

Dr. G. K. Boon

Technology Forecasting

Introductie

Regeren, besturen is vooruitzien, dit geldt evenzeer in micro-privaateconomische zin. Het is altijd nuttig om een idee te hebben hoe de onderneming zal evolueren. Hierbij kan ook een toekomstbeeld van de technologische verandering van belang zijn voor de onderneming. De importantie van een technologievoorspelling is sterk afhankelijk van de grootte en de aard van de onderneming en dus van de rol die technologie als aanbieder of vrager voor de onderneming heeft. Speelt technologie een belangrijke rol, dan geldt hetzelfde voor de technologische verandering. Iedere onderneming heeft altijd een zekere directe en indirecte afhankelijkheid van de technologie, wat betreft de indirecte afhankelijkheid het volgende:

De technologische verandering kan een zeer belangrijke factor zijn in het algemene maatschappelijke klimaat, in de economisch-sociale, culturele en politieke evolutie van de maatschappij. Technologische verandering beïnvloedt de arbeidsproductiviteit, de opgang en neergang van takken van industrie en handel, van werkloosheid, zowel incidenteel als structureel, de ruilvoet en de structuur van de internationale handel. De technologische verandering bepaalt in hoge mate de bloei of neergang van streken en landen. Er zijn duidelijke sociale, culturele en politieke implicaties en interacties tussen technologie- en maatschappijveranderingen. In die zin gaat technologische verandering ieder bedrijf aan, onafhankelijk van het feit, of technologie, als vrager of aanbieder, van direct belang is voor de onderneming. Maar het is duidelijk dat een technologievoorspelling niet door iedere onderneming zal worden gemaakt. Gezien de kosten die het met zich meebrengt, die ook in dit geval met de mogelijke baten vergeleken dienen te worden. Maar zelfs voor vrij kleine ondernemingen kan een automatiseringsplan zeker nut hebben. Zo'n plan kan heel flexibel en improvisatorisch zijn en hoeft niet veel te kosten.

In dit artikel zullen verschillende aspecten van technologievoorspelling toegelicht worden. Echter, voordat ik dieper in het onderwerp duik is het nuttig, een paar vragen te stellen en te beantwoorden. Wat wordt onder technologie verstaan, hoe wordt het gedefinieerd? Wat wordt onder de voorspelling van de technologie begrepen? Is het mogelijk, zo ja, hoe wordt het gedaan?

Dus wat betreft de organisatorische opbouw van dit artikel: allereerst besteden we aandacht aan de hierboven genoemde vragen. Het niveau van aggregatie van de voorspelling, de methodiek, de weging van imponderables, de lange golf en de macro-identiteit komen achtereenvolgens aan de orde. Vervolgens zullen we technologievoorspelling in het kader van de technologiemarkt plaatsen in dynamische zin. Daarna komt de interactie tussen maatschappij- en technologieverandering aan de orde, waarbij technologie wordt onderscheiden in statische en dynamische technologie. Enkele voorbeelden van technologievoorspellingen worden genoemd.

Voorspellingsaspecten

Definitie

Allereerst wat wordt onder technologie verstaan? Pragmatisch gedefinieerd stel ik: technologie is know-how, betreffende produktie nuttig tot het bevredigen, direct of indirect, van menselijke behoeften, belichaamd in mensen, documenten en produktiemiddelen. Technologievoorspelling betreft dus voorspelling van kennisontwikkeling, die zich op bepaalde manieren kan manifesteren. Het gaat dus om een dynamisch proces, de verandering van kennis in de tijd. Hoe wordt nieuwe kennis verkregen? Door onderzoek en ontwikkeling! Ik zou willen onderscheiden actieve en passieve kennisvernieuwing. Actieve kennisvernieuwing is daadwerkelijk trachten nieuwe kennis, inzichten, verbanden te ontwikkelen, het is pioniersarbeid, grensverleggend onderzoek. Passieve kennisvernieuwing is het trachten te weten te komen wat er gaande is, bijv. op het gebied van de actieve kennisvernieuwing. Echter, het is zonder meer duidelijk, dat de beide typen van kennisvernieuwing veelal dichtbij elkaar liggen en een zekere complementariteit kunnen hebben. Het passieve deel kan tot het actieve deel leiden, passieve kennisvernieuwing is veelal voorafgegaan aan de actieve kennisvernieuwing.

Wat wordt nu onder technologievoorspelling begrepen? De naam is duidelijk, men beoogt de technologische verandering te voorspellen. Men kan dat voor verschillende perioden, op verschillende wijzen doen en op verschillende niveaus van aggregatie. Deze drie aspecten houden met elkaar verband. Allereerst de verschillende perioden. De doelstelling voor de voorspelling kan zijn op korte termijn, 5 jaar, middellange, 5 - 15 jaar, tot het jaar 2000, en langer. Het is duidelijk dat, hoe verder men de voorspelling in de tijd laat doorlopen, hoe meer speculatief deze wordt. De korte en middellange termijnvoorspellingen zijn meestal ook het belangrijkste. Slechts bij grote en technologisch geavanceerde projecten speelt de lange termijnvoorspelling een belangrijke rol, bijv. in de ruimtetechnologie en het interplanetaire verkeer.

