

DE INVLOED VAN DE NATUURWETENSCHAP OP DE TECHNISCHE ONTWIKKELING OMSTREEKS 1875

J. M. Dirkzwager

Het onderwerp van deze voordracht is gekozen naar aanleiding van discussies over de vraag of de techniek historisch gezien afhankelijk is van de wetenschap (1). Er zijn enkele factoren aan te wijzen, die tot deze vraagstelling hebben geleid.

De geschiedenis van de techniek heeft zich sedert de laatste twee decennia als een zelfstandige wetenschap ontwikkeld. Dit wordt bewezen door de aandacht, die op Universiteiten en Hogescholen aan dit vak wordt besteed (2). Bovendien zijn er verscheidene wetenschappelijke genootschappen opgericht die zich met de geschiedenis van de techniek bezig houden en die de organisatie van de wetenschappelijke communicatie op zich hebben genomen.

De aandacht voor de geschiedenis van de techniek is naar mijn mening een gevolg van het toenemende inzicht dat het onderwerp zich zelfstandig laat behandelen. Dit inzicht staat in verband met de constatering, dat de geschiedenis van de techniek grotendeels behandeld kan worden zonder de geschiedenis van de wetenschap erbij te betrekken. Professor dr. Price van Yale University is zelfs zo ver gegaan, dat hij verklaarde dat wetenschap en techniek zich onafhankelijk ontwikkelen. Slechts bij uitzondering gaf een nieuwe wetenschappelijke bijdrage aanleiding tot technische vernieuwingen.

Deze visie heeft veel reacties uitgelokt. In oktober 1967 werd een symposium gehouden aan de Universiteit van Illinois over de « Interaction of science and technology ». De sprekers waren representanten van wetenschappelijke instellingen van industrie en overheid. Unaniem waren zij van oordeel dat de fundamentele wetenschappen nauw verweven zijn met de techniek. Zij verklaarden dat er in de moderne instellingen van

(1) Derek J. de Solla Price: Is Technology historically independent of Science? A study in statistical historiography. In: *Technology and Culture*, 1965, blz. 553-58.

(2) *De Ingenieur*, jaargang 51, 18 december 1970, blz. A993-A996.

toegepaste wetenschappen sprake is van een wisselwerking tussen fundamentele wetenschap en technische toepassingen (3).

Overigens hoeven wij ons over deze unanieme uitspraken niet te verwonderen. De discussie speelde zich immers af in een tijd, dat de overheids-financiering van fundamenteel wetenschappelijk werk in de Verenigde Staten werd beknot.

In hoeverre is er nu sprake van verwevenheid van de wetenschap en de techniek in de periode 1865 - 1885 ?

Het is niet de bedoeling diepgaand op deze vraag in te gaan. Daarvoor is het probleem te gecompliceerd. Het is slechts de bedoeling om door een globale beschouwing de aandacht op dit onderwerp te vestigen en deze beschouwing aan een enkel voorbeeld te toetsen.

Op wetenschappelijk gebied werd de 19e eeuw gekenmerkt door specialisatie. Dit blijkt onder meer uit het feit dat de Royal Society niet langer in staat werd geacht een leiding gevende taak op wetenschappelijk gebied te vervullen. Een nieuwe organisatie werd opgericht, de British Association for the Advancement of Science, die in 1831 in York haar eerste bijeenkomst hield (4).

De specialisatie was een gevolg van ontwikkelingen, die zich hadden voorgedaan bij diverse gebieden van de natuurwetenschappen. Zo had het werk van Newton aanleiding gegeven tot een uitzonderingspositie van de mechanica in de natuurwetenschappen. De mechanica bleek in toenemende mate vatbaar voor wiskundige behandeling. Deze wetenschap oefende een sterke aantrekkingskracht uit op wiskundig begaafde natuuronderzoekers en zuivere mathematici. Hierdoor werd de kloof verdiept, die al bestond tussen de mechanica en de experimentele natuurkunde (5). Het is mogelijk, dat deze kloof een nadelige invloed heeft gehad op de wisselwerking tussen de natuurwetenschappen en de techniek.

Een ander specialisme dat vooral in de periode van 1865 - 1885 werd ontwikkeld en waaruit wel belangrijke technische toepassingen zijn voortgekomen, is de electriciteit. De 19e eeuw beleefde sedert de ontdekking van Galvani een enorme opleving van de belangstelling van onderzoekers. In 1831 ontdekte Faraday het verschijnsel van de electromagn-

(3) W. Dale Compton (editor) : « The Interaction of Science and Technology » 1969, University of Illinois Press.

