

Gespierde geesten

Kennis en training brachten studenten van Cambridge aan de top

De Academische Boekengids 49, maart 2005, pp. 3-4.

Ruim honderd jaar lang bracht de universiteit van Cambridge toonaangevende natuurkundigen voort. Volgens wetenschapshistoricus Andrew Warwick was dit het gevolg van een uniek pedagogisch klimaat, waarin lichaam en geest aan een streng trainingsregime werden onderworpen.

De universiteit van Cambridge geldt niet alleen als een van de oudste universiteiten ter wereld, maar tevens als een van de allerbeste. Op de onlangs gepubliceerde ranglijst van 's werelds beste instellingen voor hoger onderwijs, opgesteld door de universiteit van Sjanghai, staat Cambridge University op een eervolle derde plaats. Het is de enige Europese instelling die zich kan meten met de Amerikaanse *Ivy League*. Hanteren we als graadmeter het aantal Nobellaureaten onder de alumni, dan is Cambridge zelfs de lijstaanvoerder.

Die vooraanstaande positie bezit de universiteit niet van oudsher. Eind achttiende eeuw werd Cambridge nog overschaduwd door de Schotse universiteiten van Glasgow en Edinburgh. De opmars zette kort daarop in. Honderd jaar later had de universiteit al een grote reputatie opgebouwd, onder meer als kweekvijver van een reeks eminente wetenschappers. Naast Charles Darwin - onmiskenbaar de grootste Victoriaan - betrof het vooral natuurkundigen. De bekendste zijn William Thomson (Lord Kelvin), James Clerk Maxwell, Lord Rayleigh, Joseph John Thomson en Joseph Larmor. Op één uitzondering na (Kelvin) zouden zij de universiteit tevens als hoogleraar vertegenwoordigen. Deze traditie werd in de twintigste eeuw voortgezet met coryfeeën als Arthur Eddington, Paul Dirac en, meer recent, Stephen Hawking.

De Britse wetenschapshistoricus Andrew Warwick heeft een opmerkelijk boek geschreven over de opkomst van deze, vooral *mathematische* fysica in Victoriaans Cambridge. Warwick, zelf in Cambridge opgeleid en tegenwoordig hoofd van het Londense Centre for the History of Science, Technology and Medicine, laat zich kennen als een veelzijdig historicus. Hij is in staat de lezer te doordringen van wat het betekent om wiskunde te bedrijven, zonder ook maar één wiskundige vergelijking te presenteren. Met hetzelfde ogenschijnlijke gemak ontrafelt hij subtiele culturele patronen in het Victoriaanse Engeland.

In *Masters of Theory* heeft hij gekozen voor een hoogst originele benadering van zijn thematiek. Centraal in zijn boek staan niet de levensgeschiedenissen en voornaamste theoretische innovaties van de desbetreffende natuurkundigen, maar het complex van lokale conventies, vaardigheden en praktijken dat aan het opkomende vakgebied verbonden was. Een essentiële rol in de ontwikkeling van dit onderzoeksklimaat kent Warwick toe aan de opleidingscultuur van *undergraduates* en vooral aan de daarbinnen gehanteerde trainingsmethoden.

Deze opleiding was niet te vergelijken met die aan enige andere Europese universiteit. Oorspronkelijk bedoeld als brede academische vorming voor de maatschappelijke elite, was de bacheloropleiding in de loop van de negentiende eeuw getransformeerd in een specialistische wiskundige scholing, met sterke nadruk op de toegepaste wiskunde. Nog vreemder was dat de voornaamste docenten op dit gebied niet aan de universiteit of één van de *colleges* verbonden waren, maar als privé-leraar door de studenten werden ingehuurd. Voeg daarbij de opmerkelijke sportieve inspanningen die vooral de betere en meer ambitieuze studenten zich tijdens hun studie getroostten, en de onvermijdelijke conclusie is dat we hier te maken hebben met het soort excentriciteit waar de Britten het patent op lijken te bezitten.