Aggregatieniveau

Het aggregatieniveau van de technologievoorspelling is over het algemeen laag, dus zeer concreet, zeer gedesaggregeerd. Men wenst concrete technologische doelstellingen in de tijd te plaatsen wat betreft hun realiseer-

baarheid. Het is nuttig om even stil te staan bij de verschillende soorten technologievoorspellingen die voorkomen en die te maken hebben met de verschillende typen van technologievragers. Een belangrijk onderscheid is, of de verschillende typen van technologievragers in de niet-commerciële of in de commerciële hoek zitten.¹ In het eerste geval spelen kostenoverwegingen een veel geringere rol. Militaire opdrachtgevers willen bepaalde technologische doelstellingen, op basis van hun eigen technologische beoordeling (assessment) en voorspelling (forecast), op vrij nauwkeurig bepaalde tijdstippen bereikt zien. De kostenzijde is, al naar gelang de urgentie, min of meer irrelevant. Dit geldt ook, hoewel in veel mindere mate, voor ruimtetechnologie. De ruimtetechnologie heeft bepaalde doelstellingen wat betreft bijvoorbeeld draagvermogen van raketten, betrouwbaarheid van communicatiemiddelen, niet uitputbare energiegeneratie etc. Op grond van zeer concrete technologische voorspellingen op onderdelen van onderdelen voor raketten bijvoorbeeld, probeert men de industrie te stimuleren deze voorspellingen, binnen vrij nauwkeurige tijdsgrenzen, waar te maken.

Deze twee voorbeelden tonen enige interessante aspecten van de technologievoorspelling. Technologievoorspelling kan iets dwingend hebben, men tracht de voorspelling te laten uitkomen. Op basis van een gedegen beoordeling van de huidige technologische kennis en de trends in de veranderingen krijgt de voorspelling iets normatiefs. Men schept een uitdaging en een goede beloning als de uitdaging gerealiseerd wordt. Men stuwt onderzoek en ontwikkeling op, veelal in bekende terreinen waar grenzen verlegd moeten worden, soms in het onbekende. Informatie, door 'intelligence' verkregen, over ontwikkelingen, vorderingen bij de concurrent, tegenstanders, spelen een rol. Tevens zijn beoordeling en voorspelling ten nauwste met elkaar verbonden en moeilijk te scheiden. 'Technology assessment and forecasting' worden veelal in één adem genoemd en terecht. De voorspelling berust op een gedegen beoordeling, waarbij in de niet-commerciële toepassingen, veelal de technologische aspecten de boventoon voeren. In de commerciële sfeer spelen natuurlijk ook economische overwegingen mee, terwijl in de civiele sector ook sociale en andere aspecten meetellen: hoe meer aspecten er gaan meetellen, hoe meer realistisch de voorspelling voor een bepaalde doelgroep wordt.

Er is of kan een vrij grote discrepantie bestaan tussen technologie rijp voor niet-commerciële toepassing en voor commerciële toepassing. De diffusie van een technologie in de bedrijfssector berust veelal op kosten, winst, privaat-economische overwegingen en de toekomstverwachting omtrent de economische ontwikkeling meer in het algemeen. Daarom is de interactie tussen economische en technologische ontwikkeling van groot belang. Technologie die niet diffuseert is economisch irrelevant. Daarom dienen ook in privaat-economische zin, 'assessment' en 'forecast' samen te gaan of men moet 'voorspelling' zo definiëren dat het technologie betreft die privaat-economisch, in het algemeen gesproken, toepasbaar is.

*Methodiek*³

Zoals ik eerder zei, hangt de methode van voorspelling af van de tijdsperiode

en van het aggregatieniveau. Op de korte en middellange termijn kan de voorspelling gebaseerd worden op drie elementen: 1) *literatuurstudie*: vak-tijdschriften, 'papers', verspreid op nationale en internationale congressen, die de relevante technologie betreffen of raken, kranten (Financial Times) en algemenere tijdschriften (Economist); 2) *extrapolatie modellen*, kwantitatief en kwalitatief. Modellen is enigermate een groots woord, omdat het meestal alleen gaat om een verband tussen de tijd en een technologie of een technologisch aspect, bijvoorbeeld het verband tussen het aantal componenten per chip in de tijd, of de capaciteit van een micro-economisch geheugen in de tijd. Ook kan het dus een technologiediffusie betreffen, zoals bijvoorbeeld het aantal gevraagde computer-numeriek bestuurd gereedschapswerktuigen of robots in de tijd. De verbanden die gevonden worden zijn exponentieel, kwadratisch veelal. De eerste twee voorbeelden betreffen snelle technologische vooruitgang, de twee andere van snelle diffusie, waarin dus impliciet economische variabelen betrokken zijn. Ook zijn welbekend de grafische verbanden tussen computercapaciteit en prijs in de tijd, die een dramatische prijsdaling van de computercapaciteit per eenheid demonstreren. Deze trends kan men dus extrapoleren. Het interessante is dat althans bij de technische verbanden, bijv. capaciteit van micro-electronisch geheugen, in de tijd eerdere extrapolaties steeds te pessimistisch blijken, m.a.w. de technologische verandering gaat sneller dan het eerder gevonden exponentiële verband. Opnieuw moeten we even in gedachten houden, dat in het privaateconomische gebeuren het om werkelijke diffusies gaat en niet om zuivere technologische mogelijkheden. General Motors voorspelt bijvoorbeeld, dat het huidige aantal gebruikte robots in het fabricageproces van 1100 in 1981, zal oplopen tot 5000 in 1985 en 14000 in 1990⁶. Deze voorspelling is een technologische maar ook een economische, behoort het althans te zijn. De interne diffusie berust op de voorspelde technologische vooruitgang in de robottechnische mogelijkheden wat betreft artificiële intelligentie, d.m.v. sensoren bijvoorbeeld, die ondermeer de toepasbaarheid in de assemblage zullen vergroten. De werkelijke toepassing is natuurlijk gebaseerd op economische overwegingen: produktkwaliteit, produktiecontinuïteit, levensduur, afschrijvingen, geschooldheidsschaarste en kosten van de arbeid, begeerde verlaging van vakverenigingsinvloed enz.

