb. 4.10. Replicatie en eiwitsynthese

#### 4.6.1. mRNA

De naam mRNA staat voor messenger RNA en bevat de "boodschap" (codons) die de volgorde bepalen van de aminozuren die het eiwit vormen.

#### 4.6.2. tRNA

De naam tRNA staat voor transport RNA en deze vorm van RNA levert de aminozuren aan op volgorde zoals het mRNA dat aangeeft.



Afb. 4.11. RNA en codons

#### 4.6.3. rRNA

Met rRNA wordt het ribosomaal RNA bedoeld. Doordat het rRNA zich aan de ribosomen hecht gaan deze werken. Het is dus eigenlijk een soort aan/uit-knop.

#### Opdracht

##### Opdracht 94

Gegeven is een stukje DNA met de basenvolgorde CGCATG.

- Bepaal hoe het mRNA dat hierbij hoort er uit ziet.

- Bepaal vervolgens het tRNA.  
 - Geef de volgorde van de aminozuren.  
 Je kunt bij deze opdracht tabel 4.1. van RNA codons gebruiken.

	U	C	A	G	
<b>U</b>	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	Stop	Stop	A
	Leu	Ser	Stop	Trp	G
<b>C</b>	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
<b>A</b>	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
<b>G</b>	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Tabel. 4.1. Codons van mRNA voor de codering van aminozuren (hier met afkorting aangegeven).

**Opdrachten**

**Opdracht 95**

Wat zijn de verschillen tussen DNA en RNA?

**Opdracht 96**

Zoek een plaatje op van mRNA, tRNA en rRNA en geef de verschillen duidelijk aan

**Opdracht 97**

Leg uit waarom een mutatie in het RNA minder verstreckende gevolgen heeft dan een mutatie in het DNA.

**Opdracht 98**

Leg uit waarom een mutatie in het DNA in de eierstokken verstreckende gevolgen heeft en in een levercel niet.

LES 33:

**4.7. De evolutietheorie**

Tot aan het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw hield men zich weinig bezig met fossielen. Fossielen zijn de versteende afdrukken of resten van organismen. Vooral in Frankrijk waren aan het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw een aantal onderzoekers bezig met het bestuderen van fossielen.

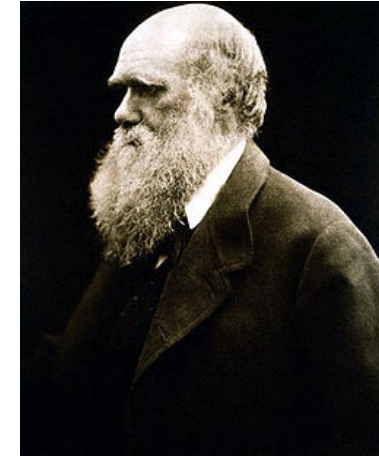
Daarmee kwam ook het bewustzijn dat er al heel lang organismen op aarde aanwezig waren en dat er ook vormen waren geweest die men nu niet meer kent én dat er nu vormen waren die er vroeger blijkbaar (nog) niet waren. Voordat we de moderne evolutietheorie (**neodarwinisme**) ontwikkelden zijn er wel een aantal stappen genomen voordat we zover waren.

#### 4.7.1. Lamarckisme

Eén van deze onderzoekers was Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829), die in zijn boek *Philosophie zoologique* uit 1809 de eerste was die deze veranderingen toeschreef aan een “natuurlijke ladder”, een proces dat rechtlijnig, doelgericht en opklimmend is. Daarmee wilde hij zeggen dat soorten zich in de tijd ontwikkelen en dat deze ontwikkeling de soort steeds weer naar een “perfecter” stadium in haar ontwikkeling brengt. Organismen ontwikkelden zich dus zo van primitieve wezens tot hoger ontwikkelde wezens. De mens vormde de top van deze ontwikkeling. Eigenlijk heeft hij hiermee de eerste evolutietheorie opgesteld. Jean-Baptiste Lamarck (zoals deze edelman zou gaan heten om de Franse Revolutie te overleven) ging er van uit dat soorten niet hetzelfde blijven in de tijd (niet statisch), maar dat eigenschappen die tijdens het leven worden opgedaan ook worden doorgegeven aan het nageslacht. Zo zou een sterk iemand dus ook meer gespierde kinderen krijgen. Zijn evolutietheorie wordt ook wel **Lamarckisme** genoemd.

#### 4.7.2. Darwinisme

Charles Robert Darwin (1809-1882) was de zoon van een arts. Deze zag graag zijn zoon in zijn voetsporen treden en stuurde hem daarom naar Edinburgh om te studeren.



Afb. 4.12. Jean-Baptiste Lamarck Afb. 4.13. Charles Robert Darwin

Charles, echter, voelde zich meer aangetrokken tot wetenschappen als geologie en natuurwetenschappen en kwam in contact met prominente onderzoekers in die tijd. Hij stopte met zijn studie medicijnen en ging theologie studeren in Cambridge. In Cambridge leerde hij John Henslow kennen die geestelijke, plantkundige en mineraloog was. Na zijn afstuderen in 1831 kreeg hij dan ook via bemiddeling van Henslow de kans om met het onderzoeksschip Beagle mee te varen. Dit schip zou de kust van Zuid-Amerika in kaart brengen waardoor het Verenigd Koninkrijk ook handelsbetrekkingen met Latijns Amerika kon openen. De reis zou aanvankelijk maar 2 jaar duren, maar werd uiteindelijk bijna 5 jaar. De Beagle deed behalve Zuid-Amerika ook Australië en Kaapstad met de nodige tussenstops in de Stille en Indische Oceaan.

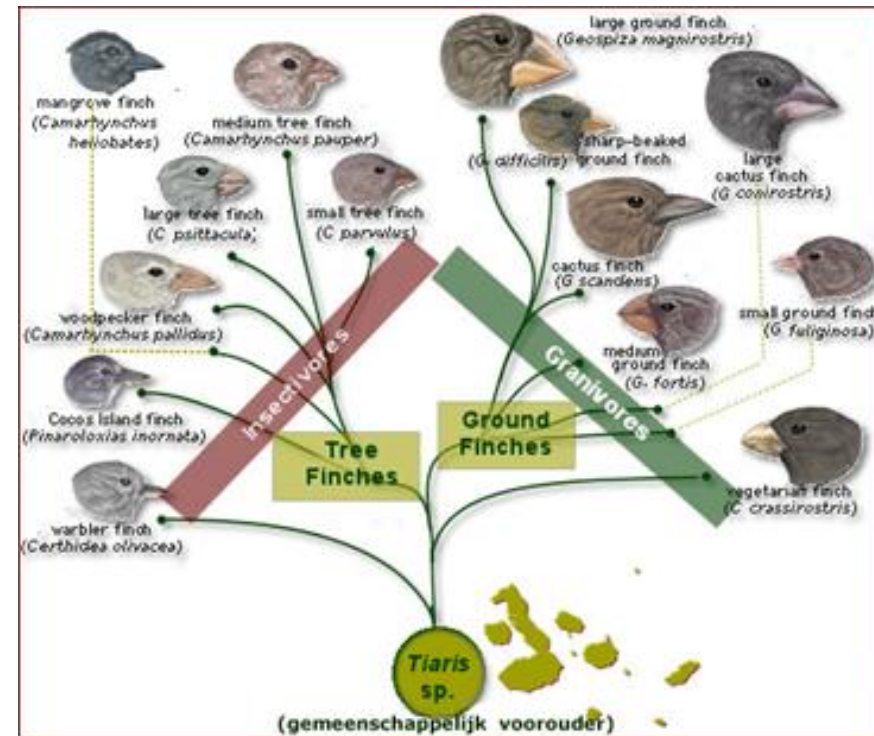




Afb. 4.14. De reis van de Beagle

Charles Darwin's taak was zoveel mogelijk planten, dieren en fossielen te verzamelen. De meest opzienbarende vondsten werden gedaan op de Galapagos eilanden. Terug in Engeland ging Darwin al het verzameld materiaal uitzoeken en ter bestudering aan specialisten voorleggen. Zo kwam de vogelkundige John Gould (1804-1881) erachter dat de vogels die Darwin op de Galapagos eilanden verzamelde niet een kruising tussen lijsters en vinkachtigen waren, maar een groep van 14 afzonderlijke soorten betrof van een voor deze eilanden unieke groep vogels. Elk eiland kende haar eigen vorm. Uit later onderzoek is gebleken dat de 'Darwinvinken' allemaal afstammen van een soort van het Zuid-Amerikaanse vasteland. Waarschijnlijk blies een sterke wind een groepje oergorzen zo'n 570 duizend jaar geleden naar deze eilandengroep. Ze specialiseerden zich, door te

kieszen voor verschillende soorten voedsel, zoals zaden, insecten en fruit. De soorten van nu zijn vooral herkenbaar aan hun snavels.



Afb. 4.15. Darwinvinken

Een zelfde patroon werd waargenomen voor de gigantische landschildpadden op deze eilanden. Darwin dacht dat natuurlijke selectie op de sterkste individuen op elk eiland het mechanisme was waarop de soorten en hun verschillen ontstonden.

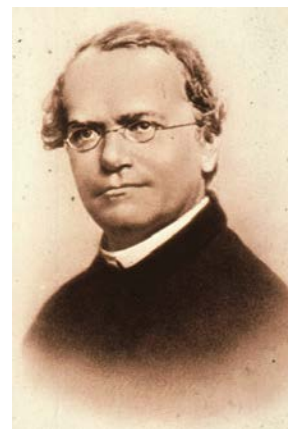
Doordat een andere onderzoeker, Alfred Russel Wallace (1823-1913), soortgelijke ontdekkingen deed in de Indische Archipel kreeg Darwin haast om zijn theorie over het ontstaan van de soorten te publiceren. In 1859 publiceerde hij dan ook zijn “Origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life” waarin hij evolutie beschreef aan de hand van natuurlijke selectie.

Men had op zich niet zo’n probleem met het verschijnsel evolutie, maar dat natuurlijke selectie het mechanisme er achter zou zijn in plaats van een Goddelijke kracht deed veel stof opwaaien. Darwin zijn evolutietheorie noemen we ook wel **Darwinisme**.

#### 4.7.3. Erfelijkheidswetten

In 1866 publiceerde de Augustijner monnik Gregor Johann Mendel (1822–1884) in het Hongaars zeven publicaties over erfelijkheid bij erwten. Hij toonde aan dat organismen eigenschappen hadden die ze door konden geven aan hun nageslacht. Sommige van deze eigenschappen kwamen altijd tot uiting als zij aanwezig waren (dominante eigenschappen), andere bleven verborgen en kwamen alleen tot uiting als er geen dominante eigenschappen aanwezig waren (recessieve eigenschappen). Zijn erfelijkheidswetten noemen we nu nog steeds de Wetten van Mendel, hoewel vroeger Mendel nooit die eer gekregen heeft die hem toekomt.

Het was de Nederlandse hoogleraar en nobelprijswinnaar Hugo de Vries (1848-1935) die zelf de “Wetten van Mendel” (her)ontdekte en publiceerde aan de hand van diverse plantensoorten.



Afb. 4.16. Gregor Johann Mendel



Afb. 4.17. Hugo de Vries

#### 4.7.4. Mutatietheorie van Morgan

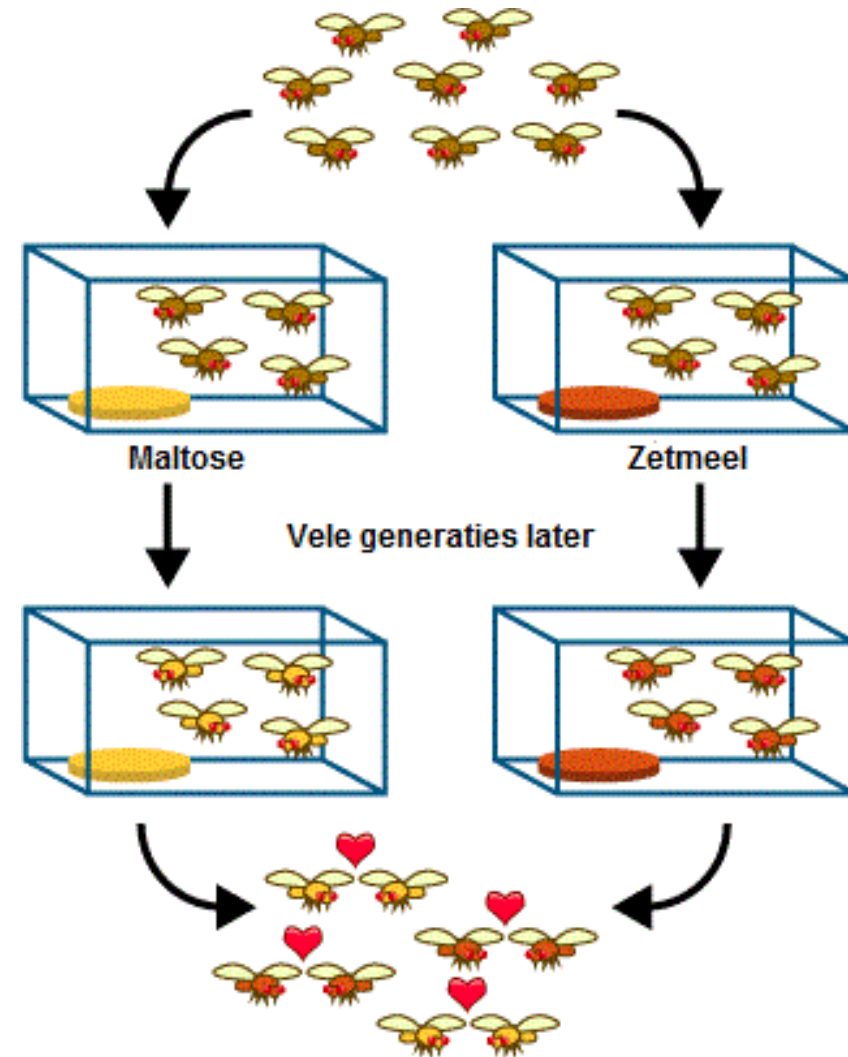
Thomas Hunt Morgan (1866 - 1945) was erg onder de indruk van de ontdekkingen van Hugo de Vries en zocht hem op. Hij ontdekte dat fruitvliegen maar enkele erfelijkheidsdragers (chromosomen) hadden en dat de erfelijke eigenschappen een sterke neiging tot mutatie vertoonden. Door recombinatie van deze nieuwe genen van beide ouders ontstonden nakomelingen met nieuwe eigenschappen.



Afb. 4.18. Thomas Hunt Morgan Afb. 4.19. Vleugel-, oogkleur- en lichaamskleurmutaties bij fruitvliegen

In 1989 deed Diane Dodd een experiment met fruitvliegjes waarbij ze een groep opsplijste in twee geïsoleerde groepen. De ene groep kreeg maltose te eten, de andere groep zetmeel. Na een aantal generaties bleken de vliegjes alleen een voorkeur te hebben om te paren met fruitvliegjes met dezelfde voedselvoorkeur. Dat de kans op mutatie relatief groot is blijkt uit de overerving van het Y-chromosoom bij mannen. Het Y-chromosoom draagt nog altijd 78 genen en wordt van vader op zoon overgedragen. Er is geen enkel chromosoom aanwezig dat eventuele mutaties kan compenseren. Meestal hebben deze mutaties geen effect op de eiwitsynthese vanwege meerdere codons die coderen voor hetzelfde aminozuur, maar wanneer dit wel

het geval is kan er dus al in enkele generaties (binnen 200 jaar) aanzienlijke verschillen met de voorouders ontstaan.



Afb. 4.20. De proef van Diane Dodd (1989)

#### 4.7.5. Neodarwinisme, de moderne evolutieleer

De moderne evolutieleer, het **Neodarwinisme**, is een combinatie van het **Darwinisme**, **genetica** en **populatiegenetica**. De drijvende kracht in dit model is de combinatie van mutatie en natuurlijke selectie. Organismen geven genen door aan hun nakomelingen. Wanneer hierbij fouten worden gemaakt kan er een mutatie ontstaan in de vorm van een (nieuw) allel van een gen. Deze genen kunnen ook worden doorgegeven aan de nakomelingen, waardoor de mutatie zich verspreidt in de populatie. Natuurlijke selectie kan de verspreiding van een mutatie tegengaan (ongunstige eigenschap) of juist bevorderen (gunstige eigenschap). Als de relatieve frequentie van het gen toeneemt in de populatie is er sprake van evolutie.