Maar die constatering draagt weinig bij aan een beter begrip van de geschetste situatie. Warwick besteedt dan ook de nodige aandacht aan haar wordingsgeschiedenis. De drijvende kracht achter de veranderingen ging merkwaardigerwijs uit van een universiteitsbreed schriftelijk examen ter afsluiting van het *undergraduate* programma, de zogenaamde *Tripes*. In de achttiende eeuw had dit examen de plaats ingenomen van de traditionele disputatie, de openbare verdediging van een aantal stellingen tegenover een of meer opponenten. De groeiende nadruk op de wiskunde in de nieuwe toetsing hing samen met een aantal, deels toevallige, factoren. De voornaamste hiervan waren de veronderstelde vormende waarde van de wiskunde, de reputatie van de voormalig hoogleraar wiskunde Isaac Newton, de achttiende-eeuwse verknoping van diens wiskundige natuurleer met het anglicanisme, en niet in de laatste plaats de praktische voordelen van wiskundige examens voor een objectieve beoordeling en rangschikking van de kandidaten.

'ZO HAD MAXWELL DE GEWOONTE ONTWIKKELD OM MIDDEN IN DE NACHT, NA UREN VAN ONAFGEBROKEN STUDIE, DE TRAPPEN IN ZIJN COLLEGE OP EN AF TE RENNEN, TOT ZIJN GEWEKTE MEDESTUDENTEN HEM MET HUISRAAD BEGONNEN TE BEKOGELLEN.'

Dit laatste punt verdient bijzondere aandacht. De individuele rangschikking van alle afgestudeerden naar rato van hun examenresultaten diende de intellectuele rivaliteit tussen de studenten te bevorderen. Degenen met het hoogste *judicium* stonden bekend als *wranglers* (het werkwoord *to wrangle* is ongeveer synoniem aan *to dispute*). Bovenaan de lijst prijkte de naam van de zogeheten *senior wrangler*. Het ging bij deze krachtmeting niet enkel om prestige. Een hooggenoteerde *wrangler* maakte aanzienlijk meer kans op een *fellowship* aan een van de colleges, met alle daaraan verbonden privileges. Het bood studenten van meer eenvoudige komaf dus een mogelijkheid tot sociale stijging. De verkondiging van de *order of merit* kreeg steeds meer een ceremonieel karakter. Halverwege de negentiende eeuw was deze bekendmaking uitgegroeid tot een publieke gebeurtenis van nationaal belang die breed werd uitgemeten in de landelijke pers, compleet met biografieën van de hoogst geëindigde *wranglers*.

Het groeiende prestige dat gepaard ging met succes in de *Tripes* veranderde de opleiding de facto in een driejarige training voor dit examen. Studenten die prijs stelden op een hoog *judicium*, volgden nauwelijks nog onderwijs bij de docenten van hun *college*, maar verlieten zich in toenemende mate op ingehuurde privé-leraren, de zogenaamde *coaches*. Zij drilden de studenten dagelijks in de vaardigheid van het rap oplossen van geavanceerde wiskundige problemen als voorbereiding op de *Tripes*. Omgekeerd creëerde het gebruik van *coaches* een opwaartse druk op de moeilijkheidsgraad en de omvang van de wiskundige examens. Die moesten immers differentiëren tussen steeds beter geprepareerde studenten.

Deze vicieuze cirkel bleek moeilijk te doorbreken. De marginalisering van de hoogleraren en lectoren en de ondermijning van het ideaal van een *liberal education*, gaven aanleiding tot voortdurende klachten. Om daaraan enigszins tegemoet te komen, werd in 1824 tevens een examen in de klassieke talen ingevoerd, de *Classical Tripes*. Maar dit bleef in betekenis ondergeschikt aan de *Mathematical Tripes*. Pogingen om het gebruik van *private tutors* te reguleren, haalden zo weinig uit dat men er uiteindelijk maar van afzag. Wel waren er aanpassingen die resulteerden in een groeiende aandacht voor nieuwe toepassingsgebieden van de wiskunde, zoals de warmteleer en de elektriciteitsleer, in aanvulling op meer traditionele vakgebieden als de mechanica, de optica en de astronomie. Die uitbreiding was overigens mede ingegeven door de veronderstelde economische relevantie van deze nieuwe disciplines.

