

## De innovatiemotor



# De innovatiemotor

Het versnellen van baanbrekende  
innovaties

Marko Hekkert

Marjan Ossebaard

2010 Van Gorcum

© 2010, Koninklijke Van Gorcum BV, Postbus 43, 9400 AA Assen.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische veeelvoudingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB

NUR 800

ISBN 978 90 232 4612 1

Tekstbewerking: met mederwerking van Diederik van der Hoeven  
Illustraties en omslag: Leo van den Herik, Utrecht

Grafische verzorging: Koninklijke Van Gorcum, Assen



# Inhoud

**Voorwoord** VII

**1 Inleiding** 1

**2 Innovatietheorie: een introductie** 13

**3 Wat is baanbrekend innoveren, en waarom is het zo moeilijk?** 23

**4 Soorten innovatiesystemen** 47

**5 De opbouw van innovatiesystemen: de basis** 55

**6 De opbouw van innovatiesystemen: zeven functies** 63

**7 De innovatiemotor** 77

**8 Lessen voor het versnellen van baanbrekende innovaties** 105

**Over de auteurs** 120

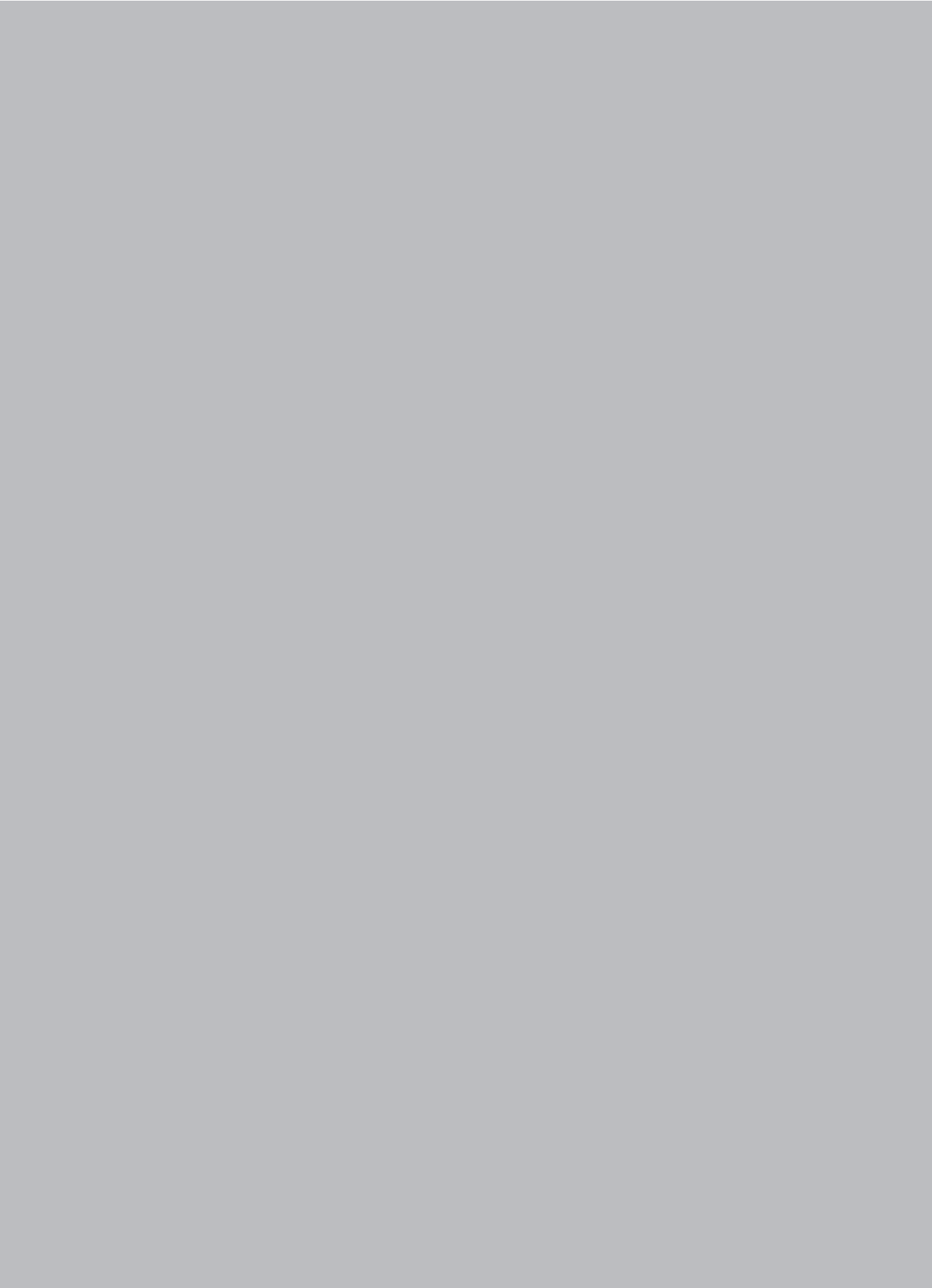
**Aanbevolen literatuur** 121



## Voorwoord

De inzichten die zijn beschreven in dit boek zijn het resultaat van vele jaren wetenschappelijk onderzoek onder leiding van Prof. Marko Hekkert binnen de sectie innovatiewetenschap en het Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling en Innovatie aan de Universiteit Utrecht. In wetenschappelijke artikelen en proefschriften zijn de resultaten tot nu toe gerapporteerd. Deze zijn aan het eind van dit boek weergegeven. De belangrijkste auteurs van deze wetenschappelijke basis zijn dr. Floortje Alkemade, drs. Klaas van Alphen, dr. Simona Negro, Prof. dr. Ir. Ruud Smits en dr. Roald Suurs. In dit boek worden de resultaten van deze studies in een andere vorm gepresenteerd, waardoor ze toegankelijk zijn gemaakt voor beleidsmakers, studenten, ondernemers, maatschappelijke organisaties en andere mensen geïnteresseerd in deze thematiek. Hopelijk geeft het boek inspiratie en handreikingen voor diegenen die baanbrekende innovatieprocessen willen versnellen en tot een goed einde willen brengen.

Met dank aan Prof. Ruud Smits (innovatiewetenschappen, Universiteit Utrecht) en Linda van der Wal ([trainingenadvies.com](http://trainingenadvies.com)) voor commentaar op eerdere versies. Verder dank aan Senternovem en in het bijzonder het Competentie Centrum Transitie voor het mogelijk maken van dit boek.





# Hoofdstuk

# 1

## Inleiding

### 1.1. Waarom dit boek?

Onze samenleving kent een hoge materiële welvaart. Er is ruim voldoende eten, velen van ons vliegen naar verre vakantiebestemmingen, we genieten van een enorme mobiliteit door veilige en comfortabele auto's en onze huizen zijn voorzien van allerlei apparaten die ons leven prettig en gemakkelijk maken.

Echter, deze materiële welvaart heeft een schaduwkant: het ongewenste effect dat onze manier van produceren en consumeren heeft op het milieu. In de afgelopen decennia zijn vele milieuproblemen op de maatschappelijke agenda gekomen. Denk bijvoorbeeld aan het gat in de ozonlaag, het sterven van bossen door zure regen en het gebruik van kankerverwekkende chemicaliën, zoals lood in benzine. Lange tijd was het mogelijk om door een slimme inzet van nieuw ontwikkelde technologieën, ervoor te zorgen dat deze problemen hanteerbaar werden. Zo gingen we nieuwe koelmiddelen gebruiken die minder slecht zijn voor de ozonlaag. Ontzwaveling van brandstoffen en rookgassen heeft enorm geholpen tegen zure regen. En het lood in de benzine is vervangen door minder schadelijke stoffen.

Momenteel lopen we als samenleving tegen een probleem aan dat, in tegenstelling tot de voorgaande milieuproblemen, lastiger is aan te pakken, en waar technologie-ontwikkeling alleen niet meer zal voldoen: de verandering van ons klimaat. Lange tijd was dit vraagstuk omgeven door onzekerheden over oorzaken en de effecten ervan; tegenwoordig bestaat mondiaal consensus over het feit dat dit een probleem is dat we serieus dienen te nemen.

De huidige inzichten vertellen ons dat het klimaat momenteel snel verandert; de aarde warmt op. Naast natuurlijke schommelingen is ook de mens verantwoordelijk voor deze verandering. Ons gebruik van fossiele brandstoffen, zoals olie, kolen en gas, leidt tot de uitstoot van CO<sub>2</sub> wat een belangrijk broeikasgas is. Een verhoogde concentratie aan CO<sub>2</sub> in de lucht heeft tot gevolg dat de aarde minder makkelijk afkoelt en dus langzaam maar zeker opwarmt.

Volgens het IPCC<sup>1</sup> is 80% reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot nodig om de negatieve effecten van klimaatverandering zoals overstromingen, hongersnoden, watertekorten en meer frequente en heviger stormen en regenval binnen de perken te houden. Dit is een ongekende uitdaging.

Het merendeel van de uitgestoten CO<sub>2</sub> is gerelateerd aan ons energiegebruik. In tegenstelling tot de oplossing van de eerder genoemde milieuproblemen is het niet zo gemakkelijk om ons energiegebruik drastisch te verminderen of om andere soorten energie te gaan gebruiken. De reden hiervoor is dat energie is gerelateerd aan werkelijk alle processen in onze economie. Voor alle producten die we consumeren is energie gebruikt om ze te maken. En veel van die producten verbruiken ook nog eens energie als we ze gaan gebruiken. Kortom, al onze activiteiten verbruiken direct of indirect energie. Ons energiesysteem is dus diep verweven met bijna alle menselijke activiteiten. Een omwenteling van de energiesector naar een sector die minder belastend is ten aanzien van ons klimaat vraagt dan ook een omwenteling van ons totale productie- en consumptiesysteem.

De recente wetenschappelijke inzichten maken het ons heel duidelijk<sup>2</sup>: als we het klimaatprobleem binnen de perken willen houden, dan zullen we onze samenleving

drastisch anders moeten gaan inrichten. Wat vereist is, is niets meer of minder dan een *energietransitie*: de transformatie van ons huidige energiesysteem naar een geheel nieuw energiesysteem dat is ingericht naar de principes van duurzaamheid. We zullen onze productie- en consumptiepatronen zodanig moeten veranderen, dat ze veel minder invloed gaan hebben op het klimaat. In plaats van grootschalige elektriciteitsproductie op basis van kolen en gas bijvoorbeeld kleinschalige, gedistribueerde energieproductie op basis van zon en wind. Ook ons transportsysteem, nu draaiend op oliegebaseerde benzine met een grote uitstoot van CO<sub>2</sub>, dient vervangen te worden door een ander systeem met veel lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot dat wellicht draait op biomassa of duurzame elektriciteit.

Dit type transformatieprocessen vraagt om zogenaamde *baanbrekende innovaties*: geheel nieuwe technologieën, materialen, producten en diensten die breken met de huidige manier van produceren en consumeren. In plaats van energieverblindend en leidend tot een grote uitstoot van broeikasgassen zijn deze energie-efficiënt en klimaatvriendelijk. Eenvoudig gezegd is een baanbrekende innovatie een innovatie die maakt dat we op een ingrijpende wijze afwijken van de manier waarop we de dingen altijd hebben gedaan. Dat we als het ware afwijken van de koers die we altijd hebben gevaren, en een totaal nieuwe route inslaan. Dit kan bijvoorbeeld inhouden dat de innovatie een nieuwe technologie betreft, die een geheel nieuw productieproces meebrengt. Maar het kan ook gaan om een minder complexe technologische vernieuwing, die op een geheel nieuwe manier moet worden ingepast in de samenleving, en waarvoor ingrijpende veranderingen nodig zijn in de sociaal-economische context.

Het ontwikkelen en laten slagen van baanbrekende innovaties blijkt een buitengewoon weerbaar proces te zijn. Dit geldt met name ook voor baanbrekende *duurzame* innovaties: de innovaties die bijdragen aan een duurzame ontwikkeling. Baanbrekende innovaties blijken vaak maar moeilijk door te breken, zelfs als het overheidsbeleid er expliciet op is gericht deze tot een succes te maken. In Nederland wordt bijvoorbeeld al sinds 1990 klimaatbeleid gevoerd met als uitdrukkelijke component het laten doorbreken van nieuwe duurzame technologieën. Helaas met maar zeer matig succes: anno 2009 is nog slechts ca. 3% van de energievoorziening gebaseerd op duurzame energie.

Het is dus van groot maatschappelijk belang om te begrijpen waarom dit type innovatieprocessen zo moeizaam verloopt. En ook, waarom het soms wél goed gaat. Pas als we dat doorgronden, weten we wat betrokken partijen eraan kunnen doen om een positieve bijdrage te leveren aan het slagen van baanbrekende innovaties.

Dat is waar dit boek over gaat. Het laat zien wat overheden, bedrijven en andere belanghebbenden kunnen doen om de kans van slagen van baanbrekende innovaties te vergroten. De titel 'Innovatiemotor' verwijst naar het krachtig in beweging krijgen van de noodzakelijke processen die leiden tot een doorbraak van baanbrekende innovaties.

De aanleiding voor dit boek ligt in de zoektocht naar mogelijkheden om tot een duurzame samenleving te komen. Dit boek gaat dan ook in eerste instantie over *duurzame* technologische innovaties. Het is echter niet alleen bedoeld voor lezers die geïnteresseerd zijn in klimaatvriendelijke innovatie en energie-innovaties; het is voor iedereen die beter wil snappen waarom baanbrekende innovaties zo moeilijk dóórbreken,

en hoe zo'n doorbraak is te versnellen. Want ook in andere sectoren zijn baanbrekende innovaties vandaag de dag hard nodig. Zo zal de gezondheidszorg ingrijpend moeten veranderen om deze betaalbaar en van goede kwaliteit te houden. De landbouwsector staat voor de ongekennde uitdaging om een sterk groeiende wereldbevolking te voeden op een manier die past bij de eisen die de wereld stelt aan diervriendelijkheid, natuur en milieu. En onze samenleving is naarstig op zoek naar manieren om oplossingen te bieden voor problemen die door vergrijzing ontstaan. Ook voor deze sectoren en de problemen die daar spelen, is het van belang te weten wat we kunnen doen om tot totaal nieuwe innovaties en innovatieprocessen te komen die een oplossing bieden voor de problemen waar onze maatschappij momenteel voor staat.

## 1.2 Enkele basisbegrippen

### 1.2.1 Wat is innovatie?

Innovatie betekent letterlijk: vernieuwing. Innovatie is van alle tijden. Al sinds de oertijd is de mens continu op zoek naar manieren om zijn leven beter, makkelijker en prettiger te maken. Automatisch denken we bij de term 'innovatie' vaak aan nieuwe *producten* (zoals de computer en de mobiele telefoon), of aan nieuwe *technologieën* die verwerkt zijn in bestaande producten, zoals airbags in auto's of technologie die het rendement van een automotor verbetert. Innovatie kan echter net zo goed betrekking hebben op *diensten*. De ontwikkeling van lease als financieringsvorm en het online boeken van vliegreizen zijn hier goede voorbeelden van. In dit boek zullen we ons echter beperken tot technologische innovaties.

Innovatie is meer dan zomaar een vernieuwing; het gaat om een vernieuwing die ook daadwerkelijk gebruikt wordt in de praktijk. Innovatie onderscheidt zich daarmee van een inventie, of uitvinding. Inventies vinden in grote aantallen plaats; slechts een klein deel daarvan brengt het uiteindelijk tot de markt en de gebruiker, en wordt daarmee een innovatie.

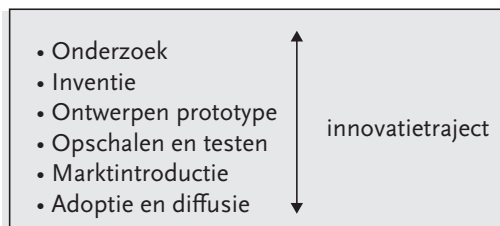
De oorzaken hiervan zijn velerlei. Inventies zijn typische uitkomsten van laboratoria en onderzoeksafdelingen van bedrijven en universiteiten. Voordat deze doorontwikkeld zijn tot innovaties zoals wij die kennen moet er nog veel gebeuren. Bij veel technologische ontwikkelingstrajecten bijvoorbeeld is het marktrijp maken van de vinding een belangrijk struikelblok. De technologie is dan wel ontwikkeld – dat wil zeggen: bewezen op laboratoriumschaal – maar bij het doorontwikkelen kunnen zich veel onverwachte problemen voordoen: de technologie blijkt veel te duur, er doemen toch allerlei onverwachte problemen op, of de financiering stopt als gevolg van technische tegenslagen. En vaak blijkt dat het nieuwe product toch niet helemaal overeenstemt met de wensen van de gebruikers. Innovatie vormt telkens weer een onverwacht proces, waarbij mislukkingen veel vaker voorkomen dan successen.

De periode die tussen inventie en innovatie zit is vaak lang. Zo is het principe van de laser al ontwikkeld door Einstein en beschreven in een artikel uit 1917, maar duurde het tot 1960 voordat de eerste werkende laser tot stand kwam. De toepassing van de

laser in CD's werd vervolgens pas in 1982 ontwikkeld. Voor de brandstofcel zien we net zoiets. Deze werd voor het eerst ontworpen in 1843, maar pas rond 1960 konden bruikbare apparaten worden gemaakt; de zeer grootschalige toepassing in auto's die al decennia wordt aangekondigd laat voorlopig op zich wachten. Een laatste voorbeeld betreft de ontwikkeling van zonnecellen. Het fotovoltaïsch effect waarop deze zijn gebaseerd werd ontdekt in 1839 en de eerste zonnecel stamt uit 1883. Maar pas in 1954 werd bij toeval ontdekt dat silicium erg gevoelig is voor licht als het bepaalde onzuiverheden bevat, waarmee het tijdperk van de moderne zonnecellen werd ingeluid.

Zelfs als een inventie het uiteindelijk 'tot innovatie schopt' en het tot de markt redt, kan hij uiteindelijk nog falen. Er zijn talloze producten die geïntroduceerd zijn op de markt maar waarvoor de vraag erg tegenviel waardoor ze een erg kort leven waren beschoren. Slechts wanneer een innovatie een groot succes wordt, grootschalig op de markt komt en gebruikt wordt, spreken we van een *succesvolle innovatie*. In de tijd die verloopt tussen inventie en succesvolle innovatie leveren verschillende personen uit diverse kennisdomeinen een bijdrage aan het introduceren en succesvol maken van de innovatie. Het gehele proces van inventie tot en met succesvolle innovatie noemen we het *innovatietraject* of *innovatieproces*.

In figuur 1. worden de hierboven geïntroduceerde begrippen schematisch verduidelijkt.

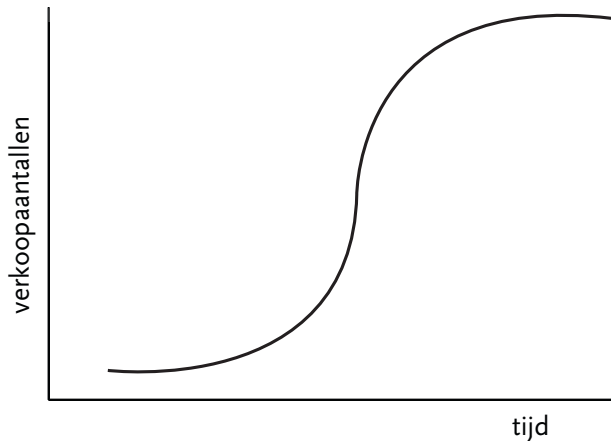


Figuur 1 Onderdelen van het innovatietraject

### 1.2.2 Het innovatieproces: adoptie, diffusie en implementatie

Op het moment dat een inventie technisch goed genoeg is, dient hij, om op de markt te komen, geproduceerd en geconsumeerd te worden. Fabrikanten moeten hem willen maken en consumenten moeten hem willen kopen. De consument is degene die de nieuwe technologie aanschaft, of niet. Dit aanschaffen heet met een duur woord 'adopter'. *Adoptie* is de term die we gebruiken voor de individuele beslissing van consumenten, bedrijven of andere instellingen om een innovatie te kopen. Als een innovatie net op de markt komt, is de optelsom van alle individuele adoptiebeslissingen nog klein. Deze som noemen we de *diffusie*. De mate van diffusie geeft aan hoeveel er van een bepaalde innovatie worden verkocht. Hoe groter de diffusie wordt, hoe succesvoller de innovatie is. Het verloop van de diffusie in de tijd heet het *diffusietraject*. Uit empirisch onderzoek blijkt dat het diffusietraject vaak verloopt volgens de S-curve, die uiteindelijk afvlakt als de markt verzadigd is. Tegen die tijd wordt ieder volgend jaar de-

zelfde afzet van het product gerealiseerd als het jaar ervoor. Zie figuur 2 dat de S-curve van het diffusietraject weergeeft.



Figuur 2 Typische S-curve voor de diffusie van innovaties

Naast adoptie en diffusie is het belangrijk het begrip implementatie te introduceren. Het implementatieproces volgt op het adoptieproces en betreft het *in gebruik nemen* van de nieuwe technologie. Om de technologie goed te laten werken moet geleerd worden hoe de technologie werkt. Vaak dient een zekere mate van gedragsverandering plaats te vinden om goed met de technologie te kunnen omgaan, of zijn allerlei organisatorische dan wel fysieke aanpassingen nodig om de technologie goed te laten werken. De adoptiebeslissing is dus een moment in de tijd, terwijl implementatie een langer durend proces is dat daar op volgt.

### 1.2.3 Het innovatiesysteem

Geen enkele innovatie vindt in afzondering plaats; alle innovaties vinden plaats binnen een sociaal-economische context. Dit is het geheel aan regels, gewoonten en culturen, organisaties, partijen (zoals producenten en consumenten), hun onderlinge verbondenheid via netwerken (zoals overleg- en financieringsstructuren), gebruiksmogelijkheden, et cetera.

Innoveren is dus een collectief proces, waarbij vele partijen betrokken zijn. De ondernemer is een belangrijke partij, maar ook onderzoekers, wetenschappers, beleidsmakers en toeleveranciers zijn voorbeelden van belangrijke spelers in het innovatieveld. Deze spelers noemen we *actoren*. Al deze actoren beïnvloeden elkaar en het innovatieproces; ze kunnen het zowel faciliteren als belemmeren. Ondernemers hebben bijvoorbeeld te maken met toeleveranciers die met nieuwe ideeën komen, met klanten

die productverbeteringen eisen of voorstellen. Ze hebben ook te maken met banken die al dan niet willen investeren in vernieuwingsprojecten, en met aandeelhouders die ondernemers sterk afrekenen op de innovatiekeuzes die zij maken.

Naast actoren hebben *instituties* invloed op het innovatieproces. In dit boek definiëren we instituties als ‘de regels van het spel’. Dit kunnen zichtbare voorgeschreven regels zijn zoals wet- en regelgeving, maar ook minder zichtbare regels die volgen uit de cultuur, manieren van doen en normen en waarden. Zo zijn subsidies van de overheid, productstandaarden, patentwetgeving en wetten die ondernemersactiviteiten stimuleren allemaal voorbeelden van instituties die van invloed zijn op innovatieprocessen.

*Het innovatiesysteem* rondom een bepaalde innovatie is het geheel aan actoren en instituties waartussen een netwerk van relaties bestaat, dat de ontwikkeling, de toepassing en de diffusie van innovaties beïnvloedt.

De laatste decennia heeft zich een grote hoeveelheid instanties ontwikkeld die betrokken zijn bij stimulering, coördinatie en verantwoording van innovatieprocessen.<sup>3</sup> Een aantal van deze organisaties probeert de belangen van verschillende partijen ten aanzien van innovaties op elkaar af te stemmen. We zullen hen *intermediairen* noemen.<sup>4</sup> In Nederland is de belangrijkste intermediair op innovatiegebied SenterNovem, maar ook organisatie- en beleidsadviseurs, innovatieloketten en het koplopersloket kunnen intermediaire rollen vervullen. Daarnaast oefenen ook organisaties als NWO<sup>5</sup> en STW<sup>6</sup> (vanuit de wetenschap), ministeries, afdelingen van regionale overheden, bedrijfstakorganisaties, vakbonden, Kamers van Koophandel, wetenschapswinkels, speciale belangenorganisaties, banken en investeringsmaatschappijen en de milieubeweging invloed uit op de richting en snelheid van innovatieprocessen.

We benadrukken hier dat het innovatiesysteem per innovatie verschilt. Het innovatiesysteem ontwikkelt zich vanaf het moment dat het innovatieproces start. Als het zich op een positieve manier ontwikkelt, dan helpt het de betreffende innovatie om succesvol te worden. Kortom: op het moment dat een uitvinding wordt gedaan, bestaat het benodigde innovatiesysteem nog niet of is het nog zeer klein. Naarmate de tijd verstrijkt en de innovatie zichtbaarder en beloftevoller wordt zullen steeds meer actoren gaan bijdragen aan het innovatieproces; het innovatiesysteem groeit. Als het innovatiesysteem goed functioneert, is de kans op een succesvolle ontwikkeling, toepassing en diffusie van de betreffende technologie groter dan wanneer het innovatiesysteem slecht functioneert. Dit gegeven vormt de basisgedachte van dit boek.

Als een nieuwe technologie zeer beloftevol is leidt dat sneller tot het aantrekken van nieuwe partijen die hopen economisch profijt te behalen door de nieuwe technologie mee te ontwikkelen, dan wanneer de verwachtingen minder hooggespannen zijn. Kortom, de technologische karakteristieken van een innovatie hebben ook invloed op het al dan niet goed functioneren van het innovatiesysteem. We spreken dan ook over een *co-evolutie*: het innovatiesysteem en de innovatie ontwikkelen zich in interactie. In paragraaf 2.3 gaan we uitgebreider in op de wisselwerking tussen het innovatiesysteem en de technologische innovatie.

#### 1.2.4 Soorten innovaties

In de literatuur komen we verschillende soorten innovaties tegen, waaronder systeeminnovaties, technologische innovaties, radicale innovaties, baanbrekende, incrementele, duurzame innovaties en product- en procesinnovaties. Sommige namen hebben betrekking op datgene dat vernieuwd is: de product- of procesinnovaties en de technologische innovatie. Anderen namen zijn gebaseerd op de mate waarin veranderingen nodig zijn om de innovatie te kunnen gebruiken: systeeminnovaties, incrementele innovaties, radicale en modulaire innovaties. Bij radicale en systeeminnovaties zijn ingrijpende aanpassingen nodig voordat ze gebruikt kunnen worden. Bij modulaire en incrementele innovaties zijn deze aanpassingen minimaal: als de innovatie op de markt is, kunnen we ze meteen gebruiken. Een voorbeeld van een incrementele innovatie is de kleine inkeping in beschuit waardoor deze makkelijker uit de rol te pakken is, dat door een bekende bakker op de markt is gebracht. Het is een innovatief idee dat het goed doet op de markt, maar het is niet lastig te realiseren dan wel te gebruiken.

Baanbrekende innovaties zijn innovaties die een grote mate van verandering te weegbrengen. Het kunnen radiale innovaties zijn of systeeminnovaties. In hoofdstuk 3 zullen we uitgebreider stilstaan bij deze termen. Een prachtig voorbeeld van een baanbrekende innovatie is digitale fotografie. Voordat de digitale technologie op de markt verscheen was de fotografiemarkt het domein van een klein aantal spelers zoals Canon, Nikon, en Kodak. Nieuwe toetreders hadden nauwelijks kansen op deze markt die werd gekenmerkt door een sterke status quo. De introductie van de digitale camera betekende een revolutie op de fotomarkt. De bestaande kennis van belichting van chemische stoffen en de ontwikkeling tot foto's werd in een klap overbodig en de fotomarkt lag daardoor open voor nieuwe spelers die eigenlijk geen kennisbasis hadden op het gebied van klassieke fotografie, maar wel op het gebied van computers en consumentenelektronica. Sony is een voorbeeld van een bedrijf dat zich succesvol op de fotomarkt heeft begeven en voor Kodak betekende deze verandering bijna het einde.

De naam 'duurzame innovatie' heeft betrekking op de bijdrage die de innovatie levert aan verduurzaming van de samenleving. Duurzame innovaties zijn vaak maar niet altijd baanbrekend. Het stapsgewijs verbeteren van het rendement van een ketel voor verwarming in huizen is niet baanbrekend te noemen. Het introduceren van elektrische warmtepompen in huishoudens zou dit wel zijn; het betreft een totaal nieuwe technologie die de HR-ketel vervangt. Het principe van de elektrische warmtepomp is dat het met een minimale inzet van energie grondwater een beetje opwarmt. Het opgewarmde water heeft nog steeds een dusdanige lage temperatuur dat het niet geschikt is om via reguliere radiatoren huizen op te warmen. Alleen door een zeer groot oppervlak, bijvoorbeeld muur- of vloerverwarming, kunnen huizen comfortabel opgewarmd worden. Deze technologie vraagt dus om grote aanpassingen in het ontwerp van huizen. Aangezien de elektrische warmtepomp geen aardgas verbruikt is het ook niet nodig om een aardgasaansluiting te hebben. Dit betekent dat het traditionele koken op gas ook vervangen dient te worden door elektrisch koken. Ook dit is een aanzienlijke verandering ten opzichte van wat veel mensen gewend zijn. Kortom, het vervangen van de traditionele HR-ketel door een elektrische warmtepomp heeft veel voeten in aarde; het is echt een grote verandering ten opzichte van wat mensen gewend zijn.



### 1.3 Waarom innoveren?

Innovatie wordt tegenwoordig door economen, in navolging van de econoom Joseph Schumpeter<sup>7</sup>, beschouwd als de motor van de economische ontwikkeling. De achterliggende redenering is eenvoudig. Zonder innovatie zouden veel bedrijven in staat zijn om exact dezelfde producten te maken. Concurrentie tussen deze bedrijven kan dan alleen nog plaats vinden op basis van de prijs die zij vragen voor het product. Dit leidt uiteindelijk tot hele kleine winstmarges, aangezien het zo goedkoop mogelijk aanbieden van het product de enige optie is. Door te innoveren breidt het bedrijf zijn opties uit; een nieuw en hopelijk beter product valt hopelijk op bij de consument, die dan bereid is daarvoor meer geld te betalen. Een bedrijf kan zodoende een hogere winstmarge rekenen, aangezien de concurrent niet in staat is om hetzelfde product op de markt te brengen. Veel bedrijven ontleen dan ook hun succes aan succesvolle innovaties. Zo is Philips eerst groot geworden door verbeteringen aan de gloeilamp (waardoor het bedrijf lange tijd ironisch werd aangeduid als 'een grote gloeilampenfabriek in het Zuiden des lands'); direct na de Tweede Wereldoorlog was het elektrische scheerapparaat de kurk waarop het bedrijf dreef en later onder meer de CD; tegenwoordig is de meest winstgevende tak van het bedrijf de divisie voor technisch hoogwaardige medische apparatuur. De ontwikkeling van succesvolle innovaties in de vorm van onderzoek en ontwikkeling (R&D, Research & Development) is bij veel bedrijven dan ook een belangrijk aandachtspunt.

Niet alleen bedrijven, ook landen concurreren onderling door te innoveren. Doordat landen verschillen in het aantal en soort innovatieve bedrijven verschillen ze ook in economische groei en welvaart. Het is nationale regeringen er dan ook veel aan gelegen om de innovativiteit in eigen land op een hoog niveau te houden. Ook de Europese Unie heeft innovatie omarmd, wat heeft geleid tot de zogenaamde Lissabon-agenda, een akkoord gesloten in 2000. Volgens deze agenda zou Europa zich in 2010 moeten hebben ontwikkeld tot de 'meest competitieve en dynamische kenniseconomie van de wereld'. Innovatie is aangemerkt als sleutelactiviteit om deze doelstelling te bereiken.

Binnen de klassieke economie heeft innovatie lange tijd niet erg veel aandacht gekregen. Men was zich wel bewust dat innovatie plaatsvond, maar het was zoiets als manna dat uit de hemel kwam vallen. De eerder genoemde Oostenrijkse econoom Joseph Schumpeter zette het onderwerp innovatie op de agenda. Hij legde er de nadruk op dat innovaties niet alleen nieuwe mogelijkheden openen, maar ook oude vernietigen. Dit proces van 'creatieve vernietiging' (engels: 'creative destruction') bestaat uit een voortdurende opeenvolging van innovaties, die voor Schumpeter de enige werkelijke bron zijn van economische groei. Succesvolle innovatie verschaft volgens hem tijdelijke marktmacht, die de marktaandelen en winsten aantast van bedrijven die afhankelijk zijn van oudere technologieën. In een nooit-eindigend proces van opkomst en ondergang worden oude bedrijven vernietigd door nieuwe.

Landen en bedrijven concurreren dus door middel van innovatie. Zonder innovatie staan we stil en neemt de relatieve welvaart ten opzichte van andere landen af. Innoveren is dus van groot belang. Echter, de huidige impact van de huidige manier van innoveren op ons milieu en samenleving kent tevens grote nadelige neveneffecten. Het is dan ook de kunst om in te zetten op innovatie, op een zodanige manier dat

het maatschappelijke problemen oplost. Deze koerswijziging (van generieke innovaties naar duurzame innovaties) krijgt steeds meer aandacht. Een hoogtepunt in de media-aandacht over dit thema was de recente kredietcrisis. Duurzaam innoveren gold toen als de sleutel die ons uit de negatieve spiraal diende te trekken. Naarmate de grenzen aan onze economische groei steeds duidelijker zichtbaar worden, zal de roep om een nieuwe koers steeds sterker worden.

## 1.4 Leeswijzer

Baanbrekende innovaties zijn nodig om te komen tot een duurzame competitieve economie. Het doel van dit boek is te onderzoeken welk traject zulke duurzame baanbrekende innovaties in het verleden doorlopen hebben (met de nadruk op Nederland), daaruit patronen af te leiden van zulke innovatietrajecten, en daaruit weer regels te destilleren waarmee het doorlopen van zulke trajecten kan worden bespoedigd.

Het boek is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 behandelen we eerst de benodigde innovatietheorie die nodig is om de boodschap van dit boek goed te kunnen volgen. We staan stil bij zowel het klassieke als het huidige denken over innovaties in het algemeen.

In hoofdstuk 3 gaan we nader in op baanbrekende innovaties en de vraag waarom juist dit type innoveren zo moeilijk is. We beschrijven de kenmerkende eigenschappen van baanbrekende innovaties en belichten vervolgens het grote probleem dat hier speelt: de omgeving die niet is ingericht op het ondersteunen van de doorbraak van baanbrekende innovaties, of deze zelfs tegenwerkt. Ten slotte beschrijven we gedetailleerd het concept van het innovatiesysteem dat de omgeving beschrijft.

In hoofdstuk 4 verdiepen we het inzicht in innovatiesystemen. Innoveren gebeurt niet in isolatie maar op een speelveld met meerdere belangen en strategieën. De structuur van dit speelveld definieert het innovatiesysteem. We gaan in op vragen als: wat is het innovatiesysteem nu precies, hoe ziet het eruit, en wie maken er deel van uit? We beschrijven verschillende typen innovatiesystemen: nationale, regionale, en technologische.

In hoofdstuk 5 verkennen we de invloed van innovatiesystemen op innovatieprocessen. En komen we op het belangrijkste probleem bij baanbrekend innoveren: het innovatiesysteem moet nog worden opgebouwd. We leggen uit welke moeilijkheden we daar tegenkomen.

