

De Wetenschappelijke Revolutie

En de rol van Galileo Galilei

Door Myrthe Toppen

De Wetenschappelijke Revolutie

En de rol van Galileo Galilei

Myrthe Toppen

3282910

Docent: H.F. Cohen

Onderzoeksseminar III: De Wetenschappelijke Revolutie

Dinsdag 1 februari 2011

Inhoud

Inleiding	4
Hoofdstuk 1	5
Hoofdstuk 2	19
Hoofdstuk 3	29
Conclusie	36
Nawoord	37
Bibliografie	41

Inleiding

Vandaag de dag lijkt het wetenschappelijk bedrijf niet uit ons bestaan weg te denken. Wetenschap is alom aanwezig, een werkelijkheid van alledag. In de politiek, in het bedrijfsleven, in de medische wereld en op tal van andere terreinen maakt men gebruik van wetenschappelijke kennis. Deze wetenschappelijke kennis, die zich op verschillende manieren onderscheidt van andere vormen van kennis, wordt bovendien vaak een bijzondere waarde of status toegekend. Ze wordt geacht een betrouwbare vorm van kennis te zijn en ons iets te leren over de werkelijkheid. De moderne natuurwetenschap, welke de oudste der wetenschappen is, is in Europa in de zeventiende eeuw ontstaan, als gevolg van een aantal ontwikkelingen en gebeurtenissen naar welke gezamenlijk vaak gerefereerd wordt als de Wetenschappelijke Revolutie. Hoewel de term 'revolutie' in de geschiedwetenschap altijd een controversieel begrip lijkt en vaak een debat met zich meebrengt over de vraag of de term wel of niet met juist wordt toegepast, wordt in dit paper gewoon gebruikt gemaakt van de term om te refereren aan de ontwikkelingen in de zeventiende eeuw. Dit is ten eerste gedaan omdat het een goed bruikbare conceptuele term is en ten tweede omdat de vernieuwingen in natuurkennis zoals die zich tijdens de 17^e eeuw hebben voortgedaan zodanig diepe veranderingen in die tijd teweeg hebben gebracht als wel diepgaande gevolgen voor de tijd erna dat ze als revolutionair gekenmerkt mogen worden.

In dit paper wordt met behulp van vier boeken deze wetenschappelijke revolutie en het ontstaan van de moderne natuurwetenschap onder de loep genomen, en een tweetal werken van Galileo Galilei, te weten het pamflet *Siderius Nuncius* en het eerste gedeelte van zijn latere werk *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernican*, behandeld. Hierbij wordt een tweeduidig doel nagestreefd. Allereerst wordt hiermee de rol van Galileo in de grotere ontwikkeling van het ontstaan van de moderne natuurwetenschap geanalyseerd en geduid, en worden de bronteksten in historische context geplaatst. Hierbij wordt ook ingegaan op het kader waarin de verschillende auteurs de bijdrage van Galilei plaatsen. Ten tweede wordt getracht de verschillen en overeenkomsten in benaderingswijze en interpretatie van het ontstaan van de moderne natuurwetenschap tussen de verschillende historici te achterhalen. Dit alles neemt in dit paper de vorm aan van een drietal hoofdstukken, welke gezamenlijk antwoorden zullen geven op bovenstaande vragen. In het eerste hoofdstuk zullen de vier boeken afzonderlijk besproken worden, waarna een vergelijking volgt die de belangrijkste methodologische verschillen en overeenkomsten samenvat en een aantal belangrijke overeenkomsten en verschillen wat betreft interpretatie van de wetenschappelijke revolutie weergeeft. Vervolgens zullen in het tweede hoofdstuk de bronteksten aan bod komen, en zullen deze met behulp van de vier boeken in historisch context geplaatst worden. Dit wordt aan de hand van een drietal thema's, of ontwikkelingen, gedaan die bij elk van de auteurs in meer of mindere mate aan bod komen. Ten slotte vindt in het derde hoofdstuk een koppeling plaats, waarbij gekeken wordt welke plaats elk van de thema's en de bijdrage van Galilei hierin innemen in de gehele analyse, zoals in hoofdstuk een uiteengezet, die de auteurs bieden van de wetenschappelijke revolutie.

Nadat een korte conclusie over bovenstaande vragen gegeven is, eindigt dit paper met een beschouwing over de geschiedwetenschap. Hierbij wordt bijzondere aandacht besteed aan de verschillen tussen de geschiedwetenschap en de natuurwetenschap.

I Vier boeken vergeleken

De auteurs van de vier bestudeerde boeken bieden elk hun eigen kijk op het ontstaan van de moderne natuurwetenschap. Hoewel de betreffende historici allen van mening lijken dat gebeurtenissen in Europa tijdens de zeventiende eeuw essentieel zijn voor deze ontwikkeling, resulteert de verschillende benaderingswijze die zij hanteren en de verschillende duiding en interpretatie die zij hierbij geven erin dat ze zowel in hun vertelling van de ontwikkelingen in de zeventiende eeuw als in hun verdere tijdsomsluiting en ruimtelijke bepaling erg van elkaar verschillen. In dit hoofdstuk worden kort de hoofdlijnen van de boeken weergegeven met hierbij een drietal vragen in het achterhoofd. Ten eerste wordt bekeken wat de auteurs van de boeken als belangrijke ontwikkelingen zien – tijdens en/of voor de zeventiende eeuw – die tot het ontstaan van de moderne natuurwetenschap geleid hebben. Ten tweede wordt gekeken wat de auteurs als het belangrijkste gevolg van deze ontwikkelingen zien, oftewel, wat de auteurs als belangrijkste vernieuwing of doorbraak (in de zeventiende eeuw) zien met betrekking tot het ontstaan van de moderne natuurwetenschap. Tot slot wordt bekeken hoe zij de nieuwe wetenschap definiëren en wat zij als belangrijkste aspecten – ook ten opzichte van de eerdere natuurkennis – van de moderne natuurwetenschap aanstippen.

De vier boeken; een afzonderlijke bespreking

Rienk Vermij, De Wetenschappelijke Revolutie

In de vertelling van Vermij van de wetenschappelijke revolutie staat de vervanging van het Aristotelisch wereldbeeld – wat sinds grofweg de twaalfde eeuw in Europa overheerste – door een nieuw wereldbeeld, te weten het mechanisch wereldbeeld, centraal. Voor Vermij is de belangrijkste doorbraak in de zeventiende eeuw dat een nieuwe kijk op de natuur ontstond en dat nieuwe filosofische voorstellingen over hoe de werkelijkheid functioneert een plek kregen.¹ Zijn boek, dat ten doel heeft deze conceptuele verschuiving nader uit te leggen, beslaat drie hoofdstukken waarin achtereenvolgens het Aristotelisch wereldbeeld, het in diskrediet raken van dit wereldbeeld en de opkomst van een nieuw wereldbeeld dieper uitgelicht worden.

Het Aristotelisch wereldbeeld won vanaf de twaalfde eeuw terrein in Europa door de overlevering van teksten uit de Oudheid en doordat overeenstemming bereikt werd met de christelijke leer. Vermij stelt dat vanaf de zestiende eeuw nieuwe intellectuele bedrijvigheid ontstond die er uiteindelijk toe geleid heeft dat dit wereldbeeld haar geloofwaardigheid verloren heeft.² Aan de oorzaken van deze nieuwe intellectuele bedrijvigheid besteedt Vermij relatief weinig ruimte. Hij stelt dat waarschijnlijk ontdekkingsreizen een rol gespeeld hebben, en dat de boekdrukkunst de nieuwe bedrijvigheid bevordert heeft, maar dat de oorzaken 'complex en niet altijd duidelijk zijn'.³ De meeste waarde lijkt hij toe te kennen aan ontwikkelingen op intellectueel gebied zelf, waar een nieuw soort geleerdheid opkwam die gescheiden was van de universiteiten

¹ R. Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* (Amsterdam 2010) 7.

² Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 32.

³ *Ibidem*, 32.

en de theologie maar waar mensen uit verschillende ambachten zich mee bezig hielden. Hierbij besteedt hij aandacht aan het humanisme en aan het hermeticisme, twee nieuwe geestelijke stromingen die tot de opkomst van enkele nieuwe studies geleid hebben, namelijk de natuurlijke historie, de wiskunde en de filosofie. Een aantal ontwikkelingen binnen deze nieuwe studies en vakgebieden hebben erin geresulteerd dat het overheersende wereldbeeld langzaam haar legitimiteit verloor. Zo vond men in de natuurlijke historie onjuistheden in het werk van Galenus, die tot dan toe als grootste autoriteit in de antieke geneeskunde gold, zodat een ontwikkeling ontstond waarbij men geleidelijk aan minder op overgeleverde teksten leunde en meer op eigen bevindingen. Met de aantasting van het gezag van de klassieke werden ook elementen van het klassieke wereldbeeld aangetast.⁴ Ook de wiskunde bood een nieuwe manier van kijken naar de natuur die soms in tegenspraak was met de heersende schoolgeleerdheid. Hoewel Vermij hierbij wel al in de zestiende eeuw een voorzichtig begin signaleert van een verschuiving van wiskundige handigheid die hoofdzakelijk in praktische zin bruikbaar was naar wiskunde die bruikbaar was voor natuurkennis, stelt hij dat wiskunde voorlopig niet bijdroeg aan een beter begrip van de natuur.⁵ Doorbraak hierin vindt niet plaats voor de zeventiende eeuw. Een aparte ontwikkeling binnen de wiskunde die Vermij belangrijk acht is de bloei van de sterrenkunde, waarin men ook daadwerkelijk de hemel begon te observeren. Dit heeft bijgedragen aan de aantasting van het Aristotelisch wereldbeeld omdat men zich niet meer slecht met beschrijving van de hemel bezighield, maar men ook uitspraken begon te doen over de hoedanigheid van het heelal.⁶ Aan de grote zoektocht van de zestiende eeuw, waarin men op allerlei vragen stuit over het bestaande wereldbeeld maar waar nog geen antwoord op heeft, wordt in de zeventiende eeuw een einde gemaakt met de introductie van een nieuw wereldbeeld. Hiervoor heeft Galileo met zijn observaties van de hemel een begin gemaakt, en het grote alternatief is uiteindelijk door Descartes geboden. De introductie van dit nieuwe wereldbeeld is voor Vermij van essentieel belang omdat dit men geholpen heeft een hoop onzekerheden en ontstane vragen nu een plek te geven. Een belangrijk aspect van de nieuwe filosofie was de uniformiteit van de wereld, waarmee bedoeld wordt dat alles uiteindelijk uit dezelfde materie is opgebouwd, en de wetmatigheid die Descartes introduceert. In de Cartesiaanse wereld is het gedrag van alle dingen te herleiden tot natuurwetten. Hoewel Descartes op het gebied van mechanica nog wel door Newton verbeterd is, zijn deze basispremissen overeind blijven staan. Volgens Vermij zijn dus deze premissen, van uniformiteit en het bestaan van natuurwetten, een essentieel aspect voor de moderne natuurwetenschap. Ook stelt hij dat de natuurwetenschap eigenlijk een voortdurende zoektocht is naar de geheimen van de natuur, 'waarbij steeds nieuwe methoden werden ingezet en oude theorieën steeds werden vervangen door nieuwe'.⁷

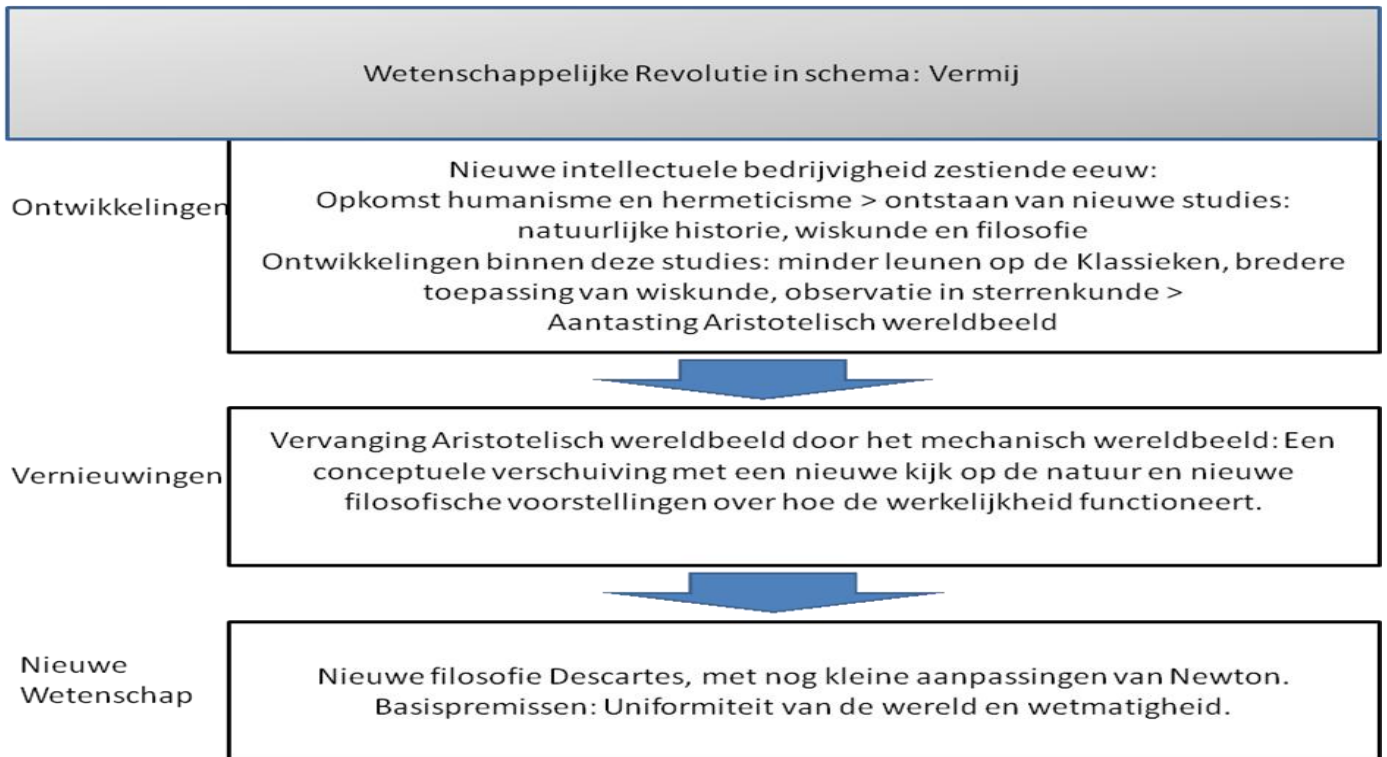
Het bovenstaand verhaal nu herleidend tot de drie vragen, lijkt het volgende schema een goede samenvatting van het boek van Vermij te geven:

⁴ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 41.

⁵ Ibidem, 49.

⁶ Ibidem, 58.

⁷ Ibidem, 7.



Floris Cohen, De Herschepping van de Wereld

Waar Vermij de nadruk legt op een verschuiving van het wereldbeeld, legt Cohen de nadruk op een doorbraak in kennisstructuur, waarmee hij doelt op een samenhangend geheel van voorstellingen over de natuur en de manier waarop men hierover kennis probeert te verwerven. De vraag die Cohen in zijn boek beantwoordt is eigenlijk tweeledig. Hij stelt dat niet alleen het ontstaan van de moderne natuurwetenschap uitleg behoeft, maar dat ook het voortbestaan hiervan een uniek fenomeen is en daarom uitgelegd dient te worden.⁸ Om de eerste vraag te beantwoorden maakt hij gebruik van een drieledig model dat laat zien hoe het komt dat uit de Griekse natuurkennis, waarin hij twee kennisstructuren onderscheidt, in de 17^e eeuw in Europa de moderne natuurwetenschap is voortgekomen. Hiervoor maakt hij een vergelijkende studie waarbij de Griekse natuurkennis vergeleken wordt met een andere vorm van natuurkennis en de Europese Renaissance beschaving vergeleken wordt met andere beschavingen. Naast de Griekse natuurkennis was in de zesde eeuw voor Christus ook in de Chinese beschaving een samenhangend geheel van natuurkennis aanwezig. Uiteindelijk is uit de Griekse, en niet de Chinese, de Europese natuurwetenschap voortgekomen. Als kernverklaring hiervoor stelt Cohen dat de Griekse natuurkennis een verborgen ontwikkelingspotentieel in zich had, dat wil zeggen dat ze de mogelijkheid had om verrijkt en zelfs getransformeerd te worden, en dat ze onderhevig is geweest aan culturele transplantaties.⁹ Met dit laatste bedoelt hij dat ze in nieuwe beschavingen terecht is gekomen waar ze op vruchtbare grond gevallen is en waar men met de kennis aan de slag is gegaan. Met de Chinese natuurkennis heeft nooit zo'n transplantatie plaatsgevonden, terwijl dit zich met de Griekse natuurkennis driemaal heeft voortgedaan, namelijk in de Islam beschaving, in Middeleeuws Europa en in Renaissance Europa. Met behulp van een vergelijkende studie tussen de manier waarop de culturele transplantatie in deze drie beschavingen verlopen is probeert hij een verklaring te zoeken voor het feit dat dit

⁸ F. Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam 2008) 264.