Voor de aankomende *wranglers* was zowel het examen zelf als de vereiste voorbereiding een geestelijke en lichamelijke uitputtingsslag. Menig student stortte volledig in na maanden of zelfs jaren van overmatige intellectuele inspanning. De oplossing voor dit probleem werd gevonden in intensieve sportbeoefening. Roeien, cricket en rugby vervingen in de loop van de negentiende eeuw traditioneel studentikoos tijdverdrijf als jagen, drinken en bordeelbezoek. Halverwege de eeuw gold geregelde lichaamsbeoefening, evenals alcoholische en seksuele onthouding, als absolute voorwaarde voor succes in de *Tripes*. Dit werd ingebed in een nieuw mannelijkheidsideaal, passend aangeduid als *muscular Christianity*. De rivaliteit van het sportveld sloot goed aan bij die van de uiterst prestatiegerichte opleiding.

Warwick geeft vermakelijke voorbeelden van deze lichaamscultus. Zo had Maxwell de gewoonte ontwikkeld om midden in de nacht, na uren van onafgebroken studie, de trappen in zijn *college* op en af te rennen, tot zijn gewekte medestudenten hem met huisraad begonnen te bekogelen. De vooraanstaande wiskundige William Clifford was in staat zich aan één arm op te trekken en zei later trotser te zijn op de door hem bedachte gymnastische oefeningen dan op zijn wiskundige innovaties. De latere statisticus Karl Pearson verbaasde naar eigen zeggen tijdens zijn Duitse *Wanderjahre* zijn gastheren door zijn vermogen om op grote afstand iemand als landgenoot te kunnen identificeren. In een brief aan zijn moeder verraadde hij het geheim: het waren vooral de robuuste lichaamsbouw en de krachtige uitstraling die een Britse academicus onderscheidde van zijn Duitse soortgenoot.

Het uitzonderlijke pedagogische regime in Cambridge had meer onvermoede consequenties. Een daarvan was de groeiende status van de wiskunde in de Britse maatschappij. Wiskundige brillen werd steeds meer gelijkgesteld met intellectuele superioriteit. Mede daardoor kreeg de wiskunde een steeds prominentere plaats binnen het middelbaar onderwijs. *Public schools* zagen hun abiturienten graag furore maken in Cambridge en trokken zelf *wranglers* aan als wiskundeleraar. Kies-exact-campagnes waren in Victoriaans Engeland niet nodig; in het elitaire Cambridge vormde wiskunde de koninklijke weg naar maatschappelijk succes.

Een ander gevolg was het ontstaan van een zeer succesvolle Britse onderzoekstraditie in de mathematische fysica, vrijwel volledig gedragen door voormalige *wranglers* met topdrienotering. Deze wetenschappers hebben de aard en de inhoud van de natuurkunde ingrijpend veranderd. De grondslagen voor de grote theoretische syntheses van de negentiende eeuw, de thermodynamica, de statistische mechanica en de elektromagnetische veldentheorie, zijn gelegd door de *second wrangler* van 1845 William Thomson (Lord Kelvin) en de *second wrangler* van 1854 James Clerk Maxwell, algemeen beschouwd als de grootste natuurkundige van de negentiende eeuw. Tal van andere hooggenoteerde *wranglers* traden in hun voetsporen. Tot ver in de twintigste eeuw werd de Britse natuurkunde volledig gedomineerd door voormalige studenten uit Cambridge.

Zoals gezegd, concentreert Warwick zich vooral op de reproductie en expansie van deze opkomende cultuur door training. De hoofdpersonen in het boek zijn dan ook niet natuurkundigen als Maxwell en Thomson, maar *coaches* als Hopkins en Routh. Warwick laat overtuigend zien hoe groot de invloed was van dergelijke privé-leraren op de lokale onderwijscultuur – en daarmee tevens op de ontwikkeling van het vakgebied in zijn totaliteit. Veel theoretische innovaties kunnen worden teruggevoerd op de door deze leraren ontwikkelde vraagstukken en oplossingsmethoden. Nieuwe wetenschappelijke resultaten zagen vaak het licht als *Tripos*-opgaven.

‘KIES-EXACT-CAMPAGNES WAREN IN VICTORIAAANS ENGELAND NIET NODIG; IN HET ELITAIRE CAMBRIDGE VORMDE WISKUNDE DE KONINKLIJKE WEG NAAR MAATSCHAPPELIJK SUCCES.’

