

DE BASIS

wetenschappen en techniek
voor de basisschool

STEPHAN BOULEZ + KRIS HULSEN + FILIP MENNES
BEA MERCKX + KATRIJN POOLS

Acco Leuven / Den Haag

Woord vooraf



Misschien vraag je je af waarom we besloten om dit boek te schrijven? We hebben er vele redenen voor. De laatste jaren krijgt het leergebied *Wetenschappen en Techniek* steeds meer aandacht in het Vlaamse basisonderwijs. In Nederland was die focus er al langer, binnen het leergebied *Oriëntatie op jezelf en de wereld*. De aandacht voor STEM of zelfs STEAM, de opsplitsing van het leergebied Wereldoriëntatie en de expliciete aandacht voor wetenschappen en techniek zijn daar natuurlijk niet vreemd aan. Uit de peiling uit 2010 bleek dat Wereldoriëntatie voor geen enkele van de ondervraagde leerkrachten behoorde tot zijn of haar favoriete leergebieden. Uit de vele bevragingen van leerkrachten komt naar voren dat velen zich minder zelfzeker voelen in het leergebied Wetenschappen en Techniek dan in andere leergebieden. Leerkrachten zitten ook met heel wat vragen. Op het internet is er zeer veel informatie te vinden over het leergebied, maar welke informatie is juist? En welke kennis heb je als leerkracht nodig om de eindtermen van het leergebied tot een goed einde te brengen?

Dit boek is geschreven voor de leerkracht basisonderwijs (in opleiding) en al wie op een begrijpbare manier de essentie van Wetenschappen en Techniek onder de knie wil krijgen. Het is het allereerste inhoudelijke naslagwerk dat (kandidaat-)leerkrachten voldoende houvast geeft om eigen lessen te ontwikkelen. Het was zeker geen eenvoudige opdracht om dit boek te maken. Door een intense samenwerking tussen verschillende lerarenopleiders, die elk vanuit hun eigen inhoudelijke expertise een bijdrage aan dit boek leverden, is het toch gelukt. Het is immers een hele kunst om begrijpbaar te zijn en toch voldoende diepgang mee te geven, zodat leerkrachten de juiste kennis kunnen opbouwen zonder zich te verliezen in eindeloze naslagwerken. Ook is dit boek geen wetenschappelijk naslagwerk voor bijvoorbeeld toekomstige ingenieurs of studenten biologie. We zijn er ons van bewust dat we hier en daar de zaken heel eenvoudig hebben voorgesteld, maar we hebben er wel steeds voor gewaakt om niet te kort door de bocht te gaan zodat de informatie die we geven wel altijd correct is.

Omdat er in het basisonderwijs steeds meer belang gehecht wordt aan een onderzoekende houding van leerlingen, focussen we in dit boek ook op de *big ideas* en het grotere plaatje van de wetenschap. Na bijna elk hoofdstuk krijg je een overzicht van welk *groot idee* van de wetenschappen we hebben behandeld, en we hebben alles bekeken met de blik van een wetenschapper. Dat zal

jou ongetwijfeld zelfzekerder maken om ook bij leerlingen die wetenschappelijke bril op te zetten.

Dit boek over Wetenschappen en Techniek is uniek door:

- › de uitgebreide aandacht voor de inhoudelijke kennis van het leergebied Wetenschappen en Techniek van de basisschool, die we brengen op een zo wetenschappelijk verantwoorde en toegankelijk mogelijke manier;
- › de integratie van de evolutieleer doorheen de verschillende hoofdstukken;
- › de verwerking van ook recente onderzoeksresultaten;
- › de vele uitbreidingen, weetjes en kleine onderzoekjes om je kennis breder te maken en kinderen te boeien;
- › de inhoudelijke kennis die gekoppeld wordt aan het dagelijkse leven om zo je kijk te verbreden;
- › de koppeling met de *big ideas* op het einde van elk hoofdstuk en de situering in het grotere plaatje van de wetenschap.

Met dit boek richten we ons naar studenten in de opleiding Bachelor in het onderwijs: kleuteronderwijs en Bachelor in het onderwijs: lager onderwijs, evenals naar leraren en lerarenopleiders in het basisonderwijs die hun inhoudelijke kennis op het gebied van wetenschappen en techniek willen opfrissen en versterken. Maar het is ook bijzonder interessant voor iedereen die van dichtbij of veraf meer wil weten over de inhoud van het leergebied Wetenschappen en Techniek.

