

DONKERE MATERIE: ONS KIND EN HET HEELAL

Vossiuspers UvA is een imprint van Amsterdam University Press.
Deze uitgave is tot stand gekomen onder auspiciën van de Universiteit van Amsterdam.

Vormgeving en opmaak: Beeldvorm, Pijnacker

ISBN-13 978 90 5629 438 0
ISBN-10 90 5629 438 5
© Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2006

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

K O H N S T A M M L E Z I N G

DONKERE MATERIE:
ONS KIND EN HET HEELAL

VINCENT ICKE

*V*OSSIOUSPERS UvA



DE KOHNSTAMM LEZING

Opvoeding en onderwijs verlangen een kritisch en levendig publiek debat. De docenten en onderzoekers van het Philip Kohnstammhuis te Amsterdam trachten maatschappelijke betrokkenheid te combineren met hoogwaardige opleidingen en gedegen onderzoek. Ze zetten daarmee een traditie voort die in 1919 een aanvang nam.

In dat jaar aanvaardde Kohnstamm met de rede Staatspaedagogiek of persoonlijkheidspaedagogiek het ambt van bijzonder hoogleraar in de opvoedkunde. In die oratie beargumenteerde hij dat de pedagogiek als wetenschap pas ‘waarlijk vrucht kan dragen’ indien ze in contact treedt met vragen van levensleer en wereldbeschouwing. Vanuit deze overtuiging ontwikkelde Kohnstamm concrete methoden om het rekenen en het lezen te verbeteren en was hij een praktisch voorstander van het individuele leren van het kind. Kohnstamm werd in het genoemde jaar tevens directeur van het Nutsseminarium voor Pedagogiek, dat leraren in het voortgezet onderwijs en aan de kweekscholen een voortgezette pedagogische scholing bood, en waarin onderzoek werd verricht ten behoeve van de schoolpraktijk. Beide taken leven voort in het Amsterdams Instituut voor Onderwijs en Opvoeding in het Kohnstammhuis.

Kohnstamm was een veelzijdig geleerde. Filosoof, leerpsycholoog, theoloog. Opgeleid als natuurwetenschapper, volgde hij in 1908, op 33-jarige leeftijd, zijn leermeester Van der Waals op als buitengewoon hoogleraar in de thermodynamica. Bij die gelegenheid plaatste hij kanttekeningen bij het dogma van het determinisme. Maar het was meer dan intellectuele twijfel die Kohnstamm al voor de eeuwwisseling aanzette tot maatschappelijke en politieke strijd lust, waarin liberale vrijzinnigheid en een diepgaande christelijke overtuiging samengingen. Kohnstamm was in zijn overtuigingen in geen enkel opzicht sektarisch. Hij was een groot voorstander van het openbare debat met mensen van verschillende richtingen.

In de geest van het levenswerk van Kohnstamm zetten we de traditie voort van het ‘publieke debat over onderwijs en opvoeding’. De jaarlijkse Kohnstamm lezing waarmee we in 2000 startten, wil daaraan een bijdrage leveren. Voor de zevende Kohnstamm lezing ‘Donkere materie: ons kind en het Heelal’ geven we het woord aan Vincent Icke. Vincent Icke vertoont in veelzijdigheid grote gelijkenis

met Kohnstamm. Hij is hoogleraar Theoretische Sterrenkunde aan de Universiteit van Leiden en bijzonder hoogleraar Kosmologie aan de Universiteit van Amsterdam. Daarnaast is hij beeldend kunstenaar, grafisch ontwerper en publicist. Hij werkt veelvuldig mee aan radio- en televisieprogramma's, zoals Nieuwslicht en de Nationale wetenschapsquiz, om wetenschap voor een breed publiek toegankelijk te maken. Hij schrijft regelmatig in de populaire pers, zowel dag- en weekbladen als maandbladen (o.a. Natuur & Techniek); hij was columnist bij NRC Handelsblad. Zijn levensinstelling is 'onderzoek alles, met passie en precisie'.

prof. dr S. Karsten, POW
drs C. Laan, CNA
drs C.M. van Loosbroek, EHvA
prof. dr G.C.W. Rijlaarsdam, ILO

De sterrenkunde heeft ons geleerd dat de mens niet het middelpunt van het Heelal is, noch de Aarde, noch de Zon, noch enig ander punt. Zo veel is vrij algemeen bekend, maar wij weten nu ook dat de mens en zijn Aarde niet zijn gemaakt van de dominante soort stof in het Heelal. Ongeveer 96% van alle kosmische materie is onzichtbaar, en van heel andere soort dan die waaruit wij bestaan. De zoektocht naar de aard en oorsprong van deze donkere materie is een van de grootste vragen waarvoor wij ons gesteld zien. Maar het beantwoorden daarvan wordt bemoeilijkt, misschien zelfs onmogelijk gemaakt, doordat de wetenschap – en niet alleen de exacte – in stukken wordt geknipt door een schaar met twee snijkanten: de verwoesting van het onderwijs en de minachting voor zuiver wetenschappelijk onderzoek.

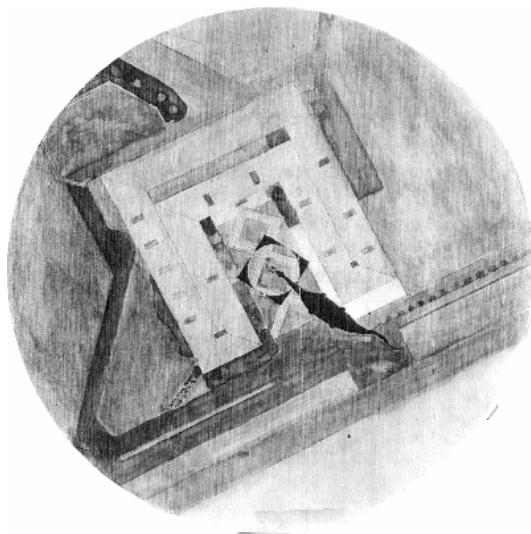
BEGIN

Mijn opvatting over columns, lezingen en wat dies meer zij, is dat je werkt voor intelligent publiek. Dus hoef ik niet A en B te zeggen. Ik pak A en laat de rest van het alfabet over voor mensen die ook een mening hebben. Wie een evenwichtig verhaal verkiest had iemand anders moeten uitnodigen. Bovendien: wie alle kanten van een bepaald probleem belicht, smooit de discussie.

Ik ga met u spreken over de twee grootste raadsels die er zijn: ons Heelal en ons kind. Binnen elk van deze beschouw ik een probleem dat op dit moment in het brandpunt van mijn belangstelling staat. Wat dat eerste betreft, is de grote vraag: waaruit bestaat het Heelal? Zoals we zullen zien, is het voorlopige antwoord daarop dat 96 procent van de materie en de energie in het Heelal van een volstrekt onbekende samenstelling is. Over het tweede raadsel, ons kind: zij zal de problemen moeten oplossen die ik, haar vader, tot dusver niet heb kunnen ontwarren. Daarvoor moet zij eerst nog heel veel leren, maar dat zal op een Nederlandse school niet lukken. Luister maar naar wat een studente van een PABO onlangs zei, zoals geciteerd door het NOS Journaal van 15 maart 2006: 'Ik hoef toch zeker niet meer te weten dan een leerling uit groep acht?'

