

Titelpagina

# Handenarbeid en hoofdarbeid, Voorbij de Zilsel-thesis

Door Lesley B. Cormack

## Inhoudsopgave band twee

### Content Part Two

- Edgar Zilsel , De opkomst van de wetenschapsgeest, de methoden van het humanisme
- **Lesley B Cormack: Handenarbeid en Hoofdarbeid, voorbij de Zilsel Thesis**
- Maarten van den Oever: Hoe een ei te breken, Zilsels aanval op twee paradigma's
- Maarten van den Oever: Tussen ambacht en wetenschap: de case van Filippo (Pippo) Brunelleschi.
- Diederick Raven: Koyre vs Olschki-Zilsel
- Myriam Goedkoop: A Defence of Kant's Theory of Arithmetic against Frege's Critique

## Colofon

Serie Titel : Van Kunnen naar kennen/From to can to to know.

Deeltitel : Handenarbeid en hoofdarbeid, voorbij de Zinsel-thesis

Uitgave/Publisher: stichting Dubitatio Liberat, Antwerpen, Utrecht, 2018

Geschreven door/written by: Lesley B. Cormack

Vertaling/Translation: Marco Ploeger

Editing: Maarten van den Oever

Alle rechten voorbehouden.

Deze uitgave kan kosteloos gedownload worden, als E-boek worden gelezen en is ook in print te bestellen tegen de kostprijs van print en levering

Overnames dan wel weergaven van deze uitgave dan wel delen daarvan kunnen enkel plaatsvinden na instemming van de uitgever.

ISBN 9789492752079

Bestelnummer DL021

Editie 1

Deze uitgave is tweetalig, Nederlands. Met de Engelse brontekst

This edition is bilingual, Dutch with the English source-tekst

Alle uitgaven van de stichting Dubitatio Liberat zijn te vinden op de website van de stichting Dubitatio Liberat

[www.dubitatioliberat.org](http://www.dubitatioliberat.org)

Contactinfo: [info@dubitatioliberat.org](mailto:info@dubitatioliberat.org)

# Inhoudsopgave

0. Samenvatting	6
1. Introductie	6
2. Handwerk en intellectuele arbeid	9
3. Hessen en Zinsel	11
4. Utiliteit en de Scientistische Maatschappij van Ben-David	14
5. De 'Wetenschappelijke Revolutie' en de wiskundige vaklieden	15
6. De Kwestie van de Engelse Geografie	18
7. Conclusie	24
Noten	25

# Handwerk en intellectuele arbeid: de Zinsel stelling voorbij

Lesley B. Cormack

## 0. Samenvatting

Dit hoofdstuk vormt een uitdaging ten aanzien van de traditionele geschiedschrijving over de wetenschappelijke revolutie, waarin beweerd wordt dat vaardige handwerkslieden en wiskundige vaklieden noodzakelijk waren voor een transformatie van de kennis van de natuur: het zogenaamde ‘geleerde-handwerksman’ debat. Dit hoofdstuk begint met een nieuwe formulering van de stelling van Zinsel, die een fundamentele rol binnen de wetenschappelijke revolutie weggelegd zag voor wiskundige vaklieden (oftewel, zoals hij ze zou hebben genoemd: ‘superieure handwerkslieden’), waarna beargumenteerd wordt dat het beter zou zijn als historici rekening zouden houden met sociale, culturele, politieke en economische factoren in plaats van de meer eenvoudige Marxistische verklaringen van Zinsel. Cormack pleit hiermee voor het belang van sociale, economische en culturele invloeden op het veranderende onderzoek van de natuur, met een bijzonder oog voor het belang van de wiskundige vaklieden die een programma opstelden van bruikbaarheid, meting en inductieve methodologie. Dit is een pleidooi voor de grote invloed van zowel sociale factoren als van de vaklieden zelf. Zich baserend op de Engelse geografie van de zestiende eeuw, en in het bijzonder het werk van Edward Wright en Thomas Harriot, beargumenteert ze dat geografie en wiskunde de verbinding mogelijk maakte tussen theorie en praktijk, dat het nieuwe ruimte creëerde voor dergelijke uitwisselingen en dat het een andere houding mogelijk maakte met betrekking tot de wiskundige toepassing, uitvoerbaarheid en bruikbaarheid.

## 1. Introductie

De wetenschappelijke revolutie is in de geschiedenis van de wetenschap lange tijd een algemeen verklarend concept geweest. [1] Sinds de zeventiende eeuw hebben analytici, die deze verandering richting moderniteit beschreven, gepleit voor het fundamentele belang van de zestiende en zeventiende eeuw bij het creëren van een nieuwe structuur van de wereld. [2] Het twintigste-eeuwse vak wetenschapsgeschiedenis begon bij het focussen op de vraag naar de oorsprong van de moderne wetenschap, en het werk van enkele van haar grote oprichters was dan ook gericht op wat deze belangrijke omwenteling inhield en hoe deze tot stand was gekomen. [3] De afgelopen jaren zijn de term en de samenhang van ideeën en gebeurtenissen die dit begrip omvatten met argusogen bekeken. Rond 1998 was de discussie zodanig uit de hand gelopen dat Jan Golinsky tijdens de eerste Anglo-Amerikaanse wetenschapsgeschiedenisbijeenkomst in Manchester de vraag kon stellen ‘of het mogelijk zou zijn dat het begrip van een coherente, Europa-brede wetenschappelijke

revolutie de voortdurende historiografische scepsis zou overleven'. [4] In 1996 begon Steven Shapin zijn analyse van het tijdperk met de nu vaak aangehaalde zin: 'Er is niet zoiets als een wetenschappelijke revolutie en dit boek gaat daarover'. [5] Hoewel de term in gebruik blijft en het, gezien de behoudzucht van de universitaire onderwijsprogramma's, de komende jaren zal blijven voortbestaan als titel van menige cursus, moet hier dan toch uit geconcludeerd worden dan Golinsky en Shapin gelijk hebben? Is de term 'wetenschappelijke revolutie' sleets geraakt?

In de jaren '30, toen Edgar Zilsel begon met zijn project over de grondslagen van de moderne wetenschap, was men ervan overtuigd dat de moderne wetenschap begonnen was in de vroege moderne tijd. [6] Burt had zijn beroemde boek reeds gepubliceerd: *The Metaphysical Foundations of Modern Science* (1924), waarmee hij een verandering van filosofisch wereldbeeld neerzette als het fundamentele moment voor de moderne wetenschap. [7] De meeste naoorlogse wetenschapshistorici met een filosofische inslag volgden dit voorbeeld, daarmee een verklarende structuur biedend die grotendeels onweersproken bleef tot de jaren '80. Hoewel Zilsels Marxistische en sociologische achtergrond hem in het kamp van de vijand plaatste, was het voor hem evident dat de moderne wetenschap na 1700 tot stand kwam en dat de ontwikkeling er naartoe in de eeuwen daarvoor plaatsvond. Voor Zilsel was wetenschappelijk inzicht, wanneer het eenmaal die status had bereikt, onkwetsbaar voor uiterlijke omstandigheden, aangezien het de waarheid representeert. Wat nodig was om te verklaren, waren de sociologische randvoorwaarden die de openbaring van de waarheid mogelijk maakten. Op deze wijze, vanuit volkomen verschillende politieke en kentheoretische gezichtspunten, kwamen Zilsel en het grote driemanschap Burt, Butterfield en Koyré tot dezelfde definities van wat al spoedig bekend zou worden als de 'wetenschappelijke revolutie' en tot eenzelfde chronologisch moment voor haar verschijning.

Recentelijk zijn historici, en wetenschaps sociologen in het bijzonder, er echter minder van overtuigd geraakt dat in deze periode een of andere monoliet ontdekt werd, die men vervolgens 'wetenschap' noemde. Zij zetten ook vraagtekens bij de revolutionaire aard van de veranderingen op het gebied van het moderne onderzoek van de natuurlijke wereld. Zodoende werden beide aspecten van de term -'wetenschappelijk' en 'revolutie'- aangevochten. De revolutionaire aard van de wetenschappelijke verandering in deze periode was het eerste aan de beurt voor een nader onderzoek. Mediëvisten, zoals Pierre Duhem, pleitten voor samenhang met het voorgaande tijdperk, daarmee de revolutionaire aard van de zestiende en zeventiende eeuw ontkennend. Anderen vroegen of de veranderende ideeën over, bijvoorbeeld, de ordening van het universum, dat van belang was voor op zijn hoogst slechts een paar honderd mensen en waarvan het 150 jaar duurde voordat zij ook overtuigd waren, werkelijk een revolutie genoemd zou kunnen worden. [8] Zelfs voor Butterfield vormde de achterstand van scheikunde en biologie een serieuze kwestie, die hem tot de bewering aanzette dat de wetenschappelijke revolutie 500 jaar duurde. Daar bovenop is de nog fundamentele vraag naar de voorgrond gedrongen of de onderwerpen die bestudeerd werden überhaupt wetenschapsbeoefening genoemd kunnen worden. De meeste historici die gespecialiseerd zijn in deze periode, zouden nu in plaats van 'wetenschap' behoedzaam de term 'natuurlijke filosofie' gebruiken wanneer er sprake is van

de vroege moderne periode. [9] Maar de meesten gaan door met het zoeken naar iets dat benoemd kan worden als de oorsprong van de moderne wetenschap. Cunningham en Williams vochten deze aanname aan. Zoals ze op hun provocatieve wijze duidelijk maakten, was 'natuurlijke filosofie' niet gewoon een ander woord voor 'wetenschap', maar refereerde het naar een inherent theologisch en filosofisch onderzoek van de natuurlijke wereld. Degenen die aanhaakten bij deze onderneming waren geen wetenschappers, maar natuurfilosofen. [10] Zodoende was dit niet een revolutie richting wetenschap, aldus Cunningham en Williams, maar voor alles een filosofische revolutie. Wanneer deze gebeurtenis, de 'wetenschappelijke revolutie', noch wetenschappelijk was, noch revolutionair, blijft er dan nog wat over?

Onze verklaring voor 'de oorsprong van moderne wetenschap' moet, met andere woorden, complexer zijn dan die van Zilsel was. Terwijl hij in zijn redenering op zijn minst de zekerheid had dat zijn *explanandum* betrouwbaar was, moet in ons betoog zowel het *explanandum* als het *explanatio* aan de orde komen. Desondanks denk ik dat het de moeite waard is om de 'wetenschappelijke revolutie' te redden. Natuurlijk is het zaak om het argument van Cunningham en Williams serieus te nemen en we dienen ons er dan ook voor te hoeden dat we vanuit ons hedendaagse perspectief louter op zoek gaan naar moderne wetenschappelijke voorvaders. Toch hoeft dit niet te betekenen dat deze gehele onderneming niets oplevert. De personen in kwestie waren zich ervan bewust dat ze leefden in interessante tijden en dat er in die tijd een aantal belangrijke veranderingen plaatsvonden op het gebied van natuuronderzoek. Gedurende de 145 jaar tussen de publicaties van Copernicus en Newton, ontwikkelden mensen, die geïnteresseerd waren in het boek van de natuur, nieuwe methodologieën, inclusief experimenten, nieuwe verhoudingen ten aanzien van kennis, God en natuur, een nieuwe ideologie op het gebied van bruikbaarheid en vooruitgang, en nieuwe institutionele locaties en toepassingen. [11] Ze begonnen de wereld te zien als kwantificeerbaar, analyseerbaar en controleerbaar. Tegen het einde van deze periode was het natuuronderzoek nog steeds gebonden aan theologische overwegingen, maar in toenemende mate ook aan praktische overwegingen, en werd dit in de praktijk gebracht op volslagen nieuwe locaties, voor andere doelen en met totaal andere resultaten. Dit was dan misschien niet het meest spectaculaire begin van de moderne wetenschap, maar de noodzakelijke voorwaarden ervan waren wel degelijk neergezet.