Dit boek is er gekomen dankzij de hulp van velen die hun input gaven, hun feedback formuleerden op al onze schrijfsels en zoveel meer. Bedankt aan Jenne De Gendt, Bart De Geest, Jan De Lange, Yannick Claerman, Koen Meirlaen.

We dragen dit boek graag op aan onze partners en onze kinderen. Tijdens het schrijven van dit boek werden bovendien een aantal kinderen geboren. Dit boek is er ook voor jullie, Susan, Luka en Aiko.

Deel 1

Aardrijkskunde

De aarde in de ruimte



- 1.1.1 Het heelal
- 1.1.2 Sterrenstelsels
- 1.1.3 Ons zonnestelsel
- 1.1.4 Aarde, zon en maan
- 1.1.5 Tijdrekening en kalender
- 1.1.6 Grote plaatje van de wetenschap

1.1 De aarde in de ruimte

Onze aarde is een minuscuul puzzelstukje uit een onmetelijk groot geheel. Hoe groot die puzzel uiteindelijk wordt, daar bestaat nog geen wetenschappelijke consensus over. Dat hij uniek is, ongezien en wondermooi, staat wel al vast en kunnen we dagelijks ervaren. In dit hoofdstuk bekijken we een glimp van de samenhang tussen de verschillende puzzelstukjes, we ontdekken onder andere dat de maan en de aarde maandelijks een innige dans uitvoeren, dat de Poolster niet eeuwig op haar titel kan rekenen, dat er in het verleden ooit elf dagen verdwenen en dat sommige mensen daar niet om konden lachen.

1.1.1 Het heelal

13,8 miljard jaar geleden is er iets onvoorspelbaars gebeurd, namelijk de oerknal of *big bang*. Zelfs wetenschappers breken zich er nog steeds het hoofd over. Schrik dus niet van wat je hierna zult lezen, want je hebt er wel wat verbeelding voor nodig. Beeld je een puntje in, vele malen kleiner dan het puntje dat je met een balpen op een blad papier kunt zetten, dat enorm heet is en een ongelooflijke, zeg maar oneindig grote dichtheid heeft. Zo'n puntje wordt door wetenschappers een singulariteit genoemd. Ongeveer 14 miljard jaar geleden is dat 'puntje' ontploft. Zo legde het de basis voor alles wat we rondom ons zien, zoals dit boek. Zelfs tijd en ruimte zijn toen ontstaan. In dat minuscule puntje zaten natuurlijk niet al die voorwerpen samengebald maar wel de elementaire deeltjes waaruit alle materie op aarde en in het heelal is opgebouwd. Eigenlijk is het beter om te zeggen dat het minuscule puntje oneindig veel energie bevatte, waaruit dan later de elementaire deeltjes ontstonden.

**Oerknal...
...dus eerst
was er niks
en dat is ook
nog ontploft?**

Figuur 1.1
De oerknal.



Het idee van deze ongelooflijke theorie kwam van een Belg, namelijk Georges Lemaître. Een gepassioneerde man met veel hobby's. Hij was priester maar ook astronoom, wiskundige en natuurkundige. Toen Lemaître hoorde dat het heelal uitdijde, met andere woorden steeds groter werd, ging hij als volgt redeneren: iets wat steeds groter wordt, was dus enkele tellen geleden nog kleiner en daarvoor nog kleiner en daarvoor ... Dus als we heel ver teruggaan zou iets wat nu enorm groot is, enorm klein zijn ... en zo kwam Lemaître op het idee van dat minuscule puntje waaruit alles ontstond. Het blijft voor de wetenschap nog steeds een enorme uitdaging om exact te achterhalen wat er gebeurde. Is het trouwens correct om over een knal te spreken als er toen nog niets bestond? Wat heeft die knal veroorzaakt? Bovendien was er nog geen lucht waardoor de geluidsgolven (zie ook 3.2.1) konden bewegen. En daarbij komt nog dat een minuscule puntje dat oneindig zwaar is, (ook wetenschappelijk) moeilijk te bevatten valt.

Figuur 1.2
De oerknal en de evolutie van het heelal.