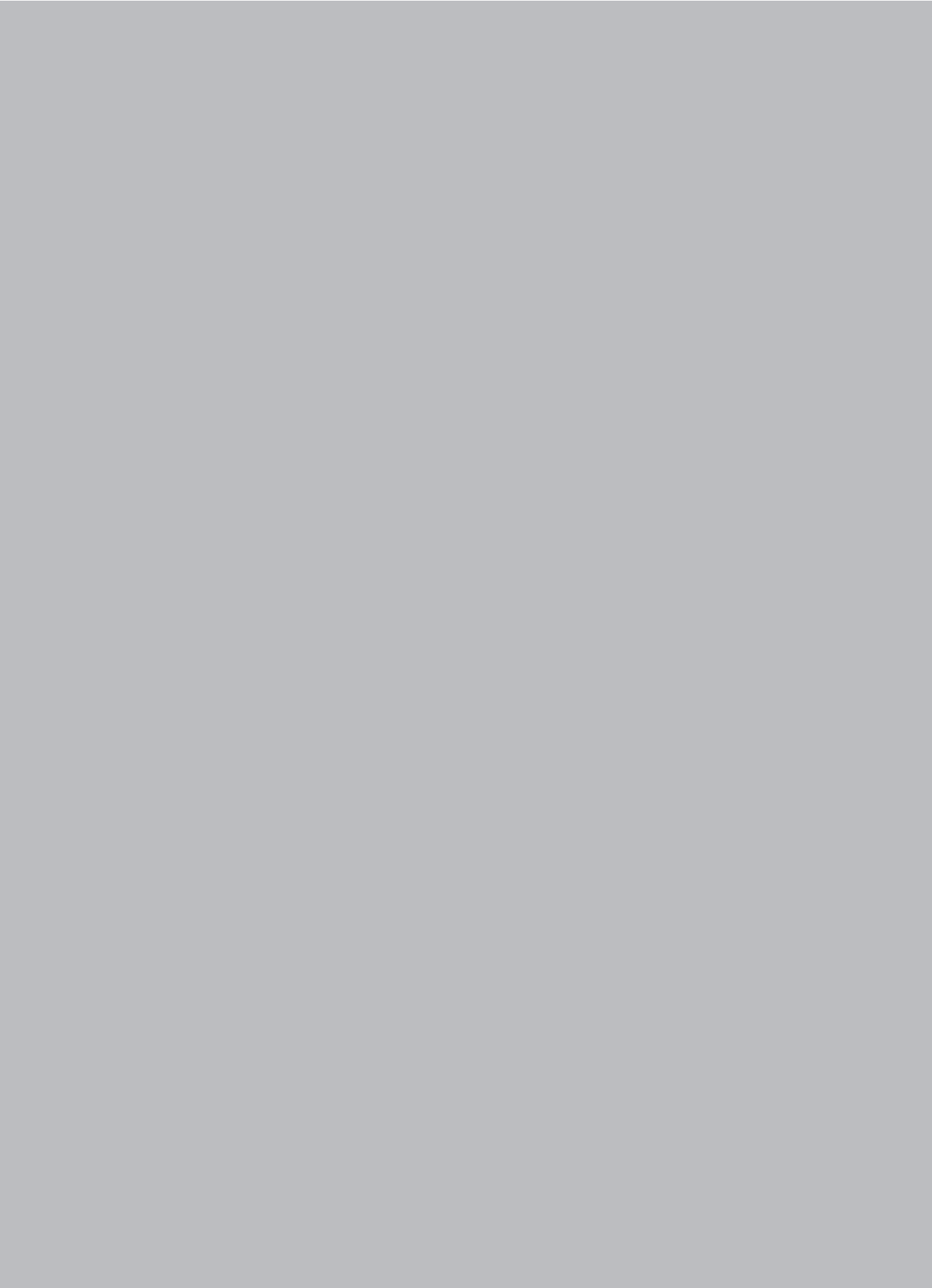
In hoofdstuk 6 richten we ons op het opbouwen van innovatiesystemen. We beschrijven hoe dit soort opbouwprocessen verlopen en beschrijven de zeven sleutelprocessen die bepalend zijn voor de opbouw van het innovatiesysteem: de zeven functies van innovatiesystemen.

We introduceren het begrip *innovatiemotor* in hoofdstuk 7. Dit is het systeem waarbij positieve wisselwerkingen tussen sleutelprocessen de opbouw van het innovatiesysteem versnellen en de slaagkans van de nieuwe technologie vergroten. We onderscheiden een viertal verschillende motoren en geven een aantal voorbeelden uit de energietransitie.

Hoofdstuk 8, ten slotte, gaat over strategieën voor het opbouwen van innovatiesystemen en de vraag wat beleidsmakers en ondernemers kunnen doen om de slaagkans van duurzame innovaties te vergroten.

## Noten

- 1 Het IPCC of het Intergovernmental Panel on Climate Change is een organisatie van de Verenigde Naties, opgericht in 1988, om de risico's van klimaatverandering te evalueren.
- 2 IPCC. Fourth Assessment Report, Summary for Policymakers, 2007. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf).
- 3 Smits, R. (2002). *Innovation studies in the 21st century. Questions from a users perspective*. Technological Forecasting and Social Change, Volume 69, Issue 9, pp. 861-883.
- 4 Van Lente, H., R. Smits, M.P. Hekkert, and B. Van Waveren (2003). *Roles of Systemic Intermediaries in Transition Processes*. International Journal of Innovation Management 7(3):247-279.
- 5 Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek.
- 6 Stichting Technische Wetenschappen.
- 7 Schumpeter, J.A. (1911). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* (transl. 1934, The Theory of Economic Development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle).



**Hoofdstuk**

**2**

# **Innovatietheorie: een introductie**

Zoals gezegd heeft een inventie een lange weg te gaan om het tot een succesvolle innovatie te schoppen. We kunnen dit proces vanuit verschillende invalshoeken bekijken. De eerste daarvan is de traditionele visie, die ook wel het 'lineaire model' wordt genoemd. Uitgangspunt daarbij is dat het innovatieproces een aaneenschakeling is van belangrijke gebeurtenissen, die na elkaar plaatsvinden. Deze visie is inmiddels wat te eenvoudig gebleken. Het falen van vele innovatieprocessen heeft laten zien dat de werkelijkheid niet zo in elkaar zit: innovatieprocessen verlopen niet ordelijk en ze zijn niet goed te plannen. De complexe innovaties waar we het in dit boek over hebben, laten zich slecht vatten in dit model. Het is desondanks nog altijd de manier waarop veel beleidsmakers, producenten en anderen die op welke manier dan ook met innovaties te maken hebben, gewend zijn om het innovatieproces voor te stellen. Om die reden willen we hier toch kort het model uiteenzetten (2.1), vooral om te laten zien welke terminologie erbij hoort.

Een model dat gezien kan worden als de opvolger van het lineaire model neemt de grilligheid van het verloop van innovaties wel mee: het innovatiesysteemmodel (2.2). Hierin staan niet zozeer de verschillende fasen van het innovatieproces centraal, maar de *omgeving* waarin het innovatieproces plaatsvindt. Deze omgeving oefent telkens weer op verschillende manieren invloed uit op de richting en snelheid van het innovatieproces.

De wetenschap heeft het innovatiesysteem-denken omarmd, en ook is het goed doorgedrongen bij de OECD, EU en allerlei innovatiebeleidafdelingen van nationale overheden. Desondanks blijkt het lineaire model diep verankerd te zijn in het denken van veel mensen met een technische achtergrond (ingenieurs), maar ook natuurwetenschappers, klassieke economen en veel beleidsmakers. Dat is problematisch omdat het leidt tot een te eenvoudige visie op innovatieprocessen en daardoor tot een weinig succesvolle manier om hierin te interveniëren. Als je op een verstandige manier innovatieprocessen wilt beïnvloeden, is kennis van de complexiteit van innovatie een vereiste.

## 2.1 Het lineaire model

Het innovatieproces wordt in het lineaire model voorgesteld als opgebouwd uit een aantal fasen die één voor één en na elkaar doorlopen worden. Dit proces begint bij onderzoek, aan universiteiten en onderzoeksinstellingen. Daarna volgt ontwikkeling tot een technologie, een prototype wordt ontworpen, welke vervolgens getest wordt. Indien het goed werkt volgt ten slotte marktintroductie en -diffusie. Zie figuur 3 voor een schematische weergave.

Wat dit model suggereert is dat een toename in onderzoeksactiviteiten automatisch leidt tot een toename in innovaties. Dit wordt ook wel de *'technology push'* strategie genoemd. Eenvoudig gezegd is de redering hierbij dat een toename in kennisontwikkelingsactiviteiten aan universiteiten en onderzoeksinstellingen leidt tot meer inventies die door de industrie kunnen worden omgezet in producten, en die vervolgens door de consument zullen worden gekocht. In 1933 was er een wereldtentoonstelling

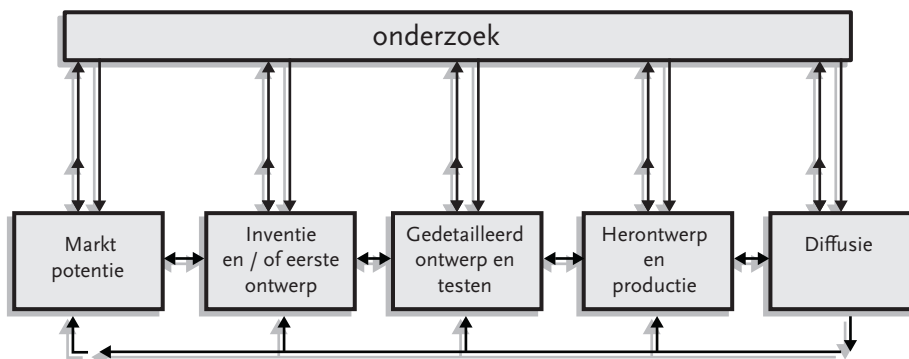
in Chicago. Deze tentoonstelling had het motto ‘Science finds, industry applies and man conforms’. Dit is een prachtige verwoording van het lineaire model-denken uit die tijd. Met name de consument die zich klakkeloos aanpast aan wat de industrie levert is natuurlijk erg naïef.



Figuur 3 Schematische weergave van lineaire model

Het ‘*technology push*’ denken werd dan ook al snel aangevuld met het ‘*demand pull*’ denken. Nu lag de nadruk wel op de consument en de samenleving die dienden aan te geven wat zij graag zouden willen ontvangen van wetenschap en industrie, waarna deze partijen wisten waaraan ze hun innovatieactiviteiten dienden te besteden. Ook dit model bleek niet echt een goede weergave van hoe innovatieprocessen werken. De samenleving heeft grote moeite om precies te kunnen verwoorden wat men wenst. Dit komt doordat vooruitkijken en een inschatting maken van wat technologisch mogelijk is, als zeer lastig wordt ervaren. Bovendien bleek de interactie tussen consumenten enerzijds en wetenschap en industrie anderzijds een zeer moeilijk te organiseren proces.

De laatste wetenschappelijke stuip trekking van het lineaire model is het zogenaamde ‘chain linked’ model van Klein en Rosenberg<sup>1</sup>. Figuur 4 geeft dit model schematisch weer. In dit model wordt onderkend dat de verschillende fasen in het innovatieproces weliswaar bestaan, maar dat er allerhande terugkoppelingen tussen deze fasen bestaan waardoor een vrij complexe dynamiek ontstaat. Zo leiden technologische gebreken in de opschalingsfase tot nieuwe fundamentele onderzoeksvragen in de onderzoeksfase en hebben gebruikers invloed op meerdere fasen in het innovatieproces.



Figuur 4 Schematische weergave van het chain-linked model. Pijlen geven de kennisstromen aan

### *Het diffusiemodel*

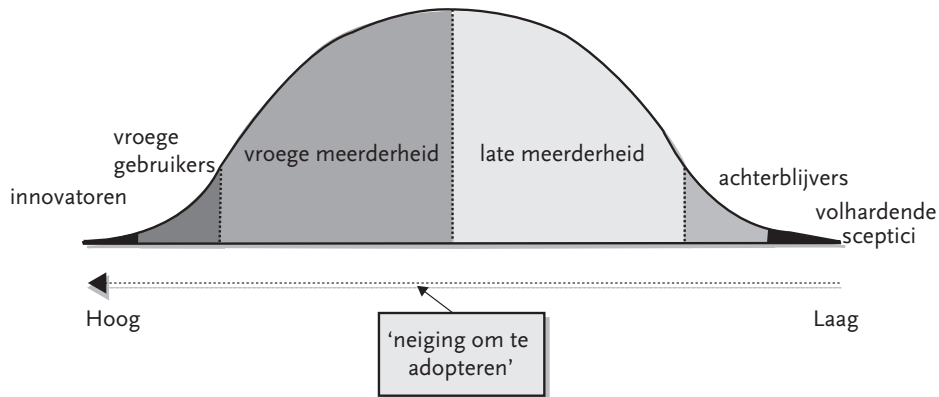
De laatste stap van het lineaire model is de diffusiefase. Dit is het proces waarin een innovatie de markt veroverd. Aangezien een grootschalige diffusie het criterium is voor succesvolle innovatie is het goed om hier wat nader op in te gaan. Lag de focus in de eerdere stappen van het lineaire model vooral op de partijen die de innovatie voortbrengen, in de diffusiefase staat de consument of gebruiker die de innovatie adopteert centraal: de *adopter*.

Everett Rogers<sup>2</sup> maakt onderscheid in vijf groepen adoptoren van innovaties, elk met hun eigen instelling en wensen ten opzichte van de nieuwe vinding en een aparte manier waarop zij benaderd moeten worden om hen tot adoptie over te halen. Dit zijn:

1. *Innovatoren*: een beperkte groep mensen met visie en verbeeldingskracht. Zij steken vaak veel energie, tijd en creativiteit in het zoeken en uitproberen van nieuwe ideeën of spullen en praten daar graag over. Dit zijn de mensen die als eerste nieuwe technologie kopen, terwijl het dan nog zeer duur is en vaak nog niet erg gebruikersvriendelijk. Ze kunnen bij de pragmatische meerderheid onpraktisch en idealistisch overkomen, maar zijn essentieel bij de verspreiding van innovaties omdat deze anders überhaupt niet van de grond zouden komen.
2. *Vroege gebruikers*: mensen die steeds op zoek zijn naar nieuwe ideeën en spullen om daarmee hun voordeel te doen. Zij zijn vaak modebewust en worden graag gezien als voortrekkers. Ze doen het naar verhouding economisch goed. Ze praten graag over hun vernieuwingen en zijn daarom goede verkondigers van de boodschap van de innovatie. Ze zijn bovendien essentieel voor de verdere verspreiding van de innovatie omdat ze een soort gratis testpanel vormen; hun gebruikservaring levert de informatie waarmee de innovatie het grote publiek kan gaan veroveren. Waar innovatoren nog losstaan van de rest van de consumentenpopulatie hebben de vroege gebruikers veel contact met andere consumenten. Zij worden door anderen vaak gezien als een rolmodel. Als vroege gebruikers tot de aanschaf van een nieuw product overgaan wordt dit over het algemeen gezien als een positief keurmerk voor het nieuwe product.
3. *Vroege meerderheid*: in het algemeen zijn dit praktisch ingestelde mensen die met mate vernieuwingen omarmen; ze staan open voor iets nieuws, maar dit moet duidelijk voordeel bieden. Meerderheden zijn kostenbewust en houden niet van risico's. Ze hebben een voorkeur voor eenvoudige standaardartikelen met een goede garantie.
4. *Late meerderheid*: dit zijn de meer behoudend ingestelde pragmatici die er geen zin in hebben uit de boot te vallen en om die reden de algemene mode en gevestigde praktijken volgen. Ze zijn kostenbewust en wars van het nemen van risico's.
5. *Achterblijvers en volhardende sceptici*. Mensen die zich blijven verzetten tegen nieuwe ideeën of spullen omdat ze daarin te veel risico zien. De late meerderheid is vaak gevoelig voor hun kritiek.



De verhouding tussen innovatoren en vroege gebruikers samen, vroege en late meerderheid samen, en achterblijvers, is vaak 20:60:20 (zie figuur 5).



Figuur 5 Verhouding tussen klantengroepen bij typische innovaties

Bij de verspreiding van veel nieuwe technologieën speelt hun 'heruitvinding' een belangrijke rol. Heruitvinding is het proces waarbij een vinding zich tijdens het proces van verspreiding aanpast aan de wensen van steeds nieuwe groepen gebruikers. Dit proces wordt in sommige sectoren, zoals computerspellen, medicijnen en landbouwmethoden bewust toegepast. Bedrijven die op deze terreinen nieuwe producten ontwikkelen proberen hun klanten actief te betrekken bij de verdere ontwikkeling van het product. Computerspellen worden tegenwoordig zelfs ontwikkeld met de uitdrukkelijke bedoeling dat zij door enthousiaste gebruikers zullen worden doorontwikkeld. In het algemeen geeft het beginsel van heruitvinding aan dat elk product continue verbetering nodig heeft om zich te handhaven en dat gebruikers van innovatie hier een cruciale rol in spelen.

Bij veel nieuwe producten zien wij dan ook in de eerste fasen een snelle ontwikkeling onder invloed van feedback van innovatoren en vroege gebruikers. Pas door heruitvinding wordt het nieuwe product geschikt voor de vroege en late meerderheid. De eerste mobiele telefoons bijvoorbeeld hadden een slecht bereik en waren nauwelijks draagbaar. Voor de meerderheid waren zij dus nog niet interessant, maar wel voor de kleine groep innovatoren en in een latere fase ook voor de vroege gebruikers. De gebruikservaringen van innovatoren en vroege gebruikers zijn dan ook doorslaggevend voor het latere succes van de innovatie. Deze zorgen ervoor dat de innovatie snel voor een grote groep interessant wordt.

## 2.2 Het Innovatiesysteemmodel

Het innovatiesysteemmodel is eigenlijk de opvolger van het lineaire model van innovatie. In het innovatiesysteemmodel staan echter niet zozeer de verschillende fasen van innovatie of het diffusieproces centraal, maar eerder de *omgeving* waarin het innovatieproces plaatsvindt. Deze omgeving oefent telkens weer op verschillende wijzen invloed uit op de richting en snelheid van het innovatieproces.

Doordat de klassieke innovatietheorie uitgaat van een gefaseerd doorlopen innovatieproces, neemt de ondernemer, die het initiatief neemt voor een innovatie, een centrale plaats in. Het gevolg van dit type denken is dat veel innovaties nogal eens gekoppeld worden aan een specifieke ondernemer die op een bepaald moment, door een briljante ingeving, groot succes heeft bereikt. Zo wordt de ontwikkeling van de gloeilamp en het elektriciteitsysteem bijvoorbeeld helemaal toegeschreven aan Edison. In de huidige tijd zijn het veelal bedrijven die worden geïdentificeerd met de opkomst van een specifieke technologie. Zo is de CD synoniem aan Philips and de PC is voor altijd gekoppeld aan IBM.

We zullen niet ontkennen dat IBM, Philips en Edison een cruciale rol hebben vervuld in de ontwikkeling van de bovengenoemde innovaties, maar bestrijden wel dat zij geheel verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling en toepassing van de innovaties. Historische analyses laten namelijk zien dat maar zelden een individuele ondernemer *alleen* de competenties en middelen heeft om een innovatie te ontwikkelen en te commercialiseren.

In de recente innovatieliteratuur bestaat grote mate van overeenstemming over het feit dat innoveren een collectief proces is. De ondernemer is weliswaar belangrijk, maar onderdeel van een groter geheel dat innovatieprocessen faciliteert en belemmert. Ondernemers hebben bijvoorbeeld te maken met toeleveranciers die met nieuwe ideeën komen, met klanten die productverbeteringen eisen of voorstellen, met banken die al dan niet willen investeren in vernieuwingsprojecten en met aandeelhouders die ondernemers sterk afrekenen op de innovatiekeuzes die zij maken.

Ook onderzoekers en wetenschappers die bezig zijn met het bedenken en ontwikkelen van nieuwe technologie moeten verantwoording afleggen over het werk dat zij doen, de middelen die zij daarbij besteden en de vorderingen die zij maken. Onderzoek vindt tegenwoordig plaats in globale netwerken waarin men zich gezamenlijk verdiept in opkomende technologieën, de kansen op hun doorbraak, de technologische moeilijkheden die daarvoor nog moeten worden overwonnen en de investeringen die daarvoor moeten worden gedaan. De eenzame speurder bestaat niet meer. De ivoren toren zoals onderzoek aan de universiteit vaak wordt aangeduid is dan ook tot op het fundament afgebroken. Geldstromen bepalen steeds meer waar wel en geen onderzoek naar wordt gedaan. De paragraaf in onderzoeksvoorstellen waarin de relevantie voor mens en maatschappij staat uitgelegd krijgt steeds meer aandacht in de beoordeling.

We noemden eerder al de intermediairen als organisaties die de belangen van verschillende partijen ten aanzien van innovaties op elkaar afstemmen. In Nederland is de belangrijkste intermediair op innovatiegebied SenterNovem, maar ook organisatie- en beleidsadviseurs, innovatieloketten en het koplopersloket kunnen intermediaire rol-

len vervullen. Daarnaast oefenen ook organisaties als NWO en STW (vanuit de wetenschap), ministeries, afdelingen van regionale overheden, bedrijfstakorganisaties, vakbonden, Kamers van Koophandel, wetenschapswinkels, speciale belangenorganisaties, banken en investeringsmaatschappijen en de milieubeweging invloed uit op de richting en snelheid van innovatieprocessen.

Deze verstrengeling van innovatie met de samenleving weerspiegelt zich ook in de organisatie van R&D in het bedrijfsleven. In de jaren '70 van de vorige eeuw waren de R&D afdelingen van grote bedrijven georganiseerd op centraal niveau; een lid van de Raad van Bestuur was verantwoordelijk voor R&D en de verbinding met de divisies was zwak. In de jaren '80 en '90 verschoof de aandacht meer naar de doorstroming van R&D resultaten naar de lijnorganisatie, waardoor R&D voor zijn financiering afhankelijk werd van de divisies. Daardoor werd het raakvlak tussen onderzoek en productie belangrijker en nam de invloed van de hiervoor genoemde maatschappelijke organisaties toe.

Het innovatiesysteemmodel heeft als belangrijkste boodschap dat innovatie niet een afgezonderde activiteit is dat buiten de samenleving staat. Het is een proces dat door veel verschillende groepen mensen in de samenleving wordt beïnvloed. Het innovatiesysteem rondom een bepaalde innovatie is het geheel aan actoren (de partijen) en instituties (de 'regels van het spel') waartussen relaties bestaan die de ontwikkeling, de toepassing en de diffusie van innovaties beïnvloeden.

Tot de actoren uit het innovatiesysteem rekenen we:

- bedrijven, die nieuwe technologieën, hetzij uit eigen R&D, hetzij van kennisleveranciers, verder willen ontwikkelen en commercialiseren;
- kennisinstellingen, vaak ingesteld met het uitdrukkelijke doel nieuwe kennis en technologieën te ontwikkelen;
- financiële organisaties, die de middelen voor de ontwikkeling leveren;
- overheden, die versterking van de economie nastreven door technologieontwikkeling en innovatie;
- intermediairs, soms afkomstig uit de reeds genoemde organisaties en soms van daarbuiten, die proberen de ontwikkeling te bevorderen en vaak ook in een specifieke richting te sturen.

Figuur 6 geeft het innovatiesysteem schematisch weer. Het is belangrijk om te realiseren dat al deze partijen diverse en een wisselende invloed uitoefenen op innovatieprocessen en dat ze sterk op elkaar inwerken. Hierdoor ontstaat een heel grillige en moeilijk te voorspellen dynamiek. Hierbij zullen we in hoofdstuk 7 uitgebreid stil staan.

Het innovatiesysteem ontstaat en ontwikkelt zich vanaf het moment dat een idee ontstaat om tot een innovatie te komen. In het begin zullen er maar enkele onderzoekers of ondernemers betrokken zijn bij het uitwerken van het idee tot een actuele innovatie. Naarmate de tijd verstrijkt en de verwachtingen ten aanzien van het idee toenemen treden allerlei partijen toe tot het innovatiesysteem, omdat zij winstmogelijkheden zien in de innovatie of omdat zij vanuit een maatschappelijke doelstelling willen

bijdragen aan het succes ervan. Ook partijen die acties ondernemen om het innovatietraject te laten mislukken vanwege belangen in concurrerende technologie, worden door deze acties een onderdeel van het innovatiesysteem. We zullen in hoofdstuk 7 uitgebreid illustreren dat het innovatiesysteem rond aardgas als nieuwe autobrandstof begon met een paar fanatieke spelers en zich in de loop der jaren heeft ontwikkeld tot een uitgebreid netwerk van actoren en allerlei aanpassingen in de Nederlandse institutionele omgeving, die het succes van aardgas als autobrandstof beïnvloeden.

### 2.3 Co-evolutie: de wisselwerking tussen innovatiesysteem en technologische innovatie

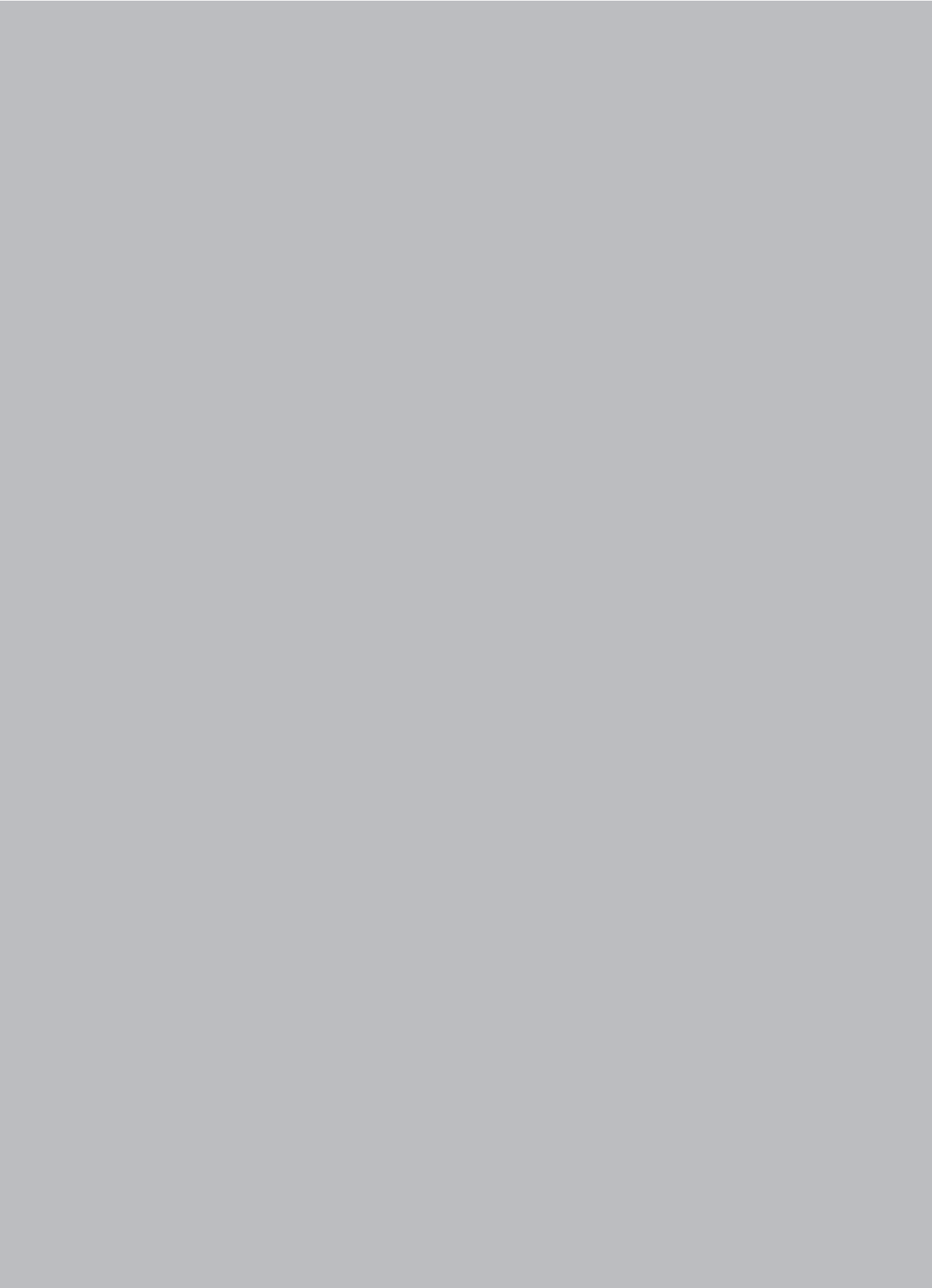
Het innovatiesysteem bestaat zoals gezegd hoofdzakelijk uit mensen. Hiernaast zijn de regels van het spel belangrijk die ook weer door mensen worden vormgegeven en bepaald. Innovatie is dus mensenwerk, en zo ook de ontwikkeling van een innovatiesysteem. De mensen in het innovatiesysteem worden gedreven door vele motieven, maar hebben allemaal op de een of andere manier belang bij het slagen of falen van een innovatie. Aangezien innovatie een tijdrovend proces is dat vaak veel hobbels en tegenslagen kent, zijn het de *positieve verwachtingen* rond de technologie die mensen doen besluiten 'in het innovatietraject te stappen'. Hoe gunstiger de verwachtingen rond de technologie zijn, des te groter is het aantal partijen voor welke het interessant is om in te stappen. Dit is de reden dat rond beloftevolle technologieën veel gemakkelijker een innovatiesysteem wordt gevormd dan rond technologieën waar niemand wat in ziet. Kortom, de verwachtingen omtrent de innovatie hebben invloed op het ontstaan van een gunstig innovatiesysteem.

Het innovatiesysteem heeft echter ook invloed op de innovatie: de succesvolle opbouw van een innovatiesysteem versnelt de ontwikkeling van de technologie. We hebben hier te maken met een proces dat we *co-evolutie* noemen: de technologie en het bijbehorende innovatiesysteem ontwikkelen zich in onderlinge afhankelijkheid. Naarmate de technologie volwassen wordt, groeit ook het innovatiesysteem door een toenemende kennisbasis, nieuwe toetreders, groeiende netwerken in termen van omvang en dichtheid en de vorming van nieuwe specifieke regelingen en organisaties. Anderzijds neemt de snelheid van ontwikkeling van een technologie toe naarmate het innovatiesysteem zich ontwikkelt, met toenemende kansen op succes. De volwassenwording van de technologie en de groei van het innovatiesysteem gaan hand in hand en beide beïnvloeden elkaar.

Traditioneel richten veel ondernemers zich op het vervolmaken van de technologie om te komen tot succes. We weten nu dat de ondernemer alternatieve activiteiten kan ondernemen die gericht zijn op het versterken van het innovatiesysteem. De succes-kansen van de technologie zullen hierdoor toenemen. We zullen hier in hoofdstuk 8 uitgebreid op terugkomen.

## Noten

- 1 S. Kline and N. Rosenberg, An overview of innovation. In: R. Landau and N. Rosenberg, Editors, *The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*, National Academy Press, Washington, DC (1986), pp. 275–305.
- 2 Rogers, Everett M. (1964). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.



## Hoofdstuk

# 3

# Wat is baanbrekend innoveren, en waarom is het zo moeilijk?

Er zijn verschillende manieren waarop we naar het innovatieproces kunnen kijken: door een technologische bril en door een sociale bril. Een technologische visie houdt in dat redenen waarom baanbrekend innoveren zo moeilijk is, vooral worden gezocht in de technologische karakteristieken van de innovatie. Een sociale visie zoekt de verklaring vooral in menselijke eigenschappen: wat beweegt consumenten en producenten om al dan niet over te gaan tot de aanschaf respectievelijk de ontwikkeling en productie van een nieuwe technologie?

In dit hoofdstuk komen beide visies aan bod. Eerst geven we in paragraaf 3.1 een gedetailleerde beschrijving van wat we precies onder baanbrekend innoveren verstaan en introduceren we een technologisch classificatiesysteem. Dit systeem helpt om snel te kunnen inschatten of een innovatie vermoedelijk moeizaam zal verlopen, of niet. In paragraaf 3.2 beschrijven we de sociale visie, en hoe deze de moeizaamheid van baanbrekend innoveren verklaart. In 3.3 zoomen we in op de *duurzame* baanbrekende innovaties. Deze blijken specifieke karakteristieken te hebben, waardoor doorbraak extra moeilijk is. In paragraaf 3.4 laten we zien dat er toch hoop is; deze komt uit de hoek van de zogenaamde 'ontwrichtende innovatie'. We vatten tenslotte de conclusies samen in paragraaf 3.5.

### 3.1 Een technologische verklaring

Eenvoudig gezegd is een baanbrekende innovatie een innovatie die maakt dat we afwijken van de manier waarop we de dingen altijd hebben gedaan. Dat we als het ware afwijken van de koers die we altijd hebben gevaren, en een nieuwe route inslaan. Voordat we nader uit kunnen leggen wat baanbrekende innovaties zijn, is het nodig eerst twee dimensies te introduceren waarlangs we verschillende typen innovaties kunnen beschrijven: de *technologische dimensie* en de *inpassingsdimensie*.

#### 3.1.1 De technologische dimensie: incrementele en radicale innovaties

De technologische dimensie geeft de mate aan waarin kennis en vaardigheden van organisaties moeten worden aangepast om de nieuwe technologie te kunnen produceren of toepassen. In sommige gevallen zal die vereiste aanpassing minimaal zijn; we spreken dan van *incrementele* innovaties. In andere gevallen zal deze aanpassing juist groot moeten zijn; we spreken dan van *radicale* innovaties.

Incrementele innovaties zijn verfijningen van een bestaande technologie en berusten op kennis en ervaring uit de bestaande productie- en gebruiksmethoden. Daarom zijn ze vrij gemakkelijk door te voeren. Het overgrote merendeel van de innovaties betreft incrementele innovaties. Het zijn al die kleine veranderingen waarmee een nieuwe versie van een product zich onderscheidt van het vorige. Incrementele innovaties liggen vaak aan de basis van kostenverlagingen van technologie. De productieprocessen waarmee nieuwe producten worden geproduceerd worden telkens beetje bij beetje aangepast om de productiesnelheid te kunnen verhogen en de kosten te kunnen verlagen.



In de inleiding noemden we reeds de beschuit met een inkeping als voorbeeld van een incrementele innovatie. Een ander voorbeeld daarvan is de ontwikkeling van een airbagsysteem door Volvo die de automobilist ook beschermt tegen een zijaanrijding. Volvo had al kennis over het monteren van een airbagsysteem voor frontale aanrijdingen en kon dus betrekkelijk eenvoudig dit nieuwe systeem toepassen. Het was in dit geval bijvoorbeeld niet nodig om nieuw personeel aan te trekken met een andere kennisbasis. De bestaande kennisbasis was voldoende voor het ontwikkelen en toepassen van de nieuwe technologie.