Een derde mogelijkheid gebruikt in de technologievoorspelling, die niet alleen voor de middellange termijn maar ook wel van nut kan zijn voor de langere termijn, is de betreffende technologieproducenten te interviewen. Zo'n interview moet, door degene die het interview afneemt, terdege zijn voorbereid en hij/zij moet goed in de betreffende technologie thuis zijn. Indien op deze wijze met een representatieve groep van producenten gesproken is, kan een vrij duidelijk beeld van de technologische vooruitgang verkregen worden op de korte, middellange en zelfs lange termijn. Het probleem echter is om de personen die de kennis en visie hebben binnen het bedrijf, niet alleen te identificeren, maar vooral om met hen in gesprek te komen. Deze hindernis is vaak onoverkomelijk. Indien de gesprekspartner de indruk heeft dat ook zijn bedrijf, bijvoorbeeld door enige publiciteit, gebaat is bij zo'n interview, kan natuurlijk gemakkelijker toegang verkregen worden.³

Delphi methode

Hierbij aansluitend, vooral voor de langere termijnvoorspelling, kan de zgn. *delphi methode* genoemd worden. Hierbij wordt vaak een zeer uitgebreide questionnaire gebruikt, waarbij getracht wordt te profiteren van kennis en vooral ervaring en inzicht van degene voor wie de vragenlijst bestemd is. Deze vragenlijsten vragen meestal vrij veel tijd en aandacht om in te vullen en daarom lukt het niet altijd. Indien er een zekere persoonlijke relatie is tussen indiener en invuller, of als de laatste een zeker belang heeft bij een serieuze invulling, dan werkt deze methode wel. Essentieel is dat de medewerkende vrageninvullers niet weten wie nog meer meedoen. Een variant op deze methode is, dat men zelf tot een zorgvuldige technologievoorspelling komt en deze naar een persoon toestuurt met een grote kennis van deze technologie, met het verzoek om commentaar, aanvulling of verandering van de voorspelling. Indien dit antwoord binnen is, stelt men de voorspelling bij en vervolgens stuurt men het aan een tweede expert met hetzelfde verzoek. Deze procedure wordt bijvoorbeeld zeven tot tienmaal herhaald en levert een betrouwbare voorspelling op. Het beeld convergeert zich, de voorspelling berust op de beste kennis en inzichten van de betreffende technologie-experts in de wereld.

Het cruciale punt hier is ook weer, hoe beweeg je deze experts tot medewerking. Het beste werkt het, als de persoon die de voorspelling initieert, deze expert al persoonlijk kent en er een zeker professioneel respect voor elkaars inzicht is. Ook neem ik aan dat geld, in dit geval ook, veel kan vergoeden. Ook kan het psychologische aspect een rol spelen. Vele mensen stellen het op prijs, als hun mening gevraagd en gewaardeerd wordt.

De voorspellingen die gebaseerd worden op vragenlijsten, mondeling of schriftelijk, en interviews, leveren informatie op, die meestal op een kwalitatieve manier in de voorspelling verwerkt wordt. Echter, indien een technologievoorspelling gecombineerd wordt met een toekomstige assessment voor een onderneming of een land, bestaan er ook wel mathematische benaderingen om te trachten een meer exacte uitwerking van een toekomstige situatie te verkrijgen. Ik noem in dit verband de 'fuzzy set theory' en de 'catastrophe theory'. Vooral de toenemende capaciteit van elektronische rekenmachines maken het mogelijk om mathematische modellen met een groot aantal associatieve mogelijkheden van parametercombinaties door te rekenen. Zelfs de bekende simulatie- en sensibiliteitsmodellen kunnen nu op een veel uitgebreidere schaal, ten aanzien van aantallen variabelen, toegepast worden.

Imponderables

Echter, er blijven ook eenvoudiger methoden om kwalitatieve aspecten en imponderables op een quantitative wijze te verwerken. Deze methoden kunnen ook met de interviewtechniek gecombineerd worden. Eén van deze mogelijkheden, zie annex noot 3.4, is de volgende. Stel eenvoudigheidshalve, dat er drie alternatieve mogelijkheden in de toekomst zijn A, B en C, die gekarakteriseerd worden door drie belangrijke aspecten a, b en c. Men laat de experts de aspecten wegen naar een bepaald criterium, bijvoorbeeld

waarschijnlijkheid van realisatie op een bepaald tijdstip, ecologische aanvaardbaarheid en economisch potentieel voor diffusie. In dit voorbeeld kunnen door een éénduidige volgordenummering de gewichten worden gegeven, waarbij 1 het best mogelijke toekomstige resultaat geeft en 3 het minste. De relatieve positie van ieder alternatief A, B, C voor een bepaald aspect, kan vertikaal gelezen worden, de relatieve positie van alle drie aspecten horizontaal. De totale relatieve positie voor ieder alternatief t.o.v. alle drie de aspecten, worden verkregen door de volgorde (ranking) nummers horizontaal te sommeren en opnieuw de totalen te nummeren. In dit geval is dus de kleinste som het beste en verkrijgt nummer 1. Verkrijgt men van 10 experts zo'n tabellering, dan worden deze 10 tabellen opnieuw geconsolideerd. De verkregen uitkomst, een voorspelling over een toekomstige ontwikkeling plus zijn ecologische en economische importantie is zeer betrouwbaar, indien de experts werkelijk op deze punten kundig, onpartijdig en integer zijn.