De pantograaf van Kees

Maar laat ik niet te ver vooruit lopen. Eerst maar eens een blik in ons Heelal werpen, om een voorlopige indruk te krijgen hoe groot dat raadsel nu eigenlijk is. Dat lijkt moeilijker dan het is, want dankzij een geniale uitvinding in de weergave van onze wereld is het niet nodig je te laten afbluffen door ‘astronomische getallen’. Het is nog niet zo lang geleden dat ik een voordracht hield voor HOVO (Hoger Onderwijs Voor Ouderen), waar een van de deelnemers mij vertelde dat zij op de Werkplaats Kindergemeenschap had gezeten in Bilthoven, het dorp waar ook ik ben opgegroeid. Zij beschreef een beeld dat haar was bijgebleven: op de grond van de gymzaal kroop op handen en voeten Kees Boeke rond, over grote vellen papier. Eén vel was verbonden met een ander vel door een ingewikkelde contraptie van houten latten, scharnieren en een potlood. Wat deed Kees daar? Kees was bezig. Kees was altijd bezig en Kees was bezig met dit plaatje:



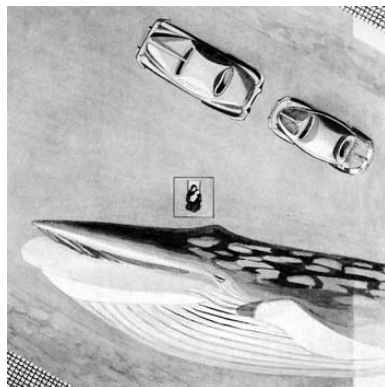
Vroege versie van een plaatje uit de kosmische reis. De straal van de cirkel is honderd meter. Later zou Kees kiezen voor vierkante tekeningen, en de diplodocus vervangen door een walvis. Afbeelding in het Boeke-archief opgespoord door M. den Hollander-Numans.

Met behulp van zijn Tinguely-achtige machine maakte hij dat plaatje punt voor punt tienmaal kleiner, zodat het paste in het midden van een tweede plaatje dat op papier precies dezelfde afmeting had als het eerste maar, dankzij de tekentruc, een schaal had die tienmaal groter was. Boeke had zelf dat apparaat gebouwd, een pantograaf, een tekenaap, een vernuftig stukje toegepaste wiskunde. Het is een van latjes gemaakt parallelogram dat om een hoekpunt kan scharnieren. Daarmee kun je een tekening op een van tevoren ingestelde schaal vergroten of verkleinen door er punten van aan te stippen en die over te nemen op een stuk papier. Dat kan een factor 2 zijn, of een factor 3, of 5. Kees nam een factor 10: dat schiet lekker op, het verkleinde plaatje blijft nog redelijk herkenbaar, en we hebben 10 vingers dus een tientallig stelsel.

Waarom deed hij dat? Omdat Boeke, meer dan de meeste mensen, beseftte dat de mens niet de maat is van alle dingen. Wij zijn gewend om dingen uit te drukken in de afmeting van een meter omdat wij ongeveer zo groot zijn. Dat is arrogantie. Wij meten de massa van ons Heelal in kilogrammen, dat is ongeveer de hoeveelheid grijze klieder tussen je oren. Wij meten tijd in de eenheid van de seconde, dat is ongeveer de duur van een hartslag (maar als je naast Charlotte zit gaat het wat sneller).

Wie zo arrogant is om te denken dat de mens de maat aller dingen is, moet strafwerk schrijven. Nullen, heel veel nullen, al die nullen in de zogenaamde astronomische getallen. Bijvoorbeeld de afstand van de Aarde tot de Zon, dat is 15000000000 meter. De geniale vondst van Kees Boeke was om in de weergave van ons Heelal niet te tellen van 1-2-3-...10, maar van 1-10-100-1000. Grote stappen, gauw thuis: hij paste de maat aan bij dat wat werd weergegeven.

Het uiteindelijke boekje *Wij in het heelal*, een heelal in ons werd in 1957 gepubliceerd. De reis begon op de binnenplaats van de Werkplaats Kindergemeenschap waar een meisje zit met de poes. Het is een plaatje van 1 bij 1 meter, gezien van een afstand van 1 meter. Een factor 10 vergroting brengt je, met dank aan Kees en zijn tekenaap, naar een beeld van 10 bij 10 meter, gezien van 10 meter afstand. De dinosaurius uit de oorspronkelijke schets, neergezet om de schaal weer te geven, heeft helaas plaats gemaakt voor een walvis. Ga je nog een factor 10 verder weg, dan krijg je de hele Werkplaats Kindergemeenschap in beeld en, net buiten de omheining, het Nieuwe Lyceum waar ik op zat.



Vier opeenvolgende tekeningen uit Wij in het heelal, op een schaal van 1 bij 1 meter (linksboven) tot 1 bij 1 kilometer (rechtsonder).

Het boek is vertaald als Cosmic View, verschenen net even vóór de Nederlandse versie, en is op internet te bezichtigen via de webstek www.vendian.org/mncharity/cosmicview/. Er zijn talloze navolgers, zoals bijvoorbeeld www.wordwizz.com/pwr-sofro.htm. De serie is briljant bijgewerkt door vier andere hele groten in het onderwijs, Philip en Phylis Morrison en Ray en Charles Eames. Hun boek heet Powers of Ten, is in het Nederlands vertaald als Machten van tien, maar de vertaling is helaas uitverkocht. Vanwege de rechten die op dit boek rusten kan ik het u in mijn boekje

niet laten zien, maar zoekt u het vooral op in de bibliotheek, en vergeet de Wikipedia niet: nl.wikipedia.org/wiki/Powers_of_Ten.

Powers of Ten volgt Boekes tekst en beeldkeus vrijwel letterlijk, maar de plaatjes zijn veel geraffineerder uitgevoerd door een combinatie van fotografie en tekenen, en bovendien in kleur. Het vertrekpunt is niet een schoolplein in het dorp Bilthoven, maar Soldier's Field in de stad Chicago. Reeds op een schaal van 10.000 kilometer (slechts zeven stappen na het eerste plaatje) hebben we onze hele Aarde in beeld. Alle menselijks is hieraan vreemd. Wat op deze schaal gebeurt heb je maar te ondergaan, daar hebben wij niets over te vertellen. Vanaf dat punt dringt niet alleen de reusachtige schaal, maar ook de onherbergzaamheid en de onaantastbare pracht van het Heelal zich aan ons op.

Deze verkennende reis zal ons helpen om straks te komen tot een van de grootste raadsels over het Heelal. Afwisselend wil ik het met u hebben over mijn ervaringen met het onderwijs en de producten daarvan, zoals ik die op dit moment zie van de studenten die bij mij binnenkomen aan de Universiteit Leiden, de Universiteit van Amsterdam en andere instellingen waar ik bij gelegenheid les geef.

Wiskunde op het gym

'Ik hoef toch zeker niet meer te weten dan een leerling uit groep acht?' is een zeer recente uitspraak. Maar beseft wel dat de vernietiging van ons onderwijs al lang geleden is begonnen. Op mijn lyceum had ik een leraar wiskunde die was gepromoveerd op de didactiek der wiskunde bij Freudenthal. Nu wilde het toeval dat ik niet alleen wiskunde verbazend leuk vond, maar ook een opa had die verzot was op dat vak: algebra en vooral meetkunde. Opa was hoofd van een lagere school, en als er op een verjaardag of ander feestje weer eens niets te doen was, spraken wij over de negenpuntscirkel, of over de cirkels van Apollonius. Opa Frans bewees een stelling, en daagde mij uit om bij het volgende feestje met een ander bewijs te komen. Soms lukte dat, meestal niet, maar altijd hadden we plezier. U weet wel: In heel Europa, m'n ouwe opa... Voor stier speelde hij niet, maar voor mij was hij een heel goede imitatie van Pythagoras.

Dat was dus genieten, tot die leraar zich in beeld bigde. Hij had zijn leer-methode in een glanzend boekje opgeschreven, en wij waren verplicht dat te kopen en te volgen. Geen touw kon ik eraan vastknopen door de donkere nevels van de

didactische bijbedoelingen. Mijn verwarring sloeg om in haat toen ik eens een nul voor een repetitie kreeg, omdat ik een hulplijn had gebruikt bij een constructie; en hulplijnen kregen we pas over drie maanden volgens des leraars heilige methode. Opa Frans, anders de pijprokende rust zelve, ontplofte zowat.

Met het onderwijs doen de beleidsmakers experimenten die ze met bijvoorbeeld de waterleiding nooit zouden aandurven. Eigenlijk weet ik er geen analogie van. Of ja, toch wel: de spelling. Er was eens een half dozijn kamergeleerden, in dienst van een ter zake onkundige staatssecretaris, die ons opzadelden met lettercombinaties die er grammaticaal niet staan en die je gesproken niet hoort. Of beter 'hoorde', want nieuwslezers zijn zelfs al begonnen die afwezige tussen-N hardop uit te spreken. Nederlanders die nooit een boek lezen of schrijven, waaronder bazen van kranten en uitgeverijen, dwongen de echte schrijvers deze 'pannenkoeken' te slikken. Volgzzaam pakten de middenstanders de kwast om het op winkelpui en menu te 'verbeteren'.

