



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Interpretaties van het verleden

*De experimenten van Galileo Galilei*

Broere, S.C.J.R.

### Publication date

2013

### Published in

Skript: historisch tijdschrift

[Link to publication](#)

### Citation for published version (APA):

Broere, S. C. J. R. (2013). Interpretaties van het verleden: De experimenten van Galileo Galilei. *Skript: historisch tijdschrift*, 35(3), 161-173.

### General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

### Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

# Skript

HISTORISCH  
TIJDSCHRIFT

---

Artikel: Interpretations of the Past. The experiments of Galileo Galilei

Auteur: Sebastiaan Broere

Verschenen in: *Skript Historisch Tijdschrift*, jaargang 35.3, 161-173.

© 2014 Stichting Skript Historisch Tijdschrift, Amsterdam

ISSN 0165-7518

**Abstract:** This article aims to criticize Frank Ankersmit's thoughts on historical interpretation by means of a historiographical case study regarding the natural philosopher Galileo Galilei (1564-1642). According to Ankersmit there is nothing in historical reality that corresponds with the content of interpretations. Criticizing the theorist, the question is raised whether or not it is possible to discriminate between different interpretations of a historical event without assuming that those interpretations correspond to a past reality. By examining, comparing, and criticizing four different representations of the role experiments fulfilled in Galileo's inquiries into natural phenomena, it is argued that the past serves as a touchstone to evaluate the validity of those representations. Ankersmit's historiographical ideas might be interesting or exiting, but they do not seem to fit the historian's practice of examining the past.

Niets uit deze uitgave mag worden gereproduceerd en/of vermenigvuldigd zonder schriftelijke toestemming van de uitgever.

---

*Skript Historisch Tijdschrift* is een onafhankelijk wetenschappelijk blad dat vier maal per jaar verschijnt. De redactie, bestaande uit studenten en pas afgestudeerden, wil bijdragen aan actuele historische debatten, en biedt getalenteerde studenten de kans om hun werk aan een breder publiek te presenteren.

Een abonnement op *Skript* kost 20 euro per jaar. U kunt lid worden door het machtigingsformulier in te vullen op [www.skript-ht.nl](http://www.skript-ht.nl). Ook kunt u een e-mail sturen naar de redactie, dan krijgt u het machtigingsformulier thuisgestuurd. Losse nummers zijn verkrijgbaar bij de redactie. Artikelen ouder dan een jaar zijn gratis te downloaden op [www.skript-ht.nl/archief](http://www.skript-ht.nl/archief).

*Skript Historisch Tijdschrift* • Spuistraat 134, kamer 558 • 1012 VB Amsterdam •  
[www.skript-ht.nl](http://www.skript-ht.nl) • [info@skript-ht.nl](mailto:info@skript-ht.nl)

# Interpretaties van het verleden

## De experimenten van Galileo Galilei

*Sebastiaan Broere*

Galileo Galilei is weinigen onbekend, maar over de precieze betekenis van zijn werk voor de ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap zijn de meningen verdeeld. In zijn kritische beschouwing van vier studies naar de wetenschappelijke revolutie ontwaart Sebastiaan Broere vier verschillende Galilei's. Deze verschillen in interpretatie hebben niet alleen gevolgen voor de plaats die Galilei in de geschiedenis wordt toegekend, maar ook voor de historiografie in het algemeen.

Inmiddels is Ankersmits pleidooi voor een op het postmodernisme geënte geschiedschrijving bekend, en in gesprek met mijn medestudenten zie ik het relativisme dat met een dergelijk begrip van geschiedsbeoefening gepaard gaat regelmatig terug. Geschiedenis is interpretatie, en interpretatie is tijdgebonden. Volgens Ankersmit heeft overproductie in de historiografie, 'spreading like a cancer in all fields', ertoe geleid dat een nieuwe houding ten opzichte van geschiedkundige informatie in acht moet worden genomen.<sup>1</sup> Ankersmit verbindt namelijk twee consequenties aan de in zijn optiek pathologische overproductie. Allereerst zijn historiografische debatten zich gaan centreren rondom interpretaties van historische fenomenen, en niet rondom de fenomenen zelf. Ten tweede zijn de historische fenomenen vager geworden, precies als gevolg van een overvloed aan interpretaties. De historische realiteit zelf is niet meer in staat om als arbiter op te treden in een historisch debat. 'The activity of interpretation is understood strictly nominalistically, there is nothing in historical reality [...] that corresponds with the content of interpretations,' aldus Ankersmit.<sup>2</sup> De traditionele notie van een dichotomie tussen woorden en werkelijkheid, en het idee dat woorden verwijzen naar een historische realiteit, zouden plaats hebben gemaakt voor een begrip van de taal als een realiteit op zichzelf.

Het is mijn doel om aan de hand van een case study het radicalisme in Ankersmits historiografische ideeën te nuanceren.<sup>3</sup> Zijn stellingname is weliswaar spannend, maar compleet losgezongen van de historische praktijk. Mijn case study betreft Galileo Galilei (1564-1642) en de functie van experimenten in zijn natuuronderzoek. Om meerdere redenen zijn Galilei's doen en denken onontbeerlijk in een genese van de moderne natuurwetenschap, maar historici verschillen van inzicht over de vraag hoe de Italiaan precies in dit ontstaansproces gepositioneerd moet worden; ook in de wetenschapsgeschiedenis is overproductie geen vreemde. Ik zal ingaan op vier interpretaties van Galilei's bijdrage aan de wetenschappelijke revolutie: Floris Cohens *De herschepping van de wereld*, John Henry's *The scientific revolution and the origins of modern science*, Rienk Vermijs *Kleine geschiedenis van de wetenschap*, en James E. McClellan en Harold Dorns *Science and technology in world history*.<sup>4</sup> In deze relatief recent verschenen werken komen namelijk vier sterk verschillende wetenschappelijke revoluties en

personen Galilei naar voren. Deze interpretaties zal ik contrasteren met Galilei's *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze* (1638). Hierin uitte Galilei expliciet kritiek op zijn filosofische voorgangers, die naar Galilei's zeggen hun beweringen noch zintuigelijk, noch mathematisch wisten te stoelen. Daarnaast experimenteerde de Italiaan met diverse praktijken om zijn onderzoek wel te funderen. In hoeverre wordt Galilei's denken over het experiment adequaat gerepresenteerd in de vier studies? En wat betekent dit voor Ankersmits stelling dat 'we no longer have any texts, any past, but just interpretations of them'?<sup>5</sup> Kan vanuit zijn optiek de vraag naar adequate representatie überhaupt zinvol gesteld worden?