⁹ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 267.

in Renaissance Europa tot het ontstaan van de moderne natuurwetenschap geleid heeft. Naast de benodigheden van het verborgen ontwikkelingspotentieel en de culturele transplantatie komt nu het derde lid van Cohens verklaringmodel om de hoek kijken, namelijk het transformeren van het overgeleverde kennissysteem. Hoewel de culturele transplantatie van natuurkennis met een ontwikkelingspotentieel dus driemaal plaatsgevonden heeft, is deze laatste stap alleen in Europa rond 1600 gezet.¹⁰ In de Islam beschaving en middeleeuws Europa de overgeleverde kennis wel verrijkt, maar is men binnen de bestaande denkkaders blijven denken. Mede hierdoor heeft zich in deze beschavingen hetzelfde patroon voortgedaan van opbloei, waaruit een gulden tijdperk voortkwam, en in meer of mindere mate steile neergang. Aanvankelijk leek zich bij de derde transplantatie ditzelfde patroon voor te doen, tot men hier de derde stap van het verklaringmodel ondernomen heeft. Men is buiten de overgeleverde denkkaders gaan denken waardoor nieuwe kennisstructuren ontwikkeld zijn. Hierbij is tevens van belang dat de overgeleverde Griekse denkkaders – respectievelijk de ‘Atheense’ en de ‘Alexandrijnse’ – al waren aangevuld met een derde vorm van kennis, namelijk de empirische. In de Atheense kennisstructuur maakte men gebruik van een stel van eerste beginselen waarmee men de wereld om zich heen probeert te verklaren. De Alexandrijnse kennisstructuur betreft het kwantitatief beschrijven van de wereld in zich heen, in een hoge mate van abstractie. In de nieuwe empirische vorm van natuurkennis maakte men gebruik van nauwkeurige waarneming om iets over de wereld om zich heen te weten te komen met hierbij nadruk op praktisch nut. Cohen stelt dat rond 1600 in alle drie de vormen van natuurkennis een omwenteling plaatsvond.¹¹ De Alexandrijnse natuurkennis onderging de meest rigoureuze transformatie, die zich in de diepte manifesteerde door het ‘nauw op elkaar betrekken van wiskunde en natuur’, waarbij de wiskunde niet louter meer voor abstracte berekeningen gebruikt werd maar nu ook gebruikt werd om daadwerkelijk iets over de natuur te weten te komen, en zich in de breedte manifesteerde door de introductie van nieuwe onderwerpen.¹² De omwenteling die in de Atheense natuurkennis plaatsvond liet weliswaar haar kennisstructuur intact, toch hebben grote veranderingen zich voortgedaan. Een nieuwe visie over de natuur werd geïntroduceerd die de dominante Aristotelische visie van haar troon stootte, waarbij het belangrijkste aspect een nieuw begrip van beweging was.¹³ Uit de empirische natuurkennis kwam ook een nieuwe kennisstructuur voort, waarbij waarneming op een meer stelselmatige manier aangepakt werd en men gebruik ging maken van het ‘opsporend experiment’. In het opsporend experiment werd nu de natuur naar de hand van de onderzoekers gezet in proefopstellingen, waarbij men een bepaald gedrag aan de natuur trachtte af te dwingen. Hoewel met deze drie transformaties stap drie gezet was en het vaste patroon van neergang doorbroken lijkt te zijn, stelt Cohen dat er toch meer voor nodig is geweest voor de nieuwe natuurkennis om voort te kunnen blijven bestaan. De nieuwe kennis stond als het ware in de kinderschoenen, en kwam al zeer snel na haar ontstaan in het begin van de 17^e eeuw, een periode van godsdienstoorlogen en politieke chaos, in een legitimiteitscrisis terecht. Dit kwam doordat ze een radicale breuk vormde met de ideeën van Aristoteles, die in overeenstemming waren gebracht met de christelijke leer, en tevens onverenigbaar leek met de Bijbel. Nieuwe omstandigheden in Europa, die voortkwamen uit de Vrede

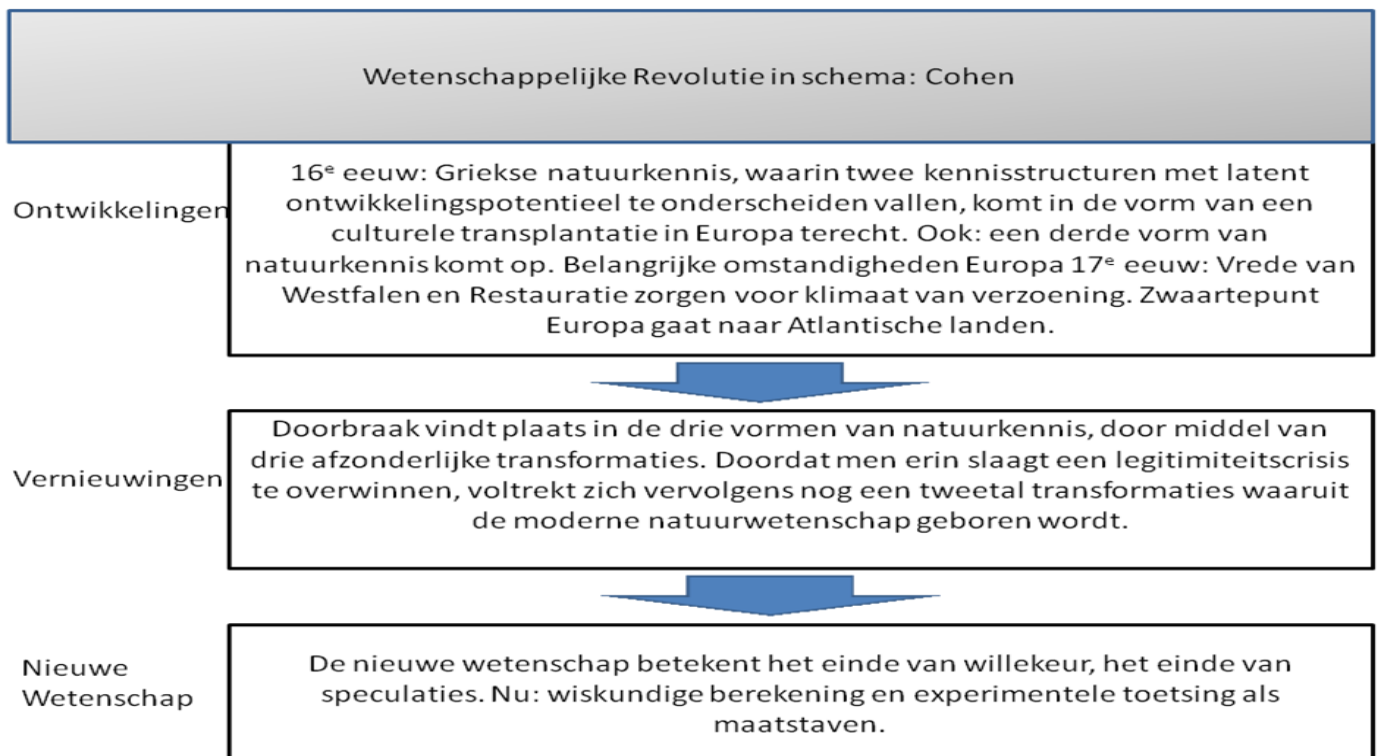
¹⁰ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 58.

¹¹ *Ibidem*, 110.

¹² *Ibidem*, 121-122.

¹³ *Ibidem*, 135-136.

van Westfalen (1648), de Restauratie (1660) en een verschuiving van het zwaartepunt in Europa van het Middellandse zeegebied naar de Atlantische oceaan hebben de mogelijkheden gecreëerd voor het overkomen van deze crisis. Ook belangrijk hiervoor was dan men er grotendeels in slaagde het nieuwe natuuronderzoek wereldbeschouwelijk te neutraliseren en dat een – vooralsnog onterechte – geloof ontstond in het nut van de nieuwe kennis, wat Cohen onder de noemer van de ‘Baconiaanse ideologie’ brengt. Eenmaal de legitimiteitscrisis overkomen, wonnen de nieuwe vormen van natuurkennis snel terrein en kon uit hen de moderne natuurwetenschap geboren worden. Hiervoor hebben zich nog een tweetal transformaties voorgedaan, van welke het belangrijkste aspect is dat ze de muren tussen verschillende vormen van natuurkennis stukgeslagen hebben.¹⁴ Na deze transformaties kan men spreken van moderne natuurwetenschap en is er ook continuïteit in de natuurkennis die uniek is. Cohen noemt een aantal aspecten dat karakteristiek is voor de moderne natuurkennis. In zijn inleiding noemt hij het ‘denken met handen’, waarbij procedures en praktijken horen die het mogelijk maken om uitspraken aan hun realiteitsgehalte te testen.¹⁵ Het speculatief beweren volstaat niet meer, men moet wiskundig dingen kunnen berekenen en uitspraken experimenteel toetsen voordat kennis als waar aanvaard wordt.¹⁶



¹⁴ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 225.

¹⁵ Ibidem, 11.

¹⁶ Ibidem, 260.

In zijn boek zet John Henry de moderne natuurwetenschap expliciet neer als een product van zijn tijd, en stelt dat het een van de uitkomsten van de Renaissance is.¹⁷ Henry wil in zijn vertelling de wetenschappelijke revolutie in deze context, die van de ontwikkelingen in Europa tussen 1500 en 1700, plaatsen en uitleggen. Hij stelt dat om het ontstaan van de moderne natuurwetenschap te begrijpen, men moet zoeken binnen de bredere veranderingen die plaatsvonden in Renaissance Europa, en hij besteedt in zijn boek dan ook aandacht aan de verschillende economische, politieke, sociale, religieuze en culturele factoren die een rol gespeeld hebben. Als belangrijkste doorbraak van de Wetenschappelijke Revolutie stipt hij het samensmelten van een drietal voorheen los van elkaar functionerende benaderingen van de natuur aan, te weten de natuurfilosofie, een serie van technisch ontwikkelde disciplines en een reeks praktische kunsten.¹⁸ Hierbij zijn belangrijke kenmerken dat een hoofdzakelijk instrumentele houding ten opzichte van wiskunde werd vervangen met een meer realistische kijk, waarbij men in meerdere mate geloofde dan wiskundige berekeningen daadwerkelijk iets van de natuur kon blootleggen en zelfs verklaren, en dat men eigen observaties en ervaring als bron van kennis ging zien. Dat het mogelijk werd dat de voorheen onaantastbare, dominante natuurfilosofie ruimte zou maken voor andere kennisvormen kwam doordat aan de ene kant de natuurfilosofie, bijna volledig gebaseerd op Aristoteles, haar autoritaire status verloor en doordat aan de andere kant de andere kennisvormen een verhoogde status kregen. Om dit proces uit te leggen verwijst Henry naar verschillende sociaal-culturele, politieke en economische ontwikkelingen uit de Renaissance. Om met het eerste te beginnen, het inboeten van de Aristotelische natuurfilosofie, wijst hij het humanisme als belangrijke factor aan.¹⁹ Het humanisme zorgde er mede voor dat mensen met nieuwe Klassieke teksten in aanraking kwam, zodat duidelijk werd dat Aristoteles niet de enige Klassieke filosoof was. Ook zorgde het humanisme voor een nieuw nadruk op het praktisch nut van kennis. Hiervoor was de natuurfilosofie van Aristoteles, met haar hoofdzakelijk beschouwende karakter, dat weliswaar een verklarend te werk ging maar niet voor praktisch doeleinde ingezet kon worden, niet bevredigend. Hoewel er dus een steeds kritischer houding ten opzichte van de leer van Aristoteles waar te nemen viel, was er volgens Henry nog meer nodig om het 'dominante scholastische Aristotelianisme' te vervangen.²⁰ Het ontwerp van een nieuwe filosofie was nodig, en men vond het antwoord in een aantal filosofieën die samen te brengen vallen onder de noemer van de mechanische filosofie, waarbij de wereld in analogie met een machine gezien werd. Naast de teloorgang van de dominante Aristotelische natuurfilosofie probeert Henry ook te verklaren hoe de andere benaderingswijzen van de natuur, de wiskundige en de experimentele, in meerdere mate als zinnige vormen van kennis gezien werden. Voor de opkomst van de wiskunde wijst hij erop dat ambachten met praktische kennis, waarin wiskunde vaak een rol speelde, door economische en politieke veranderingen steeds belangrijker werden. De verhoogde sociale status van de praktische wiskundige, die in verschillende ambachten werkzaam waren, kwam als gevolg van economische factoren zoals de groei van de handel, oorlogsvoering en het begin van de kolonisatie en als gevolg van

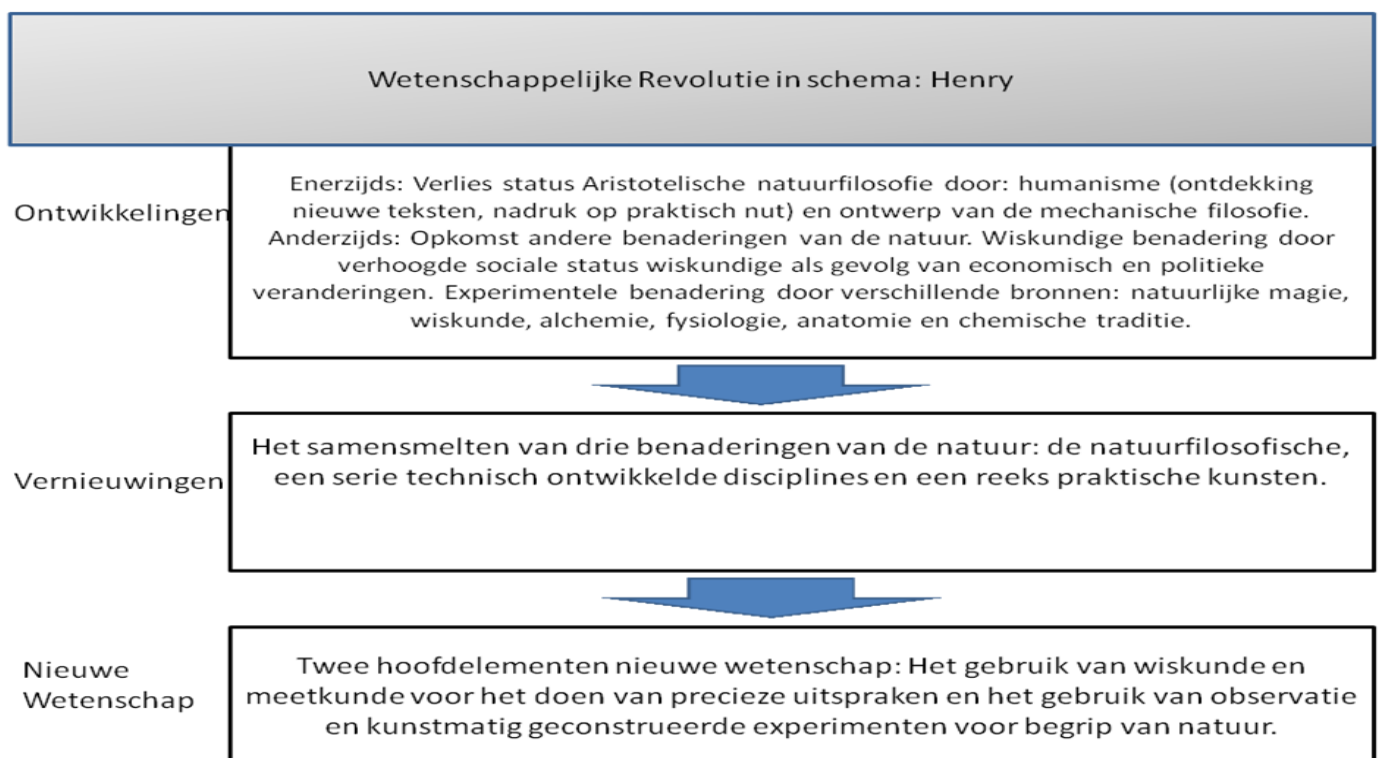
¹⁷ J. Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* (Hampshire 2008) 9.

¹⁸ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 4.

¹⁹ Ibidem, 10-11.

²⁰ Ibidem, 68.

technische ontwikkelingen in bijvoorbeeld de cartografie en navigatie. De hogere klassen waren steeds meer welwillend om geld te besteden aan de praktische georiënteerde wiskundige. Door veranderingen in de structuur van koningshuizen werden er ook steeds meer wiskundigen op hoven aangesteld, veelal om mooie spullen voor de prins te produceren. Voor de opkomst van de experimentele methode wijst Henry verschillende bronnen aan. Zo stelt hij dat de praktisch wiskundigen een belangrijke bijdrage gehad hebben in de vestiging van de experimentele methode, onder andere door het belang van metingen en precieze observatie dat in hun werk besloten zat. Tevens was ook hier een verhoogd bewustzijn van het nut van de kennis van ambachtslieden een grote factor.²¹ Hiernaast stipt hij ontwikkelingen in de anatomie en fysiologie en ontwikkelingen in de alchemie en chemische traditie als bronnen aan. Speciale aandacht besteedt hij Henry aan de magische traditie als bron voor de opkomst van de experimentele methode. Deze kwam tot bloei tijdens de Renaissance, en tijdens de Wetenschappelijke Revolutie is als het ware de op natuurlijke verschijnselen gerichte pragmatische en experimentele traditie van de natuurlijke magie losgekoppeld van de meer spirituele kanten van de magie en geabsorbeerd door de nieuw te ontstane wetenschap. Uit het samensmelten van de natuurfilosofie met de wiskundige en experimentele benaderingswijze is de moderne natuurwetenschap voortgekomen, met als twee hoofdelementen het gebruik van wiskunde en meetkunde om precieze uitspraken te doen over hoe de wereld werkt en het gebruik van observatie en kunstmatig geconstrueerde experimenten om begrip van de natuur te winnen.²²



²¹ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 33.

²² *Ibidem*, 13.

