

Robert Halleux

De rol van de handenarbeid in de ontwikkeling van de wetenschappen

De wetenschap heeft een geschiedenis, want ze evolueert en houdt niet op zich verder te ontwikkelen. Maar hoe evolueert de wetenschap? Welke factoren sturen deze evolutie? Aanvankelijk legden wetenschapshistorici zo sterk de nadruk op de rol van de geleerden zelf dat hun geschiedenis dikwijls neerkwam op een hele waslijst beroemde mensen. Anderen benadrukten dan weer eerder de interne dynamiek van de wetenschap, dat wil zeggen de aaneenschakeling van ontdekkingen, theorieën en experimenten. Meer recent vestigden Amerikaanse auteurs zoals Robert Merton^[1] en Thomas Kuhn^[2] de aandacht op de rol van instituten en op de sociologie van wetenschapsgemeenschappen. Slechts een beperkt aantal had belangstelling voor de rol van economische factoren en van de productiekrachten in de ontwikkeling van de wetenschap. Alleen Joseph Needham beschreef in zijn werken over de Chinese wetenschap hoe het oude China er niet in geslaagd was een moderne wetenschap te creëren, terwijl het daarvoor wel over alle elementen beschikte, door het hermetisch van elkaar afgescheiden zijn van de gemeenschappen in deze maatschappij.^[3]

Er zijn mensen die de materie bewerken en lessen trekken uit hun praktijk en er zijn mensen die boeken schrijven over de natuur. Dat zijn niet dezelfde mensen. Techniek is vandaag in grote mate een toegepaste wetenschap. Tot in de 19^e eeuw was dat niet zo. Galileï was niet de uitvinder van de verrekijker. Hij richtte een machine op de hemel, die werd gefabriceerd door de Hollandse brillenslijpers. Van in de 12^e eeuw gebruikten zeevaarders het kompas zonder iets te weten over het magnetisme. Sinds de Oudheid bouwde men pompen zonder ook maar enig idee te hebben van het luchtledige of van atmosferische druk. Zonder over wetenschappelijke kennis te beschikken hebben duizenden jaren lang boeren en veehouders, mijnwerkers, metaalgieters en wapensmeden, metselaars en timmermannen, zeemannen en scheepsbouwers, pottenbakkers en glasblazers, leerlooiers en ververs, goudsmiden, brandschilders en miniatuurschilders, militairen, artilleristen en waterfitters een grote hoeveelheid kennis bijeengebracht die sterk verschilt van de universitaire kennis en soms verder gevorderd is dan deze laatste.

Om een kathedraal te bouwen had een meester-metselaar in de Middeleeuwen geen fysica nodig of theoretische wiskunde, maar wel kennis die zijn grondslag vond in de praktijk. Dat wil zeggen dat hij een zeker aantal numerieke constanten, formules en modellen moest beheersen. In feite paste hij fysische wetten toe, die generaties van geschoolde ambachtslieden gaandeweg via hun werk hadden ontdekt, zonder algemene abstracte wetten te formuleren.

Welke rol kon deze kennis, die uit de productie komt, spelen in het ontstaan van de moderne wetenschap? Dat is de vraag die ik me heb gesteld in mijn boek *Le savoir de la main: Savants et artisans dans l'Europe préindustrielle*, Parijs, Armand Colin, 2009. Daarin heb ik aangetoond dat heel wat methodes en concepten van onze wetenschap zijn ontleend aan de wereld van de arbeid.

Zoals men pleegt te zeggen, ontstaat de moderne wetenschap tussen 1543 (verhandeling van Copernicus "Over de omwentelingen van de hemellichamen") en 1687 ("Over de wiskundige beginselen van de natuurfilosofie" van sir Isaac Newton). De nieuwe wetenschap bestaat er niet alleen in te bevestigen dat de aarde rond de zon draait. Het betekent een verandering zowel in de methode van de wetenschap als in het model van de wereld. Wat de methode betreft, berust de wetenschappelijke benaderingswijze voortaan op twee basissen, rekenen en experimenteren (*ratione* en *experientia*). Anderzijds beheersen dezelfde fysische wetten zowel de hemellichamen als de aardse elementen. De wereld is een machine en alle fysische en chemische fenomenen kunnen herleid worden tot de mechanica, dat wil zeggen tot de verplaatsing van de materie in ruimte en tijd.