Maar de sleutel tot een werkelijk begrip van deze transformatie moet gezocht worden in de sociaaleconomische transformatie van Europa, niet eenvoudigweg in een metafysische omslag. In plaats van de ontwikkeling van de wetenschappelijke revolutie te beschouwen als een beweging 'van een gesloten wereld naar een oneindig universum', zoals Koyré het weergaf, zou ik willen stellen dat er een sociologische verandering plaatsvond van wie onderzoek deed naar de natuurlijke wereld, waar die onderzoeken plaatsvonden en met welk doel. [12] Feitelijk is het zo dat een cruciale, door Cunningham en Williams genegeerde, categorie van mensen met een sympathie voor wetenschappen, die ook door de meeste historici van deze periode veronachtzaamd zijn, namelijk de wiskundige vaklieden, van zwaarwegend belang waren voor deze transformatie. [13] Wiskunde vormde een afzonderlijk gebied van onderzoek binnen de natuurlijke filosofie en degenen die geïnteresseerd waren in wiskundige thema's, verbonden dergelijk onderzoek vaak aan

praktische toepassingen zoals: artillerie, vestingwerk, navigatie en landmeting. [14] Deze wiskundige vaklieden werden belangrijker in de vroege moderne periode en ze voegden een noodzakelijk ingrediënt toe aan de transformatie van het natuuronderzoek in de vorm van meting, experiment en bruikbaarheid. [15] Dat ze belangrijker werden, kwam door een verandering van economische structuren, zich ontwikkelende technologieën en nieuwe, gepolitiseerde intellectuele locaties, zoals rechtbanken, waardoor 'wetenschappelijke' veranderingen in verband zijn gekomen met de ontwikkeling van handel en de nationale staten. Om die cruciale reden is het van belang dat Zisel's stelling, die prat gaat op de noodzakelijkheid van de verbinding tussen handwerk en intellectuele arbeid, zich nu moet richten op deze wiskundige vaklieden. [16] De wetenschappelijke revolutie werd mogelijk gemaakt door de relatie die de wiskundige vaklieden legden tussen de meer praktische toepassingen van hun vakgebied en de grotere kwesties van de natuurlijke filosofie, daarbij vaak gefaciliteerd door de nieuwe politieke, sociale en culturele wijze waarop het beschermheerschap was georganiseerd op de prinselijke hoven.

## 2 Handwerk en intellectuele arbeid

De meest belangrijke vraag voor twintigste-eeuwse wetenschapshistorici was: waarom ontstond de wetenschappelijke revolutie in eerste instantie in West-Europa en waarom gebeurde dat in de zestiende en zeventiende eeuw? [17] Een deel van het antwoord is in ieder geval gelegen in de sociaaleconomische groei van het koopmanschap en de ontwikkeling van de artistieke- en ambachtelijke traditie. Hoewel dit niet de enige oorzaak is voor de veranderingen die optraden in deze periode -een volledig antwoord zou ook politieke, culturele en religieuze ontwikkelingen moeten meenemen- lijkt dit toch fundamenteel. Daarnaast heeft het belangrijke implicaties voor de uiteindelijke definitie van wetenschappelijke revolutie, waar ik op zal terugkomen.

De relatie tussen de geleerde en de handwerksman en dus tussen wetenschap en technologie heeft wetenschapshistorici de afgelopen 60 jaar beziggehouden. Internalisten als Rupert Hall zagen hooguit een hiërarchische relatie, met wetenschap en geleerde als dominerende factor ten opzichte van de handwerksman en technologie. In het slechtste geval werd deze relatie gezien als onderling onvergelijkbaar, aangezien beide afkomstig zijn van volslagen andere werelden. Zoals Hall het omschreef, 'De functie van de geleerde was actief, had als doel om de wetenschap te veranderen; die van de handwerksman was passief, had als doel om een deel van het ruwe materiaal te leveren waarmee de verandering in gang werd gezet.' En ook, 'De grote ontdekkingen door wiskundige natuurkundigen vonden niet alleen plaats boven de hoofden van de praktische ingenieurs en handwerkslieden; ze waren voor hen ook nog eens nutteloos.' [18] Dit was waarschijnlijk de breed gedragen opvatting onder wetenschapshistorici vanaf de jaren '50 tot aan circa 1980. Anderzijds beweerde Stillman Drake dat universitaire filosofen geen enkele bijdrage leverden aan de wetenschappelijke revolutie, maar dat eerder een aantal geniale mensen uit de praktijk daar verantwoordelijk voor waren, zoals Galileo en Tartaglia. [19] Drake zelf was een man die afkomstig was uit de praktijk (als investeringsbankier) en als autodidact, die buiten de invloed van universitaire filosofen stond, die zijn held vond in een individu die er



dezelfde opvattingen op naield als hij. [20] Toch was Galileo volgens Drake geen handwerksman, maar eerder een wetenschappelijk ondernemer. Drake hield zich meer bezig met de slechteriken van het toneelstuk -de universitaire scholastici die zich opstelden als intellectuele poortwachters- dan met mogelijke nieuwe sociaaleconomische verklaringen.

De bespreking van Floris Cohen over de geleerde en de handwerksman legt ook een hiërarchische gebruiksrelatie bloot. Cohen beweert, evenals Lynn White, dat de artistieke- en ambachtelijke traditie daadwerkelijk van invloed was op natuurlijke filosofen als Galileo, die er vervolgens iets volledig anders van maakte. [21] White besprak Galileo's gebruik van de zuignap en de pendule, twee technologische voorwerpen die toentertijd recentelijk ontwikkeld waren. Volgens White was Galileo's gebruik van deze uitvindingen van invloed op het soort van experimenten die hij uitvoerde en dit 'maakt de nuance van zijn nieuwe wetenschappen historisch begrijpelijk'. [22] Cohen beweert daarentegen dat het contact van Galileo met handwerkslieden beperkt bleef tot het mede gebruiken van hun instrumenten voor zijn eigen, meer metafysische, doel. De kloof tussen vuistregels en natuurwetten was in werkelijkheid onoverbrugbaar en derhalve zou Galileo niet beschouwd moeten worden als een werkelijke verbinding tussen geleerde en handwerksman. Volgens Cohen waren Galileo en andere natuurfilosofen, zoals Isaac Beekman, zeer deskundig in het gebruiken van materialen en technieken die recentelijk voor hen beschikbaar waren gekomen, maar dit levert nog geen sluitend bewijs voor de bewering van Zilsel dat er een nieuwe interactie plaatsvond tussen handwerk en intellect. Op zijn argument dat de vroege relatie [tussen deze beide groepen] voornamelijk een gebruiksrelatie was, vervolgt Cohen dat het, in de late zeventiende en achttiende eeuw, gangbaar was dat wetenschappelijke ideeën gebruikt werden om handwerkslieden te adviseren en om toegepaste wetenschappelijke technologieën voort te brengen. Met andere woorden, gedurende beide momenten van contact tussen geleerde en handwerksman, bevond de geleerde zich duidelijk in een hogere positie. Hoewel niet zo beslissend als Hall, wil Cohen ook de wetenschappelijke revolutie, en wetenschap in het algemeen, behouden voor de filosoof.

Zoals historici trachtten een scheidingslijn aan te brengen tussen de geleerde en de handwerksman met hun ogenschijnlijk verschillende kenwijzen, hebben ze tevens geprobeerd om het puur wetenschappelijk denken te onderscheiden van de laag-bij-de-grondse toegepaste technologie. Dit heeft overduidelijk veel te maken met hedendaagse kwesties over wetenschappelijke subsidies, aansprakelijkheid, status en hiërarchie, met name binnen de wetenschappelijke gemeenschap in de periode van de koude oorlog. Uiteindelijk hebben wetenschappers bijna net zolang gevochten voor het recht om onafhankelijk onderzoek te doen als dat historici probeerden de wetenschappelijke revolutie te definiëren. [23] Maar heeft het een nuttige onderscheiding opgeleverd om dit vroegmoderne tijdperk weer te kunnen geven? Het antwoord is helaas 'nee'. Sterker nog, het feit dat het zo moeilijk is om het verschil weer te geven tussen deze twee vormen van kennis, toont aan dat dit de verkeerde vraag is om te stellen. De verbanden tussen *episteme* en *techné* waren vaak nabij en dus was de relatie tussen degenen die kennis opdeden door te doen en degenen die kennis opdeden door te theoretiseren zeer complex. [24] Wanneer we het verband tussen praktische kennis en theoretische kennis beschouwen als een spectrum, in plaats van als twee afzonderlijke, onverenigbare alternatieven, dan beginnen

we de relationele mogelijkheden tussen deze twee te zien. Ook al contrasteren de grove schattingen aan de ene kant scherp met de natuurwetten aan de andere kant, toch bieden de gradaties hiertussen mogelijkheden voor individuen en groepen om op verschillende momenten gebruik te maken van de verschillende denkwijzen en deze op elkaar in te laten werken. Een wiskundige bijvoorbeeld, zoals Henry Briggs, die goed thuis was in de meer transcendentale theorieën van zijn vakgebied, had de mogelijkheid om deze te laten voor wat ze zijn ten faveure van een in theoretisch opzicht dubieuze berekeningsmethode die in het dagelijks leven goed toepasbaar was. [25] Zo was ook William Gilbert in staat om het praktische onderzoek naar de inclinatie van een kompasnaald te gebruiken om zijn filosofische argumentatie over de samenstelling van de aarde uit te breiden. [26] Het is mogelijk dat we, binnen deze glibberigheid die leidt van de ene vorm van kennis naar de andere, enkele aanwijzingen vinden over de ontwikkeling van een 'nieuwe wetenschap' in de zestiende en zeventiende eeuw.

Deze relatie tussen geleerde en handwerksman werd voor het eerst benoemd in vroeg-Marxistische interpretaties van de wetenschappelijke revolutie. Zowel Boris Hessen als Edgar Zilsel zagen een verband tussen de opkomst van technologieën en economische innovaties van het vroegmoderne Europa en de ontwikkeling van nieuwe wetenschappelijke modellen. Het is nodig om de Hessen stelling en met name de Zilsel stelling aan een nieuw onderzoek te onderwerpen om dit zeer belangrijke verband tussen theorie en praktijk te leren begrijpen.

### 3 Hessen en Zilsel

De Hessen stelling, een tamelijk naïeve toepassing van de historiografie van Marx op de geschiedenis van de wetenschappelijke revolutie, is met zekerheid de meest beruchte van de twee. Boris Hessen, een natuurkundige uit de Sovjet-Unie, presenteerde zijn stelling op het Internationaal Congres van de Geschiedenis van Wetenschap en Technologie in Londen in 1931. [27] Hessen genoot, tot aan zijn verdwijning in 1934, aanzien in Sovjetkringen; men vermoedt dat hij omgekomen is bij een van de Stalinistische zuiveringen van de jaren '30. Loren Graham beweert dat de verhandeling van Hessen, 'The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia' ', een poging was om de waarde van het werk van Newton te scheiden van zijn theologische en anti-materiële wortels en op basis daarvan, voortredenerend, hetzelfde te doen met betrekking tot Einstein. [28] Hessen was een aanhanger van de relativiteitstheorie van Einstein, een verdachte stellingname in Sovjetkringen. Gezien het lot van Hessen, was deze zet duidelijk zonder succes. Voor ons doel daarentegen, resulteerde het in een interessante uitspraak over de relatie tussen materialisme en de wetenschappelijke revolutie. In zijn artikel beargumenteert Hessen dat Newton zijn theorieën ontwikkelde op grond van de nieuwe burgerlijke samenleving in Engeland en vanwege de mechanische machines die ontwikkeld werden door handwerklieden. [29] Hessen inventariseerde iedere bestaande technologische behoefte van de zeventiende eeuw en beweerde dat de specifieke wetenschappelijke onderzoeken uit deze periode een direct gevolg waren van de technologische behoefte. De zeventiende -eeuwse kooplieden hadden bijvoorbeeld behoefte aan de mogelijkheid om de laadruimte van hun schepen uit te breiden

en daarom was het voor hen nodig om kennis te nemen van hydrostatica, wat een van de onderwerpen was waar wetenschappers uit die tijd onderzoek naar deden. Zo ook met de mechanische apparaten die zo belangrijk waren voor de vroegkapitalistische technologie: deze stimuleerden het zoeken naar wetenschappelijke verklaringen omtrent mechanische wetten en daar was ook behoefte aan. Daarom is het zo dat, volgens Hessen, de wetenschappers uit de zeventiende eeuw geen thermodynamica voortbrachten – zonder de stoommachine als inspiratiebron en een plek om te observeren en te experimenteren, zouden wetenschappers niet in staat zijn een dergelijke theorie te ontwikkelen. In de ogen van Hessen was wetenschap volkomen afhankelijk, allereerst van de economische structuur, en ten tweede van het technologische niveau van de maatschappij.

Het artikel van Hessen volgde een strikt Marxistische analyse, gepaard aan verhoudingsgewijs geringe historiografische nuancerings, dus het hoeft geen verbazing te wekken dat de reactie op zijn werk bijna uitsluitend negatief was. [30] Dit werd, natuurlijk, nog eens versterkt door de verslechterende relaties tussen de Sovjet-Unie en het Westen, alsmede door een toenemende angst voor het communisme en het Marxisme in het algemeen. Het is zelfs ironisch te noemen dat het werk van Hessen hem even weinig aanhangers opleverde in de Sovjet-Unie als in het Westen en als hij zijn artikel niet in een bundel gepubliceerd had dat in Engeland gedrukt werd, en als zijn ideeën geen weerklank hadden gevonden bij enkele westerse geleerden, dan zou hij weggezakt zijn richting volledige obscuriteit. Een van die geleerden was Edgar Zilsel en hoewel zijn werk in eerste instantie te lijden had van een lot dat vergelijkbaar was met dat van Hessen, zorgden zijn verstandhouding met de Wiener Kreis en de (in ballingschap verkerende) Frankfurter Schule ervoor dat Westerse geleerden belangstelling voor hem bleven houden, zelfs lang na zijn dood.