Zo kan er dus in over een periode van miljoenen de enorme biodiversiteit zoals we die nu kennen verklaard worden.

LES 34:

#### **Opdrachten**

##### **Opdracht 99 – Groepsopdracht (3 personen)**

Aan de hand van verschillende opdrachten die je van je docent gaat krijgen gaan jullie een deel van de historie van het leven en de daaruit voortvloeiende biodiversiteit bestuderen.

De resultaten van deze opdracht wordt gepresenteerd in de vorm van een **wetenschappelijke poster**.

##### **Opdracht 100**

Lever je poster in en bekijk de posters van je klasgenoten.

## STAP 5

# Collectief leren

In dit hoofdstuk:

- Hoe ontstond de mens
- Mensensoorten
- Wat maakt ons uniek
- Collectief leren

Archeologie, Antropologie,  
Biologie, Sociologie, Psychologie,  
Geschiedenis, Filosofie



STAP

5

## COLLECTIEF LEREN

INGREDIËNTEN



GOLDBLOCKS VOORWAARDEN



NIEUWE COMPLEXITEIT

Krachtige hersenen

Nauwkeurige en  
veelzijdige symbolische  
taal

Interacties tussen individuen en  
tussen gemeenschappen

Het vermogen tot overdracht en opslag  
van informatie

Een nieuwe soort, *Homo sapiens*, die collectief  
leren gebruikt om

Op nieuwe manieren  
verbinding met elkaar te  
maken

Zich aan te passen aan hun  
omgeving zonder genetisch  
te veranderen

Informatie door te geven  
van generatie op generatie

1 MILJOEN JAAR  
GELEDEN

5000 JAAR GELEDEN

1000 JAAR GELEDEN

1000 900 800 700 600 500 400 300 200 1000 900 800 600 400 200



LES 35:

*“The migrations of the Paleolithic humans, their cave art, and their technological skills rightly win our admiration; but the elimination of so many other large animals, including the only surviving species of hominines, is a powerful reminder of a more deadly side to human history”*

- David Christian (geb. 1946)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

1. Hoe ontstond de mens?
2. Mensensoorten
3. Wat maakt ons uniek?
4. Collectief leren

#### **5.1. Inleiding**

In de vorige stap heb je gezien waartoe evolutie geleid heeft en welke mogelijke theorieën verklaren hoe dit alles ontstaan is. Zo is ook de mens een dier en het gevolg van evolutie. Toch is de mens anders dan de meeste dieren. Wij dragen kleren, bouwen huizen, en het lijkt er op dat wij de enige zijn die ons afvragen waar wij vandaan komen, waarom we er zijn en waar we naartoe gaan in de toekomst. Wij willen weten hoe het universum, onze

planeet en ook hoe wij zelf in elkaar steken. Kortom, we houden ons bezig met alles waar het Big History project voor staat.

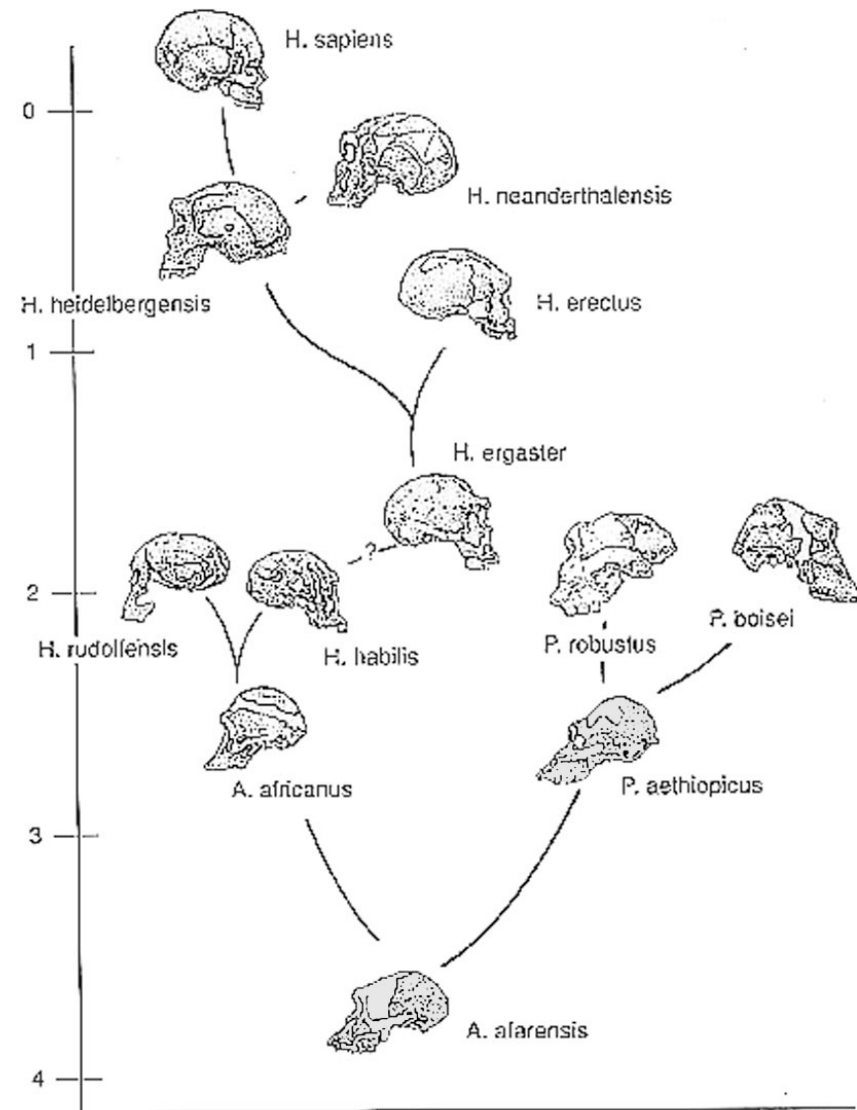
#### **5.2. Het ontstaan van de mens**

Wanneer je iemand vraagt waarin de mens verschilt van de (andere) dieren wordt vaak het argument gebruikt dat wij mensen gereedschap gebruiken. Echter, ook chimpansees gebruiken stokjes om mieren uit een mierennest te pulken. Of wat te denken van haviken in Australië die stenen op eieren gooien om de eierschalen te breken. En nog veel meer dieren gebruiken gereedschap weten we nu. Nee, de verklaring waarom mensen anders zijn zullen we in een heel andere hoek moeten gaan zoeken. Bekijk de video over het [gebruik van gereedschap door dieren](#) [11:00 min.]. De psychologie houdt zich bezig met het bestuderen van menselijk gedrag. Evolutionaire psychologie houdt zich in het bijzonder bezig met de totstandkoming van gedrag. Het was juist ons gedrag dat ons een voordeel opleverde in de natuurlijke selectiedruk die op ons lag. Het stellen van de juiste vragen zou volgens David G. Myers (2010) daarbij een grote rol spelen. Zo zullen zwangere vrouwen geen bittere of nieuwe voedingsstoffen eten, omdat dit soort voedingsstoffen mogelijk giftig zijn of een effect hebben op de ontwikkeling van het embryo. Ook kinderen

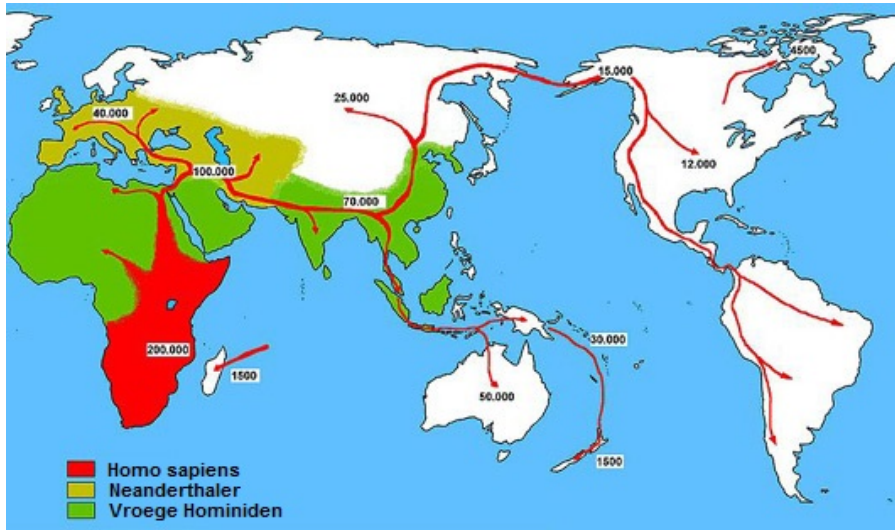


ontwikkelen in de regel een angst voor vreemden zodra ze zelf kunnen lopen. En hoe komt het veel mensen vaak dezelfde waarden en normen delen? Opvallend is in ieder geval dat de oorsprong van de mens ligt in Noordoost Afrika, van waaruit zij zich over de wereld verdeeld heeft. Uiteindelijk heeft de Cro Magnon (de huidige mens) als enige overleefd.

**Ik kan denken, componeren, bruggen bouwen, vliegtuigen besturen en computers maken. Wat kun jij?**



Afb. 5.1. Evolutiestamboom van de mens



Afb. 5.2. Migratieroutes van de mens

## Opdrachten

### Opdracht 101

Bekijk de BBC-documentaire in de bewerking van van Mel-Rob Gelderman over de evolutie van de mens:

<http://www.youtube.com/watch?v=Ax5yi-UMieY> [16: 05 min.]. Maak aantekeningen.

### Opdracht 102

Noem wat eigenschappen die jij vindt passen bij de mens, en verklaar vanuit evolutionair oogpunt waarom deze eigenschappen zorgden voor meer nakomelingen.

### Opdracht 103

Vind jij het terecht dat we altijd zo naar verschillen tussen mensen kijken? Noem een aantal voorbeelden van gedrag dat wij op Aarde allemaal delen.

LES 36:

### 5.3. Soorten mensen

Er is fossiel bewijs dat er verschillende soorten mensen geleefd hebben op aarde. Een overzicht hiervan staat in tabel 5.1.

Zoals je uit het onderstaande overzicht kan opmaken zijn de meeste ontdekkingen van relatief kort geleden en is het fossiel materiaal dat gevonden is vaak ook beperkt. Alleen van de Heidelberg mens en de daaruit voortgekomen Neanderthal mens en moderne mens zijn veel resten bekend. De Neanderthal mens stierf ongeveer 27.000 jaar geleden uit, de moderne mens (Cro Magnon) bevolkt al 40.000 jaar Europa. Toch was de moderne mens minder goed aangepast aan het leven in koude gebieden dan de Neanderthal mens.

## Opdrachten

### Opdracht 104

Wat zou een verklaring zijn voor het uitsterven van de Neanderthal mens. Ga na of er bewijs is voor je verklaring.

Tabel 5.1. Soorten mensen die geleefd hebben. Van de niet **vet** vermelde soorten is de status als aparte soort nog niet zeker.

soort	periode (Milj. jaren)	locatie	lengte (cm)	gewicht (kg)	hersenvolume (cm <sup>3</sup> )	als fossiel gevonden	ontdekking / publicatie
<i>H. habilis</i>	2,5–1,5	Afrika	100–150	30–55	600	veel	1960/1964
<i>H. rudolfensis</i>	1,9	Kenia			750	2 schedels	1972/1986
<i>H. georgicus</i>	1,8–1,6	Georgië	150		600–680	weinig	1999/2002
<i>H. ergaster</i>	1,9–1,25	O. en Z. Afrika	190		700–850	veel	1975
<i>H. erectus</i>	2(1,25)–0,3	Afrika, Eurazië (Java, China, Kaukasus)	180	60	900–1100	veel	1891/1892
<i>H. cepranensis</i>	0,8?	Italië			1200	1 schedelkap	1994/2003
<i>H. antecessor</i>	0,8–0,35	Spanje, Engeland	175	90	1000	3 plaatsen	1997
<i>H. heidelbergensis</i>	0,6–0,25	Europa, Afrika, China	180	60	1100–1400	veel	1908
<i>H. neanderthalensis</i>	0,23–0,03	Europa, W. Azië	160	55–70	1200–1700	veel	(1829)/1864
<i>H. rhodesiensis</i>	0,3–0,12	Zambia			1300	zeer weinig	1921
“Gawisschedel”	0,5–0,25?	Ethiopië				1 schedel	2006
<i>H. sapiens sapiens</i>	0,25–heden	wereldwijd	140–190	55–80	1000–1850	leeft nog steeds	—/1758
<i>H. sapiens idaltu</i>	0,16	Ethiopië			1450	3 schedels	1997/2003
<i>H. floresiensis</i>	0,10–0,012	Indonesië	100	25	400	1 schedel, botten van 7 individuen	2003/2004
<i>H. denisova</i>	0,20–0,029	Siberië (Altai-gebergte)	?	?	?	1 vingerbotje meisje, maaltand van een volwassen man. Een teen van een jonge man.	2000/2008 en 2011

**Opdrachten**

Ook David Christian heeft zijn verhaal gemaakt over de ontwikkeling van de mens. Bekijk zijn video "[How did our ancestors evolve?](#)" [10:00 min] en beantwoord de volgende vragen:

Deel 1:

**Opdracht 105**

Wat is taxonomie?

**Opdracht 106**

Welke drie soorten bewijs voor wat we weten over onze voorouders noemt David?

Deel 2:

**Opdracht 107**

Wat is "evolutionary radiation"?

**Opdracht 108**

Wat is het verschil tussen *Homonoïden*, *Hominiden* en *Hominines*?

LES 37:

**5.4. Wat maakt ons uniek?**

Hoewel de mens zeer veel kenmerken deelt met de andere dieren neemt zij toch een unieke plaats in tussen al het andere leven op aarde. Dat komt met name

doordat wij een revolutionaire stap genomen hebben in onze ontwikkeling, namelijk ons gedrag. Dat gedrag van ons leidt tot een paar heel belangrijke verschillen. Volgens de bekende Amerikaanse antropoloog Jared Mason Diamond (geb. 1937) hebben we een "Great Leap Forward" (grote stap voorwaarts) gemaakt toen we informatie gingen uitwisselen en doorgeven, waardoor we in staat waren ons aan te passen aan de meest onwaarschijnlijke omgevingen (Diamond, 1992). Tot 40.000 jaar geleden was er weinig verschil tussen de verschillende groepen mensen die de Aarde bevolkten. Diamond stelt dat de geografische, klimatologische en bacteriologische factoren, en niet genetische verschillen, de belangrijkste reden zijn dat de westerse beschavingen 'sneller' konden groeien dan andere beschavingen (Diamond, 1992). In vrij korte tijd ontstonden er enorme verschillen tussen de culturen van verschillende mensen, een verschil van even grote omvang als heden ten dagen tussen culturen kunnen worden waargenomen.

Welke zaken spelen bij deze "Grote Stap Voorwaarts" allemaal een rol?

Allereerst is er het vermogen tot het maken van voorwerpen. We hadden voornamelijk ruw ontworpen stenen gereedschappen en wapens. Van de *Homo erectus* is bekend dat deze voorwerpen soms wat versierd waren met inkepingen, maar in de regel was dit niet het geval.