## Wetenschappelijke revoluties

Elk concept van revolutie, zo ook die van de wetenschappelijke revolutie, is problematisch. In de door ons te analyseren werken wordt echter met meer of minder woorden betoogd dat de notie 'wetenschappelijke revolutie' zowel zinvol als bruikbaar is. Floris Cohen is hierin het meest expliciet: de zeventiende-eeuwse transformaties in diverse vormen van natuurkennis lagen voor een eigentijdse aanschouwer niet in het verschiep en kunnen daarom dus met recht revolutionair worden genoemd.<sup>6</sup> 'Diverse vormen van natuurkennis' moet hier benadrukt worden. De wetenschappelijke revolutie wordt door geen van de historici begrepen als een coherente gebeurtenis, als 'één en ondeelbaar',<sup>7</sup> maar als een verzameling van gebeurtenissen, die elk afzonderlijk in meer of mindere mate als revolutionair kunnen worden beschouwd.

Tot dit punt stemmen de historici overeen. Hoe de wetenschappelijke revolutie precies wordt begrepen en hoe het ontstaan van de moderne natuurwetenschap met deze periode in verband wordt gebracht zijn punten van contrast. Hoewel bijvoorbeeld in Cohens werk conceptuele omwentelingen niet onderbelicht blijven, dankt deze zeventiende-eeuwse periode volgens Cohen haar revolutionaire karakter bovenal aan methodologische transformaties. Deze transformaties vonden plaats in de eerder genoemde 'vormen van natuurkennis', waarvan Cohen er drie onderscheidt. Dit onderscheid vloeit voort uit de methodologisch verschillende wijzen waarop deze vormen van natuurkennis zich verhielden tot de natuurfenomenen: conceptueel-kwalitatief (bijvoorbeeld de natuurfilosofische benadering van Aristoteles), conceptueel-kwantitatief (bijvoorbeeld de wiskundige benadering van Archimedes), of empirisch-praktisch (bijvoorbeeld het natuuronderzoek van Leonardo da Vinci). Een zestal zeventiende-eeuwse, revolutionaire transformaties resulteerde in een synthese tussen experiment en intellectualisme, waardoor 'de bouw, gevolgd door niet aflatende verbouwing, van kwantitatief georiënteerde modellen van de ervaringswerkelijkheid' mogelijk werd.<sup>8</sup> Voor het eerst in de wereldgeschiedenis werden praktijken ontwikkeld waardoor een uitspraak over de natuurwereld op haar realiteitswaarde kon worden getoetst.

In tegenstelling tot Cohen legt Rienk Vermij de nadruk op de conceptuele omwentelingen ten tijde van de wetenschappelijke revolutie. De hedendaagse voor-

onderstellingen in het denken over natuur en wetenschap vinden volgens Vermij hun oorsprong in de zeventiende eeuw, in het specifiek in het denken van Galilei en René Descartes (1596-1650). Nadat in de zestiende eeuw het aristotelische wereldbeeld langzaam maar zeker in diskrediet was gebracht ontstond de behoefte aan een nieuwe totaalfilosofie, die ontleend werd aan de cartesiaanse wijsbegeerte. Deze omsloot een volgens vaste natuurwetten causaal gedetermineerd universum waarin materiedeeltjes bewegen, op elkaar stuiten en samenklonteren. Het is tegen de achtergrond van deze mechanische conceptie van de natuur dat een nieuw, wetenschappelijk en experimenteel programma vorm kon krijgen.

Verbinden zowel Cohen als Vermij de revolutie met de zeventiende eeuw, John Henry plaatst de wetenschappelijke revolutie tussen 1500 en 1700. Hij begrijpt haar als de periode waarin de middeleeuwse natuurfilosofie, die zich tot dan toe afzijdig had gehouden van meer wiskundige, praktische en experimentele benaderingen van de natuur, verstrengeld raakte met deze alternatieve benaderingswijze. Hieruit ontstond een vorm van natuurkennis die dichterbij onze eigen notie van wetenschap ligt.<sup>9</sup> In overeenstemming met het Griekse denken, was het aristotelianisme dat gedoceerd werd aan de universiteiten puur intellectueel: Klukhuhns uitspraak dat het enige dat de onderzoekende Griek mocht breken zijn hoofd was, gaat tevens op voor zijn kloosterlijke nazaten.<sup>10</sup> Onder invloed van het humanisme groeide echter de overtuiging dat natuurkennis praktisch en nuttig diende te zijn. Mede als gevolg van deze nieuwe culturele waarde steeg het sociale aanzien van de eerder genoemde kennistradities en zij vonden daardoor aan de Europese hoven machtige patronaten. Pas nadat een natuuronderzoeker verbonden was aan de hofhouding van deze of gene, kon hij in discussie treden met het universitaire aristotelianisme. Nieuwe onderzoeksmethodes en een nieuwe conceptie van de natuur vloeiden uit deze discussie voort.<sup>11</sup>

In *Science and technology in world history* wijzen James E. McClellan en Harold Dorn net als de andere historici op het multidimensionale karakter van de wetenschappelijke revolutie. In hun bespreking van deze periode, die de zestiende en zeventiende eeuw beslaat, is het echter voornamelijk astronomie wat de klok slaat. Net als Henry verklaren McClellan en Dorn het ontstaan van moderne wetenschappen vanuit de 'new external conditions for science and natural philosophy'.<sup>12</sup> Nicolaus Copernicus (1473-1543) wijzen zij aan als de initiator van het ontstaansproces van de nieuwe wetenschappen omdat hij radicaal brak met het geocentrische wereldbeeld en zo verdere ontwikkelingen mogelijk maakte.<sup>13</sup> De beoefenaars van de nieuwe wetenschappen die ontstonden, poogden hun claims experimenteel te onderbouwen en hun bevindingen helder en inzichtelijk te presenteren.