Edgar Zilsel was een Oostenrijkse Joodse Marxist, een onbelangrijk lid van de Wiener Kreis en de New Yorkse versie van the Institute of Social Research (de Frankfurter Schule in ballingschap). [31] Hij was een positivist, die geloofde dat kennis, leven en onderwijs een eenheid zouden moeten vormen, wat geïllustreerd werd door zijn betrokkenheid bij de Volkshochschule-beweging (volwassenenonderwijs). De reden voor zijn marginale positie bij de Wiener Kreis was gedeeltelijk te wijten aan zijn hang naar de praktijk. [32] Het is interessant dat zijn historische theorie over de ontwikkeling van de wetenschap eenzelfde nadruk legde op de interactie tussen theorie en praktijk.

Zilsel wijdde in zijn latere leven een groot deel van zijn academisch onderzoek aan de vraag waarom de wetenschappelijke revolutie plaatsvond op de plaats en het tijdstip waarop het ontstond. Voor Zilsel was dit een zoektocht naar het begin van de ware kennis en hij besteedde veel van zijn energie aan het benoemen van de sociologische barrières die haar ontstaan in de weg stonden, totdat deze uiteindelijk in de late zestiende en zeventiende eeuw overwonnen werden. In 'The Sociological Roots of Science' (1942) beweerde hij dat de opkomst van de moderne wetenschap een sociologisch proces was – met de overgang van het feodalisme naar het vroege kapitalisme en de groei van technologie in de steden als cruciale onderdelen van dit proces. [33] Maar in plaats van de nieuwe wetenschap te beschouwen als voortkomend uit technologische behoeften, zoals Hessen deed, of zelfs

vanwege de mogelijkheid om de nieuwe machines met eigen ogen te aanschouwen, was Zinsel de mening toegedaan dat de cruciale omwenteling plaatsvond vanwege de samenkomst van geleerden en vaklieden. Het argument van Zinsel was dat vóór de opkomst van de moderne wetenschap, drie afzonderlijke groepen van intellectuelen de noodzakelijke bestanddelen voor deze omwenteling van elkaar gescheiden hielden. Scholastici, die hun werk baseerden op het redeneren en de traditie, eerder dan het ontwikkelen van natuurwetten, vormden de groep van universitaire intelligentsia. De humanisten hielden zich voornamelijk bezig met taal en de klassieken. Alleen de laatste groep, de hogere handwerkslieden, hadden een dusdanige ervaring met de natuur dat daaruit een experimentele methode en een geloof in vooruitgang kon voortkomen die noodzakelijk was voor de moderne wetenschap. Zolang deze drie gescheiden werden gehouden, was het volgens Zinsel niet mogelijk dat een omwenteling op het gebied van de natuurkennis zou plaatsvinden. Pas met de ontwikkeling van stadjes en steden, vanwege de opkomst van het kapitalisme, was het zo dat deze groepen samen konden komen om de 'nieuwe wetenschap' tot stand te laten komen.

Deze toenadering was mogelijk geworden door diverse oorzaken. Ten eerste kwam deze nieuwe groep van hogere handwerkslieden (kunstenaar-ingenieurs, instrumentenmakers, landmeters en navigators) tot wasdom, in afzondering van zowel de universitaire geleerden en de humanistische literairen, alsmede van de oudere structuren van het gilde. Deze nieuwe groep ontwikkelde een experimentele methode die waarde hechtte aan empirisme, kwantificering en samenwerking, onderwijl bijdragend aan de kapitalistische en nationalistische onderneming in opkomst. Zoals Zinsel het verwoordde:

Toen de zeelieden uit de zestiende eeuw naar zee gingen, legden ze de grondsteen van het Britse Rijk en toen ze terugkeerden en kompassen gingen maken, legden ze het fundament van de moderne experimentele wetenschap. [34]

Ten tweede begon de status van deze vaklieden te stijgen, deels door veranderende economische omstandigheden. En ten slotte was het zo dat deze groep, vanaf circa 1550 samenkwam met de meer theoretische natuurfilosofen om een volslagen nieuwe interpretatie van de natuurlijke wereld te ontwikkelen. [35] Deze kruisbestuiving was mogelijk vanwege het nieuwe individualisme van de vroegkapitalistische ondernemingen en de vrijere atmosfeer van de vroegmoderne stadjes. [36] Zodoende was de zestiende eeuw voor Zinsel de cruciale eeuw, terwijl voor Hessen dit de zeventiende eeuw was. Daarnaast, hoewel de ontwikkeling van het kapitalisme en de daaraan gerelateerde technologieën van buitengewoon belang is voor de redenatie van Zinsel, is zijn verklaring voor de optredende verandering zowel sociocultureel als economisch van aard. Zinsel hield zich meer bezig met deze hogere handwerkslieden (die hij zowel beschouwde als degenen die op eigen houtje theorie en praktijk samenbrachten en die in het bijzonder nieuwe gegevens en methodes aanleverden voor natuurlijke filosofen zoals William Gilbert) en de waarden die in verband worden gebracht met dit culturele moment dan met de productieprocessen, zoals Hessen deed. Hij zag het belang van samenwerking en communicatie, alsmede de ontwikkeling van het idee van vooruitgang. Zinsel's wetenschappelijke revolutie was primair gebaseerd op een economische revolutie, maar bevatte tevens sociale, culturele, politieke en discursieve elementen.

Er zijn een aantal problemen met deze stelling. Terwijl Zinsel het kapitalisme en de groei van kleine steden naar voren brengt als zijn mechanisme voor verandering, is dit duidelijk niet voldoende. Kleine steden ontwikkelden zich al gedurende honderden jaren en gedurende die tijd veranderden de structuren van de gilden eveneens. Zoals Pam Long aantoonde, waren de middeleeuwse handeslgilden niet zo gesloten of star als Zinsel en andere vroege commentatoren ooit dachten, en innovatie en individualisme traden hier al veel eerder aan de dag. [37] Het mercantilisme is wel degelijk een nieuwe ontwikkeling in de vijftiende en zestiende eeuw, maar het is niet synoniem aan Zinsels kapitalisme. Hoewel economie erg belangrijk is, kan het op zichzelf geen verklaring bieden voor de wetenschappelijke revolutie, aangezien veel van de sociale en culturele veranderingen, die noodzakelijk waren voor de toename in macht en status van de 'hogere handwerkslieden', evenzeer te danken waren aan de militaire, politieke en religieuze ontwikkelingen van de elite als de handel met verre landen. Zinsel weet ook geen verklaring te bieden waarom en hoe deze nieuwe kennis, methode en ideologie van belang waren geworden voor de wereld waarin zij geïntroduceerd werden. Zinsel stelt eenvoudigweg dat experiment, een kentheoretisch geloof in het bestaan van natuurwetten, en een geloof in de vooruitgang van belang waren, eerder dan het leveren van welke sociologisch uitgewerkte verklaring dan ook, als reden dat natuurfilosofen deze methoden en ideologieën uiteindelijk aanvaardden.

Het werk van Zinsel bleef onvoltooid als gevolg van zijn voortijdige dood en zijn stelling werd al snel genegeerd, hoewel er werk van hem gepubliceerd was in het Engels en in belangrijke Amerikaanse uitgaven. [38] Een volledige evaluatie van de oorzaken van deze neergang valt buiten het bestek van dit hoofdstuk, maar had veel van doen met de koude oorlog en de achterdocht jegens Marxistische of zelfs materialistische verklaringen omtrent wetenschappelijke doorbraken. Wetenschapshistorici in de jaren na de Tweede Wereldoorlog deden hun best om ervoor te zorgen dat de wetenschap niet aangetast werd door invloeden van buiten, zodat het beschikbaar kon blijven om de mensheid te dienen. Zinsels ideeën waren waarschijnlijk te gevaarlijk om in overweging te nemen, wat een verklaring zou kunnen vormen voor de indirecte aard van de felle aanval van Rupert Hall, zowel als voor de wijze waarop Zinsel daarna op onofficiële wijze in de steek werd gelaten door de Anglo-Amerikaanse gemeenschap van historici. [39]

#### 4 Utiliteit en de Scientistische Maatschappij van Ben-David

Een paar geleerden bleven proberen om de veranderende culturele en sociologische houdingen ten aanzien van wetenschap in deze vroegmoderne periode op hun merites te beoordelen, met als doel om te komen tot een verklaring voor de wetenschappelijke revolutie. De twee belangrijkste ideologische grondhoudingen zouden misschien de 'Baconinaanse ideologie' genoemd kunnen worden, dat wil zeggen een geloof in de bruikbaarheid van de kennis van de natuur, en de groei van wat Ben-David de 'Scientistische Maatschappij' noemde. [40] De eerste interpretatie wil zeggen dat Francis Bacon uitdrukking gaf aan een geloof in de kracht en het nut van kennis van de natuur en hier de inspiratie van vormde, wat leidde tot een geloof in de vooruitgang en dat de aanzet gaf tot samenwerking en praktische wetenschappelijke ondernemingen als de oprichting van de Royal Society. [41]

Deel van het probleem bij een dergelijke interpretatie is dat deze zogenaamde ‘Baconiaanse’ idealen over vooruitgang, kracht en bruikbaarheid in de zestiende eeuw overal de ronde deden, dus eerder door Bacon werden opgehemeld dan door hem uitgevonden. Zoals Zilsel zelf zei: ‘Blijkbaar heeft het idee van wetenschap dat we normaal gesproken beschouwen als ‘Baconiaans’, zijn wortels in de behoeftes van de vroegkapitalistische economie en technologie’. [42] Dientengevolge kan Bacon niet de representatie vormen voor een veranderend mechanisme. Zo is het ook dat de Royal Society minder aan Bacon te danken heeft als oprichter dan aan veranderende sociale, culturele en economische werkelijkheden binnen de elites van de Londense samenleving. [43] Ditzelfde geldt voor Ben-David’s suggestie, dat de Westerse Europese samenleving meer en meer geïnteresseerd raakte en sympathie voelde voor een wetenschappelijk model en de kennis die hieruit voortkwam, wat eigenlijk een argument vormt ter legitimatie dan dat het dient als verklaring. Ben-David biedt een beoordeling van onschatbare waarde over de wijze waarop wetenschap in toenemende mate een belangrijke factor werd voor het Europese intellectuele leven in de achttiende en negentiende eeuw, maar het vertelt ons zeer weinig over hoe dit tot stand kwam in de zestiende en zeventiende eeuw. Shapin bijvoorbeeld, suggereert dat deze scientistisch maatschappij al zeer lange tijd in opkomst was. In de zestiende en zeventiende eeuw stonden natuurfilosofen niet direct in hoog aanzien, maar zij gaven dan ook niet de voorkeur aan wetenschappelijke exactheid boven voortdurende beschaafdheid en beleefde conversatie. [44]

Ondanks deze tekortkomingen was er daadwerkelijk een toenemende nadruk op toepasbaarheid en nut, in combinatie met een grotere kennis van wetenschap en de natuur en een belangstelling daarvoor vanuit een groter deel van de samenleving, wat belangrijke aspecten waren van de veranderende houding ten opzichte van de natuur in de vroege moderne periode. Beiden waren beïnvloed door de ontwikkeling van het koopmanschap, de stedelijke groei en veranderend beleid ten opzichte van behoeftes en strategieën. Het mandaat van nut en macht over de natuur, tot uitdrukking gebracht door wiskundige vaklieden die aspiraties hadden om hogerop te komen aan de vorstelijke hoven, droegen bij aan bewustwording van het belang om de natuurlijke wereld te bestuderen en zodoende zijn de twee interpretaties gerelateerd aan elkaar, in het bijzonder op het niveau van prinselijke besognes. De wetenschappelijke revolutie combineerde nieuwe stellingnames ten aanzien van de natuur en macht, nieuwe spelers zochten naar status en nieuwe mogelijkheden ontstonden in de vroege moderne periode door economische, politieke en culturele veranderingen.