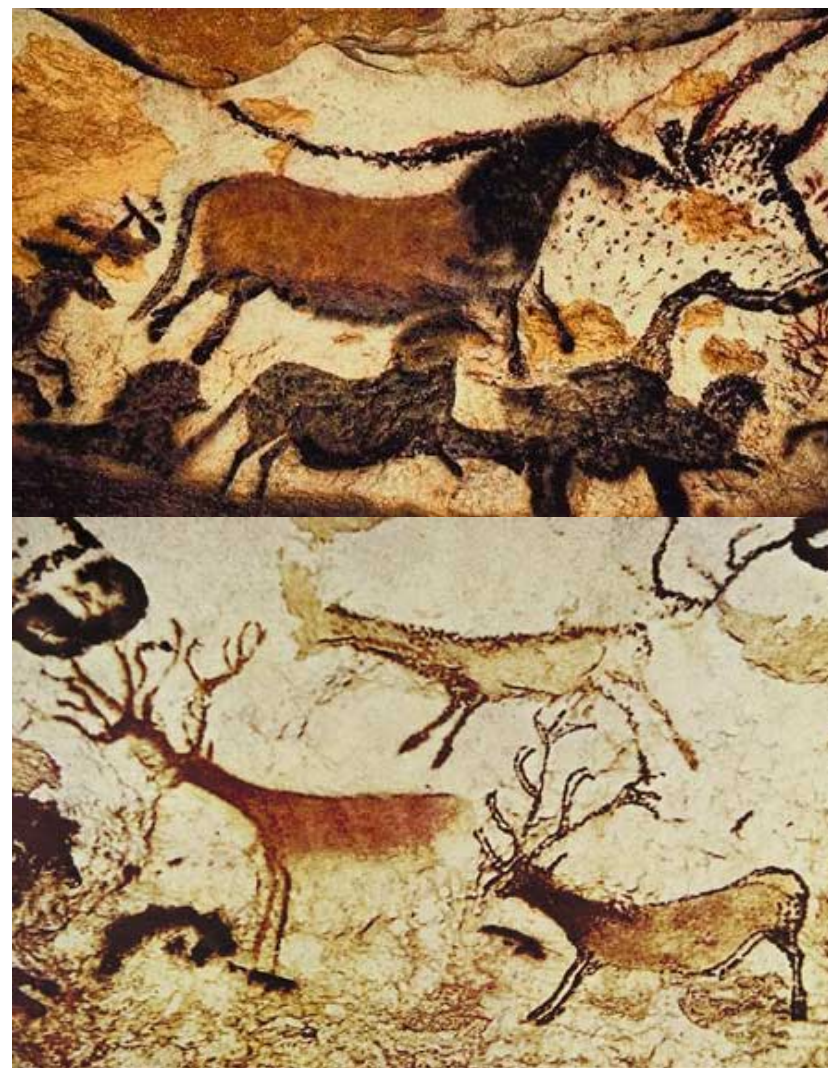


Ook zullen houten (of in Azië: Bamboe) voorwerpen ongetwijfeld een belangrijke rol gespeeld hebben, maar van dit soort voorwerpen is niet veel overgebleven in archeologische opgravingen. Opvallend is dat tot aan de “Grote Stap Voorwaarts” er geen schilderijen, geen beeldjes of juwelen waren, alleen wat in steen gekerfde dier- en mensfiguren en hemellichamen. Na de “Grote Stap Voorwaarts” worden deze ineens in archeologische opgravingen aangetroffen. Ook muziekinstrumenten, zoals fluiten die uit beenderen gemaakt werden, worden dan gevonden.

De beroemde grottekeningen die in 1940 ontdekt werden in een grot in Lascaux (Frankrijk) tonen een natuurgetrouw tijdsbeeld van het leven 25.000 – 10.000 jaar geleden en zijn het werk van de Cro Magnon mens.



Afb. 5.3. Grot van Lascaux



Afb. 5.4. Grottekeningen uit de grot van Lascaux

Ook het oudst bekende beeldje uit Europa, de Venus van Willendorf (Oostenrijk) dateert uit deze tijd.



Afb. 5.5. De Venus van Willendorf.

Sinds deze Paleolithische kunst is de ontwikkeling van de mens snel gegaan. Feitelijk is alles wat we in elke tijdsperiode sindsdien bereikt hebben op het gebied van al onze culturele uitingen van een vergelijkbaar niveau in die tijd. De Sixtijnse kapel, de relativiteitstheorie en zelfs de computers van nu.

De “Grote Stap Voorwaarts” staat wellicht ook in een direct verband met ons vermogen tot communicatie via

de taal die de mens toen ontwikkelde. Men wilde elkaar verhalen vertellen en deze doorgeven aan elkaar en men stelde vragen die verder gingen dan alleen dat wat zichtbaar was (bijvoorbeeld: Wat als...-vragen). Deze ommekeer in het gebruik van taal, als deze er al was voor de “Grote Stap Voorwaarts”, veroorzaakte ook een ommekeer in onze manier van denken. Het kan ook zijn dat de oudste kunstvoorwerpen de brug waren tot communicatie en dus ontwikkelen van taal. Men wilde elkaar wat laten zien en er over vertellen.

We kunnen de ontwikkeling van onze taal herleiden tot een aantal taalfamilies die allemaal zijn gebaseerd op een zogenaamd “**kernlexicon**” of “**centrale woordenschat**” van een taalfamilie. Het gaat dan om woorden die heel alledaagse dingen aanduiden (arm, neus, oor), personen (papa, mama), basale levenshandelingen (slapen, eten, drinken) en zelfs veel voorkomende planten uit die tijd (berk, beuk, den). Deze woordenschat is vrij stabiel en nauwelijks veranderd in de tijd. Deze woorden noemen we **erfwoorden** of **gewone woorden**, omdat ze van generatie op generatie zijn overgegeven en verteld ons iets over de oudste geschiedenis van de sprekers van een taal. Voor nieuwe begrippen waar men later mee in aanraking kwam (muur, bril, olifant, democratie, boulevard) worden die woorden uit een andere taal overgenomen. We noemen die woorden **leenwoorden**.



Eigenlijk kun je zeggen dat de erfwoorden de DNA van een taal zijn (Coppen, 2018).

Tot slot is er die derde eigenschap waarmee we ons onderscheiden van dieren, namelijk onze manier van denken. Het is niet zo dat dieren geen zelfbewustzijn hebben, blijkt steeds vaker uit onderzoek. Ook dieren vertonen respons op elkaar en kunnen individuele soortgenoten herkennen. Ons denken wordt voornamelijk bepaald door de vragen die we ons stellen en de oplossingen die we daarvoor bedenken. Vooral het stellen van abstracte vragen als “waar komen wij vandaan” lijkt uniek voor ons mensen. Opvallend is dat alle drie de zaken die ons uniek maken ook bij dieren voorkomen, maar de manier waarop we ermee om gaan maakt het verschil.

### Opdrachten

#### Opdracht 109

Welke van de bovenstaande verschillen vind jij zelf het belangrijkste dat ons “uniek” maakt? Licht je antwoord toe.

#### Opdracht 110

Wat heeft het bovenstaande met collectief leren te maken?

Bekijk de video “[How did the first humans live?](#)” [10:52 min] en beantwoord de volgende vragen:

Deel 1 [0:00 - 1:52 min]:

#### Opdracht 111

Welke twee wetenschappen leveren de bewijsvoering voor wat wij weten over de ontwikkeling van *Homo sapiens* in het Paleolithicum?

Deel 2 [1:52 – 8:11 min]:

#### Opdracht 112

Wat is foerageren?

#### Opdracht 113

Hoe komt het dat mensen zich zo succesvol konden verspreiden over zoveel verschillende leefomgevingen?

#### Opdracht 114

In de Blombos grot in Zuid-Afrika zijn allerlei gereedschappen gevonden. Op enkele zitten aangebrachte krassen in patronen. Waar zouden deze krassen een eerste bewijs voor kunnen zijn?

#### Opdracht 115

Wat verstaat David Christian onder levenswijze?

#### Opdracht 116

Waarom maakten de eerste *Homo sapiens* in Africa steentekeningen?

Deel 3 [08:11 – 10:52 min]:

**Opdracht 117**

Welke twee belangrijke gebeurtenissen speelden de mens en haar ontwikkeling in de hand?

**Opdracht 118**

Hoe kan natuurlijke selectie hebben bijgedragen aan de “Grote Stap Voorwaarts”?

LES 38:

In tegenstelling tot de “Grote Stap voorwaarts” staat de **continuïteitshypothese**. Er zijn ook wetenschappers die niet uitgaan van een plotselinge stap. David Christian noemde in zijn video al dat er al bijna 100.000 jaar geleden mensen waren in Zuid Afrika die visten. Deze mensen bewoonden de Blombos Grot en hebben mogelijk al de beschikking gehad over een soort boten en visgerei om vissen te vangen. Daarnaast heeft men in de grot ook restanten gevonden van vuurhaarden, gereedschappen en gegraveerde stenen. De “Grote Stap voorwaarts” blijkt dus meer een indruk die men krijgt uit Europese opgravingen, dan een wereldwijd beeld. De veranderingen in modern menselijk gedrag zou eerder het gevolg zijn van een geleidelijk proces dan van een sprongsgewijze ontwikkeling.

**5.5. Collectief leren**

Aan de basis van onze invulling van cultuur, taal en moderne technieken ligt het proces van “**Collective learning**” (collectief leren). Om dat te kunnen doen zullen we eerst het vermogen gehad moeten hebben om een “**Collective memory**” (collectief geheugen) te ontwikkelen. Om te weten wat een collectief geheugen inhoud ga je eerst de video “[What make humans different](#)” [4:52 min.] bekijken van David Christian. Daarna bekijk je de video “[Collective learning](#)” [2:42 min.].

Het collectief leren heeft dus haar basis in het delen binnen de groep van informatie en het uitwisselen van informatie tussen groepen. Collectief leren is eigenlijk het delen van onze kennis met elkaar en deze van generatie op generatie doorgeven en voortbouwen op eerdere ideeën om zo nieuwe te verzinnen.

Hiermee ontwikkelen we dus steeds meer “Creativiteit” in ons denken om te overleven en ons te ontwikkelen. Met creativiteit bedoelen we het vermogen om “probleemoplossend” te denken. De mate van creativiteit bepaald ook in intelligentietests ons IQ (= Intelligentie Quotiënt). Echter ondanks een hoog IQ blijft de mens toch ook een dier. Gedragsdeskundigen en filosofen menen dan ook dat we ondanks onze status als intelligent wezen, dat leert via collectief leren, ons nog steeds vaak laten

leiden door onze oerdriften, waaronder honger, lust, afgunst en wraakzuchtigheid.

Zo is Desmond Morris (geb. 1926) een zoöloog die zich heeft toegelegd om mensen te bestuderen zoals biologen dat doen met dieren. Vooral in zijn boek (1969) en BBC serie *The Naked Ape* laat hij ons naar mensen kijken als naar dieren in hun dagelijks leven. Hij laat ons zien dat we eigenlijk niet zo uniek en beschaafd zijn als we onszelf willen doen geloven, maar ook door destructieve instincten worden gedreven. Ook Desmond Morris stelt dat, ondanks dat de mens zo intelligent is geworden, hij toch nog zijn oude driften en gewoonten heeft gehouden. De oude neigingen bestaan tenslotte al miljoenen jaren, de nieuwe pas enkele duizenden jaren en dat kan een mens niet zomaar van zich af schudden. Morris stelt dan ook dat we van tijd tot tijd onze samenleving zo moeten inrichten dat ze niet in botsing komt met onze dierlijke neigingen, of deze neigingen teveel onderdrukken (Morris, 1969).



Afb. 5.6. Desmond Morris.

## Opdrachten

### Opdracht 119

Noem wat voorbeelden uit de actualiteit waaruit blijkt dat Desmond Morris een punt heeft als hij zegt dat mensen nog steeds gedreven worden door destructieve instincten.

### Opdracht 120

De filosoof John Gray is ervan overtuigd dat mensen, omdat ze agressieve dieren zijn, geen vrije wil hebben. We lopen enkel onze driften achterna.

Ben jij het met deze opvatting eens? Beargumenteer in je antwoord ook wat jij verstaat onder “vrije wil”.

Bekijk nu de video [“The human animal”](#) van Desmond Morris [6:24 min] en beantwoord de onderstaande vragen.

### Opdracht 121

Normaal gesproken wordt menselijk gedrag bestudeerd door psychologen. Desmond Morris is echter bioloog. Waarom heeft zijn kijk op mensen zo’n belangrijke bijdrage geleverd aan hoe we nu tegen mensen aankijken?

### Opdracht 122

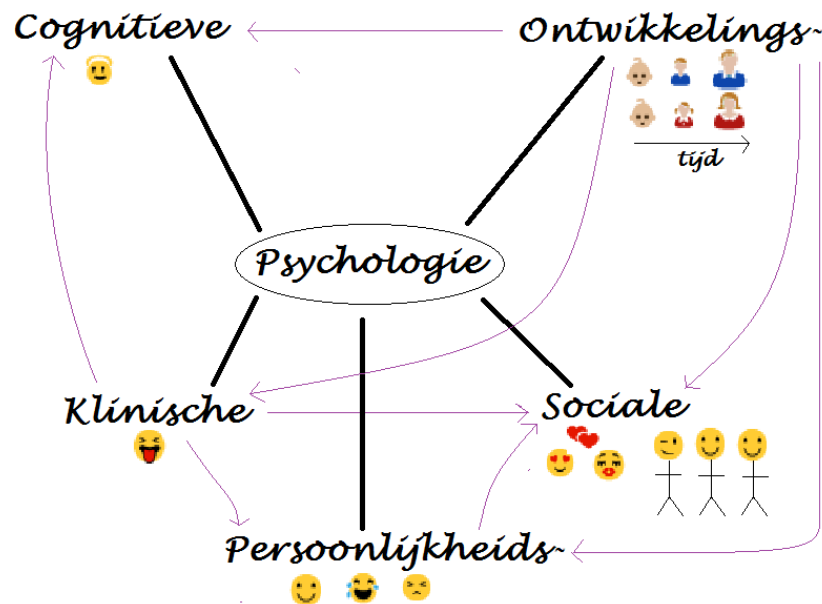
In de video zie je allemaal verschillende gebaren voor gelijke situaties waarop men reageert. Maar ondanks de verschillende gebaren zijn er ook juist overeenkomsten. Geef enkele voorbeelden hiervan.

LES 39:

### 5.5.1. Sociale Psychologie

Uit het voorgaande mag duidelijk zijn dat via de sociale omgang met elkaar het collectief leren bevorderd wordt. In de psychologie worden de diverse aspecten van het menselijk gedrag bestudeerd en wanneer je een “mindmap” zou maken van de psychologie krijg je diverse deeldisciplines (zie afbeelding 5.7).

Al deze deeldisciplines hebben invloed op elkaar. De **cognitieve psychologie** houdt zich bezig met hoe mensen leren, denken, onthouden en taal aanleren.



Afb. 5.7. Mindmap van de Psychologie

De **ontwikkelingspsychologie** bestudeert ook deze zaken, maar ook sociaal gedrag in het kader van de ontwikkeling van een mens. Een ontwikkelingspsycholoog onderzoekt hoe in de loop van je ontwikkeling ons gedrag steeds complexer wordt. Wanneer in die ontwikkeling iets mis gaat kom je terecht bij de **klinische psychologie**. Hier wordt onderzocht waarom er iets in de ontwikkeling mis gaat en de problemen waarin men terecht kan komen. De klinische psychologie hangt vervolgens weer samen met de **persoonlijkheidspsychologie**, waarbij gekeken wordt naar wat voor persoonlijkheid mensen zich ontwikkelen. En dan is er ook nog de **sociale psychologie**, dat ook weer samenhangt met de andere disciplines. In de sociale psychologie wordt gekeken hoe men zich gedraagt naar andere toe. Sociaal psychologen kijken vooral naar het gedrag van een individu ten opzichte van een groep of naar het gedrag onder invloed van een groep om hem/haar heen. Vooral in de jaren '50 en '60 in de vorige eeuw maakte de sociale psychologie een grote vlucht door. Dit hing samen met o.a. de Tweede Wereldoorlog waarin mensen elkaar de meest verschrikkelijke dingen hebben aangedaan. In de jaren volgend op de Tweede Wereldoorlog zijn toen een aantal spraakmakende experimenten uitgevoerd die ons veel geleerd hebben over ons gedrag. Eén van die experimenten is het experiment aan de Yale University door Stanley Milgram

(1933 - 1984). Dit experiment is de geschiedenis ingegaan als het *Milgram obedience experiment* en is tot op heden één van de meest spraakmakende onderzoeken uit de Sociale psychologie.

### Opdrachten

#### Opdracht 123

Waarom werd er juist na de Tweede Wereldoorlog vooral veel sociaal psychologisch onderzoek verricht?

Bekijk nu de video van het [Milgram obedience experiment](#) [5:04 min.] en beantwoord de volgende vragen:

#### Opdracht 124

Leg uit waarom het Milgram experiment zowel letterlijk als figuurlijk “schokkend” te noemen is.

#### Opdracht 125

Maak een korte samenvatting van het experiment.

#### Opdracht 126

Bepaal uit de video waarom het experiment niet alleen “valide” is, maar ook betrouwbaar was?

### 5.5.2. Conformereren

Nog voordat Stanley Milgram zijn experiment uitvoerde had Solomon Asch (1907 - 1996) al onderzoek gedaan in de jaren '50 van de vorige eeuw naar hoe men zich

gedraagt in een groep. Ook hij vroeg zich af hoe het mogelijk was dat mensen tijdens de Holocaust in staat bleken te zijn onder druk van anderen zulke vreselijke daden te begaan. Het meegaan met de groep, terwijl je zelf eigenlijk een andere mening hebt, wordt ook wel **conformereren** genoemd. Zijn onderzoek ging de geschiedenis in als het *Asch conformity experiment*. Bekijk nu de video van het [Asch conformity experiment](#) [4:10 min.]