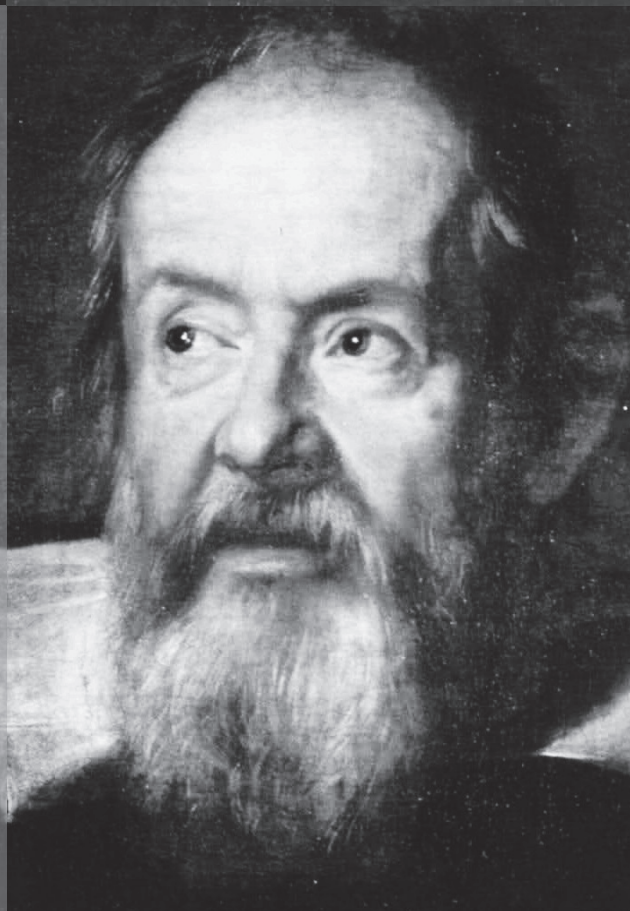
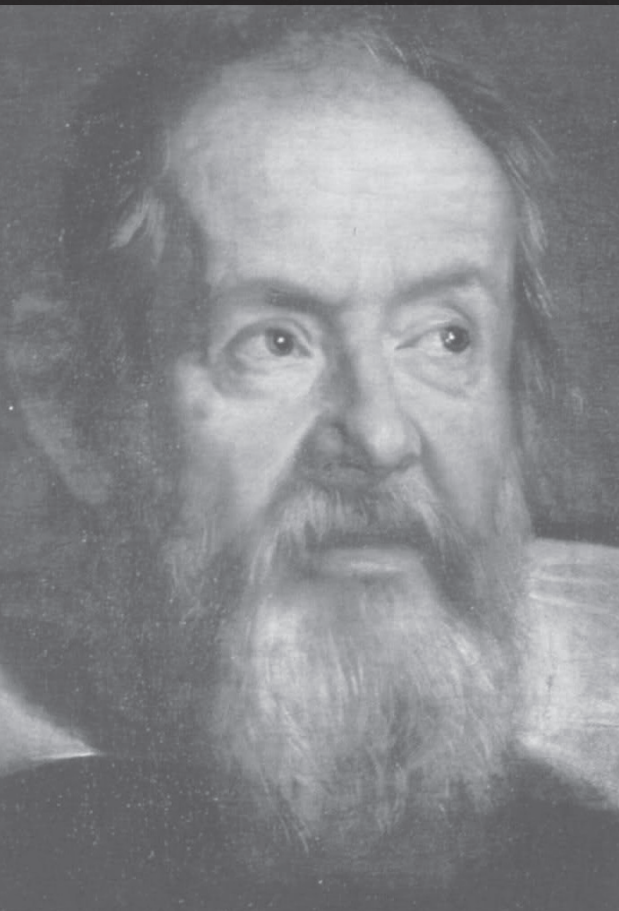
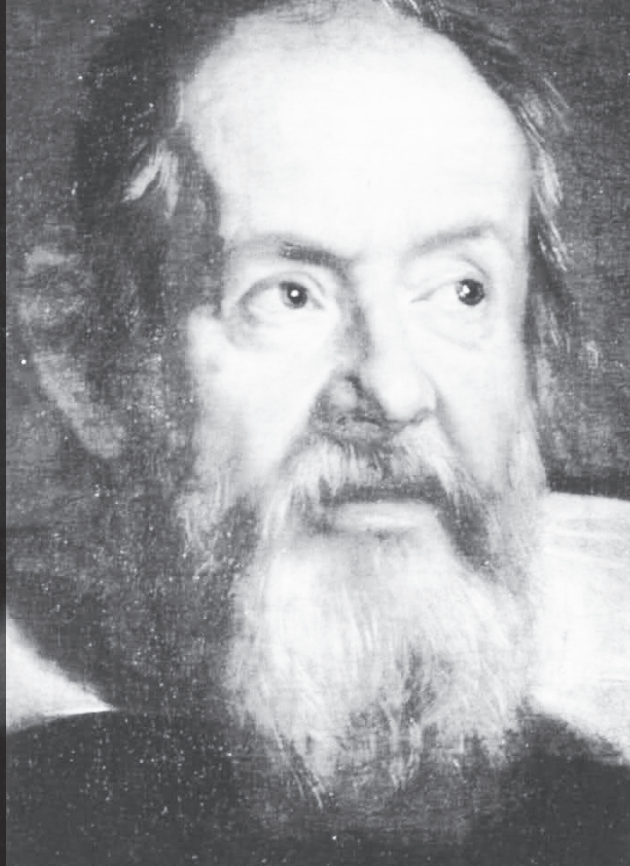
## Viermaal Galilei

Nu kort is uiteengezet dat de auteurs de wetenschappelijke revolutie verschillend interpreteren, kan eenvoudig verduidelijkt worden, welke positie zij Galilei in het kader van deze revoluties toeschrijven.