Zo'n ingreep kun je van ongeletterden verwachten, vooral van veel politici ter linkerzijde, voor wie de uitbundige veelheid van het leven nu eenmaal altijd teveel is. Maar wat mij steeds weer verwondert is, dat mensen die toch voor intelligent doorgaan keer op keer zulke oliedomme dingen voorstellen, ofwel met de gegeven voorschriften in te stemmen in plaats van ze met Homerisch gelach weg te honen.

Het gaat hier niet om een smaakkwestie, zoals wanneer iemand ons wil overhalen om Haags of Fries te spreken, maar om een regelrechte aanslag op ons geschreven erfgoed. Een piepklein groepje van alle werkelijkheid losgezongen kamergeleerden kan zijn hobby ongeremd uitleven, op kosten van de mensen die de taal echt gebruiken. De spellingscatastrofe lijkt mij een treffende analogie met de sloop van ons onderwijs. Het is alsof een staatscommissie van kunstklungels elke tien jaar onze Rembrandts een beurt met schuurpapier geeft.

Bollen en banen

De toon is nu wel even gezet, maar voor vrolijker nieuws met wat meer afstand gaan we even terug naar ons Heelal voor een kleine gedachteproef, die laat zien dat wij eenvoudig kunnen begrijpen wat de zwaartekracht doet met de vorm van dingen. Dat begrip zullen wij nodig hebben om er straks achter te komen dat wij van 96% van het Heelal niets weten. Waarom is die Aarde, die u zojuist in dat prachtige beeld

van Kees Boeke zag, een bol? De hoogste berg is maar 8800 meter laag, terwijl de doorsnede van onze planeet bijna 13000 kilometer is. Mount Everest, om cultureel correct te zijn zou ik Chomolungma moeten zeggen, is dus een bultje van niks. Hoe komt het dat onze bergen laag zijn? Op zo'n flinke planeet zou je toch ook hoge uitstulpingen kunnen verwachten.

Wat drukt de berg omlaag? De zwaartekracht. Die is sterker naarmate de berg hoger en dus zwaarder is. Wat houdt de berg omhoog? De sterkte van het materiaal waar de berg van gemaakt is. Wanneer die twee aan elkaar gelijk zijn, maakt de verpulverende kracht van de zwaarte juist evenwicht met de samenbindende krachten tussen de atomen. We willen dus twee dingen weten: hoe zwaar is een berg? En: hoe sterk is het materiaal van een berg? Dat zoeken we op. Denkt althans de onderwijshervormer, die zijn leerlingen langs de weg van studiehuis en projectjes het groezelige moeras van het web in jaagt. De massa van de berg! Een derde maal pi-erkwadraat maal haa, maal de soortelijke massa van olivijn en orthopyroxeen. De kracht tussen atomen! De tweede en de derde viriaalcoëfficiënt, maal een gedeeld door de tiende macht van er, minus... bent u daar nog?

Inderdaad, je kunt al dat soort dingen moeizaam opzoeken en uitrekenen, maar hersens gaan sneller dan handen. Dit zoeken we dus niet op, dit denken we even door. Vraag: hoe hoog is een berg die nog net niet als een pudding in elkaar zakt onder zijn eigen gewicht?

Daar komt een denkbeeldig garenklosje van pas. Stel dat ik op een zeer hoge klip sta en het garen arol. Dan komt er een steeds langere draad omlaag te hangen. Daarmee gebeurt hetzelfde als met de berg: hoe langer de draad, hoe zwaarder het gewicht dat aan het bovenste stukje van het garen trekt. We kunnen dus vragen: hoe lang is een draad die nog juist niet knapt onder zijn eigen gewicht?

Hoe zwaar is een meter draad? Met andere woorden: hoeveel weegt een garenklosje waarop een gegeven lengte garen is gewikkeld? Nadenken. Op een gewoon klosje zwart garen zit 500 meter. Gewicht? Vijf gram? Nee, te weinig. Vijf ons? Teveel. Vijftig gram? Dat kan wel zowat. Dat is een van de belangrijkste geheimen van de smid, die wij zojuist van Kees Boeke hebben geleerd: als je een schatting maakt moet je niet tellen van 1-2-3 (lineair) maar 1-10-100 (logaritmisch). Je moet denken in 'ordes van grootte'.

Dus vijfhonderd meter weegt vijftig gram, ofwel een tiende gram per meter. Vervolgens: hoeveel gewicht kan een garendraad dragen? Orde van grootte! Eén ons: vast wel. Tien kilo: zeker niet. Eén kilo: moet kunnen. Dat is alles. Een draad

die een kilo zwaar is breekt nog net niet. Een meter draad weegt een tiende gram. Dus een draad van tienduizend meter is juist nog sterk genoeg om zijn eigen gewicht te kunnen dragen.

En daarom kan een berg op Aarde nooit hoger zijn dan tien kilometer, of het nou Kilimanjaro is of Kilauea. De zwaartekracht, die de tegenstander van de bergbeklimmer lijkt, komt in zoverre te hulp dat het na tienduizend meter klauteren wel afgelopen is met het getob.

De jonge onderzoeker kan thuis verder experimenteren met allerlei details. Een pak melk van een liter weegt een kilo, dus je kunt die breeksterkte scherper stellen door te meten hoeveel pakken melk je aan de draad kunt hangen. Is garen niet veel minder sterk dan rots? Dat valt wel mee: je kunt een kras in een steen maken door er een draad langs heen en weer te schuren. Is materie onder uitrekking wel even sterk als onder druk? En zo zijn er nog wel wat bezwaren. Het kan allemaal beter, maar die tien kilometer blijft een uitstekende schatting. Het is in elk geval veel meer dan één kilometer, en veel minder dan honderd.

Zo bedenk je dan dat een planeet als Aarde een bol moet zijn, op een enkele uitstulping van tien kilometer na. Zo snap je ook dat kleinere dingen schonkiger kunnen zijn: de kern van komeet Hale-Bopp is knolliger dan een eigenheimer, en een baksteen kan zelfs echte hoeken hebben.

Dat wil dus zeggen dat kleinere objecten dan Aarde een zeer onregelmatige vorm zullen hebben. Zie het voorbeeld van de asteroïde 433, genoemd Eros, ongeveer 33 kilometer lang, 13 kilometer in doorsnede, en buitengewoon oneffen. Je zou kunnen zeggen dat Eros een planeetje is van 13 km grootte met een berg van 20 km erop.

De zwaartekracht toont ons heel veel over het Heelal. Wij zullen straks van de zwaartekracht leren dat het merendeel van ons universum bestaat uit volstrekt onbekende materie, zo'n 96%. De zwaartekracht bepaalt niet alleen de vorm van de hemellichamen, maar ook hun onderlinge beweging. Zo verraden alle materie en energie hun aanwezigheid door de zwaartekracht die zij veroorzaken. Als je alleen maar de ringen van Saturnus zou zien, zonder de planeet in het midden, dan zou je meteen weten dat er in het centrum iets onzichtbaars is wat die ring in bedwang houdt. Denk aan de baan van Aarde, van Venus en de rest: als de Zon geen licht zou geven, maar wel dezelfde massa hebben als nu, dan zouden de banen van de planeten nog precies zo gekromd zijn als nu. Uit de kromming van banen kunnen

wij afleiden of er materie/energie is of niet. Dat zullen wij gebruiken om het Heelal te gaan wegen, zoals wij Chomolungma hebben gewogen.



De asteroïde Eros, een brok steen van 33 bij 13 bij 13 kilometer, waargenomen door de NEAR ruimtesonde. Copyright NASA.