## 5 De ‘Wetenschappelijke Revolutie’ en de wiskundige vaklieden

De zestiende eeuw was een tijd van vervreemding voor natuurfilosofen. Toen de Rooms-Katholieke Kerk haar monopolie kwijtraakte op het gebied van Waarheid, had dat ook gevolgen voor de universitaire Scholastici. [45] Hoewel universiteiten belangrijk bleven, begon hun clientèle te veranderen. [46] Tegelijkertijd ontstond er in deze periode een unieke kans, met name door het prinselijke beschermheerschap. Dit veranderde de waarde van verschillende dingen. In de plaats van syllogistische logische en theologische

subtiliteiten, wilden prinsen spektakel, macht en overvloed. Hierdoor ontstond een waardering voor natuurfilosofen met een praktische inslag (of voor hen die beweerden dat te zijn). [47]

Zodoende was het onderscheid tussen de hoofse natuurfilosoof en de (wiskundige) vakman niet helder. Auteurs van praktische verhandelingen wijdden hun werk aan beschermheren en prinsen of presenteerden dit aan hen met de bedoeling om de status van de vakman te verhogen en tegelijkertijd het pleit te winnen voor empirische kennis. Alchemisten, astrologen, en bouwers van vreemdsoortige apparaten werden bijvoorbeeld gewaardeerd zowel voor de status die ze aandroegen aan het hof als voor de praktische resultaten die ze zouden kunnen behalen. Portugese stuurlieden, die in de vroege vijftiende eeuw niet opgemerkt werden door koningen of vorstelijke hoven, brachten het in de zestiende eeuw tot Koninklijke Kosmografen. [48] De meeste natuurfilosofen die verbonden waren aan de prinselijke hoven verwierven hun reputatie op grond van zowel hun intellectuele scherpzinnigheid als hun praktische toepassingen. Johannes Kepler en John Dee maakten bijvoorbeeld beiden horoscopen voor respectievelijk Rudolf en Elizabeth. Dee adviseerde Elizabeth over de meest gunstige dag voor haar kroning, en daarnaast pleegde hij overleg met navigators over het vinden van een noordwestelijke doorvaart. [49] Zo waren ook Galileo's bezigheden als edelman zowel van esoterische als praktische aard. [50] Deze mannen balanceerden fijntjes tussen theorie en praktijk, aangezien ze alle drie geïnteresseerd waren in grote filosofische systemen en ze hun positie aan het hof niet alleen maar nastreefden om verbeterde telescopen of nieuwe armillaria [hemelbollen voorzien van metalen ringen -red.] te maken. Maar zoals duidelijk wordt aan de hand van de situatie rond Dee, wilden monarchen tastbaarder resultaten dan het voeren van gesprekken met engelen en alle onderzoekers van de natuurlijke wereld met connecties aan het hof waren zo nu en dan genoodzaakt om te dansen voor hun maaltijd. Zelfs onderzoekers die minder direct verbonden waren aan de hoven, zoals de geografen William Gilbert of Richard Hakluyt, combineerden hun belangstelling voor meer theoretische kosmografische thema's met directe praktische resultaten. Hakluyt wilde graag een volledig beeld van de aardbol construeren, maar presenteerde zijn werk als een oppermachtig en intens praktisch project. [51] Gilbert sprak over mijnbouw en navigatie, terwijl hij werkte aan een nieuwe theorie rond het aardse magnetisme. [52]

Zodoende was de bruikbaarheid van kennis van het hoogste belang in dit nieuwe stelsel, zoals dat ook gold voor het directe contact tussen geleerde en vakman (of op zijn minst voor geleerde en vakmatige ideeën). Dit ging echter om meer dan louter de ontwikkeling van de contouren van een kapitalistische economie. Het koopmanschap groeide en bloeide in deze tijd en de uitbreiding ervan was van fundamenteel belang voor een groot deel van de nieuwe politieke organisatie in Europa. Desalniettemin was bruikbaarheid een retorische stellingname voor velen, eerder dan dat het een uitdrukking was van een directe toepassing van nieuwe filosofische ideeën in de praktijk. Een ding was zeker, er was een nieuwe hoofse cultuur in ontwikkeling en voor velen vormde de aanspraak op bruikbaarheid de toegang tot deze cultuur. [53] Zo waren ook de ondernemende wiskundigen die overal in Europa opdoken minstens net zo hard bezig met het zich nuttig voordoen, als met het daadwerkelijk toepassen van hun ideeën en expertise. Met andere woorden, Zisel's directe Marxistische

interpretatie is hier niet zonder meer van toepassing. Mensen moesten nu eenmaal hun brood verdienen, maar geld verdienen was op zich voor veel van deze nieuwe natuuronderzoekers minder belangrijk dan het bezit van cultureel kapitaal. Bruikbaarheid was een onderwerp van gesprek en een ideologie, en de economische mogelijkheden hingen meer samen met het aan de man brengen van vakkundigheid dan aan welke manieren dan ook om snel rijk te worden. [54]

In de zeventiende eeuw begon de relatie tussen natuurfilosofen, vakmensen en beschermheren te veranderen. Naarmate de status van de natuurfilosoof verbeterde, was het voor hem niet langer nodig om zichzelf te rechtvaardigen voor wat betreft de toepassing van zijn kennis. Ook begon hij het belang te zien van het afstand nemen van de grove mechanica en zodoende begonnen zelfs wiskundige vaklieden een wat elitairder publiek aan te trekken voor hun werk. Deze afzondering van de elite ten opzichte van het meer volkse ontstond niet alleen binnen de natuurfilosofie, maar ook binnen diverse culturele uitingen in de zeventiende eeuw. Dit was het tijdperk waarin de bovenste lagen zich in het algemeen meer terugtrokken van de volkse cultuur, bijvoorbeeld ten opzichte van carnaval, kerstvieringen en ander feestgedruis. [55] Zoals beschreven in de laatste scènes van *A Midsummer-Night's Dream* en *Love's Labour Lost*, nam de elite er genoegen mee om te kijken naar algemene festiviteiten dan om eraan deel te nemen, daarmee ruimte gevend aan Bottom en zijn 'grove mechanica' om Pyramus en Thisbe te spelen in het eerstgenoemde stuk en aan de werklieden om Van Neghen Den Besten te spelen in het laatste. [56]

In een natuurfilosofische setting kunnen we deze afzondering zeer helder zien in *Solomon's House* van Francis Bacon. [57] Hoewel sommigen het hier beschreven ideale laboratorium interpreteerden als een ware democratisering van wetenschappelijke kennis, was het doel van Bacon eerder om controle uit te oefenen op het voortbrengen van de waarheid. Zoals Julian Martin aantoonde, stond Bacon wantrouwig ten opzichte van de verwardheid van de gewone mensen en, in plaats van de wetenschap te willen democratiseren met zijn plan voor deelname van allen, degradeerde hij de handwerkslieden naar een steeds lagere positie – zoals houthakkers en waterputters. De feitenverzamelaars voor het huis van Salomon werden niet geacht het volledige proces of theorie te begrijpen, maar om alleen hun individuele stukjes informatie te vergaren, het daarmee aan de goedgekeurde filosofen overlatend, mannen zoals Bacon zelf, om conclusies te trekken en axioma's af te leiden. [58] Bacon, een ware elitairist, wilde er zeker van zijn dat alleen diegenen, die even betrouwbaar waren als hijzelf, iets over een theorie te zeggen zouden hebben. Zodoende waren de mensen van de praktijk en de vaklieden over het algemeen hun status kwijtgeraakt, ondanks dat de natuurfilosofen zich tot doel hadden gesteld om zich praktisch voor te doen.

Tegen de tijd dat de Royal Society en de Académie des Sciences werden opgericht, waren de onderzoekers van de natuurlijke wereld al opgehouden met op vertrouwelijke voet te communiceren met de meer praktisch ingestelde mensen en hun gedachtegoed. Zij die op succesvolle wijze de 'nieuwe wetenschap' hadden gecreëerd, hadden sociale barrières geconstrueerd om de theorie te scheiden van de praktijk en zij waren zodoende de eersten die zich begonnen af te zonderen, een houding die van belang zou worden voor de moderne wetenschappelijke inzichten rond zuiver onderzoek. De wetenschappelijke revolutie was



mogelijk gemaakt door communicatie binnen het spectrum van handmatig werk tot aan intellectuele arbeid, maar het vond haar voltooiing door dit verband in sociaal opzicht te doorklieven.

## 6 De Kwestie van de Engelse Geografie

Nergens kwam deze mengeling van bruikbaarheid, nieuwsgierigheid over de natuur en politieke agenda's duidelijker naar voren dan in het geografisch onderzoek. Geografen werden aan diverse prinselijke hoven in het vroegmoderne Europa begunstigd, enerzijds omdat dergelijke prinsen een economische en intellectuele belangstelling hadden voor de recent ontdekte wereld en anderzijds omdat dergelijke wiskundige vaklieden hun hoven met luister en belang konden bijzetten. Tegelijkertijd hadden kooplieden een economisch en politiek belang bij het begrijpen van de aardbol, alsmede een toenemend verlangen om in geografisch opzicht intelligent over te komen. De relatie tussen intellectuele geografische belangstelling en politieke en economische besognes kwam over geheel Europa tot ontwikkeling. Vandaar dat geografie een bijzonder goed voorbeeld vormt van de transformatie die plaatsvond binnen de wetenschap van deze tijd. Het geografisch onderzoek, meestal uitgevoerd door wiskundig onderlegde mensen uit de praktijk, maakte een interactie tussen theorie en praktijk noodzakelijk. Nieuwe besognes van kooplieden en nieuwe politieke en culturele fenomenen vormden hiertoe een aansporing. Aldus zijn de ontbrekende mechanismes van Zilsels verklaring in deze casestudie aanwezig.

In het Engeland van de zestiende eeuw was geografie een bloeiend onderzoeksgebied. Het werd als onderdeel van het kunstcurriculum bestudeerd, zowel in Oxford als in Cambridge, en het maakte daardoor deel uit van het wereldbeeld van de meeste jonkheren en kooplieden die een opleiding hadden genoten. [59] De studie geografie hield onder andere in: een wiskundig model van de aarde, beschrijvingen van haar verre landen en hun inwoners, en de plaatselijke geschiedenis van de meer nabijgelegen omgevingen, ik heb dit elders mathematische geografie genoemd, ook wel beschrijvende geografie en chorografie. [60] Omdat het leunde op de geografen uit de antieke oudheid, zoals Ptolemeus en Strabo, was geografie, om het moderne onderzoek wat kracht bij te zetten, een discipline die gebruik maakte van de methodes van de humanisten en de traditie van de universitaire geleerden. Evenzeer was geografie een studie die werd geïnspireerd door nieuwe ontdekkingen, reizen en tochten en daar afhankelijk van was en die zodoende intrinsiek verbonden was aan de getuigenissen en ervaringen van mannen van de praktijk. Zodoende fungeerde de geografie als een ontmoetingsplaats voor theoretisch gevormde geleerden van de universiteit en de mannen die gevormd waren door de zakelijke praktijk, dat zodoende een heerlijk Zilseliaans moment biedt waarin de veranderende wetenschappelijke wereld op waarde geschat wordt.

Geografie belichaamde de dynamische spanning tussen de wereld van de geleerde, aangezien geografie een academische studie was die gelegitimeerd werd door haar klassieke, theoretische en wiskundige achtergronden, en de wereld van de vakman, omdat het onlosmakelijk verbonden was met economische, nationalistische, en praktische

activiteiten. Het leverde een synthese die het mogelijk maakte voor haar praktikanten om verder te reiken dan de beperkingen van de natuurfilosofie en om een nieuw wetenschappelijk ideaal te omarmen als een krachtig middel om de natuur te begrijpen en te beheersen. De bruikbaarheid van het geografische onderzoek was van het allergrootste belang voor de mensen die in steeds grotere getalen de universiteit bezochten en het was dit concept van bruikbaarheid voor de staat en het individu dat deze nieuwe mannen van de universiteit ertoe aanzette om de geografie te onderzoeken en te waarderen. [61] De geografische gemeenschap bestond toentertijd uit een uiteenlopende groep mensen, met diverse verschillende bezigheden en doelen, maar met een verlangen om van nut te zijn voor het land en voor hun eigen belang en ze hadden een [gemeenschappelijke] kijk op Engeland als zijnde een speler van toenemende waardigheid op het wereldlijke toneel.

De Engelse geografische gemeenschap was complex, dit hing voor een groot deel samen met haar onvermijdelijk nauwe verbinding tussen handwerk en intellectuele arbeid. Zelfs de meest theoretische geograaf was afhankelijk van de informatie en het inzicht van navigators, instrumentenmakers, cartografen, en landmeters om het land en het water van de aardbol te begrijpen. [62] Dit is te zien in het werk van Richard Hakluyt, die gebruik maakte van verhalen van zeelieden om tot een beschrijving te komen van de wereld en van de rol van Engeland bij haar ontdekking, en die met *Principal Navigations* een voornamelijk praktisch document maakte met belangrijke theoretische inzichten. Edward Wright, een serieuze wiskundige geograaf wiens eigen ervaringen tijdens ontdekkingsreizen van diepgaande invloed waren op dit onderzoeksprogramma, levert tevens een belangrijk voorbeeld van iemand die bemiddelde tussen theorie en praktijk, zoals we zullen zien. Zo vormt ook de samenwerking tussen John Dee, een universitair opgeleid wiskundige en geograaf, en Henry Billingsley, een koopman uit Londen, die in 1570 leidde tot een vertaling van Euclides, een indicatie van de vruchtbare uitwisseling tussen het geestelijk leven en het leven op de marktplaats. [63] De carrière van Dee vormt een bijzonder voorbeeld van het belang van het theoretisch-praktische spectrum. Dee zou zichzelf waarschijnlijk beschreven hebben als een natuurfilosoof en hij werkte ook inderdaad zijn leven lang aan een nieuw theoretisch wereldbeeld, naast het streven naar een hogere sociale status. Toch was hij meestentijds betrokken in meer praktische wiskundige aspiraties, in het bijzonder astronomische en geografische. [64] Hij adviseerde de meeste navigators die op weg gingen richting noordwestelijke of noordoostelijke reizen, hij ontwikkelde kaartprojecties en navigatie-instrumenten en schreef notities voor de koninklijke adviesraad over de politieke stellingname ten aanzien van de Engelse geografie. [65] Op deze wijze ontwikkelde Dee, zoals vele andere wiskundige vaklieden, een veelvoud aan elkaar overlappende rollen, zowel als geleerde, vakman en staatsman.