McClellan en Dorn hebben met hun boek eigenlijk niet de bedoeling om het ontstaan van de moderne natuurwetenschap uit te leggen of te verklaren, maar willen in hun verhaal de relatie tussen wetenschap en technologie analyseren, met de bedoeling om de veel voorkomende aanname dat technologie toegepaste wetenschap is te herzien en in plaats daarvan aan te tonen dat de twee zich grotendeels gescheiden van elkaar ontwikkeld hebben.²³ In hun boek lijken McClellan en Dorn alle praktische middelen en instrumenten die mensen gemaakt en gebruikt hebben om het leven van meer gemak en grotere mogelijkheden te voorzien onder de noemer technologie te brengen, terwijl ze alle theoretische kennis onder de noemer van wetenschap brengen. Voordat ze zich op Europa en de wetenschappelijke revolutie richten, passeert een globaal overzicht van de ontwikkeling van grote beschavingen over de hele wereld en de rol van wetenschap en technologie daarin. Zo maken ze notie van zes grote 'hydraulische' beschavingen, met een gecentraliseerde overheid als gevolg van de noodzaak van waterbeheer, en nog een aantal beschavingen in het Oosten en in de Nieuwe Wereld, die elk eenzelfde patroon vertoonden van een hoger leren geïnstitutionaliseerd en ondersteund door een centrale overheid een praktisch nut als doel. McClellan en Dorn stellen dat er rond het jaar duizend een beperkt bestaan van wetenschap gericht op praktische doeleinden was, en dat dit sociologisch en institutioneel apart stond van technologie.²⁴

Vergeleken met bovengenoemde beschavingen en rijken heeft Europa zich op unieke wijze ontwikkeld. Rond het jaar duizend was er nog sprake van een neolithische economie, en wegens ecologische omstandigheden ontbrak de impuls voor de ontwikkeling van hydraulische beschaving zoals dat in de andere rijken het geval was geweest. Pas ongeveer in de tiende eeuw heeft zich in Europa landbouwintensivering voorgedaan.²⁵ Als uitleg bij hoe Europa zich van zo'n 'achterstandspositie' getransformeerd heeft tot een voorloper, bieden McClellan en Dorn een technologisch perspectief en wijzen een serie van met elkaar verbonden technische innovaties, namelijk een landbouw revolutie, nieuwe militaire technologieën en het gebruik van water en wind voor de generatie van kracht, als oorzaken aan.²⁶ Een aantal technische innovaties resulteerde in de landbouw revolutie, welke voor een rijker, productiever en meer verstedelijkt Europa zorgde. Hiernaast ontwikkelde zich ook een unieke houding richting de natuur, die in Europa in steeds meerdere mate als bron voor kracht gezien werd om technologisch geëxploiteerd te worden.²⁷ Deze ontwikkelingen in de Europese beschaving hebben nieuwe condities gecreëerd voor de wetenschap en natuurfilosofie, en in de twaalfde eeuw werd de universiteit als institutie voor het hogere leren gevestigd. In tegenstelling tot de instituties voor hoger leren in de hydraulische beschavingen, was deze autonoom en niet afhankelijk van ondersteuning van een individuele patroon. In 1085 kwam Europa in het bezit van een grote hoeveelheid Griekse en Islamitische wetenschap, die men toen actief is gaan vertalen. Aristoteles werd de belangrijkste filosoof, en een eendrachtige visie van de wereld ontstond, gebaseerd op een samensmelting van de

²³ J.E. McClellan III en H. Dorn, *Science and Technology in World History, an introcuton* (Baltimore 2006) 2.

²⁴ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introcuton* 173.

²⁵ Ibidem, 175.

²⁶ Ibidem, 177.

²⁷ Ibidem, 181.

Aristotelische wetenschap en de christelijke theologie.²⁸ Na het proces van het ontdekken en assimileren van de nieuwe teksten, hielden wetenschappers zich vanaf de veertiende eeuw steeds meer bezig met het voortbouwen op de basis die door Aristoteles gelegd was, en werd met een brede reeks van wetenschappelijk onderzoek de fundering voor de latere ontwikkelingen van de wetenschappelijke revolutie gelegd.²⁹ De middeleeuwse scholastici hadden streefden hierbij een brede reeks van wetenschappelijk onderzoek na, zo was bijvoorbeeld een nieuwe traditie opgekomen van observationeel onderzoek en wiskundige astronomie.³⁰ Voor het begin van de wetenschappelijke revolutie vond nog wel een enorme transformatie plaats, met als oorzaak een militaire revolutie, als gevolg van de ontdekking van buskruit en vuurwapens. Door deze revolutie transformeerde Europa zich van het feodale systeem dat haar eeuwenlang gekenmerkt had naar een statensysteem, zodat rond het einde van de vijftiende eeuw Europa een organisatiestructuur kreeg die leek op organisatiestructuur van de andere grote beschavingen, met een complexe bureaucratie en een institutionalisering van wetenschap waarbij gecentraliseerde overheden steun verlenen aan wetenschappelijk onderzoek in de hoop op technische en economische voordelen.³¹ Technologie en wetenschap waren hierbij nog steeds twee van elkaar geïsoleerde terreinen. Als belangrijke doorbraak van de wetenschappelijke revolutie noemen McClellan en Dorn de verandering van een geocentrisch wereldbeeld naar een heliocentrisch wereldbeeld.³² Hiernaast stellen ze dat behalve vernieuwing in de astronomie en de mechanica ook de 'occulte' wetenschappen, zoals magie, alchemie en astrologie, en de opkomst van nieuwe wetenschappelijk methoden, in het bijzonder de experimentele methode, belangrijke vernieuwingen waren.³³ In hun behandeling van de wetenschappelijke revolutie leggen ze de nadruk op de veranderde sociale context in het Europa van de zestiende en zeventiende eeuw en besteden ze aan een aantal figuren, die naar hun mening de sleutelfiguren waren, bijzondere aandacht, te weten Copernicus, Galilei, Newton en in iets mindere mate Descartes. Copernicus nam 'de eerste stappen naar de vorming van een modern wetenschappelijk wereldbeeld'.³⁴ Hoewel hij traditioneel was in de zin dat hij zich liet leiden door de Klassieken en de Griekse astronomie, heeft hij toch de hypothese geponeerd van een heliocentrisch wereldbeeld. Vervolgens hebben Tycho Brahe en Johannes Kepler wat vaart aan de revolutie meegegeven, waarna Galilei de Copernicaanse vraag hoog op de kaart plaatste. McClennan en Dorn stellen dat Descartes de zetel vormde op dit proces, omdat hij met de introductie van zijn nieuwe alomvattende wereldbeeld een alternatief voor Aristoteles bood waarin de controversies die na Copernicus opgekomen waren een plaats kregen.³⁵ Na Descartes was enige vraag die nog restte of hij het bij het juiste eind had. Uiteindelijk heeft Newton met zijn universele gravitatie en zijn bewegingswet aangetoond dat dit niet zo was.

Wat betreft de sociale en institutionele ontwikkelingen die de achtergrond voor deze intellectuele vooruitgang vormde, komt een aantal zaken aan bod. Dankzij de ontdekkingsreizen en de ontdekking van de nieuwe wereld ontstond een nieuwe nadruk op observaties en praktische ervaring, wat uitdagingen gaf aan de

²⁸ Ibidem, 185.

²⁹ Ibidem, 191.

³⁰ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 188.

³¹ Ibidem, 200.

³² Ibidem, 203.

³³ Ibidem, 203-204.

³⁴ Ibidem, 203.

³⁵ Ibidem, 243.

bestaande autoriteit. De printtechnologie droeg bij aan de neergang van de monopoliepositie van de universiteiten en het ontstaan van een nieuwe laag intelligentsia.³⁶ Ook bracht zij, tezamen met het humanisme, een nieuwe golf in het ontdekken van Klassieke teksten, zodat nieuwe invloedrijke bronnen ontdekt werden. Verder was er een heropleving in het culturele leven en de kunsten. McClellan en Dorn maken tevens notie van de rol van magie en de occulte wetenschappen, die een belangrijk element waren in de wetenschap en natuurfilosofie van die tijd. Ze verkregen nieuwe legitimiteit met de herontdekking van het Hermetische corpus.³⁷ Als een belangrijke transformatie in de wetenschappelijke revolutie zien McClellan en Dorn dat deze 'geheime' manieren van leren open werden.³⁸ Ook religieuze veranderingen, zoals de protestantse reformatie, was een belangrijke omstandigheid, die invloed gehad heeft op een aantal sleutelfiguren uit de wetenschappelijke revolutie. Het was tegen deze achtergrond dat Copernicus, en vervolgens Brahe en Kepler, nieuwe ideeën over de hemel introduceerde. Vervolgens nam Galilei de leiding als sleutelfiguur in de vernieuwingen, en zijn carrière weerspiegelt de veranderende sociale karakter van wetenschap in de zestiende en zeventiende eeuw.³⁹ Een belangrijk aspect was dat de wetenschappelijke activiteit verschoof van de universiteiten naar de hoven, met een patronage systeem, en later naar de academiën.⁴⁰ Nadat in 1633 de wetenschappelijke activiteit in Italië afnam, met hiervoor een rechtszaak tegen Galilei als aanleiding, namen de Atlantische staten de leiding in wetenschappelijk onderzoek, waar gemeenschappen van wetenschappers actief waren. Karakteristiek voor de nieuwe institutionele en sociale organisatie in de zeventiende eeuw was dat de academiën de nieuwe institutionele basis voor wetenschappers vormden. Nog een belangrijke factor werd gevormd door de ideologie van nut die opkwam, waarbij wetenschap als nuttig voor het algemeen goed gepresenteerd werd. Claims over het sociale nut van wetenschap werden wijd verspreid in de zeventiende eeuw.⁴¹ Het 'contract' dat ontstond tussen de staat en wetenschap leek op hetgeen wat in de Hydraulische beschavingen plaatsgevonden had. In de zeventiende eeuw vervaagde de individuele patronage en werd de nieuwe sociale setting voor de wetenschap meer geïnstitutionaliseerd in de bureaucratieën van de centrale overheden. Het was tegen deze achtergrond dat Newton zijn onderzoek deed en publiceerde, waarmee de wetenschappelijke revolutie zijn hoogtepunt bereikte. Hij heeft zowel in de lijn van zijn voorgangers het theoretisch onderzoek afgemaakt als dat hij de agenda bepaald heeft voor wetenschappelijk onderzoek voor in elk geval twee eeuwen na hem.⁴² Volgens McClellan en Dorn echter waren er nog steeds tijdens de wetenschappelijke revolutie geen connecties tussen wetenschap en technologie. De enige mogelijke uitzondering hierop is de cartografie, wat als een technologische toepassing van wetenschappelijke kennis gezien kan worden.⁴³

³⁶ Ibidem, 204.

³⁷ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction*, 206.

³⁸ Ibidem, 270.

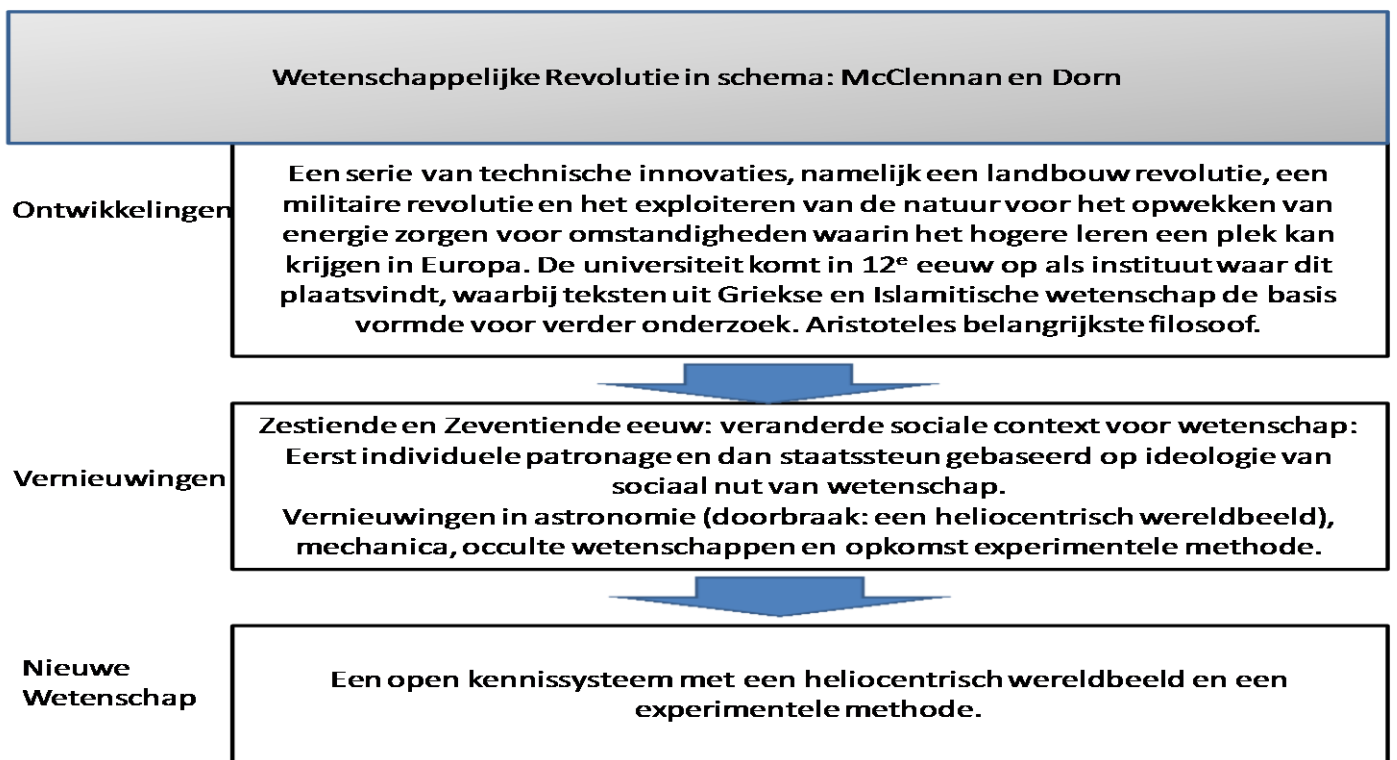
³⁹ Ibidem, 223.

⁴⁰ Ibidem, 226.

⁴¹ Ibidem, 244.

⁴² Ibidem, 249.

⁴³ Ibidem, 266 - 267



De vier studies; een vergelijking op hoofdpunten

Met deze bespreking van de boeken aan de hand van drie deelvragen valt een aantal verschillen en overeenkomsten in de analyses op. Allereerst is er in het oog springend verschil in benadering de enerzijds vergelijkende benadering die Cohen en McClellan en Dorn hanteren tegenover een meer contextualiserende benadering die Vermij en Henry erop nahouden. Waar Vermij en Henry het feit dat de moderne natuurwetenschap in Europa ontstaan is, en niet ergens anders, als een gegeven opvatten en tot doel hebben deze ontwikkeling in de brede context van Renaissance Europa te plaatsen, wordt bij Cohen en McClellan en Dorn de wetenschapsontwikkeling in Europa tegenover wetenschapsontwikkeling elders in de wereld geplaatst. Eerst wordt nu gekeken naar de manier waarop de wetenschapsgeschiedenis in het niet-westen behandeld is, en vervolgens worden de overeenkomsten en verschillen van de boeken met betrekking tot de drie deelvragen kort besproken.

Wetenschapsgeschiedenis van het niet-westen

Zoals gezegd zowel McClellan en Dorn als Cohen gebruik gemaakt van een vergelijkende studie, zodat naast ontwikkelingen in Europa ook ontwikkelingen elders in de wereld aan bod komen. Dit neemt bij de twee vertellingen echter een ander karakter aan, en de auteurs van de twee boeken verschillen sterk van mening over in hoeverre aan de wetenschapsgeschiedenis van het 'niet-westen' argumenten te ontleen zijn voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap in Europa. Dit verschil komt mede voort uit de doelstellingen van de twee boeken. Waar Cohen het ontstaan van de moderne natuurwetenschap wil verklaren, en om deze rede een vergelijkende studie opzet waarin ook niet-westerse natuurkennis aan bod komt, gebeurt dit bij McClellan

en Dorn om aan te tonen dat eigenlijk in de gehele wereld wetenschap en technologie lange tijd onafhankelijk van elkaar gefunctioneerd hebben. Hieruit volgt dat in het boek van Cohen de behandeling van wetenschapsgeschiedenis in het niet-westen expliciet als functie heeft zijn argumentatie voor het verklaren van de moderne natuurwetenschap te ondersteunen, terwijl dit bij McClennan en Dorn niet de primaire functie is.