Een open riool

Hoewel de jeugd steeds volwassener wordt, behandelt men jongeren meer en meer als kleuters, ingebed in de watten van een uitgehold leerplan. Omzwachteld met inhoudsloze luiers, waarin zij zelf het poepje van hun maatschappelijk relevante kletspraat mogen doen. Met rampzalig gevolg, want er is niets waaraan de adolescent zo gloeiend de pest heeft als niet voor vol te worden aangezien. Geen sprake van verantwoordelijkheid geven en nemen, hard concentreren, hard werken, hard rekenen, hard afrekenen. Ze krijgen nauwelijks iets te dragen, terwijl wij toch uit de ruimtevaart de vreselijke gevolgen van gewichtloosheid kennen. Zo ontstaat een soort geestelijke botontkalking, en als ze uiteindelijk bij mij op college komen zit ik met de zacht gekookte peren.

Als je voor de zo ontstane generatie leerlingen staat, klotst de traagheid en de onverschilligheid je tegemoet. Hun door zelfwerk verkregen vaardigheden blijken uit de email die zij mij zenden:

Ik moet een profielwerkstuk maken over sterrenkunde. Van mijn leeraar hoorde ik dat uw alles weet over sterren. Stuur graag alle informatie.

Letterlijk citaat, inclusief spelling, een uit talloze verzoeken van gelijke strekking. Fijn, zo'n profielwerkstuk. Ga de informatie maar vinden op het web! En dus laten wij onze kinderen roeien in het open riool dat internet heet. Blijkbaar gaan de onderwijsvernieuwers ervan uit, geleid door hun politieke vooroordelen, dat allen informatie gelijk is. Echte onderzoekers gaan eerst verzamelen en dan schiften, maar in het 'studiehuis' (het muishuis) blijft het bij binnenslepen, knip- en plakwerk, muisplagiat. Hoe kan het ook anders? Als je wilt schiften moet je kennis bezitten, niet alleen van de feiten maar ook van methode, logica, waarschijnlijkheid. Op grond waarvan zouden al die grasgroene veertienjarigen onderscheid moeten maken? Logica, consistentie, eigen onderzoek, desnoods meningen. Maar in al die opzichten schiet de leerling bijna altijd zwaar tekort.

Langzamerhand ben ik me daar druk over gaan maken. Eerst als iemand die de producten van het middelbaar onderwijs in hun hogere sferen moet lanceren, en sinds kort omdat ik betrokken ben geraakt bij 'het ANW'. Dat staat voor 'algemene natuurwetenschappen', en het is de opdruk op een van de vier pakjes poedersoep waaruit ons kroost tegenwoordig geestkracht moet putten.

Algemene Natuur Wetenschap. Dat vak is inderdaad Algemeen; des te erger, want het is veel te weinig specifiek. Met 'Natuur' heeft het bar weinig te maken, en met 'Wetenschap' hoegenaamd niets. Waarom moet dat? Gewoon zomaar, zoals de ene staatssecretaris de Nederlandse taal verwoest door ons een spelling op te solferen die in debiliteit alle voorgaande overtreft. Zomaar, terwijl de andere de klus afmaakt door het voorschrijven van een afvinklijst van dingen die een scholier moet weten, uitgesplitst tot in de kleinste en krankzinnigste onderdelen. Onderwijs in poedervorm dat, aangelengd met lauwe ideologie, de basispap is voor een jeugd die allang aan vast voedsel toe behoort te zijn.

Het voorgestelde ANW is daar een deel van. Het is een zak confetti. Op elk snippertje staat een eis of een wens, maar tussen al die stukjes bestaat nauwelijks samenhang. De Tweede Hoofdwet van de Thermodynamica leert ons dat het geen

zin heeft een zak confetti net zo lang te schudden totdat er weer een paar hele, enkelvoudig gekleurde A4-tjes ontstaan. Zo moet het ondernemende onderwijs gaan concurreren met de TV-quizen, de triomf van het stompzinnige feitjes leren, een school voor super-Triviant.

Dus zullen wij die orde zelf moeten aanbrengen, omdat alles in het Heelal samenhangt en omdat een andere aanpak didactische zelfmoord is. Maar zelf les-geven is ten strengste verboden. Men wordt geacht leermethoden te volgen, en wat ik daarvan heb gezien inspireert pas ècht horror vacui. Die troep is allemaal top-down geschreven, de papieren incarnatie van het 'plaatjes invullen', gecodificeerde vormen van de confetti uit Den Haag. Dit wordt verder in de hand gewerkt door het 'militair-industrieel complex' bestaande uit ambtelijke knutselaars en grote uitgeverijen. Vrije markt, nietwaar. Met als resultaat dat, zoals Richard Feynman in de VS ontdekte, leerboeken die slechts bestaan uit blanco bladzijden tussen twee kaften een lovende recensie krijgen.

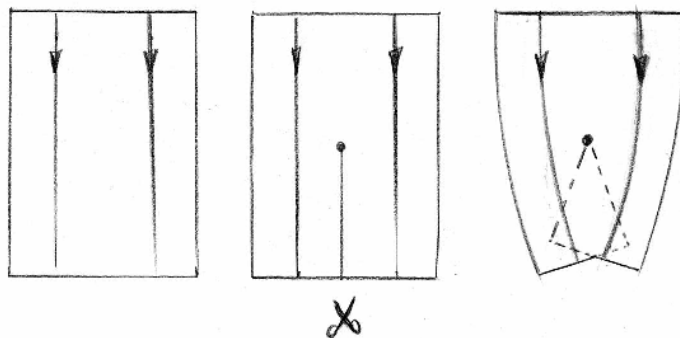
Boeren, vrachtwagenrijders, voetbalsupporters – hoe kleiner het belang, hoe grover het geweld waarmee het verdedigd wordt, en hoe groter de tolerantie van de getroffen angsthazen. Die omgekeerde evenredigheid lijkt wel een natuurwet die wordt bevestigd door de scholen. Onderwijs is van het allergrootste belang, maar onderwijzers zijn vaak makke schapen die overal toestemming voor vragen en zich koest houden als ze worden beknord, in plaats van hun directie op een mestkar te laden en met trekkers of vrachtwagens het land te ontregelen.

Welk surrealistisch mechanisme heeft, in een land van 16 miljoen mensen die niet allemaal gek zijn, onze belangrijkste staatsinstelling – het onderwijs – getorpedeerd? Hoe slaagde een handjevol doctrinaire drammers erin hun ideologische ziekte op de gezonde mensen over te brengen? Er zijn precedënten: de herverkaveling die ons landschap knipt en scheert, de spellingsmafia die onze taal door de knieschijven schiet. Maar toch: het onderwijs? Hoe konden wij zo kwetsbaar zijn voor deze pestbaci? De toekomst van onze kinderen is verknipt door een schaar met twee helften. De ene komt uit de politieke linkervleugel, bestaande uit wereldverbeteraars die het verschil tussen gelijkheid en gelijke kansen niet begrijpen. De andere helft is de rechtervleugel, die opleiding beschouwt als 'investeren in jezelf', alsof de maatschappij niet tientallen tot honderden malen meer verdient aan een goed opgeleid mens dan deze zelf als loon ontvangt. De taakverdeling tussen de rechter- en de linkervleugel doet denken aan een oude grap, waarin de notaris van een dorpje tot de pastoor zegt: 'Hou jij ze maar dom, dan hou ik ze wel arm.' Toe-

gepast op deze gelegenheid is dat: ‘Laat mij het land privatiseren, dan mag jij het onderwijs socialiseren.’

Kromme ruimte, kromme banen

Terug naar het Heelal voor een verfrissende duik in ruimte en tijd. Wij waren bezig het Heelal te wegen door te kijken naar de bewegingen van de materie en het licht. Op de schaal van ons zonnestelsel interpreteren wij die bewegingen met behulp van de zwaartekracht. Maar die mysterieuze werking, die de banen van de planeten rondom onze Zon bestuurt, blijkt helemaal niet te bestaan. Het is een uitvinding, een interessant gedachtespinsel, ooit bedacht door Robert Hooke en vervolgens proletarisch geleend door Isaac Newton. Zwaartekracht bestaat helemaal niet. De reden dat dingen gekromde banen volgen, is dat de ruimte zelf gekromd is.



Demonstratie van de manier waarop de kromming van de ruimte verantwoordelijk is voor de kromming van banen. Teken twee evenwijdige lijnen op een stuk papier. Knip dat halverwege tussen de lijnen in. Breng de ingeknipte stukken naar elkaar toe. De banen buigen nu naar binnen dankzij de structuur die is aangebracht in deze (tweedimensionale) ruimte.