Zoals gezegd, deelt Cohen de revolutie op in een zestal revolutionaire transformaties. Samen met Johannes Kepler (1571-1630) speelt Galilei volgens hem de hoofdrol in de eerste van deze zes. Deze transformatie behelst zowel een verdieping als een verbreding van de conceptueel-kwantitatieve benadering van de natuur. ‘Verbreding’ betekent dat nieuwe natuurfenomenen aan wiskundige analyse worden onderworpen. Hefbomen, worpbewegingen en materiaalsterkte zijn hier voorbeelden van. Met verdieping van de kennisstructuur bedoelt Cohen een verandering in het denken over de rechtvaardiging van een kennisclaim, namelijk door de introductie van het toetsende experiment. De Italiaan beschouwde wiskunde als ‘de taal waarin het boek der natuur’ was geschreven, en dus verstrekte wiskundige analyse inzicht in het functioneren van de natuurfenomenen in de ervaringswereld.<sup>14</sup> Om echter te controleren of een wiskundige representatie adequaat, en dus informatief was, onderscheidde Galilei naast alledaagse ervaring en wiskundige abstractie een derde werkelijkheidsniveau: het experimentele. Volgens Cohen bracht Galilei’s realistische interpretatie van de wiskunde en zijn introductie van het experiment een ongekende dynamiek in het natuuronderzoek, die voortkwam uit de gecompliceerde spanning tussen wiskundige regelmatige en experimentele toetsing. Voor het eerst in de wereldgeschiedenis werd het mogelijk een vorm van kennis te verwerven die niet alleen aannemelijk was, ‘maar die [tevens] hout snijdt’.<sup>15</sup> Galilei is daardoor eigenlijk de protagonist van Cohens wetenschappelijke revolutie.

Terwijl Cohen Galilei ziet als methodologisch revolutionair, kenmerkt Vermij Galilei als de baanbreker voor een cartesische universum. Het is dan ook niet de *Discorsi*, maar het boekje *Siderius nuncius* (1610) dat in Vermij’s geschiedenis een prominente rol speelt. Copernicus had zestig jaar eerder zijn heliocentrische model wereldkundig gemaakt maar de boodschap van zijn hoofdwerk was hoogst ambivalent, en tastbaar bewijs bleef bovendien uit. In *Siderius nuncius* illustreerde Galilei op spraakmakende wijze enkele copernicaanse gedachten.<sup>16</sup> Vermij rept met geen woord over de door Galilei uitgevoerde experimenten, en bespreekt slechts kort Galilei’s nieuwe conceptie van beweging en traagheid. *Siderius nuncius* ‘deed uiteindelijk meer afbreuk aan het gezag van de aristotelische wijsbegeerte dan tientallen jaren van genuanceerde rederingen hadden kunnen doen’.<sup>17</sup> Na een lange periode van afbraak was er echter omstreeks 1630 bovenal behoefte aan een visionair architect van een nieuw wereldbeeld. Galilei, die zich enkel interesseerde voor losse natuurfenomenen, was hiervoor niet de juiste persoon. Door de tweedeling tussen het boven- en ondermaanse fundamenteel aan te tasten, gaf hij slechts een vage notie van hoe de nieuwe wereld eruit zou moeten zien, namelijk, een wereld opgebouwd uit kwalitatief-gelijke materie. Enkele jaren later zou Descartes op Galilei’s denken voortbouwen en het transformeren tot een nieuwe natuurfilosofie waarin de bewegingen van kwalitatief-identieke materiedeeltjes centraal staan. Het is volgens Vermij tegen de achtergrond van dit wereldbeeld dat een experimentele traditie ontstond.

In tegenstelling tot Cohen en Vermij hanteert Henry in zijn bespreking van Galilei een meer sociaal-historische benadering. Hij ziet de wetenschappelijke revolutie als de periode waarin de universitaire natuurfilosofie vermengd raakte met



alternatieve benaderingen van de natuur. De historicus beschouwt Galilei, die zijn positie aan de universiteit van Padua verruilde voor een carrière als ‘wiskundig filosoof’ aan het hof van de Medici, als ‘the greatest figure in this movement’.<sup>18</sup> Henry ziet in het leven van de Italiaan namelijk het sterkst de sociale mobiliteit vertegenwoordigd die hij zo belangrijk acht voor een verklaring van de wetenschappelijke revolutie. Doordat het aanzien van wiskundigen steeg, konden zij invloed uitoefenen op de natuurfilosofische kennisstructuur. De kracht van Galilei’s werk lag niet zozeer in originaliteit – alle bevindingen van Galilei brengt Henry in verband met natuuronderzoekers die hem voorgingen –, maar in de gave om zeer technische ideeën eenvoudig en pakkend uiteen te zetten.<sup>19</sup> Aan de hand van vele voorbeelden toonde Galilei hoe de wiskunde ons begrip van de natuur ten goede kon komen. Henry’s Galilei kan daarom het best bestempeld worden als een begiftigd bepleiter van een realistische interpretatie van wiskunde. Een methodologisch revolutionair was hij volgens Henry onder geen beding, want ‘the mathematical sciences were always concerned with practical, useful knowledge and the practitioners were generally empiricist in their orientation, always testing the applicability of their mathematical techniques to understanding the real world.’<sup>20</sup>