Lange golf

Ook macro-economische beschouwingen worden wel in de technologievoorspelling betrokken, bijvoorbeeld de lange golf beweging. Het bestaan van deze golf werd voor het eerst gesuggereerd door de Nederlander van Gelderen. De Rus Kondratiev maakte naam en gaf zijn naam aan de lange golf na de Eerste Wereldoorlog. Lange perioden van economische voorspoed alterneren met perioden van lage groei en stagnatie. Echter het was Schumpeter, die in de dertiger jaren deze lange golf beweging in verband bracht met de technologische verandering en dus innovatie. Meer recente inzichten betrekken in dit beeld de winstvoet. Deze fluctueert natuurlijk duidelijk met de lange golven van expansie en contractie in het economisch leven, maar ook met de bereidheid van de private sector nieuwe technologie te absorberen. Nieuwe technologie immers brengt toch altijd vrij grote investeringen met zich mee, dat wil zeggen risico. Het is een menselijk feit, dat de bereidheid risico te aanvaarden, zeer sterk samenhangt met de verwachting over de toekomst, die zeker ook beïnvloed wordt door het zich wanen in een neerwaartse of opwaartse beweging van het economisch leven. Dus, zowel verandering als diffusie van technologie, en tussen beiden bestaat ook weer een zekere interactie, hebben iets of misschien veel met deze lange golf te maken.

Ook een belangrijk punt in deze kwestie is de aard van de technologische verandering nl. of deze arbeids- en kapitaalbesparend is, of dat de arbeidsbesparing door een grotere kapitaalsinvestering bereikt wordt. In het algemeen kan men stellen dat arbeidsbesparing alleen bereikt wordt door grotere kapitaalsinvestering. Dit is het normale geleidelijke proces van technologische vooruitgang d.m.v. verbetering van bestaande technologieën. Echter, als we in termen van de lange golf denken, in verband met technologische vooruitgang, dan gaat het om nieuwe technologieën. Voorbeelden uit het verleden zijn de stoommachine, gas, electriciteit, verbrandingsmotor, auto, vliegtuig, telefoon, radar, nucleaire energie, raketten, transistor, micro processor enz. Deze nieuwe technologieën kunnen tot arbeids- en kapitaalbesparende technologie leiden en brengen dus de menselijke wel-

vaart op een hoger plan. Het is juist, dat wellicht in de innovatie en diffusie van dit soort nieuwe technologieën een zekere regelmatigheid optreedt van vijftigjarige perioden. De kwestie van oorzaak en gevolg van deze kwantitatieve sprongen in innovatie en diffusie van technologie is een kwestie van debat, zoals trouwens het *bestaan* van lange golven zelf ook nog steeds is. Echter het onderzoek naar de lange golfbeweging in de economie is zonder meer belangrijk en Nederland doet hier goed werk (J.J. van Duyn).⁴

Macro-identiteit

Persoonlijk vind ik het altijd gemakkelijk om in de vorm van de volgende identiteit te denken:

$$K/L = K/V \bullet V/L \quad (1)$$

$$V/L = K/L \bullet V/K \quad (1.1)$$

$$K/V = K/L \bullet L/V \quad (1.2)$$

Als we dus drie symbolen introduceren, K voor kapitaal (goederenvoorraad), L voor arbeid (beroepsbevolking) en Y voor (nationaal) product, dan geeft dus de verhouding tussen K en L de technologie weer (K/L), de verhouding tussen Y en L de arbeidsproductiviteit (Y/L) en de verhouding K en Y de kapitaal-intensiteit (K/Y) of kapitaal-productiviteit, de inverse (Y/K).

Gevoeglijk kunnen we aannemen dat de nieuwe technologie arbeidsbesparend zal zijn, dus de arbeidsproductiviteit (V/L) stijgt. De cruciale kwestie is dan, heeft de nieuwe technologie meer kapitaal per werker nodig om die arbeidsbesparing te bereiken, of een gelijk, of misschien zelfs een mindere dan we nu kennen? Hiermede hangt dus direct samen hoe de kapitaal-productverhouding zich ontwikkelt, gaat deze omhoog en de arbeids-productiviteit ook, dan neemt de investering per werker toe. Het is practisch zeker dat de laatste zal toenemen, maar het is minder zeker hoe de kapitaal-productverhouding zal reageren, deze kan dalen op de lange termijn en daardoor, in identiteit (1), de stijging van (V/L) ten dele neutraliseren, zodat de stijging van (K/L) binnen de perken blijft. In de tijd zal de kapitaalgoederenvoorraad toenemen, waarbij oudere technologie vervangen wordt door productievere.⁷ Maar ook het werkende deel van de beroepsbevolking neemt steeds af, ofwel proportioneel, gelijkmatig verdeeld over de gehele beroepsbevolking ofwel structureel, in de zin dat een bepaald deel van de beroepsbevolking niet meer aan de bak komt. Mijns inziens zal het meer en meer nodig worden statistisch twee economische sectoren te onderscheiden: De moderne sector, die meer en meer technologie-intensief en arbeidsextensief wordt en een informele sector, waar een steeds groter deel van de bevolking zijn energie aanwendt op een arbeidsintensieve, kapitaalintensieve wijze. In deze laatste sector zou dan ook de huishoudelijke arbeid opgenomen moeten worden. Deze disaggregatie wordt nodig, wil men in de toekomst tot een betrouwbaar trendverloop komen tussen de genoemde variabelen.