Deze methodes en concepten zijn ontstaan uit de kennis van de productie of met andere woorden uit het beeld dat ambachtslieden zich vormden door hun inwerking op de materie. Van de Oudheid tot in de 16^e eeuw hebben deze beelden zich een weg gebaand tot in de wetenschap, dankzij een gestage verandering in de overheersende ideologie. Deze verandering beïnvloedde zowel de plaats van de techniek in de waardesystemen als de wijze waarop de kennis wordt overgedragen.

We zijn vertrouwd met het gezegde van Marx en Engels: "De overheersende opvattingen in een bepaald tijdperk zijn deze van de heersende klasse." Van de Oudheid tot in de Middeleeuwen bekleedt de technische kennis een ondergeschikte positie in de classificatie van de kennis, die een onderscheid maakt tussen de vrije kunsten (*artes liberales*) of, met andere woorden, de kennis die een vrij mens waardig is, en de praktische kunsten (*artes mechanicae*) die de lagere klassen uitoefenen. De middeleeuwse universiteit is gebouwd op dezelfde modellen: men studeert filosofie aan de kunstacademie vooraleer zich toe te leggen op theologie, recht of geneeskunde (onze vrije beroepen van vandaag). De student die een doctoraat behaalt, biedt aan zijn jury een paar handschoenen aan, symbool voor een vak waarbij hij zijn handen niet vuil maakt. Zo ook de geneesheer: hij is niet diegene die opereert. Dat is werk voor de chirurg (wat letterlijk staat voor handwerker, de man die met zijn handen werkt). Technische kennis wordt beschouwd als een lagere vorm van inzicht. Ze kan een theorie bevestigen, maar niet ontcrachten. Maar de Renaissance, die samenvalt met het begin van het moderne kapitalisme, kent steeds meer waarde toe aan feiten die aan de praktijk zijn ontleend. Vesalius' meesterwerk *Over anatomie* verschijnt in 1543, - in het zelfde jaar als het boek van Copernicus - en is de wraak van de chirurg op de dokter die opgesloten zit in zijn boeken.

Deze bevordering voor de technische kennis gaat samen met een verandering in de wijze waarop de kennis wordt overgedragen. Iedereen weet dat de technische kennis wordt overgedragen door de daad en het woord, van vader op zoon, van meester op leerjongen. Dat is zo in de Middeleeuwen. Maar in de Renaissance krijgen we een veelheid aan systematische verhandelingen over mijnen, metaalnijverheid, glas, bouw, keramiek, industriële scheikunde. Het opkomend kapitalisme dwingt tot schaalvergroting, tot standaardisering van procedés en aangepaste opleidingen. De uitvinding van de boekdrukkunst levert een krachtige bijdrage aan de systematisering en de verspreiding van deze kennis. Het moderne kapitalisme geeft de technische kennis op die manier zijn waardigheid en levert de voorwaarden voor een raakvlak met de theoretische kennis. De verworvenheden van de kennis uit de productie dringen op die manier binnen in het terrein van de wetenschap en zullen een zeer zware klap toedienen aan de wetenschap van Aristoteles die werd onderwezen aan de universiteiten.

De methode van de nieuwe wetenschap was gebaseerd op rekenkunde en experimenten. De oorsprong van de rekenkunde ligt in de algebra, die zich ontwikkelt in de 16^e eeuw, in de handboeken van handelaars (*libri d'abbaci*) die ondermeer dieper ingingen op de problemen van de verdeling onder aandeelhouders. Laat ons niet vergeten dat de Indo-Arabische cijfers van onze rekenkunde, ingevoerd in de 12^e eeuw, voor het eerst werden gebruikt door handelaars en niet door de geleerden die gebruik maakten van de onhandige Romeinse cijfers.