Net als Cohen zien McClellan en Dorn de *Discorsi* als Galilei’s meest belangrijke bijdrage aan de ontwikkelingen van het natuuronderzoek in de zestiende en zeventiende eeuw.<sup>21</sup> Het tweetal noemt hiervoor twee redenen: een nieuw bewegingsbegrip en een realistische interpretatie van de wiskunde. Dit nieuwe begrip raakte niet alleen de aristotelische kosmos in het hart. Galilei loste tevens een probleem op waar natuuronderzoekers al tweeduizend jaar mee worstelden: de vraag hoe een geworpen voorwerp zich kan voortbewegen door de lucht zonder in contact te zijn met een directe beweger. Galilei’s antwoord was dat objecten een natuurlijke traagheid bezitten en dus, eenmaal geworpen, helemaal geen beweging nodig hebben. ‘Such is the stuff of scientific revolutions’, oordelen McClellan en Dorn overtuigd.<sup>22</sup> Ten tweede noemen ze Galilei’s realistische interpretatie van de wiskunde, en hiermee samenhangend is zijn gebruik van experimenten. Als wiskunde ons namelijk iets vertelt over de werkelijkheid is het zinvol om wiskundige conclusies te testen op hun werkelijkheidswaarde. Dit is precies het toetsende experiment waar Cohen over schrijft.<sup>23</sup> In hoeverre er echter sprake is van toetsend experimenteel onderzoek wordt door McClellan en Dorn betwijfeld; ‘[f]ormally, Galileo reserved experiment not to test his propositions, as we might think retrospectively, but to confirm and illustrate his principles’.<sup>24</sup> Galilei bewees een stelling op geometrische wijze, of deduceerde deze uit een verzameling axioma’s om vervolgens zijn conclusies met experimenten te illustreren. Van daadwerkelijk toetsend experimenteel onderzoek zou nog geen sprake zijn, zoals er overigens tijdens de gehele wetenschappelijke revolutie geen werkelijk toetsend experiment is uitgevoerd.



## Galilei's experimenten

Nu de wetenschappelijke revolutie en Galilei viermaal de revue zijn gepasseerd, kan de *Discorsi* in ogenschouw genomen worden – de tekst die volgens Ankersmit niet langer historisch bestaat. Door de *Discorsi* en Galilei's gebruik van het experiment nauwkeurig te bestuderen, kunnen de vier verschillend geïnterpreteerde Galilei's getoetst worden op adequate representatie.

Galilei bespreekt in het werk een groot aantal natuurfenomenen, zoals condensatie, het gewicht van lucht, de kracht van het ledig, oneindigheid, hefbomen en valversnellingen. Daarbij is hij meer geïnteresseerd in de theoretische beschrijving en verklaring van fenomenen, dan in de praktische toepasbaarheid van zijn bevindingen. De *Discorsi* bestaat uit vier dialogen tussen drie personen: Simplicio, Sagredo en Salviati. Deze drie personages vertegenwoordigen Galilei's denken tijdens verschillende stadia in zijn intellectuele ontwikkeling. Tijdens de eerste dialoog stelt Salviati, die de volgroeide Galilei representeert, dat 'though some of [my] conclusions have been noted by others, and first of all by Aristotle, those are not the prettiest; and what is more important, they were not proved by necessary demonstrations from their primary and unquestionable foundations.'<sup>25</sup> Oftewel, Galilei's voorgangers lieten het na om conclusies wiskundig te bewijzen. Dit is echter niet Galilei's enige punt van kritiek. Sagredo, die de Galilei van middelbare leeftijd vertegenwoordigd, bevraagt tevens of Aristoteles zijn stellingen wel testte. Veel van zijn veronderstellingen stemmen namelijk helemaal niet overeen met de zintuiglijke waarneming. Daarentegen is het volgens Salviati 'usual and necessary [for] those sciences which apply mathematical demonstrations to physical conclusions [to] confirm their principles with sensory experiences that are the foundations of all the resulting structure.'<sup>26</sup> Wanneer men uitspraken doet over de natuur, dienen deze volgens Galilei zowel wiskundig als experimenteel onderbouwd te zijn.

In dit artikel kunnen de scherpzinnigheid en nuance waarmee Galilei zijn voorgangers te lijf gaat slechts worden aangestipt. Voor mijn argumentatie is het echter voldoende om uiteen te zetten dat Galilei's 'experimenten' in ten minste drie verschillende categorieën kunnen worden onderverdeeld, hoewel hij zelf al zijn onderzoekende praktijken aanduidde als 'testen' en 'experimenten'. Deze drie categorieën zijn toetsende experimenten, gedachte-experimenten en opsporende experimenten.

De term 'toetsende experiment' ontleen ik aan Cohen, en hieronder versta ik de fysieke beproeving om een propositie aangaande een natuurfenomeen te bevestigen of ontkrachten. Galilei gebruikt dergelijke experimenten om enerzijds zijn eigen bevindingen te bekrachtigen en anderzijds de aristotelische leer te bekritisieren. Ter illustratie van dit laatste punt kan Galilei's bespreking van Aristoteles' argumentatie ter ontkenning van het vacuüm worden genoemd. Volgens Simplicio, de Galilei in zijn vroege jaren, berustte Aristoteles' redentie op twee aannames, waaronder de veronderstelling dat de valsnelheid van objecten in dezelfde tussenstof zich op dezelfde wijze tot elkaar verhouden als de gewichten van deze objecten. Sagredo verwerpt deze aanname omdat hij het heeft 'getest'. Wanneer men namelijk een loden en een houten bal van een toren laat vallen, neemt de afstand tussen de vallende voorwerpen niet op die manier toe zoals volgens Aristoteles het geval zou moeten

zijn. Dit betekent simpelweg dat Aristoteles' veronderstelling niet deugt. Een voorbeeld van een bevestigend toetsend experiment is Galilei's befaamde demonstratie van natuurlijke eenparige versnelling.<sup>27</sup> Salviati vertelt dat hij samen met Galilei, die in de *Discorsi* 'de Auteur' wordt genoemd, in een houten balk een geul gutste en deze met perkament bekleedde. Vervolgens lieten ze ballen door de gleuf naar beneden rollen. De valtijd werd door middel van een constant druppelende emmer bijgehouden, zodat de duur van de valbeweging uitgedrukt kon worden in een opgevangen hoeveelheid water. Honderden keren lieten ze de bal rollen van diverse hoogten, en daarbij positioneerden ze de balk tevens in diverse hoeken. Zodoende konden ze de verhouding tussen de opgevangen hoeveelheid water en door de bal afgelegde afstand berekenen, waaruit inderdaad bleek dat de afgelegde afstand altijd het kwadraat van de tijd was (een eigenschap van eenparige versnelling). Het experiment bevestigde dus inderdaad Galilei's stelling dat natuurlijke valbewegingen eenparig versnellen.