Dat idee is ons wel bekend. In veel atlassen en vakantieguiden staan tabellen waaruit je kunt aflezen wat de afstanden zijn tussen verschillende plekken op Aarde: hoe ver is het, hemelsbreed, van Haren naar Haarlem, van Haarlem naar Harlem, van Harlem terug naar Haren, enzovoorts. Probeer je die afstanden in kaart te brengen, dan merk je dat dat op een plat stuk papier niet gaat. Door knippen en plakken kun je wel een kaart maken waarop al die afstanden goed zijn weergegeven. Die kaart is een wereldbol! Aldus bepalen afstanden een ruimtelijke vorm.

Zo is het ook met de meetkunde van ruimte en tijd. Hoewel de meetkunde van ons Heelal veel lastiger is dan de meetkunde-volgens-Pythagoras waarin wij zijn geboren, kunnen we de gevolgen van de kromming van de ruimte gemakkelijk inzien. Stel dat iemand in een duinlandschap van het ene punt naar het andere wil komen langs de kortste weg tussen begin- en eindpunt. Die persoon zal dan een kronkelweg volgen. Als een voorwerp in zijn beweging van een rechte lijn afwijkt, of als het iets sneller of langzamer gaat – als het, met andere woorden, een versnelling ondervindt – is de conclusie dat er een kracht in het spel is. Je zou dus kunnen denken dat er een kracht – de zwaartekracht – op de wandelaar werkt. Maar het enige wat deze doet, is de kortste weg volgen over een gekromd oppervlak.

Stel nu dat de wandelaar zijn hond achter zich aan heeft lopen, ook volgens de kortste weg. Dan volgt die dezelfde weg, precies in de voetstappen van baasje. Niet uit hondetrouw, maar omdat de meetkunde van het duinlandschap dat voorschrijft. Als de banen van mens en hond door een kracht zouden worden bepaald, waarom zou dat dan op mens en dier exact dezelfde invloed hebben? Je zou beslist verwachten dat beide verschillende paden volgen. Maar de paden zijn precies gelijk.

Zo weten wij dat de paden ontstaan door een meetkundige eigenschap van de onderliggende ruimte, en zo is het ook werkelijk in de wereld om ons heen. Dankzij de structuur van tijd en ruimte krijgen we gekromde banen in een gekromde ruimte. Als je de kortste weg volgt tussen twee punten, ligt daarmee het pad volledig vast. De vorm van het pad heeft niets te maken met een kracht, maar alles met de meetkunde.

Zwaartekracht is een ouderwetse term voor de gevolgen van de structuur van tijd en ruimte. Zwaartekracht als zodanig bestaat niet. Tijdruimte bestaat echter wel, het is bouw materiaal met een heel eigen structuur. Wij kennen de gevolgen daarvan bijna allemaal, want de meeste mensen hebben wel eens een opname gezien vanuit een ruimtecabine, waarin de astronauten vrij rondzweven. Men zegt wel

dat zij 'gewichtloos' zijn, maar dat is onzin want de baan van de cabine en van de astronauten is wel degelijk gekromd. Wat er in werkelijkheid gebeurt, is dat het ruimtevoertuig op precies dezelfde manier rond de Aarde valt als de astronaut. Door de camera binnen de cabine op te stellen, lijkt het alsof er helemaal niets gebeurt, maar gezien vanaf de Aarde zie je beide in een baan op een paar honderd kilometer boven de zeespiegel ronddraaien.

Als wij de planeten rondom de Zon zien gaan, zien we de gevolgen van de structuur van tijd en van ruimte, maar natuurlijk zeggen wij nog steeds 'zwaartekracht', anders is het zo'n mondvul. Een sterrenkundige spreekt ook rustig over 'zonsondergang', terwijl dat astronomisch gezien onzin is.



Het gravitatie lens effect aan het werk in de cluster Abell 1689. De kromme slierten zijn beelden van een zeer ver weg staand sterrenstelsel, die vervormd worden door de kromming van de ruimte in de cluster.

Hoe weten wij, letterlijk in één oogopslag, dat de ruimte echt gekromd is? Hoe weten wij dat sterrenstelsels niet samengehouden worden door de mysterieuze zwaartekracht, een werking op afstand waar Newton over schreef? Wij weten dat de

structuur van de ruimte verantwoordelijk is voor de banen van planeten en sterren door goed te kijken. Op bijgaande foto zijn kleine en soms grote bogen en gekromde blauwe vlekjes zichtbaar. Bij zorgvuldige beschouwing blijkt dat elk van die boogjes het beeld is van één enkel sterrenstelsel dat op een gigantisch grote afstand achter de sterrenstelsels op de voorgrond staat. Gekromde ruimte geeft gekromde banen, ook voor het licht: ook het licht kan vallen. Wij noemen dat het gravitatie lens effect. Met behulp van de afbuiging van het licht van verre voorwerpen kunnen wij meten hoeveel materie er op de voorgrond staat. Ergens van een sterrenstelsel in het diepe Heelal vertrekt een lichtstraal in de richting van een observatorium. De lichtstraal komt onderweg een stuk gekromde ruimte tegen en buigt dus een beetje af. Die afbuiging zorgt ervoor dat de beeldjes van de sterrenstelsels op verre afstand sterk vervormd raken. Zo weten wij dat Einstein gelijk heeft gehad en dat het niet de zwaartekracht is maar de structuur van de ruimte zelf, die er voor zorgt dat je gekromde banen krijgt.

Het spannende hiervan is dat je met behulp van de krommingen van de waargenomen beelden in kaart kunt brengen hoeveel materie er in de ruimte is. En dan blijkt iets verbijsterends. Uit de hoeveelheid gemeten licht die een sterrenstelsel uitstraalt weten wij dat er daar van de orde van 100 à 200 miljard sterren in zitten. Elk van die sterren is ruwweg vergelijkbaar met onze Zon. Dus kun je uitrekenen hoeveel massa er zit in een sterrenstelsel dat een zekere hoeveelheid licht uitstraalt, want wij weten precies hoe zwaar de Zon is. Maar uit de kromming van de beeldjes, en dus van de banen van het licht, kan men óók uitrekenen hoeveel massa daar is, onafhankelijk van de hoeveelheid licht die wordt uitgezonden. Dan blijkt dat die twee niet met elkaar kloppen: er is meer dan 10 maal zoveel onzichtbare donkere materie in deze zwermen van sterrenstelsels dan aanwezig is in de vorm van gewone sterren. Dat is de volgende en meest dramatische stap op weg naar het grootste raadsel wat ik u wilde vertellen.

NINA, wat een schatje

Ik sta hier nu wel te mopperen over de producten van het middelbaar onderwijs die ik als docent aan een Universiteit voor mij krijg, maar er wordt natuurlijk aan het programma van de middelbare scholen wel gesleuteld. De meest recente vorm heet NINA. U kunt wel raden waar dat voor staat: NA staat voor NATUURKUNDE,

dat komt altijd een beetje na op school, en NI staat, dat kunt u ook wel raden, voor NIEUW. Als je echt niet meer weet hoe je de zaak moet verkopen, noem je het 'nieuw': 'nieuwe politiek', 'nieuwe natuurkunde', noem het maar nieuw en dan tuinen de mensen er wel in. Ach ja, het moest ook nog een meisjesnaam zijn, misschien om ons eraan te herinneren dat wij grote moeite hebben om vrouwen, die er uiteraard ook bij horen, een passende plaats in de natuurkunde te geven.

Nieuwe natuurkunde? NINA zou nu juist oude natuurkunde moeten zijn. Nieuwe natuurkunde, dat is supergeleiding bij hoge temperaturen, de substructuur van quarks, de fysica van de donkere materie waar deze lezing deels over gaat. Op ieder moment in de geschiedenis is 'nieuwe natuurkunde' per definitie nog te moeilijk voor de knapste koppen van onze hele planeet. Daarom breng ik het hier ook ter sprake, want ooit komt er een knap koppie dat nu nog een meisje of jongen van zes jaar siert, en daarin vormen zich de gedachten die tot echte vernieuwing leiden. Voor het onderwijs van die kinderen hebben wij oude natuurkunde nodig. Die kun je het best illustreren met het lijslied van de bekende gebroeders Bever uit de Fabeltjeskrant: 'Stoom, stoom, stoom'. Dat kun je zien, daar kun je je aan branden, en daar kun je alvast wat mee doen totdat je hersens toe zijn aan het mysterie van het Higgs-deeltje.