Als de vereiste aanpassing van de fabrikant juist erg groot moet zijn, spreken we van 'radicale innovaties'<sup>2</sup>. We noemden eerder al de ontwikkeling van de digitale fotografie; dit is een mooi voorbeeld van een radicale innovatie. Een ander voorbeeld is de brandstofcelauto. Deze auto zet waterstof om in elektriciteit en gebruikt elektromotoren als aandrijving. Het technologische hart van de auto (de benzine dan wel dieselmotor) wordt dus vervangen door een compleet nieuwe technologie. De technologische kennis die nodig is voor het ontwikkelen van een relatief goedkope en betrouwbare brandstofcel is maar bij een handjevol bedrijven op de wereld aanwezig. Voor autofabrikanten zal het omschakelen naar deze nieuwe technologie dus een grote investering in nieuwe kennis vragen.

In het geval van radicale innovaties kunnen bestaande kennis en vaardigheden in een keer irrelevant worden. Radicale innovaties berusten op nieuwe wetenschappelijke of technische inzichten. Omdat dit voor veel bestaande bedrijven erg lastig is, bieden radicale innovaties dan ook vaak kansen voor nieuwe bedrijven. Het blijkt dan ook dat het merendeel van de radicale innovaties zijn ontwikkeld door bedrijven die tot dan toe nog niet actief waren op de markt waar het product voor is bedoeld. Deze nieuwkomers zijn zeer bedreigend voor gevestigde bedrijven omdat zij de gevestigde bedrijven dwingen zich ook in de nieuwe technologie te gaan verdiepen en deze op de markt te gaan brengen. Lang niet alle gevestigde bedrijven zijn tot een dergelijke koersverandering in staat. We zullen hier in paragraaf 3.4 uitgebreid op terugkomen.

Radicale innovaties leiden niet alleen tot nieuwe producten; soms leiden radicaal andere productiemethoden tot een verlaging van de productiekosten van technologie. We spreken dan van een procesinnovatie. Een bekend historisch voorbeeld is de introductie van het floatglasproces door het bedrijf Pilkington. Voor die tijd was het maken van zeer glad vlakglas voor ramen en deuren een lastig proces. Er waren veel processtappen nodig om kleine oneffenheden middels slijpen en poetsen uit het glas te verwijderen, zodat het van voldoende kwaliteit was om te gebruiken in ramen. Het bedrijf Pilkington bedacht een revolutionair nieuw proces waarbij vloeibaar glas op een bad van vloeibaar tin werd gegoten. Doordat het vloeibare tin een superglad oppervlakte heeft, veel zwaarder is dan glas en niet met glas reageert, ontstond er direct een volkomen gladde glasplaat. De kennisbasis en de fabrieken van de andere glasproducenten waren daarmee in één klap verouderd.<sup>3</sup>

### 3.1.2 De inpassingsdimensie

De inpassingsdimensie heeft betrekking op de mate waarin aanpassingen nodig zijn in de sociaal-economische context waarin de nieuwe technologie als het ware ingebed wordt. De 'oude' technologieën zijn ingebed in een breed kader van regelgeving, leveranciers, betrokken partijen, gewoonten, infrastructurele organisatie et cetera. Om een nieuwe technologie goed te kunnen gebruiken is het in meer of mindere mate nodig om in deze context in te grijpen. Voorbeelden van innovaties waarbij een aanpassing in de fysieke infrastructuur nodig was, zijn de introductie van loodvrije benzine en de mobiele telefoon. Voor de introductie van loodvrije benzine was het nodig alle tankstations middels een extra pomp geschikt te maken om ook loodvrije benzine te gaan leveren. De introductie van de mobiele telefoon ging gepaard met het organiseren en bouwen van een compleet nieuwe infrastructuur van zendmasten.

Als de noodzakelijke aanpassing in de sociaal-economische context van de innovatie minimaal is, spreken we van *modulaire innovaties*. Is deze daarentegen groot, dan hebben we te maken met een *systeeminnovatie*<sup>4</sup>. Het verschil tussen een systeeminnovatie en een modulaire innovatie zit hem vooral in het aantal partijen dat dient te veranderen als de innovatie wordt geïntroduceerd. Bij een modulaire innovatie gaat het om slechts enkele partijen; de rest van de sociaal-economische context kan onveranderd blijven.

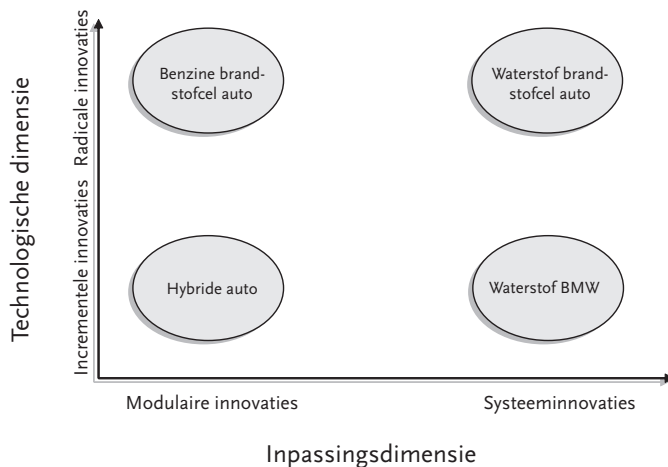
Een voorbeeld van een modulaire innovatie is de introductie van het roetfilter voor dieselmotoren. Deze innovatie vraagt verandering bij de autoproducenten en de garagehouders die in staat moeten zijn de technologie te repareren. Er verandert echter maar weinig voor de gebruikers en er zijn geen aanpassingen nodig in brandstof of brandstofinfrastructuur. Een ander voorbeeld is de LED-lamp die momenteel sterk wordt aangeprezen. In technologische zin lijkt deze lamp helemaal niet op de gloeilamp en zou daardoor best aangemerkt kunnen worden als een radicale innovatie op de technologische dimensie. Echter de LED-lamp is zo ontwikkeld dat hij perfect past op ons systeem van verlichting (zelfde fitting als een gloeilamp, ook werkend op 220V). Daardoor is de LED-lamp zonder grote aanpassingen te gebruiken en spreken we van een modulaire innovatie.

Bij een systeeminnovatie vraagt de innovatie veel veranderingen van een groot aantal partijen, meestal ook nog tegelijkertijd. Een systeeminnovatie brengt ook veranderingen teweeg in de verhouding tussen deze partijen. Daarnaast vraagt een systeeminnovatie ook verandering in gerelateerde producten en diensten. Een mooi voorbeeld van een systeeminnovatie in Nederland is het bouwen van huizen op basis van hout, de zogenaamde houtskeletbouw. Deze vorm van huizen bouwen vraagt veranderingen in alle denkbare schakels van de bouwsector, van architecten, materiaalleveranciers, bouwkundigen en bouwvakker tot aannemers. We zien dan ook dat deze vorm van huizen bouwen nauwelijks wordt aangeboden door gevestigde bedrijven die vooral kennis en ervaring hebben met bakstenen stapelen en betongieten. Het zijn specialistische bedrijven, met andere netwerken, die deze bouwvorm aanbieden.

Ook de eerder besproken brandstofcelauto, die wordt gevoed met waterstof, is een systeeminnovatie. Naast de complexiteit van de technologie – die maakte dat we deze technologie als radicaal bestempelde – zijn veel aanpassingen nodig in de gehele brandstofinfrastructuur om deze innovatie goed te kunnen gebruiken. Het vergt grootschalige productie van waterstof in plaats van benzine en het compleet ombouwen van alle tankstations.

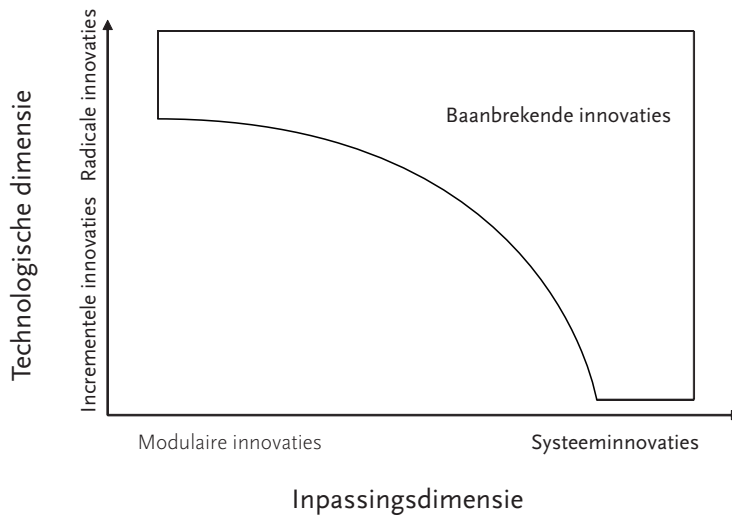
### 3.1.3 Waarom baanbrekend innoveren zo moeilijk is

In figuur 6 wordt bovenstaande classificatie van innovatie langs deze twee dimensies schematisch weergegeven. Iedere innovatie is te plaatsen langs deze twee dimensies en vergt een zekere mate van aanpassing in de technologie en de sociaal-economische context. Zo zijn er incrementeel-modulaire en radicaal-modulaire innovaties, maar ook incrementele en radicale systeeminnovaties. In figuur 6 worden vier voorbeelden gegeven aan de hand van nieuwe autotechnologie. De hybride auto zoals we die kennen van de Toyota Prius is een incrementele modulaire innovatie. Er zijn nauwelijks aanpassingen nodig om de auto te kunnen gebruiken (modulair) en ook de technologische complexiteit is goed te overzien (incrementeel). Het betreft een technologische toevoeging aan bestaande autotechnologie. We hebben al gesteld dat de brandstofcelauto technologisch complex is en dus een radicale innovatie betreft. Idealiter rijdt de brandstofcelauto op waterstof, wat veel aanpassingen vraagt aan de brandstofinfrastructuur. Hierbij zijn veel verschillende partijen betrokken. Dan classificeren we het dus als een radicale systeeminnovatie (rechtsboven in figuur 6). Het is ook mogelijk om de brandstofcelauto te laten rijden op benzine die vervolgens in de auto wordt omgezet naar waterstof. Dit is technologisch gezien heel erg lastig en dus is dit ook een radicale innovatie. Echter, het gebruik van deze auto vraagt geen aanpassingen in de brandstofinfrastructuur waardoor dit geclassificeerd kan worden als een modulaire radicale innovatie. Tenslotte heeft BMW prototypes ontwikkeld van een waterstofauto waarbij de waterstof net als benzine wordt verbrand in een interne verbrandingsmotor. Technologisch gezien is er dus weinig nieuws onder de zon (incrementeel) maar door het gebruik van waterstof betreft het wel een enorm lastig te implementeren technologie vanwege alle benodigde infrastructurele aanpassingen, en dus spreken we van een incrementele systeeminnovatie.



Figuur 6 Typologie van innovaties op basis van twee dimensies

Wat verstaan we nu precies onder baanbrekende innovaties? Baanbrekende innovaties zijn die innovaties die een grote mate van aanpassing vergen, in de technologie zelf, in de sociaal-economische context, of in allebei. Het kunnen radicale modelaire innovaties zijn, maar ook incrementele of meer radicale systeeminnovaties. Baanbrekende innovaties bevinden zich in het grijze gebied in figuur 7. Alle systeeminnovaties zijn dus baanbrekend, en alle radicale innovaties ook.



Figuur 7 Positie van baanbrekende innovaties op de dimensies 'technologische complexiteit' en 'mate van inpassing'

Waarom is baanbrekend innoveren nu zo moeilijk? De gepresenteerde typologie geeft hiervoor de verklaring. Incrementele innovaties met een modulair karakter hebben een veel grotere kans van slagen, omdat er niet zoveel hoeft te veranderen aan de omgeving of de technologie zelf voordat deze gebruikt kan worden. Innovaties aan de andere kant van het spectrum, de radicale systeeminnovaties, hebben een veel kleinere kans van slagen omdat de nieuwe technologie als die is uitontwikkeld nog niet zomaar klaar is voor gebruik: er moet een heel bestaand systeem worden omgegooid. Naarmate de innovatie in de grafiek in figuur 7 van linksonder naar rechtsboven verplaatst, neemt de kans van slagen dus af. Dit is een van de verklaringen waarom de belofte van de auto van de toekomst (een auto die rijdt op waterstof) nog altijd een belofte is en geen werkelijkheid.

De meeste baanbrekende innovaties die we op het oog hebben om onze samenleving sterk te verduurzamen (bijvoorbeeld groene chemie, elektrisch rijden en decentrale elektriciteitsproductie) bevinden zich helemaal rechtsboven in figuur 7. Om deze reden zal het dus veel voeten in aarde hebben om deze innovaties tot een succes te maken. Er is echter nog een belangrijke reden waarom de slaagkans van dit type innovaties zo klein is. Deze is te vinden in de sociale verklaring.

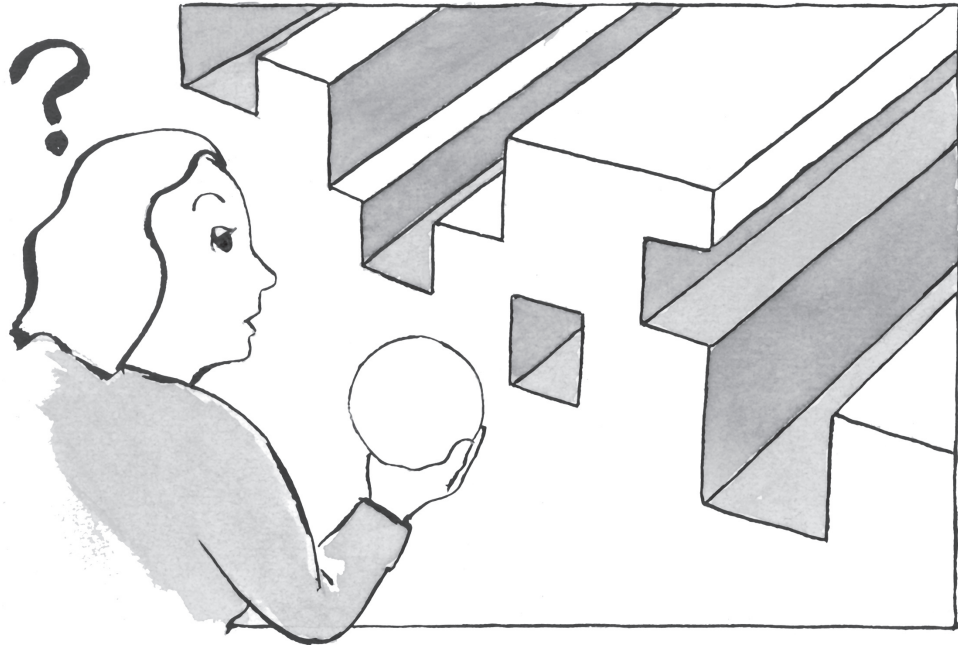
## 3.2 Een sociale verklaring

De sociale visie zoekt de oorzaak van problemen in de doorbraak van innovaties in menselijke factoren. We moeten dan denken aan weerstand, angst voor verandering, behoefte aan veiligheid, blikvernuwning en moeite om *out-of-the-box* te kunnen denken.

### 3.2.1 Padafhankelijkheid en lock-in

De eerste reden waarom het niet gemakkelijk is om de richting van technologische ontwikkeling of innovatie te veranderen is het feit dat innoveren niet zomaar een *random* en geheel vrij proces is. Integendeel. Mensen die innoveren worden zeer sterk beïnvloed door wat er al is en wat er technologisch al mogelijk is. We spreken dan ook over een technologisch traject waarbij sprake is van een grote mate van *padafhankelijkheid*<sup>5</sup>. Bij de ontwikkeling van nieuwe technologie wordt een kennisbasis opgebouwd waar telkens incrementeel op wordt voortgebouwd. De manieren waarop naar oplossingen wordt gezocht, worden sterk bepaald door deze kennisbasis en geheel nieuwe oplossingen worden eigenlijk nauwelijks overwogen. In het Engels wordt dit ook wel 'bounded rationality' genoemd. Dit geeft aan dat we als mensen niet onze maximale denkkraft gebruiken voor het bedenken van nieuwe oplossingen, maar dat we beperkt worden door onze neiging in de hokjes van bestaande oplossingsrichtingen te denken. Het volgende voorbeeld verduidelijkt dit. Vanaf het moment dat gekozen is voor de interne verbrandingsmotor als krachtbron voor auto's, is er eigenlijk niet meer van dit traject afgeweken. Er zijn allerlei innovaties ontwikkeld om de prestatie van deze motoren te laten toenemen en milieueffecten te minimaliseren, zoals computergestuurde brandstofinjectie, turbo technologie, drieweg-katalysatoren en roetfilters. Radicaal andere technologie, zoals elektrische aandrijving, werd lange tijd niet als optie gezien. Zelfs hybride technologie – zoals bekend van de Toyota Prius – werd door veel fabrikanten niet als serieuze oplossing gezien. En dit terwijl het in dit geval een technologie betreft die zich in figuur 6 helemaal linksonder bevindt en dus relatief makkelijk kan doorbreken. Dankzij het succes van Toyota, maar vooral door de steeds strenger wordende milieueisen en een sterk toenemende vraag vanuit de maatschappij naar zuinige auto's, zijn veel fabrikanten nu wel bezig om buiten de bestaande paden van de interne verbrandingsmotor te denken en wordt hybride en elektrische technologie steeds meer onderzocht en ontwikkeld.

Als een pad ver genoeg wordt doorgezet ontstaan schaalvoordelen, waardoor de technologie in kwestie steeds goedkoper wordt. Schaalvoordelen ontstaan doordat bij grote volumes goedkoper kan worden ingekocht, geautomatiseerde productielijnen en allerlei gespecialiseerde aanbieders ontstaan die delen van het proces goedkoop kunnen uitvoeren. Naast deze schaalvoordelen ontstaan wisselwerkingen tussen technologie en maatschappij. Een automotor bijvoorbeeld draait op benzine waardoor er een grote op olie gebaseerde raffinage-industrie is ontstaan, waarmee benzine wordt geleverd in een zeer fijnmazig distributienetwerk. Een deel van de Nederlandse begroting is afhankelijk van de belastinginkomsten die hiermee gemoeid zijn, en de hele kennisbasis van onderhoudsmonteurs is gebaseerd op de interne verbrandingsmotor. De enorme inter-



De nieuwe technologie past aanvankelijk vaak veel minder goed in onze huidige manier van doen en denken dan de bestaande technologie

actie tussen technologie en allerlei partijen en instituties wordt ook wel aangeduid als een techno-institutioneel complex<sup>6</sup>.

De optelsom van schaalvoordelen en het ontstaan van een techno-institutioneel complex leidt tenslotte tot een situatie waarin de technologie zeer sterk verankerd is in de maatschappij en zeer moeilijk uit deze positie is weg te krijgen. We noemen deze situatie 'lock-in'. Met deze term geven we aan dat de maatschappij vast zit in een technologisch traject. Lock-ins zijn niet bij voorbaat positief of negatief – als de lock-in een wenselijke (bijvoorbeeld duurzame) technologie betreft, is een lock-in positief te waarderen. In de praktijk vormen lock-ins van milieuonvriendelijke technologieën echter een groot probleem bij de doorbraak van baanbrekende duurzame innovaties.

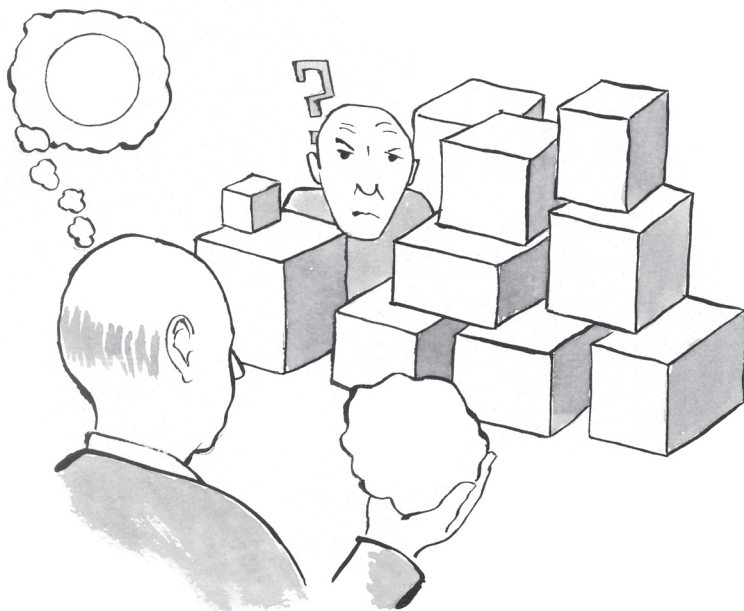
Een beroemde illustratie van het lock-in fenomeen is het QWERTY-toetsenbord dat vandaag de dag het standaard toetsenbord is. Er zijn verschillende theorieën over het ontstaan van dit toetsenbord; de meest gehoorde theorie is toch wel dat dit toetsenbord uitdrukkelijk is ontworpen om snel typen *tegen* te gaan. Het toetsenbord werd namelijk ontwikkeld in de tijd van mechanische typemachines, waarbij het veelvuldig voorkwam dat de toetsen in elkaar vast bleven haken. Door de meest gebruikte toetsen zo ver mogelijk uit elkaar te plaatsen werd dit euvel enigszins verholpen. Het bijkomende nadeel was een lagere typesnelheid. Deze technische beperking geldt natuurlijk helemaal niet voor onze huidige toetsenborden en dus was een nieuw ontwerp waarmee sneller kan

worden getypt te verwachten geweest. Echter, door de inburgering van het toetsenbord, de gewenning hieraan door consumenten en de automatische levering van computers met QWERTY-toetsenborden, ontstond voor alternatieve ontwerpen van toetsenborden – zoals het in theorie snellere DOVAK toetsenbord – een enorm inpasbaarheidsprobleem. Het gevolg is dat wij vandaag de dag zo snel mogelijk proberen te typen op een toetsenbord dat ons snel typen eigenlijk wil beletten.

Samenvattend kunnen we stellen dat het moeilijk dóórbreken van baanbrekende innovaties mede wordt bepaald doordat de bestaande concurrerende technologie veel beter past in onze huidige manier van denken over innoveren en consumeren dan de nieuwe technologie.

### 3.2.2 'Hopeful monstrosity'

Een tweede sociale reden waarom baanbrekende innovaties zo moeilijk doorbreken betreft het omgekeerde fenomeen. In eerste instantie kan nieuwe technologie op bijna geen enkel vlak concurreren met bestaande technologie. De bestaande technologie heeft door grote productieaantallen een lange leercurve doorlopen met vele leerprocessen, leidend tot een goedkope en optimaal aan de klantenwensen aangepaste werkwijze en techniek. In het geval van de nieuwe technologie is dit helemaal niet het geval. De nieuwe technologie bevat weliswaar de belofte van schone technologie, maar is nog zó duur en vol met gebreken dat concurrentie met de bestaande technologie bijna ondoenlijk is. Een aardige term die dit probleem kernachtig samenvat is dat de innovatie getypeerd kan worden als een 'hopeful monstrosity'<sup>7</sup>.



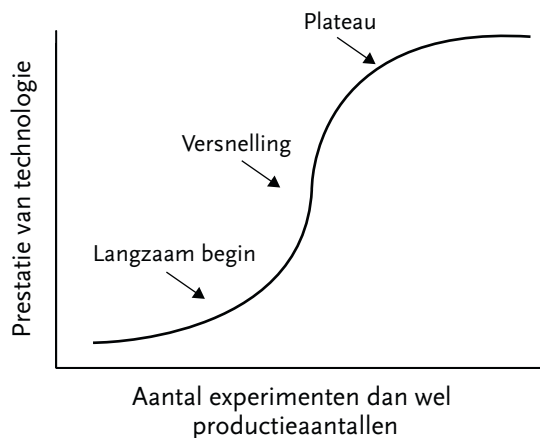
Hopeful monstrosity: waar de innovator al de schoonheid van de nieuwe technologie ziet, merkt het bestaande regime nog voornamelijk de mankementen op

Het getuigt echter van een beperkt blikveld wanneer men baanbrekende duurzame technologieën alleen beoordeelt op grond van hun actuele prestatie. Juist doordat ze nog maar recent ontwikkeld zijn, dragen ze veel mogelijkheden tot verbetering in zich, waardoor ze – mits ze zich verder kunnen ontwikkelen – op den duur mogelijk wél kunnen concurreren met bestaande technologieën. Zo heet windenergie nu duur te zijn, maar de prijsdalingen in het verleden, gecombineerd met de technische ontwikkelingsmogelijkheden van nu, rechtvaardigen de verwachting dat wind op land binnen enkele jaren een volledig commerciële en concurrerende energiebron zal vormen. Toch blijkt uit velerlei beleidsdiscussies en stukken in dagbladen dat nieuwe technologie bijna nooit wordt beoordeeld op basis van de verwachte mogelijkheden in de toekomst, maar bijna altijd op basis van de huidige prestaties. De geldende wijsheid voor het winnen van windenergie op zee is bijvoorbeeld dat het onvoorspelbare – wisselende – aanbod van de wind een nadeel is. Dat klopt inderdaad vanuit het huidige perspectief, maar het valt te voorzien dat over 20 jaar het elektriciteitsnet zó veel flexibeler kan zijn ingericht dat regeling van het wisselende windaanbod geen obstakel meer hoeft te zijn. De geldende wijsheid voor wind op zee is dus geredeneerd vanuit het huidige paradigma. De structuur van het huidige elektriciteitsnet wordt geprojecteerd op een technologie die pas over twintig jaar tot zijn volle ontplooiing zal zijn gekomen.

Het volgende ‘terzijde’ laat echter zien dat er vaak een zeer groot verschil zit tussen technologie die net op de markt is en technologie die verder is doorontwikkeld. De prestatieverbetering die optreedt door allerlei leereffecten in de ontwikkeling en toepassing van de technologie wordt vaak aangeduid als de leercurve.

#### TERZIJDE < Kijken in de toekomst

Men gebruikt de term leercurve voor het verschijnsel dat taken beter worden verricht naarmate ze vaker worden gedaan. Dat geldt voor activiteiten als klussen, management, en productie van goederen en diensten. Vaak wordt de leercurve grafisch weergegeven als een S-curve.



Figuur 8 S-curve die prestatie van technologie afzet tegen het aantal experimenten dan wel productieaantallen



In het kader van dit boek zijn we in het bijzonder geïnteresseerd in 'technologisch leren'. Deze term wordt gebruikt voor het verschijnsel dat de prestatie bij het produceren van goederen stijgt naarmate er meer van dit goed wordt geproduceerd. Bij nieuwe producten (in de beginfase van een innovatie) ligt het ontwerp van het product nog niet geheel vast, er moet worden geëxperimenteerd met productiemethoden en er worden nog veel fouten gemaakt (de vlakke aanloop in de curve). Als deze kinderziekten zijn overwonnen en de productie toeneemt, wordt de prestatie snel beter. Door massaproductie komen middelen vrij om het productieproces verder te verbeteren (het steile gedeelte van de curve). Ten slotte komt er een fase waarin de meeste mogelijke verbeteringen hun beslag hebben gekregen (het plateau in de curve).

Bij de productie van goederen spelen in het bijzonder de volgende factoren een rol in de leercurve.

- Arbeidsproductiviteit. Arbeiders gaan steeds handiger om met hun taak. Ze krijgen meer zelfvertrouwen, aarzelen minder en maken minder fouten. In de loop van de tijd ontwikkelen ze een efficiënte routine;
- Standaardisatie en specialisatie. Producten, processen en onderdelen worden meer gestandaardiseerd. Tegelijkertijd worden arbeiders meer en meer ingezet voor taken waarin ze veel ervaring hebben;
- Technologische verbeteringen en herontwerp. Door ervaringen met eerdere modellen worden verbeteringen doorgevoerd. Deze leiden tot modellen met betere prestaties, bijvoorbeeld hogere opbrengst en lagere faalkansen;
- Automatisering. Door verwerking van routines in automatische productiemethoden wordt de productiviteit verhoogd;
- Beter benutting van apparatuur. Bij vergroting van de omzet worden machines beter benut.

Prestatieverbetering in het productieproces kan onder meer worden uitgedrukt in dalende kosten. Door de Boston Consulting Group is in de jaren '70 van de vorige eeuw een mathematische maat voor de steilheid van de leercurve ontwikkeld. Deze 'leerfactor' geeft aan hoe de kostprijs van het product (uitgedrukt in een geschikte maat) zich ontwikkelt bij verdubbeling van de cumulatieve omzet. Leerfactoren worden bepaald per technologie of groep producten, bijvoorbeeld computergeheugens, faxapparaten, windturbines en zonnecellen. De leerfactor is opmerkelijk constant voor veel producten en technologieën en ligt doorgaans tussen de 0,8 en 0,9. Dat wil dus zeggen: bij verdubbeling van de cumulatieve omzet van een product is de nieuwe kostprijs 80 à 90% van de oorspronkelijke. Anders gezegd: bij verdubbeling van de cumulatieve omzet daalt de kostprijs met 10 à 20%.

De leerfactor is een ervaringsgegeven en heeft strikt genomen alleen betrekking op het verleden. Maar omdat deze voor vele technologieën zo constant is in de loop van de tijd, wordt deze ook gebruikt om verwachte kostprijzen in de toekomst te berekenen, vooral bij technologieën waar nog vele verbeteringen in productontwerp en productietechnologie in de pijplijn zitten. Met deze methode kunnen dan verwachtingen worden uitgesproken over toekomstige prijsverhoudingen tussen bestaande en nieuwe technologieën.

Opgemerkt dient te worden dat het extrapoleren van leercurves naar de toekomst een zeer risicovolle exercitie is. Leercurves zijn namelijk niet in alle gevallen continu. Soms zit er een knik in de leercurve wat aangeeft dat de leersnelheid plotseling enorm af- of toeneemt. Wij zijn dan ook geen voorstanders van deze manier van in de toekomst kijken. Feit is helaas dat het veel wordt gedaan om iets te kunnen zeggen over de toekomstige prestaties.

Het beoordelen van nieuwe technologieën is dan ook een heel lastig proces. Aan de ene kant zeggen huidige prestaties niet zo veel aangezien de leercurve nog geheel moet worden doorlopen. Aan de andere kant is de toekomstige prestatie met zo veel onzekerheid omgeven dat het erg lastig is hier een goede inschatting van te maken. Er zit weinig anders op dan met deze onzekerheid leren omgaan.

Wat ook vaak wordt weggelaten in het vergelijken van oude en nieuwe technologie aan de hand van leercurves zijn de mogelijke verbeteringen in de bestaande technologie. We noemen dit het 'sailing ship effect'. Het verhaal achter het sailing ship effect is dat zeilboten die werden gebruikt voor transport over wereldzeeën op een bepaald moment concurrentie kregen van stoomboten. Deze hadden natuurlijk het voordeel dat ze niet afhankelijk waren van windcondities. Onder invloed van deze concurrentie werden zeilboten verbeterd door ze ook uit te rusten met een kleine stoommachine. Kortom, onder invloed van de concurrentie van een nieuwe technologie wordt de oude technologie ook weer sterk verbeterd. De bijna vlakke leercurve van oude technologie wordt dan weer een stuk steiler. De hybride auto kan ook worden gezien als een sailing ship effect. Het is een aanpassing van bestaande autotechnologie om deze energie-efficiënter te maken onder invloed van de dreigende opkomst van elektrische en brandstofcelauto's.

Het is niet alleen moeilijk om de potentiële verbetering van nieuwe technologie goed in te schatten, vaak zijn ook de gevolgen van een nieuwe technologie niet gemakkelijk te overzien. Hierdoor is het niet zeker of de nieuwe technologie wel echt duurzaam is. Tetraethyllood is enige tijd geleden bijvoorbeeld verboden als toeslag op benzine, omdat lood kankerverwekkend blijkt te zijn. Nu blijken de loodvervangers op hun beurt weer kankerverwekkend te zijn, waardoor we op zoek zullen moeten gaan naar vervangers van de loodvervangers. Ook de aanpassingen aan auto's ter verhoging van de veiligheid zijn niet zonder neveneffecten: weliswaar vinden er hierdoor minder dodelijke ongelukken plaats, maar anderzijds zijn de auto's ook een stuk zwaarder geworden waardoor het brandstofgebruik van auto's de afgelopen twintig jaar vrijwel gelijk is gebleven. We noemen dit 'rebound effecten'. Technology Assessment is de tak van wetenschap die probeert in een vroegtijdig stadium inzicht te krijgen in de mogelijke effecten van een nieuwe technologie en desgewenst te zoeken naar strategieën ter verbetering van die effecten. ➤

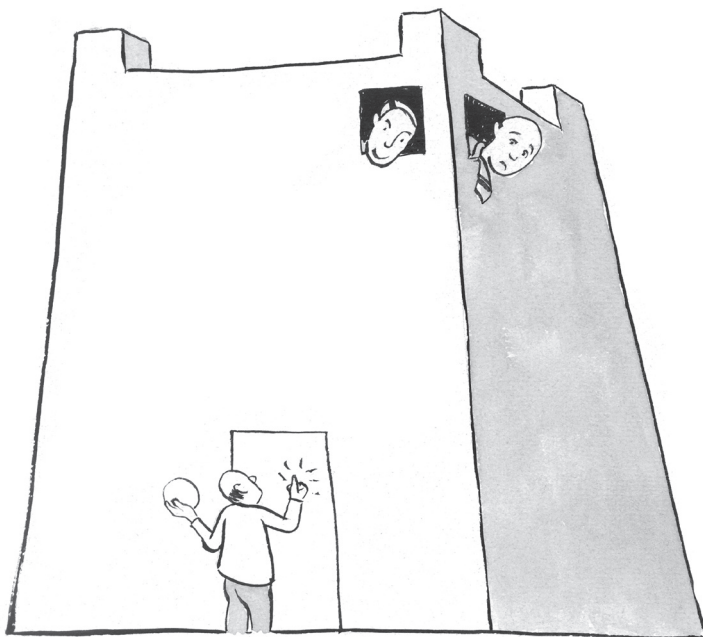
### 3.2.3 Weerstand tegen verandering

Al sinds 1990 worden autofabrikanten door de staat Californië onder druk gezet om zogenaamde nul-emissie auto's te produceren. Als fabrikanten niet aan de norm voldoen is de uiterste consequentie dat ze worden geweerd van de Californische markt. De omvang van de automarkt in Californië is gigantisch en dus is het de autobedrijven er veel aan gelegen

op deze markt actief te blijven. Uit ons onderzoek blijkt dat deze regelgeving weliswaar heeft geleid tot veel onderzoek op het terrein van emissiearme en zuinige auto's, maar automobielbedrijven blijken daarnaast heel veel aandacht te hebben gericht op het afzwakken van de Californische regels. En met succes! Bijna twintig jaar na afkondiging van het nieuwe beleid rijden er nog nauwelijks nul-emissie auto's rond in Californië. Sterker nog, de trend van de afgelopen jaren was vooral gericht op het op de markt brengen van SUV's (sports utility vehicle, zeer grote personenauto die in Nederland soms gekscherend wordt aangeduid als PC Hoofdtractor) met hoog brandstofgebruik. Door hoge olieprijs, een instortende markt, een dreigend faillissement en druk van president Obama hebben Amerikaanse autobedrijven eindelijk het licht gezien. Na twintig jaar tegenstribbelen – nu het eigenlijk te laat is – gaat het roer eindelijk om.