Wat het experiment betreft, is het plannen van een onderzoek om een theorie te verifiëren kenmerkend voor de nieuwe wetenschap. Maar allang daarvoor was dit de ambachtelijke praktijk van de keurmeesters (*essayeurs*), belast met kwaliteitscontroles. In een muntenatelier is de *essayeur* diegene die de kwaliteit controleert van de legeringen, gebruikt voor het slaan van de munten (Newton was muntmeester). De *essayeur* komt tot zijn besluit door een combinatie van methodes om toeval en interpretatiefouten uit te sluiten. Het is niet voor niets dat Galileï de dialoog waarin hij de verschillende wereldsystemen toetst, de titel meegaf van *Il saggiaiore*, de "essayeur"[\[4\]](#).

Het wereldmodel dat tot in de 17^e eeuw wordt onderwezen aan alle universiteiten, berust op het systeem van de vier elementen, ontworpen door Empedocles en uitgewerkt door Aristoteles: de wereld is samengesteld uit aarde, water, lucht en

vuur en de combinaties van deze elementen bieden een verklaring voor alle fysisch-chemische verschijnselen. Volgens Aristoteles ligt de aarde, het zwaarste element, in het centrum en het vuur, het lichtste element, aan de buitenkant. Daarom kan de zon niet in het centrum liggen en kan de aarde niet om de zon draaien. De zware lichamen vallen naar beneden om op hun "natuurlijke plaats" terecht te komen en hoe zwaarder ze zijn, hoe sneller ze vallen. Dit totalitaire model, dat alles verklaarde omdat het niets verklaarde, werd uit verscheidene hoeken aangevallen.

Distilleerders, apothekers en drogisten zullen de hardste klappen uitdelen aan de vier elementen. Hun werktuig, de distilleerkolf, op punt gesteld door de Grieken en geperfectioneerd door de Arabieren, keert terug naar het Westen in de 12^e eeuw. Men gebruikte het voor het bereiden van geneeskrachtige drankjes en parfums. Maar als men er wijn in deed, verkreeg men een substantie, alcohol, die niet overeenstemde met de vier elementen, want het vloeiende zoals water en brandende zoals vuur. Ze moesten dat dus wel het "vijfde element" noemen (*quinta essentia*). Naarmate het gewicht van de traditie verder moest wijken voor de praktijk in het atelier, kwamen er steeds meer elementen bij totdat Lavoisier het element bepaalt als een substantie die we met de huidige stand van de techniek niet meer verder kunnen ontleden. Wat de theorie over de natuurlijke plaatsen en de val van zware lichamen betreft, hoefden we niet te wachten op het experiment van Pisa om ze te weerleggen. De traditie wil dat Galileï twee kogels met een verschillend gewicht van de top van de scheve toren zou hebben laten vallen en dat die tegelijk op de grond terecht gekomen zouden zijn. Maar al van in de 16^e eeuw wisten de artilleristen dat de Aristotelische theorie over de beweging niet verenigbaar was met het geobserveerde gedrag van de kogels. De "nieuwe wetenschap" zal de vier elementen vervangen door het model van een materie, samengesteld uit discontinue deeltjes die zich verplaatsen, samenvoegen of van elkaar verwijderen. Dit was een voorstelling die de machinebouwers allang intuïtief gebruikten om verslag uit te brengen over samendrukking, uitzetting of elasticiteit.