Zoals het geval was met Dee, zo combineerden vele Engelse geografen een universitaire opleiding met hoofse en zakelijke ervaring. Een duidelijke meerderheid van de Engelse geografen in de late zestiende en vroege zeventiende eeuw bezocht een van de twee universiteiten en om die reden kan de verwerping van de universiteiten door Zilsel niet juist zijn. [66]

Een verbazingwekkend aantal van hen waren ook bezoeker van respectievelijk de Elizabethaanse of Jakobijnse hoven. Om daar verwelkomd te worden, moesten ze technische kennis kunnen combineren met politieke inzichten en transcendente kennis. Zeekapiteins hoefden geen poging te wagen, maar puur universitair geschoolde docenten waren ook niet gewenst. Met andere woorden: de kruisbestuiving tussen de vakman en de geleerde die Zinsel waarneemt, vond plaats binnen de belichaming van de hoofse geograaf. [67] Zodoende was het mecenaat aan het hof (met haar politieke, culturele en economische implicaties), vaak de plek -en de drijfveer- voor het samengaan van theorie en praktijk. [68]

Er zijn vele voorbeelden van deze interactie. Zinsel had het bij het rechte eind door onze aandacht te vestigen op de connecties tussen William Gilbert en Robert Norman, om maar een voorbeeld te noemen. Twee geografen die het leven van een geleerde combineerden met dat van iemand uit de praktijk waren Edward Wright en Thomas Harriot. [69] Beiden waren opgeleid aan de universiteit, waar ze onderricht kregen in de klassieke fundamenten van hun vakgebied, naast recente ontdekkingen en theorieën. Maar geen van beiden was een afgezonderde of traditionele scholasticus. Ze gingen allebei mee op langdurige ontdekkingsreizen en ze leerden navigatie en de problemen van de grove mechanica kennen via de vakkundige navigators die ze ontmoetten. Maar ze reikten verder dan louter deze praktische kennis en probeerden de structuur van de aardbol vast te leggen en streefden ernaar de nieuwe wereld te leren kennen. Beiden hadden connecties met belangrijke hoven en begunstigers, en beiden gebruikten het credo van bruikbaarheid en imperialisme om het argument kracht bij te zetten dat er behoefte was aan geografische kennis.

Edward Wright, de beroemdste Engelse geograaf uit deze tijd, had zijn opleiding genoten aan Gonville en Caius College in Cambridge, waar hij in 1551 zijn eerste graad haalde en zijn master in 1584. Hij bleef in Cambridge als staflid tot het eind van de eeuw, met een kort uitstapje naar de Azoren als reisgenoot van de Graaf van Cumberland. [70]

In 1599 vertaalde Edward Wright *De Havenvinding* van Simon Stevin uit het Nederlands. [71] In dit werk beweerde Stevin dat magnetische schommelingen gebruikt zouden kunnen worden als hulp bij het navigeren in plaats van het berekenen van de lengtegraad. [72] Hij maakte tabellen met variabelen, manieren om havens te vinden op basis van bekende variaties, en methodes om variaties vast te stellen. Wright riep in zijn vertaling op tot wereldwijde systematische observatie van variaties bij kompassen,

opdat we uiteindelijk kunnen komen tot de zekerheid dat zij die de leiding hebben over schepen aan de hand van hun navigatie weten naar welke breedtegraad en naar welke variabele (die gebruikt zal worden in plaats van de lengtegraad die nog niet gevonden is) ze zichzelf zouden moeten verplaatsen. [73]

Het werk van Wright laat een nauwe verbintenis zien tussen navigatie en de promotie van een 'proto-Baconiaanse' indeling van feiten in tabellen die zowel bedoeld is voor praktische toepassing als voor wetenschappelijke vooruitgang. Hier komt het fundament van een experimentele wetenschap naar voren, gegrondvest op een praktische toepassing, alsook op theoretische wiskunde, geheel los van de traditionele Aristoteliaanse natuurfilosofie of de Neoplatoonse wiskunde. Helaas echter was Wrights opzet niet geheel succesvol. Rond 1610, in zijn tweede editie van *Certaine Errors of Navigation*, had Wright een gedetailleerde kaart

ontwikkeld van variaties van kompassen – maar hij was ook terughoudender geworden over zijn claims om variaties te gebruiken bij het bepalen van lengtegraden. [74]

De grootste prestatie van Wright was *Certaine Errors of Navigation* (1599), zijn lofrede op de problemen van de moderne navigatie en de behoefte aan een wiskundige oplossing ervan. Wright gaf in zijn boek voor het eerst uitleg over kaartprojectie volgens Mercator, begeleid door een elegant Euclidisch bewijs van de geometrie die erin werd toegepast. Hij publiceerde ook een tabel met onderdelen van lengtecirkels voor iedere graad, die cartografen in staat stelde om accurate projecties te maken van het netwerk van meridianen en gaf directe aanwijzingen voor het maken van kaarten. [75] Ook construeerde hij zijn eigen kaart op grond van zijn methode. Wright's werk was het eerste ware wiskundige werk dat aandacht besteedde aan Mercator's projectie en het plaatste Engelse wiskundigen voor enige tijd in de voorhoede van de Europese wiskundige geografie. Het was tegelijk ook belangrijk vanwege de nauwe verbinding waar het zich op beriep, en die ook nodig was, tussen theoretisch wiskundigen en praktische navigators.

Ten tijde van de eeuwwisseling verhuisde Wright van Cambridge naar Londen, waar hij zich vestigde als leraar wiskunde en geografie. Ongeveer rond dezelfde tijd leverde hij bijdragen aan Gilbert's werk over magnetisme, daarbij een praktisch perspectief biedend op de meer natuurfilosofische blik van Gilbert. [76] Hij creëerde een kaart van de wereld op basis van de technieken van Mercator en hielp waarschijnlijk bij het construeren van de Molyneux globes. [77] In de vroege zeventiende eeuw was hij, naar het schijnt, leraar geworden van Henry, de prins van Wales, (de oudere zoon van James) een bewering die nog eens bevestigd werd door Wright's opdracht aan Henry bij zijn tweede editie van *Certaine Errors* in 1610. [78] Bij zijn aanstelling als leraar, zorgde Wright

ervoor dat een grote bol gemaakt werd voor zijne hoogheid, met de hulp van enkele Duitse werklieden; hetwelk door middel van een systeem van veren niet alleen de beweging van de gehele hemelkoepel representeerde, maar die ook de zelfstandige systemen van de zon en de maan toonde, en hun cirkelvormige bewegingen, samen met hun plaatsen, en de mogelijkheden om elkaar te verduisteren. Inwendig bevond zich een raderwerk die een beweging mogelijk maakte voor een periode van 171.000 jaar, als de bol zolang in beweging gehouden kon worden. [79]

Henry was gebiologeerd door dergelijke apparaten en beloonde degenen die deze konden maken. [80] Wright ontwierp en bouwde ook een aantal navigatie-instrumenten voor de prins en bereidde een plan voor om water neerwaarts te leiden vanuit Uxbridge voor het gebruik door de koninklijke huishouding. [81] In, of rond 1612, werd Wright aangesteld als bibliothecair voor prins Henry, maar Henry stierf voordat Wright kon beginnen met zijn betrekking. [82] In 1614 werd Wright aangesteld door Sir Thomas Smith, gouverneur van de East India Company, om bij de maatschappij onderricht te geven in wiskunde en navigatie, alwaar hij £50 per jaar zou ontvangen van de maatschappij. [83] Er is wat onduidelijkheid over de vraag of Wright feitelijk wel of niet deze lessen heeft gegeven, want hij stierf in het daaropvolgende jaar.

Wright levert op deze wijze een mooi voorbeeld van een wiskundige vakman die zowel intellectueel als sociaal banden onderhield tussen theorie en praktijk. Hij was geschoold aan de universiteit en werkte op verschillende momenten in zijn carrière als leraar. Hij was

geïnteresseerd in theoretische problemen, inclusief de in wiskundig opzicht subtiële constructie van kaartprojecties en hielp Gilbert bij zijn filosofische onderneming. Aan de andere kant was hij een academicus die respect had voor de ervaringspraktijk. Hijzelf had ervaring opgedaan met de problemen rond navigatie op de oceanen, hij bouwde instrumenten, en hij vroeg om hulp en advies aan zeelieden en navigators. Hij had diverse redenen voor dit balanceren tussen handwerk en intellectuele arbeid, waaronder waarschijnlijk financieel gewin en sociale prestige, maar ook de eigen intellectuele interesses. Hij was in ieder geval betrokken bij het nut van zijn onderzoekingen en, via de steun van het beschermheerschap door de aristocratie, prins Henry en de East India Company (enigszins laat), was hij in staat om te debatteren over de bruikbaarheid van geografische kennis, zowel vanuit het perspectief van de machthebber als vanuit dat van de zakenman.

Een ander opvallend figuur in de mathematische geografie, die ook verbonden was met prins Henry, was Thomas Harriot. [84] Harriot ging naar Oxford in dezelfde periode dat Wright naar Cambridge ging. Hij deed toelatingsexamen voor St. Mary's Hall in 1577 en ontving daar zijn bachelor graad in 1580. In 1582 was hij in dienst van Sir Walter Raleigh, die hem in 1585 naar Virginia stuurde. Harriot was, evenals Wright, een academische en theoretische geograaf, wiens tijdelijke uitstapje in de praktische sfeer van reizen en onderzoek doen hem hielp om zijn begrip te vormen van de uitgestrektheid van de aardbol en van welke vernieuwingen nodig waren om deze te bereizen. De beschrijving van Virginia door Harriot, zoals aangetroffen in zijn *Brief and true report of... Virginia* (1588), [85] was 'de eerste brede beoordeling van de mogelijke bronnen van Noord-Amerika zoals gezien door een geschoolde Engelsman die daar ook geweest is.' [86] Harriot stelde de eerste woordenlijst op van een taal van Noord-Amerikaanse indianen (waarschijnlijk Algonquin), [87] een noodzakelijke eerste stap van classificatie met als doel om te overheersen, op deze wijze illustrerend dat de inductieve geest nooit ver weg is van de kern van zelfs de meest wiskundige geograaf. Hij zag het grote potentieel van Virginia voor Engelse vestiging, onder het voorbehoud dat de oorspronkelijke bewoners met respect behandeld zouden worden en dat bekeringsdrift en Engelse hebzucht tot een minimum beperkt zouden blijven. [88] Zijn advies over vestiging in Virginia zou belangrijk blijken te zijn aangezien vervolgens de Virginia maatschappijen van de zeventiende eeuw opgericht werden. Dit was het werk van een man die zich zeer bewust was van de praktische en economische consequenties van de intellectuele inspanning om de grotere wereld te beschrijven, gepaard aan het imperialisme in de praktijk.