Bovenstaand voorbeeld illustreert de derde reden waarom baanbrekende technologieën vaak moeizaam doorbreken: radicaal andere technologieën worden als bedreigend ervaren door gevestigde bedrijven in dezelfde markt. Deze bedrijven zijn vaak niet in staat zich de nieuwe technologie snel eigen te maken. Bovendien concurreert het nieuwe product met hun eigen technologie en zet dat hun marktaandeel onder druk. Gevestigde bedrijven proberen het de nieuwe technologie dan ook vaak moeilijk te maken, bijvoorbeeld door het uitvergrooten van de negatieve kanten van de nieuwe technologie en het beïnvloeden van beleidsmakers om bestaande regels vooral niet ten gunste van de nieuwe technologie aan te passen.

Weerstand tegen verandering is op zich logisch als men zich realiseert dat Schumpeter innovatie vaak gelijkstelde aan creatieve destructie. De innovatie staat voor het creatieve maar de gevolgen voor bestaande sectoren kunnen heel destructief zijn. Logischerwijs zitten bestaande partijen niet te wachten op een dergelijk verloop van het veranderingsproces en stellen ze alles in het werk om dit gevolg af te wenden.



Niet iedereen staat te wachten op innovaties

**VOORBEELD** < De historie biedt mooie voorbeelden van weerstand tegen veranderingen.

Ook de grote innovator Thomas Edison heeft zich verzet tegen vernieuwingen. Zijn strijd met George Westinghouse over de standaard van elektrische stroom (gelijkstroom versus wisselstroom) heeft eind 19<sup>e</sup> eeuw veel aandacht getrokken en staat nog altijd bekend als de ‘oorlog van de stromen’ (war of the currents).

Nadat Edison in 1878 zijn verbetering van de gloeilamp had uitgevonden waarmee deze zich kon ontwikkelen tot massaproduct, realiseerde hij zich dat er behalve de gloeilamp ook een distributiesysteem voor elektriciteit moest worden ontwikkeld. Hij ontwierp zijn elektriciteitsnet voor een spanning van 110 Volt gelijkstroom.

Westinghouse zag echter in dat hiermee het transport van elektriciteit over grote afstanden niet mogelijk zou zijn wegens transportverliezen. Wisselstroom bood het grote voordeel dat de stroom eenvoudig naar hoge spanning kon worden getransformeerd (voor transport over grote afstanden) en weer omhoog naar lage spanning (voor gebruik in huis).

De wisselstroomgeneratoren van die tijd waren inefficiënt en vertoonden veel slijtage door het gebruik van koolstofborstels. Dit probleem werd opgelost door de briljante Servische natuurkundige Nikola Tesla, die bij Edison had gewerkt, maar niet met hem kon opschieten. Tesla ontwikkelde voor Westinghouse de driefasige inductiemotor, waarbij de in zijn as draaiende rotor het enige bewegende onderdeel is. Met deze motor werd tegelijkertijd de driefasige wisselstroom geïntroduceerd, die vele voordelen biedt en nog steeds wordt gebruikt.

Hoewel het systeem van Westinghouse en Tesla zonder meer superieur was aan dat van Edison, wilde de laatste zich niet bij de suprematie van zijn concurrenten neerleggen. Hij verkondigde dat hoge spanningen zeer gevaarlijk waren en probeerde in diverse staten een wettelijk maximum van 800 Volt voor elkaar te krijgen. De strijd escaleerde tot een hoogtepunt toen Edisons hulp werd gevraagd bij de ontwikkeling van de elektrische stoel, en deze als voorwaarde stelde dat het systeem van zijn concurrent zou worden gebruikt omdat dit inherent gevaarlijker zou zijn.

Edison slaagde er uiteindelijk niet in wisselstroom in diskrediet te brengen omdat het concurrerende systeem eenvoudig veel beter was. De strijd werd beslecht toen Westinghouse er in 1897 in slaagde de stad Buffalo te verlichten met stroom opgewekt uit de Niagara watervallen, 40 kilometer verder – een voor die tijd onvoorstelbare afstand. Tenslotte nam ook General Electric, voortgekomen uit Edisons bedrijf, het systeem van Westinghouse over.

Een ander mooi voorbeeld van weerstand tegen verandering hebben we besproken in paragraaf 2.1. Het betreft de strijd van autofabrikanten tegen de Californische zero emission legislation – terwijl ze hun energie beter hadden kunnen besteden aan het ontwikkelen van schone auto's.

Nog bonter heeft Exxon het gemaakt. Dit bedrijf had zijn visitekaartje op milieugebied al afgegeven na de ramp met de Exxon Valdez in 1989, waarbij grote hoeveelheden ruwe olie het natuurgebied Prince William Sound in Alaska hadden verontreinigd. Inzake het broeikaseffect heeft Exxon de reputatie opgebouwd van leider van een consortium, the Global Climate Coalition, dat zich verzet tegen maatregelen waarmee

het broeikaseffect wordt bestreden. Exxon heeft bijvoorbeeld een grote gift gedaan aan het International Policy Network – een organisatie die probeert tegenwicht te bieden aan het IPCC. Dit netwerk publiceert rapporten waarin klimaatverandering een mythe wordt genoemd, waarin wordt betoogd dat de voorspelde stijging van de zeespiegel sterk overdreven is en waarin de stelling wordt betrokken dat het broeikas effect in feite een positief effect zal hebben omdat de visstand in de Atlantische Oceaan erdoor wordt verbeterd. Kortom, Exxon verdient zeer goed met de winning en verkoop van olie en voor hen is het dan ook een logische bedrijfsstrategie om de politiek en maatschappelijke opinie zodanig te beïnvloeden dat beleid gericht op het terugdringen van broeikasgassen wordt vertraagd of afgezwakt. Dit voorbeeld is niet zo zeer bedoeld om een negatief beeld van Exxon neer te zetten als wel om te illustreren dat van gevestigde partijen met grote belangen in de status quo verwacht kan worden dat zij strategieën zullen ontwikkelen om de in hun ogen bedreigende veranderingsprocessen zoveel mogelijk te vertragen dan wel tegen te houden. Exxon is hier altijd erg open in geweest, waar andere partijen dit vaak subtieler aanpakken. ➤

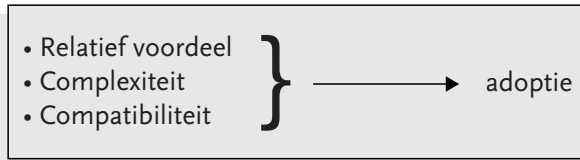
Samenvattend kunnen we dus stellen dat de doorbraak van duurzame technologieën wordt gehinderd door de onvolmaaktheid van de technologie zelf (technologische verklaring), de inbedding van bestaande niet-duurzame technologieën in onze samenleving, en de onmacht dan wel onwil van gevestigde bedrijven om succesvol op dit nieuwe traject in te springen (sociale verklaring).

Om de ontwikkeling en verspreiding van duurzame innovaties te versnellen zijn deze algemene inzichten volstrekt onvoldoende. We zullen met meer detail en diepgang moeten begrijpen waar het precies fout gaat in de ontwikkeling en toepassing van duurzame innovaties zodat we gerichte aanbevelingen kunnen doen om dit proces te versnellen. We zullen dit doen aan de hand van het innovatiesysteem-raamwerk dat we in hoofdstuk 4 beginnen uit te werken

### 3.3 Waarom duurzame innovaties extra moeilijk zijn

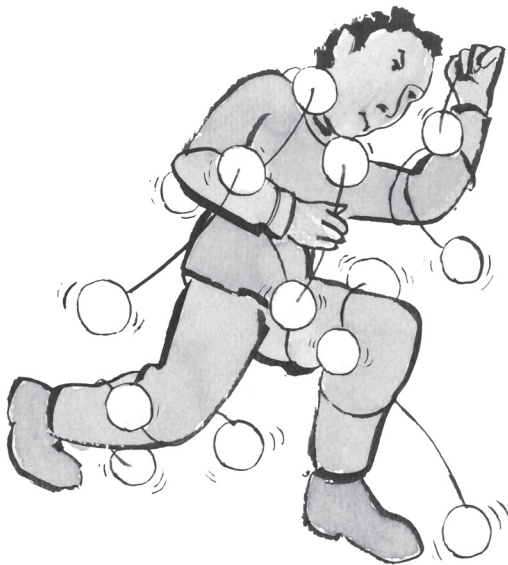
Als we inzoomen op duurzame innovaties, dan blijkt dat deze doorgaans nog moeilijker te realiseren zijn dan andere innovaties. Dit heeft te maken met kenmerken die specifiek zijn voor duurzame innovaties. Om dit te begrijpen gaan we eerst in op een eenvoudig model van Rogers, dat laat zien hoe de karakteristieken van een innovatie bepalen of een consument overgaat tot adoptie of niet. We zullen dit model vervolgens koppelen aan de twee in paragraaf 3.1 geïntroduceerde dimensies, waardoor helder wordt wat duurzaam innoveren extra moeilijk maakt.

Rogers heeft op basis van vele casestudies een heel eenvoudig model opgesteld dat inzicht geeft in de karakteristieken van een innovatie die bepalen of een consument overgaat tot adoptie van een innovatie of niet. Figuur 9 geeft een overzicht van deze karakteristieken<sup>8</sup>.



Figuur 9 Belangrijkste factoren die adoptie van een innovatie bepalen

De eerste karakteristiek is het relatieve voordeel dat een consument verwacht te hebben van nieuwe technologie. Als we het voorbeeld nemen van een consument die overweegt een vaatwasser aan te schaffen dan wordt het relatieve voordeel direct duidelijk. Het aanschaffen van een vaatwasser heeft tot voordeel dat de consument veel minder tijd en energie hoeft te steken in het vervelende werkje 'afwassen'. Bijkomend voordeel is wellicht een opgeruimdere keuken doordat de vaat direct kan worden opgeborgen in plaats van op het aanrecht te blijven staan. De volgende twee karakteristieken lijken op de twee dimensies van figuur 6. Compatibiliteit zegt iets over het passen van de innovatie in de huidige manier van handelen. Voor bijvoorbeeld een vaatwasser is dit of hij past in de huidige keuken. Dit is een vrij technische opvatting van compatibiliteit. Een meer sociale invulling is of een afwasmachine niet ten koste gaat van de tijd die mensen samen doorbrengen door samen af te wassen. Complexiteit geeft aan hoe moeilijk het is om met de nieuwe technologie te kunnen werken. Als eerst lange gebruiksaanwijzingen moeten worden doorgelezen of indien de nieuwe technologie alleen te bedienen is door het meest technische familielid dan neemt de interesse voor de innovatie af. Deze karakteristieken gelden niet alleen voor consumentenproducten maar ook indien bedrijven overwegen nieuwe technologie aan te schaffen.



Als de nieuwe technologie alleen te hanteren is voor het meest handige familielid, is de complexiteit te hoog

De kern van het model van Rogers is dus dat het voordeel dat een consument verwacht te hebben van een nieuwe technologie dient op te wegen tegen de eventuele complexiteit en de mogelijke problemen rond inpassing.

We kunnen dit inzicht koppelen aan de eerder geïntroduceerde classificatie van innovaties waarbij we de dimensies technologische en sociaal-economische complexiteit hebben onderscheiden. Deze koppeling vraagt dat we Rogers' focus op de consument even loslaten. Wat we nu zeggen is dat als een innovatie naar verwachting grote voordelen oplevert voor een consument en dus naar verwachting een groot succes kan worden op de markt, dat in dat geval producenten bereid zijn om eventuele hobbels in termen van complexiteit en compatibiliteit te nemen. Om nog eens terug te komen op het voorbeeld van de digitale fotografie: het feit dat foto's direct te zien zijn na het nemen (wat 'instant satisfaction' garandeert) en het gemak waarmee deze gedeeld kunnen worden, waren dermate grote voordelen voor de consument dat bedrijven zich realiseerden dat ze snel moesten overstappen op de nieuwe technologie ondanks het feit dat de nieuwe kennisbasis erg complex was.

Wat heeft dit nu te maken met de moeizame doorbraak van duurzame innovaties? Welnu, bij duurzame innovaties is het relatieve voordeel voornamelijk gedefinieerd als milieuvoordeel. De consument heeft er zelf niet altijd direct voordeel van. Het voordeel voor het milieu is een voordeel voor de maatschappij als geheel. De individuele consument neemt dus de hobbel van complexiteit en inpasbaarheid (en vaak hogere kosten), terwijl de voordelen voor de gehele gemeenschap zijn. Dit wordt in de literatuur wel het *externaliteitseffect* genoemd. Dit is ook de reden dat duurzame baanbrekende innovaties een grote afhankelijkheid hebben van de overheid, aangezien alleen de overheid in staat is om dit effect enigszins teniet te doen, bijvoorbeeld middels subsidies en het creëren van markten.

Er is nog een andere reden waarom duurzame innovaties het lastig hebben. We introduceerden eerder de diffusiecurve van nieuwe technologie (figuur 5) en lieten zien dat er onderscheid is te maken tussen verschillende consumentengroepen. Voor reguliere technologie is er sprake van een dergelijke opeenvolging van verschillende adoptors. Voor duurzame technologie is dit niet het geval. Vaak is er wel sprake van een kleine groep geëngageerde consumenten die de rol vervullen van innovators en vroege adoptors. Echter, duurzame innovaties hebben vaak moeite voorbij deze geëngageerde consumentengroepen te komen. De voordelen voor het milieu die door de eerste twee groepen als een relatief voordeel worden ervaren worden in veel mindere mate zo ervaren door de andere consumenten. In ieder geval weegt voor hen de hogere prijs (relatief nadeel) niet op tegen het milieuvoordeel. De eerste consumentengroepen die wel adopteren zijn over het algemeen zo klein dat de duurzame technologie niet in die mate de leercurve kan doorlopen waardoor deze ook interessant wordt voor de vervolggroepen.

Voor duurzame technologieën geldt bovendien dat de marktprijs van de 'onduurzame' bestaande technologie een vertekend beeld geeft. Een voorbeeld uit de elektriciteitsopwekking: bij opwekking met fossiele brandstoffen worden CO<sub>2</sub> en andere verontreinigingen uitgestoten in de atmosfeer, waarvan de nadelige effecten bij benadering in geld kunnen worden uitgedrukt. Deze zogenoemde externe effecten worden echter niet in de marktprijs van fossiele brandstoffen verdisconteerd. Daardoor wordt voor duur-

zame technologieën in het algemeen een te hoge lat gelegd voor hun marktdoorbraak. Baanbrekende duurzame innovaties moeten dus vaak een dubbele barrière doorbreken. De technologie is in eerste instantie nog onvolmaakt (dit geldt ook voor andere baanbrekende innovaties), en bovendien is het relatieve voordeel van deze technologieën niet zozeer een consumentenvoordeel maar een maatschappelijk voordeel. Hierdoor bestaat er een minder natuurlijke experimenteeruimte voor deze innovaties waardoor ze het benodigde niveau van volmaaktheid moeilijk kunnen bereiken.

### 3.4 Er is hoop: de ontwrichtende innovaties

Het voorgaande doet haast denken dat er weinig hoop is voor duurzame baanbrekende innovaties. Er is echter toch hoop. Er zijn veel voorbeelden van baanbrekende innovaties die juist door hun incompatibiliteit met bestaande technologieën een geheel ander traject volgen en door hun superioriteit de bestaande technologieën in korte tijd geheel overvleugelen. Dit is fraai beschreven door Christensen<sup>9</sup>. Wij spreken dan van *ontwrichtende innovaties*. Deze behoren tot de categorie van baanbrekende innovaties, maar worden ‘ontwrichtend’ genoemd vanwege hun vernietigende effect op de bestaande bedrijfstak. Ontwrichtende innovaties zijn innovaties met in eerste instantie inferieure kwaliteiten waardoor ze niet interessant zijn voor gevestigde bedrijven, maar die zich in niches zó snel ontwikkelen dat ze een snelle doorbraak forceren.

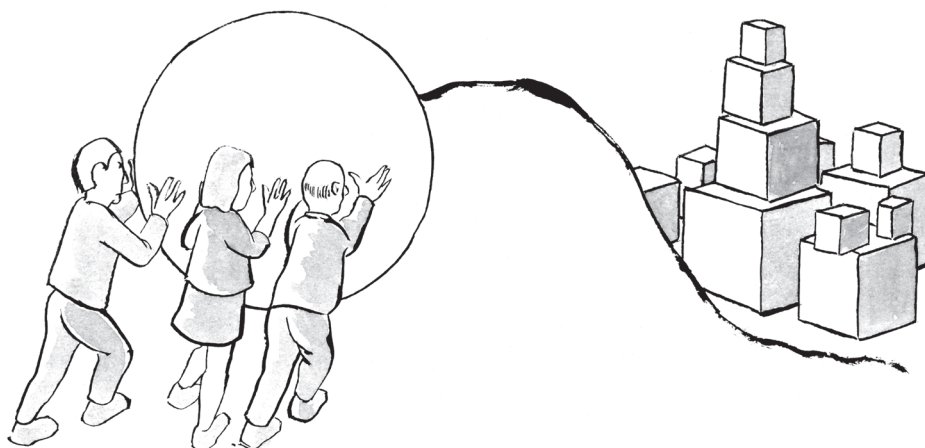
In 1982 publiceerden Peters en Waterman hun boek ‘In Search of Excellence’<sup>10</sup>, één van de meest geprezen en verkochte publicaties over bedrijfsvoering ooit. Het boek behandelt 43 ‘excellente’ bedrijven in de Verenigde Staten en onderzoekt de achtergronden in termen van management en innovatie van hun buitengewone prestaties. De 43 bedrijven blonken zonder uitzondering uit in langdurige winstgevendheid en voortdurende innovatieprocessen.

In 1984 publiceerde Business Week echter al een commentaar onder de titel ‘Oops. Who’s excellent now?’<sup>11</sup>, waarin werd signaleerd dat binnen vijf jaar nadat Peters en Waterman hun gegevens hadden verzameld, veel van de 43 bedrijven helemaal niet meer zo excellent waren. Sterker nog, een derde van de bedrijven uit het boek was in financieel zwaar weer terecht gekomen, met name in sectoren met een sterke technologische ontwikkeling. Hoe was dat mogelijk?

Christensen heeft later het verschijnsel dat bij veel bedrijven speelde ‘het dilemma van de innoverende ondernemer’ genoemd. Deze bedrijven, zelf voldoende innovatief ingesteld, werden ingehaald door een nieuwe golf van innovaties, de ‘ontwrichtende innovaties’. Een ontwrichtende innovatie is een vernieuwing die zich aanvankelijk afspeelt in de marge van de betreffende sector, zoals bij digitale fotografie, maar die daarna in korte tijd de bestaande technologie overvleugelt.

In de fotografiemarkt hebben de marktleiders van de analoge fotografie (Kodak, Fuji) zich weten te handhaven. Christensen beschrijft echter dat op een aantal andere markten de marktleiders volkomen op achterstand zijn gezet door een opkomende ontwrichtende technologie, zoals die van harddisks (1976-1993) en van hydraulische graafmachines (1948-1965). In deze markten werden de marktleiders voortdurend ver-





Creatieve destructie

drongen door nieuwkomers – volgens Christensen niet door mismanagement maar juist doordat zij goed werden geleid. Hoe kon dit gebeuren?

Om dit verschijnsel te beschrijven stelt Christensen tegenover ontwrichtende innovaties de ondersteunende (sustaining) innovaties. Ondersteunende innovaties kunnen incrementeel of radicaal zijn; hun gemeenschappelijke kenmerk is dat zij de prestaties van bestaande producten verbeteren, gemeten aan criteria die de meerderheid van de klanten aanlegt. Succesvolle bedrijven zullen zich in het algemeen toeleveren op ondersteunende innovaties. Ontwrichtende innovaties presteren vaak juist *slechter* bij de meeste op de markt zijnde producten, maar ze hebben zeer aantrekkelijke kenmerken in nichemarkten voor kleine (en vaak nieuwe) klanten. Producten op basis van ontwrichtende technologieën zijn in het algemeen goedkoper, eenvoudiger, kleiner en vaak handiger in het gebruik.

De nieuwe technologie wordt pas ontwrichtend wanneer deze zich op basis van de omzet in de nichemarkt aanzienlijk sneller gaat ontwikkelen dan de ondersteunende technologie. Vooral in de elektronica zijn hiervan veel voorbeelden. In 1980 bijvoorbeeld, toen de 5,25 inch disk drive op de markt werd gebracht, was deze door zijn kleinere prestaties ten opzichte van de gebruikelijke 14 en 8 inch disk drives niet interessant voor de grote markt van minicomputers, maar wél voor de snel opkomende markt van desktopcomputers. Op deze markt braken ze door, waarna ze door snelle technologische ontwikkeling de standaard werden. Omdat desktopcomputers niet veel later de markt van minicomputers overnamen door hun snel toenemende prestaties, werd de 5,25 inch drive de standaard – totdat deze weer door nieuwe modellen werd overvleugeld.

Marktleiders hebben in het algemeen grote moeite om de waarde van een ontwrichtende innovatie op tijd in te schatten; ze komen doorgaans pas in actie als het (bijna) te laat is. Dat is, nogmaals, niet het gevolg van tekortschietend management. Christensen noemt vijf factoren die tot het beperkte reactievermogen van marktleiders bijdragen.

1. *Bedrijven zijn voor hun inkomsten afhankelijk van klanten en financiers.* Managers kunnen wel denken dat zij de prioriteiten bepalen, maar deze worden in feite bepaald door hun klanten. De meest succesvolle ondernemingen zijn juist zij die er het best in zijn ideeën die slecht vallen bij hun klanten de nek om te draaien. Omdat de ontwrichtende technologie zich in eerste instantie vertoont als slechter renderend en minder aantrekkelijk voor de klanten, hebben juist deze bedrijven moeite om ze te omarmen. De enige succesvolle mogelijkheid voor zo'n bedrijf om op tijd in te springen op zo'n technologie, is het opzetten van een autonoom dochterbedrijf dat zich toelegt op ontwikkeling van de nieuwe technologie en bediening van nieuwe klantgroepen.
2. *Kleine markten voldoen niet aan de behoeften van grote bedrijven.* Succesvolle bedrijven moeten groeien, om marktaandeel te behouden en hun werknemers uitdagingen te verschaffen. Naarmate ze groter worden groeit ook hun behoefte aan extra omzet in het volgende jaar. Nichemarkten voldoen niet aan die behoefte – en als het bedrijf wacht totdat de markt groot genoeg is om daarop in te springen, blijken de bedrijven die in deze markt zijn groot geworden in het geval van een ontwrichtende technologie vaak al een onoverbrugbare voorsprong te hebben genomen.
3. *Markten die niet bestaan kunnen niet worden geanalyseerd.* Goed management blijkt onder meer uit gedegen marktonderzoek en goede planning gevolgd door strakke uitvoering van het plan. Maar als er geen marktgegevens bestaan en kosten nog niet goed kunnen worden voorspeld, tast zo'n goed geleid bedrijf volkomen in het duister. Beslissingen over ontwrichtende technologieën met methoden ontwikkeld voor ondersteunende technologieën blijken dan ook vaak volkomen verkeerd.
4. *De kunde van een bedrijf bepaalt ook zijn onkunde.* De kunde van een bedrijf wordt vooral bepaald door bedrijfsprocessen en bedrijfswaarden. In de bedrijfsprocessen worden arbeid, energie, materialen, informatie, geld en technologie omgezet in producten van meerwaarde. De bedrijfswaarden vertegenwoordigen de criteria die management en werknemers aanleggen bij beslissingen. Processen en waarden kunnen niet zomaar veranderd worden, en dit beperkt het soort projecten dat bedrijven succesvol kunnen oppakken. Toegepast op de ontwrichtende technologie: managers die hun sporen hebben verdiend in ondersteunende technologieën, kunnen het heel slecht doen bij ontwrichtende technologieën.
5. *Technologische ontwikkeling gaat soms veel sneller dan nodig is om klantenwensen te bevredigen.* Hoog-technologische bedrijven proberen doorgaans hun technologie verder te ontwikkelen in de strijd met de concurrentie. Gaat die ontwikkeling erg snel, dan kunnen ze producten op de markt brengen waar hun klanten (nog) geen behoefte aan hebben. De concurrerende ontwrichtende technologie, die zich eveneens snel ontwikkeld heeft, voldoet dan soms beter aan de wensen van de hoofdmoot van de markt. Functionaliteit is dan geen onderscheidend criterium meer voor de klant, waardoor andere factoren (betrouwbaarheid, gebruiksgemak en uiteindelijk prijs) de keuze gaan bepalen – factoren waarin de ontwrichtende technologie (vaak goedkoper, eenvoudiger, kleiner en handiger in het gebruik) beter kan scoren. In zulke omstandigheden presteren die grote bedrijven het best die voortdurend op de hoogte blijven van de manier waarop hun klanten hun producten gebruiken.

Kortom, ontwrichtende innovaties zijn een groot gevaar voor gevestigde bedrijven. In het algemeen worden zulke innovaties ontwikkeld door nieuwkomers, terwijl de gevestigde orde ze afdoet als inferieur omdat ze niet voldoen aan de op dat moment geldende kwaliteitscriteria. Ontwrichtende innovaties kunnen markten overnemen door hun sterke technologische groei in nieuwe markten en misschien ook wel door veranderende kwaliteitscriteria.

We passen deze inzichten toe op baanbrekende duurzame innovaties. Het milieu wordt in veel mainstream producten nog niet als kwaliteitscriterium beschouwd. Alternatieven die dit wel doen worden vaak aangezien als inferieur en niet passend. Daarom worden ze in het algemeen ontwikkeld door nieuwkomers en niet door gevestigde bedrijven. En als deze laatste zo'n ontwikkeling op zich nemen, dan stappen ze er ook vaak weer snel uit omdat de groei van dat moment tegenvalt. Zo heeft Shell in 2007 zijn activiteiten op het terrein van zonne-energie, en in 2009 die op het terrein van windenergie stopgezet.

Toch is het mogelijk dat sommige duurzame technologieën zich zó snel gaan ontwikkelen dat zij de gevestigde bedrijven verrassen en zich ontpoppen als ontwrichtende innovatie. Zo iets laat zich moeilijk voorzien, maar op het moment van schrijven zou bijvoorbeeld de elektrische auto zich zo kunnen ontwikkelen.

### 3.5 Conclusies

Baanbrekende innovaties worden vaak gehinderd door de onvolmaaktheid van de technologie zelf. Daarnaast wordt het succes van baanbrekende innovaties gehinderd door de zeer goede inbedding van bestaande concurrerende technologie in onze maatschappij. Deze lock-in situatie blijkt zeer moeilijk te doorbreken. Een van de belangrijkste redenen is het grote belang dat grote machtige bedrijven hebben bij de huidige status quo. De literatuur over ontwrichtende innovaties leert ons echter dat deze gevestigde orde bedrijven er niet altijd in slagen om hun marktpositie te behouden. Er zijn veel gevallen bekend van baanbrekende innovaties die een ontwrichtend effect hebben op een bestaande bedrijfstak. Hieruit valt hoop te putten voor duurzame baanbrekende innovaties die momenteel moeilijk van de grond komen. In het volgende hoofdstuk presenteren we het innovatiesysteem raamwerk dat dient als kapstok om strategieën te destilleren die baanbrekende innovaties kunnen versnellen.

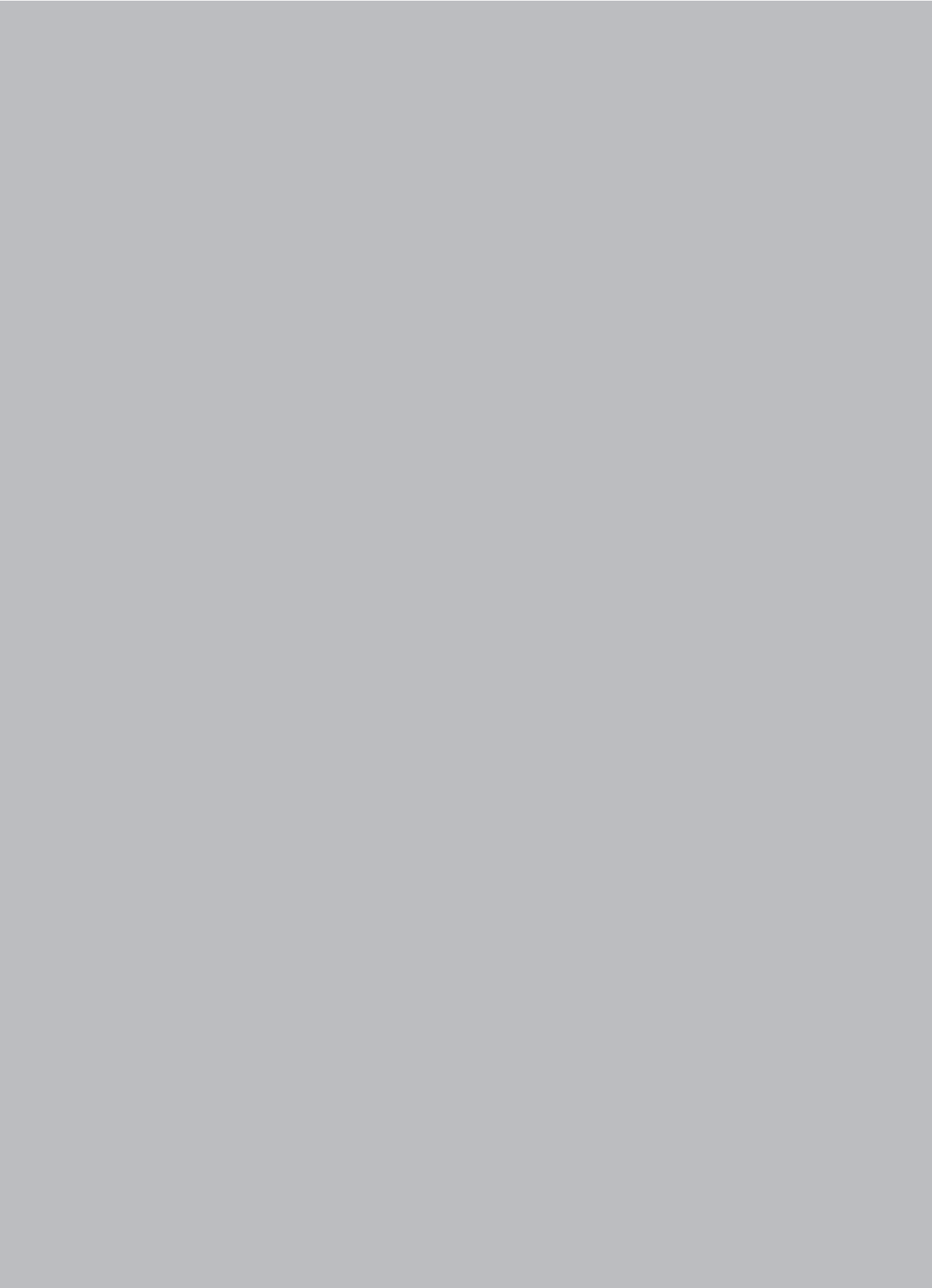
#### Noten

- 1 Rogers, Everett M. (2003). *Diffusion of Innovations*. Fifth Edition, Free Press, New York.
- 2 Wheelwright SC, Clark KB. (1992). *Revolutionizing product development*. New York, USA: The Free Press.
- 3 Utterback, James M. (1996). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Harvard Business School Publishing, Boston, MA.
- 4 In veel transitieliteratuur wordt het begrip systeeminnovatie gelijk gesteld aan een technologisch transitieproces. Het idee is dan dat een systeeminnovatie gepaard gaat met grote veranderingen in de maatschappij en dat het een enorme sprong genereert in milieuprestatie. In dit boek gebruiken we het woord systeeminnovatie op een andere manier. Een systeeminnovatie is geen transitieproces. Het betreft gewoon een technologische innovatie waarvoor grote aanpassingen nodig zijn om deze te kunnen

gebruiken. Een systeeminnovatie hoeft in onze definitie ook helemaal geen positief effect te hebben op het milieu. In de transitieliteratuur staat een systeeminnovatie bijvoorbeeld voor een verandering van het gehele transportsysteem of van het complete energiesysteem. In onze definitie is een systeeminnovatie puur een technologische innovatie die een bijdrage levert aan bijvoorbeeld de verandering van het transportsysteem of het energiesysteem. De systeeminnovaties in dit boek zijn dus een onderdeel van de systeeminnovaties zoals gebruikt door de transitieonderzoekers en -beleidsmakers.

- 5 Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy* (1982) 11:147–162.
- 6 G. Unruh, Understanding Carbon Lock-in, *Energy Policy* 28 (2000), pp. 817–830.
- 7 Moky, J. High technology in the low countries: Geschiedenis van de techniek in Nederland. *Technology and Culture* 42, 133-136 (2001).
- 8 Rogers onderscheid nog twee karakteristieken: uitprobeerbaarheid en zichtbaarheid.
- 9 Christensen, Clayton M. (2005). *The Innovator's dilemma*. New York.
- 10 Peters, Thomas J. en Robert H. Waterman (1982). *In Search of Excellence: Lessons from America's best-run companies*. Harper & Row, New York.
- 11 *Business Week* ("Oops. Who's excellent now?", November 5, 1984).





**Hoofdstuk**

**4**

# **Soorten innovatiesystemen**

Het concept ‘innovatiesysteem’ heeft als belangrijkste boodschap dat innovatie niet een afgezonderde activiteit is die buiten de samenleving staat, maar dat het een proces is dat door veel verschillende actoren in de samenleving wordt beïnvloed. Chris Freeman, een van de eersten die de term introduceerde, omschrijft een innovatiesysteem als ‘het netwerk van instituties in de publieke en private sector, die met hun handelingen en hun onderlinge relaties nieuwe technologieën van de grond krijgen, introduceren, wijzigen en verspreiden’.<sup>1</sup> Boschma, Frenken en Lambooy<sup>2</sup> omschrijven een innovatiesysteem als ‘een systeem dat bestaat uit elementen (organisaties en instituties) waartussen relaties bestaan die de ontwikkeling, de toepassing en de diffusie van innovaties beïnvloeden’.

Het innovatiesysteem rondom een bepaalde innovatie bestaat uit betrokken actoren (de mensen, organisaties en partijen) en instituties (de ‘regels van het spel’). Tot de actoren uit het innovatiesysteem rekenen we:

- bedrijven, die nieuwe technologieën, hetzij uit eigen R&D, hetzij van kennisleveranciers, verder willen ontwikkelen en commercialiseren;
- kennisinstellingen, vaak ingesteld met het uitdrukkelijke doel nieuwe levensvatbare technologieën te ontwikkelen;
- onderwijsinstellingen die zorgen voor goed opgeleide arbeidskrachten;
- financiële organisaties, die de financiële middelen voor de ontwikkeling leveren;
- overheden, die middels een breed instrumentarium innovatie kunnen bevorderen;
- intermediairs, soms afkomstig uit de al genoemde organisaties en soms van daar buiten, die proberen de ontwikkeling te bevorderen en vaak ook in een specifieke richting te sturen.

Tot de instituties rekenen we formele instituties zoals wet- en regelgeving, subsidieprogramma’s en formele beleidsdoelen en informele instituties zoals cultuur, waarden en normen en gewoonten.