Het nieuwe wereldmodel functioneert ten slotte zoals een machine die wordt gecommandeerd door de wetten van de mechanica. Maar de mechanica is ontstaan uit de machines en niet omgekeerd. De eerste dag van de *Discorsi* van Galileï [\[5\]](#) (1633) gaat door in het Arsenaal van Venetië waar Salviati verbaasd staat in het constructieatelier: "Wat een breed reflectieterrein lijkt mij het aandachtige bezoek aan uw vermaarde arsenaal te openen voor de bespiegelende geesten, en vooral dan, heren van Venetië, het kwartier van de 'mechanische werken'! Allerlei soorten instrumenten en machines worden daar immers voortdurend in werking gesteld door een groot aantal ambachtlieden waarvan sommigen zowel door de waarnemingen, hen nagelaten door hun voorgangers, als door de waarnemingen die zij zelf onophoudelijk doen, noodzakelijkerwijs de allergrootste vaardigheid verbinden aan het meest scherpzinnige oordeelsvermogen." Door machines te bouwen gingen de ingenieurs (van het Latijnse woord *ingeniator*, toestelbouwer) zich vragen stellen over de theoretische grondslagen van de functionering van die machines. Zo zijn de vijf eenvoudige machines, de hefboom, de katrol, de lier, de bankschroef en de wig geen toepassing van de evenwichtsleer (of de statica). Het zijn allereerst werktuigen en dan is men zich gaan inspannen om er de functioneringswetten van te formuleren. Dat is het werk van een hele traditie van ingenieurs, van de werktuigkundige *Philo* van Byzantium (250 voor Chr.) tot Leonardo da Vinci. Hun methode is dezelfde: de natuur of een eerdere machine nabootsen, deze ontleden in haar samenstellende organen (net zoals de anatoom), hun basisbeginselen begrijpen en, ten slotte, opnieuw samenstellen voor de bouw van nieuwe machines. Bij Leonardo en zijn voorgangers zijn heel wat volstrekt onmogelijke, maar correct beredeneerde machines te vinden, die tegelijk de vruchtbaarheid en de tekorten van de methode aangeven.

Zo blijkt de nieuwe wetenschap in klassieke tijden zeer sterk beïnvloed te zijn door de technische praktijk in het tijdperk waarin het moderne industriële kapitalisme ontstaat. We zouden deze geschiedenis moeten verder zetten van de 17^e tot de 20^e eeuw en aantonen hoe de nieuwe wetenschap, zeker van haar fysisch-wiskundige instrument, het aanpakt om zich op te dringen aan de vakkennis en een "toegepaste wetenschap" wordt, in handen van de burgerij. We zouden ons ook vragen kunnen stellen bij de hedendaagse opsplitsing tussen het algemeen onderwijs en het technisch onderwijs, dikwijls de

weerspiegeling van een sociale kloof, en bij het belang dat een veralgemeende politechnische opleiding zou kunnen hebben voor de vooruitgang van de wetenschap, van de techniek, van de economie en vooral van de democratie.

Robert Halleux (Robert.Halleux (bij) ulg.ac.be) is professor aan de universiteit van Luik, waar hij in 1982 een centrum oprichtte voor de geschiedenis van wetenschap en techniek, het Centre d'Histoire des Sciences et des Techniques (C.H.S.T.). Sinds 2003 is hij lid van de Franse Académie des Inscriptions et Belles-Lettres van het Institut de France.

[1] Robert Merton, *On social structure and science*, uitgegeven door, en met een inleiding van Piotr Sztompka, Chicago University Press, 1996.

[2] Thomas S. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, 2^e uitgave, Chicago, 1970, Franse vertaling *La structure des révolutions scientifiques*, Parijs, Flammarion, 1970.

[3] Het meesterwerk van Joseph Needham, na zijn dood voortgezet door zijn leerlingen, draagt de titel *Science and civilisation in China* en telt momenteel 27 delen. Maar een goede synthese van zijn denken kunnen we vinden in J. Needham, *La science chinoise et l'Occident*, Parijs, Éditions du Seuil, 1973.

[4] Het Italiaanse woord *saggiatore* betekent in het Nederlands: 1. "goudschaaltje" of 2. in de wereld van financiën: het "essaykantoor". Van Dale omschrijft "Essaai" als "onderzoek naar het gehalte van zilveren en gouden voorwerpen en van munten". "Essaaiëren" of "essayeren" betekent volgens Van Dale: "het gehalte van goud of zilver vaststellen". Het woord "test" zelf - zie ook "toets" of "toetsing" - duidde ook het aarden potje dat de essayeur gebruikte voor het smelten van het metaal.

[5] Galileï had een conflict met de kerk. Hij was er van overtuigd dat de zon, en dus niet de aarde, het middelpunt van het heelal was. Zijn ideeën werkte hij uit in zijn boek *De dialogen* waarin hij drie personages opvoert: Salviati, Sagredo en Simplicio. Simplicio vertegenwoordigt de opvattingen van Aristoteles, Salviati vertegenwoordigt de visie van Galileï. Met Sagredo als een soort gespreksleider voeren de drie discussie over allerlei zaken. In deze discussies trekt Salviati telkens aan het langste eind.