(4) J.D. Bernal : Science and Industry in the nineteenth century. Indiana University Press, 1969, blz. 139.

(5) E. J. Dijksterhuis en R. J. Forbes : Overwinning door gehoorzaamheid. 1961, Phoenixpocket nr. 55, deel II, blz. 32.

tische inductie. Deze ontdekking gaf aanleiding tot pogingen om sterke, voor technische doeleinden te gebruiken stromen op te wekken. Deze pogingen resulteerden onder meer in een dynamo in 1870 door het werk van Zénobe Theophile Gramme (1826 - 1901).

De studie van de electriciteit gaf aanleiding tot een onuitputtelijke bron van nieuwe verschijnselen. Deze verschijnselen gaven weer aanleiding tot experimenten van kwalitatieve aard.

De wiskunde had zich zover ontwikkeld, dat niet alleen de mechanica op een mathematische wijze kon worden behandeld. De aandacht van de wiskundigen werd nu ook getrokken door de verschijnselen, die zich bij de experimenten met electriciteit en magnetisme voordeden. Voor de verklaring van deze verschijnselen werden wiskundige methoden gebruikt, waardoor een kwantitatieve behandeling mogelijk werd.

Deze kennis leidde weer tot de telegraaf, de eerste praktische toepassing van electriciteit omstreeks de jaren achttienhonderddertig. De telegraaf heeft weer met de aanleg van kabels en telefoon tot de eerste commerciële toepassingen geleid. In de jaren achttienhonderdtachtig ontstonden elektrische verlichtings- en energiebedrijven. De wetenschappelijke vooruitgang op het gebied van de electriciteit in de 19e eeuw heeft dus direct aanleiding gegeven tot de ontwikkeling van de telegraaf, dynamo, gloeilamp en elektrische motor.

Nu is de electrotechnische industrie vrij moeizaam op gang gekomen nadat de technische mogelijkheden van verlichting, electriciteitsopwekking en transport bekend waren. Dit is echter niet een gevolg van het ontbreken van de wisselwerking tussen wetenschap en techniek. De trage invoering van electriciteit kan worden teruggevoerd tot zowel een gebrek aan visie als een gebrek aan fondsen voor onderzoek en ontwikkeling. Niemand minder dan ir. Brunel b.v. verklaarde dat electriciteit slechts speelgoed was.

Dit gebrek aan visie is begrijpelijk als we bedenken wat de Industriële Revolutie voor de technische ontwikkeling in de 19e eeuw betekende. Door de geweldige uitbreiding van de afzet van de door Groot-Brittannië vervaardigde producten ontstonden problemen van kwantitatieve aard. Het ging om het goedkoop produceren van meer goederen en om het zo snel en goedkoop mogelijk vervoeren van de industrieproducten. Alle technische hulpmiddelen, die deze kwantitatieve problemen tot een oplossing konden brengen, waren welkom. De mogelijkheden van de electrotechniek werden in dit verband nog niet gezien.

De electrotechnische industrie is niet zo zeer uit industriële behoeften ontstaan, maar meer voortgevloeid uit het wetenschappelijk onderzoek.

In dit opzicht verschilt de situatie bij de machineindustrie. Deze industrie werd in staat geacht aan de kwantitatieve vraag te voldoen. Dit betekende het vervaardigen van machines met een steeds groter vermogen. Dit kon alleen bereikt worden door het ontwikkelen van materialen met groter sterkte (staal), door betere ontwerpen en door een grotere nauwkeurigheid in de afwerking.

Het succes van deze maatregelen hing minder af van wetenschappelijke kennis dan van vakmanschap. Omgekeerd, het succes dat werd behaald met de invoering bij voorbeeld van de afzonderlijke condensor, expansie van de stoom en de toepassing van hoge- en lage drukcilinders hebben aanleiding gegeven tot theoretische beschouwingen.

Deze beschouwingen hebben weer geleid tot de wetten over de afhankelijkheid tussen warmte en arbeid (7). Deze wetten vormden weer de grondslag van de thermodynamica, die weer tot de ontwikkeling van verbrandingsmotoren heeft bijgedragen.