Ik persoonlijk heb toch al enige reserve t.o.v. de extrapolatie en voorspelbaarheid van deze lange golf, omdat er zoveel factoren optreden die volkomen onvoorspelbaar zijn. Ditzelfde argument speelt trouwens evengoed een rol in veel concretere vormen van technologievoorspelling. Echter, dit is op zichzelf nog geen argument om er niets aan te doen. Heeft men een technologievoorspelling gemaakt, dan berust deze altijd op een aantal hypothesen, die duidelijk vermeld moeten zijn. Eén van deze veronderstellingen betreft 'behoudens onvoorzienbare autonome storingen', die een structurele verandering in het beeld kunnen geven. Voorbeelden hiervan zijn: de vondst van de aardgasbel in Groningen, de vorming van het OPEC-kartel, de revolutie in Iran, maar ook autonome wetenschappelijke uitvindingen en hun, in eerste instantie, niet-commerciële toepassingen. Dit soort uitvindingen wordt veelal geïnitieerd en gestimuleerd door onderzoek uit de militair-strategische hoek. Een technologievoorspelling kan ook gebaseerd zijn op het scenarioprincipe. Daarin worden een aantal hypothesen over de variatie in de pertinente parameters opgenomen. Treedt een autonome verandering op, dan behoeft men slechts in te schatten welk effect deze verandering op één of meerdere van de pertinente parameters zal hebben om vervolgens vast te stellen, dat nu in de toekomst één van de uitgewerkte scenario's meer waarschijnlijk wordt dan de anderen. Laat de autonome verandering zich niet op bovengeschetste wijze verwerken, dan dient op grond van de nieuwe situatie een nieuw scenario bijgemaakt te worden of, op z'n ongunstigst, moet een nieuwe technologievoorspelling uitgewerkt worden.

Technologiemarkt³

Marktvorm

Ondernemingen zijn veelal meer gebaat bij een wat concretere vorm van technologievoorspelling, dat is op het meso-, sector- of branch-niveau, waarbij dan de individuele onderneming betrokken wordt. Eerder werden enige methoden voor deze meer gedisaggregeerde technologievoorspelling genoemd. Hier zou ik het probleem iets ruimer willen stellen. Technologievoorspelling heeft direct te maken met de technologiemarkt, de vraag en aanbod van technologie en hoe deze in de tijd zich zal ontwikkelen. Eerder stelde ik, dat er een directe en indirecte invloed is van de technologische verandering op het bedrijfsgebeuren. We zullen ons eerst concentreren op deze directe invloed, die te maken heeft met de vraag- en aanbod-factoren van technologie in de markt. Daarna zullen we het algemene klimaat, waarin het technologiemarktgebeuren zich afspeelt, analyseren. Allereerst iets over de marktvorm. De markt kan in het algemeen getypeerd worden door monopolistische concurrentie. De meeste technologie wordt onder concurrerende marktverhoudingen aangeboden. Men kan deze markt enigszins vergelijken met die voor duurzame consumptiegoederen zoals automobielen, met dit verschil echter, dat het aantal merken veelal beperkter is en de verkochte aantallen per merk en model ook veel kleiner zijn. Sommige technologieën zijn meer gemonopoliseerd, echter slechts zelden is een technologie een absoluut monopolie. Het komt voor dat een bepaald

proces waterdicht gepatenteerd is, maar bijna altijd zijn er vergelijkbare producten of processen beschikbaar. Echter, tussen vergelijkbaar en identiek is een verschil dat toch een aanzienlijke technologische afhankelijkheid kan impliceren.

Multinationale ondernemingen (MNO) houden veelal het technologie-marktgebeuren intern. Ze treden op als technologieaanbieder voor de vraag van hun eigen bedrijven. Het woordje 'markt' dienen we dan wel tussen aanhalingstekens te plaatsen. Toch trachten ook sommige MNO's concurrerende verhoudingen binnen hun bedrijfsgebeuren, ook voor technologie, te simuleren. Soms hebben geaffiliëerde bedrijven een zekere vrijheid, ze zijn dan niet gedwongen de eigen technologie te kopen, maar kunnen, al dan niet op verzoek, ook technologie van buiten betrekken. Ook de MNO biedt zijn eigen technologie veelal te koop aan voor niet-geaffiliëerde bedrijven. Echter dit is veelal niet de allerlaatste versie of, zo ja, dan wordt zo'n besluit met veel overweging genomen, bijvoorbeeld op grond van het feit dat, gezien het concurrerende aanbod, niets unieks wordt prijsgegeven.