Belangrijker voor Harriot waren kwesties rond de wiskundige structuur van de aardbol. Zijn wiskundige kennis hield feitelijk gelijke tred met zijn houding ten opzichte van machthebbers in het algemeen en met de ervaring van zijn contacten in Virginia in het bijzonder. [89] Hij hield zich diepgaand bezig met vraagstukken rond astronomie en natuurkunde, inclusief het gebrek aan perfectie van de maan en de brekingsindices van verschillende materialen. [90] Harriot was geïnspireerd door Galileo's telescopische waarnemingen van de maan en maakte zelf enkele excellente schetsen na het verschijnen van *The Starry Messenger*. Hij deed ook onderzoek naar een van de meest prangende problemen van de wiskundige geografie uit de zeventiende eeuw – het probleem van het bepalen van de lengtegraad op

zee. Harriot werkte lang en hard op de vraag van de lengtegraad en andere problemen rond navigatie, daarbij op informele wijze zijn overtuiging mededelend aan vele wiskundige geografen dat optredende variaties bij kompassen de sleutel moest bevatten om het raadsel van de lengtegraad te ontrafelen. [91]

Harriot was een leraar wiskunde van Sir Walter Raleigh gedurende het grootste deel van de laatste twee decennia van de zestiende eeuw, hij gaf advies aan diens kapiteins en navigators, en zocht tevens naar onderzoeken waar Raleigh interesse in zou kunnen hebben. Zoals Richard Hakluyt zei over Harriot, in een opdracht aan Raleigh:

Door je ervaring in navigatie zag je duidelijk dat onze hoogste glorie als insulair koninkrijk zou bestaan uit het bereiken van de hoogste verhevenheid aan het firmament van de wiskundige wetenschappen, en dus heb je, tegen een heel schappelijke vergoeding, gedurende lange tijd een man in je huishouden te eten gegeven, Thomas Harriot, die goed onderlegd was in deze studies zodat je onder zijn leiding in je vrije uren deze edele wetenschappen zou kunnen leren. [92]

Toen Raleigh uit de gratie viel, uiteindelijk eindigend in de Tower, verplaatste Harriot zijn loyaliteit jegens een weldoener in de richting van een andere aristocraat die geïnteresseerd was in wiskundige en geografische onderzoeken, de negende graaf van Northumberland (de zogenaamde 'Wizard Earl'). Hoewel de relatie van Harriot met Northumberland nogal obscuur is, lijkt het erop dat hij onderzoek op touw heeft gezet binnen Northumberland's kring en soms binnen diens huishouden, en dat hij tevens optrad als huisonderwijzer wanneer dat nodig was. Harriot was ook verbonden met Henry, de prins van Wales, als persoonlijk leraar in toegepaste wiskunde en geografie, net als dat met Wright het geval was. [93] Het is waarschijnlijk dat Wright en Harriot elkaar aan het hof van Henry ontmoet hebben. Als twee universitair geschoolde tijdgenoten met bijna dezelfde interesses en ervaringen, zouden ze veel profijt gehad hebben van hun samenwerking. Gezien hun wederzijdse belangstelling, zou het zinnig voor hen zijn geweest om, gedurende de tijd dat ze beiden aan het hof waren, kwesties te bediscussiëren rond hun wederzijdse geografische en wiskundige belangstelling.

De carrière van Harriot laat veel van dezelfde kenmerken zien als die van Wright. Harriot was een man die overstapte van het ene naar het andere academische onderzoek, van de universiteit, naar Virginia, naar aanstellingen als onderzoeker en huisleraar voor Raleigh en Northumberland. In sommige opzichten was hij minder geëngageerd op het vlak van praktisch onderzoek dan Wright, hoewel zijn reis naar Virginia en zijn werk op het gebied van lengtegraden wel wijzen op zijn engagement voor kwesties van praktische betekenis. Harriot was ook zeer afhankelijk van het beschermheerschap, in het bijzonder dat van Raleigh en Northumberland (hoe slecht die keuzes ook zouden blijken te zijn), en hij gebruikte dit beschermheerschap om een intellectuele gemeenschap op te richten waar wiskundige theorie en bruikbaarheid voor machthebbers als van gelijk belang beschouwd zouden kunnen worden.

Wright en Harriot, plus een leger van andere geografen die geïnteresseerd waren in dit verband tussen theoretische en praktische kwesties, combineerden een belangstelling voor de samenstelling van de aardbol en een nieuw, verrekender begrip van de fundamentele geografische concepten, met een verlangen naar politieke en economische macht van

prinsen, edellieden en kooplieden. Dit verstrekkende gebied van onderzoek moedigde academische geografen, instrumentmakers, navigators en investeerders aan om zich te verenigen. Het gevolg was een gedachtewisseling rond theoretische en praktische kwesties, dat tevens ruimte bood voor een nieuwe dialoog met de natuur. Deze vruchtbare verbintenis tussen theorie en praktijk hielp deze mannen om te bepalen welke soort van vragen konden stellen, om het soort van antwoorden te bepalen dat acceptabel was en om het model van de wereld vast te stellen dat ontwikkeld zou worden. Aldus beïnvloedde deze socio-economische en politieke structuur op diepgaande wijze de ontwikkeling van wat we nu de wetenschappelijke revolutie zouden noemen.

## 7 Conclusie

Wright en Harriot boden een goed voorbeeld van het soort van onderzoekers dat nodig was voor de totstandkoming van de 'wetenschappelijke revolutie'. Deze twee mannen, en vele andere wiskundige vaklieden, staan voor de verbinding tussen theorie en praktijk, beide binnen hun eigen carrière en ideeën, en tussen universiteiten, rechtszalen, drukkerijen, winkels van instrumentmakers, en vele andere verschijnselen van deze overgangstijd. Hun levens en carrières laten zien dat nieuwe gebieden belangrijk werden voor de zoektocht naar kennis van de natuur, inclusief stedelijke winkels en huizen aan de ene kant, en de hoven en statelijke onderkomens van aristocratische en edele beschermheren aan de andere kant. Wright en Harriot laten binnen hun wetenschappelijke wereldbeelden ook een interessante mix zien tussen theorie, vergaring van inductieve feiten en kwantificering, wat voor een deel de oorzaak is voor de veranderende visie ten aanzien van de natuur en haar onderzoek. Beiden hielden zich bezig met toepasbaarheid en bruikbaarheid, in het bijzonder binnen het discours dat ze gebruikten om te pleiten voor de doelen die ze nastreefden, maar ook bij de problemen die ze oplosten en de antwoorden die ze als afdoende beschouwden. Hun relaties met het koopmanschap, ten slotte, zijn illustratief -buitengewoon belangrijk, ongetwijfeld, maar niet allesbepalend voor hun leven. Dit was geen wetenschap die bepaald werd door de eisen van een koopman die het geld verschaft, maar eerder een ingewikkelde interactie tussen hof, nationale en internationale intellectuele gemeenschap, en ondernemingszin van kooplieden.

Op deze wijze representeren de wiskundige vaklieden de veranderende aard van de wetenschappelijke onderneming in de vroege moderne tijd. Zij legden de communicatieve verbinding tussen theorie en praktijk die volgens Zinsel zo fundamenteel was. De reden dat ze dit deden, was onder andere vanwege de economische en burgerlijke veranderingen die op zo directe wijze van invloed waren op Europa, hoewel niet speciaal met de opkomst van kleine steden. Zoals we zullen zien in de andere artikelen in dit boek, hielden deze mannen zich ook bezig met kwesties rond nationalisme, imperialisme, culturele acceptatie, en status, kwesties die niet gemakkelijk passen in de meer materialistische interpretatie van Zinsel.

Schiepen zij de wetenschappelijke revolutie of een nieuwe wetenschap? In zekere zin wel. Omdat deze mannen geïnteresseerd waren in wiskunde, werden metingen en kwantificatie in toenemende mate belangrijk. Hun sociale omstandigheden stonden er borg voor dat het

onderzoek van de natuur op praktische wijze ingevuld werd, met gebruikmaking van iedere willekeurige bron, en wetenschap bracht in antwoord daarop een discours voort van nut en vooruitgang, evenals een inductieve methodologie. In nauwe verbinding met nationale trots en zakelijke winst, was de wetenschap die in deze tijd tot ontwikkeling kwam, een representatie van deze aangelegenheden, een erfenis die gemakkelijk vergeten wordt door de hedendaagse wetenschap. Wezenlijk was, grotendeels door het werk van wiskundige vaklieden, zoals Wright en Harriot, dat het onderzoek van de natuur plaats begon te vinden buiten de muren van de oudere universiteit (hoewel er belangrijke banden bleven bestaan), met nieuwe methodologieën, kentheorieën, en ideologieën over nut en vooruitgang. De wetenschappelijke revolutie was begonnen.

Maar er ontbrak nog steeds iets. Wright en Harriot maakten niet de overbrugging naar de natuurfilosofen. Ondanks hun belangstelling voor beschermheerschap en de natuurlijke wereld, bleven zij wiskundige vaklieden. En tegen het einde van de zeventiende eeuw waren wiskundige vaklieden gereduceerd tot technici, wier aanwezigheid steeds minder zichtbaar werd. [94] Ondertussen verwijderden de natuurfilosofen, zoals Robert Boyle, of Isaac Newton, zich van het gezelschap van de wiskundige vaklieden, ook al maakten ze wel gebruik van de vruchten van hun arbeid. Deze beëindiging van het gesprek tussen geleerde en handwerksman is net zo belangrijk als het eerste begin ervan; dat is echter het verhaal van de legitimatie van de wetenschappelijke revolutie en het moet daarom uitgesteld worden tot een andere keer.

Zilsel had er gelijk in dat hij pleitte voor het belang van economische ontwikkeling en voor de invloed van de technische en technologische kwesties. Hij had er ook gelijk in dat hij het belang zag van de kunst van de mecaniciens met betrekking tot de mechanische filosofie, dat wil zeggen, het vakmanschap en de deelname van kunstenaar-ingenieurs (in het bijzonder de wiskundige vaklieden) in het herscheppen van de kennis van de aardbol en de natuurlijke wereld in meer algemene zin. Wat hij miste, was het mechanisme. De veranderingen van de zestiende eeuw waren niet louter economisch, maar hadden ook betrekking op een fundamentele verandering binnen politiek, cultuur en religie. Het meest belangrijke voor de veranderingen van de exploraties van de natuurlijke wereld -de wetenschappelijke revolutie- was de opkomst van nieuwe politieke eenheden, met hun focus op de hoven, de opkomst van een nieuwe religieuze diversiteit die mensen ertoe aanzette om vragen te stellen bij de aanspraak op waarheid door de katholieke kerk, en de opkomst van een nieuwe groep mensen die belangstelling hadden voor het benaderen van de politieke wereld door middel van hard werk en politieke scherpzinnigheid. Het resultaat was dat begrip van de natuurlijke wereld -nu bruikbaar en toepasbaar- een nieuw statussymbool werd binnen deze cultuur.

L.B. Cormack



## Noten

1. Bijvoorbeeld: Thomas Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press, 1962), gebruikt de wetenschappelijke revolutie als centraal voorbeeld.
2. Zie Lindberg's 'Introduction', in *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Lindberg and Robert Westman, eds. (Cambridge: Cambridge University Press, 1990), 1-26, voor een historische evaluatie van het vroege gebruik van deze term.
3. Edwin A. Burt, *The Metaphysical Foundations of Modern Science* (Londen: K. Paul, 1924); Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300 – 1800* (Londen: Bell, 1949); en Alexandre Koyré, *From a Closed World to an Infinite Universe* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1957), in het bijzonder, Robert K. Merton, 'Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England', *Osiris* 4 (1938); tweede editie, (New York: Harper and Row, 1970) maakt gebruik van een ander soort van analyse, maar hanteert een zelfde definitie van de wetenschappelijke revolutie als J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture* (Oxford: Oxford University Press, 1961).
4. Jan Golinsky, Introductie tot 'The Scientific Revolution in its Social Context', bijeenkomst tijdens de BSHS en HSS gezamenlijke conferentie, Manchester, 11 – 15 juli, 1988, Abstracts I.
5. Stephen Shapin, *The Scientific Revolution* (Chicago: University of Chicago Press, 1996), I.
6. Zie Diederick Raven, Wolfgang Krohn, 'Introduction', Edgar Zilsel: *The Social Origins of Modern Science*, Diederick Raven, Wolfgang Krohn en Robert S. Cohen, uitg. (Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000), voor een evaluatie van het intellectuele klimaat waar Zilsel in werkte.
7. Zie Lindberg, 16 en F. Cohen, 88-97, voor een vollediger beschrijving van Burt.
8. Pierre Duhem, *Les Origines de la Statique*, 2 delen (Parijs: 1905-6); Lynn Thorndyke, *History of Magic and Experimental Science*, 8 delen (New York: Macmillan, 1923-58), bijvoorbeeld. Zie Lindberg, 13-15, Paul K. Feyerabend, *Against Method* (Londen: New Left Books, 1993), pleitte ook voor een aanname van continuïteit, omdat hij de revolutie beschouwde als voortkomend uit het verklaringsmodel, in plaats van uit de gebeurtenissen zelf. Zelfs Thomas Kuhn, *The Copernican Revolution* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957), moest erkennen dat dit proces van verandering erg lang duurde. R. Hooykaas richt zich op de rol van Copernicus binnen de wetenschappelijke revolutie in 'The Rise of Modern Science: When and Why?', *British Journal for the History of Science* 20 (1978): 463-67.
9. Zie Schuster, Hfst. 3 van zijn werk voor eenzelfde definitie. Deborah Harkness herroept de term 'wetenschap' als acceptabele term in *The Jewel House. Elizabethan London and the Scientific Revolution* (New Haven: Yale University Press, 2007).
10. Andrew Cunningham and Perry Williams, 'De-centring the 'big picture': The Origins of Modern Science and the modern origins of science', *British Journal for the History of Science*

26 (1993): 407-432. Zie Peter Dear, *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and its Ambitions, 1500-1700* (Princeton: Princeton University Press, 2001), voor een meer recente kijk op deze vraag.