### Opdracht

#### Opdracht 127

Formuleer de hypothese die Asch bij dit experiment zou kunnen hebben geformuleerd.

#### Opdracht 128

Beschrijf een situatie in je eigen leven waarbij je achteraf het gevoel had dat je, of iemand anders in jouw omgeving, conformeerde aan de groep.

LES 40:

### 5.5.3. Het bystander-effect

Als wij onder invloed van bepaalde leiders in staat zijn ons aangeleerde normgedrag te verlaten, wat kan er nog meer invloed op ons gedrag hebben? Het experiment van Asch was onder “laboratorium-condities”, maar zijn er ook situaties in het dagelijks leven?

De situaties waarbij dit het geval is, staat bekend onder de naam “**bystander-effect**”. Het feit dat mensen niet ingrijpen in een situatie waarvan het normbesef dat wel van je verlangd is “**diffusion of responsibility**”, mensen geloven dat er wel iemand anders is die de verantwoordelijkheid op zich neemt en dus gebeurt er niets. Het bystander-effect komt vooral voor in een situatie wanneer de groep om je heen bestaat uit onbekenden. Soortgelijke experimenten waarbij men elkaar wel kende binnen de groep, bleek dat men wel (sneller) ingreep.

Een verklaring voor het bystander-effect zou zijn dat men nu eenmaal niet anders zou willen doen dan de groep. In zijn boek *The Human Zoo* (1969) stelt Desmond Morris echter dat de mensen nog “te kort” in de stad leven om zich aangepast te hebben aan de “nieuwe stam”. Vroeger leefden mensen in stammen (groepen) die hooguit uit zo’n 150 individuen zouden bestaan. Daar kent iedereen elkaar. In de stad is de stam vele malen groter en kent men elkaar niet, met uitzondering van familie, vrienden en kennissen. De familie, vrienden en kennissen zijn te vergelijken met de eigen stam van vroeger. Deze mensen behandelen we dus als medemensen, maar alle anderen zijn “achtergrondruis”, want we kunnen niet iedereen kennen in deze grote (betonnen) jungle. Iemand die op de

grond ligt en die we niet kennen is niet meer dan een boomstronk in de jungle.

### Opdrachten

Bekijk nu een video over het [bystander-effect](#) [7:04 min.] en beantwoord de volgende vragen:

#### Opdracht 129

Geef een voorbeeld van een situatie waarbij het bystander effect kan optreden.

#### Opdracht 130

Denk jij dat het zou helpen wanneer mensen voorlichting krijgen over het bystander-effect? Beargumenteer je antwoord.

#### Opdracht 131

Ken jij van televisie een voorbeeld waarin men probeert anderen bewuster te maken van het bystander-effect?

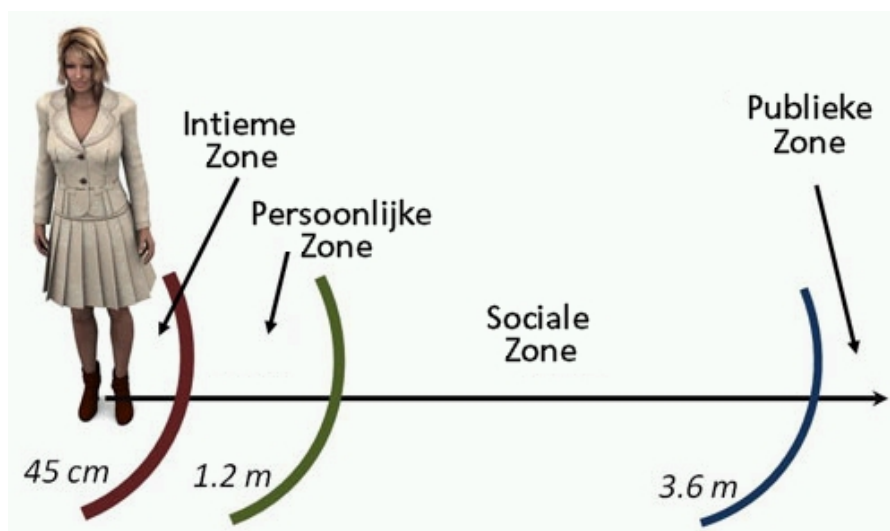
LES 41:

### 5.5.4. Persoonlijke afstand

Omdat het leven in de betonnen jungle ons nog steeds vreemd is volgens Desmond Morris (1969) gedragen we ons nog steeds zo alsof het tegennatuurlijk is. Zo blijken we, ondanks dat we op een kluitje leven, heel erg nerveus te worden wanneer iemand binnen onze **persoonlijke afstand** komt. Kijk maar eens naar reizigers in de trein. Op



de vierzitter plaatsen neemt eerst iemand plaats op de bank met zijn gezicht naar voren, daarna gaat er pas iemand schuin tegenover zitten, dan worden eerst de tweezitterplaatsen met één passagier per bank gevuld en pas daarna komt er een derde en/of vierde passagier bij in de vierzitter combinaties. Ook op een bankje in het park gaan we eerst zover mogelijk van elkaar af zitten. We proberen dus in principe altijd zo ver mogelijk van elkaar af te zitten (met uitzondering van geliefden) en wanneer dat niet lukt worden we onrustig, nukkig of soms zelf agressief.



Afb. 5.8. Persoonlijke ruimte.

Het is niet alleen de afstand, maar ook de drukte die van invloed is op je persoonlijke afstand. We worden duidelijk overprikkeld in onze moderne wereld, iets waar we in onze stammentijd geen last van hadden. Vooral mensen met bijvoorbeeld een autistische storing reageren veel extremer op al deze prikkels, dan iemand die deze storing niet heeft. Iemand met autisme kan zelfs van een aanraking door een vreemde in paniek raken. De afstand die mensen innemen ten opzichte van elkaar is verschillend per persoon en verschillend afhankelijk van de relatie die je hebt met diegene die binnen jouw persoonlijke ruimte komt.

### Opdracht

#### Opdracht 132

Bedenk voorbeelden van situaties wie er in je klas in de verschillende zones uit de afbeelding hierboven zou mogen komen.

### 5.5.5. Stereotypen

Heel vaak hebben wij op basis van een eerste indruk (de eerste prikkels die je opdoet) een (voor)oordeel over de ander. Dit verklaart waarom we zo snel een oordeel klaar hebben over een ander, en dus ook het bystander effect.



Afb. 5.9. Stereotypen.

Zo zal iemand in een net pak die op straat eerder geholpen worden dan iemand die casual gekleed is. Zo zijn we ook milder in ons oordeel naar de **“ingroup”** (= de groep waar jij ook toe behoort) toe. We zien veel meer de onderlinge verschillen en dat maakt dat we ons

genuanceerd uitdrukken. De rest behoort tot de **“outgroup”** (= de groep waar je niet toe behoort), en hierover doen we vaak negatiever en spreken we meer in generalisaties. Zo dragen alle Fransen alpinopetjes en een stokbrood onder hun arm, en dragen Duitsers altijd *lederhosen*, drinken bier en eten *bratwurst*.

Dat dit tot hele gevaarlijke situaties kan leiden werd door Philip Lombardo bewezen in zijn *Stanford prison experiment* (1971). Hier werden proefpersonen in twee groepen verdeeld, de ene groep zou de gevangenen spelen, de andere groep de bewakers. Binnen de kortste keren werden de bewakers zeer wreed en de gevangenen onderdanig. Men moest het experiment voortijdig stoppen, omdat men vreesde dat alles uit de hand zou lopen. Bekijk de samenvatting van het experiment op [Stanford prison experiment](#) [13:40 min.]. In 2003 kwamen de wantoestanden in de Abu Ghraib gevangenis in Irak in het nieuws, waar soortgelijke wantoestanden ook plaatsvonden tussen bewakers van het Amerikaanse leger en van terreur verdachte gevangenen.

### 5.5.6. Tot slot

Wat wij feitelijk doen is de enorme hoeveelheid informatie die tot ons komt filteren. Dit filteren heeft consequenties voor ons beoordelingsvermogen in bijvoorbeeld rechtszaken. Hoe vaak blijken verklaringen

door getuigen op diverse punten te verschillen. Een verklaring hierin wordt gezocht in onze drang tot overleven, want van nare situaties willen we het liefst zo snel mogelijk wegrennen. Details zoals de kleur van een auto, wat voor weer het was e.d. sluit je dan buiten, want het analyseren van alle omstandigheden op zo'n moment vertraagd je 'wegvluchten' en verkleind je overlevingswaarde.

Ook bij de proef van Asch (zie 5.5.2) zagen we **informational conformity** waarbij we de mening van de groep overnemen ook al heeft deze het fout, alleen al om jezelf niet buiten de groep te plaatsen en dus 'anders' te zijn. Zet er één 'medestander' tussen en de kracht van de groep wordt doorbroken. Ook in reclame zien we dat handig gebruik gemaakt wordt van informational conformity om mensen te overtuigen via **sociale bewijskracht** (Social proof). Een toevoeging op een wasmiddel in de trant van 'aanbevolen door [naam van een wasmachinefabrikant]' sterkt de massa in het kopen van dat bepaalde wasmiddel in plaats van een ander wasmiddel. Of wat te denken van de 'likes' op Facebook....

Nu is het niet zo dat alleen negatieve zaken voortkomen uit ons gedrag. We zijn als 'kuddedier' ook in staat tot grootse prestaties. Dankzij collective learning zijn we ook in staat tot het bouwen van steden, ontwikkelen van cultuur, maken van apparaten, maar ook om bijvoorbeeld onze medemens te helpen met grote geldinzamelingsacties wanneer er elders in de wereld een ramp (bijvoorbeeld Tsunami) heeft plaatsgevonden.

**Opdrachten****Opdracht 133**

Leg uit dat het volgen van een groep ook overlevingswaarde heeft.

**Opdracht 134**

Geef nog twee voorbeelden waarbij sociale bewijskracht een rol speelt.

STAP

6

LANDBOUW

INGREDIËNTEN



GOLDBLOCKS VOORWAARDEN



NIEUWE COMPLEXITEIT

Steeds dichter bevolkte menselijke gemeenschappen  
Kennis over de omgeving  
Geaccumuleerd door collectief leren gedurende vele generaties

Warmere Klimaten na de laatste ijstijd  
Maak de verspreiding van planten en dieren in veel regio's mogelijk  
Meer concurrentie om middelen  
Dwingt verzamelaars om manieren te vinden om de productie vanuit hun omgeving te verhogen

Domesticatie van dieren en planten  
Verbetert de toegang tot voedsel en energiebronnen  
Dorpen, steden en agrarische beschavingen  
Genereer nieuwe sociale systemen en complexe infrastructuren  
Zorg voor een snelle versnelling van collectief leren en zelfs meer innovatie

1 MILJOEN JAAR GELEDEN

5000 JAAR GELEDEN

1000 JAAR GELEDEN

STAP 6

# Landbouw

In dit hoofdstuk:

- Het ontstaan en de verspreiding van landbouw
- Een nieuwe manier van leven
- Cultiveren
- Het ontwikkelen van beschaving
- Uitbreiding en uitwisseling

Geschiedenis, Economie, Biologie, Geografie, Sociologie, Psychologie, Antropologie, Filosofie

LES 42:

*“[Y]our agricultural revolution is not an event like the Trojan War, isolated in the distant past and without relevance to your lives today. The work begun by those neolithic farmers in the Near East has been carried forward from one generation to the next without a single break, right into the present moment. It's the foundation of your vast civilization today in exactly the same way that it was the foundation of the very first farming village.”*

- Daniël Quinn (geb. 1935)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

1. Het ontstaan en verspreiding van landbouw
2. Een nieuwe manier van leven
3. Cultiveren
4. Het ontwikkelen van beschaving
5. Uitbreiding en uitwisseling

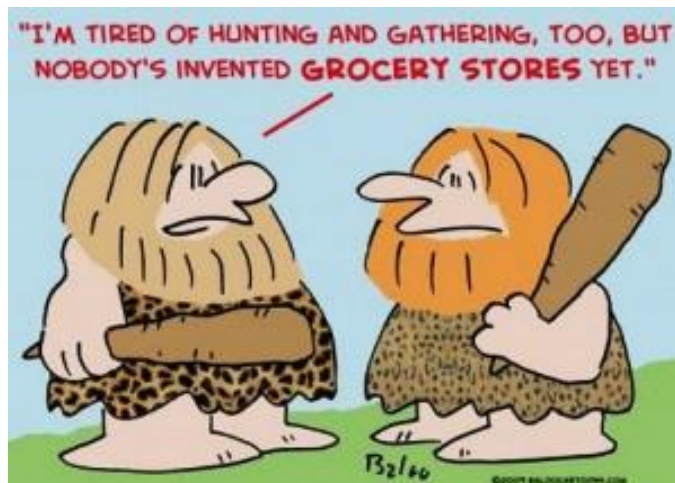
#### **6.1. Inleiding**

Bijna 250.000 jaar heeft de mens geleefd als verzamelaar en van de jacht. Ergens tussen de 12.000 en 11.000 jaar geleden kwam daar een ommekeer in, wat resulteerde in een onomkeerbare situatie, met de ontdekking van de

landbouw. Omdat daarmee de basis werd gelegd voor onze huidige levenswijze is dit wederom een belangrijke stap in ons Big History verhaal. In het inleidende video [Agriculture](#) [2:37 min.] maken jullie kennis met de hoofdpunten van dit hoofdstuk. Hierin wordt duidelijk dat lange tijd mens als verzamelaar aan haar voedsel kwam, totdat opeens de landbouw haar intrede deed. Ook het collectief leren dat voorheen zich langzaam ontwikkelde onderging een aanzienlijke versnelling. In de video over de [Transition to Agriculture](#) [6:50 min.] verteld Craig Benjamin ons over het ontstaan van landbouw en de gevolgen daarna voor de mens. Hij maakt aannemelijk dat de landbouw niet ineens door iemand “uitgevonden” werd, maar dat kennis van landbouw al bekend was alvorens de mens zich verspreidde over de wereld en vestigden als landbouwers na lange tijd geleefd te hebben als nomaden.

Doordat er wereldwijd een grote verandering in het klimaat optrad, de ijstijden waren voorbij, was ineens de noodzaak verdwenen om achter het voedsel aan te trekken en gingen mensen zich ergens vestigen (= sedenteren). Hierdoor kon men ook meer kinderen krijgen en grootbrengen. De druk om het gezin van voedsel te voorzien werd daardoor groter en men ging op steeds grotere schaal landbouw bedrijven. Deze landbouwrevolutie (**Neolitische revolutie**) betekende het

einde van de “verzamelaars” en maakte een begin aan “de landbouwers”. Steeds meer mensen gingen in grotere groepen bij elkaar wonen en er ontstonden zo landbouwkernen rond dorpen en steden. De grote woonkernen met landbouw zouden daarna regeren over de tussengelegen gebieden waar geen landbouw was. Er ontstonden zo allerlei rijken. Eén van de eerste rijken die zo ontstond was de **vruchtbare halvemaan** in het gebied dat nu het Nijldal, Israël, Syrië en Irak beslaat. Archeologen noemen het volk dat in dit vruchtbare land de eerste dorpen vormde de **Natufiërs** en hun cultuur de **Natufische cultuur**. Ongeveer op hetzelfde moment verscheen ook op andere plaatsen in de wereld landbouw, maar niet op de grote schaal als bij de Natufiërs.



### Opdrachten

#### Opdracht 135

Waarom gaven de mensen het jagen en verzamelen op volgens Craig Benjamin?

Bekijk nu de video "[Why was agriculture so important?](#)" [10:02 min.] door David Christian en beantwoord de volgende vragen:

#### Opdracht 136

Wat is kunstmatige selectie?.

#### Opdracht 137

Wanneer en waar begon men met het bedrijven van landbouw?

#### Opdracht 138

Welk mysterie noemt David Christian aan het einde van deel 1?