Aanbod- en vraag-factoren

Door welke factoren wordt de technologische vooruitgang bepaald en hoe voorspelbaar zijn deze factoren? In het algemeen gesproken is de technologische vooruitgang een evolutionair proces, dus het verloopt betrekkelijk geleidelijk en vrij langzaam. Stroomversnellingen treden echter ook op. Producenten en aanbieders van technologie wensen hun producten goed af te zetten en in vrij concurrerende marktverhoudingen betekent dat dus, dat ze een product, een technologie moeten brengen, die begeerlijk is voor de vrager. Dit zou suggereren dat alleen de vraagzijde bepalend is. In indirecte zin is dat juist wat commerciële technologie betreft. Men kan niet verkopen als de vrager weigert te kopen. Bij alles wat de technologieproducent ontwerpt, heeft hij de markt in gedachten, de behoefte van zijn cliënten, maar vooral ook de wensen van de klanten van zijn cliënten. Uiteindelijk gaat het om de consumptieve vraag, die de investeringsvraag bepaalt en zo het aanbod van de technologieproducent. Dat wil natuurlijk niet zeggen dat de producent zijn technologie niet moet pousseren. De wensen van de eindconsumenten betreffen meestal de prijs van het goed, de kwaliteit en andere eigenschappen van het product, bijvoorbeeld kleur, toon, vormgeving, modeaspecten, type van energie en het gebruik per eenheid en dergelijke. Hieruit volgen bepaalde richtlijnen en trends voor de technologische ontwikkeling, immers de toekomstige technologie dient met deze aspecten rekening te houden. Er is dus een prijsgevoeligheid van de technologie, maar dit is lang niet de enige overweging. Factoren die in de vraag naar technologie een rol spelen zijn: de flexibiliteit ook t.o.v. de grondstof, de benodigde bedieningsarbeid vooral wat scholing betreft, type energie en gebruik, kwaliteit van de technologie en levensduur, onderhouds- en reparatievereisten, voorts ook de service, de garantie, de reputatie van de aanbieder, de credietvoorwaarden, al deze factoren spelen een rol van de kant van de vraag naar technologie en dus ook van de kant van het aanbod.

Hierbij komen dan nog een aantal factoren, die specifiek aan de kant van het aanbod spelen. Technologie-ontwerpers, producenten en aanbieders, alle drie activiteiten meestal gecombineerd in één onderneming, houden in hun technologie-onderzoek en -ontwikkelingsbeleid de volgende punten goed in de gaten:

- de richting en resultaten van de technologische vooruitgang bij concurrerende ondernemingen,
- de technologische ontwikkeling in grondstoffen en hulpstoffen (energie),
- de technologische ontwikkeling in voorafgaande en volgende fasen in de productiekolom,
- voortgang in kennis in niet direct aangrenzende terreinen van technologie en de mogelijkheid van toepasbaarheid in de eigen technologie.³¹¹

Autonome factoren

Tenslotte, zoals reeds eerder genoemd, spelen de ontwikkelingen in de maatschappij een rol. Ten dele betreft het geïnstitutionaliseerde factoren, ten dele slechts algemeen geldende meningen en noties. In de zeventiger jaren traden de ecologische factoren sterk op de voorgrond, betreffende water, lucht, geluid en vibratie. Afgezien van wettige voorschriften, zijn technologiefabrikanten praktisch gedwongen hun technologie zo milieuvriendelijk mogelijk te maken. Het is een factor in de concurrentieslag geworden. Tevens kwam het energieaspect sterk naar voren.

Technologieproducenten beconcurreren elkaar op dit punt ook. Het is zelfs één van de belangrijkste punten in de concurrentie geworden. De doelstelling tot energiebesparing prevaleert zelfs over die van de arbeidsbesparing op dit moment in de meeste technologie-ontwerpen. Daarnaast past de technologie zich aan bij structurele factoren, zoals afnemende bereidheid om eentonig, gevaarlijk, of zelfs fabrieksarbeid in het algemeen te doen. Bepaalde geschooldheden worden daardoor schaars en de technologie bouwt dus deze scholing in, om een Engelse modeterm te gebruiken, de 'hardware'. Naar mijn smaak zijn deze maatschappelijke veranderingen op de lange termijn de meest bepalende voor het toekomstige technologie-aanbod.

Maatschappij- en technologieverandering

Interactief verband

De interactie tussen maatschappij- en technologieverandering zie ik als één van de belangrijkste factoren in de technologievoorspelling. M.a.w. vertel hoe de maatschappij in het jaar 2000 er uit zal zien en er is tevens een duidelijk beeld van de technologie. Het omgekeerde is ook waar en daarom moet langs beide kanten gewerkt worden. De maatschappij verandert, zelfs is deze in Nederland, vooral in de laatste 20 jaar, zeer sterk veranderd. Een belangrijke oorzaak is de economische ontwikkeling, die ook sterk door technologische verandering gevoed wordt. De stijging van de arbeidsproductiviteit, door schaalvergroting (EEG), starre automatische en arbeids-

besparende technologische veranderingen leidde tot inkomensstijging, nominaal maar vooral reëel. Vele begerenswaardige goederen en diensten, auto's, t.v.'s, vakanties, werden in reële termen aanzienlijk goedkoper. Een golf van materialisme voer door de maatschappij, die in sterke mate de spirituele en sociale structuren aantastte. Deze veranderende maatschappijstructuur werkt weer terug op de technologische verandering. Deze brengt de technologie voort, die deze maatschappij nodig heeft. Maar zoals we al zeiden, de technologische verandering laat zich niet alleen uit de vraagzijde verklaren. Zij wordt evenzeer gevoed door min of meer autonome technologische ontwikkelingen, die hun oorsprong vinden in zeer sterk gestimuleerde onderzoeksvelden, op grond van extra-economische overwegingen. Echter de diffusie van deze uitvindingen naar de commerciële technologie wordt toch vooral weer door vraag en, meer in het algemeen, maatschappijveranderingen bewerkstelligd.