Bovenal maakt Warwick duidelijk dat het wezen van de mathematische of theoretische fysica niet primair gelegen is in een aantal wiskundige uitdrukkingen. Die formules krijgen pas zin en betekenis in een breder verband van interpretatieve conventies, van daaraan gekoppelde problemen die als interessant en oplosbaar gelden en vooral van allerhande technieken om die problemen op te lossen. Het vergde veel en langdurige oefening van de studenten om zich al die inzichten en vaardigheden eigen te maken; persoonlijk contact met leermeesters of andere deskundigen was daarbij onmisbaar.

Aan de hand van een aantal voorbeelden laat Warwick zien hoe deze combinatie van onderwijs- en onderzoekscultuur in de praktijk functioneerde. Maxwells fundamentele elektromagnetische innovaties uit de jaren zestig bleven aanvankelijk onopgemerkt in Cambridge. Zijn aanstelling als hoogleraar, begin jaren zeventig, en de daaropvolgende publicatie van zijn *Treatise on Electricity and Magnetism* brachten daarin nauwelijks verandering. Pas in de jaren tachtig, na Maxwells overlijden, ontstond in Cambridge een onderzoeksprogramma rond zijn theorieën. Maar dit was een uiterst moeizaam en langdurig proces, dat pas goed op gang kwam nadat het werk geïncorporeerd was in het onderwijs. Daartoe moest dit abstruse en niet altijd consistente gedachtegoed eerst door geïnteresseerde coaches en reguliere docenten worden opgeschoond en vertaald in toegankelijke technieken en concepten. Pas nadat de theorie haar intrede had gedaan in de *Tripos* ontstond een maxwelliaanse onderzoeksschool.

De conservatieve eigenschappen van het lokale reproductiesysteem komen nog sterker naar voren in confrontatie met buitenlandse invloeden. Die werden doorgaans genegeerd of juist vertaald in vertrouwde begrippen en technieken. Dit gebeurde bijvoorbeeld met Einsteins speciale relativiteitstheorie van 1905, die in onze hedendaagse optiek een radicale omwenteling in het vakgebied teweegbracht. Maar in de ogen van de enkeling in Cambridge die de moeite nam Einsteins werk te bestuderen, voegde die theorie nauwelijks iets toe aan de bestaande elektrische theorie van Joseph Larmor (*senior wrangler* 1880), een recente aanpassing en verfijning van Maxwells theorie. Vanuit de Britse optiek was er bij Einstein vooral sprake van een verwarring van fundamentele principes en toepassingen. Waar Einstein zijn relativiteitspostulaat als grondslag van de theorie koos, zagen de Britten dit principe als een afgeleid resultaat, dat wellicht een nuttige rol kon vervullen als hulpmiddel voor het oplossen van lastige problemen. Het gebruik ervan in afzonderlijke gevallen diende echter wel gelegitimeerd te worden door afleiding uit Larmors theorie. Aangezien die gebaseerd was op het bestaan van een ruimte-vullend elektromagnetisch medium, de ether, deelden weinigen Einsteins inzicht dat het relativiteitsprincipe diezelfde ether overbodig maakte. Geen Brit die in Einsteins werk las wat wij daar heden ten dage als vanzelfsprekend in menen te lezen.

Dit punt is belangrijk omdat het zich moeiteloos laat generaliseren. In het verleden hebben wetenschapshistorici zich vaak afgevraagd waarom belangrijke wetenschappelijke doorbraken zo traag werden geabsorbeerd, vooral buiten het land of de omgeving waar die innovaties hadden plaatsgevonden, en waarom ze aanleiding gaven tot zoveel misverstanden. In onze hedendaagse ogen is zowel de duiding van de nieuwe theorie als de superioriteit tegenover oudere inzichten zo evident dat dit ogenschijnlijke conservatisme en onbegrip een verklaring behoeft. Die werd veelal gevonden in buitenwetenschappelijke sentimenten, van bijvoorbeeld politieke of culturele aard.

‘VANUIT DE BRITSE OPTIEK WAS ER BIJ EINSTEIN VOORAL SPRAKE VAN EEN VERWARRING VAN FUNDAMENTELE PRINCIPES EN TOEPASSINGEN.’