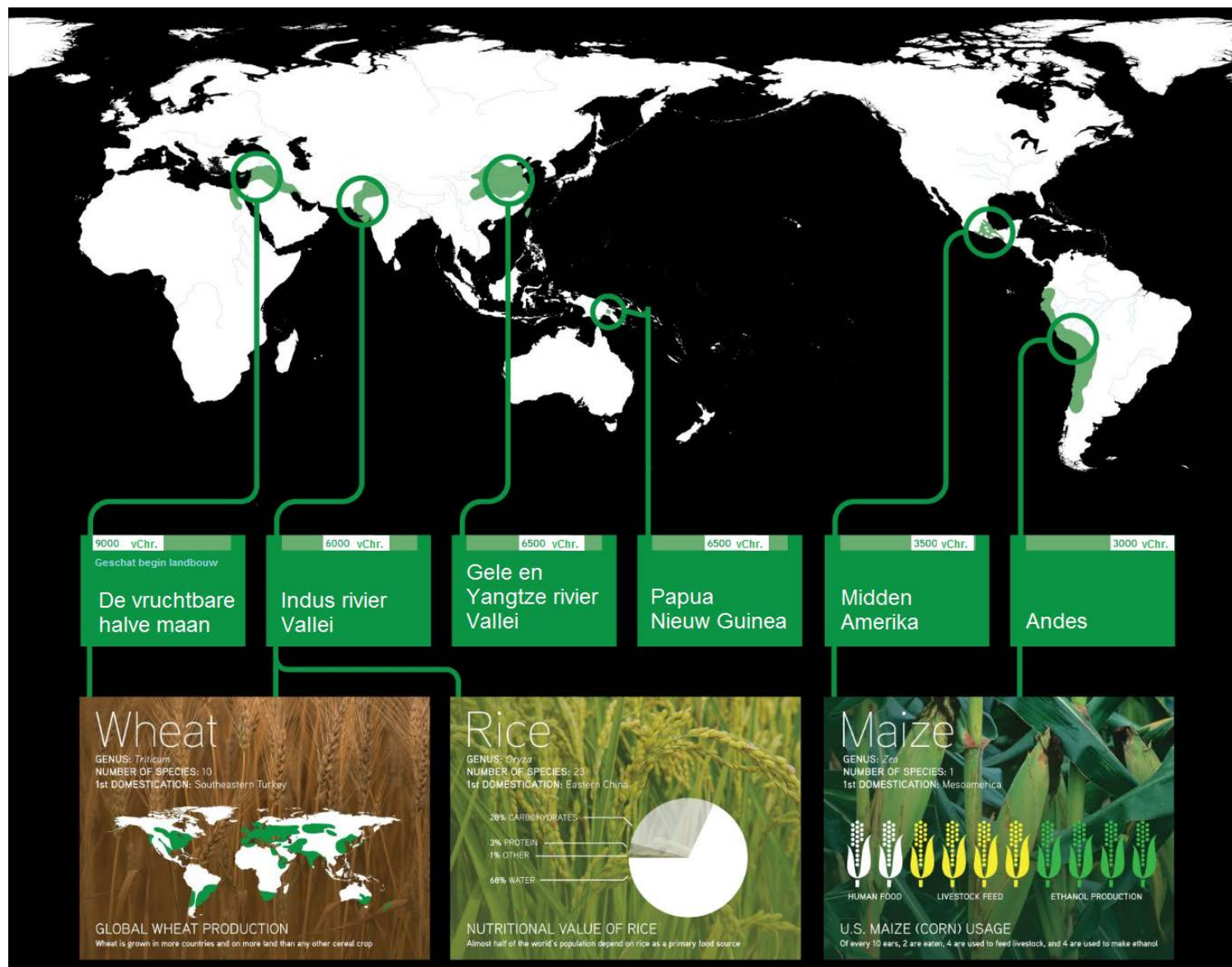
#### Opdracht 139

Noteer de twee redenen voor de snelle opkomst van landbouw die er worden genoemd en ook de uitleg daarvan.

#### Opdracht 140

Wat betekent een sedentaire levenswijze?





Afb. 6.1. Landbouwgewassen van de eerste boeren.

LES 43:

## 6.2. Een nieuwe manier van leven

Met het aflopen van de ijstijden begon een relatief warmere periode (**interglaciaal**) waarin de dieren waarop de mens joeg niet langer routes aflegden van koude naar warmere streken in het najaar en de winter. Als jager en verzamelaar moest de mens hun voedsel wel achterna reizen. Door het stoppen van de ijstijden werd ook de rondtrekkende beweging van de dieren voor de jacht minder en kon de mens langer op één plaats blijven. Naast jagen en verzamelen ging de mens op kleine schaal nu ook granen planten, waardoor er een vaste productie van voedsel werd gecreëerd. Maar al gauw werd men er steeds beter in en konden ook meerdere gewassen gaan verbouwen. Met het groeiend succes van de landbouw leek men wel te vergeten hoe je goed moest jagen en voedsel verzamelen en werden grotere gezinnen steeds afhankelijker van een vaste stroom van voedsel die zelf werd geproduceerd.

## 6.3. Cultiveren

Was tot dan toe het succes tot overleven en ontwikkelen tot nieuwe soorten (**evolutie**) afhankelijk geweest van het proces dat we “natuurlijke selectie” noemen, de mens “kaapte” ineens dit proces en ging deze naar de eigen hand zetten.

### 6.3.1. Veredelen en gericht kruisen

Men ging de beste zaden van planten en de beste dieren kunstmatig selecteren (**kunstmatige selectie**) en zelfs via gericht kruisen steeds meer “verbeteren”. Dit was een zeer ingrijpende gebeurtenis, want is natuurlijke selectie een relatief traag proces, het gericht kruisen deed veranderingen versneld optreden. Sommige dieren waren uitermate geschikt om zo “naar onze eigen hand te zetten” en zo maakten we honden, varken, geiten, schapen en runderen tam (**domesticeren**). Ook bepaalde plantensoorten bleken erg gevoelig te zijn voor onze selectiemethoden en er ontstonden zo vele rassen die onder de kunstmatige omstandigheden die mensen creëren het uitstekend doen, maar die onder natuurlijke omstandigheden het niet zouden redden. De selectie gebeurde vooral op voor de mens gunstige eigenschappen die recessief zijn. Zo kon men een **zuivere lijn** creëren van planten en dieren voor consumptie. Dieren die voldoen aan de zuivere lijn noemen we **raszuiver**, planten noemen we **zaadvast**.

In sommige gevallen gaan fokkers van huisdieren te ver in hun zucht naar het perfectioneren van een bepaald ras. Presentator en cabaretier Arjen Lubach maakte hier een humoristische, maar kritische act over [Rashonden](#) [15:36 min.].

### 6.3.2. Landschapsverandering

Ook het landschap werd door mensen naar hun hand gezet, waardoor we onze gericht gekruiste organismen een omgeving konden bieden waarin zij goed kunnen overleven. Doordat kunstmatige selectie veel sneller gaat dan natuurlijke selectie kun je jezelf wel voorstellen dat dit dus ook enorme gevolgen heeft voor deze planeet: binnen de kortste keren transformeerden landschappen, werden er nieuwe planten- en diersoorten geselecteerd, gekweekt en gefokt, maar ook andere soorten juist uitgeroeid door de enorme groei van het aantal mensen. De aarde zal door de komst van landbouw nooit meer hetzelfde zijn en David Christian spreekt zelfs van een “*energy-grab*” door de mens.

#### Opdrachten

##### Opdracht 141

Waarom zouden veel van de door de mens veredelde soorten niet in de vrije natuur kunnen overleven?

##### Opdracht 142

Waarom zou men tegenwoordig veel belang hechten aan zogenaamde “genenbanken”, waar ook zaden bewaard worden van de wilde (oorspronkelijke) vormen van landbouwgewassen.

##### Opdracht 143

Waarom spreekt David Christian van een “*energy-grab*”?

LES 44:

### 6.4. Het ontwikkelen van beschaving

Met de opkomst van de landbouw werd het landschap enorm veranderd doordat delen van bossen werden gekapt en vlaktes herschapen om maar te voldoen aan de voedselbehoefte. Hiermee werd niet alleen de structuur van de bodem maar ook de samenstelling ingrijpend gewijzigd. Uitputting van de mineralen in de bodem en erosie zijn het gevolg. Rond deze landbouwkernen ontstonden dorpen, waarvan een deel uitgroeiden tot stadjes, steden, staten en uiteindelijk de oudste beschavingen. Veel later zouden er zelf miljoenensteden ontstaan, maar in Big History termen is dat een relatief korte tijd. Desmond Morris vertelde al in *The Human Zoo* (1969) dat de mens eigenlijk nog niet eens gewend is aan het leven in steden en nauwelijks de eenvoudige hut is ontstegen wat betreft haar gedrag en levensstijl. Vanaf het moment dat de landbouw haar intrede deed heeft de mens zich zeer snel moeten ontwikkelen. Omdat de mens zich ging vestigen kreeg zij ook meer tijd om zaken te doen die niets van doen hebben met voedselvoorziening. Lange tijd produceerde men genoeg voedsel om iedereen van voedsel te voorzien. Om aan de vraag te blijven voldoen en landbouw aandacht vroeg kon de landbouwer niet alles meer zelf doen. Zo ontstonden er allerlei verschillende ambachten. Door **specialisatie** waren er dus

mensen die zich bezig hielden met het maken van kleding, sieraden, aardewerk en door het bewerken van koper en brons werden ook de stenen werktuigen vervangen. Hiermee begon wat historici de **bronstijd** noemen (3000 – 800 jaar voor Christus). Ook de landbouwer bleef zich steeds meer specialiseren en naast handwerkslieden werden voedseloverschotten en producten verhandeld door een nieuw ambacht, de koopman. Omdat men nadacht over het succes dat geboekt werd met de landbouw en andere ontwikkelingen en toeval wilde uitsluiten dat dit puur het gevolg was van hun inspanningen, waren er ook mensen die de “Goden” (waar men dit alles aan te danken had) gunstig wilden stemmen om zo mislukte oogsten te voorkomen. Verder kwamen er mensen die zich verantwoordelijk gingen voelen voor het bestuur van het dorp, of stad, of later de staat. Er kwamen koningen met legers om alles wat men opgebouwd had te beschermen tegen anderen die de landbouwers niet zo gunstig gezind waren of om de kooplui en hun handel te beschermen. De opkomst van handel en bestuur zorgde er weer voor dat men het **schrift** ging ontwikkelen. En met het **schrift** kwam dus de **beschaving**. Hier eindigt wat men de prehistorie noemt en waar historie traditioneel begint. Historici beginnen hun beschrijving van het verleden wanneer het schrift ontstaat, terwijl de archeologen zich bezig houden met

het bestuderen van de periode voor het schrift. Eigenlijk zijn in werkelijkheid deze twee wetenschappen niet zo scherp gescheiden, maar door het schrift zijn verhalen en gebeurtenissen vastgelegd en daardoor veel beter vastgelegd voor analyse en interpretatie op een later moment.

#### Opdrachten

Bekijk nu de video “[Where and why did the first cities appear?](#)” [10:44 min.] door David Christan .

#### Opdracht 144

Maak een overzicht van welke ontwikkelingen de opkomst van steden met zich meebracht.

LES 45:

Door de invoering van het schrift kon men nog doelgerichter werken aan ons collectief leren, want nu beschikken historici over **bronnen** die verhalen over het leven indertijd. De historicus Bob Bain geeft in zijn video *Intro to History* aan waarom hij zo van zijn vakgebied houdt en hoe dat gekomen is.

#### Opdrachten

Bekijk nu de video “[Intro to History?](#)” [8:14 min.] door Bob Bain.

#### Opdracht 145

Waarom houdt Bob Bain zo van zijn vak en hoe is dat zo gekomen?

**Opdracht 146**

Waarom is het zo belangrijk om te weten waarom het zo gekomen is dat Bob Bain van zijn vak houdt?

Niet alleen historici bestuderen geschreven bronnen. Elke wetenschap(per) bestudeert de geschreven bronnen die we hebben. Vaak moet men het daarbij hebben van de **hermeneutiek** (interpretatieleer). Je kunt alleen maar een bron die je leest begrijpen door je in te leven in de context. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de visie die men heeft op kometen. Zo maakte de hermeneutisch filosoof Wilhelm Dilthey (1833-1911) onderscheid tussen **Erklären** en **Verstehen** om onderscheid te maken tussen de natuurwetenschappen enerzijds en de geesteswetenschappen (ook wel **Humaniora** genoemd) anderzijds. Zo willen de natuurwetenschappen altijd allerlei objecten e.d. verklaren en de geesteswetenschappen gebeurtenissen of uitingen van mensen begrijpen.

**Opdrachten****Opdracht 147**

Zoek definities op van wat men verstaat onder *Erklären* en *Verstehen*.

**Opdracht 148**

Zoek op wat men verstaat onder alfa-, gamma- en betawetenschappen.

**Opdracht 149**

Verklaar waarom de ontwikkeling van het schrift zo immens belangrijk is voor collectief leren.

**Opdracht 150**

Probeer een argument te verzinnen voor het feit dat sommige beta-wetenschappers de gamma- of alfastudies niet echte wetenschappen vinden. Geef ook je mening hierover.

LES 46:

**6.5. Uitbreiding en uitwisseling**

Een relatief nieuwe tak van geschiedenis is wat men **World History** noemt. Vanuit een globaal perspectief wordt er hierbij gekeken naar de wereldgeschiedenis, namelijk het zoeken naar gemeenschappelijke patronen die in de loop van de geschiedenis ontstonden op wereldniveau. Zoals al sinds stap 5 aangegeven is “collective learning” voor onze ontwikkeling en dientengevolge onze wereld het mechanisme dat een sleutelrol speelt in hoe onze wereld tegenwoordig in elkaar steekt. Collective learning is alleen mogelijk als er sprake is van integratie, waarbij volkeren steeds beter met elkaar verbonden raken.

Opvallend in onze wereldgeschiedenis en de specialisatie die optrad na de overstap naar landbouw is volgens David

Christian het ontstaan van koningen, dictators, hogepriesters, keizers, eerste ministers, presidenten, gouverneurs, burgemeesters, admirals, politie chefs, rechters, advocaten en gevangenvaarders, samen met kerkers, gevangenen en concentratiekampen. Onder het toezicht van de staat, leerden mensen voor het eerst buigen, kruipen, knielen en vleierij naar anderen die zich boven hen stelden. Op vele manieren leidde de opkomst van staten tot het afglijden van de wereld van vrijheid tot slavernij. Als we kijken naar de laatste 4000 jaar van onze wereldgeschiedenis dan bekijkt Big History vanuit het idee van netwerken van communicatie. Door de drang naar expansie van al die machthebbers nam collective learning steeds meer toe. Steeds meer mensen kwamen met elkaar in contact door de drang van vele beschavingen om het gebied uit te breiden. Het gevolg van die expansie is uitwisseling en uitwisseling bevordert collective learning. Er was uitwisseling van goederen, mensen (en ook hun ziektes), tradities, infrastructuur en ideeën. Vandaar ook dat we vanuit het perspectief van expansie en uitwisseling onze verdere geschiedenis kunnen bestuderen. Een aantal beschavingen (of leiders) hebben een sterke drang gehad tot uitbreiding van hun rijk en daarmee grote invloed op onze verdere ontwikkeling gehad:

- Mesopotamië
- Sumerië

- Akkadische beschaving
- Egypte
- Hittitische Rijk
- Assyrische Rijk
- Griekse beschaving (stadstaten, Alexander de Grote, Hellenistische periode)
- Romeinse Rijk
- Parthen
- China (Qin, Han dynastie)
- Mongoolse Rijk

### Opdrachten

Bekijk nu de video "[How did the world become interconnected?](#)" deel 1 en 2 [8:37 min.] door David Christan.

#### Opdracht 151

Maak aantekeningen over de hierboven genoemde beschavingen tijdens het zien van de video?

#### Opdracht 152

Maak een tijdbalk met daarop de bestaansperiode van de bovengenoemde beschavingen.

#### Opdracht 153

Maak een tabel met 3 kolommen. De eerste kolom de naam van de bovengenoemde beschavingen, de tweede



kolom de periode van hun bestaan en in de derde kolom de grootste bijdragen aan onze collective learning.

Bekijk nu de video "[Why did civilization expand?](#)" [4:23 min.] door Craig Benjamin.

### Opdracht 154

Hoe zou jij de neiging tot expansiedrift van al die rijken om zich uit te breiden verklaren?