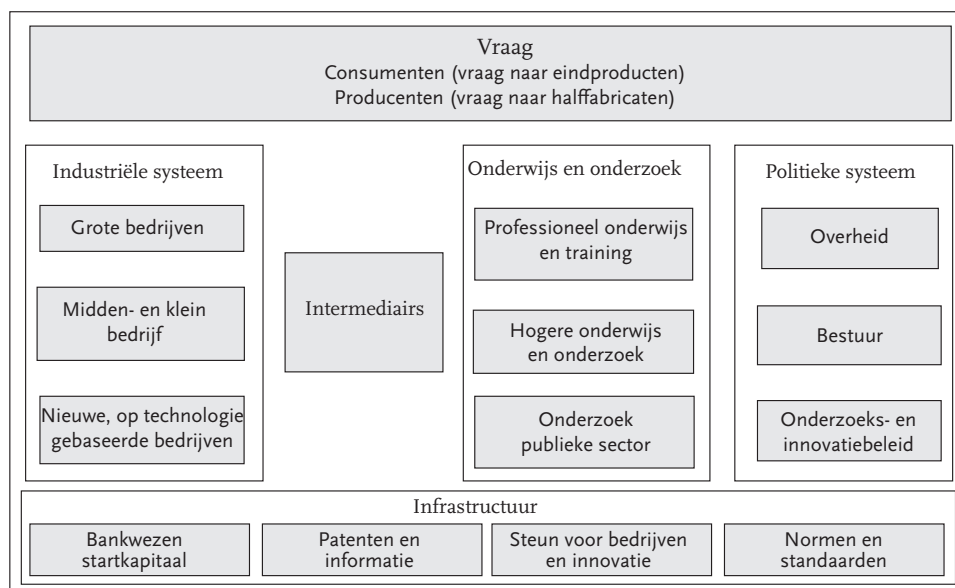
In dit korte hoofdstuk beschrijven we de verschillende soorten innovatiesystemen die in de literatuur worden onderscheiden: het nationale innovatiesysteem (4.1), het regionale innovatiesysteem (4.2) en het technologische innovatiesysteem (4.3). Met name deze laatste is voor ons van belang, omdat het goed bruikbaar blijkt voor het begrijpen van processen die juist bij duurzame baanbrekende innovaties spelen.

## 4.1 Nationale innovatiesystemen

De eerste ontwikkelaars van het begrip ‘innovatiesysteem’ beschouwden de grens van een land als grens van het innovatiesysteem<sup>3 4</sup>. Vele organisaties met invloed op vorming en ontwikkeling van innovatiesystemen werken in een nationale context, evenals de regels die zij voortbrengen en die de ontwikkeling van de nieuwe technologie mede bepalen. We spreken dan van *Nationale Innovatiesystemen*. Nationale innovatiesystemen ontlenen hun belang aan nationaal industrie- en technologiebeleid. Het bestuderen van nationale innovatiesystemen had mede tot doel een vergelijkende studie te maken tussen verschillende landen in termen van innovatievermogen om te ontdekken of het ene land beter presteerde in innovativiteit dan het andere. Men zoekt de verklaring



voor de verschillen in innovativiteit in de nationale instituties en actoren die bezig zijn met innovatie. Nationale innovatiesystemen hebben geen technologische focus; *alle* innovaties die binnen een land worden ontwikkeld vallen hieronder. Figuur 10 geeft een schematisch overzicht van de elementen die gezamenlijk het nationale innovatiesysteem vormgeven.<sup>5</sup>



Figuur 10 Verschillende elementen die gezamenlijk het Nationale Innovatiesysteem vormgeven

Het concept Nationale Innovatiesystemen heeft een enorme vlucht genomen en vormt een populair denkkader onder nationale beleidsmakers en internationale organisaties als de EU en OECD. De belangstelling hiervoor wordt voornamelijk aangewakkerd door het idee dat het innovatievermogen van een land te stimuleren is door goed te leren van hoe andere landen hun nationale innovatiesysteem hebben ingericht. Het concept wordt zoals gezegd dan ook veelvuldig gebruikt om het innovatiesysteem van het ene land te vergelijken met dat van een andere. Het betreft dan voornamelijk het bestuderen van de instituties die in de verschillende landen aan- of afwezig zijn en het effect daarvan op innovatie. Zo werd Finland een tijdje gezien als een voorbeeld voor andere landen met betrekking tot hun inrichting van het innovatiesysteem. Vooral de directe sturing van een commissie met veel aanzien en invloed, onder leiding van de Finse minister-president, werd gezien als een belangrijke sleutel voor succes. Dit is vervolgens door andere landen gekopieerd, waaronder ook Nederland met het innovatieplatform.

Door sommigen wordt het idee van Nationale Innovatiesystemen aangevochten aangezien technologieontwikkeling toch een heel internationaal proces is. Er dient volgens hen gedacht te worden in termen van een *internationaal* innovatiesysteem, bijvoorbeeld een Europees innovatiesysteem.<sup>6</sup> Volgens anderen<sup>7</sup> bestaat zo'n innovatiesysteem

echter maar zeer ten dele. Ten eerste financiert de EU, ondanks het in het leven roepen van grote programma's, nog altijd niet meer dan 5% van de civiele R&D in Europa. En ten tweede is de behoefte aan nationale sturing en samenwerking nog onverminderd groot. Het denken in termen van Nationale Innovatiesystemen zal dus nog wel een tijdje standhouden.

## 4.2 Clusters en Regionale Innovatiesystemen

Naast het succes van Nationale Innovatiesystemen kwam er ook steeds meer belangstelling voor specifieke regio's. Gebieden als Silicon Valley maakten duidelijk dat de innovatieactiviteit niet gelijk was verdeeld binnen landen. Silicon Valley is een regio in California, die vooral bekend is geworden door de enorme clustering van ICT-bedrijven. Silicon Valley wordt alom gezien als een succesregio vanwege het grote aantal snel groeiende bedrijven in de regio en de enorme snelheid waarmee nieuwe bedrijven werden opgezet. Ook de kennisuitwisseling tussen ondernemingen en plaatselijke universiteiten werd als zeer succesvol aangemerkt. Al snel werd er dan ook gezocht naar de succesformule van zo'n uitzonderlijk goed presterende regio. Nieuwe termen als *clusters* en Regionale Innovatiesystemen stegen snel op het lijstje van populaire beleidswoorden. Het grote succes van het werk van Michael Porter<sup>8</sup> en de daaruitvolgende belangstelling voor regionale clusters heeft hier zeker aan bijgedragen.

Regionale Innovatiesystemen zijn in opkomst, vaak als gevolg van bewust beleid van regionale overheden, en geïnspireerd door het succes van regionale samenwerkingsverbanden zoals Silicon Valley, maar ook de regio rond Boston en de regio Eindhoven. Onderzoek laat zien dat de lokale omgeving een groot effect heeft op innovaties. Door regionale clustering van activiteiten wordt de innovatiekracht van bedrijven vergroot<sup>9</sup>, waarbij directe contacten een belangrijke rol spelen. Regionale overheden grijpen dit idee aan om de economische ontwikkeling in hun regio te stimuleren, vaak door het kiezen van een thema voor regionale duurzame ontwikkeling. Zo opereert in het noorden van het land de stichting Energy Valley, in 2003 opgericht 'om de noordelijke energie-economie en -werkgelegenheid uit te bouwen via duurzame innovaties die aansluiten bij de regionale kansen'. De stichting is een typische intermediair die helpt bij het vinden van samenwerkingspartners en financiering. Andere regio's in Nederland hebben soortgelijke ambities. Zo wil Twente, aanhakend bij de gelijknamige universiteit, een wereldtoppositie bereiken op het gebied van nanotechnologie. Limburg wil zich specialiseren in zonnecellen. In de regio Eindhoven wil men de traditioneel sterke positie handhaven op het gebied van elektronica en Rotterdam ten slotte wil een centrum worden in de nieuw te ontwikkelen markt van biomaterialen en klimaatneutrale technologie. In elk van deze regio's worden bewust innovatiesystemen opgebouwd die voor die regio het betreffende doel nastreven.

### 4.3 Technologische Innovatiesystemen

In dit boek zijn we met name geïnteresseerd in het achterhalen van de factoren die bepalen of duurzame innovaties wel of niet doorbreken. Een focus op landen of regio's is daarbij niet erg bruikbaar aangezien deze een groot aantal sectoren, met daarbinnen weer een groot aantal nieuwe innovaties, herbergen. Als we iets willen zeggen over doorbraakfactoren rond een specifieke nieuwe technologie dan moeten we juist ook inzoomen op deze specifieke technologie. Dat gebeurt bij het denken vanuit Technologische Innovatiesystemen. Een technologisch innovatiesysteem kunnen we omschrijven als een netwerk van spelers die binnen een specifieke institutionele infrastructuur invloed uitoefenen op de ontwikkeling en toepassing van een nieuwe technologie.<sup>10</sup> Zo is er bijvoorbeeld sprake van een innovatiesysteem rond zonne-energie en van een ander innovatiesysteem rond biobrandstoffen.

De focus van een technologisch innovatiesysteem is dus beperkter dan van een nationaal innovatiesysteem. Binnen een land kunnen vele technologische innovatiesystemen functioneren – en deze overschrijden vaak, al naar gelang de relaties tussen de deelnemers aan dit systeem, ook de nationale grenzen. Zo is het succes van zonne-energie in Nederland ook afhankelijk van de onderzoek- en ontwikkelingsactiviteiten in Japan en Duitsland.

Het is belangrijk om te realiseren dat een innovatiesysteem een theoretisch construct is. Het is een manier van kijken naar de werkelijkheid, omdat ons dat helpt om te snappen wat er in die werkelijkheid gebeurt. Een innovatiesysteem is dus geen vereniging waar partijen lid van kunnen worden. Het is zelfs zo dat er veel spelers zullen zijn die actief bijdragen aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologie, terwijl ze zich helemaal niet bewust zijn dat ze onderdeel zijn van een innovatiesysteem.

Ook partijen die actief bezig zijn een technologie tegen te werken zien we als onderdeel van het innovatiesysteem. Het innovatiesysteem probeert namelijk al die krachten die inwerken op de technologie en daardoor de snelheid en richting van ontwikkeling en diffusie bepalen te incorporeren.

Het is ook mogelijk dat partijen een onderdeel zijn van meerdere innovatiesystemen. Een milieubeweging kan bijvoorbeeld door lobby-acties invloed uitoefenen op het slagen of falen van verschillende technologieën en is dan ook onderdeel van meerdere technologische innovatiesystemen. Ook een bedrijf dat werkt aan diverse technologische innovaties neemt deel aan verschillende technologische innovatiesystemen.

Aangezien we het hebben over een systeem is het te verwachten dat er duidelijke grenzen zijn wie wel en niet thuishoort in het systeem. We zijn hier vrij pragmatisch in. Een ieder die op de een of andere manier invloed uitoefent op een technologisch ontwikkelingstraject is op dat moment onderdeel van het systeem. Het is dus niet op voorhand te zeggen wie er wel en niet bijhoort. Gedurende de ontwikkeling van een nieuwe technologie wordt pas duidelijk wie er eigenlijk allemaal bijhoren. Als partijen stoppen met het leveren van een positieve dan wel negatieve bijdrage, dan verlaten ze ook weer het systeem. Kortom, de systeemgrenzen zijn niet hard en vooraf bepaald, maar worden pragmatisch vastgesteld en zijn continu in verandering.

Hoe zit het dan met het maken van een onderscheid tussen het ene en het andere innovatiesysteem? Laten we dit eens bekijken aan de hand van een voorbeeld. Op het

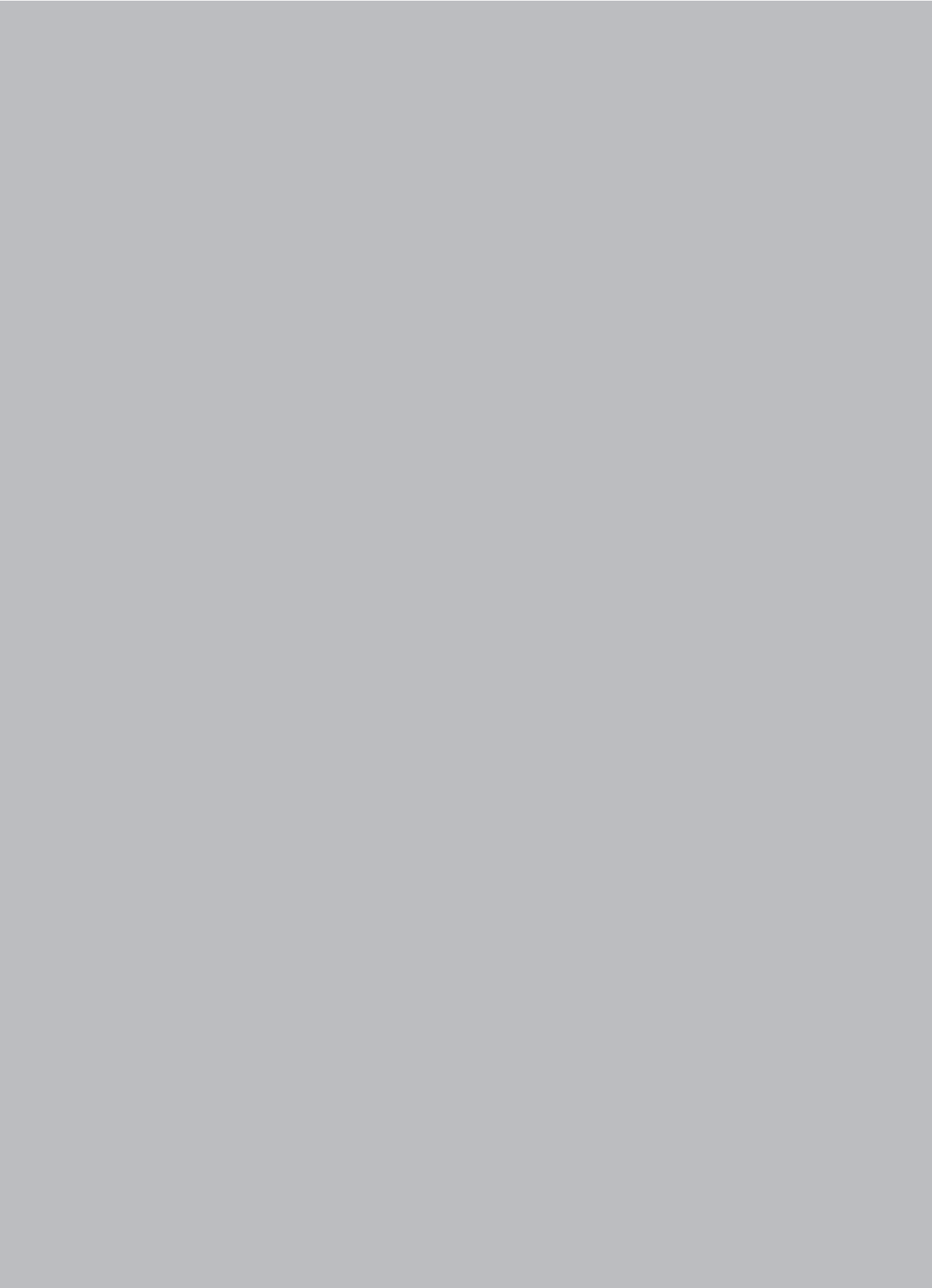
gebied van zonnepanelen kan onderscheid gemaakt worden tussen kristallijne silicium zonnecellen en amorf silicium zonnecellen. De eerste soort zijn de bekende panelen die op daken worden aangebracht. De tweede soort is een flexibel type zonnecel dat in allerlei vormen kan worden geïntegreerd in bouwconstructies. Het laatste type wordt het minst toegepast. Sommige onderzoeksinstellingen zijn gespecialiseerd in kristallijne zonnecellen en andere meer in armorfe. Ook bij de zonnecelleveranciers zien we dat er keuzes worden gemaakt voor het ene of het andere type. We kunnen dus stellen dat in onderzoek en productie de spelers verschillend zijn. Echter, veel van de stimulerende maatregelen die van toepassing zijn op zonne-energie maken eigenlijk geen onderscheid tussen beide typen. Juist dit type maatregelen is weer van grote invloed op de houding van financiers van zonne-energieprojecten. De interesse van financiers zal met name worden bepaald door de te verwachten omvang van de zonne-energiemarkt als geheel, en minder door de verschillen tussen de twee technologieën. Kortom, de twee innovatiesystemen verschillen in sommige opzichten en overlappen elkaar ook in belangrijke mate.

De vraag of het zinnig is om onderscheid te maken tussen deze twee technologische innovatiesystemen hangt dan ook voornamelijk af van het doel van de onderzoeker of beleidsmaker. Wil deze inzicht krijgen in de factoren die van invloed zijn op de concurrentie tussen beide zonne-energie typen, dan is het zinnig om dit onderscheid te maken. Is de onderzoeker vooral geïnteresseerd in de factoren die het succes van zonne-energie als geheel bepalen, dan is dit onderscheid overbodig. Dit voorbeeld laat nog eens zien dat het innovatiesysteem dus een construct is dat door de onderzoeker wordt gebruikt om inzichten te verkrijgen. Het kan te allen tijde worden aangepast aan de vraag die de onderzoeker zichzelf stelt.

## Noten

- 1 C. Freeman (1987). *Technology Policy and Economic Performance – Lessons from Japan*. Pinter, 580.
- 2 Boschma, R.A., K. Frenken en J. G. Lambooy (2002). *Evolutionaire economie*. Coutinho.
- 3 B.A. Lundvall (1992), *National Systems of Innovation – Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London, pp. 1–19. 582.
- 4 Nelson, R. R. (1993). *National Innovation Systems – A comparative Analysis*. Oxford University Press, USA.
- 5 Dit figuur is een vertaling van een veel gebruikt figuur door Stephan Kuhlman, hoogleraar aan de TU Twente. Het figuur kan worden gevonden in: Kuhlmann, S. and E. Arnold (2001). RCN in the Norwegian Research and Innovation System. \_Background Report No. 12 in the Evaluation of the Research Council of Norway\_. Oslo.
- 6 Caracostas, P., L. Soete (1997). *The Building of Cross-Border Institutions in Europe: Towards a European System of Innovation*. In: Edquist, C. (Ed.), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions, and Organizations*. Pinter, London, pp. 395–419.
- 7 Boschma, R.A., K. Frenken en J. G. Lambooy (2002). *Evolutionaire economie*. Coutinho, pp. 166-167.
- 8 Porter, M.E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press, New York.
- 9 Porter, M.E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press, New York.
- 10 Carlsson, B., R. Stankiewicz (1991). *On the nature, function and composition of technological systems*. *Journal of Evolutionary Economics* (1) (1991) 93–118. 579.





**Hoofdstuk**

**5**

# **De opbouw van innovatiesystemen: de basis**

Het technologisch innovatiesysteem bestaat uit de actoren en instituties die invloed uitoefenen op de richting en snelheid van een specifieke innovatie. Hoe beter een dergelijk innovatiesysteem functioneert, hoe groter de kans dat het zal leiden tot een succesvolle ontwikkeling en toepassing van de betreffende innovatie. Wanneer een geheel nieuwe innovatie wordt ontwikkeld, zijn er over het algemeen nog maar heel weinig spelers bij betrokken. Naarmate de ontwikkeling vordert neemt ook het aantal geïnteresseerde partijen toe, waardoor het innovatiesysteem groeit in omvang. Het doorgronden van dit groeiproces is van cruciaal belang: hier ligt het fundament van het begrijpen waarom sommige technologieën wel doorbreken en andere niet.

In hoofdstuk 3 hebben we beschreven dat een nieuwe technologie altijd eerst moet concurreren met een bestaande technologie die optimaal is afgestemd op de behoeften van de samenleving en daarin sterk is ingebed. We hebben dit aangeduid met de term 'lock-in'. Om deze toestand van lock-in te doorbreken dient een groot en krachtig innovatiesysteem rondom de nieuwe technologie te worden opgebouwd dat in staat is de bestaande lock-in-situatie te doorbreken.

De sleutel voor het managen van innovatietrajecten rond duurzame baanbrekende innovaties en het stimuleren van dergelijke innovaties middels beleid houdt dus in dat er bewust wordt gestuurd op het optimaal faciliteren van de opbouw van een opkomend technologisch innovatiesysteem. In de nu volgende hoofdstukken zullen we heel precies aangeven welke processen dienen plaats te vinden in een dergelijke opbouw van een innovatiesysteem. We beschrijven nu allereerst enkele bouwstenen die nodig zijn om dit proces goed te begrijpen.

## 5.2 Aanjagers en selectoren

Om innovatiesystemen goed op te bouwen moeten twee soorten rollen worden vervuld. Het fundament van het systeem moet worden opgebouwd door initiatiefnemers, die we *aanjagers* zullen noemen. Het opgebouwde fundament moet vervolgens verder groeien door de instroom van nieuwe spelers, die we *selectoren* zullen noemen. Beide rollen zijn onontbeerlijk en even belangrijk.

*Aanjagers* zijn nodig om het proces in beweging te zetten. Het zijn bijvoorbeeld de wetenschappelijke onderzoekers of technologieontwikkelaars – dan wel de onderzoeksinstituten of innoverende bedrijven waarbij deze werkzaam zijn. Aanjagers zijn mensen of bedrijven die een heilig geloof hebben in de toekomstige mogelijkheden van de nieuwe technologie. Vaak vormt de nieuwe technologie een rode draad in de carrière van deze mensen dan wel is het voortbestaan van het bedrijf afhankelijk van het succes van de nieuwe technologie. Aanjagers zijn over het algemeen zeer gedreven en in staat om ook in perioden van enorme tegenwind vol enthousiasme door te gaan met het werken aan de nieuwe technologie. Technologische tegenslag wordt niet gezien als een reden om te stoppen met ontwikkeling maar juist als een reden om door te gaan, deze te overwinnen zodat de toekomst van de nieuwe technologie dichterbij komt. We mogen stellen dat aanjagers enorme technologie-optimisten zijn! Ze zijn in staat om verder te kijken dan het huidige functioneren van de technologie; ze zien heel scherp



de toekomstige mogelijkheden. Aanjagers zijn dan ook heel goed in het formuleren van beloften. Ze stellen bijvoorbeeld dat over tien jaar de technologie in staat zal zijn om zeer goedkoop en schoon energie op te wekken. Vaak zijn deze beloften niet realistisch. Ons onderzoek laat zien dat technologische innovatietrajecten vaak veel langer nodig hebben om een succes te worden dan door veel partijen in eerste instantie wordt aangenomen. Toch zijn deze beloften van cruciaal belang in de groei van het innovatiesysteem. Ze verleiden namelijk andere partijen om zich ook bezig te gaan houden met deze nieuwe ontwikkelingen waardoor het innovatiesysteem groeit.

In een aantal gevallen werken aanjagers bij onderzoeksafdelingen van grote multinationals. Ze stuiten op nieuwe technologie en krijgen van de multinational de ruimte om verder te werken aan de nieuwe technologie. Op een zeker moment wil het bedrijf resultaten zien die nog niet geleverd kunnen worden door de onderzoekers waarop het bedrijf de onderzoeksactiviteiten besluit te stoppen. Wat dan volgt kenmerkt de aanjager: in plaats van zich te schikken naar de wensen van het hoofdkantoor, besluiten ze toch verder te gaan met de ontwikkeling van de nieuwe technologie waarin ze zijn gaan geloven. Ze beginnen voor zichzelf en verlaten als spin-off het moederbedrijf. Een voorbeeld van een bedrijf dat op deze manier is ontstaan is de Nederlandse brandstofcelontwikkelaar Nedstack die is voortgekomen uit Akzo-Nobel.

Esther Luiten heeft de ontwikkeling van een aantal energie-efficiënte technologieën onderzocht. Uit haar proefschrift blijkt het belang van een klein aantal mensen dat onverstoord doorgaat met het ontwikkelen van de technologie waar men in gelooft. Als een bedrijf besluit te stoppen met de ontwikkeling, zien we deze mensen overstappen naar andere bedrijven waar vervolgens het werk weer wordt opgepakt.<sup>2</sup>

Als een innovatiesysteem enkel uit aanjagers zou bestaan, zouden veel trajecten vroegtijdig stranden. Naast aanjagers zijn namelijk ook *selectoren* nodig. De selector beoordeelt met meer afstand een nieuw technologisch traject en maakt dan een rationele keuze om wel of niet aan het traject bij te dragen. Een selector is met veel minder passie betrokken bij het innovatietraject en maakt zakelijkere keuzes dan de aanjager. Als de ontwikkelingen niet zo snel gaan als gedacht, of als er meer oppositie aanwezig is dan verwacht, dan stappen selectoren net zo gemakkelijk weer uit het innovatietraject en richten hun aandacht vervolgens weer op andere trajecten.

Typische selectoren zijn overheden die middels specifieke onderzoeksprogramma's bepaalde technologieën steunen en onder bepaalde omstandigheden net zo gemakkelijk besluiten om ondersteuning van de nieuwe technologie te stoppen. Ook investeerders vallen onder de selectoren. Ze besluiten op basis van de verwachtingen die ze hebben te investeren in nieuwe technologie, maar kunnen ook besluiten de geldkraan dicht te draaien als ze ergens anders een hoger rendement verwachten. Ook invloedrijke organisaties die goed gehoord worden door de media kunnen een selectorrol vervullen. Door zich positief dan wel negatief uit te laten over de nieuwe technologie beïnvloeden ze het ontwikkelingsstraject. Recentelijk hebben we bijvoorbeeld de milieubeweging duidelijk positie zien innemen tegen bepaalde typen biobrandstoffen. In dit geval vulde de milieubeweging een negatieve selectorrol.

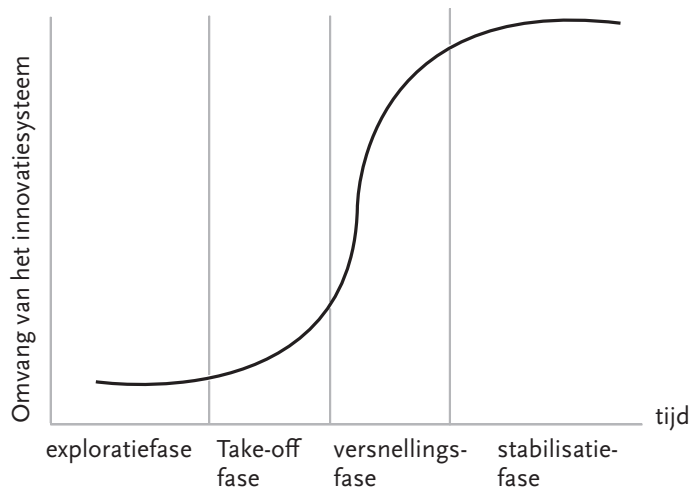
Selectoren zijn een onontbeerlijke aanvulling op aanjagers, omdat ze belangrijke rollen vervullen die aanjagers niet kunnen vervullen. Zo kunnen overheden bijvoor-

beeld bestaande wet- en regelgeving aanpassen aan de nieuwe technologie, en kunnen invloedrijke organisaties lobbyen en verwachtingen rond de nieuwe technologie hoog houden. Financiers kunnen financiële middelen inbrengen, nieuw toetredende onderzoeksgroepen kunnen bijdragen aan de kennisonwikkeling, enzovoort. Selectoren brengen belangrijke voedingsstoffen mee die nodig zijn voor verdere groei.

Een andere belangrijke rol van selectoren is dat ze met hun zakelijke houding goed in staat zijn om innovaties met weinig potentieel vroegtijdig te stoppen. Hiermee wordt voorkomen dat kansloze innovatieprocessen veel te lang worden doorontwikkeld. Waar aanjagers dus zorgen voor een grotere variëteit aan innovaties, zorgen selectoren voor de nodige selectieprocessen. Hier danken ze dan ook hun naam aan. Aangezien middelen voor innovatie eindig zijn is het maken van dergelijke keuzes een zeer belangrijke activiteit.

### 5.3 Fasen in de opbouw van een innovatiesysteem

Het relatieve belang van aanjagers en selectoren verschilt per fase waarin het innovatiesysteem zich bevindt. In het begin zijn de aanjagers de meest belangrijke spelers in het innovatiesysteem, terwijl op een zeker moment de ontwikkelingen zullen stagneren als selectoren niet massaal gaan instappen. Dit is een goede reden om de fasen van ontwikkeling van een innovatiesysteem te beschrijven.



Figuur 11 Fasen in de opbouw van een technologisch innovatiesysteem

Figuur 11 laat de typische groei van een innovatiesysteem zien volgens de veelgebruikte S-curve.

De eerste fase van het ontstaan van innovatiesystemen wordt wel de *exploratiefase* genoemd. Deze fase kan worden getypeerd als een fase waarin gezocht wordt naar nieuwe oplossingen. Vele nieuwe mogelijke opties worden uitgeprobeerd. Er is in deze fase dan ook sprake van een hoge mate van technologische variëteit. Vooral aanjagers zijn nu actief en slechts een bescheiden aantal selectoren, die middels financiële middelen bijdragen aan deze fase.

De tweede fase noemen we de *'take-off'-fase*. In deze fase is veel duidelijker geworden welke technologische configuraties kansrijk zijn. Veel van de eerdere variëteit is afgenomen. Er is nu sprake van het opkomen van een dominant ontwerp. Dit is het ontwerp dat door het merendeel van de aanjagers is overgenomen. Het dominante ontwerp is als het ware de nieuwe standaard op basis waarvan variaties in de innovatie worden beoordeeld. In de take-off-fase komt de innovatie op de markt en gaat de competitie aan met bestaande producten.

De take-off-fase is een hele moeilijke fase. Er vindt technologische competitie plaats tussen de nieuwe, nog niet uitontwikkelde innovatie, en het geoptimaliseerde systeem met bestaande concurrerende technologieën. Vaak is dan ook bescherming nodig in zogenaamde *nichemarkten*, waar relatief weinig concurrentie is. In deze niche-markten kan rustig geleerd worden. Hierdoor kan de innovatie zich verbeteren.

In de take-off-fase worden selectoren belangrijker dan voorheen in het steunen, beschermen, financieren en adopteren van de nieuwe innovatie. Hun bijdrage is helemaal belangrijk als sprake is van een nieuw op te bouwen infrastructuur, die noodzakelijk is om de innovatie goed te kunnen gebruiken. Infrastructuurontwikkeling is een zeer kostbare aangelegenheid. Slechts zelden zijn de aanjagers kapitaalkrchtig genoeg om dit proces voor hun rekening te nemen. Er zijn financiers nodig zoals banken, overheden of kapitaalkrchtige ondernemingen, die kunnen bijdragen aan de bouw van een infrastructuur.

In Figuur 11 lijkt de take-off-fase een korte periode te zijn. Het is als het ware het omslagpunt tussen de exploratiefase en de (volgende) versnellingsfase. Echter, de take-off-fase kan heel lang duren. Soms is een zeer lange periode nodig van leren, technologie verbeteren, marktcreatie en bewustwording van noodzaak tot veranderen. Dit kan ertoe leiden dat een innovatiesysteem soms decennia lang in de take-off-fase 'blijft hangen'. Als alles goed gaat bereikt het innovatiesysteem vervolgens de *versnellingsfase*. Hier vindt een zodanig snelle groei plaats van het innovatiesysteem, dat het een irreversibel proces wordt. Het is dan niet meer zo gemakkelijk om het innovatiesysteem nog af te breken of de groei ervan tegen te houden. De nieuwe technologie is goed ingebed geraakt in de samenleving; er is veel afstemming ontstaan tussen wensen in de samenleving, institutionele structuren en de houding van bedrijven enerzijds en de nieuwe technologie anderzijds. Een mooie term die de staat van het innovatiesysteem in deze fase aanduidt is die van *momentum*; het innovatiesysteem heeft een eigen dynamiek gekregen die nauwelijks te remmen is. In de versnellingsfase is er sprake van een grote toestroom van selectoren die massaal de nieuwe technologie omarmen en allen bijdragen aan de ontwikkeling en diffusie van de technologie.

De laatste fase is de *stabilisatiefase*. De innovatie bereikt in deze fase het maximaal haalbare marktaandeel en wordt nu gepercipieerd als oude technologie. Deze komt op haar beurt weer in aanmerking voor vervanging. Het innovatiesysteem is niet meer sterk gericht op verbeteren van de innovatie en mag misschien geen innovatiesysteem meer genoemd worden. Een 'productie en consumptiesysteem' is nu een betere aanduiding voor een systeem dat eigenlijk nauwelijks meer op innoveren is gericht. Deze fase is een begerenswaardige fase voor veel van de baanbrekende innovaties wiens innovatiesysteem zich momenteel in de exploratie of take-off-fase bevinden.

Deze indeling in fasen en het gebruik van de S-curve lijkt te suggereren dat de opbouw van een innovatiesysteem ordelijk en volgens een vast stramien verloopt. De fasen doen zelfs vrij lineair aan. Eerder is uitgelegd dat innovatiesysteemdenken juiste een reactie was op het lineaire model. Van een lineaire ontwikkeling kan dus geen sprake zijn. Uit veel studies blijkt dan ook dat de opbouw van een innovatiesysteem verre van ordelijk verloopt. Het is een uiterst chaotisch proces. Van de Ven en collegae<sup>3</sup> tonen aan dat wanorde in alle fasen van het innovatieproces optreedt. Zo zijn innovaties zelden gebaseerd op één idee; in de praktijk vinden continu aanpassingen plaats aan het initiële ontwerp, worden eerdere ontwerpen alsnog verworpen en worden allerlei trajecten stopgezet. Innovatie is het werk van veel betrokkenen, die soms wel en dan weer niet bij de innovatie betrokken zijn. Er is doorgaans geen sprake van een vast netwerk, maar eerder van een nu eens uitbreidend, dan weer inkrimpend innovatiesysteem. Van de Ven et al. beschrijven een geval waarbij het stoppen van de samenwerking tussen een onderzoeksinstituut en een bedrijf leidde tot een afsplitsing van dit bedrijf; het lukte de nieuw gevormde afsplitsing wel een stabiel samenwerkingsverband met het onderzoeksinstituut te vormen. Hierdoor werd het nieuwe bedrijf binnen twee jaar de grootste concurrent van de oude werkgever. Dit type processen is niet te voorspellen en draagt bij aan de complexe en chaotische dynamiek van innovatiesystemen. In sommige gevallen komen innovaties pas tot volle wasdom wanneer een aantal van zulke schokken binnen het innovatiesysteem heeft plaatsgevonden.