Zoals we gezien hebben speelt in de verklaring die Cohen biedt voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap de natuurkennis van het niet-westen een essentiële rol. Hij vergelijkt enerzijds de Griekse natuurkennis met de Chinese en anderzijds de Europese Renaissance beschaving met een tweetal andere beschavingen. Zoals in de behandeling van zijn boek duidelijk geworden is heeft de behandeling van verschillende vormen van natuurkennis en de verschillende beschavingen, waarvan een niet-westerse, als functie om zijn driedelige verklaringsmodel te ondersteunen. Hierbij gebruikt hij een vergelijking tussen respectievelijk de Griekse natuurkennis en de Chinese natuurkennis om aan te tonen hoe het kan dat uit de Griekse natuurkennis de moderne natuurwetenschap is voortgekomen, en niet uit de Chinese. Hij toont ermee de noodzaak van een latent ontwikkelingspotentieel en het zich voordoen van een culturele transplantatie aan. Met zijn vergelijking tussen de drie beschavingen, waaronder een niet-westerse, ondersteunt hij zijn argument dat voor het doorbreken van een patroon waarbij de opbloei van natuurkennis telkens gevolgd werd door neergang nog het derde aspect van zijn model nodig was, namelijk dat van een transformatie van de overgeleverde kennis. Tevens maakt hij hiermee duidelijk dat het feit dat de Wetenschappelijke Revolutie zich in Europa voltrokken heeft geen noodzakelijke of dwingende gebeurtenis geweest is. Hoewel een aantal eigenschappen van Europa wel de kans vergrootten dat de transformaties zich gelijktijdig voordeden, en ook de ontwikkeling van een derde kennisvorm een belangrijke ontwikkeling was die zich in Europa had voorgedaan, had de Wetenschappelijke Revolutie zich ook niet kunnen voltrekken.⁴⁴

In het boek van McClellan en Dorn neemt, als gevolg van het andere doet dat zij nastreven met hun boek, de behandeling van de wetenschapsgeschiedenis in het niet-westen een heel andere vorm aan dan bij Cohen. Waar Cohen slechts notie maakt van de Griekse en Chinese natuurkennis en de Islam beschaving, omdat alleen deze relevant zijn voor zijn verklaring voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap, passeert bij McClennan en Dorn een veel groter aantal beschavingen over de hele wereld de revue en begint hun vertelling veel vroeger. Zij analyseren de sociale evolutie van de mens, die zij voor een groot deel uit ecologische, demografische en geografische omstandigheden verklaren, om aan te tonen dat wetenschap en technologie tot en met de wetenschappelijke revolutie in Europa gescheiden van elkaar bestaan hebben. Kijkend dan naar in hoeverre zij argumenten ontleen aan de niet-westerse wetenschapsgeschiedenis voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap in Europa, lijkt dit hem hoogstens te zitten in het patroon dat ze in hun behandeling van de verschillende beschavingen ontdekken, waaruit blijkt dat bepaalde voorwaarden nodig waren voordat ontstaan van een vorm van 'hoger leren' zich voordeed. Hierin zien ze een patroon van een transformatie een neolithische economie naar een beschaving met als kenmerken verstedelijking, intensieve landbouw en politieke centralisatie. De eerste vormen van zulk hoger leren traceren zij terug naar de 'hydraulische' beschavingen, die een gecentraliseerde staat met bureaucratisch systeem en een op geïntensiveerde landbouw gebaseerde economie gemeenschappelijk hebben. Ook de andere beschavingen, in

⁴⁴

Ibidem, 267.

het Nabije Oosten en de Nieuwe Wereld, vertonen overeenkomstig de hydraulische beschavingen eenzelfde patroon van een hoger leren dat geïnstitutionaliseerd was door een gecentraliseerde staat en gericht was op praktisch nut. McClellan en Dorn stellen dat op unieke wijze in Europa rond het jaar duizend een transformatie begon die resulteerde in een nieuwe beschaving met nieuwe condities voor de ontwikkeling van wetenschap.⁴⁵ Hoewel aan hun behandeling van niet-westerse wetenschap dus een argument te ontleen valt voor het ontstaan van het hogere leren in Europa, namelijk door het aantonen van een parallelle ontwikkeling, maken McClennan en Dorn in hun behandeling van de wetenschappelijke revolutie niet zozeer gebruik van argumenten ontleend aan de niet-westerse wetenschapsgeschiedenis, en lijken ze er net als Vermij en Henry zelfs een meer contextualiserende aanpak op na te houden.

Mede door de bovengenoemde verschillen komen de drie niet-westerse beschavingen en vormen van natuurkennis waarvan in beide boeken notie gemaakt wordt – te weten de Griekse, de Chinese en de Islamitische, op andere wijze aan bod en spelen ze een andere rol. Over de Griekse natuurkennis lijken de auteurs het nog het meeste eens te zijn. In beide boeken wordt gesteld dat zich hier een unieke vorm van theoretisch nadenken over de natuur voordeed. Ook met betrekking tot de islamitische beschaving vertonen de boeken overeenkomsten. In beide boeken wordt notie gemaakt van het feit dat de Islamitische beschaving erfgenaam werd van de Griekse natuurkennis en dat het wetenschappelijk bedrijf een grote periode van bloei doormaakte. Met betrekking tot de Chinese wetenschap echter wordt er in de twee boeken een andere duiding gegeven. Hoewel Cohen wel de suggestie wekt dat het ontwikkelingspotentieel van de Griekse natuurkennis groter was dan dat van de Chinese natuurkennis, stelt hij dat beide vormen van natuurkennis in beginsel gelijkwaardig waren.⁴⁶ Dit lijkt niet het geval te zijn in de vertelling van McClennan en Dorn. Hoewel zij wel stellen dat er enorme technologische bedrijvigheid was in China, en ook een vorm van hoger leren, benadrukken zij tegelijkertijd hetzelfde patroon van China en de andere primaire beschavingen van stimulering van nuttige kennis door de staat ten behoeve van het staatsmanschap en de beschaving in zijn geheel.⁴⁷ Er was hierbij geen onderscheiden onderneming van op zichzelf staand kritisch onderzoek naar de natuur. McClennan en Dorn stellen dat de Griekse beschaving hierin uniek was. In het oude Griekenland werd de wetenschappelijke theorie uitgevonden, met een unieke intellectuele activiteit waarin men de natuur onderzocht als een noodzaak op zichzelf, zonder de bedoeling hier praktische voordelen uit te halen.

Verschillen en Overeenkomsten bij de drie deelvragen

Met betrekking tot de drie gestelde deelvragen over het ontstaan van de moderne natuurwetenschap is ook een aantal verschillen en overeenkomsten in duiding en interpretatie aan het licht gekomen. De vier verschillende duidingen zullen nu per vraag achtereenvolgens vergeleken worden.

⁴⁵ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 182.

⁴⁶ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 49.

⁴⁷ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 129.

In elk van de vier boeken worden meerdere ontwikkelingen aangewezen die een rol gespeeld hebben in het ontstaan van de moderne natuurwetenschap. Hierbij lijken Cohen en Vermij meer ontwikkelingen op intellectueel gebied te benadrukken, terwijl bij Henry en McClellan en Dorn vooral de nadruk ligt op de bredere sociale context. Een ontwikkeling die in elk van de boeken op een of andere wijze terugkomt, is het actief vertalen en bestuderen van een nieuw ontdekt corpus van teksten uit de Klassieke Oudheid. Terwijl tijdens de middeleeuwen men bijna uitsluitend de overleveringen van Aristoteles gebruikte, werden tijdens de zestiende eeuw ook andere Klassieken herontdekt en gebruikt voor natuurkennis. Deze ontwikkeling neemt echter wel in de verschillende vertellingen een andere plaats in. Voor Vermij en Henry zit het belang vooral in de gevolgen die dit had voor de positie van Aristoteles' systeem. Bij Cohen begint met de nieuwe ontdekking van de Klassieken na de val van Byzantium in 1453 de derde culturele transplantatie, en ziet hij als belangrijk gevolg dat ook de Alexandrijnse kennisstructuur weer naar boven kwam. In elk van de boeken wordt tevens notie gemaakt van een nieuw gebruik van observatie voor natuuronderzoek. Ook hier weer neemt dit een andere plaats aan in het geheel. In het boek van Vermij wordt dit vooral in de hoek van de nieuw ontstane 'natuurlijke historie' de sterrenkunde geplaatst, en wordt aandacht besteed aan de gevolgen die dit had voor het Aristotelisch wereldbeeld. In het boek van Cohen wordt het nieuwe gebruik van observatie als een nieuwe, derde vorm van natuurkennis neergezet die later getransformeerd zou worden. McClellan en Dorn noemen de opkomst als voorbeeld om aan te tonen hoe men vanaf de veertiende eeuw begon voort te bouwen op het Aristotelisch geraamte. Bij Henry wordt zowel in de behandeling van de wiskundige traditie als de experimentele notie gemaakt van het belang van observatie.

Wat betreft de doorbraak is een groot verschil in duiding tussen enerzijds Vermij en anderzijds Henry en Cohen. Waar Vermij als belangrijkste doorbraak van de wetenschappelijke revolutie een conceptuele verschuiving aanstipt waarbij het bestaande Aristotelische wereldbeeld vervangen wordt door het Cartesiaanse wereldbeeld, stippen de andere twee het ontstaan van een nieuwe wetenschappelijke methode als belangrijkste doorbraak aan. Bij Henry wordt dit genoteerd als het samensmelten van een drietal benaderingen en bij Cohen als een aantal transformaties in kennisstructuren. Weliswaar noemt Henry in zijn boek net als Vermij de mechanische filosofie als belangrijke vervanger van de Aristotelische filosofie, toch verschillen ze in de duiding die zij hieraan doordat dit door Vermij als *de* doorbraak van de wetenschappelijke revolutie gezien wordt terwijl dit door Henry als een ontwikkeling gezien wordt, weliswaar noodzakelijk voor de doorbraak maar niet *de* doorbraak zelf. McClellan en Dorn zijn iets vager met betrekking tot wat zij als de doorbraak van de wetenschappelijke revolutie zien. In hun boek lijkt enerzijds de nadruk te liggen op het ontstaan van een heliocentrisch wereldbeeld, tegelijkertijd stippen ze ook de opkomst van het experiment en vernieuwingen in de mechanica en occulte wetenschappen als belangrijke vernieuwingen aan.

Het laatste behandelde aspect in de vier vertellingen hangt duidelijk samen met het tweede. Terwijl Cohen en Henry het nieuwe gebruik van wiskunde en experiment in wetenschappelijk onderzoek bandrukken, onderstreept Vermij de basispremisen van natuuronderzoek zoals door Descartes geformuleerd als belangrijke aspecten van het nieuwe natuuronderzoek. McClellan en Dorn benadrukken de rol van het experiment en het heliocentrisch wereldbeeld.

II De rol van Galileo Galilei

Nu in hoofdstuk één de hoofdlijnen van de vier boeken uiteen gezet zijn en een aantal hoofdpunten hierbij aangestipt is, is het tijd om ons tweede doel aan te pakken, namelijk het in de historische context plaatsen van de twee teksten van Galilei. Het lijkt duidelijk dat het ontstaan van de moderne natuurwetenschap een complex proces was waarbij verschillende ontwikkelingen met elk hun eigen oorzaken en dynamiek samenkwamen. In dit hoofdstuk wordt getracht te laten zien hoe de twee bronteksten in het grotere geheel van ontwikkelingen passen. Om hierin enige overzichtelijkheid te creëren is dit gedaan aan de hand van drie thema's. Hoewel uiteraard ook andere zaken te belichten zijn, lijken deze drie thema's de belangrijkste ontwikkelingen waaraan Galilei met de betreffende teksten aan heeft bijgedragen te omvatten. Ze komen dan ook in elk van de vier behandelde boeken aan bod. Bij de duiding van elk van de thema's en bij de waardering van de rol van Galilei in de betreffende ontwikkeling bestaan uiteraard overeenkomsten en verschillen tussen de auteurs. In dit hoofdstuk wordt eerst weergegeven wat elk van de auteurs zegt over het betreffende thema, waarna kort de belangrijkste punten weergegeven worden. Voor uitweiding over de historische context van de bronteksten aan de hand van de vier boeken, zullen de bronteksten zelf hier nu kort besproken worden.

Siderius Nuncius is de oudste van de twee, uitgegeven in 1610. Voor dit paper is gebruik gemaakt van een vertaling van de historicus Albert van Helden, die in zijn voorwoord het pamflet als volgt kenschetst⁴⁸:

Sidereus Nuncius was not so much a treatise as an announcement: in a few brief words, and in sober language, it told the learned community that a new age had begun and the the universe and the way in which it was studied would never be the same. (...) With Sidereus Nuncius we enter the modern world.

De sensatie die van dit citaat afdruipt is illustratief voor hoe het boek in haar tijd ontvangen werd, waarbij een enorme opwinding zich meester maakte van Europa. In de Sterrenbode⁴⁹ kondigde Galilei zijn ontdekkingen over de hemel aan die hij had gedaan met behulp van een eigen gebouwde telescoop. De verrekijker was het jaar daarvoor in Middelburg geïntroduceerd, en nieuws hierover bereikte Galilei in mei 1609. Hij was toen werkzaam als wiskunde professor aan de universiteit van Padua, een slecht betaalde baan met lage status. Waarschijnlijk gedreven door de ambitie zijn situatie te verbeteren, is Galilei direct aan de slag gegaan om de beste verrekijkers van de wereld te kunnen bouwen. Ergens in de herfst van 1609 is hij begonnen met het doen van observaties van de hemel, en realiseerde zich waarschijnlijk snel dat het instrument de astronomie en kosmologie grondig zou veranderen.⁵⁰ Hij observeerde dingen waarvan niemand enig idee had, die volledig nieuw waren en die de heersende voorstellingen over de hemel totaal te buiten gingen. Zo nam hij waar dat de maan een onregelmatige oppervlakte had, die zich ruig en oneven voordeed. Hij concludeerde hieruit dat op de

⁴⁸ A. van Helden, *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei* (Chicago 1989) vii – viii.

⁴⁹ Nederlandse vertaling voor *Sidereus Nuncius* die vanaf nu gebruikt zal worden.

⁵⁰ Van Helden, *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei* 9.

maan bergen en valleien moesten zijn.⁵¹ Ook ontdekte hij een enorme hoeveelheid sterren die niet met het blote oog waarneembaar is. Bovendien leken de sterren oneindig veel verder weg te zijn dan gedacht. Een zeer belangrijke observatie was verder dat Jupiter omringd werd door vier kleine hemellichamen, die zich altijd in dezelfde lijn ten opzichte van Jupiter bevonden. Hieruit concludeerde hij dat Jupiter vier manen had.⁵² Galilei was zich zeer bewust van de nieuwheid van zijn observaties, en haastte om ze uit te geven voordat anderen dezelfde bevindingen zouden doen. Hij droeg de nieuwe planeten op aan Cosimo II, groothertog van Toscane. Dit was niet ongewoon in die tijd, omdat men in de bekostiging van wetenschap voor een groot deel afhankelijk was van persoonlijke patronage. Dankzij de publicatie van de *Sterrenbode* kon Galilei uit Padua weg en kwam hij in dienst op het hof van Medici familie.

De *Dialogo*, waarvan de publicatie al in de *Sterrenbode* aangekondigd wordt, is vele jaren later uitgegeven, in 1632. Het boek beslaat een vier dagen durend gesprek tussen drie personen, waarvan er een, genaamd Salviati, het Copernicaanse systeem verdedigt, een tweede, genaamd Simplicio, het Ptolemaeïsche systeem verdedigt en een derde optreedt als de kritische toeschouwer. Omdat Galilei eerder al in aanraking met de kerk was gekomen, en in 1616 een vonnis was uitgegeven met de verkondiging dat Galilei het systeem van Copernicus niet meer mocht propageren, was dit boek in een structuur gegoten die Galilei in staat stelde te verkondigen dat het een objectieve beschrijving van de twee wereldsystemen was. Uit de inhoud bleek echter een overduidelijke voorkeur uit voor het Copernicaanse systeem. De eerste dag van het gesprek is voor dit paper bestudeerd. Op deze dag wordt de Copernicaanse hypothese dat de aarde een planeet net als de andere is onderzocht, waarbij het fundamentele onderscheid van Aristoteles tussen hemelse en aardse lichamen centraal staat. Het gehele boek ademt een voorkeur voor Copernicus, en de manier waarop tijdens de eerste dag de leer van Aristoteles behandeld wordt vormt een ernstige aantasting op het Aristotelisch systeem. Hoewel dus aangekondigd als objectieve weergave, ontging de kerk de duidelijke voorkeur voor Copernicus niet. Urbanus VIII, de toenmalige paus, was laaiend over de publicatie, en na ondervragingen van de Inquisitie werd Galilei in 1633 veroordeeld. Verdere uitgave van het boek werd verboden en Galilei moest 'zijn dwalingen' publiekelijk afzweren. De rest van zijn leven, nog zo'n tien jaar, zou hij in huisarrest doorbrengen.

Nieuwe denkbeelden over de hemel, aarde en de natuur

De nieuwheid en het revolutionaire karakter van de ontdekkingen over de hemel die Galileo in zijn *Siderius Nuncius* publiceerden zijn duidelijk, en komen in elk van de boeken aan bod. Eeuwenlang had een vast idee over de hoedanigheid van de hemel en de aarde bestaan, welke bovendien nauw samenhang met andere ideeën over de natuur. De alomvattendheid van het heersende ideeëncomplex komt in elk van de boeken naar voren als een belangrijke karaktertrek van het denken over de natuur ten tijde van het uitkomen van de betreffende bronteksten. In het heersende denken over de hemel werden de ideeën van Aristoteles gezien als de beschrijving van de werkelijke hoedanigheid ervan, terwijl de modellen van Ptolemaeus, een Romeinse

⁵¹ Van Helden, *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei* 11.

⁵² Ibidem, 16.

astronoom, als uitgangspunt gebruikt werden voor astronomische calculaties, zoals het berekenen van de stand van de hemellichamen. In het Aristotelische systeem stond de aarde stil en was ze het middelpunt van het heelal. Verder kende deze geocentrische kosmologie een fundamenteel onderscheid tussen aardse sferen, die zich onder de maan bevonden en zich kenmerkte door verandering en verval, en de hemelse sferen, waarin de hemellichamen perfect en onveranderlijk waren. Bovendien werden er twee verschillende soorten van 'natuurlijke bewegingen' onderscheiden. In de hemelse sfeer, of de bovenmaanse wereld, gold als natuurlijke beweging de uniforme cirkel, terwijl in op het aardse gebied de rechte lijn als natuurlijke beweging aangewezen werd. Hierin verschilde het systeem van Ptolemaeus, waarin in de modellenbouw gebruikt gemaakt werd van ingewikkelde constructies gebaseerd op epicykels.