*Statische en dynamische technologie*³⁵

Elders, in iets ander verband, heb ik technologie onderscheiden in statische en dynamische technologie, met als basiscriterium juist deze maatschappij-interactie. Statische technologie past zich aan bij de evolutie in de maatschappij, dynamische technologie heeft een netto effect op de maatschappij. Deze technologie beïnvloedt de maatschappij-ontwikkeling meer, dan de maatschappij-ontwikkeling de technologieverandering. De dynamische technologie is zo penetrant, dat ze ook bijna alle statische technologieën binnendringt, die daarmee semi-dynamisch worden. Een goed voorbeeld van een dynamische technologie is de micro-electronica.

Van een semi-dynamische technologie de numeriek bestuurdde machinerieën in de metaal-, hout-, textiel-, schoenen- en confectie-industrie.³ Ook de micro-biologie is een dynamische technologie, die zeer verstrekkende gevolgen voor vele industriële, agrarische en dienstentakken zal hebben en vooral op de maatschappij.

Diffusie

Het lijkt me toe dat, wat de komende 25 jaar betreft, het plaatje voor de technologische- en maatschappijverandering tamelijk duidelijk is. Echter de feitelijke voorspelling van de diffusie van de technologie blijft moeilijk. Steeds treden hieromtrent weer verrassingen op. De factoren die de diffusie bepalen, zijn deels van economische, psychologische en maatschappelijke aard en zijn veel moeilijker in te schatten dan de technologische ontwikkeling zelf. Deze laatste echter is ook weer ten dele afhankelijk van die andere factoren, zodat technologievoorspelling, maar vooral de voorspelling van de diffusiesnelheid en -richting van de technologie, moeilijk blijft.

Als voorbeeld zou ik willen geven de micro-electronica en de toepassingen daarvan in de statische technologie en in de informatica meer in het algemeen. Iedereen weet dat de micro-electronica een fenomenale ontwikkeling meemaakt. Desalniettemin gaat de diffusie langzamer dan enige jaren geleden gedacht werd.⁴ Een maatschappelijke revolutie heeft de micro-electronica zeker niet voortgebracht tot nog toe. Wat is de oorzaak?

Belangrijke oorzaken zijn de algehele recessie en politieke factoren, die veelal van ideologische aard zijn. Bepalend zijn hierin de langzame veranderingen, die zich in het ideologische denken voltrekken en, corresponderend, de politieke ruimte die er is om corrigerend op te treden. Ik denk, wat Nederland betreft, aan de verzorgingsstaat, deze, in zijn huidige vorm, mag niet gezien worden als een eindstation, maar heeft een portie dynamiek nodig, die de flexibiliteit moet scheppen om de technologische veranderingen te absorberen, die nu aan de deur kloppen. Zou de Nederlandse maatschappij deze flexibiliteit niet op kunnen brengen, dan heeft dit grote gevolgen voor de diffusie van de nieuwe technologie, dus voor de arbeidsproductiviteit, de ruilvoet, de handel, de werkgelegenheid enz. Nogmaals, een voorspelling van de technologische ontwikkeling is één ding, en niet het moeilijkste, de voorspelling van de diffusie en de effecten van de diffusie is minder gemakkelijk. Ook hier echter moeten we veronderstellingen maken, verschillende zelfs en dan komen de scenario's weer te voorschijn. Men kan uitgaan van een snelle, middelmatige en langzame diffusie. Deze drie mogelijkheden kunnen vrij gedetailleerd uitgewerkt worden.

– Voorbeelden:

Ook is het wellicht nuttig om nog enige voorbeelden uit het verleden te geven. Bij de exploitatie en export van het Nederlandse aardgas werd uitgegaan van het feit, dat nucleaire technologie superieur zou zijn en dat we dus zo snel mogelijk, zoveel mogelijk aardgas, goedkoop moesten afzetten. In dit voorbeeld zijn het vooral autonome veranderingen geweest, die deze 'forecast' totaal hebben doen mislukken. De energiecrisis, de sterke afkeer bij de Nederlandse bevolking voor nucleaire technologie en nog enkele factoren hebben het plaatje volledig veranderd.

Een ander voorbeeld is het SST-vliegtuig, de 'supersonic technology' werd vooral door de sterke stijging van de energieprijzen gedoemd tot voorlopige mislukking. Ook ecologische factoren, geluidsoverlast, speelden een rol. Zelfs zeer recent, het nieuwe Fokker Mc.Donald-Douglas vliegtuig werd o.m. voorlopig opgegeven, omdat de recessie de vermeende vraag te sterk opschoof in de tijd, terwijl tevens nieuwe projecties voor de kosten van vliegtuigbrandstof een stuk lager uitkwamen dan een jaar eerder, zodat de vraag, op grond van het brandstofbesparende element, minder evident wordt. De diffusie van de kolenvergassingstechnologie hangt ook ten nauwste samen met geprojecteerde energieprijzen.