De taak waarvoor de 19e eeuwse industrie zich zag gesteld heeft t.a.v. de machine- en scheepsbouwindustrie geleid tot een scheiding tussen industrie en wetenschap. Pioniers als Watt (1736 - 1819) en Smeaton (1724 - 1792) namen nog een vooraanstaande plaats in op wetenschappelijk gebied, maar waren gelijktijdig ook goede ambachtslieden (instrumentmakers). Zij herinnerden nog aan de allround vakbekwame ingenieurs uit de Renaissance. Door hun pionnierswerk kwamen de eerste voor industriële doeleinden bruikbare stoommachines tot stand.

Na hen kwam een nieuwe generatie, die zich ging bepalen tot de specifieke problemen t.a.v. verbeteringen van de machines. De theoretische achtergronden lieten zij aan anderen over. Er ontstond een scheiding tussen industrie en wetenschap, die mede heeft geleid tot de instelling van bijv. het technisch hoger onderwijs. De wetenschap begon hierdoor een steeds grotere rol te spelen, en talentvolle wetenschappelijke amateurs moesten hun wetenschappelijke monopoliepositie aan hooglaren afstaan (8).

Bij de industrie lag dat anders. Aan het eind van de 19e eeuw waren de meeste uitvindingen afkomstig van mensen zonder universitaire opleiding. De kleine hoeveelheid benodigde wetenschappelijke kennis hadden zij uit boeken opgedaan.

(6) Aldaar, blz. 127.

(7) B. J. Tideman: Het scheeps-stoomwerktuig, Amsterdam, 1867, blz. 317.

(8) Bernal, blz. 151.

De scheiding tussen machine- en scheepsbouwindustrie enerzijds en wetenschap anderzijds kunnen wij toelichten bij de pogingen tot toepassing van wetenschap en scheepsbouw.

De installatie van steeds grotere stoommachines aan boord van schepen had tot gevolg, dat de hoofdafmetingen van het schip en de vorm van de romp aan de machine-installatie moest worden aangepast. Hierdoor was de eeuwen lange ervaring, die bij de zeilvaart was opgedaan en die tot optimale scheepsontwerpen had geleid, van geen waarde meer. De ontwerpers moesten op intuïtie of op ontoereikende berekeningen vertrouwen. Een middel, waarnaar reeds in de 18e eeuw was gegrepen om de hydrodynamische en hydrostatische eigenschappen van schepen te onderzoeken, was de modelproef. Deze proeven waren echter van beperkte waarde zolang niets bekend was over de modelwetten. In 1832 had reeds de Franse marine-ingenieur A. F. Reech (1805 - 1884) de algemene vergelijkingswet gepubliceerd. Met deze wet was het mogelijk om metingen aan modellen op een wetenschappelijke basis te interpreteren. Het praktische nut van deze wet werd echter pas gezien na 1870. En dit gebeurde pas nadat een Engels civiel ingenieur de wet opnieuw had afgeleid. Vermoedelijk was deze ingenieur, genaamd William Froude (1810 - 1879) niet op de hoogte van het werk van Reech (9).

Er was geen sprake van dat de scheepsbouwindustrie na de wetenschappelijke publicaties van William Froude direct het grote belang van modelproeven inzag. Slechts aarzelend is deze vorm van research tot ontwikkeling gekomen.

In Nederland wist de Nederlandse marine-ingenieur Bruno Joannes Tideman de Minister van Marine te overtuigen van het belang van deze vorm van onderzoek. Er werd een bedrag van f 4220,- beschikbaar gesteld om in Amsterdam op de Rijkswerf een inrichting te installeren voor de beproeving van scheepsmodellen. In 1874 was deze inrichting operationeel (10).

De scheepsbouwindustrie heeft van deze inrichting nagenoeg geen gebruik gemaakt. Het ontbrak de meeste ondernemers aan het inzicht om het belang van het modelonderzoek te doorgronden. Trouwens, zij hadden geen behoefte aan wetenschappelijk onderzoek. Slechts enkele ondernemers in het buitenland zagen dit belang wel in. Onder meer was dit

(9) J. M. Dirkzwager: dr. B. J. Tideman (1834-1883), Leiden, 1970, blz. 128 e.v.

(10) J. M. Dirkzwager: «Dr. B. J. Tideman en de inrichting voor proefnemingen met scheepsmodellen op de voormalige Rijkswerf te Amsterdam.»