Naast dergelijke toetsende experimenten zijn in de *Discorsi* gedachte-experimenten te vinden. Het doel van deze experimenten is eveneens het bewijzen van een uitspraak over een natuurfenomeen, maar de taal waarin deze worden schreven is veel minder anekdotisch dan de beschrijvingen van daadwerkelijk uitgevoerde experimenten. Een goed, doch ingewikkeld voorbeeld van een dergelijk experiment is Galilei's bewijsvoering van de aanname dat 'the degrees of speed acquired by the same moveable over different inclinations of planes are equal whenever the heights of the planes are equal'.<sup>28</sup> Door middel van een experiment met een pendule, waarin hij zeer abstract en in taaie taal de valsnelheden van diverse boogbewegingen met elkaar vergelijkt, 'bewijst' Salviati dat dit inderdaad het geval is.<sup>29</sup> Dergelijke experimenten lijken echter eerder een illustratie te zijn van een principe dat Galilei al eens heeft gedemonstreerd of aangenomen, dan wat in dit artikel wordt verstaan onder toetsende experimenten.

Naast deze twee vormen van experimenten hanteert Galilei een derde categorie experimenten, namelijk opsporende. Deze term ontleen ik eveneens aan Cohen, maar ik hanteer het begrip anders. Cohen reserveert deze term namelijk voor onderzoekingen in de empirisch-praktische vorm van natuurkennis, die hij streng gescheiden wil zien van Galilei's conceptueel-kwantitatieve benaderingswijze.<sup>30</sup> Opsporende experimenten dienen niet het doel een bewering empirisch te ondersteunen, maar dwingen de natuur één van haar eigenschappen prijs te geven onder een speciaal daarvoor ingerichte situatie. Een voorbeeld van een dergelijke vraag is hoe zwaar lucht is. Salviati stelt het volgende experiment voor.<sup>31</sup> Neem een grote, glazen flacon waarvan de opening stevig afgesloten wordt door middel van een voetbalventiel. Laat nu door het ventiel water naar binnen lopen zonder lucht uit de flacon te laten ontsnappen. Volgens Salviati kan ongeveer drievierde van de fles gevuld worden zonder al te veel druk uit te oefenen. (De hoeveelheid water noemen we voor het gemak  $x$ ). Vervolgens wordt de gevulde flacon gewogen op een balans, waarna de flacon wordt geopend om de lucht te laten ontsnappen. Er zal volgens Salviati precies evenveel lucht ontsnappen als dat er water in de flacon was gepompt. Weeg de flacon wederom en vergelijk het verschil. Het verschil in gewicht, is het gewicht van de hoeveelheid  $x$  lucht. '[S]ubtle and ingenious', sluit Simplicio af.<sup>32</sup>

## Galilei en de historici

In hoeverre wordt Galilei's denken over het experiment adequaat gerepresenteerd in de vier verschillende studies? Mijn analyse van de *Discorsi* kan mijns inziens fungeren als een soort toetsend experiment voor de verschillende historische interpretaties; sommige uitspraken kunnen worden bevestigd, andere juist ontkracht. In de gevallen van Henry en Vermij gaat mijn kritiek uit naar hoe zij Galilei plaatsen in het kader van de wetenschappelijke revolutie; bij McClellan en Dorn, en Cohen is mijn kritiek gericht op hoe zij Galilei als natuuronderzoeker begripen.

Ik zal beginnen met Henry's Galilei, de bepleiter van een realistische interpretatie van de wiskunde. Inderdaad leest de *Discorsi* over het geheel genomen als een trein, en aan de hand van vele voorbeelden laat Galilei zien hoe wiskunde ons begrip van de natuur ten goede kan komen. Henry ontkent dat Galilei een methodologisch revolutionair zou zijn geweest omdat eventuele revolutionaire denkstappen worden toegeschreven aan voorgangers in de wiskundige wetenschappen; '[sciences that] were always concerned with practical, useful knowledge.' Uit Galilei's experimenten blijkt echter dat hij zich weinig bekommerde om de praktische toepassing van natuurkennis. Wat hem boeide waren theoretische aangelegenheden zoals valversnelling, oneindigheid en de zwaarte van lucht, en zijn experimenten hielpen hem de natuur te doorgronden. Galilei moet dus niet gezien worden vanuit een meer praktisch georiënteerde traditie van ingenieurs. Henry's zogenaamde wiskundige wetenschappen kunnen een inspiratiebron voor Galilei zijn geweest (niet op de laatste plaats het werk van zijn eigen vader Vincenzo Galilei<sup>33</sup>), maar de toepassing van experimenten in een strikt wiskundige benadering van de natuur was misschien meer vernieuwend dan uit Henry's representatie is op te maken.