1.1.2 Sterrenstelsels

Net na de oerknal, zeg maar een fractie van een fractie van een seconde later, bedroeg de temperatuur nog 50 000 miljard graden Celsius! De warmte van onze zon verbleekt erbij. Naarmate het heelal groter werd, begon het ook af te koelen: drie minuten na de oerknal bedroeg de temperatuur een miljard graden Celsius en 300 000 jaar na de oerknal was de temperatuur gedaald tot 5700 °C, wat vergelijkbaar is met de oppervlaktetemperatuur van de zon. Toen het heelal afkoelde tot ongeveer 3000 °C, ontstonden de eerste atomen, vooral waterstofgas. Sommige deeltjes werden door de zwaartekracht naar elkaar toe getrokken, waardoor zich overal verspreid dichte gaswolken vormden. Wanneer de waterstofatomen dicht opeen werden geduwd, fuseerden ze en werden er nieuwe deeltjes gevormd: heliumatomen. Deze dichte opeenstapelingen van deeltjes waren de eerste sterren, die zich ongeveer 400 miljoen jaar na de oerknal vormden. De verschillende sterren zijn zich dan weer door de zwaartekracht gaan groeperen tot sterrenstelsels.



WEETJE

De zwaartekracht kun je eenvoudig uitleggen door te stellen dat het een kracht is die zich tussen alle (levende en niet-levende) materie op aarde voordoet. Twee voorwerpen op tafel, bijvoorbeeld de pot chocopasta en een glas vruchtensap trekken elkaar aan. Deze kracht wordt groter naarmate voorwerpen zwaarder zijn en ook wanneer ze dichter bij elkaar staan. De pot met chocopasta en het glas vruchtensap trekken elkaar aan, maar die kracht is verwaarloosbaar ten opzichte van de aantrekkingskracht die de aarde uitoefent. De aarde is immers het zwaarste 'voorwerp' dat we ons kunnen voorstellen. Daarom valt alles in de richting van de aarde. Zou je een voorwerp in huis hebben dat zwaarder is dan de aarde – wat uiteraard niet kan – dan zou alles wat je laat vallen naar dit voorwerp vliegen. Wat hier wordt beschreven, is een vereenvoudiging van de zwaartekracht zoals door Newton gedefinieerd. Later zou Einstein hierop nog wat aanvullingen maken.

In het heelal bevinden zich nu miljarden sterrenstelsels, waarvan sommige bestaan uit ongeveer honderd miljard sterren. Je zou er de tel bij kwijtraken. Het sterrenstelsel waarvan wij met onze aarde, de andere planeten, de zon en vele andere sterren deel uitmaken, heet het **Melkwegstelsel**. Het ontstond ongeveer 9 miljard jaar geleden en telt meer dan honderd miljard sterren.

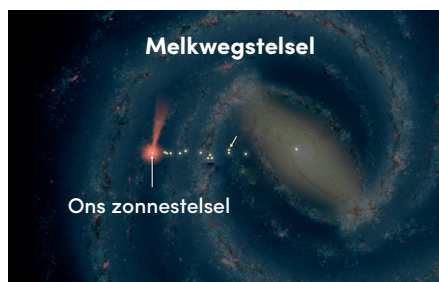


VERDIEPING

Sommige sterren bestaan uit atomen afkomstig van oudere sterren. Wanneer sterren aan het einde van hun leven komen, ontploffen ze. Bij die ontploffing ontstaat een gaswolk waarin de deeltjes elkaar door de zwaartekracht opnieuw gaan aantrekken en op die manier nieuwe sterren vormen, die zich dan weer groeperen in sterrenstelsels. Bij zo'n ontploffing vormen zich ook zwaardere deeltjes, zoals helium, koolstof, magnesium, silicium en zelfs ijzer waardoor je geleidelijk alle deeltjes waaruit onze materie bestaat, opbouwt. Onze zon is een ster van de derde generatie, dus ontstaan uit twee eerdere ontploffingen, zo'n 4,8 miljard jaar geleden.

Heb je al eens gehoord van de uitdrukking: 'wij bestaan uit sterrenstof'? Alle atomen, dus ook de atomen in ons lichaam, zijn gevormd in en door ontploffingen van sterren. Wonderlijk toch?