Toch schrijft de commissie die NINA baarde in hun rapport: 'We mogen vaststellen, dat modernisering van het onderwijs niet hoeft te betekenen dat klassieke onderwerpen geschrapt worden ten gunste van onderwerpen van het front van de wetenschap.' Maar het probleem is nu juist dat alle wetenschap eruit wordt gewerkt, ja zelfs dat alle feiten het moeten afleggen tegen meningen, zoals gebruikelijk in onze maatschappij waar iedereen in het café ongeveer even veel gelijk moet hebben.

Dat meningen volgens deze officiële aanbevelingen belangrijker zijn dan feiten wordt als volgt in bedekte termen omschreven: 'De commissie steunt de internationaal merkbare tendens, om in de lagere klassen het onderwijs langer in de kwalitatieve sfeer te houden.' Da's een hele mooie: als je auto na de APK-keuring toch door zijn assen zakt, kan de garagehouder zich verontschuldigen met de mededeling dat hij de reparatie in de kwalitatieve sfeer heeft gehouden. En dan 'het front van de wetenschap', laat me niet lachen: zeker in een omgeving waar je met een lantarentje moet zoeken naar mensen die de elementaire methoden en resultaten van de quantummechanica of de experimentele psychologie kunnen uitleggen. De NINA-auteurs zijn net zulke schatjes als de naam aangeeft, zij proberen misschien

te redden wat er nog te redden valt, een vorm die bekend staat als ‘burgemeester in oorlogstijd’. Vergeef het hen, want zij weten niet wat zij doen.

Fritz, Jan en Vera

Terug naar de mensen die echt het werk doen. We gaan eens kijken naar de lotgevallen van drie mensen die ik persoonlijk gekend heb. Het is natuurlijk niet leuk om af te geven op een leraar wiskunde met wie ik slecht overweg kon, maar je hebt ook hele goede leraren en dit waren er drie. In volgorde van tijd waren dat Fritz Zwicky omstreeks het jaar 1935 (maar ik heb hem nog leren kennen); Jan Oort, zijn lotgevallen zijn rondom 1950; en Vera Rubin, ongeveer in het jaar 1980.

Ik vermeldde al dat je uit baanbewegingen massa kunt bepalen. In ons zonnestelsel was dat een oude truc, maar voor sterrenstelsels – honderd miljard zonnen bevattend – is dat voor het eerst gedaan door Fritz Zwicky. Hij was een buitengewoon knorrig man. Als u denkt dat ik een beetje dwars ben, dan heeft u nog helemaal niets gezien. Onze namen hebben drie letters gemeen maar dat lijkt mij toeval. Zwicky was een van de allereersten die de onderlinge bewegingen ging bestuderen van sterrenstelsels in groepen, zogenaamde clusters.

Dat kan wanneer je hetzelfde doet als met de planeten rondom de Zon: meet hoe snel de stelsels in een cluster bewegen, meet ook hoe ver ze van elkaar af staan, en je kunt een goede schatting maken van de gemiddelde massa in de cluster. Dat sterrenstelsels soms zeer dicht bijeen op een hoop staan, kun je afleiden uit het feit dat ze elkaar sterk vervormen door hun onderlinge zwaartekracht. Ze botsen tegen elkaar, hoewel de sterren zo ver uiteen staan in de ruimte dat die elkaar nooit echt raken. Zwicky kwam omstreeks 1935, toen die sterrenstelsels nog maar pas waren ontdekt, al tot de conclusie dat er tien maal zoveel donkere materie is als lichtgevende materie. Kortom: 90% van de materie in clusters van sterrenstelsels was niet in de vorm van sterren.

Zo goed als niemand geloofde hem. Dat had hij deels aan zichzelf te wijten. Hij was een buitengewoon kribbig heerschap, en het droeg niet bij aan zijn overtuigingskracht dat hij zijn tegenstanders uitschold voor bastards. Hij had zelfs een speciale uitdrukking voor hele erge bastards: spherical bastards. Volgens zijn definitie was zo iemand a bastard from whatever which way you look at him. Een lastig portret was Fritz Zwicky, maar hij had wel gelijk; het Heelal stoort zich niet aan

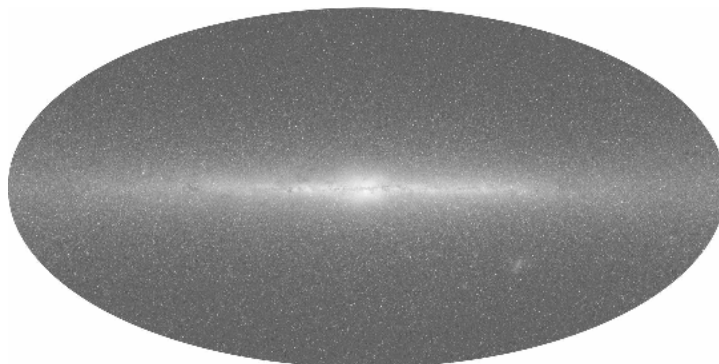
slechte manieren. Hij heeft er echt decennia over moeten knokken, maar hij heeft gelijk gekregen. Dat gebeurt wel vaker in de wetenschap. Van het gravitatie lens effect, dat zijn gelijk onomstotelijk aantoonde, zou hij werkelijk gesmuld hebben.



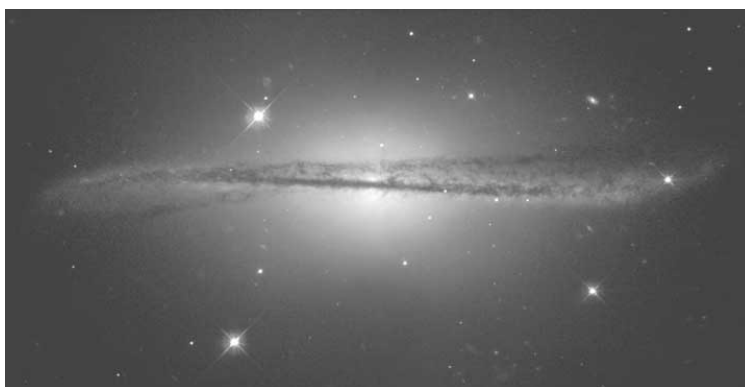
Stephan's Quintet, een compacte cluster van sterrenstelsels die zo dicht bij elkaar staan dat zij vervormd worden door hun onderlinge aantrekking. Door de snelheden van zulke stelsels te meten, en hun onderlinge afstanden te bepalen, kan de massa in de cluster worden afgeleid.

De volgende held in het verhaal over donkere materie was onze landgenoot Jan Hendrik Oort, een van mijn promotores. Hij ontdekte omstreeks het midden van de jaren 1950 dat ook onze Melkweg donkere materie bevat. Niet zo'n hoog percentage als een cluster van sterrenstelsels, maar toch nog ongeveer de helft van de massa in de Melkweg is onzichtbaar, is donkere materie. Nu zou je in dit geval nog kunnen zeggen dat het gaat om zijn dode sterren, zoals witte dwergen, neutronensterren of zelfs zwarte gaten, maar dat bleek geen steek te houden. Oort was in die tijd al twintig jaar lang een van de coryfeeën van de wereldsterrenkunde, dus men nam zijn werk in zoverre serieus dat hij niet meteen voor rotte vis werd uitgemaakt, maar toch werden er veel kritische kanttekeningen bij zijn bevindingen gezet. dat mag en moet in de wetenschap, maar ook Oort bleek gelijk te hebben.

DONKERE MATERIE: ONS KIND EN HET HEELAL



Infraroodbeeld van de Melkweg. Omdat de Zon in het vlak van dit schijfvormige stelsel staat, zien wij de Melkweg als een smalle band aan de hemel. Analyse van de bewegingen van sterren geeft een bepaling van de massa. Copyright 2MASS Survey Team.