Voor de publicatie van de Sterrenbode had de heersende kijk op de wereld al wat deuken opgelopen. In 1543 had de Poolse astronoom Nicolaus Copernicus in zijn boek *De revolutionibus orbium coelestium* een ander systeem geopperd, waarin de zon het middelpunt van het heelal was en de aarde in vierentwintig uur om haar as draaide. In zijn systeem vervaagde ook het onderscheid tussen aardse en hemelse sferen. Het idee van een perfecte en onveranderlijke hemelse sfeer werd later ook aangetast door de ontdekking van een nieuwe ster in 1572, de supernova, en de ontdekking dat een komeet van 1577 in de hemelse sfeer was, en niet in het aardse domein zoals Aristoteles verondersteld had.⁵³ De observaties die Galilei deed en naar buiten bracht in de Sterrenbode vormden een verdere aantasting van het Aristotelisch systeem en ondersteunde het Copernicaanse systeem doordat ze een aantal bezwaren hiertegen wegnamen. Zo bestond tegen de bewering dat de aarde een planeet net als andere was het bezwaar dat de aarde als enige een maan had die om haar een draaide. De ontdekking van de manen van Jupiter nam dit bezwaar weg, door aan te tonen dat de aarde niet de enige planeet met een maan was. Zowel in de Sterrenbode als in de Dialogo spreekt Galilei zich dan ook uit voor een Copernicaans systeem, zij het in meer of minder verhullende vorm. Wanneer hij bijvoorbeeld in de Sterrenbode zich richt tot Cosimo II en de vier sterren aankondigt die naar zijn familie genoemd zullen worden zegt hij het volgende:⁵⁴

Behold, therefore, four stars reserved for your illustrious name, (...) of the illustrious order of wandering stars, which, indeed, make their journeys and orbits with a marvelous speed around the star of Jupiter, (...) with mutually different motions, (...) while meanwhile all together, (...) complete their great revolutions every twelve years about the center of the world, that is, about the Sun itself.

In dit citaat verwijst Galilei duidelijk naar het Copernicaanse systeem. In de Dialogo wordt het Aristotelisch systeem kritisch onder de loep genomen, en worden argumenten tegen een aantal fundamentele veronderstellingen van het Aristotelisch wereldbeeld naar voren gebracht. Zo veronderstelde Aristoteles dat de hemelse lichamen onveranderlijk en perfect waren terwijl de aardse wel onderhevig aan veranderingen en

⁵³ Van Helden, *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei* 11.

⁵⁴ G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, Albert van Helden (Chicago 1989) 31.

ontwrichtingen waren. In de volgende verkorte woordenwisseling ondervraagt Salviato, de verdediger van Copernicus, Simplicio, de verdediger van Aristoteles hierover:⁵⁵

Simp.: Sensible experience shows us that on earth there are continual generations, corruptions, alterations etc., the like of which neither our senses nor the traditions of memories of our ancestors have ever detected in heaven; hence heaven is inalterable, etc., and the earth alterable, etc., and therefore different from the heavens. (...)

Salv.: I wish you would tell me precisely what these alterations are that you see on the earth and not in the heavens, (...)

Simp.: On earth I continually see herbs, plants, animals generating and decaying (...)

Salv.: But if you have to content yourself with these visible, or rather these seen experiences, you must consider China and America as celestial bodies, since you have never seen in them these alterations which you see in Italy.

In dit citaat haalt Salvatio de argumentatie van Simplicio onderuit, en hiervan zijn nog vele voorbeelden te noemen. De kritische luisteraar, Sagredo, lijkt bovendien keer op keer overtuigd van de argumentatie van Salviati. Op deze manier vormde de Dialogo in feite een aanval op de Aristotelische wereldvisie.

In elk van de boeken wordt aandacht besteed aan de afbreuk van de bestaande ideeën over de hemel en de ordening van de natuur. Ook komt in elk van de boeken naar voren dat in deze ontwikkeling het werk van Galileo niet de eerste aanval vormde. Nu de twee werken van Galilei met betrekking tot dit thema besproken zijn, wordt de duiding die de verschillende auteurs aan deze ontwikkeling geven bekeken.

Vermij stelt dat de publicatie van de Sterrenbode een grote weerslag had op het bestaande wereldbeeld. De nieuwe ontdekkingen zorgden voor een enorm schokeffect dat enorme afbreuk gedaan heeft aan de autoriteit van de Aristotelische wijsbegeerte.⁵⁶ Dat de nieuwe ontdekkingen een zodanig effect hadden, kwam mede doordat de ideeën van Aristoteles al bijna een eeuw onder vuur lagen. Hierdoor, en ook door de manier waarop Galileo zijn ontdekkingen presenteerde, werden de nieuwe voorstellingen niet slechts als absurde voorstellingen ontvangen maar als wapen tegen de hele Aristotelische wijsbegeerte. De nieuwe beelden wezen erop dat de hemellichamen niet anders waren dan de aarde, zodat de Aristotelische scheiding tussen de bovenmaanse en ondermaanse wereld werd aangetast. Vermij stelt dat het aantasten van deze scheiding een zware aanval betekende op het gehele wereldbeeld, omdat de rest van Aristoteles' fysica hier zo nauw mee samenhangt. Het belang van de nieuwe ontdekkingen van Galilei zit hem voor Vermij in het (verder) op de kop zetten van de gangbare ideeën over de hemel en de ordening van de wereld en het tegelijkertijd doen aftekenen van de contouren van een nieuw wereldbeeld, waarin het heelal als een immens grote ruimte gezien werd en waarin er geen hiërarchische ordening tussen de verschillende hemellichamen bestond.⁵⁷ Wanneer het gaat om nieuwe denkbeelden over de hemel, de aarde en de natuur lijkt Vermij Galileo te zien als een soort eerste aanzet voor het zich doen aftekenen van een nieuw wereldbeeld, waarin hij Rene Descartes

⁵⁵ G. Galilei, *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernican*, Stillman Drake (Los Angeles 1967) 47-48.

⁵⁶ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 72.

⁵⁷ *Ibidem*, 72.

als de grote architect beschouwt.

Ook Henry noteert dat het werk van Galileo grote impact had op niet alleen de heersende kosmologie en astronomie, maar ook op de ruimere natuurfilosofie en het religieus geloof.⁵⁸ Toch wordt in zijn boek Galileo niet verder in deze context neergezet, omdat hij – in overeenstemming met Vermij – stelt dat hervormingen in de natuurfilosofie niet voldoende waren om het dominante Aristotelianisme te vervangen. Omdat de Aristotelische filosofie zo strak verbonden was met de astronomie van Ptolemaeus en de medicijnenleer van Galenus, en bovendien ook met de bestaande theologie, en in staat was alle vragen over de natuur te beantwoorden, was een heel nieuw systeem van filosofie vereist om dat van Aristoteles te vervangen.⁵⁹ Met betrekking hierop wijdt hij zich vooral aan de ontwikkeling van de mechanische filosofie, waarbij hij de mechanische filosofie van Descartes als waarschijnlijk de meest invloedrijke neerzet, maar waarbij hij tevens aandacht besteedt aan bijvoorbeeld de filosofie van Gassendi.

Ook Cohen maakt notie van de enorme sensatie die de publicatie van de Sterrenbode teweeg bracht. Verder stelt hij dat de telescopische ontdekkingen een van de aanleidingen vormde voor het feit dat Galilei zich vanaf 1612 opwierp als de grote verdediger van het Copernicanisme.⁶⁰ Cohen stipt Galilei samen met Kepler aan als de figuren die ervoor zorgden dat ‘de tijdbom die een halve eeuw vredig in het boek van Copernicus had liggen voortikken’ explodeerde.⁶¹ Hierbij stelt hij dat Kepler zich vooral op de technische-astronomische kant richtte, en dat de grootste verdienste van Galilei is dat hij een nieuw idee over beweging introduceerde, dat een aantal bezwaren tegen Copernicus’ systeem wegnam.⁶² In zijn vertelling van de opkomst van nieuwe ideeën over de hemel en de natuur besteedt Cohen veel aandacht aan de wereldbeschouwelijke problemen die hieraan vastzaten. Doordat de ideeën van Copernicus een grote breuk vormde met het Aristotelianisme, welke in samenspraak met de christelijke theologie ontwikkeld was, en bovendien passages uit de bijbel tegenspraken, kwamen de nieuwe ideeën in een ernstige legitimiteitscrisis terecht.

Ook McClellan en Dorn stellen dat de ontdekkingen van Galilei vragen opwierpen naar ‘het systeem van de wereld’.⁶³ Net als Vermij zien ze de vraag over de hoedanigheid van de hemelen en de vragen die met betrekking tot het Copernicanisme ontstonden als kern van het debat over het denken over de natuur. Verder benadrukken ook zij de grote theologische bezwaren die vastzaten aan de ideeën van Copernicus, en dus ook van Galilei. Omdat de *Dialogo* een zo heldere en overtuigende presentatie was van argumenten ten gunste van Copernicus en tegen de traditionele Aristotelische en Ptolemaeische astronomie was ze zeer controversieel.

In elk van de boeken wordt de ontwikkeling van nieuwe ideeën over de hemel behandeld en in elk van de boeken wordt bovendien Galilei genoemd bij deze ontwikkeling. Ook komt in elk van de boeken naar voren hoe moeilijk nieuwe ideeën over de hemel zich konden wortelen, omdat met het aantasten van bestaande ideeën over de hemel, gebaseerd op de leer van Aristoteles, eigenlijk het gehele systeem van kennis over de natuur,

⁵⁸ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 6.

⁵⁹ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 68.

⁶⁰ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 156.

⁶¹ *Ibidem*, 110.

⁶² *Ibidem*, 111.

⁶³ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 224.

welke bovendien verbonden was aan de christelijk theologie, in gevaar was, zodat de natuur en de wereld hiermee ineens als nog volledig onbekende terreinen voorhanden lagen.

De opkomst van instrumenten in natuuronderzoek

Vandaag de dag wordt het gebruik van instrumenten in de wetenschap als een vanzelfsprekendheid ervaren. Dit was in de 16^e eeuw echter zeker niet het geval. Behalve de nieuwheid van de observaties die Galilei in de *Sterrenbode* naar buiten bracht, was het feit dat hij deze met behulp van een verrekijker, en niet met het blote oog, gedaan had ook een vernieuwing op zich. Van Helden verkondigt in zijn voorwoord de grote gevolgen van het gebruik van de telescoop voor de bestudering van de hemel, en in zijn karakterschets van het boek lijkt dit zelfs als belangrijkste element te zien. Met de publicatie van de *Sterrenbode* was de astronomie niet langer een terrein exclusief voor de geleerde mannen, maar nu konden ook 'gewone' mensen met de vaardigheid om instrumenten te maken, mensen met geduld en handigheid, zich in de astronomie mengen.⁶⁴ Galilei besteedt in de *Sterrenbode* zelf ook aandacht aan de telescoop, en geeft een precieze beschrijving van hoe het instrument gebruikt dient te worden en hoe het functioneert. Ook schetst hij kort de mogelijkheden van het instrument voor de toekomst: *'Perhaps more excellent things will be discovered in time, either by me or by others, with the help of a similar instrument'*.⁶⁵ Duidelijk is dus dat zijn ontdekkingen slechts het begin vormen voor nieuw onderzoek. In de *Dialogo* wordt veelvuldig verwezen naar observaties die met de telescoop gedaan zijn om tegen Aristoteles' visie in te gaan. Salviati stelt dat dankzij de telescoop, die de hemelen dertig of veertig keer dichterbij brengt dan dat het voor Aristoteles was, veel dingen onderscheiden kunnen worden die hij niet kon zien, en doet hierbij zelfs de volgend uitspraak: *'I declare that we do have in our age new events and observations such that if Aristotle were now alive, I have no doubt he would change his opinion'*.⁶⁶ Zelfs Aristoteles zelf zou dus zijn mening veranderen met betrekking tot de aard van de hemel als hij de dingen kon waarnemen die met behulp van de telescoop waargenomen kunnen worden. Verder komt ook in de *Dialogo* de verwachting naar voren dat met het gebruik van de telescoop er nog een grote onbekende wereld voorhanden ligt, en dat er nog dingen ontdekt zouden kunnen worden die men zich toen nog niet zou kunnen voorstellen.⁶⁷

Vermij stelt dat de uitvinding van de verrekijker de ideeën over de hemel radicaal veranderd heeft.⁶⁸ Voordat ze echter als filosofisch relevant beschouwd kon worden, was er wel een nieuwe habitus nodig. Tot dan toe waren er geen instrumenten die gebruikt werden voor de natuurfilosofie, de bestaande instrumenten vormden ofwel 'leuke speeltjes' voor prinsen en andere hooggeplaatste of ze werden in het domein van de natuurlijke magie geplaatst, omdat ze van toepassing waren op 'de verborgen aard' der dingen.⁶⁹ Vermij kent het als verdienste aan Galilei toe dat de verrekijker meer werd dan slechts speelgoed, omdat Galilei zich als eerste

⁶⁴ Van Helden, *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei* vii.

⁶⁵ G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, Albert van Helden (Chicago 1989) 36.

⁶⁶ G. Galilei, *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernican*, Stillman Drake (Los Angeles 1967) 50.

⁶⁷ *Ibidem*, 67.

⁶⁸ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 67.

⁶⁹ *Ibidem*, 68.

realiseerde dat het instrument gebruikt kon worden voor filosofische onderzoeken. Hiervoor speelde waarschijnlijk zijn technische achtergrond van de ingenieurstraditie een rol, en het feit dat hij zich in een kring in Noord-Italië bewoog waar het idee om instrumenten te gebruiken als middel om de natuur te bestuderen al langzaam postgevat had. Zo was dit ook met de thermometer gebeurd in handen van de medisch geleerde Santorio.⁷⁰

Ook bij Henry komt de ontwikkeling van de eerste instrumenten voor de natuurfilosofie aan bod, naast ook de opkomst van steeds meer wiskundige instrumenten. Als natuurfilosofische instrumenten worden naast de telescoop ook de microscoop, de barometer, de luchtpomp en de thermometer genoemd. Hij stelt wel dat astronomen al eerder gebruik gemaakt hadden van instrumenten, en ziet de telescoop van Galilei als een verlenging van deze eerdere astronomische instrumenten, waar bijvoorbeeld Tycho Brahe gebruik van gemaakt had.⁷¹ Als gevolg van de telescoop noteert hij dat dit instrument het makkelijker maakte voor astronomen om natuurfilosoof te worden. Net als Vermij vertelt ook Henry dat instrumenten, en mechanische constructies, tijdens de Middeleeuwen en Renaissance aan magie gekoppeld werd, omdat ze zich bezig hielden met het occulte. Als een van de redenen dat sommige van Galilei's tijdgenoten weigerden om door de telescoop te kijken noemt hij het gebruik van lenzen en spiegels door magiërs om mensen voor de gek te houden.⁷² Hoe het kwam dat sommige aspecten van de magische traditie wel geaccepteerd werden, en andere verworpen, is volgens Henry nog niet helemaal duidelijk. Wel neemt hij aan dat dit gedeeltelijk kwam door een verhoogd bewustzijn onder de bazen en beoefenaars van welke methoden het meest werkzaam waren en tot de meest vruchtbare conclusies leidden.⁷³

Ook Cohen noteert dat het allerm minst vanzelfsprekend was dat Galilei de verre kijker op de hemel richtte, en dat het idee dat er oneindig veel meer natuurverschijnselen zijn dan dat we met het blote oog kunnen waarnemen tot dan toe niet bestond, omdat de instrumenten nog ontbraken.⁷⁴ Het voorzichtige begin van het gebruik van instrumenten plaatst hij bij de nieuwe derde vorm van natuurkennis die opkomt in Renaissance Europa, waarin hij onder andere Tycho Brahe en Leonardo da Vinci plaatst. Dit echter was hoofdzakelijk in de vorm van werktuigen. Ook bij Cohen komt hier de natuurlijke magie om de hoek kijken, omdat veel van het onderzoek uit deze stroming, dat op praktisch nut gericht was, doorspekt was van magie. Het idee dat de natuur occulte krachten had, krachten die niet met het blote oog waar te nemen vielen, behoorde tot de natuurlijke magie, die er dan naar streefde deze krachten 'af te tappen' den voor eigen nut te gebruiken.⁷⁵ De rol van instrumenten moet ook in deze stroming niet overschat worden. Het gebruik van de telescoop door Galilei was dus zeker een zeer vernieuwende ontwikkeling, en het was dan ook een belangrijke overwinning voor Galilei dat de paters Jezuïeten in Rome zijn waarnemingen bevestigden. Los van de telescoop noteert Cohen in zijn boek nog wel een andere manier waarop Galilei een weg opende voor het gebruik van instrumenten. Dit zat hem erin dat Galilei in zijn natuurkennis onderscheid maakt tussen drie werkelijkheidsniveaus, namelijk het alledaagse niveau, de ideale werkelijkheid en daartussen een niveau waarin

⁷⁰ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 69.

⁷¹ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 33.

⁷² Ibidem, 6.

⁷³ Ibidem, 58-59.

⁷⁴ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 154.