11. Shapin, *Scientific Revolution*, presenteert, ondanks het voorbehoud in de inleiding, op adequate wijze een aantal veranderingen die plaatsvonden in de aanloop naar de wetenschappelijke revolutie, zoals onlangs ook John Henry deed, *The scientific Revolution and the origins of modern science* (Houndmills, Basingstoke: Palgrave, 2001).

12. Stephen Shapin onderbouwde zijn nieuwe interpretatie in 'History of Science and its Sociological Reconstructions', *History of Science* 20 (1982): 157-211, en leverde, met Simon Schaffer, een buitengewoon invloedrijk onderzoek middels *The Leviathan and the Air Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life* (Princeton: Princeton University Press, 1985).

13. Met enige aanpassingen ga ik uit van de belangrijke classificatie van vaklieden zoals beschreven in E.G.R. Taylor, *Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England* (Cambridge: Cambridge University Press, 1954). Voor een hedendaagse behandeling van deze cruciale figuren, zie James A. Bennett, 'The Mechanic's Philosophy and the Mechanical Philosophy', *History of Science* 24 (1986): 1-28; Stephen Johnston, *Making Mechanical Practice: Gentlemen, Practitioners, and Artisans in Elizabethan England* (Ph.D. Thesis, University of Cambridge, 1994); Stephen Johnston, 'Mathematical Practitioners and Instruments in Elizabethan England', *Annals of Science*, 48 (1991): 319-344; Pamela O. Long, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600* (Corvallis: Oregon State University Press, 2011); en Eric Ash, *Expertise: practical knowledge and the early modern state* (Chicago: University of Chicago Press, 2010).

14. Mario Biagioli, 'The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600', *History of Science* 27 (1989), 41-95 en *Galileo's instruments of credit: telescopes, images, secrecy* (Chicago: University of Chicago Press, 2007).

15. James A. Bennett, 'The Challenge of practical mathematics', 176-190 in *Science, Belief, and Popular Culture in Renaissance Europe*, uitg. Steven Pumfrey, Paolo Rossi, en Maurice Slawinsky, (Manchester: Manchester University Press, 1991). Thomas Kuhn, 'Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science', in *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago: University of Chicago Press, 1977), 31-65 levert een vroege poging om de geschiedenis van de wiskunde en natuurfilosofie vanuit een ander licht te bezien.

16. Edgar Zilsel beschouwt de 'hogere handwerkslieden' als de belangrijke spelers. Edgar Zilsel, *The Sociological Roots of Science*, *American Journal of Sociology* 47 (1942): 552-55. Zijn hogere handwerkslieden zijn echter niet identiek met de wiskundige vaklieden, aangezien de handwerkslieden niet zelf de stap konden zetten om werkelijk wetenschappelijke kennis te ontwikkelen. Ze werden geacht om samen te werken met natuurfilosofen en het was deze noodzakelijke samenwerking die het mogelijk maakte dat de wetenschap tot stand kwam.

17. H. Floris Cohen, *The Scientific Revolution. A Historiographical Inquiry* (Chicago: University of Chicago Press, 1994) beschouwt dit als een van de drie voornaamste historiografische standpunten op dit gebied. Het is interessant om te zien dat dit tevens de vraag was waarmee Joseph Needham begon met zijn onderzoek naar de Chinese wetenschap. Toby Huff, *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution. A Global Perspective* (Cambridge: Cambridge University Press).
18. A. Rupert Hall, 'The Scholar and the Craftsman in the Scientific Revolution', in *Critical Problems in the History of Science*, uitg. Marshall Glagett, (Madison: University of Wisconsin Press, 1959), 21.
19. Stillman Drake, 'Early Science and the Printed Book: The Spread of Science Beyond the Universities', *Renaissance and Reformation* 6 (1970): 43-52. Later voortgezet in *Galileo at Work: His Scientific Biography* (Chicago: University of Chicago Press, 1978). Deze opvatting over Galileo is later opgepakt door Matteo Velleriani in *Galileo, Engineer* (Dordrecht: Springer, 2010).
20. Stillman Drake bood me tegen het einde van zijn leven een cursus over Galileo en hij schiep groot plezier in diens rol als beeldenstormer. Hij zou echter gegruwd hebben, zowel intellectueel als politiek, over het verband, welke dan ook, tussen zijn zienswijze op Galileo en dat van Zilsel.
21. Floris Cohen, 346-9. Zie ook Floris Cohen, *How Modern Science Came into the World: Four Civilisations, One 17th Century Breakthrough* (Amsterdam: Amsterdam University Press, 2010).
22. Lynn White, *Medieval Religion and Technology: Collected Essays* (Berkeley: University of California Press, 1978), 132. '
23. Er is veel moderne literatuur over het belang van zuiver onderzoek, bijv. Henry Etzkowitz, Andrew Webster, en Peter Healey, uitg., *Capitalizing Knowledge: New Intersections of Industry and Academia* (New York: University of New York Press, 1998) en Linus Pauling, 'Chemistry and the World Today. An invitation -and a warning- to private industry to come to the aid of basic research', *Engineering and Science Monthly* XIII (1), oktober 1949: 5-8. J.J.Thompson benadrukte dit veel eerder toen hij zei: 'Onderzoek in toegepaste wetenschappen leidt tot hervormingen, onderzoek in zuivere wetenschappen leidt tot revoluties'. Geciteerd in J.D. Bernal, *Science in History* (Londen: Watts & Co., 1954), 42. Of zie Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier* (Washington, D.C.: US. G.P.O., 1954) die een oproep doet voor praktijkgericht onderzoek.
24. Bennett, bijvoorbeeld, wijst op de belangrijke overgang tussen wiskundige vaklieden en natuurfilosofen in de zeventiende eeuw, hoewel hij geen mechanisme biedt voor deze overgang. Bennett, 'Challenge of practical mathematics'.
25. Katherine Neal, *From discrete to continuous: the broadening of number concepts in early modern England* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002).
26. Stephen Pumfrey, *Latitude and the Magnetic Earth* (Cambridge: Icon Books, 2003).

27. Pamela Long, *Artisan/Practitioners* (2011), bespreekt Hessen als de eerste belangrijke Marxistische analyst van de wetenschappelijke revolutie. Voor informatie over het leven van Hessen, zie P.G. Werskey, 'Introduction', in Nikolai Bukharin, *Science at the Cross Roads* (London: Kniga Ltd. 1931) xv-xvi, xx-xxi en Loren Graham, 'Socio-political roots of Boris Hessen: Sovjet Marxism and the History of Science', *Social Studies of Science* (1985), 705-722. Graham zet Hessen in een grotere context neer in *Science in Russia and the Soviet Union: a short history* (Cambridge: Cambridge University Press, 1993).
28. Graham, 'Socio-political roots', 706.
29. Boris Hessen, 'The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia'', *Science at the Cross Roads* (Londen, 1931).
30. F. Cohen, 331-3.
31. Diederick Raven, Wolfgang Krohn en Robert S. Cohen, uitg. Edgar Zilsel: *The Social Origins of Modern Science*, (Dordrecht, Boston en Londen, 2000), xxxix-xxvii.
32. Ibid. xxxiv-vi.
33. Edgar Zilsel, 'Sociological Roots of Science', zie ook 'Copernicus and Mechanics', *Journal of the History of Ideas* 1 (1940): 113-118, herdrukt in *Roots of Scientific Thought*, uitg. Philip P. Wiener en Aaron Noland (New York: Basic Books, 1957), 276-280.
34. Edgar Zilsel, 'The Origins of Gilbert's Scientific Method', *Journal of the History of Ideas* 2 (1941): herdrukt in *Roots of Scientific Thought*, 241.
35. Zilsel, 'Sociological Roots', 554. In 'Gilbert' dateert hij deze toenadering rond 1600.
36. Zilsel, 'The Genesis of the Concept of Scientific Progress', *Journal of the History of Ideas* 6 (1945): 325-49, herdrukt in *Roots of Scientific Thought*, 257-8.
37. Pamela Long, *Openness, secrecy, authorship: technical arts and the culture of knowledge from antiquity to the Renaissance* (Baltimore: John Hopkins University Press, 2001). Zie ook William Eamon, *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture* (Princeton: Princeton University Press, 1994).
38. Raven en Krohn, 'Introduction'.
39. 'Scholar and Craftsman' van Hall is duidelijk een aanval op de these van Zilsel, hoewel hij Zilsel niet bij naam noemt in de tekst of in voetnoten. Robert Merton, 'Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England', *Osiris* 4:2 (1938): 360 – 362, was beïnvloed door zowel Hessen als Zilsel, maar de tweede helft van dit lange essay, over het belang van het kapitalisme voor de ontwikkeling van de moderne wetenschap, was breeduit genegeerd, terwijl het door Weber beïnvloede religieuze argument uit het eerste deel wel aandacht kreeg. Paolo Rossi, in het bijzonder met *Philosophy, Technology and the Arts in Early Modern Europe* (Londen, Harper and Row, 1970), laat zien dat er een groep van aanhangers van Zilsel bleef bestaan in Europa.

40. Voor Bacon, zie Julie Robin Solomon en Catherine Gimelli Martin (uitg.), *Francis Bacon and the Refiguring of Early Modern Thought: Essays to Commemorate the Advancement of Learning (1605 – 2005)* (Aldershot: Ashgate, 2005), in het bijzonder Jerry Weinberger, 'Francis Bacon and the Unity of Knowledge: Reason and Revelation', ook R. Julian Martin, *Francis Bacon, The State, and the Reform of Natural Philosophy* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992). Joseph Ben-David, *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1971). Over Ben-David, zie F. Cohen, 367-73. Het is interessant dat F. Cohen het gevoel heeft dat Ben-David degene is die de meest plausibele 'externe' verklaring geeft voor de wetenschappelijke revolutie, terwijl die in het geheel niet ingaat op wetenschappelijke ideeën.

41. Deze interpretatie begon met de denkers van de Verlichting zoals d'Alembert (F. Cohen, 22-23), en omvat meer moderne historici zoals R.F. Jones, *Ancients and Moderns: A Study of the Rise of the Scientific Movement in Seventeenth-Century England* (Berkeley: University of California Press, 1936) en Charles Webster, *The Great Instauration* (New York, 1976; Oxford, Oxford University Press, 2002).

42. Zisel, 'Genesis', 272. Zisel geloofde echter in het belang van de invloed van Bacon: 'Het concept van wetenschappelijke ontwikkeling was al bekend voor hem, maar het ideaal van de ontwikkeling van de beschaving begint louter en alleen bij Bacon', *Ibid.*

43. Steven Shapin, 'The House of Experiment in Seventeenth-Century England', *Isis* 79 (1988): 373-404, en *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England* (Chicago: University of Chicago Press, 1994).

44. Steven Shapin, "A Scholar and a Gentleman": The Problematic Identity of the Scientific Practitioner in Early Modern England', *History of Science* 29 (1991), 279-327, en *A Social History of Truth*, hfst. 5.

45. Voor een interessante exercitie over dit onderwerp, zie Andrew Weeks, *Paracelsus, Speculative Theory and the Crisis of the Early Reformation* (Albany: State University of New York Press, 1997).

46. James K. McConica, red., *The Collegiate University. The History of the University of Oxford. Vol. 3* (Oxford: Oxford University Press, 1986), 1-68.

47. Voor onderzoeken naar wetenschap onder beschermheerschap, zie Bruce T. Moran, red., *Patronage and Institutions. Science, Technology and Medicine at the European Court* (Rochester, N.Y.: Boydell Press, 1991); Paula Findlen, *Possessing Nature: Museums, Collecting, and Scientific Culture in Early Modern Italy* (Berkeley: University of California Press, 1994); Pamela H. Smith, *The Business of Alchemy: Science and Culture in the Holy Roman Empire* (Princeton: Princeton University Press, 1994).