LES 47:

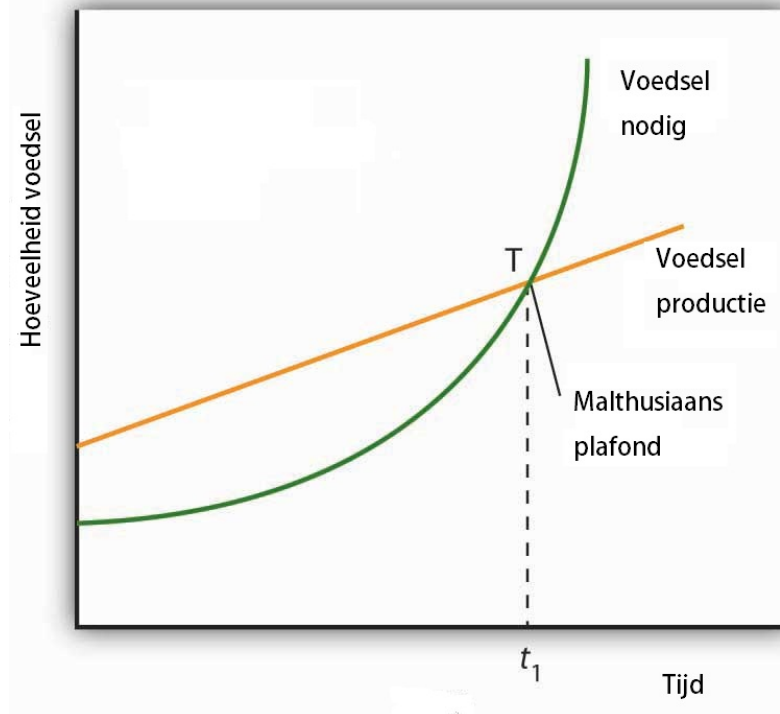
#### 6.5.1. Het Malthusiaans plafond

Uit het voorgaande bleek al dat de komst van de landbouw leidde tot bevolkingsgroei. De bevolkingsgroei luidde ook in wat we nu beschaving noemen. Maar waar is het eind vroeg Thomas Malthus (1766-1834) zich af in zijn *An Essay on the Principle of Population* (1798).



Afb. 6.2. Thomas Malthus

Hij hield zich hierin bezig met de relatie tussen bevolkingsgroei en voedselaanbod. Wanneer de bevolkingsgroei exponentieel toeneemt enerzijds en de voedselproductie lineair, dan komt er een moment dat de vraag voor voedsel die van de productie overschrijdt. Dit werd door hem het **Malthusiaans plafond** genoemd. Feitelijk was hij



Afb. 6.3. Malthusiaans plafond.

de eerste die hongersnood kon voorspellen met zijn model. Wanneer het Mathusiaans plafond overschreden

wordt is een **Malthusiaanse catastrofe** het gevolg. Dat is een situatie waarin de overbevolking zichzelf reguleert door een verhoogde sterfte. Malthus dacht dat de 'positive checks' zoals epidemieën en oorlog onvoldoende waren om de bevolkingsomvang te corrigeren. Daarom zag Malthus als enige oplossing voor de overbevolking 'moral restraint'. Arme mensen die wisten dat ze geen gezin zouden kunnen onderhouden, moesten volgens hem dan ook geen gezin stichten.

### 6.5.2. De verspreiding van ziektes

Met de expansie en uitwisseling werden ook allerlei ziektes verspreid. Ziektes worden veroorzaakt door ziekteverwekkers. Dit kunnen bacteriën zijn of virussen. Niet alleen de ziektes raakten zo verspreid, maar ook de weerstand die men tegen deze ziektes opbouwt werd bevorderd. Dit gebeurde vooral over de Afrikaanse-Euraziatische zone. De Amerikaanse zone, de Australaziatische zone en de Pacifische zone lagen voornamelijk geïsoleerd van de Afrikaans-Euraziatische zone en naast de collective learning ten aanzien van cultuur en kennis verliep ook de verspreiding van de ziektes uit deze zone aanzienlijk trager. Terwijl Europa door de pestepidemieën uit de 14<sup>e</sup> tot en met 19<sup>e</sup> eeuw geteisterd werd bleven de andere zones tijdens de grote pestepidemiën uit de 14<sup>e</sup> en 15<sup>e</sup> eeuw buiten schot. Door

de pestepidemie van 1347-1351 stierf een derde van de bevolking aan deze ziekte. Toch zijn we al deze ziektes te boven gekomen en niet in het minst door de weerstand enerzijds die men opgebouwd heeft en anderzijds door de kennis die we kregen om deze ziekten de baas te kunnen. Onze kennis van medisch onderzoek naar de oorzaken van ziektes kent haar eerste mijlpalen in het onderzoek van Edward Jenner (1749-1823) die de eerste was die een **vaccin** ontwikkelde tegen de pokken. Hij ontdekte dat wanneer je blootgesteld werd aan een kleine hoeveelheid verzwakte of dode ziekteverwekker ons lichaam daar antistoffen tegen aanmaakt, waardoor er immuniteit ontstaat.

Louis Pasteur (1822-1895) was de eerste die er in slaagde antistoffen (**serum**) te kweken en deze bij patiënten in te spuiten. Wanneer je een vaccin toedient spreken we van **kunstmatige actieve immunisatie**, wanneer je antistoffen inspuit zal het lichaam niet zelf antistoffen verder aan gaan maken en is er sprake van **kunstmatige passieve immunisatie**. Wanneer je langs natuurlijke weg besmet raakt met een ziekteverwekker is er **natuurlijke actieve immunisatie**. **Natuurlijke passieve immunisatie** treedt alleen op wanneer een moeder via de navelstreng antistoffen doorgeeft aan haar ongeboren kind of via de moedermelk na de geboorte.

## PASTEUR'S LATEST DISCOVERY.

Five years ago the great French chemist Louis Pasteur determined to find a remedy for hydrophobia. His discovery of a method of inoculation by which cattle and sheep were enabled to defy anthrax, or splenic fever, had led him to believe that the virus of rabies could be used in a similar way for the protection of human beings. In June, 1884, he had solved the problem so far as the inoculation of dogs was concerned, but not until October last was he able to announce that by inoculation men could be protected. That announcement was made at a meeting of the French Academy of Sciences. M. PASTEUR then had two patients under treatment. He now has more than seventy. His process is described as follows: A rabbit is inoculated with a fragment of spinal marrow taken from a rabid dog. In fifteen days the rabbit becomes mad and dies. A second rabbit is inoculated with a bit of spinal marrow taken from the first, and the inoculation is repeated until sixty rabbits have been used. With each successive inoculation the virus becomes stronger, and the period of incubation is shortened, until in the case of the sixtieth rabbit it is only seven days. The chemist discovered some years ago, while experimenting with the virus of foot-and-mouth disease, that it could be weakened or attenuated only by exposure to dried air. Bits of marrow from the inoculated rabbits, graded with reference to the strength of the virus and the dates of extraction, are exposed to dried air in bottles. In this way M. PASTEUR procures a supply of virus graded from a specimen that is so attenuated as to be almost powerless up to a specimen that is fresh and that will cause hydrophobia in an animal in seven days. The person who has been bitten is inoculated under the skin by means of a Pravaz syringe containing sterilized liquid in which a small piece of marrow has been dis-



M. Pasteur.  
AN INOCULATION FOR HYDROPHOBIA.—FROM "L'ILLUSTRATION."

solved. Spinal marrow containing virus of the greatest attenuation is first used. Virus of greater power is used in successive inoculations, until at last the most powerful is introduced. By degrees the system becomes accustomed to it, and M. PASTEUR holds that after safely undergoing the last inoculation of the series the patient is proof against hydrophobia.

The first of the chemist's patients was Joseph Meister, an Alsatian. He was bitten in July last. Eminent physicians of Paris were of the opinion that he could not escape a terrible death unless he should be saved by this process. In ten days he was inoculated thirteen times, and the virus used in the thirteenth operation was of the greatest strength. It caused the death of a rabbit in seven days, but had no effect upon Meister. When the discovery was made known to the Academy of Sciences the inoculation was made on hundred days old, but MEISTER was in perfect health.

The length of the period of incubation in cases of hydrophobia varies greatly, ranging from twenty-five or thirty days to one year, and cases are reported in which the disease did not appear for two or three years. In a great majority of cases, however, rabies is developed within six months. M. PASTEUR is confident that his treatment will be effective if it shall be applied at any time before actual hydrophobia appears. Four children living in Algiers were bitten on August 20. That the dog was mad is proved by the fact that one of them died in October of acute hydrophobia. The three who survived reached Paris on October 20, and were inoculated. They have returned to Algiers, and are said to be in good health. Owing to the varying length of the period of incubation, cautious physicians are not ready to admit at present that the assumed value of inoculation has been proved. They prefer to wait until time and numerous cases

## Opdracht 156

Waarom worden virussen niet gezien als levende wezens?

## Opdracht 157

Vrij kort nadat de eerste Spanjaarden (conquistadores) voet aan land zetten in Zuid-Amerika trad er een grote sterfte op onder de inlandse bevolking. Hoe kan deze sterftetolp verband houden met de komst van de conquistadores?

LES 48:

## 6.5.3. Moderne landbouw

Dankzij innovatie van de landbouw slaagde men er steeds weer in om een manier te vinden om de ontwikkelingen in de landbouw de groei van de wereldbevolking bij te houden en tegenwoordig zelfs voor te zijn. Tegenwoordig zijn we door allerlei **innovaties** er in geslaagd meer voedsel te produceren dan we op kunnen.

In de loop van de afgelopen anderhalve eeuw zijn er allerlei nieuwe vormen van akker- en tuinbouw toegepast: **monoculturen**, **wisselculturen** (twee landbouwgewassen afwisselend verbouwen), **mengculturen** (meerdere landbouwgewassen tegelijkertijd verbouwen) en dankzij de **glastuinbouw** kan men nu niet alleen het klimaat in de kassen regelen, maar maakt dit meerdere keren oogsten per jaar mogelijk. In principe produceren we nu meer

"An Inoculation for Hydrophobia—From L'Illustration,"

Harper's Weekly 29:1513 (December 19, 1885), p. 836.

Bert Hansen Collection, New York

Afb. 6.4. De 9-jarige Joseph Meister krijgt een door Louis Pasteur ontwikkeld serum tegen hondsdolheid.

## Opdrachten

## Opdracht 155

Wat is het verschil tussen bacteriën en virussen?

voedsel dan er nodig is om de wereldbevolking te voeden. Dat er nog honger geleden wordt in de wereld is niet zozeer een gebrek aan voedsel, maar aan de verdeling ervan.

Ook de veeteelt is aanzienlijk geïntensiveerd. Door manieren te vinden waarbij meer dieren in een kleinere ruimte gehouden worden ontstond er de zgn. **bio-industrie**. Echter door de dieronvriendelijkheid van deze methoden is onder de invloed van de publieke opinie van de consument een groot deel van deze landbouwmethode teruggedraaid. Een aanzienlijk deel van de bevolking wil zelfs weer terug naar het “ouderwets” verbouwen en fokken, waardoor er tegenwoordig ook veel vraag is naar **biologische teelt**.

### Opdrachten

#### Opdracht 158

Maak een tabel met 4 kolommen. De eerste kolom de naam van de landbouwtechnieken uit deze paragraaf, de tweede kolom een omschrijving van wat deze landbouwtechniek inhoudt, de derde kolom de voordelen van deze techniek en in de vierde kolom de nadelen van deze techniek.

#### Opdracht 159

Zoek tenminste twee andere landbouwtechnieken op die niet in deze paragraaf genoemd wordt. Voeg deze toe aan je tabel uit opdracht 158.

## STAP 7

# Moderne revolutie

In dit hoofdstuk:

- Hoe de moderne wereld ontstond
- Industriële revolutie
- De versnelling van veranderingen
- Wat gaat de toekomst ons brengen

Geschiedenis, Economie, Geografie, Sociologie, Psychologie, Filosofie, Antropologie, Informatica, Cultuurwetenschappen, Mediastudies

STAP

7

## MODERNE REVOLUTIE

INGREDIËNTEN

Steeds grotere uitwisselingsnetwerken

Met uitgebreide verzamelde informatie

Nieuwe energiebronnen



GOLDILOCKS VOORWAARDEN

Globalisering  
Promoot commercie en versneld innovatie



NIEUWE COMPLEXITEIT

Een wereldwijd verbonden mensheid

Maakt meer controle over en verbruik van middelen mogelijk

Leidt tot een snelle bevolkingstoename

5000 JAAR GELEDEN

1000 JAAR GELEDEN

HEDEN

LES 49:

*“Almost everything that distinguishes the modern world from earlier centuries is attributable to science, which achieved its most spectacular triumphs in the seventeenth century”*

- Bertrand Russel (1872 - 1970)

*“That's one small step for (a) man, one giant leap for mankind.”*

- Neil Armstrong (1930 - 2012)

### **BELANGRIJKSTE PUNTEN**

1. Hoe de moderne wereld ontstond
2. Industriële revolutie
3. De versnelling van de veranderingen
4. Wat gaat de toekomst ons brengen?

### **7.1. Hoe de moderne wereld ontstond**

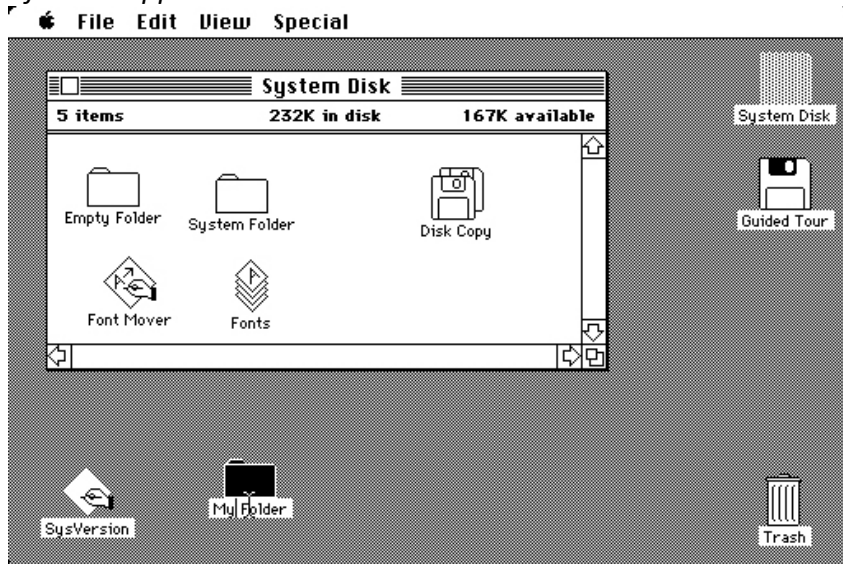
Met deze stap zijn we aangekomen bij het laatste stukje geschiedenis dat 13,7 miljard jaar bestrijkt. Vooral het laatste stukje van onze geschiedenis kenmerkt zich door een bijna exponentiële versnelling van ons collectief leren. Tussen het moment waarop de eerste mens op de Maan stond op 21 juli 1969 en nu volgen ontdekkingen en uitvindingen zich zo snel op dat je mobiele telefoon die je vorig jaar kocht nu al sterk verouderd is in wat deze allemaal kan.

Het is bijna niet voor te stellen dat op 12 juli 1969 kinderen uit bed gehaald werden om de eerste mens op de maan te zien op de zwart wit televisies die toen pas zo'n tien jaar algemeen goed geworden waren in huiskamers. Nu staat er op vrijwel iedere tienerkamer in Nederland wel een laptop met enkele terabytes aan vermogen, terwijl in 1984 de eerste Apple PC (Macintosh) gelanceerd werd voor huiskamergebruik met een vermogen van 512 Kilobyte op de harde schijf. Bijna jaarlijks verdubbelde zich sindsdien het vermogen van de harde schijf. In de afgelopen 50 jaar zijn de ontwikkelingen veel harder gegaan dan in de 200 jaar ervoor. Als je nu naar de jeugdverhalen van je grootouders luistert, lijkt het alsof ze het hebben over heel lang geleden.