Vermij begrijpt Galilei als de baanbreker van een cartesians universum. Het is opvallend dat Vermij geringe aandacht besteedt aan Galilei's nieuwe bewegingsconcept, en de experimentele wijze waarop hij zijn ideeën onderbouwde, omdat Galilei juist door middel van deze ideeën de aristotelische leer fundamenteel aantastte. Beweging stond namelijk centraal in de kosmische orde van de oude wereld. Aristoteles verklaarde de wereld te zijn zoals die is, door de vijf constituerende elementen van de kosmos een natuurlijke positie toe te schrijven. Beweging van de natuurlijke elementen zou zijn georiënteerd op deze natuurlijke positie. Galilei ontkrachtte precies dit idee van doelgerichte beweging, en daarmee de kern van Aristoteles' natuurfilosofie.<sup>34</sup> Vermij beweert dat het schokeffect van *Siderius nuncius*, het werk waarin Galilei de leer van Copernicus illustreerde, 'uiteindelijk meer afbreuk [deed] aan het gezag van de aristotelische wijsbegeerte dan tientallen jaren van genuanceerde redeneringen hadden kunnen doen.' Tegelijkertijd moet hij echter onderschrijven dat er aan het einde van de zeventiende eeuw geen sprake was van een revolutie in het dagelijkse wereldbeeld.<sup>35</sup> Een revolutionaire ontwikkeling deed zich echter wel voor in het wereldbeeld van denkers en wetenschappers, en Galilei's genuanceerde redeneringen over beweging hebben hier zeker aan bijgedragen. In het kader van zijn

Wetenschappelijke Revolutie, die de afbraak en vervanging van het aristotelische wereldbeeld behelst, dient Vermij juist de *Discorsi* te bespreken.

In tegenstelling tot Cohen ontkennen McClellan en Dorn dat toetsend experiment een adequate karakterisering van Galilei's methode is: 'formally, Galileo reserved experiment not to test his propositions, [...] but to confirm and illustrate his principles.' De vraag is echter wat de auteurs precies bedoelen met 'formally'. Formeel volgens welke maatstaven? De hedendaagse? Dit lijkt inderdaad het geval. Ondanks de onnauwkeurigheid van Galilei's experiment met een bal op een hellend vlak (dit was bijvoorbeeld zijn methode om de tijd te meten), concludeerde de Italiaan dat zijn wiskundige analyse experimenteel bevestigd werd. Van een daadwerkelijk toetsend experiment kan niet worden gesproken. Missen Dorn en McClellan dan echter niet de crux van Galilei's denken over het experiment? Is het niet anachronistisch de vraag te stellen of Galilei zijn wiskundige bepalingen wel formeel testte? Mij lijkt de gedachte achter zijn experimenten cruciaal: zijn stellingen representeren de werkelijkheid en door middel van experimenten beproeft hij of de werkelijkheid wel daadwerkelijk beschreven wordt. Bovendien gebruikte Galilei toetsende experimenten om stellingen van Aristoteles te ontcrachten, zoals hierboven beschreven. Galilei's experimenten dienden dus niet louter ter bevestiging en illustratie van principes, maar vervulden ook degelijk een toetsende rol. Dit neemt niet weg dat andere gedachte-experimenten een meer bevestigend karakter lijken te hebben, zoals het pendule-experiment dat hierboven is genoemd.

Tot slot Cohens Galilei. Cohen ziet in Galilei een revolutionaire geest, die samen met Kepler de eerste was om de wiskunde realistisch te interpreteren en die zijn beweringen bovendien experimenteel wist te toetsen. Het gevolg was het ontstaan van een kennisstructuur die meer was dan enkel zeer aannemelijk. Cohen interpreteert de geschiedenis van de wetenschap echter vanuit een te rigide structuur. Door Galilei te begrijpen vanuit Cohens analytisch onderscheid tussen een conceptueel-kwalitatieve, een conceptueel-kwantitatieve en een empirisch-praktische benadering van de natuur, blijven aspecten van Galilei's denken buiten beschouwing. Galilei wilde niet alleen de natuurwereld wiskundig beschrijven, maar ook onderzoeken en zelfs verklaren. Galilei's opsporende experimenten getuigen hiervan. Hij poogt bijvoorbeeld het gewicht van lucht te wegen en de kracht van het vacuüm te meten, en hij droeg vacuüm-verklaringen aan ter verklaring van de vraag waarom objecten eigenlijk niet gewoon uit elkaar vallen. Bij het lezen van de *Discorsi*, komt een bijzonder enthousiaste, breed geïnteresseerde, vernuftige en vindingrijke natuuronderzoeker naar voren die verschillende experimentele praktijken beproeft om de grilligheden en raadsels van de natuur te doorgronden. Het is deze Galilei waar geen van de besproken historici recht aan doet.

## Grenzen van de interpretatie

Tot zover mijn uiteenzetting in wat Ankersmit overproductie in de wetenschapsgeschiedenis zou noemen. Bovendien heb ik een eigen stukje aan de informatieberg toegevoegd. In mijn analyse stond de interpretatie van een historisch fenomeen

centraal, namelijk Galilei's experimenten. Volgens Ankersmit correspondeert geen van de hier besproken interpretaties met een historische realiteit, en ook mijn eigen kritiek kan ik niet legitimeren door naar het verleden te verwijzen. De historische realiteit is namelijk als gevolg van de vele interpretaties niet meer in staat te arbitreran in een historisch debat. De taal van de historicus zou begrepen moeten worden als een eigen realiteit waarin historici fenomenen creëren, zoals de auteur van een roman eveneens een eigen wereld schept.

Maar, hoe is het mogelijk om bijvoorbeeld de Galilei van McClellan en Dorn te bekritisieren zonder daarbij de *Discorsi* te lezen als een historische bron die correspondeert met een historische realiteit? Om een geschiedkundige interpretatie zinvol te bekritisieren dient het bestaan van het verleden verondersteld te worden. Het is toch immers de historische realiteit die geldt als de toetssteen van iedere historische interpretatie? Zoals Perez Zagorin schrijft in zijn kritische beschouwing van Ankersmits tekst: 'interpretation does not eclipse the past; rather, the latter, comprehended as history, serves as a crucial test of the former's validity'.<sup>36</sup> Interpretatie is geen vrijspel met woorden, zoals dat van een schrijver die een verhaal verzint. Om het in wittgensteiniaanse terminologie uit te drukken: historici en romanschrijvers spelen een ander taalspel, waarin de regels voor het maken van een valide uitspraak fundamenteel van elkaar verschillen. Uiteraard is geldigheid voor de historicus niet het verschil tussen een 1 of 0, tussen waar en onwaar. Historici interpreteren en exploreren door te interpreteren de afstand tussen de twee uitersten van het binaire stelsel. Daarbij kunnen zij zich echter niet de vrijheden van een romanschrijver permitteren. Ze dienen zich te houden aan de grenzen die de geschiedenis hen dicteert. De stelling dat 'we no longer have any texts, any past, but just interpretaties of them' lijkt ongefundeerd, want niet van toepassing op de historicus' praktijk; de historische realiteit is nog altijd een regelgever en toetssteen bij het spel van historische interpretatie.