48. Jerry Brotton, *Trading Territories. Mapping the Early Modern World* (London: Reaktion Books, 1997), 51-65.

49. Martin Frobisher, Richard Chancellor, Pet, Jackman, Humphrey Gilbert en Sir Walter Raleigh namen allen Dee's advies over navigatie en strategie over. John Dee, *The Private Diary of Dr. John Dee*, uitg. J.O. Halliwell (Londen, 1842), i.h.b. 18, 33.
50. Mario Bagioli, *Gallileo Courtier: The Practice of Science in the Culture of Absolutism* (Chicago: University of Chicago Press, 1993).
51. Richard Hakluyt, *The Principal Navigations, Voiages, Traffiques and Discoveries of the English Nation*, 3 delen (Londen, 1598 – 1600). Dit contrasteert met *Divers Voyages touching the discoverie of America, and the Ilands adiacent unto the same, made first of all by our Englishmen* (Londen 1582). Zisel noemt Hakluyt als een van degenen die de kloof overbrugde tussen geleerde en handwerksman in 'Gilbert', 246.
52. Pumfrey, Latitude, en Bennett, 'Practical Mathematics'.
53. Katherine Neal, 'The Rhetoric of Utility: Avoiding Occult Associations for Mathematics through Profitability and Pleasure', *History of Science* 37 (2) (1999): 151-78, heeft het over een aantal pogingen om wiskunde nuttig te laten lijken.
54. Dit geldt ook voor die interessante zeventiende-eeuwse uitvinding, de 'projector'. Zie Charles Webster, *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform 1626-1660* (2e editie, met nieuw voorwoord, Oxford, 2002), voor een discussie over de projectoren in de Hartlib Kring.
55. Peter Burke, *Popular Culture in Early Modern Europe* (Londen: Temple Smith, 1978).
56. William Shakespeare, *A Midsummernight's Dream*, Vijfde acte, eerste scène: *Love's Labour Lost*, Vijfde acte, tweede scène.
57. Francis Bacon, *The New Atlantis* (Londen 1627). Een toegankelijke versie is Andrew en Lesley Cormack, uitg. *A History of Science in Society: A Reader* (Peterborough: Westview Press, 2007), 157-161.
58. Martin, Francis Bacon, 136-39. Shapin and Schaffer, *Leviathan*, interpreteren dit op een iets andere wijze door te pleiten voor het belang van getuigen van een bepaalde status om een 'feitelijke stand van zaken' te kunnen vaststellen.
59. Zie Lesley B. Cormack, *Charting an Empire, Geography at the English Universities 1580 – 1620* (Chicago: University of Chicago Press, 1997), 17 – 47, voor een volledige bespreking van de plaats die de geografie innam binnen het universitaire curriculum.
60. Zie Lesley B. Cormack, "Good Fences Make Good Neighbours': Geography as Self-Definition in Early Modern England", *Isis* 82 (1991): 639-661, voor een beschrijving van de verschillende soorten geografie die bestudeerd werden in het Engeland van de zestiende en zeventiende eeuw.
61. Zie Lawrence Stone, 'The Educational Revolution in England, 1560-1640', *Past and Present* 28 (1964): 41-80, voor een beschouwing van de toenemende aantallen nieuwkomers aan de universiteiten in deze periode.

62. Zie hoofdstuk 4 van deze bundel voor een uitgebreidere bespreking van de rol van instrumentenmakers.
63. John Dee, *The Mathematical Preface to the Elements of Geometrie of Euclid of Megara* (Londen, 1570). Het is belangrijk te weten dat geen van beiden verbonden was aan een universiteit.
64. Voor zijn werk op het gebied van natuurlijke filosofie, zie Nicholas Clulee, *John Dee's Natural Philosophy: Between Science and Religion* (Londen: Routledge, 1988). Voor zijn praktische wijze van adviseren, zie William H. Sherman, *John Dee: The Politics of Reading and Writing in the English Renaissance* (Amherst: University of Massachusetts Press, 1995).
65. In veel opzichten is Dee het Engelse equivalent van Galileo, aangezien hij zowel wiskundig vakman was als natuurlijk filosoof aan het hof. Het hoeft echter geen verbazing te wekken dat Zisel hem niet noemde, gezien zijn magische nalatenschap, beroemd geworden door, onder andere, Frances Yates, *The Rosacruzian Enlightenment* (Londen: Routledge and Kegan Paul, 1972), wat hem in de ogen van Zisel als ware wetenschapper neerhaalde. Zie Deborah E. Harkness, *John Dee's conversations with angels: Cabala, Alchemy and the end of nature* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999). Voor meer recente beschouwingen over John Dee, zie (o.a.) Stephen Clucas, *John Dee: interdisciplinary studies in English Renaissance thought* (Dordrecht: Springer 2006).
66. Zie Cormack, *Charting an Empire*, voor de universitaire en verdere carrières van Engelse geografen in deze periode. Zisel, 'Sociological Roots', 548, voor zijn verwerping van de universiteiten.
67. Cormack, 'Twisting the Lion's Tail: Practice and Theory at the Court of Henry Prince of Wales', in *Patronage and Institutions*, uitg., Bruce Moran (Rochester, NY: Boydell Press, 1991) 67-84, bespreekt de aanwezigheid van geografen aan het hof van Henry, Prins van Wales, en het onderzoeksprogramma op het gebied van imperiale geografie dat daaruit voortkwam.
68. Naamloze vennootschappen vormden een andere plek voor deze uitwisseling en zouden diepgaand onderzocht moeten worden voor dit onderdeel. Zie Richard Hadden, *On the Shoulders of Merchants* (Albany: State University of New York Press, 1994); Richard Helgerson, *Forms of Nationhood, The Elizabethan Writing of England* (Chicago: University of Chicago Press, 1992), 151-181, over Hakluyt en de kooplieden.
69. A. J. Apt, 'Wright, Edward (ged. 1561, gest. 1615)', en J. J. Roche, 'Harriot, Thomas (ged. 1560 – 1621)', in *Oxford Dictionary of National Biography*, uitg. H. C. G. Matthew en Brian Harrison (Oxford 2004); online editie, uitg. Lawrence Goldman, oktober 2006, [www.oxforddnb.com/view/article/30029](http://www.oxforddnb.com/view/article/30029) en [www.oxforddnb.com/view/article/12,379](http://www.oxforddnb.com/view/article/12,379) (publiek toegankelijk sinds 7 december 2007).
70. Als gevolg van deze reis, schreef Wright *The Voyage of the Right Honorable the Earle of Cumberland to the Azores*, dat later in 1599 gedrukt werd en vervolgens herdrukt door Richard Hakluyt, 'written by the excellent Mathematician and Engineer master Edward Wright', *Principal Navigations, Voiages, Traffiques and Discoveries of the English Nation*

(Londen, 1598 – 1600), II.2: 155 [verkeerd genummerd als 143] -168. M. B. Hall, *The Scientific Renaissance 1450 – 1630* (Londen: Harper and Brothers, 1962), 204; David W. Waters, *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times* (New Haven: Yale University Press, 1958), 220; J. W. Shirley, 'Science and Navigation in Renaissance England', in *Science and the Arts in the Renaissance*, uitg. John W. Shirley and F. David Hoeniger (Washington, D. C.: Folger Shakespeare Library, 1985), 81; alle beschrijven deze reis naar de Azoren als het draaipunt in de carrière van Wright, aangezien het hem via de praktijk overtuigde van de noodzaak om de gehele theorie rond navigatie en de procedure eromheen te reviseren.

71. Edward Wright, *Haven finding art* (Londen, 1599), en E. G. R. Taylor, *Mathematical Practitioners*, #100.

72. Edward Wright, *Haven finding art*, 3. Bennett duidt de relatie tussen magnetisme en de lengtegraad aan als een van de belangrijke aspecten van de wetenschappelijke revolutie. 'Practical mathematics', 186.

73. *Ibid.*, 'Preface', B3a en Waters, *Art of Navigation*, 237.

74. Edward Wright, *Certaine Errors in Navigation* 2e editie (1610), par. 2P1a-8a, en Waters, *Art of Navigation*, 316.

75. Wright, *Certaine Errors in Navigation* (Londen, 1599), par. D3a-E4a, en E. G. R. Taylor *Mathematical Practitioners*, #99.

76. Pumfrey, *Latitude*, 175-181.

77. Helen M. Wallis, 'The Molyneux Globes', *B. M. Quarterly* (1952): 89 – 90; en 'Opera Mundi': Emery Molyneux, Jodocus Hondius and the first English Globes', *Theatrum Orbis Librorum*, uitg. Ton Croiset van Uchelen, Koert van der Horst en Günter Schilder (Utrecht: HES Publishers, 1989), 94 – 104. Lesley B. Cormack, 'Glob(al) Visions: Globes and their Publics in early modern Europe', 138 – 156 in *Making Publics in Early Modern Europe: People, Things, Forms of Knowledge*. Uitg. Paul Yachnin en Bronwen Wilson (New York, Routledge University Press, 2009).

78. Edward Wright, *Certaine Errors in Navigation* 2e editie (1610), par. \*3a-8b, XI-4; *Dictionary of National Biography*, Vol. 21, 1016; Thomas Birch, *Life of Henry, Prince of Wales, Eldest Son of King James I* (Londen, 1760), 389.

79. 'Mr. Sherburne's Appendix to his translations of Manillus, p. 86' in Birch, *Life of Henry, Prince of Wales*, 389.

80. R. Malcolm Smuts, *Court Culture and the Origins of a Royalist Tradition in Early Stuart England* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1987). Smuts noemt in het bijzonder Salomon de Caus, *La perspective avec la raison des ombres et miroirs* (Londen, 1612), gewijd aan 'Au Serenissime Henry', 157.

81. Roy Strong, *Henry, Prince of Wales and England's Lost Renaissance* (Londen, Thames and Hudson, 1986), 218, en Edward Wright, *Plat of part of the way whereby a newe River may be*



brought from Uxbridge to St. James, Whitehall, Westminster, the Strand, St. Giles, Holbourne and London. Manuscript uit 1610, geïdentificeerd door E. G. R. Taylor, *Late Tudor and Early Stuart Geography 1583 – 1650* (Londen: 1934), 235.

82. Strong, Henry, Prince of Wales, 212.

83. Waters, Art of Navigation, 320 – 1.

84. J. W. Shirley, *Thomas Harriot: A Biography* (Oxford: Oxford University Press, 1983).

85. Harriot, Briefe and true report, woordelijk verslag in T. De Bry, *America. Pars I*, gelijktijdig uitgegeven in het Engels (ook Frankfurt, 1590), en in Richard Hakluyt, *Principal Navigations* (1598), vol. 3, 266 – 280.

86. David Beers Quinn, 'Thomas Harriot and the New World', in *Thomas Harriot, Renaissance Scientist*, uitg. J. W. Shirley, (Oxford: Oxford University Press, 1974), 45. Zie Amir R. Alexander, *Geometrical landscapes: the voyages of discovery and the transformation of mathematical practice* (Stanford: Stanford University Press, 2002) voor een belangwekkende interpretatie van de wiskunde van Harriot.

87. J. W. Shirley, *Thomas Harriot. Biography*, 133.

88. De informatie in het manuscript over deze expeditie is verzameld in D. B. Quinn, *The Ranooke Voyages, 1584 – 1589: Documents to Illustrate the English Voyages to North America* (Londen: Hakluyt Society, 1955). J. W. Shirley bespreekt het verlangen van Harriot om niet te interveniëren, *Thomas Harriot. Biography*, 12 e.v. Om White's illustraties van deze expeditie te zien, zie 'Picturing the New World. The Hand-Coloured De Bry Engravings of 1590'. Universiteitsbibliotheek, Universiteit van North Carolina aan Chapel Hill, 2006, [www.lib.unc.edu/de/debry/about.html](http://www.lib.unc.edu/de/debry/about.html) (Bekeken op 9 december, 2006).

89. Amir Alexander, 'The Imperialist Space of Elizabethan Mathematics', *Studies in the History and Philosophy of Science* 26 (1995), 559 – 591, beweerde dat het werk van Harriot over het continuüm beïnvloed was door zijn visie op de geografische grenzen en 'de ander'. 'The geographical space of the foreign coastline and the geometrical space of the continuum were both structured by the Elizabethan narrative of exploration and discovery', 591. Alexander werkt dit verder uit in zijn boek, *Geometrical Landscapes*.

90. J. W. Shirley, *Thomas Harriot. Biography*, 381 – 416.

91. Harriot schreef een manuscript in 1596, getiteld 'Of the Manner to observe the Variation of the Compasse, or of the wires of the same, by the sonne's rising and setting', B. L. Add. Manuscript 6788.

92. Richard Hakluyt, introductie van Peter Martyr, zoals geciteerd in J. W. Shirley, 'Science and Navigation', 80. Zie J. W. Shirley, *Thomas Harriot. A Biography*.

93. J. W. Shirley, 'Science and Navigation', 81.

94. Brotton laat zien dat kosmografen tegen het einde van de zeventiende eeuw in dienst waren getreden bij de naamloze vennootschappen (*Mapping Territories*, 186), terwijl

Shapin, *Social History* beweert dat de technische vaklieden steeds minder zichtbaar werden, 355 – 408. Thomas Sprat, *The History of the Royal Society of London* (Londen, 1667), 392 verheugt zich over de afstand tussen de heren van welstand die nieuwe kennis creëren en de technische vaklieden die alleen maar kunnen doen wat ze gezegd wordt. Lisa Jardine, *The curious life of Robert Hooke: the man who measured London* (New York: Harper Collins, 2003) suggereert dat Hooke een technisch vakman bleef.