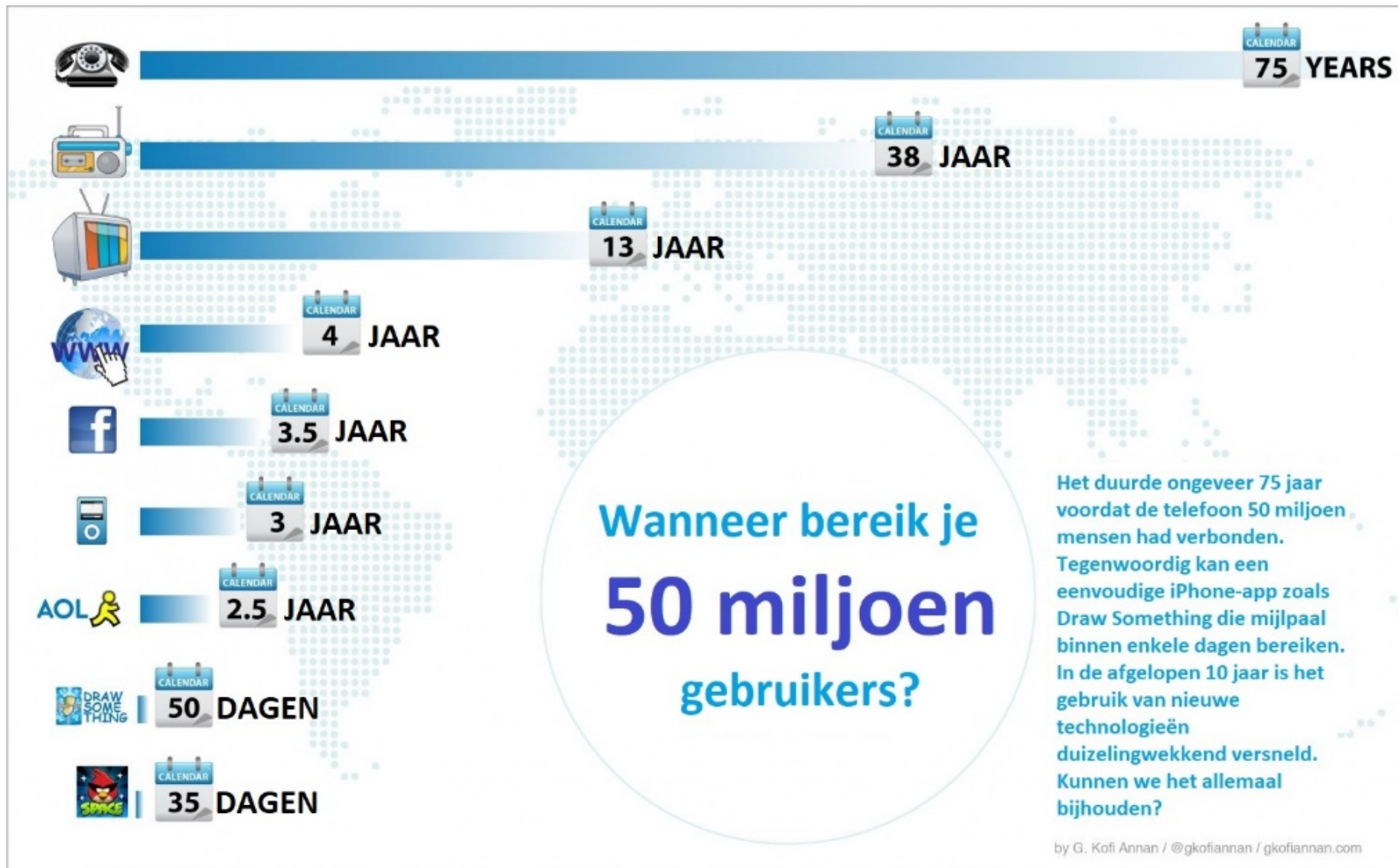
Afb. 7.1. Apple Macintosh 1984



Afb. 7.2. Beeldscherm van de Apple Macintosh 1984

Toch is deze ontwikkeling al zeker de afgelopen 500 jaar aan de gang. Sinds de reis die de Portugese ontdekkingsreiziger Ferdinand Magellan (=Fernão de Magalhães) (1480-1521) maakte rond de wereld van 1519 -1522, werden de 4 wereldzones met elkaar in contact gebracht. Dit leidde niet alleen tot het verbinden van de 4 wereldzones, maar ook de toename van handel en de vraag naar energiebronnen nam daardoor toe. Het collectief leren kwam in een stroomversnelling terecht en vooral in de afgelopen 200 jaar is deze versnelling meer dan exponentieel toegenomen. De steeds sneller openvolging van veranderingen wordt ook wel **acceleratie** genoemd en is kenmerkend voor deze tijd.

Achter deze acceleratie ligt het proces dat we de “**Positive feedback cyclus**” noemen. Doordat de vier wereldzones met elkaar verbonden werden konden nieuwe ideeën en technologieën steeds meer en makkelijker verspreid worden. Elke nieuwe **innovatie** vergrootte de mogelijkheid voor informatie om uitgewisseld en opgeslagen te worden. Hierdoor wordt collectief leren steeds efficiënter. Hierdoor kunnen er weer nieuwe innovaties plaatsvinden, en ga zo maar door. Positive feedback zorgt er dus voor dat ontwikkelingen steeds sneller en sneller gebeuren.



Afb. 7.3. Snelheid van verbinden via verschillende ontwikkelingen

**Opdrachten**

Bekijk de video's "[Modern revolution](#)" [2:37 min.] en "[Why did change accelerate?](#)" [12:19 min] van David Christian. Beantwoordt daarna de onderstaande vragen.

**Opdracht 160**

Welke drie factoren waren van grote invloed op de acceleratie?

**Opdracht 161**

Waarom werden regeringen "managers of markets" en wat wordt hiermee bedoeld?

**Opdracht 162**

Welke verschuiving zorgde uiteindelijk in een tweedeling van de wereld in een rijk "noorden" en een arm "zuiden"?

LES 50:

**7.1.1. Innovaties**

Innovaties zijn één van de belangrijkste factoren die de mate van ontwikkeling van de moderne wereld stimuleren. Vooral uitvindingen hebben hieraan bijgedragen. Uitvindingen komen voort uit de behoefte van mensen om oplossingen te bedenken voor problemen waar men in het dagelijks leven tegenaan loopt. Door een

bepaalde **ontwerpcyclus** te doorlopen komt men bij het **technisch ontwerpen** uiteindelijk bij een eindproduct dat het probleem oplost.

Soms voldoet een gemaakt ontwerp niet aan de gestelde eisen en dan wordt de cyclus nog een keer doorlopen, net zo lang tot het resultaat tot tevredenheid stemt.

De ontwerpcyclus bestaat uit 6 stappen:



Afb. 7.4. Fasering van de ontwerpcyclus.

**Fase 1: analyseren en beschrijven.**

Door gerichte vragen te formuleren en daarop antwoorden te zoeken kun je het probleem duidelijk en overzichtelijk beschrijven.

**Fase 2: programma van eisen opstellen.**

De eisen moeten meetbaar/testbaar zijn. Zoals bijvoorbeeld de kosten, welk materiaal, et cetera.

**Fase 3: (deel)uitwerkingen bedenken.**

Nu de eisen bekend zijn, kun je het ontwerp-probleem gaan uitwerken. Vaak zijn er meerdere mogelijkheden.

**Fase 4: Ontwerpvoorstel formuleren.**

Nu gaat de ontwerper de beste combinatie van uitwerkingen kiezen. Een ontwerp wordt gemaakt waarbij naast planning ook gekeken wordt naar welke materialen er nodig zijn en het eerste prototype af is.

**Fase 5: Ontwerp realiseren.**

Het ontwerp wordt nu gebouwd. Vaak komt men hier al problemen tegen die tussentijds al opgelost worden.

**Fase 6: Productontwerp evalueren en testen.**

Alle voor- en nadelen van het ontwerp worden op een rij gezet. Testresultaten worden ook bekeken. Wanneer de testresultaten dat vereisen

begint de gehele ontwerpcyclus opnieuw totdat er een geschikt eindproduct ontstaat.

**Opdrachten**

Bekijk de video van de "[oreo and cream separator](#)" die uitvinder David Neevel ontworpen en gemaakt heeft [4:01 min.].

**Opdracht 163**

Probeer de fasen uit de ontwerpcyclus te beschrijven aan de hand van deze video.

**Opdracht 164 – Groepsopdracht (2 personen)**

Zoek via het internet gegevens op over een veelgebruikte nuttige uitvinding in ons dagelijks leven. Probeer te achterhalen hoe oud de uitvinding is, technische gegevens, ontwerpafbeelding, doelgroep en geef een beschrijving van het ontwerp. Rangschik dit in een overzichtelijk geheel en combineer dit tot een **factsheet**. De resultaten van deze opdracht wordt gepresenteerd in de vorm van een factsheet ter grootte van een A4 blaadje.

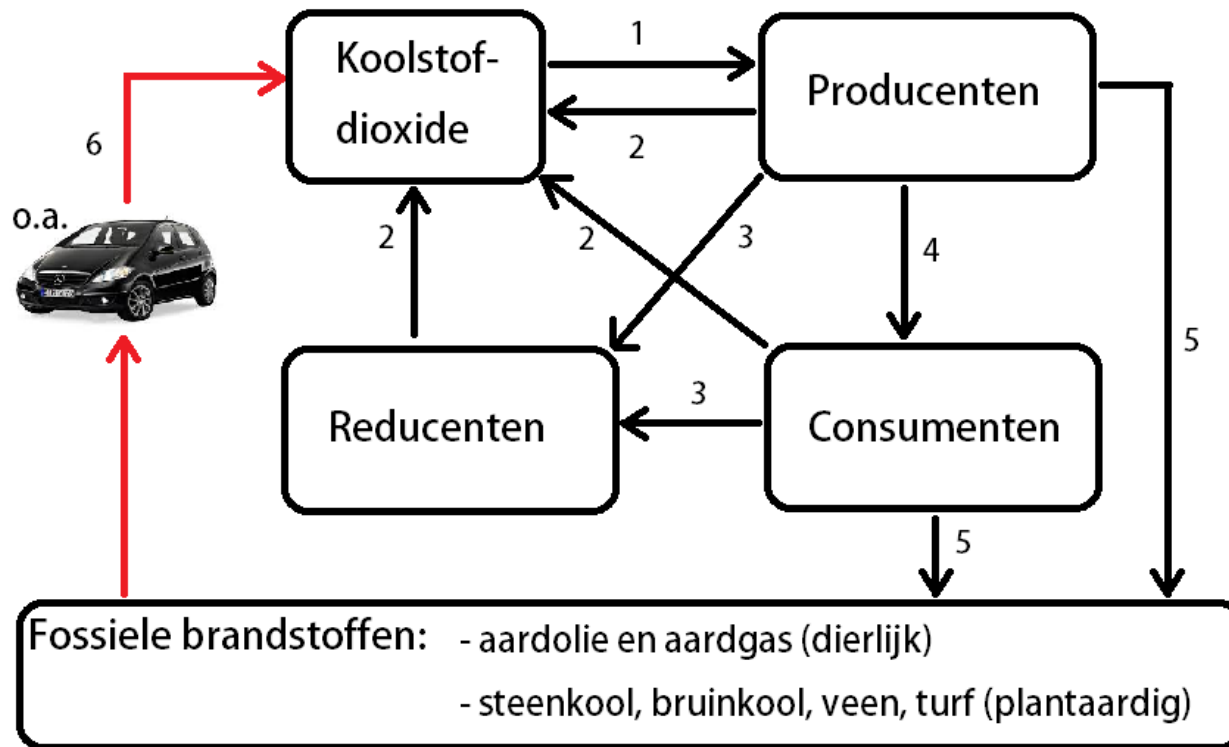
LES 51:

**7.1.2. Nieuwe brandstoffen**

Tot halverwege de 18<sup>e</sup> eeuw was hout de voornaamste vorm van brandstof. Echter de vraag naar hout als brandstof was zo groot dat dit niet langer meer was vol te

houden. En weer vond de mens de oplossing door andere brandstoffen te vinden die we konden gebruiken. Zo bleken steenkolen en later aardolie en aardgas goede brandstoffen. Deze brandstoffen zijn ontstaan uit onverteerde planten- en dierenresten die niet volledig afgebroken waren en in de grond “rijpten” in de afgelopen 350 miljoen jaar (sinds het Carboon). In nog geen 200 jaar wordt de gehele voorraad hiervan opgestookt om in onze

energiebehoefte te voorzien. Het gevolg hiervan is dat alle beetje koolstofdioxide die uit de koolstofkringloop onttrokken zijn in korte tijd toegevoegd worden aan de biosfeer, met een versterkt broeikas effect tot gevolg. Tussen 1900 en 2000 nam het verbruik van fossiele brandstoffen exponentieel toe. Industrialisatie nam meer dan 40x toe ten opzichte van vóór 1900, terwijl de energiebehoefte per persoon “slechts” 14x toenam.



Afb. 7.5. De “moderne” koolstofkringloop

Processen in de koolstofkringloop

1. Fotosynthese
2. Verbranding (dissimilatie)
3. Dood organisch materiaal (en afvalstoffen van consumenten)
4. Voortgezette assimilatie
5. Deels verteerde resten
6. Verbranding door motoren en turbines van auto's en industrie

**Producenten** zijn vnl. planten

**Consumenten** zijn vnl. dieren en parasitaire planten, schimmels en bacteriën

**Reducenten** zijn voornamelijk bacteriën en schimmels



Ondanks dat het lijkt dat de innovaties het Malthusiaans plafond voorblijft ontstonden er toch ernstige conflicten die geleid hebben tot Wereldoorlog I en II en tijdens de Cuba-crisis in 1962 heeft het niet veel gescheeld of we waren allemaal ten onder gegaan in een atoomoorlog.

### Opdrachten

Bekijk de video "[How was the modern world created?](#)" [11:21 min] van David Christian. Beantwoordt daarna de onderstaande vragen.

#### Opdracht 165

De problemen die veroorzaakt worden door o.a. het verbruik van fossiele brandstoffen vragen om een wereldwijde aanpak. Welke organisatie werd opgericht om de "wereldproblemen" op te lossen.

#### Opdracht 166

Wat is in de video de eindboodschap van David Christian?

LES 52:

### 7.2. Het Anthropoceen

De Nederlandse meteoroloog en nobelprijswinnaar, Paul Crutzen (1933 - heden) stelt in zijn publicatie "The new world of the Anthropocene" (Zalasiewicz et al., 2010) dat we rond 1800 een nieuwe geologische periode zijn ingegaan, het **Anthropoceen**. Hiermee wil hij het geologische tijdperk aangeven dat begonnen is daar waar

de menselijke invloed op de planeet zo sterk is geworden, dat we met zuiver geologische factoren niet meer alles kunnen verklaren. De mens heeft met haar handelen de biosfeer (aardkorst en atmosfeer) radicaal veranderd.

Het was Paul Crutzen die aantoonde dat diverse sporengassen die vrijkwamen door menselijke activiteiten, katalytische reacties kunnen veroorzaken en de ozonlaag kunnen afbreken. Uit ander onderzoek door Molina en Sherwood Rowland (1974) bleek dat dit inderdaad het geval was voor CFK's, waarop de president van de Verenigde Staten Jimmy Carter in 1978 een verbod uitvaardigde op spuitbussen met CFK's als drijfgassen. Omdat CFK's er 40 jaar over doen om de ozonlaag te bereiken zal men pas in 2018 kunnen meten of dit inderdaad positieve gevolgen heeft op de dikte van de ozonlaag. Ook zijn inmiddels de CFK's die als koelmiddel gebruikt worden in de mantel van koelkasten vervangen voor milieuvriendelijker alternatieven.

### Opdrachten

Nog even terug naar de video "[How was the modern world created?](#)" [11:21 min] van David Christian.

#### Opdracht 167

Noem de "claimtesters" die we hebben volgens David Christian om te onderbouwen dat we inderdaad een nieuw tijdperk hebben betreden?



Bekijk nu de video "[Hans Rosling's 200 Countries, 200 Years, 4 Minutes - The Joy of Stats](#)" [4:47 min], waarin hij de levensverwachting en inkomens van 200 landen over de laatste 200 jaren op fraaie wijze in beeld brengt.

#### **Opdracht 168**

Geef aan waarom bepaalde landen zich sneller ontwikkeld hebben dan andere.

Bekijk nu de video "[Why the world population won't exceed 11 billion](#)" van Hans Rosling [16: 36 min.], waarin hij laat zien waarom de wereldbevolking de 11 miljard niet zal passeren.

#### **Opdracht 169**

Waar zit momenteel het grootste knelpunt dat we moeten oplossen om de 11 miljard niet te passeren?

#### **Opdracht 170**

Hoe zouden we dat kunnen oplossen?

Bekijk de video "[Climate and the Atmosphere](#)" [3:38 min].

#### **Opdracht 171**

Welke vier zaken onderzoekt men om het klimaat van vroeger te bestuderen en wat meet men daarmee?