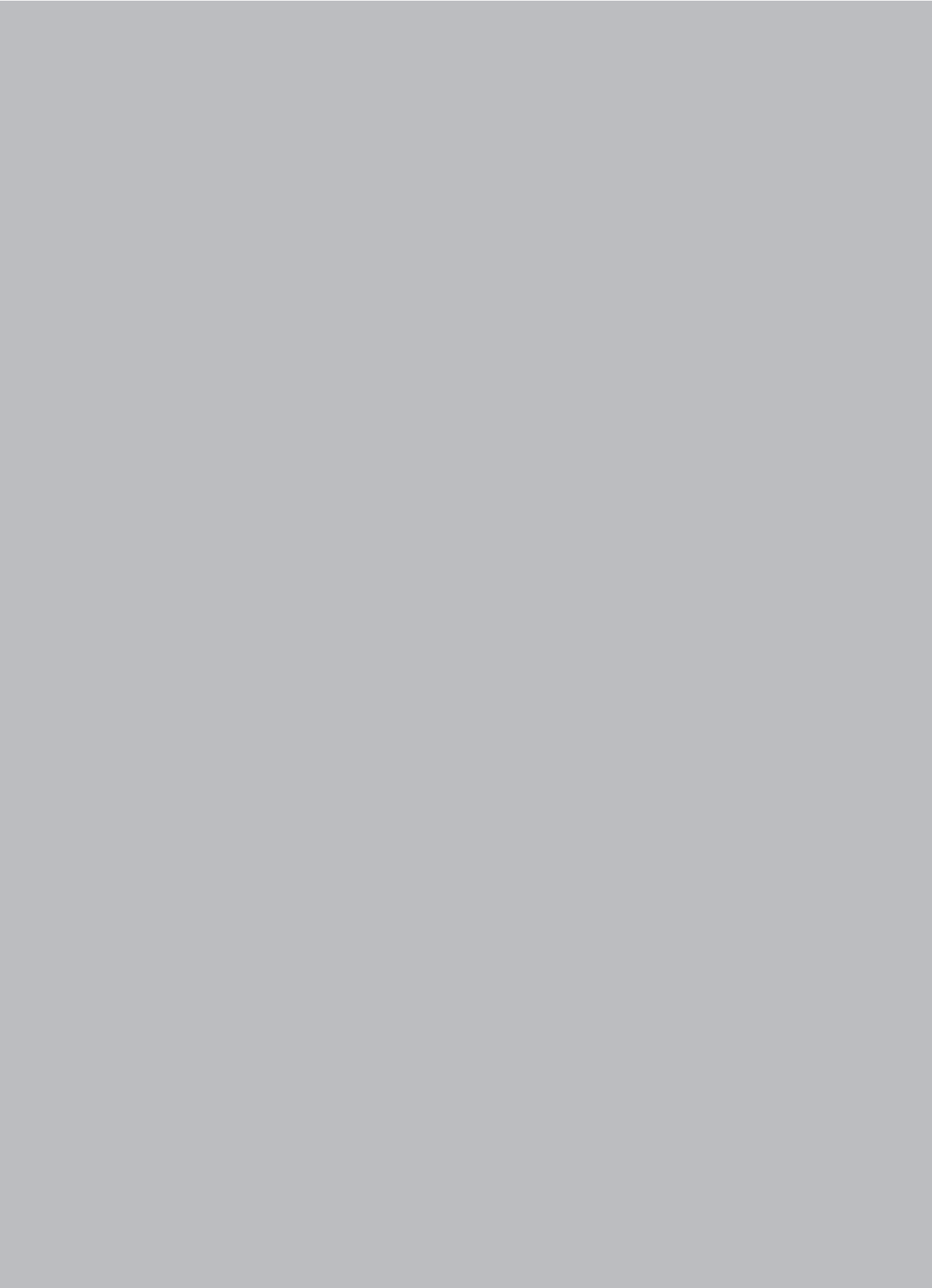
In de te eenvoudige voorstelling van zaken verloopt de opbouw van het innovatiesysteem in een simpele opvolging van fasen; in werkelijkheid verloopt dit dus met horten en stoten, vinden afsplitsingen plaats van bestaande innovatietrajecten en de verschillende innovatietrajecten komen weer bij elkaar of niet. Men zou kunnen denken dat het innovatieproces wordt afgesloten wanneer het doel is bereikt. Echter, het initiële doel wordt soms nooit bereikt doordat het al doende verandert of verschuift.

We hebben laten zien dat zowel de technologische karakteristieken als de mate van inpassing bij baanbrekende innovaties vele obstakels oplevert die overwonnen dienen te worden. Wat hier nog bovenop komt is dat er rond deze totaal nieuwe innovaties nog geen goedwerkend innovatiesysteem bestaat dat de bovengenoemde obstakels kan overwinnen. Het innovatiesysteem moet nog van de grond af aan worden opgebouwd.

Als we de kans op succes voor baanbrekende innovaties willen vergroten dan zullen we dus grip moeten krijgen op dit opbouwtraject van het innovatiesysteem. In het volgende hoofdstuk presenteren we de sleutelactiviteiten die ondernomen dienen te worden om een dergelijke opbouw goed te laten verlopen.

## Noten

- 1 Aanjagers worden in de literatuur ook wel 'insiders' genoemd; selectoren worden wel 'outsiders' genoemd.
- 2 Esther Luiten, 2001, Beyond energy efficiency Actors, networks and government intervention in the development of industrial process technologies. Ph.D. thesis, Utrecht University, 300 pp.
- 3 Van de Ven, A.H., D.E. Polley, R. Garud en S. Venkataraman (1999). *The Innovation Journey*, Oxford University Press, 1999.



**Hoofdstuk**

**6**

# **De opbouw van innovatiesystemen: zeven functies**

Het concept innovatiesysteem helpt ons om het verloop van innovatieprocessen beter te kunnen begrijpen. We noemen het een systeem omdat het bestaat uit verschillende elementen (actoren en instituties) die met elkaar verbonden zijn in netwerken. Het doel van een innovatiesysteem is dat er in het systeem innovaties worden gegenereerd die succesvol zijn op de markt. We kunnen dus zeggen dat een goed functionerend innovatiesysteem leidt tot een hoge output aan succesvolle innovaties. In het geval van goed functionerende nationale innovatiesystemen is er sprake van een grote variëteit aan succesvolle innovaties die door bedrijven in een specifiek land worden voortgebracht. Bij een technologisch innovatiesysteem ligt de focus op een specifieke technologie; nu slaat goed functioneren dus op succesvolle ontwikkeling en diffusie van de technologie in kwestie.

Om tot een goed functionerend innovatiesysteem te komen dient een aantal processen binnen het innovatiesysteem plaats te vinden. In de literatuur worden deze processen de '*functies van het innovatiesysteem*' genoemd. De term verwijst naar wat er binnen een innovatiesysteem precies moet gebeuren, oftewel, wat de functie is van een innovatiesysteem.<sup>1</sup> In verschillende wetenschappelijke studies is enige variatie zichtbaar in het aantal functies dat wordt onderscheiden. We zullen in dit boek de set van zeven innovatiesysteemfuncties gebruiken zoals die wordt gebruikt in het innovatiesysteemonderzoek aan de Universiteit Utrecht. Deze set is ontstaan door uitgebreide literatuurstudie en veel interactie met andere wetenschappers die op dit vlak actief zijn. In dit hoofdstuk worden de zeven functies besproken.

#### *Functie 1. Experimenteren door ondernemers*

Ondernemers (ook wel *entrepreneurs* genoemd) vormen de kern van elk innovatiesysteem. Zonder ondernemers is er eigenlijk geen sprake van een innovatiesysteem. We zouden het dan eerder een 'onderzoek- en ontwikkelingssysteem' noemen. De rol van de ondernemers is het transformeren van het potentieel van nieuwe kennis, netwerken en markten in concrete acties om nieuwe bedrijfskansen te genereren en daar vervolgens financieel beter van te worden. De klassieke rol van de ondernemer is dus dat deze kennis vertaalt in economische kansen en, uiteindelijk, in innovaties. Ondernemers zijn mensen die nieuwe wegen openen in het economisch verkeer.<sup>2</sup> De functie van ondernemer kan worden vervuld door een nieuw toetredend bedrijf dat hierdoor vormgeeft aan een nieuwe markt, of door een gevestigd bedrijf dat zich strategisch richt op de ontwikkeling van nieuwe markten.

Ondernemers en hun activiteiten zijn onmisbaar bij het overwinnen van de fundamentele onzekerheden van beginnende technologieën<sup>3 4</sup>. Deze onzekerheden komen soms voort uit een gebrek aan informatie maar soms ook uit de onmogelijkheid om alle consequenties van de toepassing van de technologie te overzien. Vaak bestaat er een gebrek aan aansluiting tussen de nieuwe technologie en de sociaal-technische omgeving waarin deze moet worden toegepast. Dit maakt de ontwikkeling van opkomende technologieën onvoorspelbaar, hoewel zij in de loop van de tijd proefondervindelijk kunnen worden aangepast aan de omgeving en omgekeerd. Door te experimenteren wordt er meer kennis opgedaan over het functioneren van de technologie onder verschillende omstandigheden. Zo kunnen reacties van consumenten, overheid, toeleveranciers en



concurrenten worden geëvalueerd. Door te experimenteren met nieuwe technologie vinden dus veel leerprocessen plaats.

Typische indicatoren om na te gaan of deze functie plaatsvindt in een innovatiesysteem zijn:

1. het aantal nieuwe bedrijven dat begint met experimenteren met de nieuwe technologie;
2. het aantal bedrijven dat het bestaande portfolio aan projecten diversificeert door ook de nieuwe technologie op te nemen in hun portfolio; en
3. het aantal experimenten dat plaatsvindt in een bepaalde tijdsperiode.

### *Functie 2: Kennisontwikkeling*

Een innovatie zou kunnen worden gezien als nieuwe kennis, die vorm heeft gekregen in een werkend apparaat of een nieuwe dienst. Wanneer we het hebben over kennisontwikkeling dan hebben we het eigenlijk over leren. Lundvall, een van de grondleggers van het innovatiesysteemdenken zegt het als volgt: “De belangrijkste hulpbron in de moderne economie is kennis, en leren is daarin het belangrijkste proces”.<sup>5</sup>

De belangrijkste categorieën van leren zijn *zoekend leren* en *ervaringsleren* (‘learning-by-searching’ en ‘learning-by-doing’).<sup>6</sup> Zoekend leren is vooral het kennisontwikkelingsproces dat plaatsvindt aan universiteiten en onderzoekslaboratoria van bedrijven en onderzoeksinstellingen. Het betreft zuiver wetenschappelijk onderzoek en toepassingsgericht onderzoek: Research and Development (R&D). Ervaringsleren is een ander proces. Het gaat hier om leren in de praktijk. Door met de technologie te werken, die te gebruiken dan wel te observeren in de praktijk, wordt kennis vergaard die niet in de laboratoria wordt gegenereerd. Zo kan bijvoorbeeld door zoekend leren een prachtige windturbine worden ontwikkeld. Echter, pas door deze te plaatsen en draaiuren te laten maken, leert men waar slijtage optreedt, welke onderdelen kwetsbaar zijn, enzovoort. Dit ervaringsleren is een belangrijk proces om de innovatie te verbeteren nadat het op de markt is geïntroduceerd. Bij ervaringsleren is de gebruiker van de innovatie van groot belang. Deze gebruiker wordt direct geconfronteerd met de minpunten van de innovatie. Technologieontwikkelaars dienen dan ook te leren van de ervaringen van de gebruiker om de innovatie te verbeteren zodat volgende generaties van de innovatie minder gebreken vertonen en beter zijn afgestemd op de wensen van de gebruiker.

### **VOORBEELD < Windenergie in Nederland en in Denemarken?**

Het belang van ervaringsleren wordt duidelijk wanneer wij de ontwikkeling van de Deense en de Nederlandse windturbine-industrie naast elkaar leggen. Zowel in Nederland als in Denemarken werd windenergie na de eerste oliecrisis van 1973 gezien als een belangrijke toekomstige energiebron – en tevens als mogelijke toekomstige sterke nationale industrie. Maar terwijl het de Nederlanders in de jaren '80 en '90 niet lukte een eigen windturbine-industrie van de grond te krijgen, waren de Denen hierin wel succesvol. Welke factoren waren daarbij doorslaggevend?

In Nederland werd een innovatiesysteem opgezet met sterke nadruk op kennisontwikkeling. Het was vanaf het begin duidelijk dat alleen grote windturbines de

concurrentie met de bestaande elektriciteitsvoorziening aan zouden kunnen en de hoofdstroom van de Nederlandse strategie was erop gebaseerd een kennisbasis voor zulke turbines te ontwikkelen, uitgaande van de bestaande vliegtuigbouw (Fokker). Naast Fokker speelden ook machinebouwer Stork en onderzoeksinstituut ECN een belangrijke rol. Tussen ontwikkelaars en fabrikanten bestonden hechte banden waarin veel kennis werd uitgewisseld. Zulke banden bestonden veel minder tussen gebruikers en ontwikkelaars/producenten. Bij de Nederlandse elektriciteitsbedrijven, de belangrijkste potentiële gebruikers, bestond veel scepsis over windenergie en het duurde bovendien tot 1986 voordat er investeringssubsidies voor windturbines werden verstrekt. Daardoor werden er maar weinig grote turbines gebouwd en kon uit de ervaringen niet veel worden geleerd. Op het laatst trokken de fabrikanten zich terug bij gebrek aan perspectief.

Een tweede ontwikkelingslijn was gericht op kleine turbines. Er waren begin jaren '80 zo'n tien bedrijven die kleine turbines maakten, vooral gekocht door boeren en windenergie-collectieven. Deze fabrikanten waren praktisch gericht en verbeterden hun ontwerpen vooral aan de hand van de ervaringen bij hun gebruikers. Met de academici van ECN was de communicatie echter niet vloeiend, en daardoor stroomde kennis ontwikkeld bij ECN maar moeizaam door naar de fabrikanten. In Denemarken waren er veel minder overheidsmiddelen beschikbaar voor R&D. Er was geen nationale vliegtuigbouwindustrie en kennis van windenergie was eigenlijk alleen beschikbaar uit de Gedser turbine uit de jaren '50. In 1978 werd een windenergie-afdeling opgericht bij onderzoeksinstituut Risø, echter slechts gefinancierd voor drie jaar. Daarom was vanaf het begin de strategie van het instituut erop gericht bestaande fabrikanten en gebruikers van dienst te zijn, zodat het na de gesubsidieerde periode kon blijven bestaan uit commerciële opdrachten.

Net als in Nederland bestond er een vrij grote groep potentiële gebruikers van kleine windturbines, vaak gemotiveerd door de wens om het milieuprobleem aan te pakken. De vraag naar turbines werd gestimuleerd doordat in Denemarken al in 1979 een regeling voor investeringssubsidies op windturbines van kracht werd. De groep gebruikers was daardoor groter, en anders dan in Nederland organiseerden de gebruikers zichzelf. Dat gaf de fabrikanten een directe feedback. Er kwam een hechte samenwerking tussen fabrikanten en gebruikers van de grond, gesymboliseerd door geregelde 'Windbijeenkomsten' waar fabrikanten en gebruikers open informatie uitwisselden en door publicatie van opbrengstcijfers in het tijdschrift *Naturlig Energi*. Toen begin jaren '80 in Californië grote investeringssubsidies op windturbines werden toegekend, waren de Deense producenten klaar voor de export en de Nederlandse niet. Maar de Californische markt vroeg grotere turbines dan de Denen konden leveren en daarom werd veel werk gestoken in opschaling. De problemen die men hierbij tegenkwam vereisten een meer technisch-wetenschappelijke aanpak. De rol van Risø veranderde geleidelijk van oplosser van praktische problemen naar wetenschappelijk kennisinstituut als ECN.

De huidige Deense fabrikanten van windturbines zijn voortgekomen uit de bouwers van kleine turbines, die zich steeds hebben aangepast aan de markt en die werden ondersteund door een instituut dat zich weer aan hen aanpaste. Het verschil met

de Nederlandse ontwikkeling tussen 1973 en 2000 valt vooral terug te voeren tot samenwerking en kennisuitwisseling tussen gebruikers en fabrikanten, waardoor voortdurend aanpassingen aan bestaande ontwerpen konden plaats vinden – een vorm van ervaringsleren resulterend in wat Robinson ‘heruitvinding’ noemt. ➤

Vaak wordt verondersteld dat innovaties alleen maar ontstaan door input van totaal nieuwe kennis. Hoewel dit in sommige gevallen inderdaad zo is, is in het overgrote merendeel van de innovaties vooral sprake van het samenbrengen van bestaande stukjes kennis in een nieuwe context. Innovatie is vaak een nieuwe combinatie van bestaande kennis. Zo was het eerste ontwerp van de typemachine een combinatie van stukjes technologie van de telegraaf (de toetsen verbonden aan armpjes), de naaimachine (een naaimachine pedaal zorgde voor het teruggaan van de cassette) en de piano (de piano stond model voor het systeem van vrij bewegende hamertjes verbonden aan de toets-armpjes die de letters op het papier sloegen). Een meer recent voorbeeld van een nieuwe combinatie is het de samenwerking tussen Philips (kennis van consumentenproducten) en Douwe Egberts (kennis van koffie), wat heeft geleid tot de zeer succesvolle Senseo.

Kennisontwikkeling is verbonden met het scheppen van variëteit in het innovatiesysteem<sup>8</sup>: bij een krachtige kennisontwikkeling komen steeds meer keuzemogelijkheden beschikbaar, zowel in termen van technologieën als van mogelijke toepassingen. Deze variatie is goed om te ontdekken welk ontwerp van een nieuwe technologie wel en welk ontwerp niet geschikt is voor verdere ontwikkeling. Oneindig veel variatie is daarentegen problematisch, omdat verdere ontwikkeling middelen vergen en middelen niet in oneindige mate aanwezig zijn. Na een periode van variatie is dan ook selectie nodig. Middels selectie komen die ontwerpen bovendrijven die de grootste kans hebben op succes. (Een andere functie (4), richting geven aan het zoekproces, gaat vooral over selectie)

Typische indicatoren om te meten of en hoeveel kennisontwikkeling plaatsvindt binnen het innovatiesysteem zijn het aantal onderzoeksprojecten, het aantal patenten, de hoeveelheid actieve onderzoekers en de hoeveelheid geld die wordt geïnvesteerd in kennisontwikkeling.

### *Functie 3: Kennisuitwisseling in netwerken*

De kenmerkende organisatiestructuur van een technologisch innovatiesysteem is een netwerk.<sup>9</sup> Het is het geheel van partijen dat gezamenlijk werkt aan de ontwikkeling van nieuwe technologie. Het gaat niet alleen om zakelijke relaties. Relaties zijn complex: verwante bedrijven wisselen informatie uit over hun leveranciers en hulpbronnen, ze ontmoeten elkaar in verenigingen en commissies, ze maken gebruik van dezelfde wetenschappelijke resultaten en nemen mensen van dezelfde opleidingen in dienst. En er zijn familie- en vriendschapsbanden en overlappingsen in Raden van Commissarissen. Naarmate het aantal dwarsverbindingen tussen bedrijven toeneemt, worden de relaties tussen hen stabiel, waardoor het systeem als geheel flexibeler wordt.<sup>10</sup>

De primaire functie van zulke netwerken is de uitwisseling van kennis tussen de deelnemers.

Kennisuitwisseling verbindt de deelnemers aan het netwerk, bijvoorbeeld via workshops en conferenties maar ook via samenwerking in innovatieprojecten. Via kennisuitwisseling worden de leerprocessen zoals hierboven beschreven versneld en tot een hoger niveau gebracht. Het grote belang van kennisuitwisseling heeft dan ook geleid tot een apart begrip: *interactief leren*. Dit is niets meer dan leren middels kennisuitwisseling. Lundvall<sup>11</sup> ziet dit 'interactieve leren' als het bestaansrecht van een innovatiesysteem. In zo'n systeem vindt innovatie alleen plaats als deelnemers met verschillende achtergronden met elkaar in contact treden. *Gebruiksleren* is een speciale vorm van interactief leren, waarbij het leren plaatsvindt door het uitwisselen van kennis tussen producenten en gebruikers van nieuwe technologie.

Kennisuitwisseling vindt plaats tussen een grote verscheidenheid aan deelnemers en netwerken. Hoewel binnen homogene groepen van een innovatiesysteem, bijvoorbeeld technologie-ontwikkelaars, meer kennisuitwisseling zal plaatsvinden dan tussen verschillende groepen, is het voor groei en bloei van het innovatiesysteem juist van belang dat kennisuitwisseling plaatsvindt tussen partijen met verschillende achtergronden. Beleidsmakers moeten communiceren met technologie-ontwikkelaars en deze weer met wetenschappers. Daardoor kan zich wederzijds begrip ontwikkelen, wat de kansen vergroot op geleidelijke aanpassing van instituties aan nieuwe technologieën en omgekeerd.

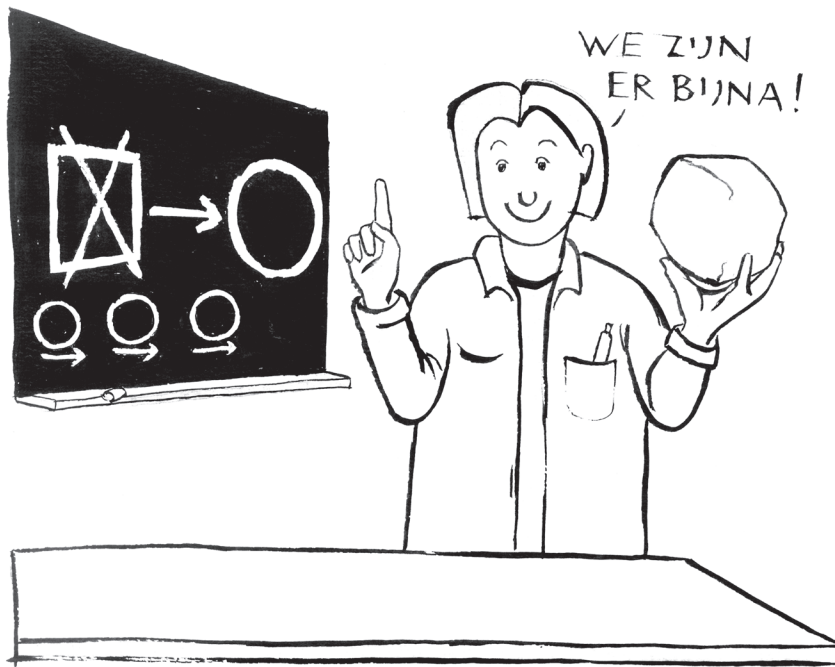
Typische indicatoren om te meten in welke mate kennisuitwisseling plaatsvindt in het innovatiesysteem zijn het aantal workshops en conferenties op het onderwerp van de nieuwe technologie en het aantal samenwerkingsverbanden in technologieontwikkeling en -productie.

#### *Functie 4: Richting geven aan het zoekproces*

De functie *richting geven aan het zoekproces* slaat op het expliciet maken van wensen, behoeften en verwachtingen rond de nieuwe technologie door partijen in het innovatiesysteem.

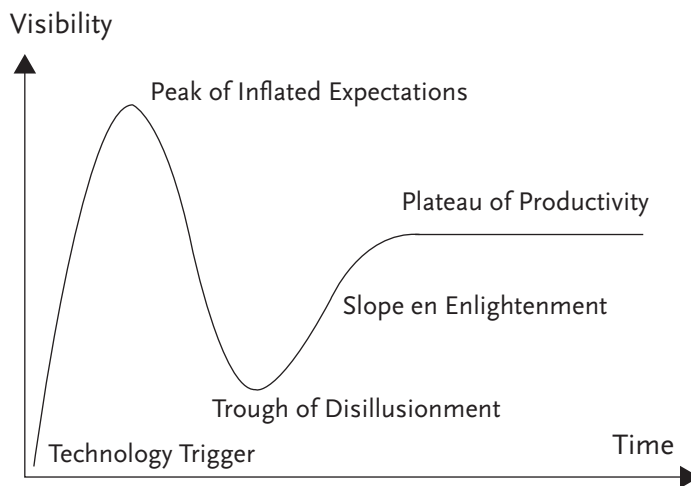
Om met dat laatste te beginnen: verwachtingen ten aanzien van de nieuwe technologie zijn niet zo duidelijk meetbaar, maar hebben vaak grote consequenties. Hoge verwachtingen rond nieuwe technologie leiden er toe dat er gemakkelijk financiering is te organiseren, dat selectoren sneller toetreden tot het innovatiesysteem en dat wet- en regelgeving sneller wordt aangepast. Lage verwachtingen leiden ertoe dat er weinig actoren in beweging zijn te krijgen ten behoeve van de nieuwe technologie.

Wat we dan ook vaak zien is dat aanjagers heel bewust hoge verwachtingen wekken rond de nieuwe technologie om op deze manier het technologisch traject te versnellen. Dit is overigens niet geheel zonder risico. Een beroemd model dat het generieke patroon van verwachtingen rond nieuwe technologie beschrijft is de 'hype-teleurstelling-cyclus' van het consultancybureau Gartner (zie figuur 12). Het stelt dat de verwachtingen rond nieuwe technologie in eerste instantie tot onrealistisch hoge proporties worden opgeblazen (the peak of inflated expectations). De technologie in kwestie ontwikkelt zich over het algemeen niet snel genoeg om deze hoge verwachtingen waar te maken. Dit leidt tot teleurstellingen waardoor de verwachtingen in korte tijd in elkaar storten (the trough of disillusionment). De technologie lijkt te hebben afgedaan. Echter, we hebben eerder



Innovatoren kweken bewust positieve verwachtingen

gezegd dat aanjagers moeilijk uit het veld te slaan zijn en dus gaan zij vaak door met de verdere ontwikkeling van de technologie (slope of enlightenment). Op een gegeven moment komt de technologie dan weer in beeld van de samenleving, deze is in de tussentijd verder ontwikkeld en de verwachtingen komen overeen met de daadwerkelijke prestaties van de technologie (plateau of productivity).



Figuur 12 Hype-teleurstelling-cyclus

Het ineenstorten van verwachtingen leidt tot een enorme vertraging in de opbouw van het innovatiesysteem en dus ook in de ontwikkeling en toepassing van de technologie. Hierdoor stellen wij dat het hypen van nieuwe technologie vaak niet verstandig is. Verstandig management van de verwachtingen, oftewel het doseren van de verwachtingen, is een effectievere strategie.

Naast het bewust creëren van verwachtingen door aanjagers zijn er nog andere manieren om het zoekproces richting te geven. Selectoren kunnen bijdragen aan het richting geven door bekend te maken dat zij in het nieuwe technologische traject stappen. Doordat selectoren vaak bekender zijn dan de aanjagers vallen hun acties meer op in de samenleving. Als een bekende gevestigde partij duidelijk maakt toekomst te zien in de nieuwe technologie en dat onderbouwt met de aankondiging van een aanzienlijke investering, dan wordt de nieuwe technologie direct gezien als een geloofwaardiger alternatief dan zonder dit type acties.

Ook overheden kunnen bijdragen aan richting geven. Dit kan op een generieke manier door bijvoorbeeld het formuleren van klimaatdoelstellingen. Hiermee komt een breed scala aan energiezuinige of duurzame energie-innovaties in een gunstig daglicht te staan. Doelstellingen kunnen specifiekere geformuleerd worden, zoals een duurzame energiedoelstelling of een technologiespecifieke doelstelling. Hoe meer het duidelijk wordt dat de overheid echt serieus is in het behalen van de gestelde doelstellingen, hoe beter de marktkansen voor de nieuwe technologie worden ingeschat, en hoe sterker dit bijdraagt aan het richtinggevende proces.

*Richting geven aan het zoekproces* kan een positieve of negatieve inhoud hebben. Een positieve inhoud betekent dat positieve signalen (verwachtingen, beloften, beleidslijnen) wijzend op een specifieke ontwikkelingsrichting van de technologie, bij elkaar worden gebracht. Een negatieve inhoud kan betekenen dat zo'n richting negatief wordt beoordeeld of zelfs geheel wordt afgewezen. Dit verkleint de geloofwaardigheid van een technologie en verkleint de kans dat selectoren tot het innovatiesysteem zullen toetreden. In sommige gevallen vindt er een lang publiek debat plaats over een technologie waarbij een groot aantal actoren via de media hun zegje doen over de nieuwe technologie. Vooral bij baanbrekende innovaties is dit een veel voorkomend fenomeen. Het positieve van een dergelijk publiek debat is dat de nieuwe technologie erg opvalt en snel bij een brede groep mensen bekend zal zijn. Dit vergroot de kans dat ondernemers heil zien in de nieuwe technologie en middelen gaan vrijmaken om de technologie verder te ontwikkelen. Echter, een nadrukkelijke uiting van de negatieve kanten van een technologie vergroot natuurlijk erg de onzekerheid over de toekomst van een nieuwe technologie. Deze onzekerheid werkt weer remmend op het enthousiasme van nieuwe ondernemers. Kortom, het verloop van een maatschappelijke discussie rond nieuwe technologie is heel bepalend voor een positieve vorm of negatieve vorm van richting geven.

Een recent voorbeeld van een innovatietraject dat zich op veel mediabelangstelling mocht verheugen is dat van de biobrandstoffen. Een tijd lang werden biobrandstoffen gezien als een mogelijkheid om de op fossiele brandstoffen gebaseerde autobrandstoffen te verduurzamen. Deze houding veranderde drastisch toen de nadelen van biobrandstoffen breed uit werden gemeten in de landelijke pers. Zo zou het gebruik van

biobrandstoffen leiden tot stijgende voedselprijzen en grootschalige kap van tropisch regenwouden. Ondanks vele tegenwerpingen uit de zojuist opkomende biobrandstofsector was het in korte tijd een zeer lastig politiek dossier geworden, wat zeker heeft geleid tot een afname van stimulerende maatregelen door de overheid. Dit voorbeeld maakt duidelijk dat het soms erg moeilijk is voor aanjagers om tegenspel te bieden aan weerstand en dat weerstand soms uit hele onverwachte hoek kan komen. De biobrandstoffensector wilde zichzelf positioneren als een groen alternatief maar ondervond grote weerstand uit de hoek van milieuorganisaties. Het voorbeeld laat dus ook zien dat organisaties die niet direct betrokken zijn bij de ontwikkeling en toepassing van de nieuwe technologie toch een hele bepalende selectorrol kunnen vervullen.

Niet alleen de actoren binnen het innovatiesysteem worden beïnvloed door hoe richting gegeven wordt aan het zoekproces, maar ook zij die nog niet tot het innovatiesysteem zijn toegetreten. Deze functie bepaalt in belangrijke mate welke nieuwe actoren tot het innovatiesysteem zullen willen toetreden. We kunnen daarbij *kennisontwikkeling* zien als de bron van technologische verscheidenheid en *richting geven aan het zoekproces* als de functie waarmee wordt geselecteerd.

Typische indicatoren om inzicht te krijgen in deze systeemfunctie zijn de aanwezigheid van specifieke beleidsdoelen van de overheid met betrekking tot de nieuwe technologie, de verwachtingen over de technologie die worden geuit in de media en beleidsdocumenten en publieke aankondigingen van machtige spelers dat ze zich gaan toeleggen op de nieuwe technologie of juist terugtrekken uit het technologisch veld.

#### *Functie 5: Creëren van markten*

In het algemeen kunnen baanbrekende innovaties de concurrentie met bestaande technologieën niet aan. Om baanbrekende innovaties te stimuleren is het daarom noodzakelijk om kunstmatig (niche)markten te creëren.

*Creëren van markten* omvat activiteiten die bijdragen aan het scheppen van een markt vraag voor de nieuwe technologie. Een voorbeeld van zo'n activiteit is financiële steun bieden aan een innovatie waardoor deze goedkoper wordt. Andere voorbeelden zijn het heffen van belasting op concurrerende technologieën waardoor de nieuwe technologie relatief goedkoper wordt en het verplicht stellen van de nieuwe technologie in bepaalde markten. *Creëren van markten* is in het bijzonder belangrijk bij duurzame energietechnologieën waar de externe kosten van de concurrerende (fossiele) technologie meestal niet in de prijs worden doorberekend. We kunnen dan ook onderscheid maken tussen commerciële niches en beschermde niches. Bij commerciële niches krijgt de opkomende technologie een kans door afwijkende wensen van bepaalde groepen klanten. Beschermde niches zijn afhankelijk van overheidsmaatregelen.<sup>12</sup> Het beschermen van niches door overheidsmaatregelen is een centraal thema in de literatuur over baanbrekende innovaties.<sup>13 14 15</sup>

In de literatuur over evolutionaire economie worden markten beschouwd als de ultieme selectieomgeving voor een technologie. In die zin kan het *creëren van markten* worden beschouwd als een speciaal geval van *richting geven aan het zoekproces*. Het belangrijke verschil is dat bij markten ook de daadwerkelijke gebruikers betrokken zijn die de vraag naar de opkomende technologie bepalen. In de markteconomie is

het *creëren van markten* doorgaans een activiteit van bedrijven, bijvoorbeeld door middel van een reclamecampagne behorend bij een tijdelijke korting. Zulke campagnes behoren normaal gesproken bij commercieel levensvatbare producten. In het geval van duurzame baanbrekende innovaties is er vaak geen commercieel product, behalve als het institutionele kader (regels, heffingen, markt voor broeikasgasemissies) compenseert voor de externe kosten van onduurzame concurrenten. Daarom zijn het bij duurzame baanbrekende innovaties meestal overheden en maatschappelijk geëngageerde non-gouvernementele organisaties aan wie de taak van het *creëren van markten* toekomt.

Een aantal voorbeelden van marktcreatie door de overheid voor duurzame baanbrekende innovaties zijn:

- de regulerende energiebelasting die het gebruik van fossiele energie duurder maakt;
- de energie-investeringsaftrek; een subsidie op de adoptie van energiezuinige apparatuur;
- de subsidieregeling duurzame energie (SDE) dat consumenten van duurzame energietechnologieën beloont middels een subsidie.

Naast dit soort voorbeelden kan de overheid ook optreden als *'launching customer'*. Dit houdt in dat de overheid bij haar eigen aankopen voorkeur geeft aan de nieuwe technologie. Bijvoorbeeld de aanschaf van elektrische voertuigen voor de functies waar dat mogelijk is en het inkopen van biologisch voedsel in overheidsrestaurants en -kantines. De overheid is een hele grote inkoper van producten – in totaal koopt de overheid voor 45 miljard per jaar in – dus het optreden als *'launching customer'* kan een behoorlijke eerste markt creëren voor baanbrekende innovaties.

#### *Functie 6: Mobiliseren van middelen*

Deze functie heeft betrekking op de toewijzing van financiële en personele hulpmiddelen. Voor de ontwikkeling van een innovatiesysteem is het ter beschikking komen van zulke hulpmiddelen een absolute voorwaarde. Een opkomend innovatiesysteem kan zich niet ontwikkelen zonder geld, apparatuur en gekwalificeerde onderzoekers.<sup>16</sup>

Laten we de financiële hulpmiddelen even scheiden van de personele. In het geval van financiële hulpmiddelen hebben we het over financieel kapitaal dat nodig is om onderzoek en ontwikkeling te betalen. Het zijn zowel bedrijven als overheden die hiervoor geld vrijmaken. Door het creëren van voldoende hoge verwachtingen worden bedrijven en overheden verleid door de aanjagers om te investeren in onderzoek. In sommige gevallen hebben aanjagers de grootste moeite om hun onderzoek gefinancierd te krijgen, maar over het algemeen zijn ze daar redelijk succesvol in. Echter, op een gegeven moment dient een technologie te worden opgeschaald of dient er overgegaan te worden tot het bouwen van productiefaciliteiten. Hier komen grote onzekerheden ten aanzien van het slagen van de technologie samen met een enorme behoefte aan kapitaal. Dit is dan doorgaans ook een erg moeilijke fase in het innovatietraject. Door de grote problemen wordt dit ook wel eens aangeduid als de *'vallei des doods'*. Hier sneuvelt een groot aandeel van alle innovatietrajecten. Als we de vallei des doods projecteren op de fasen



in de opbouw van een innovatiesysteem dan bevindt deze zich rond het begin van de take-off fase.