In: Roering, Mededelingblad van de Vereniging van Ingenieurs der Marine, Jaargang 4, nr. 1, september 1967, blz. 36.

de ingenieur William Pearce, directeur van John Elder & Co. te Glasgow. Deze ingenieur was de eerste die het aandurfde om een snelheid te garanderen van een vreemdsoortig gevormd schip, een zogen, cyclade of cirkelvormig pantserschip. Door deze garantie kreeg hij de opdracht voor de bouw van een dergelijk schip voor de Russische Marine. Deze garantie kon hij geven op grond van het vertrouwen dat hij stelde in proeven, die onder leiding van Tideman met een model waren uitgevoerd. Toen later bleek, dat de in Engeland gebouwde cyclade de gegarandeerde snelheid werkelijk haalde, was de naam van Tideman in de wetenschappelijke wereld reeds bevestigd.

Dit succes heeft echter vrijwel geen merkbare gevolgen gehad voor de toepassing van het modelonderzoek door de scheepsbouwindustrie. Wel is waar is in Engeland het werk van William Froude in opdracht van de British Admiralty voortgezet. Er was echter slechts bij een enkele scheepsbouwonderneming sprake van het inrichten van een eigen laboratorium.

In Nederland bleef de inrichting na het overlijden van Tideman in 1883 wel enige tijd voortbestaan, maar verouderde sterk door het achterwege blijven van noodzakelijke vernieuwingen.

Het wetenschappelijk scheepsbouwkundig onderzoek is tot ontwikkeling gekomen zonder dat er door de industrie om werd gevraagd. Er is hier duidelijk sprake van een scheiding tussen wetenschap en industrie. De technische problemen, die door de industrie werden opgelost, waren niet van fundamentele aard. Problemen op het gebied van de sterkte, stabiliteit en eenvoudige hydrostatische berekeningen konden door goede vakmensen worden opgelost. Vuistregels werden gehanteerd, ook voor de bepaling van het machine vermogen.

Het ontbreken van de stimulans van de zijde van de industrie was één van de oorzaken van het langzaam tot ontwikkeling komen van het wetenschappelijk scheepsbouwkundig onderzoek. Er was echter nog een tweede oorzaak. Deze hield verband met de kloof tussen de wiskundige beoefenaars van de mechanica en die van de experimentele natuurkunde. Dit blijkt bv. uit het mislukken van een prijsvraag, die door het Provinciaal Utrechts Genootschap van Wetenschappen in 1874 werd uitgeschreven. Wiskundigen werden uitgenodigd tot beschouwingen over de experimenten « omtrent de beweging van vloeistoffen en den wederstand, dien zij aan bewegende lichamen bieden. » De wiskunde heeft weinig aan de vooruitgang van de scheepsbouwkunde als wetenschap in de 19e eeuw kunnen bijdragen.

Als voorlopige conclusie zou ik willen stellen dat er in de 19e eeuw

en vooral in de periode tussen 1865 en 1885 een belangrijke wisselwerking tussen enkele gebieden van de natuurwetenschappen en de techniek heeft bestaan. Uit het enkele voorbeeld blijkt, dat het succes van deze wisselwerking afhankelijk was van de betrokken industriële situatie enerzijds en van de interdisciplinaire situatie op wetenschappelijk gebied anderzijds.

De wetenschappelijke ontwikkeling op het gebied van de electriciteit heeft tot zodanige technische toepassingen geleid, dat een geheel nieuwe tak van industrie is ontstaan.

De gevolgen van de ontwikkelingen bij andere gebieden van de natuurwetenschappen, zoals de mechanica en de thermodynamica waren voor de beschouwde periode minder duidelijk. Het scheepsbouwkundig modelonderzoek bood wel is waar de mogelijkheden om de scheepsvorm te verbeteren, maar van deze mogelijkheden is maar weinig gebruik gemaakt. Zoals in het geval van de thermodynamica zouden we meer algemeen kunnen stellen, dat juist omgekeerd de ambachtelijke ontwikkeling van stoomwerktuigen en stoomschepen het wetenschappelijk onderzoek heeft gestimuleerd.

Overige geraadpleegde literatuur :

A. R. J. P. Ubbelohde : « The beginnings of the change from craft mysterie to science as a basis for technology ». In : « A History of Technology », deel IV, door Charles Singer e.a. (editors), Oxford University Press, 1958.

Eric Ashby : « Education for an age of technology ». In : « A History of Technology », deel V, Oxford University Press, 1958.

Ch. Singer : A short history of scientific ideas to 1900. Oxford, 1959.

A. E. Musson & E. Robinson : Science and technology in the Industrial Revolution. Manchester University Press, 1969.

H. J. Habakuk : American and British Technology in the nineteenth century, 1962.

John Jewkes, David Sawes en Richard Stillerman : The sources of invention, London, 1958.