Een sterrenstelsel (melkwegstelsel) dat ongeveer 200 miljard sterren bevat. Door de draaisnelheid van de materie te meten op verschillende afstanden van de centrale kern kon Rubin aantonen dat de buitendelen van zulke stelsels voor minstens de helft uit donkere materie bestaan.

Tenslotte kwam Vera Rubin aan bod, die niet zoals Oort keek naar de banen van afzonderlijke sterren maar naar de gezamenlijke, gemiddelde beweging van gas en sterren in sterrenstelsels. Met behulp van ingewikkelde methoden en zeer zorgvuldig onderzoek kon Rubin in het eind van de jaren 1970, begin jaren 1980 laten zien dat de buitendelen van deze melkwegstelsels veel sneller draaien dan je zou denken op basis van de hoeveelheid licht er in. Ook dat was weer opnieuw een massabepaling. Stel je voor dat je zou meten dat Pluto niet in 249 jaar om de Zon gaat, zoals nu, maar in een jaar of tien. Dan zou je tot de conclusie komen dat er heel erg veel massa in het binnenste van ons zonnestelsel ligt opgetast. Ook Vera werd eerst niet geloofd. Het was voor mij een diep schokkende ervaring toen ik, als piepjonge postdoc, een voordracht van Rubin hoorde op een conferentie en na afloop daarvan een oude, in naam gevestigde astronoom door de zaal hoorde brullen: I don't believe a word she says, Charlie! Of dat kwam doordat zij een vrouw was, weet ik niet, maar gelukkig is binnen tien jaar na haar ontdekkingen over de bewegingen van de buitendelen van sterrenstelsels gebleken dat zij absoluut gelijk had. Sterrenstelsels bestaan voor minstens de helft uit donkere materie.

The buck stops here

Terug naar ons tranendal. Bureaucratie betekent 'besturen op papier'. Het is een papieren illusie, te denken dat je lekkerder vruchtensap of betere wetenschap krijgt door een sluitende administratie. Een illusie, zoals in Willem Elsschots boek *Kaas*, waarin Laarmans dacht kaas te kunnen verkopen door een systeem van bonnetjes. Aan de universiteiten valt dat eigenlijk wel mee. Stroperig zijn ze soms wel, maar klassieke bureaucratieën zijn de meeste universiteiten niet.

Maar dat komt; het begin is er. Aan de universiteiten werd soms zeer slecht onderzoek gedaan. Dus werden wij gekort. Het beheer over ons onderzoeksgeld is ondergebracht bij NWO: de Nieuwe Wereld Orde. Met dat geld kocht NWO een paleis, dat beter bij hun managersstatus past dan een aftands universiteitsgebouw; dat is er voor de professoren. NWO bedacht allerlei programma's om het onderzoek in politiek gewenste banen te leiden. Die kregen namen die doen denken aan totalitaire staten: *Veni, vidi, vici*, *Thema's met talent*, *Kraft durch Freude*, dat soort dingen.

Eerlijk is eerlijk, het doel werd bereikt: echt slecht onderzoek is er bijna niet meer. Maar de prijs daarvoor is, dat er ook nauwelijks voortreffelijk onderzoek meer is. Bureaucratie brengt middelmaat voort. Het is een algemeen probleem, dat je niet specifiek NWO kunt aanwrijven. Wat je die organisatie wel kunt verwijten, is dat het verdwijnen van superlatief goed onderzoek wordt verdoezeld met campagnes waarin het woord 'top' de hoofdrol speelt.

Bureaucratieën zijn de meeste universiteiten nog niet. Maar dat gaat veranderen. Want nu ons onderzoek is ingepikt, is het onderwijs aan de beurt. Ministers spraken in Bologna af dat universitaire opleidingen in Europa op elkaar moeten aansluiten. Het is serviel om dat dan Bachelors/Masters te noemen. Bama is een bijpassend schaaapachtige afkorting. Maar overigens is het een uitstekend idee, zoiets als een Europees stopcontact.

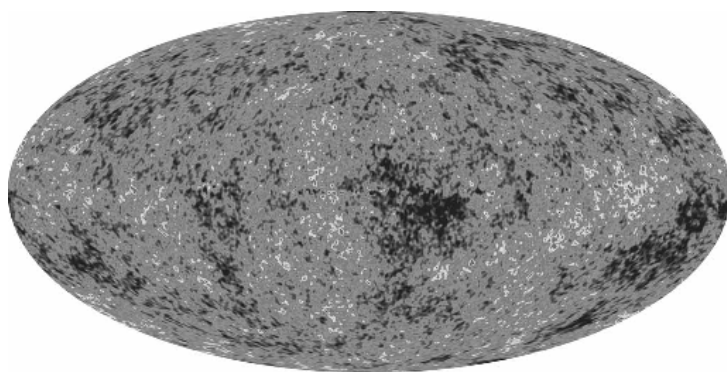
Deze beslissing werd aangegrepen om alle universitaire opleidingen terug te brengen tot het kleinste gemene veelvoud, en van een verplicht keurmerk te voorzien, een accreditatie. Dat is het Trojaanse paard waarmee de bureaucraten binnensluipen. Vergis u niet: het middelbaar onderwijs hebben ze plat. Trashed, kaputt, foutu, naar de ratsmodee... distrutto, om het even Bolognees te zeggen. Die afbraak is hier te lande begonnen door Cals en met kracht voortgezet door Van Kemenade, ook zo'n geharnaste idealist. Ook de namen van de hen opvolgende daders zijn bekend, want als alle wereldverbeteraars zijn zij trots op hun sloopwerk.

Geef een eerstejaarscollege, en je weet: het VWO ligt in puin. Reeds mogen leraren in de algebra geen machten hoger dan 2 gebruiken, om de tere kinderzieltjes te sparen. Je hart staat stil bij de gedachte dat die ambtenaren Einsteins Algemene Relativiteitstheorie zouden gaan 'accrediteren'.

De Universiteit is, goedschiks of kwaadschiks, het hoogst bereikbare. Zij staat op de grens van het onbekende, dat is haar taak. **The buck stops here. Wanneer** de boa constrictor van de bureaucratie het lager en middelbaar onderwijs verstikt, kunnen wij de slachtoffers in het eerste en tweede studiejaar meestal nog reanimeren. Maar daarna moeten wij verder, tot daar waar geen verder meer is. Laten wij de bureaucratische boa's achterlaten in de moerassen waar zij thuishoren. En laten wij blijven klimmen naar de toppen van ons kunnen en kennen, om te zien wat daar voorbij zou kunnen liggen.

Donkere materie

Wij hebben nu kennis gemaakt met het grootste raadsel: de banen van de sterren en het licht laten zien dat 96% van alle materie in ons Heelal donker is, dat wil zeggen niet deelneemt aan de electromagnetische wisselwerking die onder andere het gedrag van licht en electronen bepaalt. Alleen de kromming van de ruimte (de 'zwaartekracht') verradt het bestaan van deze materie. De overige 4% is een schamele rest, waartoe ook wij behoren. Wij weten niet alleen uit waarnemingen, maar ook op theoretische gronden dat sterrenstelsels veel donkere materie bevatten. Maar er is meer dan dat. Laten we eens gaan kijken naar de grootste afstanden die we hebben en opnieuw de diepte van het Heelal ingaan. Ditmaal niet onder begeleiding van Kees Boeke, maar door vanaf Aarde een beeld te maken van de gehele hemel. In het zichtbare gebied, waarneembaar voor onze ogen, zien we de sterren en de nevels daartussen. Het infrarode licht, voor ons oog onzichtbaar maar wel waarneembaar met speciale instrumenten, toont de band van de Melkweg met vaag gloeiende stofdeeltjes. En dan, als wij de hemel waarnemen in het gebied van millimetergolven, meten wij een fel schijnsel dat ons, als wij ogen hadden die het konden waarnemen, zou verblinden alsof de hele hemel met louter zonnen was bedekt.