Naast geld zijn er voldoende goede mensen nodig om een innovatietraject verder te brengen. Een innovatieve economie is dan ook alleen maar mogelijk met een goed functionerend onderwijssysteem. Aangezien de kwaliteit van opleidingen vaak gerelateerd is aan de stand van kennis in een samenleving is de functie 'kennisontwikkeling' van direct belang voor een goede invulling van deze functie. Waar voor een land het gemiddelde opleidingsniveau van groot belang is, is voor een specifiek innovatietraject van belang dat er specialisten aanwezig zijn die baanbrekend onderzoek op het nieuwe traject kunnen verrichten. Als een innovatietraject sterk afwijkt van bestaande ontwikkelingsrichtingen dan kan dit wel eens een groot probleem zijn. Vaak duurt het jaren voordat universiteiten en hogescholen hun curricula aanpassen aan de nieuwe vraag vanuit de markt en als ze dat doen dan duurt het ook nog eens 5 jaar voordat de eerste afgestudeerden beschikbaar komen.

#### *Functie 7: Tegenspel bieden aan weerstand*

De opkomst van een technologie leidt veelal tot weerstand van belanghebbenden bij bestaande technologieën. Om het innovatiesysteem verder te ontwikkelen moet tegenspel worden geboden aan deze weerstand. Dit kan gebeuren door druk uit te oefenen ter verandering van de bestaande institutionele structuur, door het voeren van politieke lobby's en het geven van adviezen ten behoeve van de opkomende technologie. *Tegenspel bieden aan weerstand* kan worden gezien als een speciaal geval van *richting geven aan het zoekproces* omdat lobby's en adviezen pleidooien in een bepaalde richting vertegenwoordigen. Maar bij het *tegenspel bieden aan weerstand* hebben de groepen die voor de nieuwe technologie opkomen (steungroepen of lobby organisaties) zelf niet de macht om de institutionele structuur te veranderen, en zullen ze gebruik moeten maken van hun overtuigingskracht.

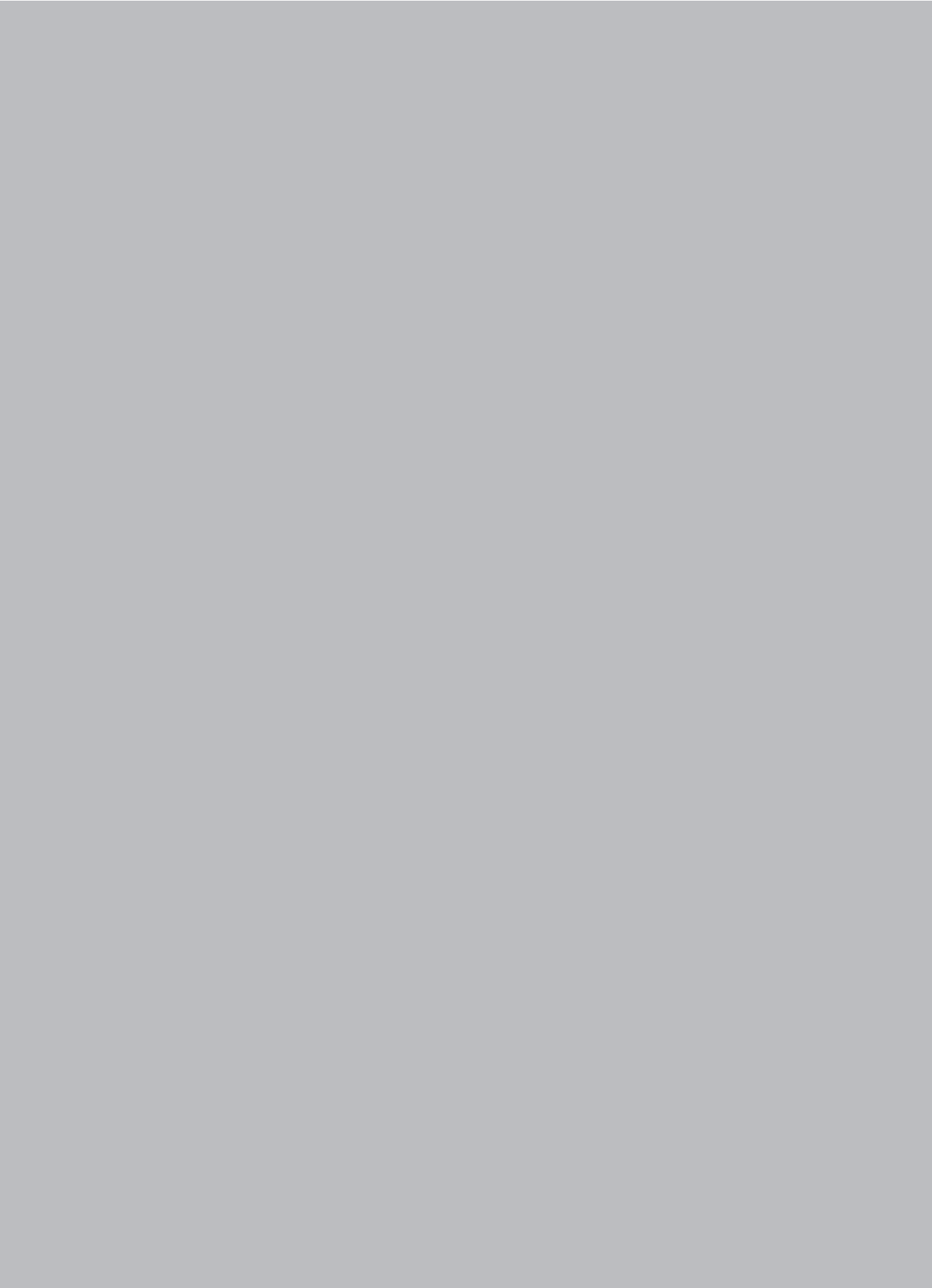
Het idee van zulke steungroepen is gebaseerd op het politicologische werk van Sabatier.<sup>17,18</sup> Deze stelt dat structuurverandering binnen een systeem het resultaat is van de acties van concurrerende belangengroepen, die elk een eigen waarden- en ideesysteem vertegenwoordigen. Dit resultaat wordt door politieke macht beslist. Deze activiteiten, nodig voor het tegenspel bieden aan weerstand worden vaak verricht door bedrijven en maatschappelijke organisaties, doorgaans georganiseerd in netwerken. Ook overheidorganisaties kunnen hieraan bijdragen, bijvoorbeeld wanneer provinciebesturen de regering oproepen regels te veranderen of wanneer planbureaus overheden adviseren, ondersteunend beleid te ontwikkelen voor een nieuwe technologie. In al deze gevallen zijn actoren erop uit anderen te overtuigen, omdat ze zelf niet de bevoegdheid hebben de gevraagde systeemveranderingen tot stand te brengen. Hierin verschilt *tegenspel bieden aan weerstand* van *richting geven aan het zoekproces*, waarbij de betrokkenen de gewenste acties zelf kunnen ondernemen.

Een manier om inzicht te krijgen in de vervulling van deze systeemfunctie is na te gaan of er specifieke lobbyorganisaties aanwezig zijn die de belangen proberen te dienen van de nieuwe technologie en de mate waarin deze organisaties actief zijn.

## Noten

- 1 Er is een debat gaande in de innovatieliteratuur of systeemfuncties wel een goede naam is. Sommige auteurs spreken een voorkeur uit voor termen als sleutelactiviteiten of sleutelprocessen. De reden hiervoor is dat de term functie beladen is onder sociologen die het associëren met functionalistische theorie. De grondleggers van de theorie in dit boek zijn echter geen sociologen maar ingenieurs waarbij het woord functie niet die negatieve connotatie heeft.
- 2 Schumpeter, J.A. (1911). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* (transl. 1934, The Theory of Economic Development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle).
- 3 Carlsson, B., R. Stankiewicz (1991). *On the nature, function and composition of technological systems*. Journal of Evolutionary Economics (1) 93-118. 579
- 4 I.S.M. Meijer, 2008, Uncertainty and entrepreneurial action. The role of uncertainty in the development of emerging energy technologies, Utrecht University, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation ISBN: 978-90-393-4830-7
- 5 B.A. Lundvall (1992), *National Systems of Innovation – Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London, pp. 1-19. Pagina 1.
- 6 Sagar, A.D., B. van der Zwaan (2006). *Technological innovation in the energy sector: R&D, development and learning-by-doing*. Energy policy, vol. 34 iss 17, pp. 2601-2608.
- 7 L.M. Kamp, R.E.H.M. Smits, C.D. Andriess. Notions on learning applied to wind turbine development in the Netherlands and in Denmark. Energy Policy 32 (2004) 1625-1637.
- 8 McKelvey, M., *Using Evolutionary Theory to Define Systems of Innovation*, in *Systems of Innovation*, C. Edquist, Editor. 1997, Pinter: London / Washington.
- 9 Carlsson, B., R. Stankiewicz (1991). *On the nature, function and composition of technological systems*. Journal of Evolutionary Economics (1) 93-118. 579
- 10 Van de Ven, A.H., D.E. Polley, R. Garud en S. Venkataraman (1999). *The Innovation Journey*, Oxford University Press, 1999, p.175.
- 11 B.A. Lundvall (1992), *National Systems of Innovation – Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London, pp. 1-19. 582
- 12 S. Jacobsson and A. Bergek (2004). *Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology*. Industrial and Corporate Change 13(5) 815.
- 13 Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management (1998) Technology Analysis and Strategic Management, 10 (2), pp. 175-195.
- 14 van der Laak, W.W.M., Raven, R.P.J.M., Verbong, G.P.J. Strategic niche management for biofuels: Analysing past experiments for developing new biofuel policies (2007) Energy Policy, 35 (6), pp. 3213-3225
- 15 Schot, J., Hoogma, R., Elzen, B. Strategies for shifting technological systems. The case of the automobile system (1994) Futures, 26 (10), pp. 1060-1076
- 16 Carlsson, B., R. Stankiewicz (1991). *On the nature, function and composition of technological systems*. Journal of Evolutionary Economics (1) 93-118. 579
- 17 Sabatier, P.A. An advocacy coalition framework of policy change and the role of policy-oriented learning therein (1988) Policy Sciences, 21 (2-3), pp. 129-168
- 18 The advocacy coalition framework: Revisions and relevance for Europe (1998) Journal of European Public Policy, 5 (1), pp. 98-130.





**Hoofdstuk**

**7**

# **De innovatiemotor**

## 7.1 Introductie<sup>1</sup>

De zeven functies van innovatiesystemen hebben elk hun eigen invloed op de ontwikkeling van het innovatiesysteem. Er is echter ook een interactie-effect: sommige functies kunnen elkaar in de loop van de tijd versterken. Zo'n versterking blijkt noodzakelijk te zijn voor een effectieve ontwikkeling van een innovatiesysteem. Bijvoorbeeld, als uit een onderzoeksproject relevante nieuwe kennis voorkomt, kunnen hoge verwachtingen ontstaan over het potentieel van de nieuwe technologie. Beleidsmakers kunnen hierdoor ertoe verleid worden om middelen beschikbaar te stellen, bijvoorbeeld geld voor een R&D programma. Daarmee wordt vervolgens weer meer kennis ontwikkeld, wat weer kan leiden tot nog hogere verwachtingen, et cetera. In dit voorbeeld is te zien hoe de functie *kennisontwikkeling* de functie *richting geven aan het zoekproces* versterkt, welke op zijn beurt weer het *mobiliseren van middelen* op gang brengt, wat weer leidt tot nog meer *kennisontwikkeling* en *richting geven aan het zoekproces*, et cetera.

Het mechanisme waarmee systeemfuncties elkaar versterken en een versnelling van de systeemopbouw teweegbrengen heet 'positieve terugkoppeling'. Deze elkaar versterkende systeemfuncties, die gunstig zijn en leiden tot versnelling van de groei van het innovatiesysteem, noemen we de *innovatiemotor*. De term illustreert de drijvende kracht achter de opbouw van het innovatiesysteem en refereert naar de dynamiek tussen de samenwerkende functies.

De interacties tussen systeemfuncties zijn echter lang niet altijd gunstig. De term 'positieve terugkoppeling' kan wat dat betreft verwarring scheppen; hij lijkt te verwijzen naar een interactie die per sé 'vooruit' of 'omhoog' is. Dit is geenszins het geval. 'Positief' verwijst naar 'het versterken' van een bepaalde trend of richting. In systemen kunnen positieve terugkoppelingen ook 'achteruit' of 'naar beneden' gaan. In dat geval versterkt een functie de negatieve richting van een andere functie, waardoor de ontwikkeling van het innovatiesysteem wordt afgeremd of waarbij dit zelfs geheel tot stilstand kan komen. Er is dan sprake van systeemafbraak.

Een voorbeeld: als de resultaten van een researchproject tegenvallen, zou het vertrouwen in de opkomende technologie bij beleidsmakers en investeerders kunnen afnemen. Men kan besluiten het R&D-programma stop te zetten waardoor *kennisontwikkeling* en *richting geven aan het zoekproces* weer negatief worden beïnvloed. Er is dan sprake van systeemafbraak: de functies versterken elkaar in een spiraal naar beneden. Met elke stap in de cyclus worden systeemfuncties verminderd of tegengewerkt, met als gevolg een snelle afbraak van het systeem.

We hebben eerder aangegeven dat de structuur van een innovatiesysteem bestaat uit actoren die met elkaar zijn verbonden middels netwerken en uit allerlei instituties (weten, regels, gewoonten, normen, waarden) die van invloed zijn op het gedrag van die actoren. Het zijn deze actoren en instituties die verantwoordelijk zijn voor het vervullen van de verschillende systeemfuncties. Zo is een universiteit bijvoorbeeld onderdeel van de structuur van een innovatiesysteem; de universiteit draagt bij aan de functie *kennisontwikkeling* en het *mobiliseren van middelen* door het opleiden van mensen. Een overheid is ook onderdeel van de structuur en kan middels nieuwe wetgeving (ook onderdeel van de structuur) een impuls geven aan de het *creëren van markten*.

We benadrukken hier dit onderscheid tussen structuur en functie, omdat het van belang is als we willen interveniëren in het innovatiesysteem. Het is dan namelijk niet verstandig om te interveniëren op het niveau van de functies zelf, maar wel op het niveau van de structuren. Het gevolg van het aanpassen van de innovatiesysteemstructuur is dat de functies op een andere manier worden vervuld. Door in te grijpen in de structuur wordt een langdurige impuls gegeven aan het functioneren van het innovatiesysteem. In hoofdstuk 8 komen we hier nog op terug.

Kortom, de structuur van het innovatiesysteem bepaalt voor een belangrijk deel welke systeemfuncties worden vervuld. En door interactie tussen systeemfuncties ontstaat een versnelling van de dynamiek van een innovatiesysteem: de groei en/of afbraak. Naast deze zogenaamde *interne* drijvende krachten zijn ook allerlei externe effecten van invloed op de groei van een innovatiesysteem. Zo bepaalt bijvoorbeeld de olieprijs in hoge mate het enthousiasme van mensen om te werken aan alternatieve oplossingen alsmede de rentabiliteit van veel duurzame energie-investeringen. Zo'n extern effect als de olieprijs heeft dus grote invloed op de functievervulling en daardoor op de dynamiek van een innovatiesysteem.

Helaas zijn externe effecten slecht te beïnvloeden. Er zijn weinig aanknopingspunten voor interventie. Het is dus van groot belang om juist de processen die de interne dynamiek van een innovatiesysteem bepalen te begrijpen, want hier zitten de knoppen om het innovatiesysteem te kunnen bedienen.

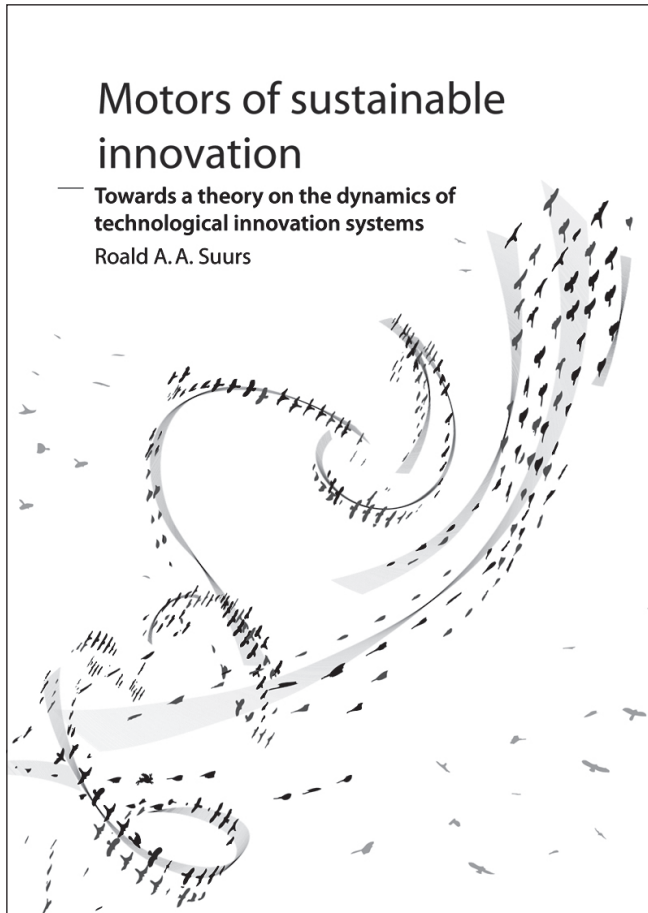
## 7.2 Een typologie van innovatiemotoren

De innovatiesysteemfuncties kunnen elkaar op verschillende manieren beïnvloeden. Er zijn dus diverse motoren mogelijk die leiden tot een versnelling van de ontwikkeling van het innovatiesysteem. Niet in elke fase van de ontwikkeling van het innovatiesysteem zijn alle soorten terugkoppeling even waarschijnlijk. Dit komt omdat niet alle systeemfuncties even belangrijk zijn in de verschillende fasen. Zo is te verwachten dat er aan het begin van het opbouwproces van een innovatiesysteem weinig marktcreatie-activiteiten plaatsvinden. Terugkoppelingen tussen deze functie en andere functies zijn dan ook niet in hoge mate te verwachten. We verwachten in de eerste fase van ontwikkeling wel veel aandacht voor het creëren van verwachtingen (=richting geven aan het zoekproces) en *kennisontwikkeling*. Positieve feedback tussen deze twee functies is dus wel te verwachten in deze fase.

In het recente proefschrift van Roald Suurs worden karakteristieke positieve terugkoppelingen tussen de systeemfuncties besproken die meerdere malen zijn geobserveerd in specifieke ontwikkelingsfasen van groeiende innovatiesystemen. Suurs onderscheid vier typen innovatiemotoren die elkaar in de opbouw van een innovatiesysteem rond duurzame baanbrekende innovaties logisch kunnen opvolgen: de Kennismotor, de Ondernemersmotor, de Systeembouwmotor en de Marktmotor.

In een vroege fase van de ontwikkeling van een innovatiesysteem zijn de motoren nog weinig complex (kennismotor en ondernemersmotor). Naarmate het innovatiesys-

teem groeit zullen deze opgevolgd worden door meer complexe innovatiemotoren. De toename aan complexiteit is te wijten aan een toename in het aantal partijen en instituties, waardoor meerdere systeemfuncties kunnen worden vervuld en meer interactieprocessen mogelijk zijn.



Roald Suurs en zijn proefschrift



De Kennismotor ontstaat helemaal aan het begin van het innovatietraject. Deze motor dient ertoe kennis te ontwikkelen en te verspreiden die de innovatie ten goede komt. Door zoekend leren in laboratoria en aan universiteiten wordt kennis vergaard; middels congressen, workshops en dergelijke wordt deze uitgewisseld. Zo ontstaat een gedeelde visie en een sterke kennisstructuur (vaak in de vorm van bijvoorbeeld nieuwe instituten gericht op demonstratieprogramma's). Voor de onderzoeksprocessen zijn geld en middelen nodig die vaak beschikbaar worden gesteld door de overheid. Belangrijkste actoren binnen deze motor zijn dan ook de wetenschappers en de beleidsmakers. De vier functies die elkaar wederzijds versterken zijn *kennisontwikkeling*, *kennisuitwisseling in netwerken*, *richting geven aan het zoekproces* en *mobiliseren van middelen*.



De Ondernemersmotor komt logisch voort uit de Kennismotor. Het innovatiesysteem bevindt zich nu in de fase waarin de innovatie nog niet kan concurreren met het bestaande niet-duurzame alternatief. Belangrijkste verdienste van de Ondernemersmotor is dat er desondanks een start wordt gemaakt met het vercommercialiseren van de innovatie. Een markt is nog niet beschikbaar, maar ondernemers in de rol van aanjagers nemen het voortouw en zetten pilotprojecten op. Door hun experimenten ontstaat een grote variatie aan technologische opties. Er wordt veel en actief gelobbyd, hoofdzakelijk voor de eigen individuele projecten, waardoor meer geld en middelen beschikbaar komen. Belangrijke opbrengst van deze motor is verder dat nieuwe kennis en inzichten in de praktijk worden opgedaan (ervaringsleren), waarmee de bestaande – uit de Kennismotor voortgekomen – kennisstructuur wordt aangevuld, en de innovatie kan worden verbeterd. Als gevolg van deze dynamiek raken ook andere partijen geïnteresseerd in de innovatie, die in de volgende fase van de opbouw van het innovatiesysteem van belang zijn. De belangrijkste rol in deze motor is weggelegd voor de ondernemer. De belangrijkste functies zijn dezelfde als in de Kennismotor, aangevuld met *experimenteren door ondernemers* en enigszins *tegenspel bieden aan weerstand*.

De Systeemopbouwmotor gaat van start op het moment dat er nog geen echte markt is voor de innovatie. Daar is inmiddels echter wel behoefte aan. Makkelijk is het creëren van een markt niet, aangezien er rondom de 'oude' technologie een machtig bolwerk van belanghebbenden bestaat. Dit ziet de nieuwe innovatie als een bedreiging, en wil de opkomst ervan graag voorkomen. Om deze weerstand te doorbreken is een krachtig netwerk rondom de innovatie nodig dat sterk kan lobbyen. In de Systeemopbouwmotor is de rol van de ondernemer nog altijd van belang, maar nu treden zij in grote aantallen toe in de rol van selector (en niet meer alleen als aanjager). Bovendien organiseren zij zich steeds sterker in netwerken. Hierdoor zijn ze in staat steeds meer nieuwe initiatiefnemers en selectoren aan te trekken – waaronder regionale overheden, intermediairs en belangengroepen – en effectief te lobbyen bij de nationale overheid. In tegenstelling tot bij de Ondernemersmotor gaat het nu niet om projectspecifieke steun, maar vooral om beleid en regelingen die het innovatiesysteem als geheel ondersteunen. Bovendien zijn deze netwerken erop gericht een grote markt te creëren voor de nieuwe technologie. Hét succes van de Systeemopbouwmotor is de vorming van markten voor de nieuwe technologie. Daarbij is een belangrijke verdienste het aanpassen van bestaande wet- en regelgeving die de duurzame innovatie ten goede komt, zoals belastingvrijstelling, verplichte toepassing van de technologie of het aanleggen van een fysieke infrastructuur. Alle zeven functies zijn belangrijk, in het bijzonder het *creëren van markten*.

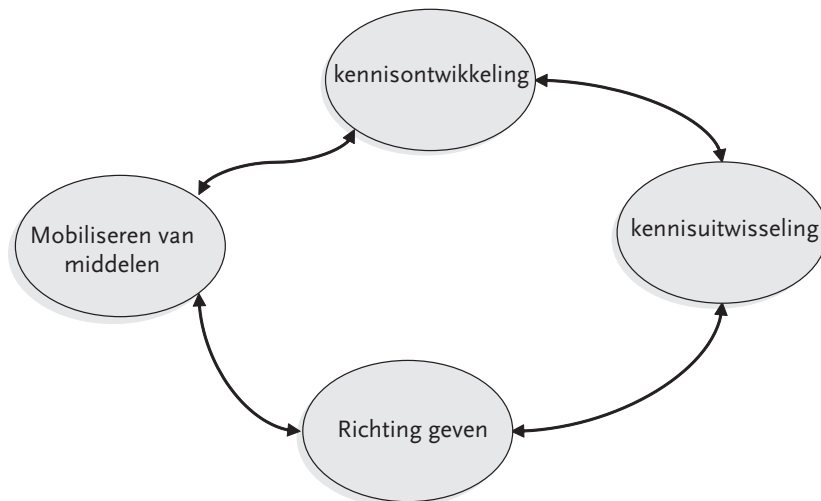
De Marktmotor gaat van start zodra er een koopkrachtige vraag naar de nieuwe technologie is ontstaan. Er komen nieuwe toetreders tot het innovatiesysteem. Ondernemers die nu met betrekkelijk weinig risico durven te gaan investeren, bijvoorbeeld in benodigde infrastructuur, treden toe. Hiermee krijgt het innovatiesysteem een enorme groei-impuls. De ondernemers kunnen met hun marktstrategieën de kansen voor de nieuwe technologie verder doen toenemen. Omdat de innovatie inmiddels die nieuwe standaard aan het worden is, is de wrijving tussen nieuwe technologie en bestaande structuren, die in de Ondernemersmotor en de Systeemopbouwmotor zo veel lobbyactiviteiten vergden, veel minder aan de orde. De technologie maakt zich los van de wis-

selvalligheden van het politieke proces en het daarbij horende lobbywerk. De functie *tegenspel bieden aan weerstand* is in deze motor dus van veel minder belang dan in de vorige motor. Alle functies spelen een rol in de Marktmotor.

In de volgende paragrafen bespreken we de vier innovatiemotoren meer in detail. We verwijzen daarbij regelmatig naar de zeven functies, die we tussen vierkante haken zullen weergeven. Het minteken wordt voor de functienaam geplaatst als de functie een negatieve werking heeft op de opbouw van het innovatiesysteem. We gebruiken verkorte namen voor de functies: 1) ondernemers, 2) kennisontwikkeling, 3) kennisuitwisseling, 4) richting geven, 5) marktcreatie, 6) mobiliseren van middelen, en 7) tegenspel aan weerstand.

### 7.3 De Kennismotor

De Kennismotor wordt vooral gevormd door *kennisontwikkeling*, *kennisuitwisseling in netwerken*, *richting geven aan het zoekproces* en *mobiliseren van middelen*. Figuur 13 geeft deze interactie zeer sterk vereenvoudigd weer.



Figuur 13 De kennismotor

De centrale actoren in de kennismotor zijn wetenschappers en beleidsmakers. Wetenschappers creëren verwachtingen rond een nieuwe technologie en communiceren dit richting beleidsmakers om meer middelen voor onderzoek vrijgemaakt te krijgen. Zij zijn in een goed draaiende Kennismotor erg succesvol in dit proces. De dynamiek van de Kennismotor bestaat dan ook uit een opeenvolging van positieve verwachtingen en/of uitkomsten van onderzoek en ontwikkeling [richting geven], leidend tot het opzetten van onderzoekprogramma's door de overheid, en direct daaraan ge-

koppeld het toewijzen van gelden aan een opkomende technologie [mobiliseren van middelen]. Dit geeft een impuls aan wetenschappelijk onderzoek, vaak haalbaarheids-onderzoeken [kennisontwikkeling] en ook aan conferenties, workshops en andere bijeenkomsten [kennisuitwisseling]. Het creëren van markten is meestal afwezig, hoewel het commercialiseren van de opkomende technologie nu juist het centrale doel is van de wetenschappers en beleidsmakers die deze motor op gang houden. Het is dus vooral de verwachting over een toekomstige markt die richting geeft, en niet een actuele bestaande markt.

In sommige gevallen worden bedrijven en onderzoeksinstituten in een wat later stadium benaderd door overheidsorganen om als technologie-ontwikkelaars of 'launching customers' deel te nemen aan proefprojecten [ondernemers]. De bereidheid van deze bedrijven om aan zulke riskante projecten deel te nemen hangt af van de resultaten van de eerste haalbaarheidsonderzoeken [richting geven]. Als uit deze studies positieve resultaten komen, dan kunnen bedrijven investeren in de projecten, daarmee bijdragend aan verbreding van het R&D programma [richting geven en mobiliseren van middelen]. Bij negatieve resultaten gebeurt het omgekeerde, hoewel op basis van het lopende onderzoeksprogramma de dynamiek van het proces wel op gang kan blijven, zelfs zonder steun van de industrie.

In de volgende casus wordt de Kennismotor geïllustreerd aan de hand van een beschrijving van de ontwikkeling van brandstofcellen in Nederland in de periode 1980-1998.

### CASUS < Ontwikkeling van brandstofcellen in Nederland, 1980-1998

Brandstofcellen produceren stroom, net als batterijen; het verschil is dat bij de brandstofcel brandstof van buiten wordt aangevoerd. Er zijn vele soorten brandstofcellen, in te delen in lage- en hoge-temperatuur brandstofcellen. De eerste worden vooral toegepast in auto's; de laatste worden gebruikt voor opwekking van elektriciteit en warmte (warmte/krachtkoppeling).

In de periode die we beschouwen zijn lage-temperatuur brandstofcellen nog niet aan de orde. Hoewel onderzoek naar brandstofcellen al dateert van het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw, staat rond 1980 dit onderzoek vrijwel overal op een laag pitje – behalve in de VS, waar brandstofcellen worden ontwikkeld voor de ruimtevaart.

Na de oliecrises ontstaat ook in Europa nieuwe belangstelling voor de brandstofcel, in Nederland vooral met het oogmerk de aardgasvoorraad zo goed mogelijk te gebruiken: hoge-temperatuur brandstofcellen kunnen met aardgas worden gevoed [richting geven]. Artikelen verschijnen in wetenschappelijke bladen [kennisontwikkeling en kennisuitwisseling], waarin hoog wordt opgegeven van resultaten in het buitenland [richting geven]. Het Ministerie van Economische Zaken ontwikkelt plannen om het onderzoek te stimuleren [richting geven]. Daartoe laat het een haalbaarheids-onderzoek uitvoeren [kennisontwikkeling]. De resultaten, vooral met het oog op economische levensvatbaarheid, zijn mager [-richting geven], maar in wetenschap-

pelijke kringen groeit de steun voor onderzoek, vooral op basis van ontwikkelingen in de VS [richting geven].

In 1983 raadpleegt EZ vertegenwoordigers uit industrie en wetenschap [kennissuitwisseling], waaruit een ontwikkelingsprogramma voortkomt, groot genoeg om belangstelling van de industrie te wekken [richting geven, mobiliseren van middelen]. Dit Nationaal Onderzoekprogramma Brandstofcellen (NOB) zal worden uitgevoerd door ECN. Het oog valt op de hoge-temperatuur MCFC (gesmolten carbonaat brandstofcel) technologie [richting geven]. Opnieuw worden workshops en haalbaarheidsstudies georganiseerd [kennisontwikkeling en kennissuitwisseling], echter opnieuw met als resultaat dat de economische haalbaarheid gering is [-richting geven]. De aardgasprijzen zijn laag en de concurrerende gasturbinetechnologie maakt een snelle ontwikkeling door. Daarom wordt het industriële programma omgebouwd tot R&D programma [richting geven]. Doel hiervan is kennis op te doen waarvan de industrie kan profiteren. Het budget gaat omlaag [-mobiliseren van middelen], maar het programma wordt wel opgestart.

Het NOB begint met het inkopen van buitenlandse kennis [kennissuitwisseling]. Wetenschap (TU Delft) en industrie (Stork, De Schelde) worden binnenboord gehaald [ondernemers en kennissuitwisseling], maar de inzet van de industriële partners valt tegen. In 1987 komt Hoogovens in beeld als mogelijke partner, die de MCFC-technologie wil gebruiken voor energieopwekking uit zijn afgassen [ondernemers, richting geven]. Maar na haalbaarheidsonderzoeken en onderhandelingen [kennisontwikkeling en kennissuitwisseling] besluit Hoogovens uiteindelijk zich terug te trekken [-ondernemers,-richting geven] wegens gebrek aan vooruitzichten.

Toch blijven EZ en ECN onverminderd enthousiast [richting geven], onder meer door positieve berichten uit de VS [richting geven]. De ambitie om een eigen Nederlandse brandstofcelindustrie op te bouwen wordt nieuw leven ingeblazen en het budget wordt opgetrokken [richting geven, mobiliseren van middelen]. Het NOB is nu een speerpunt van het Nederlandse energiebeleid.

In deze fase is het van levensbelang bedrijven te vinden die de nieuwe technologie willen gaan gebruiken. Tussen 1988 en 1992 worden diverse nutsbedrijven vruchteloos benaderd [-ondernemers, -richting geven]. Het enthousiasme van ECN, daarin gesteund door Novem en EZ, houdt het programma in leven [richting geven, mobiliseren van middelen]. Tenslotte worden toch twee elektriciteitsbedrijven bereid gevonden met de technologie in zee te gaan [ondernemers, richting geven]. In 1992 begint het demonstratieproject. ECN is nu een joint venture aangegaan met Stork de De Schelde onder de naam BCN (Brandstofcel Nederland).

Het klimaat voor dit project is ongunstig. Bezuinigingen en de beginnende liberalisatie werken niet in het voordeel van zulke projecten. En onder de brandstofcellen lijkt een speciaal type brandstofcel (de Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) ineens de beste papieren te hebben.

Een prototype wordt in 1992 gebouwd [kennisontwikkeling]. Maar opschaling is te duur [-richting geven] en eind 1993 wordt de BCN-ontwikkeling opgegeven [-ondernemers, -richting geven]. Het project wordt echter zodanig gereorganiseerd dat de kennis bewaard blijft [richting geven]. Een paar jaar later komt het idee op, op basis

hiervan een 'tweede generatie' MCFC te ontwerpen met een meer marktgericht focus, die bij internationale samenwerking Europese fondsen kan aantrekken [richting geven]. In 1996 start dit 'BCN-2' project, met het doel apparatuur te ontwikkelen voor stroomlevering in ziekenhuizen [ondernemers, kennisontwikkeling]. Helaas zijn er opnieuw ongunstige haalbaarheidsstudies [kennisontwikkeling, -richting geven]. In 1998 trekt EZ de stekker uit het project [-ondernemers].<sup>2</sup>

#### *De innovatiemotor geanalyseerd*

Op basis van de centrale positie van kennisontwikkeling, kennisuitwisseling, richting geven aan het zoekproces en het mobiliseren van middelen kan deze motor worden gekarakteriseerd als een Kennismotor. Nadat de motor in werking is gezet, wordt deze voortdurend op gang gehouden door een overheidsprogramma dat rust op de steun van een beperkte groep wetenschappers en technologieontwikkelaars. Ook al wordt vanaf 1992 door de aanjagers meer moeite gedaan om het bedrijfsleven (selectoren) bij het project te betrekken (zowel vragers als aanbieders van technologie), toch blijft de ondernemersfunctie op de achtergrond.