⁷⁵ Ibidem, 97.

met behulp van het experiment de ideale werkelijkheid benaderd kan worden. Hierbij stelt Cohen dat dit tussenniveau 'de weg wijst naar het creëren van geheel nieuwe, kunstmatig tot stand te brengen werkelijkheden'.⁷⁶ Met deze notie is het nog maar een kleine stap om middelen, of instrumenten, te gebruiken om deze kunstmatige werkelijkheid tot stand te brengen. In dit opzicht heeft Galilei dus, behalve door zijn eigen succesvolle gebruik van de telescoop, bijgedragen aan de opkomst van het instrument met zijn 'experimenteel-wiskundige' kennisvorm.

In de vertelling van McClennan en Dorn komen ook de moeilijkheden naar voren die gepaard gingen met het gebruik van de telescoop. Naast het feit dat de het niet vanzelfsprekend was dat de telescoop direct als legitiem instrument gezien werd, wijzen zij er ook op dat hetgeen Galilei rapporteerde niet vrij was van dispuut. Hetgeen namelijk dat hij naar aanleiding van zijn waarnemingen publiceerde was interpretabel, omdat het niet de directe waarnemingen waren maar conclusies van waarnemingen. Bijvoorbeeld zijn aanname dat er bergen op de maan waren, concludeerde hij wegens veranderende schaduwen op de maan die hij gedurende weken had gezien.⁷⁷ Hiernaast vergelijken ze de ontvangst van de telescoop met die van de microscoop, die veel minder goed ontvangen werd en pas in de negentiende eeuw als instrument geaccepteerd werd. Hierdoor benadrukken ze het belang van gedeelde intellectuele structuren en denkwijzen voordat bepaalde onderzoekstradities zich kunnen vestigen.⁷⁸

Uit de vier behandelde boeken blijkt dat het ten tijde van publicatie van de Sterrenbode niet gebruikelijk was dat men instrumenten gebruikte voor het opdoen van natuurkennis. Dit kwam mede doordat het gebruik van instrumenten geassocieerd werd met het domein van de natuurlijke magie, waarin wel al lenzen en spiegels gebruikt werden om mensen voor de gek te houden. In dit opzicht was het dus een overwinning voor Galilei dat zijn waarnemingen als waar aangenomen werden. De opkomst van het instrument lijkt bovendien illustratief voor nieuwe sociale ontwikkelingen waarbij de vakmannen en ambachtslieden een hogere sociale status kregen.

De 'wiskundige filosofie'

Een belangrijke ontwikkeling in de zestiende en zeventiende eeuw was een nieuw gebruik van de wiskunde om kennis over de natuur op te doen. Waar wiskunde traditioneel ofwel op praktische wijze in de ambachten gebruikt werd ofwel als een volledig abstracte, kwantitatieve beschrijving gezien werd die niets met de werkelijkheid te maken had, werd de wiskunde tijdens de wetenschappelijke revolutie in meerdere mate beschouwd als betrekking hebbend op de natuurlijke realiteit. In het werk van Galilei speelt de wiskunde een grote rol. Zoals gezegd begon hij zijn carrière als wiskundige, en hij was ervan overtuigd dat men met behulp van de wiskunde kennis over de natuur kon opdoen. Hoewel zijn prestaties in de wiskunde het best naar voren komen in zijn laatste werk, de *Discorsi*, komt zijn wiskundige kijk op de wereld ook naar voren in de

⁷⁶ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 120-121.

⁷⁷ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 224.

⁷⁸ Ibidem, 245

Sterrenbode en de *Dialogo*. Zo bevat de Sterrenbode naast kwalitatieve beschrijvingen van de gedane observaties ook kwantitatieve berekeningen, bijvoorbeeld wanneer Galilei aan wil tonen dat de verhogingen op de maan hoger zijn dan die op de aarde.⁷⁹ In de *Dialogo* komt in zijn behandeling van de val van een bal een wiskundige kijk naar voren. Hierbij maakt hij gebruik van een aantal grafieken om aan te tonen dat bij de val van een lichaam alle gradaties van snelheid doorlopen worden.⁸⁰ Hij maakt hiernaast in de *Dialogo* ook gebruik van optische experimenten, een terrein dat traditioneel in de wiskunde geplaatst werd. Zo gebruikt Salviati bijvoorbeeld spiegels om te demonstreren dat licht van ruwe lichamen meer verstrooid gereflecteerd wordt dan dat van gladde lichamen.⁸¹

In de vertelling van Vermij komt naar voren dat in de 16^e eeuw de wiskunde zich als een min of meer onafhankelijk programma ontwikkelde, en dat wiskunde in toenemende mate een alternatief werd voor de filosofie. Vermij noemt de ingenieurs een belangrijk nieuw soort geleerden van wiskundigen die zich ook op theoretisch vlak met de wiskunde bezighielden. Het was deze traditie, die van de Italiaanse ingenieurswetenschappen, waardoor Galilei zich liet inspireren in zijn zoektocht naar een alternatief voor de Aristotelische natuurfilosofie.⁸² Hij hield zich onder andere bezig met problemen uit de mechanica, wat hij in plaats van filosofische speculaties, gebruikte om de natuur te begrijpen. Zijn ideeën met betrekking tot de mechanica hadden dan ook kosmologische consequenties.⁸³ In de duiding van Vermij is het werk van Galilei weliswaar een belangrijke inspiratiebron voor de verdere ontwikkeling van wetenschap in de 17^e eeuw, en geldt hij als een goed voorbeeld van de nieuwe houding tegenover het doen van natuuronderzoek, maar is zijn expliciet wiskundige benadering van de wereld ook een beperking, omdat hij hierdoor de filosofische en godsdienstige problemen die aan zijn visie kleefden niet adresseerde. Hierdoor was zijn natuurverklaring niet voldoende bevredigend om het bestaande wereldbeeld te vervangen.⁸⁴

In de analyse van Henry is de 'mathematisering van het wereldbeeld' een belangrijk component van de ontwikkelingen in de 16^e en 17^e eeuw. In het rijtje van 'realisten', waarmee hij de astronomen aanduidt die hun wiskundige benadering van de hemel gebruikten om ware natuurkennis op te doen, noemt hij een aantal mensen. Allereerst de klassieke astronoom Ptolemaeus, van wie hij stelt dat hij zelf een realist was maar wiens systeem tijdens de middeleeuwen in steeds hogere mate hypothetisch werd opgevat, en als belangrijke figuren die tijdens de 16^e en 17^e eeuw een wiskundig realistische benadering verkondigd hebben noemt hij Nicolaus Copernicus, Tycho Brahe en Johannes Kepler.⁸⁵ Ook Galilei past in dit rijtje thuis, en hij had bovendien de ambitie zich als natuurfilosoof te bewijzen. Aan het hof van Cosimo de' Medici lukte het hem de titel van filosoof te bemachtigen. Galilei heeft in zijn carrière veelvuldig proberen aan te tonen hoe de wiskunde kan helpen om inzicht te krijgen in de wereld van de natuur. Hij heeft bijvoorbeeld zijn bewegingsleer, en het inzicht dat een object aan meerdere bewegingen tegelijkertijd onderhevig kan zijn, gebruikt om bezwaren

⁷⁹ G. Galieli, *Sidereus Nuncius*, Albert van Helden (Chicago 1989) 51-53.

⁸⁰ G. Galilei, *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due Massimi Sistemi del Mondo Tolemaico e Copernican*, Stillman Drake (Los Angeles 1967) 23-31.

⁸¹ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 72-77.

⁸² *Ibidem*, 68.

⁸³ *Ibidem*, 73.

⁸⁴ *Ibidem*, 74.

⁸⁵ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 15-20.

tegen het Copernicaanse systeem te weerleggen. Henry stelt dat de belangrijkste contributie van Galilei voor de ontwikkeling van de wetenschap hem misschien wel hierin zit, namelijk in zijn toelichting en illustratie in het nut van een wiskundige benadering van de natuur.⁸⁶

Ook Cohen hecht veel belang aan de wiskundige benadering van de natuur die Galilei hanteerde, en stelt dat zijn grootste prestatie lag in het ontwikkelen van een heel nieuw idee van beweging.⁸⁷ Net als Henry stelt Cohen dat Galilei eraan heeft bijgedragen dat de wiskunde uit haar abstractie getrokken werd en een realistisch gehalte gekregen heeft. De achttien jaar in Padua noemt Cohen als de meest vruchtbare jaren van Galilei, waarin hij door zijn experimenten en redeneringen overtuigd was geraakt van de superioriteit van zijn realistisch-wiskundige natuurkennis.⁸⁸ De publicatie van de Sterrenbode, en de sensatie die hij ermee teweeg bracht, hebben Galilei in staat gesteld om een positie te verwerven aan het Toscaanse hof. Bij zijn aanstelling aan het hof stond Galilei er dan ook op zowel de titel van filosoof als wiskundige te krijgen, en was hij vastbesloten de strijd aan te gaan met de gangbare natuurfilosofie en haar aanhangers. Cohen stelt hierbij dat hij hierbij uit strategische overwegingen teruggreep op het Copernicanisme, omdat hij de noodzaak van een wiskundige benadering van de natuur, waarvan hij overtuigd was, het beste kon bewijzen aan de hand van het Copernicaanse systeem.⁸⁹

Ook McClennan en Dorn maken notie van het feit dat Galilei de titel van filosoof behaalde, en dat hiermee zijn status omhoog gehaald werd. Dit is illustratief voor het nieuwe patroon van de organisatie en het beoefenen van wetenschap dat zich tijdens de zeventiende eeuw ontwikkelde, waarbij zijn Aristotelische tegenstanders intellectueel en institutioneel geworteld bleven in de universiteit, terwijl Galilei's wetenschap zijn podia onder het publiek en in de hoven van de hoge klassen vond.⁹⁰ Ook McClennan en Dorn beschrijven Galilei's wiskundige prestaties, en noteren dat hij vernieuwend was in de zin dat hij zijn wiskundige ontdekkingen toepaste op 'de echte wereld'. Dat dit een doorbraak betekende, maken ze duidelijk door aan te geven dat al drie eeuwen eerder de middeleeuwse scholasticus Nicole Oresme tot dezelfde bewegingswet gekomen was als Galileo, maar dat het bij hem niet was opgekomen dat dit iets over echte beweging zou zeggen.⁹¹ Wel komt in hun boek ook voren dat deze vooral te vinden zijn in Galilei's laatste boek, de *discorsi*, en niet zozeer in de twee hier behandelde bronteksten.

Galilei heeft een belangrijke rol gehad in een nieuw gebruik van wiskunde, waarbij deze gebruikt werd om kennis over de natuur op te doen. Met zijn achtergrond als wiskundedocent had hij een wiskundige kijk op de wereld, waarbij hij dingen kwantitatief wilde beschrijven en ook verklaren. De publicatie van de Sterrenbode en de roem die daarop volgde hebben hem in staat gesteld deze kijk uit te kunnen dragen.

⁸⁶ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 25.

⁸⁷ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 116.

⁸⁸ Ibidem, 153.

⁸⁹ Ibidem, 156.

⁹⁰ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 226.

⁹¹ Ibidem, 191 & 238.

III Een vergelijking van de drie thema's: een plaatsing in kader

Bij het schetsen van de historische context waarin de twee bronteksten gepubliceerd zijn en de bijdrage die de publicaties gehad hebben voor het ontstaan van de moderne natuurwetenschap, is nadruk gelegd op de overeenkomsten tussen de vier boeken met betrekking tot deze context en de rol van Galilei. De drie thema's worden echter in de vier boeken in verschillende kaders geplaatst, en nemen een ander rol in met betrekking tot de gehele analyse die de vier auteurs bieden over het ontstaan van de moderne natuurwetenschap. In dit laatste hoofdstuk wordt getracht aan te tonen hoe de betreffende thema's waarin Galilei een rol gespeeld heeft in verhouding staan tot de volledige analyse van de verschillende auteurs.

De auteurs en de thema's

Vermij

We hebben bij Vermij gezien dat hij als belangrijkste doorbraak van de wetenschappelijke revolutie ziet dat het dominante Aristotelische wereldbeeld vervangen werd door een nieuwe wereldbeeld, waarbij men op een andere manier zou denken over de werkelijkheid en hoe deze gekend kan worden. Vermij stelt de aard van de hemel de centrale kwestie in het denken over de werkelijkheid was.⁹² In de zestiende eeuw was de dominante positie van het Aristotelisch wereldbeeld door een aantal ontwikkelingen op intellectueel gebied al aangetast, en in de zeventiende eeuw ontstaat een nieuw wereldbeeld, waarbij men op een andere manier naar de aard van de hemel keek.

Galilei wordt bij Vermij in dit kader, van nieuwe ideeën over de aard van de hemel, geplaatst, en in zijn boek ligt de nadruk op de bijdragen die Galilei geleverd heeft in het doen aftekenen van een nieuw wereldbeeld. Van de drie behandelde thema's is voor Vermij is Galilei's bijdrage aan het eerste thema's, dat van nieuwe ideeën over de hemel en ordening van het heelal dus het meest belangrijk. In zijn vertelling leidt Vermij de lezer via de ontwikkelingen in de zestiende eeuw en doorbraak in de zeventiende eeuw naar de uiteindelijke nieuwe totaalvisie van Descartes, met nog wat verbeteringen van Newton. In dit geheel wordt Galilei neergezet als de persoon die na een eeuw van aanvallen op het heersende wereldbeeld een begin gemaakt heeft met het ontwerp van het nieuwe wereldbeeld. Behalve dat hij de gangbare ideeën over de hemel op hun kop zette, bood hij uitzicht op een nieuwe wereld.⁹³

Met betrekking tot de telescoop als wetenschappelijk instrument maakt Vermij er, zoals in hoofdstuk twee weergegeven, notie van dat het bijzonder was dat een instrument voor 'filosofische doeleinden' gebruikt werd, omdat instrumenten tot dan toe in het domein van de natuurlijke magie thuis hoorden. Bij de verdere duiding die Vermij biedt voor de opkomst van het instrument voor het opdoen van natuurkennis wordt weergegeven als een van de verdiensten van het nieuwe wereldbeeld zoals door Descartes ontworpen. Volgens Vermij lag hier namelijk een conceptuele verschuiving aan ten grondslag,

⁹² Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 67.

⁹³ *Ibidem*, 72.

namelijk de verschuiving van de Aristotelische visie volgens welke de natuur zich onder gemanipuleerde, kunstmatige omstandigheden onnatuurlijk gedroeg van de Cartesiaanse visie volgens welke natuurwetten onder alle omstandigheden gelijk bleven.⁹⁴ Deze verschuiving maakte het mogelijk dat men instrumenten als hulpmiddel ging zien om iets over de natuur te weten te komen. Tevens benadrukt Vermij hierbij dat in tegenstelling tot de zestiende eeuw, waarin men in hun natuuronderzoek vooral op zoek was naar verbazingwekkende en onbegrijpelijke wonderen, wat nogal eens resulteerden in zogenaamde 'rariteitkabinetten', men nu ook alledaagse, gewone verschijnselen onderzocht om zo de structuur van de wereld bloot te leggen.⁹⁵

Net als de opkomst van het experiment wordt bij Vermij ook de opkomst van de wiskunde voor natuuronderzoek vooral in het kader van het nieuwe Cartesiaanse wereldbeeld geplaatst. Volgens Vermij is het de verdienste van Descartes dat de wiskundige benadering nu geïntegreerd werd met de fysica en natuurfilosofie.⁹⁶ Hoewel hij in de mechanica 'iets minder gelukkig was' en verbeterd is door Huygens, en ook niet gebruik heeft gemaakt van wiskundige astronomie, is door zijn stelling dat de natuur geregeerd werd door natuurwetten waaruit natuurverschijnselen wiskundig vielen af te leiden de wiskunde op de kaart van natuurfilosofie te komen staan.⁹⁷ Bij deze ontwikkeling dus overschaduwd door Descartes, ziet Vermij niet groots belang voor de wetenschappelijke revolutie in Galilei's wiskundige prestaties. Zoals ook in Figuur 3.1 te zien ziet Vermij de opkomst van wiskunde in de 16^e eeuw wel als een van de ontwikkelingen die hebben bijgedragen aan de teloorgang van het Aristotelisch wereldbeeld, maar Galilei wordt niet in dit kader geplaatst.

Cohen

Zoals in hoofdstuk I gezien is in de vertelling van Cohen de moderne natuurwetenschap ontstaan als gevolg van een aantal transformaties van bestaande vormen van natuurkennis. Eerst heeft zich vanaf ongeveer zestienhonderd een drietal transformaties voorgedaan, waarna zich in de tweede helft van de zeventiende eeuw nog een tweetal transformaties voorgedaan heeft waaruit de moderne natuurwetenschap geboren werd. Hierbij ligt de nadruk op de kennisstructuur, ofwel de manier waarop men kennis over de natuur wil opdoen.

In dit geheel van gebeurtenissen wordt bij Cohen Galileo Galilei geplaatst bij de transformatie een van de vormen van natuurkennis, te weten die van 'Alexandrië' naar 'Alexandrië-Plus'. Samen met Johannes Kepler heeft hij deze transformatie teweeggebracht. In Cohens boek wordt weliswaar uitgebreid verslag gedaan van het feit dat beide heren zich met de astronomie en de hemel bezig hielden, en beiden aanhanger waren van het Copernicaanse systeem, toch lijkt het belang dat hij aan de heren toedicht hem hoofdzakelijk te zitten in de manier waarop ze zich profileerden en de manier waarop ze natuurkennis wilden opdoen, namelijk met behulp van de wiskunde. Galilei's belangrijkste verdienste is dat hij met Kepler deze kennisstructuur, die zich bezighield met het abstract, wiskundig beschrijven van de natuur, een realistische gehalte gegeven heeft, en in

⁹⁴ Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* 84.