*Oneffenheden in de microgolf achtergrondstraling, de gloed van de oerknal.
De ellips omvat de hele hemel als gezien vanaf Aarde. Copyright WMAP
Consortium.*

Dat is de gloed van de oerknal. We kunnen uitkijken in de ruimte en daardoor terugkijken in de tijd, zo ver dat wij het Heelal zien op het ogenblik dat het nog niet doorschijnend was voor licht en straalde met een temperatuur van 5000 graden, vergelijkbaar met de temperatuur van onze Zon. Die straling komt nu tot ons, en tegen de tijd dat dat licht de Aarde treft is de temperatuur ervan door de uitdijning van het Heelal afgenomen tot slechts 2,7 graden boven het absolute nulpunt.

De meest opvallende eigenschap van de gloed van de oerknal is, dat de helderheid ervan in alle richtingen vrijwel exact hetzelfde is. De afwijking van het gemiddelde bedraagt slechts een duizendste procent. Die uniformiteit leert ons al veel over de manier waarop ons Heelal is begonnen, maar er is meer. De afwijkingen van het gemiddelde, een soort kosmische ruis, zijn ontstaan in het allereerste begin van het Heelal, een tijdperk dat wij niet direct kunnen waarnemen omdat de kosmische materie het licht toen niet vrij doorliet. Het is vergelijkbaar met het binnenste van de Zon, vanwaar uit de straling die in het binnenste wordt opgewekt zich een weg naar buiten moet worstelen langs de electronen en atomen waaruit onze ster is gebouwd.

We kunnen de oneffenheden op de kaart van de gloed van de oerknal precies bestuderen, en kijken zo terug naar de kinderkamer van ons Heelal. Op het ogenblik dat de microgolfstraling werd uitgezonden, was ons Heelal slechts 380.000 jaar jong (het is nu 13,7 miljard jaar later). Trillingen in het vroege Heelal zijn als fossielen te zien aan de verdeling van iets warmere en iets koelere plekken van de achtergrondstraling. Wij kunnen berekenen hoe die trillingen zich hebben gedragen, en komen zo te weten wat er in het zeer vroege Heelal gebeurde, zoals geologen het binnenste van Aarde in kaart kunnen brengen door de voortplanting van aardbevingen waar te nemen. Daar kunnen wij een verbluffend aantal dingen uit afleiden, onder andere dat ook in het allervroegste Heelal 96% van de materie bestond uit onzichtbaar spul, die men 'donkere materie' en 'donkere energie' is gaan noemen.

Laat dat de zoveelste les voor ons zijn. De tekeningen van Kees Boeke illustreren dat de mens geenszins de maat aller dingen is. Wij staan niet in het middelpunt van ons zonnestelsel, wij staan niet in het middelpunt van de Melkweg en we staan ook niet in het middelpunt van het Heelal. Wij zijn een volstrekt onbelangrijk randverschijnsel in de kosmos, en nu blijkt dat wij niet eens bestaan uit het spul waaruit de overgrote meerderheid van ons Heelal is gebouwd. Slechts 4% van alle deeltjes is 'ons soort' materie, de rest is een soort kosmisch schuim waarvan wij op dit moment niet het vaagste benul hebben wat het is.

Pappa is boos

Ja, u weet nu wel dat ik boos ben. Niet zomaar een beetje boos, en niet zomaar boos, want ik kom op voor onze kinderen: de jonge, zoals Julia, en de jongvolwassenen, zoals Jelte. Wij moeten er voor zorgen dat het hun goed gaat. Wie een lijstje heeft bijgehouden van de door mij gebruikte bijwoorden en bijvoeglijke naamwoorden, zal het niet zijn ontgaan dat ik niet een beetje teleurgesteld ben over de toestand van ons onderwijs, ook niet heel erg teleurgesteld. Nee, ik ben woedend. Uitgerekend in een van de rijkste landen ter wereld, waar het vet tussen de stoeptegels omhoog perst, juist in een tot voor kort beschaafd land dat zich alles zou kunnen veroorloven op het gebied van kunst, wetenschap en scholing, uitgerekend daar wordt het onderwijs vernietigd door een dodelijke cocktail van linkse zendingsdrang en rechts egoïsme. ‘Dodelijk’ is nauwelijks overdreven: aan onwetendheid valt heel veel te verdienen, en het is niet voor niets dat in totalitaire landen opzettelijk gebeurt wat bij ons min of meer toevallig tot stand komt, namelijk de stelselmatige ondermijning van geleerdheid en rede. Domheid maakt de bevolking dociel, zodat die zich makkelijker laat drijven door paniekverhalen over terrorisme, vogelgriep of vergrijzing.



Julia en Jelte. Dat zijn twee van onze kinderen, geen proefkonijnen voor beleidsmakers en -uitvoerders.

Pappa is boos. Pappa is heel erg boos. De belangrijkste taak van een ouder is, zijn of haar kind te beschermen. Dat doe ik dus ook. Lang heb ik het op redelijke manier geprobeerd, met geduld en argumenten. Vele anderen deden dat ook, en proberen dat soms nog. Maar het is gebleken dat redelijkheid geen deuk kan slaan in de muur van ideologische modder waarmee de kapotverbeteraars hun kamp hebben omheind. Dus moet ik wel schilderen met een primitievere kleur van het dierlijk palet: kwaad worden. Ik hoop nu maar dat daarnaar wél geluisterd wordt, want ook ik heb liever niet dat er tenslotte klappen vallen.

Maar laten we niet in mineur eindigen. Er zijn wel redelijke mensen, die weten dat een kind niet sterk en volwassen wordt op een dieet van pap. Op hen heb ik mijn hoop gevestigd, en met hen wil ik deze reis door ons prachtige Heelal op passende manier besluiten.

Dat doe ik door langs de lijn die de grote didacticus Kees Boeke voor ons heeft uitgezet, terug te gaan naar dat kleine bolletje. Het is een randverschijnsel in het Heelal. Ook elders in het universum zal wel leven bestaan, maar het onze is uniek in de zin dat de grillige lijn van het toeval uitsluitend hier heeft geleid tot onze specifieke diersoort. Dit is ons thuis, onze eigen planeet, en nergens anders vind je naakte apen zoals wij. Behalve over de raadselen van het diepe Heelal, zou ik ook kunnen spreken over de raadselen van het nabije Heelal. Door bijvoorbeeld in plaats van tien keer verder weg, tien keer dichterbij te gaan kijken of nog tien keer dichterbij, een centimeter, een millimeter, een tiende millimeter, zo inzoomend op een koolstofatoom in één van de bindingsgroepen van een DNA molecuul en we tenslotte de kern van het atoom in beeld krijgen. Langs die lijn passeren wij een hele nieuwe reeks raadsels die stuk voor stuk even diep zijn als dat ene raadsel wat ik hier u heb voorgelegd.

Aan het eind van deze verkleinende lijn, zoals door hem getekend in Wij in het heelal, geeft Kees Boeke ons nog wat raad, en die wil ik bij deze doorgeven:

Als wij zo in kosmische termen denken, realiseren wij ons, dat de mens, als hij waarlijk mens zal worden, in zijn wezen de grootste nederigheid zal moeten combineren met het zorgvuldigste en omzichtigste gebruik van de kosmische krachten die tot zijn beschikking staan. [...] Het is daarom een urgente noodzakelijkheid, dat wij allen, kinderen evenzeer als volwassene, worden opgevoed in deze geest, en met dit

VINCENT ICKE

doel voor ogen. [...] Daarbij is het ontwikkelen van een kosmische blik op de wereld en het leven een belangrijk en noodzakelijk element.

U hebt, in navolging van Boeke, 41 machten van tien aan u voorbij zien gaan. Ieder van deze plaatjes herbergt een compleet heelal vol onderzoeksvragen: over de kosmos, over de mens, over de quarks. Laten wij eraan werken dat onze kinderen weer voldoende gaan leren om hun deel van deze vragen te beantwoorden, zodat hun toekomst weer mooier en rijker zal zijn dan het heden, zoals het hoort.

Ik heb gezegd.

Dank

Toehoorders. Mw. M. den Hollander-Numans voor de prachtige anecdote over Kees Boeke en een schat aan materiaal uit het ontstaan van 'Machten van Tien'. Allen die in de loop van twee decennia hebben meegedacht. Kinderen en Charlotte.