Het is voor wetenschappers niet eenvoudig om een beeld te vormen van het Melkwegstelsel. Onze aarde maakt immers deel uit van de Melkweg. Als het donker genoeg is, zien we de Melkweg van binnenuit als een lichte zilveren band die de hemel omspant. Vanuit de ruimte bekeken, ziet onze Melkweg eruit als een spiraalvormige schotel die in het midden verdikt is.



Figuur 1.3
Het Melkweg- en zonnestelsel.

Bron: NASA/JPL-Caltech



WEETJE

De afstand van de ene kant naar de andere kant van die spiraalvormige schijf die we ons Melkwegstelsel noemen, is zó groot dat we een andere eenheid dan kilometer gebruiken om die uit te drukken, namelijk lichtjaar. Dat is de afstand die het licht aflegt in één jaar in een vacuüm. Een lichtjaar is dus geen eenheid voor tijd maar voor afstand. Uitgedrukt in kilometer is dat 9,5 biljoen¹ km. Het Melkwegstelsel is echter iets groter dan 100 000 lichtjaar. Kun je je voorstellen hoe ongelooflijk groot dat is? En als je dit beseft, word je helemaal murw geslagen door het feit dat het Melkwegstelsel slechts een van de miljarden andere sterrenstelsels in het heelal is.

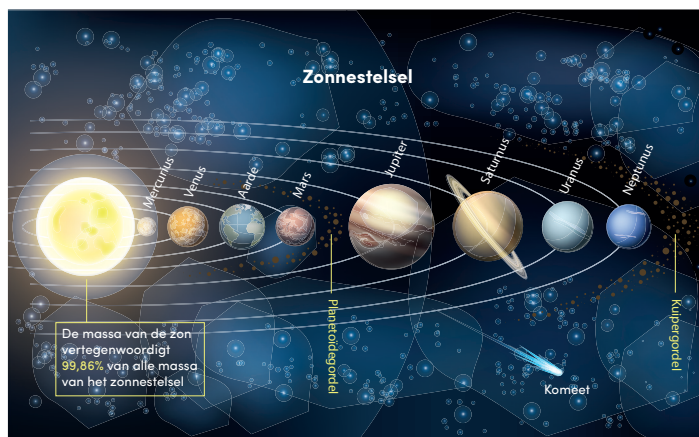
1.1.3 Ons zonnestelsel

Als we inzoomen op een van de spiraalarmen van het Melkwegstelsel, ligt er een heel interessant gebied voor ons, namelijk ons zonnestelsel. We kennen ons zonnestelsel voornamelijk als een planetenstelsel waarbij de zon een cruciale rol speelt aangezien de acht planeten, door de zwaartekracht gebonden, er omheen cirkelen. De acht planeten vertrekkende vanaf de zon zijn Mercurius, Venus, Aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. Pluto was ooit een planeet, maar is dat nu niet meer. Er zijn immers nog miljarden andere kleine planeten (planetoïden) en komeetachtige hemellichamen in een baan om de zon ver voorbij Neptunus, bijvoorbeeld in de Oortwolk en de Kuiper gordel.

Ons zonnestelsel wordt ook wel eens een **planetenstelsel** genoemd. Je kunt deze namen gerust door elkaar gebruiken. Een planetenstelsel is – zoals je al kon lezen – een verzameling van hemellichamen die om een centrale ster draaien (zie figuur 1.4): bij ons is dat de zon. In de volgende paragrafen bespreken we de hemellichamen uit ons zonnestelsel wat gedetailleerder.

1 Een biljoen = 1000 miljard. Het volgende rijtje verspringt steeds met een factor 1000: miljoen, miljard, biljoen, biljard, triljoen, triljard ...

Figuur 1.4
Het zonnestelsel.