⁹⁵ Ibidem, 86.

⁹⁶ Ibidem, 90.

⁹⁷ Ibidem, 90-93.

zijn werk getracht heeft aan te tonen hoe de wiskunde gebruikt kon worden om ware kennis over de natuur op te doen. Cohen stelt dan ook dat Galilei's grootste prestatie hem erin zit dat hij een heel nieuw idee van beweging ontwikkeld heeft.⁹⁸ Met betrekking tot de drie behandelde thema's plaatst Cohen het belang van Galilei vooral bij het derde thema, die van de opkomst van de wiskundige filosofie. De natuurfilosofie wordt in Cohens boek weergegeven als de Atheense natuurkennis, met een kennisstructuur die bestond uit het doen van uitspraken over het gehele systeem van de wereld op grond van een aantal onbetwifelbare eerste beginselen, centraal staat. Traditioneel had deze vorm de ambitie natuurverschijnselen te verklaren, terwijl de Alexandrijnse natuurverschijnselen slechts het kwantitatief beschrijven tot doel had. Het belang van Galilei zat hem in het feit dat hij dit wilde veranderen, en dat met behulp van de Alexandrijnse natuurkennis ook de ambitie had natuurverschijnselen te verklaren, in plaats van slechts kwantitatief beschrijven. Al voor de publicatie van de Sterrenbode had Galilei tijdens zijn jaren in Padua zijn nieuwe wiskundigenrealistische vorm van natuurkennis ontwikkeld, en ambieerde deze aan de man te brengen en de gangbare natuurfilosofie van zijn troon te stoten. Cohen toont dit onder andere aan door de stellen dat Galilei bij zijn aanstelling als hofwiskundige bij de Medici familie er een speciaal punt van maakte dat zijn functie omschreven werd als 'wiskundig filosoof'.

In Cohens boek wordt Galilei's bijdrage aan het ontstaan van nieuwe denkbeelden over de hemel ook belicht, maar hierbij stelt zijn keuze om zich als grote verdediger van Copernicus op te werpen eigenlijk een strategische keuze was, omdat hij verwachtte dat dit de beste manier zou zijn om zijn realistisch wiskundige vorm van natuurkennis aan de man te brengen.⁹⁹ Dit thema, van nieuwe ideeën over de hemel en de ordening van het heelal komen in het boek van Cohen wel uitgebreid aan bod, maar wordt meer geplaatst in een reeks van onderwerpen, zoals ook de discussie over het wel of niet bestaan van het luchtledige, waarin als gevolg van de nieuwe natuurkennis doorbraak in plaatsvond.

Zoals in het vorige hoofdstuk uiteengezet is heeft Galilei met zijn onderscheid in drie werkelijkheidsniveaus, waarbij het tussenniveau de ideale werkelijkheid kon bereiken door het opstellen van kunstmatige settings, ook bijgedragen aan de opkomst van het wetenschappelijk instrument. Zo vormde het experiment een krachtig hulpmiddel om wiskundige uitspraken te toetsen. Verder wordt het ontstaan van wetenschappelijke instrumenten bij Cohen vooral in het kader van de derde transformatie geplaatst, namelijk die van de nauwkeurige waarneming naar het opsporend instrument. Pas een echte doorbraak hierin noteert Cohen in de tweede helft van de zeventiende eeuw, wanneer de drie nieuwe vormen van natuurkennis alle drie veld winnen. Dit kon pas komen nadat het idee dat de wereld veel rijker was aan natuurverschijnselen dan met het blote oog waarneembaar had postgevat.¹⁰⁰ De nieuwe instrumenten die in deze stroming belangrijk werden waren de luchtpomp, de telescoop, de microscoop en het muziekinstrument.

⁹⁸ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 116.

⁹⁹ Ibidem, 156.

¹⁰⁰ Ibidem, 211.

Henry

In de analyse van Henry heeft enerzijds het omlaag gehaald worden van de dominante status die de Aristotelische natuurfilosofie genoot en het anderzijds omhoog getrokken worden van de status van een tweetal andere benaderingen van de natuur, namelijk de wiskundige en de experimentele, geleid tot een doorbraak in de manier waarop men natuuronderzoek deed zodat iets ontstond wat lijkt op de huidige notie van modern natuurwetenschappelijk onderzoek. Vervolgens wordt in zijn uitleg van deze ontwikkeling aandacht besteedt aan de brede context van Renaissance Europa.

Net als bij Cohen wordt in de vertelling van Henry Galilei vooral in het kader geplaatst van de opkomst van wiskunde voor het opdoen van natuurkennis, ofwel het gebruik van wiskunde voor het doen van uitspraken die voorheen in het domein van de natuurfilosofie thuishoorden. Zo maakt Henry bijvoorbeeld notie van Galilei's inspanning om bewegingsleer samen te brengen met natuurfilosofie.¹⁰¹ Zoals we gezien hebben wordt Galilei in het rijtje van 'realisten' geplaatst, na Ptolemaeus, Copernicus en Kepler, en het is in het kader van de verhoging van de status van de wiskundige dat Henry de grootste prestatie van Galilei lijkt te zien. Dit was belangrijk, omdat dit de omslag van een instrumentalistische houding tegenover het gebruik van wiskunde naar een realistische houding heeft mogelijk gemaakt: *'The rise of mathematics followed the rise of the mathematicians'*.¹⁰² Verschillende sociaaleconomische en politieke factoren hebben eraan bijgedragen dat aan de wiskundige benadering eenzelfde status zou worden toegekend als het geval was voor de natuurfilosofie. Twee factoren die in dit opzicht noemt zijn de veranderende natuur van de koningshoven, waarbij deze zich steeds meer gingen omringen van wetenschappers, waaronder ook wiskundigen, en een veranderende houding van wiskundigen, die in steeds mindere mate genoeg namen met hun ondergeschiktheid aan de natuurfilosofie van Aristoteles. Henry wijst Galilei aan als de grootste figuur in deze beweging.¹⁰³

De opkomt van het instrument wordt bij Henry gekoppeld aan de opkomst van het experiment. Hierbij stelt hij wel dat zowel in de wiskundige disciplines een meer diverse reeks van instrumenten in gebruik kwam als dat de eerste natuurfilosofische instrumenten ontwikkeld werden. De belangrijkste hierbij waren de telescoop, de microscoop, de barometer, de luchtpomp en de thermometer.¹⁰⁴ Zowel in de opkomst van de experimentele methode als voor het gebruik van het instrument wijst Henry de wiskundige tradities als belangrijke bron aan. Hierbij noemt hij ook Galilei, die wiskundige was en wie het gelukt is de telescoop als wetenschappelijk instrument neer te zetten. Henry lijkt aan te nemen dat de wiskundige tradities een belangrijke impuls waren voor het gaan gebruiken van instrumenten in wetenschappelijk onderzoek.

Zoals in hoofdstuk twee gezien maakt Henry wel notie van de gevolgen die het werk van Galilei met zich mee brengen voor de heersende ideeën over de hemel, maar het gevestigd raken van nieuwe beelden over de hemel wordt bij Henry, net als bij Cohen, neergezet als een van de gevolgen van de doorbraak in natuuronderzoek die tot de moderne natuurwetenschap leidde. Met het verlies van de status van de

¹⁰¹ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* 5.

¹⁰² Ibidem, 30.

¹⁰³ Ibidem, 22-23.

¹⁰⁴ Ibidem, 32.

Aristotelische natuurfilosofie en de opkomst van de nieuwe mechanische filosofie naast de nieuw geaccepteerde benaderingen van de natuur, konden de nieuwe ideeën over de hemel postvatten.

McClellan en Dorn

McClellan en Dorn laten tonen aan hoe voorafgaand aan de wetenschappelijke revolutie rond het jaar duizend Europa een 'beschaving' wordt en een serie van technische ontwikkelingen omstandigheden in Europa creëren waarin het hogere leren een plek kan krijgen. In hun duiding van de ontwikkeling van wetenschap tijdens de zestiende en zeventiende eeuw in Europa staat vervolgens de sociale en institutionele context centraal en het ontstaan van een heliocentrisch wereldbeeld. Minder dan bij de andere auteurs wordt Galilei bij hen in een bepaald kader geplaatst, en ook minder dan bij de andere auteurs worden de behandelde thema's in een bepaald kader geplaatst. Zo zeggen ze over Galilei:¹⁰⁵

His improvement of the telescope, his astronomical discoveries, and his research on motion and falling bodies brought him international fame and an enduring place in the annals of science.

Hiermee worden dus eigenlijk alle drie behandelde thema's aangestipt als even belangrijke prestaties van Galilei. Laten we toch proberen om de drie thema's in het bredere kader van McClellan en Dorn te schetsen.

Het gebruik van de telescoop en andere instrumenten voor wetenschappelijk onderzoek stellen McClellan en Dorn in het perspectief van opkomende interacties tussen wetenschap en technologie. Hoewel ze concluderen dat ook tijdens en na de wetenschappelijke revolutie de twee grotendeels gescheiden ondernemingen bleven, vinden ze de opkomst van het instrument illustratief voor toch een meer complexe interactie tussen de twee domeinen, die in de zeventiende eeuw begon op te komen.¹⁰⁶ Hierbij wordt de ontwikkeling van de telescoop door Galilei als voorbeeld genomen, die ontworpen was zonder enige hulp van theorie. Vervolgens hadden de ontdekkingen gedaan met behulp van de telescoop wel gevolgen voor wetenschappelijke theorie.¹⁰⁷ Hiernaast zien ze de opkomst van het instrument in de wetenschap als illustratie voor de historische impact van technologie op wetenschap.¹⁰⁸

Voor de analyse van McClellan en Dorn van de wetenschappelijke revolutie lijken Galilei's wiskundige prestaties vooral van belang omdat ze hem hebben overtuigd van de onjuistheid van Aristoteles' visie en de juistheid van het heliocentrisme van Copernicus. Wel doen ze uitgebreid verslag van zijn prestaties in de mechanica. Toch benadrukken ze ook dat de theorieën van Galilei de ambachtslieden en vakmannen, en hiermee op de technologie, geen impact gehad hebben.

In hun behandeling van Europa is een van de vragen die McClellan en Dorn expliciet stellen hoe zich in

¹⁰⁵ McClellan III e.a., *Science and Technology in World History, an introduction* 223.

¹⁰⁶ Ibidem, 268.

¹⁰⁷ Ibidem, 269.

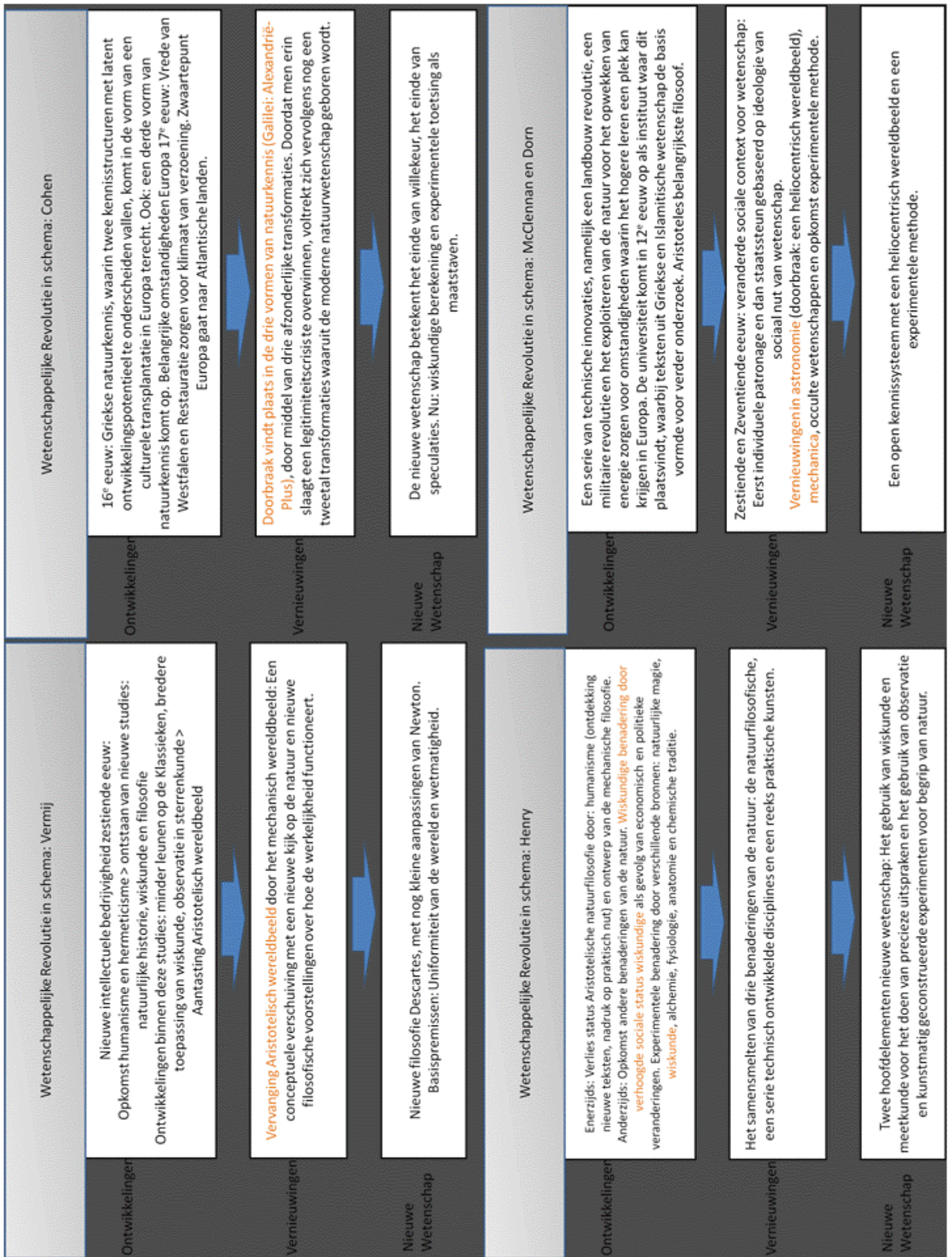
¹⁰⁸ Ibidem, 269.

Europa een heliocentrisch wereldbeeld heeft kunnen ontwikkelen, omdat alle beschavingen tot dan toe een geocentrisch wereldbeeld hadden. Dit vormt dus een rode draad in hun vertelling van de wetenschappelijke revolutie, en om deze rede behandelen ze achtereenvolgens Copernicus, Galilei en Newton. In dit opzicht waren de *Sterrenbode* en de *Dialogo* van groot belang, omdat beide duidelijke argumenten presenteerden tegen het Aristotelisch systeem en voor het Copernicaanse systeem.

Een korte vergelijking op de drie punten

Met betrekking tot het ontstaan van nieuwe ideeën over de hemel en de aard van het heelal is het opvallend dat deze ontwikkeling bij Vermij en McClennan en Dorn als het centrale element van de wetenschappelijke revolutie neergezet wordt, terwijl Henry en Cohen dit meer als een gevolg lijken te zien van hun centrale element, wat betrekking heeft op vernieuwingen op methodologisch gebied. Dit komt ook goed naar voren in Figuur 3.1, namelijk door de verschillende invullingen bij de hokjes 'vernieuwingen'. Dit verschil brengt gevolgen met zich mee voor de waardering van de rol van Galilei. Bij Vermij en McClennan en Dorn wordt Galilei primair geplaatst in het kader van de teloorgang van het Aristotelisch wereldsysteem, terwijl hij bij Cohen en Henry primair geplaatst wordt in het kader van de opkomst van de wiskundige benadering in natuuronderzoek. In het boek van Vermij wordt Galilei in een rij geplaatst met Descartes, terwijl hij bij Cohen juist als een fundamenteel anders opererend natuuronderzoeker wordt gepresenteerd. Opvallend hierbij is dat voor Vermij de zowel de integratie van een wiskundige benadering in de natuurfilosofie als het gebruik van instrumenten voor natuuronderzoek als gevolg worden gezien van de introductie van een nieuwe wereldbeeld door Descartes, terwijl deze twee ontwikkelingen zowel bij Cohen als bij Henry juist in een hier losstaand kader van geplaatst worden. Bij hen beiden wordt de ontwikkeling van het gebruik van wiskunde voor natuuronderzoek, respectievelijk de transformatie van 'Alexandrië' naar 'Alexandrië-Plus' en 'de mathematisering van het wereldbeeld', als een ontwikkeling weergegeven die losstaat van de opkomst van een alternatieve natuurfilosofie. Ook wordt bij hen beiden de opkomst van instrumenten voor het doen van natuuronderzoek vooral in de experimentele hoek geplaatst, waarbij beiden er tegelijkertijd bij zeggen dat ook wiskundige experimenten hieraan hebben bijgedragen. Door de manier waarop McClennan en Dorn hun beschrijving van de wetenschappelijke revolutie hebben opgezet, namelijk door achtereenvolgens een aantal sleutelfiguren te behandelen en het geheel van hun bijdragen te bespreken zonder hierbij een duidelijke nadruk te leggen op een ontwikkeling, komt dit verschil bij hen niet zozeer naar voren. Hun vertelling neemt wat dat betreft een meer beschrijvend karakter aan, waarin ze simpelweg de verschillende vernieuwingen en prestaties van de door hun gekozen figuren willen weergeven.

Figuur 3.1 De vier in Schema



Conclusie

In dit paper zijn vier verschillende vertellingen van de wetenschappelijke revolutie behandeld, en is een drietal ontwikkelingen waarin Galilei mede door de publicatie van de twee behandelde bronteksten een rol gehad heeft aan bod gekomen. Hoewel hierbij verschillen in duiding aan het licht gekomen zijn, lijkt het in deze conclusie tijd voor een aantal synthetiserende uitspraken over de wetenschappelijke revolutie en de rol van Galileo Galilei daarin.