#### **Opdracht 172**

Hoe komt het dat het nu warmer is dan 12.000 jaar geleden?

### **7.3. Op naar de toekomst**

Door alle ontwikkelingen van de laatste decennia zijn we enerzijds enorm machtig geworden, maar aan de andere kant zijn we ook zo enorm afhankelijk geworden van onze energiebronnen, dat de minste storing kan leiden tot catastrofes. Wanneer de elektriciteit uitvalt is dat niet alleen lastig in huis, omdat geen enkel apparaat het doet, maar ook stuwdammen en vliegverkeer zijn afhankelijk van computers die aangedreven worden door diezelfde elektriciteit.

Sociologen Giddens en Beck stellen vanwege onze kwetsbaarheid dat we daarom in een **risico-samenleving** leven. Zij stellen dat onze vooruitgang zorgt voor steeds meer gevaren en onzekerheden. Soms ontwikkelen wij dingen waarvan wij de gevolgen eigenlijk helemaal niet kunnen overzien.

Maar er zijn ook positieve zaken die voortkomen uit die enorme toename van ons collectief leren. Veel zaken hebben we ontwikkeld die ons leven een stuk aangener maken dan ooit tevoren. Dankzij onze vindingrijkheid zijn we in staat gebleken 7 miljard mensen in leven te houden op onze planeet tegenover 1,6 miljard in 1900 en 500 miljoen rond 1500. Misdaadcijfers zijn relatief lager en levensverwachtingen zijn hoger dan ooit. Onze kennis over hygiëne en medicijnen hebben daartoe zeker bijgedragen. De ontwikkelingen in de wetenschap

geven ons een steeds beter inzicht in de wereld en het universum. Ook de technologische ontwikkelingen veraangenamen steeds meer ons leven en als we deze ook inzetten voor onze leefomgeving kunnen we mogelijk in de toekomst een redding voor onze biosfeer teweeg brengen.

### Opdrachten

#### Opdracht 173

Geef een voorbeeld van een ontwikkeling waarvan we de gevolgen (nog) niet goed kunnen overzien op de lange termijn.

#### Opdracht 174

We kunnen heel veel op diverse terreinen van wetenschap. Toch is het zo dat we niet alles ook moeten doen wat we kunnen? Licht dit toe met een voorbeeld.

LES 53/54:

### 7.4. Duurzaamheid

De Verenigde Naties stelt in 1983 de Commissie Brundtland in met de opdracht een lange-termijn visie te ontwikkelen op de economische ontwikkelingen op wereldschaal. In 1987 verschijnt dan het rapport *“Our common future”*, waarin voorspellingen gedaan worden over onze economie uitgaand van het concept van een

samenleving op basis van duurzame ontwikkelingen. Onder een **duurzame ontwikkeling** verstaat de commissie *het vervullen van de behoefte van de huidige wereldbevolking zonder dat die van toekomstige generaties in gevaar wordt gebracht*. De tweede definitie van duurzame ontwikkeling door de commissie is: *“Duurzame ontwikkeling is een proces van verandering, waarin de benutting van hulpbronnen, de richting van de investeringen, de oriëntatie van technologische ontwikkeling en de institutionele verandering met elkaar in harmonie zijn en zowel de huidige als de toekomstige mogelijkheden vergroten om aan de menselijke behoeften tegemoet te komen”*.

Dit houdt in dat er structurele maatregelen getroffen moeten worden waarbij een mentaliteitsverandering bij de consument nodig is. Duurzame ontwikkelingen zijn voornamelijk gericht op preventie, hergebruik, energiebesparing en het ontwikkelen van “schone” technologie. Dit heeft gevolgen op een aantal belangrijke pijlers in onze maatschappij, waarvan er hieronder enkele genoemd worden. De maatregelen die genomen worden noemen we **brongerichte maatregelen**.

#### 7.4.1. Afval

Door afval te storten vervuיל je de leefomgeving voor allerlei vormen van leven. De hygiëne rond

afvalstorthopen is schadelijk voor de gezondheid. Daarom sterven er nog jaarlijks vele mensen die in de zogenaamde “ontwikkelingslanden” op en rond vuilnishopen wonen. Door afval te verbranden raken we ons afval kwijt. Echter dan komt er extra koolstofdioxide vrij, waardoor het koolstofdioxidegehalte in de lucht toeneemt. Er komen bij verbranding ook giftige stoffen zoals dioxinen vrij. Het gevolg is een toename van het versterkt broeikaseffect en zure regen.



Afb. 7.6. Leven en werken op een vuilnishoop

Bij een duurzaam afvalbeleid probeer je de hoeveelheid afval te verminderen met behulp van **recycling** van papier, glas, rubber, metaal e.a. grondstoffen of **hergebruik** van

spullen die je zodanig opknapt dat ze nog een “tweede leven” hebben. Met recycling worden er nieuwe producten gemaakt uit de oude, bij hergebruik wordt hetzelfde product nogmaals gebruikt nadat het opgeknapt is. Het is ook duurzaam om de grondstoffen zodanig te kiezen, dat bij verbranding geen giftige stoffen meer vrijkomen.

### Opdrachten

#### Opdracht 175

Maak een overzicht van afvalstoffen die we recylen en hergebruiken.

#### Opdracht 176

Bekijk de video “[Energy and Chemistry](#)” [4:08 min.] van Anne McNeil over alternatieve grondstoffen voor producten.

### 7.4.2. Landbouw

Er wordt meer dan voldoende voedsel geproduceerd, maar toch leiden er mensen honger. Bijna 1 miljard mensen lijden honger van de 7 miljard. De oorzaak hiervoor ligt bij de distributie, de problemen bij de toegang tot bouwland of door armoede. In de regel denken we aan het “arme” Zuiden, maar ook in onze eigen ontwikkelde maatschappij is er armoede en honger.

Nog steeds leven er mensen onder het bestaansminimum. In Europa en de Verenigde Staten waren dat er in de jaren 80 van de vorige eeuw meer dan 30 miljoen. In tijden van economische crisis is dit aantal veel groter en zijn mensen afhankelijk van voedselbanken en liefdadigheid. Ook aan de stijging van het aantal daklozen merk je de impact van de economische crises waar onze maatschappij zo nu en dan in terecht komt.

Doordat we meer dan genoeg produceren om iedereen te voeden kunnen we ook op het gebied van landbouw een stap terug doen om duurzamer te produceren. Zo zijn er landbouwers die “**biologisch**” boer zijn en gewassen zonder bestrijdingsmiddelen (gewasbeschermingsmiddelen) telen en diervriendelijk vlees produceren. De vervuiling die dit met zich meebrengt is aanzienlijk minder dan die van de “**bio-industrie**”. De hoofdvraag die duurzame landbouw moet bezighouden is of we rekening houden met de generaties die na ons komen met onze landbouwactiviteiten. Hierbij denk je na over houtkap ten gunste van landbouwgrond, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, welzijn van dieren et cetera.

### Opdracht

#### Opdracht 177

Zoek tenminste 3 voordelen en nadelen op van Biologische landbouw en van Bio-industrie.



Afb. 7.7. Biologische landbouw



Afb. 7.8. Bioindustrie



### 7.4.3. Milieu

Met de term milieu wordt het ecologische milieu bedoeld. Milieu is de omgeving waarin een levend organisme zich bevindt. Je moet daarbij aan zowel levende (biotische) als levenloze (abiotische) factoren denken. Niet alleen de organismen die ons omringen en waarvan we afhankelijk zijn, maar ook factoren als zonlicht, wind, water, de aanwezigheid van metalen, olie et cetera bepalen mede ons leven. Moeten we wel al onze behoeften bevredigen of moeten we prioriteiten stellen? Kiezen we voor de persoonlijke ontwikkeling als hoofddoel (“economie van het maximale”) of nemen we genoegen met de “economie van het genoeg”. Wanneer we kiezen voor de bevrediging van de **primaire levensbehoeften**, is er geen levensbedreigende situatie meer en komt er ruimte voor andere zaken die van belang kunnen zijn. Wanneer we er voor kiezen ook ruimte te creëren voor anderen en we gaan bewust om met bijvoorbeeld ons drinkwater en het gebruik van “grijs” water om de auto te wassen is er sprake van duurzaam omgaan met je milieu.

### 7.4.4. Energie

Naast de vervuilende aardgasgestookte electriciteitscentrales, wordt de meeste energie opgewekt met het verbranden van fossiele brandstoffen. Ook kerncentrales leveren geen “schone” energie op, vanwege de gevaren

van radioactieve straling die mogelijk kan vrijkomen en zeer schadelijk is voor levende organismen.

Daarom wordt er veel onderzoek gedaan naar alternatieve energievormen, die ingezet kunnen worden al naar gelang het gebied waar ze gebruikt kunnen worden. Zo zul je in Nederland een waterkrachtcentrale aantreffen, omdat we in de benedenloop zitten van de rivieren de Waal, de Rijn en de Maas. Nederland echter is een vlak en open land dat met name geschikt is voor windmolens en (in mindere mate) zonnepanelen. Er zijn diverse andere alternatieven voorhanden.



Afb. 7.9. Zonnepanelen (links) en waterkrachtcentrale (rechts)

#### Opdracht

#### Opdracht 178

Zoek tenminste 2 andere vormen van alternatieve energie opwekking op en geef een beschrijving hoe daar energie mee wordt opgewekt.



Afb. 7.10. Windmolens

#### 7.4.5. Infrastructuur

Veel mensen rijden elke dag naar en van het werk alleen in hun auto. De meeste auto's rijden op fossiele brandstoffen en dat is belastend voor het milieu enerzijds en anderzijds is dit een grote aanslag op onze voorraden aan fossiele brandstoffen. Aanvankelijk werd er veel geïnvesteerd in een goed openbaar vervoer netwerk, want met groepsvervoer wordt er minder aan fossiele brandstoffen verbruikt. Maar ook daar is een limiet aan, want op een gegeven moment wordt de belasting van het netwerk zo groot dat de veiligheid in het geding komt. Daarom is er de laatste jaren ook veel aandacht voor hybride auto's, auto's die op koolzaadolie of alcohol lopen

en werkt men hard aan een auto op waterstofgas, die alleen waterdamp uitblaast.

Ook een intensief wegennet heeft een negatief effect op de natuur, want hierdoor treedt er een versnippering op van natuurgebieden en worden deze te klein voor sommige diersoorten. De aanleg van bijvoorbeeld Dassentunnels verbindt natuurgebieden met elkaar zodat deze dieren zich nog kunnen handhaven in hun gebied. Maar infrastructuur gaat ook verder, via automatisering en digitalisering van archieven, ambtelijke systemen en zelfs onderwijs, zoals bij laatstgenoemde bleek tijdens de Corona-crisis van 2020 in Nederland toen scholen massaal over moesten gaan op digitaal lesgeven. Ook de inrichting van video-calls in plaats van vergaderen op locatie, zorgde voor een daling van reizen, hetgeen financieel, maar ook voor het milieu gunstiger was. Door de afname van de uitstoot door fossiele brandstoffen werd de lucht aanzienlijk schoner door minder stikstofoxiden, koolstofdioxide en fijn stof.

#### 7.4.6. Huizenbouw

Steeds meer mensen betekent een steeds groter beroep doen op woonruimte. Steeds meer woningen heeft een steeds groter verbruik van energie en andere grondstoffen tot gevolg. Door onze technologische kennis aan te wenden kunnen we denken aan een andere



“vorm” van woningbouw. Al in 1971 begon de Amerikaanse architect Michael Ryan met de bouw van zijn eerste earthship. Een huis dat gebouwd is met afval (autobanden, lege flessen) en alternatieve oplossingen voor watervoorziening (regenwaterzuivering, “grijs” water) en energie (windenergie, zonnepanelen). Ook in Nederland staat een Earthship, maar een deel van de voorzieningen zijn door wetgeving helaas niet duurzaam uitgevoerd.



Afb. 7.11. Earthship (een theehuis) in Zwolle

Een andere duurzame manier van huizenbouw is het zogenaamde **nul-energiehuis**. Hier zijn juist duurzame technologische toepassingen gebruikt en is het huis zo geconstrueerd dat er een minimum aan energie verloren gaat en dus ook maar weinig energie aangevoerd moet worden. Door zoveel mogelijk gesloten energiekeringen te

maken, verbruikt het huis net zoveel energie als het opwekt. Deze vorm van bouw is ook geschikt in dichtbevolkte gebieden, omdat deze vaak er gewoon uitzien als een standaard rijtjeshuis.

#### Opdracht

Bekijk de video [Garbage homes](#) [3:08 min.] over hoe een Earthship gebouwd wordt en welke duurzame systemen er in verwerkt zijn.

#### Opdracht 179

Zoek zelf nu ook informatie op over wat een nul-energiehuis is.

#### 7.5. Tot slot

Onze reis over 13,7 miljard jaar zit er op. We hebben gezien dat alles steeds complexer geworden is, maar toch kunnen we over onze toekomst slechts speculeren. Feitelijk zijn we daarmee weer terug bij af, want net als bij de eerste stap kunnen we nu invullen bij de ingrediënten en goldilocks condities “*we can only speculate*”.

We hebben een redelijk goed idee wat de “deep future” ons kan brengen, maar is het juist de “near future” die een stuk ingewikkelder en bepalend is of wij wel in staat gesteld kunnen worden of we die “deep future” kunnen bereiken. Het zijn tenslotte onze keuzes en gezamenlijke inspanningen die de toekomst veilig zal moeten stellen voor ons, en onze nakomelingen.

# BRONNEN

Voor de totstandkoming van dit boek werd door de schrijver (dr H.P. Wagner) uitgegaan van het Big History Project concept door Prof. Dr David Christian e.a. (<https://course.bighistoryproject.com/bhplive>), uitgebreid of aangepast met onderstaande bronnen. Verder is er gebruik gemaakt van (door de schrijver bewerkte) afbeeldingen van het internet en eigen geproduceerde afbeeldingen.

- Boeke, K., 1957. Cosmic View. The universe in 40 jumps. John Day Co: 48 pp.
- Bryson, B., 2003. A short story of nearly everything. A journey through space and time. Broadway Books: 287 pp.
- Chargaff, E., & C. Tamm, 1952. Observations on the Distribution Density of Individual Nucleotides within a Desoxyribonucleic Acid Chain.
- Coppen, P.A., 2018. Wat zijn eigenlijk gewone woorden? Trouw, 30 november 2018.
- Cox, B.E., 2011. Wonders of the Universe. Harper Design: 256 pp.
- Diamond, J., 1992. The Third Chimpanzee. The Evolution and Future of the Human Animal. Harper Perennial: 364 pp.
- Dodd, D.M.B., 1989. Reproductive isolation as a consequence of adaptive divergence in *Drosophila pseudoobscura*. *Evolution*, 43(6): 1308-1311.
- Einstein, A., 1916. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, *Annalen der Physik*, vierte Folge Band 49, p. 769-822, 1916.
- Gould, S. J., 1989. *Wonderful Life*. The Burgess Shale and the Nature of History. Norton: 347 pp.
- Hawking, S., 2008. A Briefer history of Time. Bantam Books: 162 pp.
- Kraus, L.M., 2009. Origins Symposium 2009.
- Lamarck, J.-B. P.-A., 1809. Philosophie Zoologique. 1. Paris: 428 pp.
- Linde, A., 2001. Before the Big bang, There Was ... What? *New York Times*, 22 mei 2001.
- Malthus, T., 1798. An Essay on the Principle of Population. J. Johnson: 125 pp.
- Molina, M., & F. Rowland, 1974. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature* **249**, 810–812 .
- Morris, D., 1969. The Naked Ape: A Zoologist's Study of the Human Animal. Jonathan Cape Publishing: 219 pp.
- Morris, D., 1969. The Human Zoo. Jonathan Cape: 256 pp.
- Myers, D.G., 2010. Intuition's Powers and Perils. *Psychological Inquiry*, 21(4): 371-377
- Schrödinger, E., 1944. What's Life? The Physical Aspect of the Living Cell. Cambridge University Press: 194 pp.
- Spronsen, J.W. van, 1969. The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years. Elsevier: 368 pp.
- Zalasiewicz, J., M. Williams, W. Steffen & P. Crutzen, 2010. The new world of the Anthropocene. *Environmental Science & Technology*, 44(7):2228-2231
- Zimbardo, P.G., 1972. Stanford Prison Experiment: A Simulation Study of the Psychology of Imprisonment. Philip G, Zimbardo Incorporated: 13 pp.