VERDIEPING

Een **komeet** is een hemellichaam dat bestaat uit gas, ijs en veel stof en dat niet al te groot is, vergeleken met sterren en planeten. Kometen bewegen in ellipsvormige banen om een ster (bv. onze zon). Wanneer ze een ster te dicht naderen, zet het ijs om in waterdamp (zie hoofdstuk 3.1) en vormt er zich een komeetstaart. **Plane-toïden** of **asteroïden** zijn dan weer grote rotsblokken (vaak hebben ze een doorsnede van 40 tot 80 km) die vooral te situeren zijn in de planetoïdengordel tussen Mars en Jupiter, zie figuur 1.4. De planetoïden en asteroïden in ons zonnestelsel draaien in een vaste baan om de zon. **Meteoroïden** zijn dan weer brokstukken die geen vaste baan om de zon hebben en doelloos rondzweven. Het zijn brokstukken afkomstig van kometen of planetoïden. Ze hebben een grootte die varieert tussen die van een stofdeeltje en een stevige brok van enkele kilometers doorsnede. Wanneer een meteoroïde onze atmosfeer binnendringt, zal ze door de grote wrijving ontbranden. We spreken dan ook wel van vallende sterren. Wanneer ze volledig opbranden alvorens het aardoppervlak te bereiken, zijn het **meteoren**. Wanneer ze inslaan op het aardoppervlak spreek je van **meteoriëten**.

Zon

De Egyptenaren, de Grieken, de Romeinen, de Assyriërs en nog vele andere volkeren en stammen uit het verleden aanbaden de zon wegens haar kracht, haar verblindende schoonheid en haar vermogen om elke dag opnieuw te herrijzen. Elk volk had wel zijn eigen rijtje aan bijzondere eigenschappen. In de loop van de geschiedenis veranderden die eigenschappen wel eens. De zonnegod Ra in de Egyptische mythologie was de heerser van de hemel en de aarde. En door het zo te omschrijven zaten de Egyptenaren niet ver van de waarheid ...

De zon is het grootste, warmste en zwaarste hemellichaam in ons zonnestelsel. De massa van de zon is meer dan 300 000 keer die van de aarde en haar volume is 1,3 miljoen keer groter. Het binnenste van de zon heeft een verschroeide temperatuur van 15 miljoen °C, aan de buitenkant bedraagt de temperatuur nog steeds 6000 °C. Verbijsterend toch ... En wat het nog ongelooflijker maakt, is dat de zon vergeleken met andere sterren maar een ster van middelmatige grootte is. Maar wel eentje die onmisbaar is en onlosmakelijk verbonden met het leven op aarde. Kun jij je het leven op aarde inbeelden zonder de zon?

De zon is ontstaan door een gaswolk die in de ruimte rondzweefde en die is gaan samenkrimpen door haar eigen zwaartekracht. Die gaswolk bestond voornamelijk uit zeer kleine atomen, zoals waterstof en helium. Beeld je dus in dat er miljarden deeltjes waterstof en helium ergens in het heelal rondzweven. Doe bij de hoeveelheid die je nu in gedachten hebt, gerust nog eens dezelfde hoeveelheid deeltjes, zodat je komt tot een gigantische wolk met kleine atompjes waterstof en helium. Al die deeltjes werden op een gegeven moment, zo'n 5 miljard jaar geleden, heel sterk naar elkaar toe getrokken zodat ze zeer dicht op elkaar kwamen te zitten. De druk liep daardoor sterk op, met als gevolg dat er veel warmte werd gecreëerd.

De warmte van de zon hangt dus samen met de enorme druk die gecreëerd wordt in het binnenste van de zon. Als we nu de hulp van Einstein inroepen, kunnen we daar iets verder op ingaan. Einstein ken je ongetwijfeld wel als de geniale wetenschapper met zijn gekke haar. Misschien ken je ook wel zijn bekende formule: $E = m \times c^2$. In essentie komt het erop neer dat alles wat een bepaalde massa heeft, ook energie heeft, en niet zo'n beetje maar gigantisch veel. De 'E' staat voor energie, de 'm' voor massa en de 'c' voor lichtsnelheid (die enorm groot is). Als je nu een massa neemt, hoe klein ook, en die tweemaal na elkaar vermenigvuldigt met de lichtsnelheid, krijg je een waarde die de energie uitdrukt. Alles bevat dus energie.