Tussen grofweg vijftienhonderd en zeventienhonderd heeft zich in Europa een aantal grondige veranderingen met betrekking tot het bestuderen van de natuur en de kijk op de wereld voorgedaan. Deze veranderingen tezamen hebben de basis gelegd voor de moderne natuurwetenschap, waarin een heliocentrisch wereldbeeld aangehouden wordt en men met behulp van de wiskunde en het experiment natuuronderzoek doet. Wat betreft de rol van Galileo valt vooral de veelzijdigheid van zijn bijdrage op. Zowel aan de opkomst van het experiment als aan de opkomst van de wiskunde als aan het ontstaan van een heliocentrisch wereldbeeld heeft hij bijdragen geleverd. De telescopische observaties die hij publiceerde in de *Sterrenbode* waren sensationeel. Niemand had de ontdekkingen waarvan hij verslag deed kunnen verwachten. Het boek betekende een serieuze aantasting voor de bestaande ideeën over de hemel en bood uitkijk op een geheel nieuwe, nog onbekende wereld. Op dag een van de *Dialogo* wordt de aanval op Aristoteles' systeem voortgezet. Dit gebeurt met behulp van zijn telescopische ontdekkingen en door het doen van redeneringen tegen de argumentatie van Aristoteles. Tevens wordt een aantal opmerkingen met betrekking tot beweging gemaakt, waaruit zijn interesse voor de mechanica blijkt. Zijn grootste prestaties op dit gebied zullen echter pas in later werk aan bod komen. Naast de veelzijdigheid valt ook op hoe fragiel de vernieuwingen waaraan Galilei bijdroeg nog waren. Met Galilei was het nog helemaal niet zeker dat zijn controversiële ideeën zodanig diep zouden wortelen en een basis zouden vormen voor toekomstig onderzoek.

Een korte beschouwing over de geschiedwetenschap

In dit paper is met behulp van vier boeken de wetenschappelijke revolutie onder de loep genomen. Hoewel een aantal ontwikkelingen in elk van de vier boeken terugkomt en ze op verschillende punten overeenkomsten vertonen, valt toch op dat er ook niet geringe verschillen in interpretatie bestaan. Dit brengt ons bij de priemende vraag; is dit niet vreemd? Hoe kan het dat de betreffende auteurs soms een compleet andere duiding geven aan hetzelfde onderwerp? In dit nawoord zullen deze vragen behandeld worden. Hierbij zal eerst het wetenschappelijk karakter van geschiedschrijving behandeld worden, waarbij ook aandacht besteed wordt aan de geschiedwetenschap als onderdeel van de geesteswetenschappen, en vervolgens zal de rol van het 'zoeken naar de waarheid' dieper uitgelicht worden.

Voor een groot deel luidt het antwoord op bovengenoemde vragen dat het inherent is aan het karakter van de geschiedwetenschap dat er verschillende duidingen en interpretaties naast elkaar bestaan. Historici streven ernaar kennis op te doen over het verleden door middel van kritisch bronnenonderzoek, ondersteund door bijvoorbeeld historiografisch onderzoek of theorieën uit andere wetenschappen. Hierbij gaat het veelal niet zozeer om het opdoen van feitenkennis, maar tracht men betekenis te geven aan het verleden. Dit kan op verschillende wijzen. Zo kan een historicus bijvoorbeeld tot doel hebben een ontwikkeling of gebeurtenis te verklaren, hij kan tot doel hebben iets in context te plaatsen of hij kan een specifiek onderdeel van een bepaalde ontwikkeling willen toelichten. Dit proces, dat van betekenis geven, is fundamenteel voor het karakter van de geschiedwetenschap en het is dit proces, waarbij men steeds op verschillende manieren en met behulp van nieuwe vragen het oneindig grote verleden probeert te interpreteren, wat zorgt voor de bedrijvigheid en dynamiek van historisch onderzoek. Door het opwerpen van nieuwe onderzoeksvragen, het introduceren van nieuwe perspectieven, het toepassen van nieuwe theorieën en op tal van andere wijzen kunnen historici het verleden in een ander licht stellen. Deze eigenschap van de geschiedwetenschap legt ten dele uit hoe het komt dat de vier behandelde boeken er elk een sterk verschillende vertelling van gebeurtenissen op nahoudt. Elk van de auteurs wil door het stellen van een nieuw soort vraag de gebeurtenissen in een nieuw perspectief plaatsen. Waar Cohen expliciet wil uitleggen hoe het komt dat de 'beslissende aanzet' tot de moderne natuurwetenschap zich in Europa heeft voortgedaan, zodat een vergelijkende studie volgt die begint bij respectievelijk de Griekse en Chinese natuurkennis, streeft Henry ernaar het ontstaan van de moderne natuurwetenschap in een zo volledig mogelijke context van Renaissance Europa te plaatsen, zodat hij zijn verhaal in 1500 begint.¹⁰⁹ Zoals we gezien hebben kan een verschil in vraagstelling in elk geval voor een deel een verschil in duiding verklaren. Zo kwam het feit dat Cohen en McClellan en Dorn op een geheel andere wijze de wetenschapsgeschiedenis van het niet-westen en de wetenschapsontwikkeling in Europa met elkaar in verband brachten gedeeltelijk voort uit de verschillende onderzoeksvragen die zij erop nahielden. In zijn boek '*What is History?*', welke een van de eerste boeken was over de geschiedwetenschap, stelde de Britse historicus E.H.Carr dat geschiedenis '*an undending dialogue between the past and the present*' is.¹¹⁰ Historici, gestuurd door hun eigen ervaringen, hun eigen leven in het heden, komen telkens op nieuwe vragen over het verleden.

Naast een dialoog met het verleden, lijken de betreffende auteurs ook een dialoog met elkaar aan te

¹⁰⁹ F. Cohen, *De herschepping van de wereld, het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam 2008) 12 en J. Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* (Hampshire 2008) 6.

¹¹⁰ E.H.Carr, *What is History?* (Basingstoke 2001) 62.

gaan. Alle auteurs maken in hun boek een expliciete verwijzing naar wat voor hen hierbij de reden was het betreffende boek te schrijven. Zo stelt Vermij in zijn inleiding dat hij wil laten zien dat de ontwikkeling van wetenschap meer inhoudt dan de groei van wetenschappelijke kennis, en dat om te begrijpen hoe wetenschap kon worden tot wat het nu is, 'we ons om te beginnen rekenschap moeten geven van de verschillende aspecten van het verschijnsel.'¹¹¹ Henry ageert in zijn boek tegen het schrijven van *whig history*, wat hij verwoordt als de '*tendency in the history of science to look back with hindsight about what is known to be important later*'.¹¹² In plaats daarvan stelt hij dat historici als doel moeten hebben '*to strive for as full an understanding as possible of the contemporary context*'.¹¹³ McClellan en Dorn willen in hun boek een huidige, volgens hun breed voorkomende misvatting tegengaan:

*'We intend to review the common assumption that technology is applied science and show, instead, that in most historical situations prior to the twentieth century science and technology have progressed in either partial or full isolation from each other – both intellectually and sociologically.'*¹¹⁴

Cohen ten slotte wil de geschiedschrijving over het ontstaan van de moderne natuurwetenschap aanvullen door het stellen van een nieuw doel, namelijk verklaren waarom de wetenschappelijke revolutie zich in Europa heeft voorgedaan: 'Maar niet is stelselmatig geprobeerd uit te leggen hoe het komt dat de beslissende aanzet tot de moderne natuurwetenschap zich nu juist in Europa heeft voorgedaan (...)'¹¹⁵ Hij lijkt het belangrijk te vinden naast Europa ook het niet-westen te behandelen en hierbij te laten zien dat het niet een dwingend of noodzakelijk feit is dat de wetenschappelijke revolutie zich in Europa voltrokken heeft, maar dat zaken ook geheel anders hadden kunnen verlopen. Alle auteurs lijken dus in hun onderzoekskeuze gestuurd te zijn door de huidige tijd en elkaars werk. Zo willen ze bijvoorbeeld een dieper begrip creëren van wetenschap omdat dit vandaag de dag zo belangrijk is of bestaande mispercepties tegenspreken. De geschiedwetenschap lijkt een continuerend bedrijf waarbij de wetenschappelijke dynamiek hem erin zet dat men telkens nieuwe kritische vragen stelt over het verleden. Hierdoor blijft dit verleden betekenisvol voor het heden.

Met de bovengenoemde eigenschap, van het betekenis willen geven aan het verleden, past de geschiedwetenschap goed binnen de bredere geesteswetenschappen. Haar wortels terugvindend in de negentiende eeuw, hebben de geesteswetenschappen zich als een aparte wetenschap ontwikkeld en over het algemeen wordt de geschiedwetenschap binnen de geesteswetenschappen geplaatst. We kunnen dus ook wijzer worden over de historische wetenschap door een iets nadere blik te werpen op deze geesteswetenschappen. In het boek 'wetenschapsfilosofie voor geesteswetenschappen' laten de twee academici Michiel Leezenberg en Gerard de Vries zien op welke manieren de geesteswetenschappen zich onderscheiden van andere wetenschappen. Als belangrijke aspecten hierbij wijzen ze naar haar eigen onderzoeksobject, te weten de mens en haar cultuurproducten, en verwijzen ze verder naar haar kennisideaal en methodes om weer te geven wat haar karakter kenmerkt. Belangrijk hierbij is dat de geesteswetenschappen, in tegenstelling tot de natuurwetenschap, niet zozeer op zoek zijn naar 'de waarheid', maar op zoek zijn naar uitleg van betekenissen.¹¹⁶ Waar we in de natuurwetenschap gezien hebben dat

¹¹¹ R.Vermij, *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* (Amsterdam 2010) 2.

¹¹² J. Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science* (Hampshire 2008) 3.

¹¹³ Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, 6.

¹¹⁴ J.E. McClellan III en H. Dorn, *Science and Technology in World History, an introduction* (Baltimore 2006) 2.

¹¹⁵ Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* 12.

¹¹⁶ M. Leezenberg en G. de Vries, *Wetenschapsfilosofie voor Geesteswetenschappen* (Amsterdam 2001) 20.

twee verschillende theorieën over bijvoorbeeld de aard van de hemel niet naast elkaar konden bestaan, en na een lang proces uiteindelijk de aanhangers van het heliocentrische systeem de strijd om de waarheid gewonnen hebben, is het in de geesteswetenschappen niet problematisch als verschillende visies en duidingen naast elkaar bestaan. Hiermee samenhangend lijken de geesteswetenschappen zich te kenmerken door een methode waarin een bijzondere rol toegekend is aan het proces van interpretatie. In de hermeneutische traditie, de studie van het interpreteren, wordt de rol van 'het onderzoekend object' dan ook uitvoerig behandeld. Een terugkomend aspect hierin is dat de onderzoeker zich altijd bewust moet zijn van zijn eigen positie en de subjectiviteit van zijn interpretatie, waarbij zijn eigen tijd, cultuur en taal bepalend kunnen zijn voor zijn interpretatie.¹¹⁷

Hoewel we nu gezien hebben hoe het kan dat de vier boeken in opbouw en analyse sterk van elkaar verschillen en aangetoond hebben dat dit eigen is aan het karakter van de geschiedwetenschap, blijft het enigszins problematisch dat de auteurs niet alleen van elkaar verschillen wegens hun uiteenlopende doelen, onderzoeksvragen en de daarmee samenhangende analyses, maar dat ze elkaar op sommige punten zelfs sterk tegenspreken. Als men niet op zoek is naar de waarheid, en zelfs een bijzondere rol toekent aan subjectieve interpretaties, is dan niet het hek van de dam? Cohen heeft laten zien dat in de ontwikkeling van de natuurwetenschap men op een gegeven moment manieren moest vinden om 'perk en paal' te stellen aan de overmaat en ogenschijnlijke willekeur van al het natuurkundig onderzoek. Hoe gebeurt dit eigenlijk in de geschiedwetenschap? Ook in de geschiedwetenschap is het stellen van onderzoeksnormen fundamenteel voor haar wetenschappelijk karakter. Hierbij lijkt de maatstaf te zijn in hoeverre een historicus erin geslaagd is een samenhangend en gefundeerd verhaal te maken uit de overvloed aan feiten en gegevens uit het verleden. De historici John Tosh en Sean Lang stellen in hun boek *The Pursuit of History* dat de manier van omgang met bronnen de belangrijkste normatieve beoordelingsmeter is voor historisch onderzoek: *'The first test by which any historical work must be judged is how far its interpretation of the past is consistent with all the available evidence'*.¹¹⁸ Ondanks het bestaan van normen voor historisch onderzoek hebben we gezien dat het mogelijk is dat historici van mening verschillen. Zo lijkt het in het boek van Vermij een verdienste van Descartes dat het gebruik van instrumenten opkwam in natuuronderzoek, waar dat door Cohen bij een nieuw opgekomen experimentele methode en de experimentele wiskunde geplaatst wordt. Ook in de rol die beide heren aan Newton toekennen verschillen ze sterk van mening. Hoe kan dit? Het meest optimistische antwoord zou zijn dat beiden een beetje gelijk hebben. De waarheid zou dan in het midden liggen, enerzijds zou Vermij iets teveel verdiensten aan Descartes toekennen terwijl Cohen anderzijds misschien de kracht van bestaande concepties en het belang van hoe mensen dingen in hun 'wereldbeeld' kunnen plaatsen zou onderschatten. In dit geval zouden zelfs totaal verschillende meningen tot mooie aanvullingen verworpen zijn. Toch zou een ander mogelijk antwoord zijn dat een van de twee er volledig naast zit, en simpelweg een verkeerde voorstelling van zaken heeft gegeven als gevolg van foute interpretatie van het bronnenmateriaal. Nog een derde antwoord, welke tegelijkertijd het meest pragmatisch als het meest hoopvolle antwoord op deze vraag lijkt, luidt dat we misschien wel nooit zullen weten wie er gelijk heeft, maar dat dat misschien ook wel niet het belangrijkste is. Zo stelt de Britse historicus G.R. Elton over het nut van geschiedschrijving en historici: *'(...)It lies much more in the fact that they produce standards of judgment and powers of reasoning which they alone*

¹¹⁷ Leezenberg e.a., *Wetenschapsfilosofie voor Geesteswetenschappen* 133-156.

¹¹⁸ J. Tosh en S. Lang, *The Pursuit of History* (Edinburgh Gate 2006) 60.

*develop, which arise from their very essence, and which are usually clear-headed, balanced and compassionate.*¹¹⁹

Hiermee lijkt de kunde van historici hem er vooral in te zitten dat ze een goed onderbouwd verhaal neerzetten. Historici kunnen totaal anders denken over zaken, en of ze nou allebei een beetje gelijk hebben of dat de een er volledig naast zit, misschien is dit niet het voornaamste, en zit het belang van de geschiedwetenschap al een stap eerder. Het is het opwerpen van een nieuwe vraag of het poneren van een alternatieve visie met nieuwe argumenten, dat belangrijk is in de geschiedwetenschap omdat men zo gedwongen wordt zaken van verschillende kanten te bekijken, na te denken over hoe dingen anders hadden kunnen zijn, te relativieren, argumenten tegen elkaar af te wegen enzovoorts. Ook al blijft de waarheid dan misschien onzeker, en kan men hierover in debat verwickeld blijven, toch wordt de mens juist zo een stukje wijzer.

Concluderend kan ten eerste gezegd worden dat overeenkomstig de andere geesteswetenschappen vernieuwend onderzoek in de geschiedwetenschap veelal bestaat uit het introduceren van nieuwe perspectieven door middel van nieuwe onderzoeksvragen. Gestuurd door hun eigen tijd, cultuur en taal stellen historici steeds nieuwe kritische vragen over het verleden. Hierdoor zijn ze zowel met het verleden als met elkaar in dialoog. Door de bijzondere rol voor interpretatie en door haar eigen onderzoeksobject, te weten de mens en haar producten, is het mogelijk dat historici soms grondig van mening verschillen over bepaalde zaken. Hoewel van belang is dat elk geschiedkundig werk normatief beoordeeld wordt, en er zeker kwalitatieve uitspraken over de interpretaties van historici gedaan moeten worden, lijkt het belang van de geschiedwetenschap toch ook in een andere hoek te zitten. Dit lijkt namelijk te zitten in het debat zelf, waarbij men zich steeds bewust wordt van nieuwe inzichten en gedwongen wordt om op andere wijzen naar zaken te kijken. Het geschiedkundig bedrijf is hiermee in groter gevaar wanneer men stopt met het opwerpen van nieuwe kritische vragen of het inbrengen van nieuwe argumenten, dan wanneer men moet concluderen dat historici onderling van mening verschillen.

Bibliografie

Cohen, F., *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard*, (Amsterdam 2008).

Drake, S., *Galileo Galilei Dialogue Concerning the two Chief World Systems*, (Los Angeles 1967).

Helden, A. van., *Sidereus Nuncius or The sidereal Messenger Galileo Galilei*, (Chicago 1989).

Henry, J., *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, (Hampshire 2008).

Leezenberg, M. en G. de Vries, *Wetenschapsfilosofie voor Geesteswetenschappen* (Amsterdam 2001).

McClellan III, J.E. en H. Dorn, *Science and Technology in World History, an introduction*, (Baltimore 2006).

Tosh, J. en S. Lang, *The pursuit of History*, (Edinburgh Gate 2006).

Vermij, R., *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap*, (Amsterdam 2010).