Misschien wil ik nog een stap verder zetten. Is het niet mogelijk om in de geschiedschrijving te spreken van een zekere vooruitgang in historisch begrip? Raymond Martins claim dat 'it is reasonable to believe that the introduction of interpretations that are more accurate, more comprehensive, better balanced, and more justified has enhanced historical understanding' lijkt mij gerechtvaardigd.<sup>37</sup> Overproductie kent namelijk niet alleen negatieve aspecten. Uit een overvloed aan interpretaties zullen slechts die staande blijven, die ook daadwerkelijk 'hout snijden'. Daarbij komt dat we niet enkel het verleden zelf historiseren, maar tevens de voorgaande historische interpretaties van dit verleden. We pogen te begrijpen waarom een geschiedenis is opgesteld zoals deze is (we kijken daarbij bijvoorbeeld naar culturele en sociale context) en trekken daar lering uit. De interpretatie van een historisch fenomeen kan niet bestaan, maar de interpretaties van een fenomeen zullen mijn inziens van een steeds hoger, begrijpelijker, meer alomvattend en waarheidsgetrouwer niveau worden.

## Noten

- 1 F. R. Ankersmit, 'Historiography and postmodernism', *History and theory* 28 (1989) 137-153, 138.
- 2 Ibidem, 147.
- 3 Wie geïnteresseerd is in een meer uitvoerige uitwerking van deze case study, wijs ik graag op mijn scriptie 'Een vijfde Galilei. Een comparatieve studie naar de functie van experimenten in Galileo Galilei's Discorsi en de historiografie over de Wetenschappelijke Revolutie'.
- 4 Floris Cohen, *De herschepping van de wereld. Het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard* (Amsterdam, 2008); John Henry, *The Scientific Revolution and the origins of modern science* (Basingstoke New York, 2008); Rienk Vermij, *Kleine geschiedenis van de wetenschap* (Amsterdam, 2006); James E. McClellan en Harold Dorn, *Science and technology in world history. An introduction* (Baltimore, 2006).
- 5 Ankersmit, 'Historiography and post modernism', 137.
- 6 Cohen, *De herschepping van de wereld*, 102-109.
- 7 Vermij, *Kleine geschiedenis van de wetenschap*, 6.
- 8 Cohen, *De herschepping van de wereld*, 49. Dit is tevens de door Cohen gehanteerde definitie van moderne natuurwetenschap.
- 9 Dit is mijn vertaling van Henry's definitie. Zie hiervoor: Henry, *The Scientific Revolution*, 5-6.
- 10 A.F.W. Klukhuhn, 'Hoe postmodern valt een steen? Over wetenschappelijke zekerheid en het postmoderne relativisme,' *Post-modernism revisited. De aanloop tot de millenniumwende 2000* (Studium Generale reeks 1995) 139-158, 151.
- 11 Henry, *The Scientific Revolution*, 17; 26.
- 12 McClellan en Dorn, *Science and technology in world history*, 182.
- 13 Ibidem, 203.
- 14 Cohen, *De herschepping van de wereld*, 116.
- 15 Ibidem, 202-3.
- 16 Door zijn kijker turend naar het firmament, zag Galilei bijvoorbeeld dat, net als het aardoppervlakte, de maan onefenheden vertoonde: een teken dat het aristotelische onderscheid tussen een imperfect ondermaanse en perfect bovenmaanse problematisch was. Ook zag hij dat Venus net als de maan fasen vertoont en dus om de zon draait, en dat om deze planeet heen bovendien manen circuleren. Dit laatste was belangrijk, omdat de gedachte dat enkel om de aarde een maan zou wentelen lange tijd werd beschouwd als een inconsistentie in Copernicus' systeem
- 17 Vermij, *Kleine geschiedenis van de wetenschap*, 72.
- 18 Henry, *The Scientific Revolution*, 27.
- 19 Ibidem, 29.
- 20 Ibidem, 36.
- 21 McClellan en Dorn, *Science and technology in world history*, 234.
- 22 Ibidem, 240.
- 23 Cohen, *De herschepping van de wereld*, 117-122.
- 24 McClellan en Dorn, *Science and technology in world history*, 239.
- 25 De door mij gehanteerde vertaling is van Stillman Drake, *Galileo Galilei. Two new sciences. Including Centers of gravity & Force of percussion, translated, with introduction and notes, by Stillman Drake* (Londen, 1974). Verwijzingen in dit artikel refereren naar de betreffende pagina in de door Antonio Favaro samengestelde verzamelde werken van Galilei, *Le opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale* (Florence, 1890-1909).

- Voor de hier geciteerde passage: *Opere*  
VIII, 55.
- 26 Ibidem, 212.
- 27 Ibidem, 212-213.
- 28 Ibidem, 205.
- 29 Voor een bespreking van dit specifieke  
gedachte-experiment, zie mijn 'Een vijfde  
Galilei', 20-21.
- 30 Voor Cohens discussie van het opspo-  
rende experiment, zie: Cohen, *De her-  
schepping van de wereld*, 136-42.
- 31 *Opere* VIII, 122.
- 32 Ibidem.
- 33 Zie ook: Cohen, *De herschepping van  
de wereld*, 128-129.
- 34 Ibidem, 155.
- 35 Vermij, *Kleine geschiedenis van de  
wetenschap*, 100-106.
- 36 Perez Zagorin, 'Historiography and  
postmodernism. Reconsiderations', *His-  
tory and theory* 29 (1990) 263-274, 268.
- 37 Raymond Martin, 'Progress in historical  
studies', *History and theory* 37 (1998)  
14-39, 28.