Zo werd de afhoudende Britse reactie op Einsteins relativiteitstheorie doorgaans verklaard door de typisch Britse verknochtheid aan de elektromagnetische ether, waaraan tal van spirituele eigenschappen werden toegeschreven. Deze opvatting is gebaseerd op de veronderstelling dat de Britten Einsteins artikelen op dezelfde manier lasen als wij dat vandaag de dag doen en dat het resultaat hen ongewenst voorkwam. Warwicks studie maakt duidelijk dat beide aannames onjuist zijn. Zijn verklaring is veeleer van internwetenschappelijke aard. Einsteins werk werd eerst vertaald in termen van lokale technieken en begrippen, en vervolgens hetzij bestreden, hetzij gezien als een kleine, maar nuttige aanvulling op de bestaande theorieën. In die vertaalslag waren Einsteins radicale visies op ruimte en tijd en de door hem geclaimde overbodigheid van de ether min of meer uitgefilterd.

Eenzelfde soort vertaalslag was niet mogelijk bij Einsteins algemene relativiteitstheorie. Dat die toch zijn weg vond naar Cambridge was te danken aan één man: Arthur Eddington, degene die tevens verantwoordelijk was voor de wereldwijde doorbraak van de theorie in 1919. Eddington was de enige *senior wrangler* (1904) in de geschiedenis van Cambridge die erin slaagde deze felbegeerde status na

twee jaar – in plaats van de gebruikelijke drie jaar – te verwerven. Eddington was dan ook een uitzonderlijk getalenteerde wiskundige.

Eddingtons belangstelling voor Einsteins gravitatie-theorie werd volgens Warwick bepaald door twee factoren. Enerzijds was Eddington een van de weinige exacte wetenschappers in Cambridge die onderwijs had gevolgd in het esoterische soort wiskunde dat Einstein gebruikte voor zijn theorie. Anderzijds had Eddington zich ontwikkeld tot astronoom, en het waren aanvankelijk vooral astronomen die belangstelling toonden voor Einsteins nieuwe theorie. Maar ook in dit geval bleek de Britse receptie problematisch. Ondanks Eddingtons bijzondere wiskundige kwaliteiten en zijn groeiende betrokkenheid bij Einsteins werk, duurde het jaren voordat hij de theorie voldoende meester was om die te kunnen incorporeren in zijn onderwijs. En zelfs dan is het nog maar de vraag of dit hem ooit gelukt was zonder voortdurend persoonlijk contact met de Leidse astronoom De Sitter, die als intermediair tussen Einstein en Eddington fungeerde.

De les die Warwick historici voorhoudt, is dat wetenschappelijke theorieën zich niet gedragen als materiële goederen die eenvoudig en onveranderd bewaard, vervoerd en overgedragen kunnen worden. De verspreiding en receptie van nieuwe kennis vergt veelal een aanpassing van die kennis aan de nieuwe omgeving en omgekeerd een verandering van de daar aanwezige wetenschappelijke gewoonten. Van een blijvende en volwaardige receptie is pas sprake als de nieuwe kennis onderdeel is geworden van het lokale reproductiemechanisme, oftewel de onderwijs- en onderzoekscultuur. Hierbij spelen persoonlijk contact en disciplinerende een belangrijke rol.

Dat die rol vandaag de dag zo weinig zichtbaar is, komt vooral door de wereldwijde standaardisering van opleidingen. In Peking en Buenos Aires leren natuurkundestudenten grotendeels dezelfde theorieën en technieken als in Parijs en Los Angeles, en dat op min of meer dezelfde wijze. Deze homogenisering vergemakkelijkt de communicatie en uitwisseling van nieuwe resultaten, en ontnemt ons daardoor het zicht op het proces van verwerking. Maar dit alles maakt de betekenis van onderwijs, en in het bijzonder van persoonlijk contact, niet minder groot. Specialistische vaardigheden en gevoeligheden kunnen niet worden aangeleerd uit boeken en artikelen. Die vereisen een inwijding in een manier van denken en werken die een voortdurende afwisseling van oefening en persoonlijke begeleiding vraagt. Dit is wellicht een waardevolle les voor politici en deskundigen die hoge verwachtingen koesteren van de rol van het internet in het onderwijs.

Frans van Lunteren is hoogleraar wetenschapsgeschiedenis aan de Faculteit Exacte Wetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam.

Besproken boeken:

Masters of Theory. Cambridge and the Rise of Mathematical Physics
door **Andrew Warwick**
University of Chicago Press. Chicago 2003.
xiv + 572 pag., € 34,75