Deze voorbeelden tonen aan hoe sterk technologiediffusie door autonome factoren bepaald wordt. Tevens betekent het, dat deze autonome factoren moeilijk in te schatten zijn. Ook al maakt men verschillende scenario's, op een gegeven moment moet er beslist worden, men kan niet de kat uit de boom blijven *zitten* kijken. Dan blijkt dat achteraf de beslissing goed was of niet. In het laatste geval zal men een nieuwe beslissing moeten nemen, ook, zoals uit sommige voorbeelden blijkt, om te stoppen en de verliezen te slikken.

Slotopmerkingen

Technologievoorspelling is, zoals uit het voorgaande blijkt, een activiteit die vrij veel facetten heeft en naar karakter, termijn en methodiek sterk afhangt van de doelstellingen die men nastreeft. Voor de onderneming gaat het om technologie die, in eerste instantie, economisch aantrekkelijk zal worden om in de toekomst te vragen of aan te bieden. Technologievoorspelling moet gecombineerd worden met een beoordeling van de evolutie van de onderneming zelf, betreffende toekomstige doelstellingen t.a.v. marktaandeel, concurrentiepositie, groeipotentieel, specialisatie, enz. Hierbij zal ook aan de macro-economische, sociale en in het algemeen maatschappelijke factoren aandacht besteed moeten worden.

Noten / Bibliografie en Bronvermelding

1 Naar aanleiding van dit artikel had ik een interessant gesprek met P. May, betreffende technologievoorspelling in de niet-commerciële sfeer.

2 Berting J., Mills S.C., Wintersberger H., Editors, The Socio-Economic Impact of Micro Electronics, Pergamon Press, Oxford, New York, 1981.

3 Boon, G.K. Een belangrijk deel van de in dit artikel verwerkte ervaring komt voort uit eerdere publicaties.

3.1 Technology Transfer in Fibres, Textile and Apparel, Sythoff-Noordhoff International, Alphen 1981. In dit werk wordt de wereldtechnologiemarkt voor polyester vezels, spinnen, weven en confectie geanalyseerd door middel van literatuurstudie, interviews met de belangrijkste producenten in Europa en de Verenigde Staten en andere instanties. Dit werk is o.m. ook een technologische voorspelling en een beoordeling. Getracht wordt de micro-, meso- en macro-economische, sociale, culturele en politieke factoren mede in de analyse op te nemen en het huidige en toekomstige technologie-aanbod uit deze factoren te verklaren. Ook vraagfactoren worden geanalyseerd, zeer gedetailleerd zelfs, in Mexico en Colombia.

3.1.1 3.1, pagina 81

3.2 Technology and Employment in Footwear Manufacturing, Sythoff-Noordhoff International, Alphen 1980. Dit werk besteedt meer aandacht aan de technologievraag. Voor de beschikbare typen van technologie wordt een optimaal, een factueel en een potentieel technologievraaggedrag ontwikkeld. Dit model is universeel toepasbaar, maar besteedt minder aandacht aan de voorspelling van de technologie. Hetzelfde geldt voor een werk, getiteld:

3.3 Technology Behaviour and Assessment, op komst, dat tracht wetmatigheden te vinden in de substitutie van kapitaal en arbeid, maar vooral om deze substitutie te verklaren, ook uit extra economische, technologische en fysische, variabelen. Op indirecte wijze wordt zo ook het aanbod van technologie verklaard, voorzover het endogeen reageert. Technische veranderingssprongen, zoals nu door de toepassing van micro-electronica in de metaalbewerkende technologie, blijven echter autonoom.

3.4 Technology and Sector Choice in Economic Development, Sythoff-Noordhoff International, 1978, pagina's 233-235

3.5 Science and Technology Planning: Possibilities and Limitations, gepubliceerd in: Science and Technology in Development Planning, V.L. Urquidi, editor Pergamon Press, Oxford, New York 1979.

3.6 Preadvies voor de Vereniging voor de Staathuishoudkunde, Stenfert Kroese, 1980. De Internationale Arbeidsverdeling, Technologie en Ontwikkeling.

3.7 En de aanleiding tot het voorafgaande: Economic Choice in Human and Physical Factors in Production, Noordhollandse Uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1964.

4.1 Van Duyn, J. J., 'De Fluctuaties van Innovaties in de tijd', preadvies van de Vereniging voor de Staathuishoudkunde. Innovatie, Stenfert Kroese, 1979.

4.2 De Lange Golf in de Economie, Noordhollandse Uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1979.

5. Freeman, C., Technology and Employment Long Waves in Technical Change and Economic Development, Holst Lecture 1978, Technische Hogeschool, Eindhoven.

6. G.M. Motors Robotvoorspelling, genoemd in voordracht H. P. Stal op het symposium Flexibele automatisering, Industriële Robots, Amsterdam, F.M.E., Vereniging voor Werkplaats-techniek, Amsterdam, 1982.

7. In principe is het mogelijk dat de kapitaalgoederenvoorraad in totaal gelijk blijft, maar natuurlijk niet naar samenstelling. Zelfs zou de kapitaal-arbeidsverhouding gelijk kunnen blijven nl. als de kapitaal-productverhouding in gelijke mate daalt als de arbeids-productiviteit stijgt.