Hoe werkt dat nu in de zon? In de zon vindt er kernfusie plaats, een proces waarbij onder grote druk en hoge temperatuur deeltjes worden samengevoegd. In de zon fuseren namelijk vier waterstofatomen tot één heliumatoom. Het vreemde is echter dat de massa van die vier waterstofatomen samen groter is dan het heliumatoom dat zich vormt. Stel je eens voor dat je twee zakjes M&M's in een bokaaltje doet, waar ze naar believen fuseren en dat daarbij de totale massa aan M&M's uiteindelijk kleiner wordt. Dat kan toch niet? En toch gebeurt het elke dag, elke minuut, elke seconde in de zon. En je kunt dat verklaren door de formule van Einstein. De massa die je tekortkomt, heeft zich omgezet in energie volgens de beroemde wet van Einstein. Om samen te vatten: vier atomen fuseren tot een nieuw atoom dat minder weegt. De massa die je tekortkomt, is echter niet in het niets verdwenen, maar heeft zich omgezet naar energie. En het is die energie die we elke dag ervaren wanneer de zon haar warmte uitstraalt.

Je vraagt je misschien af hoe we weten hoe warm de zon is, of nog ingewikkelder, uit welke deeltjes de zon bestaat. We kunnen immers door de enorme hitte onmogelijk naar de zon reizen. Wetenschappers leiden al die zaken af uit de straling van de zon en uit waarnemingen van het zonneoppervlak. De zon lijkt een eentonige gele bol, maar niets is minder maar. De zon heeft plekken die minder warm zijn, de zogenaamde zonnevlekken, en plekken die veel warmer zijn, dit noemen we de fakkelvelden. De zon draait ook om haar as, waarbij het midden (de evenaar) sneller draait dan de polen, respectievelijk 25 en 36 dagen. Door dit verschil in draaisnelheid wordt de zon eigenlijk voortdurend door elkaar geroerd. Door de intense hitte gebeuren er ook ontploffingen, die **zonnewind** doen ontstaan. Er worden dan geladen deeltjes (elektronen en protonen) de ruimte ingestuurd, soms zo ver dat ze de atmosfeer van de aarde binnendringen. Dan ontstaat er een prachtig fenomeen dat je het best aan onze noord- en zuidpool kunt waarnemen, namelijk het **poollicht** (zie ook 1.2.2, Concentrische opbouw van de aarde).

Planeten

Het zou ons wat ver leiden om elke planeet hier diepgaand te bespreken. Er zijn al tal van boeken en internetsites te vinden die de verschillende planeten in detail bespreken. We gaan in wat volgt alleen wat dieper in op enkele opvallende eigenschappen. De aarde zelf komt pas in hoofdstuk 1.2 aan de beurt, maar dan wel zeer uitvoerig.

Mercurius, de ideale verjaardagplaneet

Mercurius is de planeet die het dichtst bij de zon staat. Je kunt dus al raden dat je daar het best niet naartoe gaat. Overdag stijgen de temperaturen daar tot boven de 300 °C, om 's nachts te dalen tot vriestemperaturen van wel -70 °C. De planeet heeft immers geen atmosfeer die de warmte vasthoudt zoals dat op aarde het geval is. Door het ontbreken van een atmosfeer zijn er geen wolken en zie je ook geen mooie kleuren in de lucht. Je ziet de zon daar als een felwitte bal, die wel drie keer zo groot lijkt als op aarde. Als de zon 's morgens opkomt, moet dat ongetwijfeld een prachtig gezicht zijn. Al moet je daar wel de tijd voor nemen: het opkomen van de zon duurt ongeveer zo lang als een dag op aarde. Mercurius draait namelijk in 58 aardse dagen om haar as en beschrijft haar omloop rond de zon in ongeveer 88 dagen. Doordat Mercurius zo traag om haar as draait en tegelijkertijd (vrij snel) om de zon draait, duurt een dag er ongeveer 176 aardse dagen. Dat lijkt vreemd en zelfs wat tegenstrijdig met wat je al weet over een dag op aarde. Als je dit helemaal wil begrijpen, neem dan eens een okkernoot in elke hand. De rechter okkernoot is de zon, de linker is Mercurius. Draai Mercurius traag tussen je vingers (van links naar rechts), tegelijkertijd draai je Mercurius in dezelfde richting (dus in tegenwijzerzin) om de zon. Wat merk je? Doordat Mercurius zo traag om haar as draait en tegelijk om de zon draait, worden gebieden die weg van de zon draaien toch nog belicht door de zon. Een dag op Mercurius duurt dus 176 aardse dagen. Ben je mee? Een dag duurt dus twee keer zo lang als een jaar op Mercurius. Je zou dus kunnen stellen dat je daar elke dag twee keer zou verjaren.

Figuur 1.5
De planeten van ons zonnestelsel.