De beperkingen van de Kennismotor komen hier duidelijk naar voren. De drijvende kracht wordt gevormd door aanjagers: wetenschappers en technologieontwikkelaars. De lopende motor wordt door hen op gang gehouden met positieve verwachtingen, vaak met voorbijgaan aan negatieve signalen over gebrek aan marktperspectief. De aanjagers slagen erin zelfs de selectoren op nationaal niveau mee te krijgen met hun idee van de brandstofcel als energiesparende technologie met perspectief op een zelscheppende industrietak. Beleidsmakers weten zij zozeer te enthousiasmeren dat sommigen zelf de rol van aanjager op zich gaan nemen. Dit gaat zo ver dat op een gegeven moment het overheidsbeleid erop is gericht een brandstofcelindustrie van de grond te krijgen terwijl het bedrijfsleven (aan vraag- én aanbodkant) daar niets voor voelt, tot uiting komend in slechte vervulling van ondernemersactiviteiten. Wat heeft de motor tot stand gebracht? Het belangrijkste effect van de motor is de opbouw van kennis over de brandstofceltechnologie geweest. ➤

De Kennismotor heeft goede kansen tot ontwikkeling te komen als aan een aantal voorwaarden is voldaan. Allereerst moet er sprake zijn van een opkomende technologie, als het ware 'zo uit het lab'. De Kennismotor bevindt zich dan ook typisch in de eerste fase van de ontwikkeling van het innovatiesysteem. Ten tweede is het van belang dat een kleine groep wetenschappers en/of bedrijven de verwachting koestert dat deze technologie een oplossing zal gaan bieden voor bepaalde maatschappelijke problemen. Ten derde dient in brede kring zorg te bestaan over deze problemen, welke veelal van ecologische of economische aard zijn. Tenslotte is het van belang dat de wetenschap en soms de industrie op willen treden als aanjagers van de ontwikkeling. Na vorming van een R&D programma kunnen ook beleidsmakers deze rol op zich nemen.

De structuur van het innovatiesysteem waaruit de Kennismotor voortkomt wordt in stand gehouden door besef van de maatschappelijke problemen en beloftes van technologische doorbraken. Als de structuur vaste vorm heeft gekregen, kan hij worden versterkt door toetreding van nieuwe belangstellenden, hetzij door gunstige resultaten

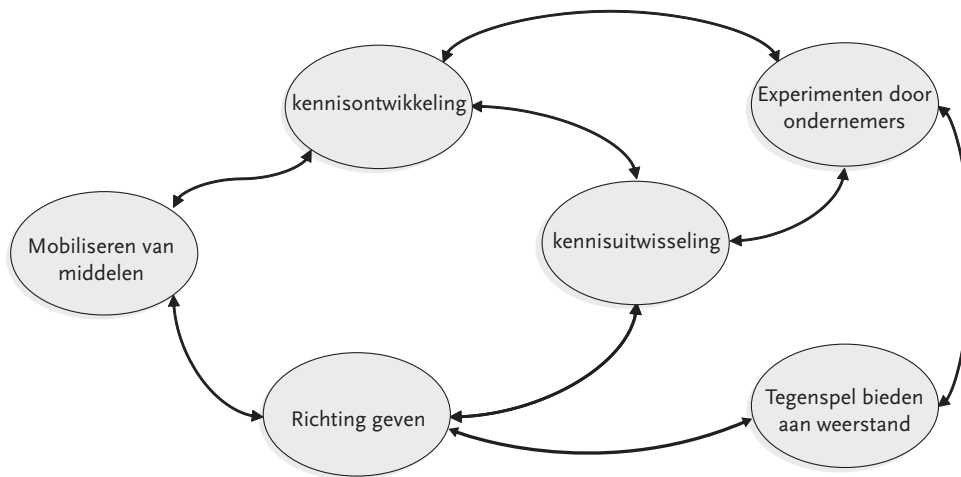
van het onderzoek, hetzij door goede resultaten op hetzelfde terrein in het buitenland. De Kennismotor wordt ook gekenmerkt door beperkingen. Zo is de groep aanjagers meestal klein, bijvoorbeeld afkomstig uit één of twee instituten of bedrijven. Dit maakt de motor kwetsbaar voor het uitvallen van een of meerdere aanjagers. Deze groep is bovendien vaak afkomstig uit de aanbodkant, en niet uit de vraagkant van de technologie. Dit verkleint de kans dat de technologie goed wordt afgestemd op de behoefte van latere gebruikers. Een andere beperking is de onzekerheid van de toepasbaarheid van de technologie. Aanjagers proberen hun positie te versterken door haalbaarheidsonderzoeken waar vaak uit blijkt dat de technologie op dat moment niet concurrerend is. Dit verkleint de kans op toetredende ondernemers waardoor het systeem niet gemakkelijk doorschakelt naar de volgende fase, waarin de rol van ondernemers nu juist cruciaal zal blijken. Om aan deze onzekerheid het hoofd te bieden sturen de aanjagers aan op technologiespecifieke steunprogramma's. Deze hebben een beperkte focus en leiden nogal eens tot een groot afbreukrisico als de resultaten tegenvallen.

In het algemeen kunnen we stellen dat de Kennismotor de volgende effecten heeft. Er ontstaat een gedeelde visie, een krachtig perspectief dat richting geeft en een eenmaal gevormde kennismotor heeft een blijvende positieve invloed op de kennisstructuur; deze invloed krijgt vaak de vorm van nieuwe instituten en/of afdelingen van bestaande instituten, gericht op het managen van grote demonstratieprogramma's.

### 7.3. De Ondernemersmotor

De Ondernemersmotor lijkt op de Kennismotor, aangezien hij dezelfde vier functies omvat. Hij wordt ook voortgedreven door *kennisontwikkeling*, *kennisuitwisseling in netwerken*, *richting geven aan het zoekproces* en *mobiliseren van middelen*. De Ondernemersmotor onderscheidt zich echter van de Kennismotor door de grote rol die is weggelegd voor de ondernemer (*experimenteren door ondernemers*) en de aanwezigheid van de functie *tegenspel bieden aan weerstand*.

Deze motor start doorgaans doordat bedrijven het innovatiesysteem binnentreden en nieuwe innovatieve projecten opzetten [ondernemers] omdat zij economisch en/of maatschappelijk voordeel verwachten van de nieuwe technologie [richting geven]. Omdat de technologie in dat stadium nog niet concurrerend is, verzamelen zij fondsen om een deel van hun risico's af te dekken. Daartoe lobbyen ze bij de overheid [tegenspel aan weerstand] met als resultaat het verkrijgen van projectsubsidies [mobiliseren van middelen]. Hiermee worden projecten gestart [ondernemers], waarvan de uitkomst in gunstige of ongunstige zin anderen aanspoort om ook in actie te komen [richting geven]. Figuur 14 geeft zeer schematisch de ondernemersmotor weer. Niet alle terugkoppelingen zijn in dit figuur weergegeven. Daarvoor refereren we naar het profielschrift van Roald Suurs.



Figuur 14 De ondernemersmotor

De Ondernemersmotor bevat veel van dezelfde dynamiek die ook zichtbaar is in de Kennismotor. Het belangrijke verschil met de Kennismotor is dat *kennisontwikkeling* en *kennisuitwisseling in netwerken* sterk worden beïnvloed door *experimenteren door ondernemers*: de haalbaarheidsonderzoeken en proefprojecten worden nu aangevuld doordat in commercieel gerichte projecten door ervaring in de praktijk geleerd wordt. Deze beïnvloeding geven we weer door een derde positieve terugkoppeling: van *experimenteren door ondernemers* naar *kennisontwikkeling en -uitwisseling*, en terug naar *experimenteren door ondernemers*. De Ondernemersmotor omvat als het ware de Kennismotor, in die zin dat de verhoudingen uit de Kennismotor er nog grotendeels intact zijn. Doordat de Ondernemersmotor alleen een uitbreiding is van de kennismotor kan deze zich ook logisch ontwikkelen vanuit een Kennismotor.

In de volgende casus beschrijven we de ontwikkeling van aardgas als autobrandstof in de periode 1970-2000. Hierin wordt de Ondernemersmotor mooi zichtbaar.

#### CASUS < Aardgas als motorbrandstof in Nederland: 1970-2000

Het gebruik van aardgas als motorbrandstof is een bekende technologie. Benzine- en dieselmotoren kunnen door ombouw geschikt gemaakt worden voor aardgas, of de auto kan direct van een aardgasmotor worden voorzien. Het gebruik van aardgas lijkt op dat van LPG: de brandstof moet onder hoge druk worden geleverd en opgeslagen in de auto. Aardgas is niet klimaatneutraal; de voordelen ervan zijn op korte termijn dat aardgasmotoren geen fijn stof en veel minder  $\text{NO}_x$  uitstoten; op de lange termijn zou aardgas in een duurzaamheidsperspectief kunnen worden vervangen door biogas. De belangen rond aardgas als motorbrandstof zijn tegenstrijdig. Gasbedrijven zijn aanvankelijk zeker geïnteresseerd in vergroting van hun afzet. Ze moeten echter opboksen tegen de bestaande, goed verankerde infrastructuur, die is gebaseerd op

benzine en diesel, en in mindere mate LPG. Aardgas wordt bovendien geleverd door oliemaatschappijen, met grote belangen bij de bestaande infrastructuur. Door deze tegenstrijdige belangen is de houding van de rijksoverheid vaak ambigu.

We bekijken eerst de periode tussen ca. 1970 en 2000. In deze tijd komt aardgas als motorbrandstof eerst op, onder impuls van de oliecrises, maar door dalende olieprijzen en de liberalisering van de nutsbedrijven verdwijnt een belangrijk deel van de projecten weer in de jaren '90; het innovatiesysteem wordt in deze periode met moeite in leven gehouden.

De eerste experimenten komen voort uit het initiatief van enthousiaste medewerkers bij gasbedrijven, daartoe geïnspireerd door voorbeelden in de VS [kennisuitwisseling, richting geven]. Gasbedrijven in Utrecht en Groningen beginnen met de ombouw van hun eigen wagenpark [ondernemers, kennisontwikkeling]. Er is veel en goedkoop aardgas [richting geven]. De gasmaatschappijen bouwen ook hun eigen vulstations [ondernemers], en een aantal andere gasmaatschappijen volgt [ondernemers, kennisontwikkeling, kennisuitwisseling]. Eind jaren '80 gaan ook busmaatschappijen meedoen [ondernemers, kennisontwikkeling, kennisuitwisseling], daartoe aangemoedigd door betrokkenen bij de eerdere proefnemingen [richting geven]. De rijksoverheid lanceert het ABC-programma, een subsidieprogramma voor ombouw [richting geven, mobiliseren van middelen]. Oude dieselbussen worden omgebouwd door TNO en Den Oudsten [ondernemers, kennisontwikkeling, kennisuitwisseling, richting geven].

In weerwil van alle enthousiasme zijn de resultaten van de proefnemingen in het algemeen teleurstellend [-richting geven]. Er zijn problemen met de vulstations; de kosten van ombouw en de actieradius van de omgebouwde voertuigen vallen tegen. In het begin van de jaren '90 zijn de energieprijzen op hun dieptepunt en verschuift de beleidsaandacht op landelijk niveau van milieuzaken naar liberalisering van de nutsbedrijven. Gasmaatschappijen moeten zich concentreren op hun core business. Projecten worden stopgezet en het enthousiasme voor aardgas als motorbrandstof neemt af [-ondernemers, -richting geven]. Het aantal aardgasvoertuigen, op de top 500 à 600, begint te dalen en vulstations worden afgebroken [-ondernemers]. Het gebruik van aardgas als motorbrandstof krijgt een slecht imago [-richting geven]. Toch blijft een aantal spelers zich inzetten voor aardgas. In de jaren '90 bouwen Gasbedrijf Noord-Holland en GEB Amsterdam nog voertuigen om [ondernemers, kennisontwikkeling] inclusief de aanleg van vulstations. Cogas in Twente plant het eerste vulstation voor het grote publiek [ondernemers, kennisontwikkeling, mobiliseren van middelen] dat uiteindelijk geopend wordt in 2001. Belangrijke nieuwe toetreders tot het innovatiesysteem zijn gemeenten (met name Haarlem) die aardgasvoertuigen willen in hun binnensteden ter verbetering van de luchtkwaliteit. De ombouw wordt gesubsidieerd door een landelijke regeling en vanuit het Europese Thermie programma [mobiliseren van middelen].

Toch blijven de projecten te veel kosten, en ook technische problemen houden aan [-richting geven]. Onder de volhouders moeten vooral Cogas en de gemeente Haarlem worden genoemd. Twee gebeurtenissen dragen in de jaren '90 verder bij aan de versterking van het innovatiesysteem. Het eerste is de oprichting van belangenorga-



nisatie NGV-Holland [richting geven, tegenspel aan weerstand]. Door lobbywerk van deze organisatie worden vergunningprocedures en veiligheidsvoorschriften geformuleerd, bijvoorbeeld voor vulstations en overdekt parkeren van aardgasauto's. Het tweede is de vorming van nichemarkten. Canal Bus, een Amsterdamse rederij, krijgt een vergunning om met aardgasboten te varen waar dieselboten verboden zijn [ondernemers, kennisontwikkeling, marktcreatie]. En niches ontstaan ook in de markten van veegmachines op ijsbanen, vorkheftrucks en shovels in glasfabrieken [ondernemers, kennisontwikkeling]. Het initiatief ligt bij gasbedrijven rond Amsterdam en Rotterdam [richting geven] die ook vulstations bouwen [mobiliseren van middelen] en die erin slagen deze projecten ook bij de tegenwind van de liberalisatie in leven te houden.

#### *De innovatiemotor geanalyseerd*

In deze hele periode loopt de Ondernemersmotor, vooral van energie voorzien door gasbedrijven en regionale overheden. Deze vervullen voortdurend de functie *experimenteren door ondernemers*. De aanjagers slagen er aanvankelijk in ook belangstelling voor hun onderwerp bij selectoren te wekken; dit leidt tot betrokkenheid van busbedrijven en een subsidieregeling voor ombouw. Maar al in de periode met hoge olieprijsen doet zich het probleem voelen dat de aanjagers een kleine groep vormen, bovendien geheel voortkomend uit overheids- en semi-overheidsorganen. Bovendien heeft het innovatiesysteem te kampen met tegenvallende (vooral financiële) resultaten. Beide problemen hebben een negatief effect op *richting geven aan het zoekproces* en *creëren van markten*.

Deze verhoudingen blijven intact wanneer het innovatiesysteem door lage energieprijzen en de tegenwind van liberalisatie in de jaren '90 onder druk komt te staan; door volhardendheid van de aanjagers kunnen we dan nog steeds spreken van een Ondernemersmotor. De niches zijn te klein voor echte opbouw van een markt, maar ze geven tenminste enige stabiliteit. De behoefte van gasbedrijven om te experimenteren neemt sterk af, maar een kleine groep blijft toegewijd aan het ideaal; deze groep slaagt erin gemeenten mee te krijgen die bezorgd zijn over luchtkwaliteit (*richting geven aan het zoekproces* en *tegenspel aan weerstand*). Van groot belang is dat deze kerngroep op basis van milieuargumenten ook selectoren uit de landelijke en Europese overheid weet te overtuigen; dit houdt het innovatiesysteem uiteindelijk tot 2000 in leven.

Wat heeft de motor tot stand gebracht? In de opbouwperiode is een netwerk gevormd van betrokkenen waarbinnen kennis en ervaring werd uitgewisseld. Er kwam een subsidieregeling tot stand (aanpassing van de innovatiesysteemstructuur), en geleidelijk raakten steeds meer gasbedrijven geïnteresseerd. Al in deze periode bleek dat de technologie te kampen had met technische en economische problemen. In de moeilijke periode bleef een aantal aanhangers de technologie steunen, waarbij zij het netwerk zelfs nog wisten te versterken door oprichting van een belangenorganisatie. Bovendien wisten zij vergunningprocedures en veiligheidsvoorschriften te laten formuleren. We zullen later zien dat deze aanpassingen in de innovatiesysteemstructuur een latere versnelling mogelijk maakten. ➤

De Ondernemersmotor ontstaat onder de volgende omstandigheden. De beschikbaarheid van een vrij goed ontwikkelde maar nog niet concurrerende technologie die niet goed is aangepast aan de bestaande institutionele structuren is erg belangrijk. Daarnaast is er de belofte van verdere commerciële ontplooiing van de technologie in de ogen van producenten én ook een aantal potentiële afnemers. Overheidsorganen (landelijk, regionaal of intermediairs) zien iets in de technologie vanwege milieu- of andere maatschappelijke problemen, en zijn bereid met geld over de brug te komen. Ook bedrijven zijn bereid toe te treden tot het innovatiesysteem en zich ook hard gaan maken voor de nieuwe technologie (rol van aanjager). Ten slotte fungeren geïnteresseerde overheden en grote bedrijven als launching customers (rol van selector).

De Ondernemersmotor wordt ook gekenmerkt door beperkingen. Een eerste beperking is dat het functioneren van de motor afhankelijk van de toekenning van extern geld door selectoren. Selectoren hebben dus een grote invloed op het functioneren van deze motor. Hiermee is de motor sterk afhankelijk geworden van gunstige externe omstandigheden. Als de omstandigheden meezitten dan ontstaat er bereidheid onder selectoren om te investeren in de nieuwe technologie, maar als het tegenzit dan wordt ook weer net zo makkelijk de stekker eruit getrokken. Een tweede beperking is dat vaak niet de gehele gemeenschap van selectoren overtuigd wordt door de voorgespiegelde voordelen en blijven er belangrijke tegenstanders. Deze tegenstanders kunnen de weerstand tegen de technologie sterk negatief beïnvloeden. Dit vraagt dan ook een continue alertheid van de aanjagers om weerwoord te bieden op de negatieve geluiden van tegenstanders. Ten derde is de steun van selectoren vaak tijdelijk en projectspecifiek, terwijl de aanjagers vragen om langdurige ondersteuning. Ten vierde is de vraagkant van het innovatiesysteem nog zwak ontwikkeld: ook de vertegenwoordigers van de vraagkant zijn afhankelijk van financiering door selectoren. Ten slotte is de organisatie van de aanjagers vaak zwak of klein waardoor *tegenspel aan weerstand* niet voldoende tot ontplooiing komt.

De Ondernemersmotor heeft vaak de volgende effecten. Bij succes trekt deze motor nieuwe belangstellenden van velerlei pluimage aan waardoor het innovatiesysteem groeit. Een belangrijke rol is hierbij weggelegd voor intermediaire organisaties. Intermediaire overheidsorganen nemen vaak het initiatief om een netwerk te organiseren waardoor de kracht van de motor toeneemt. De Ondernemersmotor slaagt er vaak in bedrijven aan de vraagzijde bij het netwerk te betrekken als mogelijke 'launching customers' zodra de levensvatbaarheid van de technologie is bewezen. Een sterk punt ten slotte is het ervaringsleren door de betrokkenheid van het bedrijfsleven. Hierdoor wordt de nieuwe technologie bovendien beter opgenomen in bestaande structuren en procedures zoals veiligheidseisen en normalisatie.

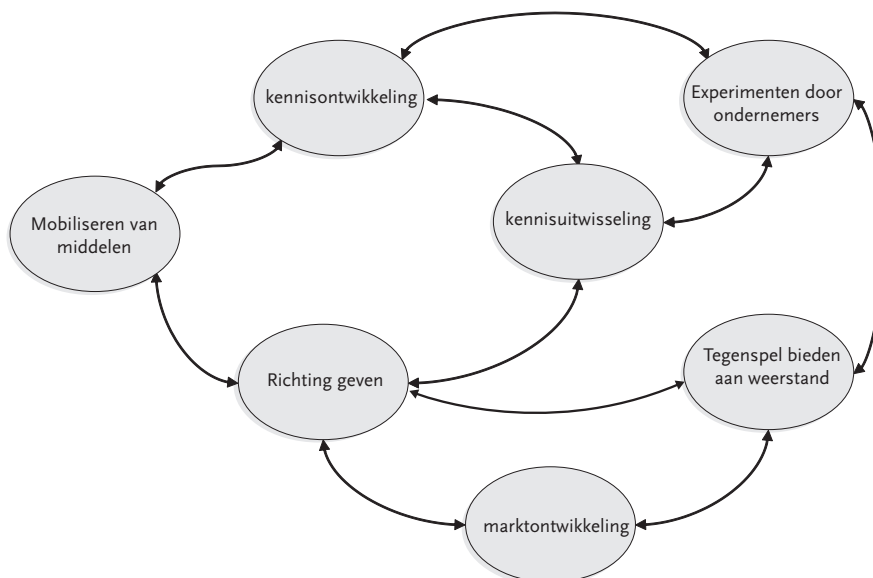
## 7.4 De Systeembouwmotor

De Systeembouwmotor staat voor het in gang zetten van een proces waarbij een groot aantal selectoren worden verleid tot het innovatiesysteem toe te treden. De systeemfuncties waaruit de Systeembouwmotor is opgebouwd uit alle zeven functies van inno-

vatiesystemen. De belangrijke toevoeging aan de Ondernemersmotor is het *creëren van markten*, die daar nauwelijks aanwezig was.

De opbouw van deze motor begint met betrokkenheid van bedrijven bij innovatieve projecten, meestal demonstratieprojecten, soms met gunstige resultaten [ondernemers, richting geven]. Vanuit deze betrokkenheid organiseren ze platforms om kennis uit te wisselen en de verdere technologische ontwikkeling te coördineren en bekend te maken [kennisontwikkeling, kennisuitwisseling, richting geven]. Via deze platforms lobbyen ze voor middelen [mobiliseren van middelen, tegenspel aan weerstand].

Tot zover lijkt de Systeembouwmotor op de Ondernemersmotor. Het doorslaggevende verschil is de verbinding tussen enerzijds *tegenspel bieden aan weerstand* en anderzijds het *creëren van markten* en *richting geven aan het zoekproces*. Dit gebeurt doordat ondernemers zich steeds beter organiseren in netwerken. Door deze structuren zijn ze in staat, steeds meer nieuwe initiatiefnemers en selectoren aan te trekken [ondernemers, kennisuitwisseling] (waaronder regionale overheden, intermediairs en belangengroepen), en effectief te lobbyen bij de nationale overheid [tegenspel aan weerstand], niet voor projectspecifieke steun maar voor beleid en regelingen die het innovatiesysteem als geheel ondersteunen [richting geven, mobiliseren van middelen]. Bovenal zijn deze netwerken erop gericht een grote *markt te creëren* voor de nieuwe technologie. Als deze systeembouw succesvol verloopt, worden *richting geven aan het zoekproces* en het *mobiliseren van middelen* versterkt, waardoor steeds meer bedrijven toetreden tot het innovatiesysteem en overgaan tot *experimenteren door ondernemers*. In figuur 15 staat de systeembouwmotor schematisch weergegeven. Niet alle terugkoppelingen zijn weergegeven. Daarvoor verwijzen we weer naar het proefschrift van Roald Suurs.



Figuur 15 De systeembouwmotor

In figuur 15 lopen de voor deze motor belangrijke lijnen van [ondernemers] naar [tegenspel aan weerstand] naar [richting geven, marktcreatie, mobiliseren van middelen]. Dus de experimenten door ondernemers leiden tot een lagere weerstand tegen de technologie, wat als argument wordt gebruikt in lobby-acties richting de overheid. Dit heeft succes, wat leidt tot meer *richting geven* door de overheid, *marktcreatie* en het *beschikbaar stellen van middelen*. De terugkoppeling komt tot stand doordat dit resultaat ertoe leidt dat selectoren brood zien in de nieuwe technologie, toetreden tot het innovatiesysteem en nieuwe experimenten starten. Bovendien worden de functies *richting geven aan het zoekproces* en het *beschikbaar stellen van middelen* extra versterkt doordat er een markt ontstaat.

Figuur 15 geeft ook aan dat de Systeembouwmotor nog veel van de dynamiek van de Ondernemersmotor omvat. Want in de Ondernemersmotor beïnvloedde het *experimenteren door ondernemers* de *kennisontwikkeling* en *kennisuitwisseling*, en bij een gunstige ontwikkeling leidden deze alle tot een beter *richting geven aan het zoekproces* en daarmee tot meer *mobiliseren van middelen*. De systeembouwmotor is dus een uitbreiding op de ondernemersmotor.

De interacties binnen de Systeembouwmotor lijken dus op die in de Ondernemersmotor; waarschijnlijk is de groeiende basis in de Ondernemersmotor de voorwaarde voor het ontstaan van een Systeembouwmotor. Het doorslaggevend verschil tussen beide motoren is dat in de Systeembouwmotor de deelnemende bedrijven bewust samenwerken om in onderling overleg het *richting geven aan het zoekproces*, het *tegenspel bieden aan weerstand*, het *creëren van markten* en het *mobiliseren van middelen* te versterken. In de Ondernemersmotor proberen de deelnemers aan het netwerk nog projectspecifieke subsidies los te krijgen, maar in de Systeembouwmotor bepleiten ze beleidsmaatregelen die de uitbouw van het innovatiesysteem als geheel ten goede komen. In de volgende casus wordt geïllustreerd hoe een systeembouwmotor ontstaat uit een ondernemersmotor.

#### CASUS < Aardgas als motorbrandstof in Nederland: 2000-2005

In 1999 scherpt de EU de luchtkwaliteitsnormen aan; deze krijgen hun beslag in de Nederlandse wet in 2001. Gemeentebesturen krijgen hiermee een krachtige impuls om schone motorbrandstoffen te bevorderen. Dit kan gezien worden als een extern effect met een positieve invloed op de innovatiesysteemdynamiek. Aardgas als motorbrandstof krijgt internationaal voet aan de grond en autoproducenten gaan hun modellen ook met een aardgasmotor leveren.

Aardgas is voor gemeenten interessant omdat daarmee niet alleen iets wordt gedaan aan fijn stof, maar ook aan NO<sub>x</sub>, dat roetfilters bij dieselmotoren ongehinderd passeert. Maar er zijn nog maar weinig vulstations in het land, veel minder dan bijvoorbeeld in Duitsland. Het initiatief wordt opnieuw genomen door Haarlem en Cogas [richting geven], voortbouwend op resultaten van eerdere proefnemingen. Ze zetten een aantal proefprojecten op [ondernemers] om de voordelen van aardgas in de praktijk aan te tonen.

Het GAIA-project rond Haarlem heeft tot doel 200 vrachtwagens op aardgas op de weg te krijgen [ondernemers, kennisontwikkeling en kennisuitwisseling, richting geven] in de sectoren recycling en afvalverwerking, en op Schiphol; hier wordt het tweede vulstation in de regio gebouwd [ondernemers, mobiliseren van middelen]. Een tweede Haarlems project, PRO-Aardgas, is specifiek gericht op particuliere autobezitters [ondernemers, kennisontwikkeling, richting geven] in samenwerking met dealers in de regio [ondernemers, kennisuitwisseling]. Kopers van aardgasauto's en bouwers van vulstations krijgen subsidie [richting geven, mobiliseren van middelen]. Cogas heeft in de jaren '90 zijn eigen wagenpark omgebouwd en heeft het initiatief genomen voor een openbaar vulstation in Almelo [ondernemers, kennisontwikkeling, mobiliseren van middelen]. Het maakt plannen om in heel Twente vulstations te bouwen en gaat subsidie geven voor de aanschaf of ombouw van aardgasauto's [richting geven, mobiliseren van middelen]. Dit project wordt gesteund door dealers en de gemeente Almelo [ondernemers, kennisuitwisseling, richting geven].

De gasbedrijven en gemeenten, verenigd in NGV-Holland, lobbyen bij de rijksoverheid om steun [tegenspel aan weerstand], met als gevolg dat deze projecten worden gefinancierd uit rijksmiddelen via SenterNovem [mobiliseren van middelen]. Door deze projecten treden weer partijen toe tot het innovatiesysteem die eerder waren uitgestapt [ondernemers]. NGV-Holland formuleert een strategie om steun te verkrijgen van de rijksoverheid en nieuwe medestanders aan te trekken, uitgevoerd door de deelnemende gasbedrijven en gemeenten [kennisuitwisseling, richting geven, tegenspel aan weerstand]. Belangrijk is de vorming van DutCH<sub>4</sub>, een bedrijf dat turnkey aardgasapparatuur levert [ondernemers] en bovendien kennis levert voor aardgasprojecten [ondernemers, kennisontwikkeling, kennisuitwisseling]. DutCH<sub>4</sub> investeert in infrastructuur en bewerkt gemeentebesturen om aardgas als motorbrandstof te adopteren [mobiliseren van middelen, tegenspel aan weerstand]. Betrouwbaarheid en betaalbaarheid nemen toe [kennisontwikkeling, richting geven], ook door gebruik te maken van buitenlandse ontwikkelingen [kennisuitwisseling]. Maar de rijksoverheid werkt niet mee, en beëindigt zelfs het subsidieprogramma omdat de technologie de demonstratiefase voorbij zou zijn [-richting geven, -mobiliseren van middelen]. Marktstimuleringsmaatregelen, die dan in de rede zouden liggen, blijven uit. De betrokken bedrijven pleiten daar juist voor; met name bepleiten ze het vastleggen van een lage brandstofheffing gedurende tien jaar [tegenspel aan weerstand]. Een positief bericht is dat aardgasauto's bij een test gefinancierd door VROM een betere kwaliteit van uitlaatgassen blijken te hebben dan alle concurrenten [kennisontwikkeling, richting geven]. Dat aardgasauto's überhaupt in deze test werden meegenomen is te danken aan lobbywerk door NGV-Holland [tegenspel aan weerstand].

In 2004 en 2005 krijgen de nieuwe luchtkwaliteitsnormen een belangrijke invloed: door rechterlijke uitspraken worden bouwprojecten stilgelegd in gebieden waar deze normen worden overschreden. Aardgas als motorbrandstof wordt steeds meer beschouwd als aantrekkelijke korte-termijn oplossing voor deze problemen [richting geven]. De EU formuleert als beleidsdoel voor 2020 20% vervanging van benzine en diesel door andere motorbrandstoffen, waaronder aardgas [richting geven].

In 2004 zijn er 120 aardgasvoertuigen op de weg (40 rond Haarlem en 80 in Twente), terwijl er in Duitsland dan al 70.000 rondrijden. Maar door rechterlijke uitspraken die bouwprojecten stilleggen in verband met lokale luchtverontreiniging, hoge olieprijs en lobbywerk neemt de belangstelling snel toe [richting geven, marktcreatie, tegenspel aan weerstand]. Steeds meer gemeenten schakelen over op aardgasvoertuigen en proberen (nuts)bedrijven over te halen hetzelfde te doen [ondernemers, kennisontwikkeling, kennisuitwisseling, richting geven, tegenspel aan weerstand]. DutCH4 ontwikkelt een plan voor landelijke dekking met aardgasvulstations [ondernemers, richting geven, mobiliseren van middelen] en neemt daarbij de activiteiten van Cogas over [ondernemers]. Er komt een subsidieregeling voor zulke projecten [mobiliseren van middelen].

Als onderdeel van deze activiteiten worden haalbaarheidsstudies uitgevoerd [kennisontwikkeling, kennisuitwisseling] met in het algemeen gunstige resultaten [richting geven]. Kennis over aardgas als motorbrandstof wordt verspreid door DutCH4 en SenterNovem [kennisuitwisseling, richting geven]. Het innovatiesysteem begint toe te groeien naar nationaal niveau, bijvoorbeeld doordat provincies in hun concessievoorwaarden voor openbaar busvervoer het gebruik van aardgasbussen gaan voorschrijven [richting geven, marktcreatie]. Gevestigde bedrijven (Gasunie, Eneco, Essent) treden toe tot het innovatiesysteem en stellen een manifest op ter bevordering van aardgas als motorbrandstof [richting geven, tegenspel aan weerstand]. De druk om landelijk beleid te ontwikkelen neemt toe [tegenspel aan weerstand].

Dit roept echter weerstand op bij de oliemaatschappijen [-richting geven, -tegenspel aan weerstand] die aardgas zien als concurrent van diesel en benzine. Ook sommige gemeentebesturen en busbedrijven verzetten zich tegen de verplichting om met aardgasbussen te gaan rijden [-richting geven, -tegenspel aan weerstand]. Dit verzet wordt gevoed door de weigering van VROM om belastingmaatregelen te ontwikkelen ten gunste van aardgas [-richting geven]. De redenering is dat aardgas geen lange-termijn oplossing vormt, niet voor NO<sub>x</sub> en fijn stof, en al helemaal niet voor CO<sub>2</sub>.

Deze opstelling roept echter wel weer veel kritiek op, in het bijzonder van het Platform Duurzame Mobiliteit. Het Platform, een publiek/privaat samenwerkingsverband van 40 bedrijven en andere organisaties waaronder ook de oliemaatschappijen, en beleidsmatig verbonden met de rijksoverheid, slaagt erin VROM over te halen toch de toepassing van aardgas in verkeer en vervoer te gaan steunen [richting geven, tegenspel aan weerstand]. Eind 2005 kondigt VROM aan het gebruik van aardgas in bussen en gemeentevoertuigen te gaan steunen met €12 miljoen per jaar [mobiliseren van middelen] en bovendien te proberen Financiën over te halen tot belastingaftrek voor aardgasvoertuigen [richting geven].

#### *De innovatiemotor*

De motor kan in deze periode worden gekarakteriseerd als een Systeembouwmotor. In het begin ligt het initiatief nog steeds bij gasbedrijven en gemeentebesturen die de functies *experimenteren door ondernemers*, *kennisontwikkeling*, *kennisuitwisseling in netwerken* en *richting geven aan het zoekproces* vervullen. Een belangrijk verschil met de voorgaande periode is dat *tegenspel bieden aan weerstand* en *mobiliseren van mid-*

*delen* zich sterk ontwikkelen. In het begin wordt alleen voor afzonderlijke projecten gelobbyd. Maar later worden deze activiteiten gericht op generieke programma's, daarbij leidend tot versterking van *het creëren van markten* en *richting geven aan het zoekproces*, wat weer aanleiding geeft tot meer *experimenteren door ondernemers*.

De activiteiten van aanjagers zijn nu gericht op het innovatiesysteem als geheel, en dat is wat deze motor tot een Systeembouwmotor maakt. De ondernemers organiseren zichzelf in netwerken, waarmee ze nieuwe selectoren binnen het innovatiesysteem trekken. Met dit *tegenspel bieden aan weerstand* proberen ze een landelijke markt voor aardgasvoertuigen van de grond te krijgen. De Systeembouwmotor is voorbereid door de eerdere Ondernemersmotor doordat deze zich heeft versterkt met meer selectoren, betere maatregelen en technologieën, en in het algemeen uitbouw van het innovatiesysteem.

In de jaren 2004-2005 versterken deze mechanismen zichzelf. Het innovatiesysteem groeit nu door naar landelijk niveau. De duidelijkste versterking zit bij de functies *tegenspel bieden aan weerstand* en *richting geven aan het zoekproces*. Deze systeemfuncties spelen nu een rol op het niveau van het landelijk beleid, waarbij ze ook worden ondersteund door een aantal gevestigde energiebedrijven.

Een zwakte van de Systeembouwmotor ligt in het *creëren van markten*. Zo lang er voor de technologie geen duidelijke marktstimulering bestaat (bijvoorbeeld in de vorm van een voor 10 jaar vastliggende lage brandstofheffing) aarzelen veel bedrijven om de betreffende producten te kopen. Halverwege de beschouwde periode vormen de luchtkwaliteitsnormen een geduchte stimulans, maar dan nog wordt de vorming van een massamarkt afgeremd door de tekortschietende infrastructuur.

#### *Wat heeft de motor tot stand gebracht?*

Het belangrijkste effect van de Systeembouwmotor is geweest het voortdurend vergroten van de kring van belangstellenden. Mede hierdoor is de boodschap dat aardgas als motorbrandstof klaar is voor toepassing steeds geloofwaardiger geworden. Ook de volwassenwording van de technologie – niet alleen als gevolg van het Nederlandse innovatiesysteem maar evenzeer door ontwikkelingen in het buitenland – heeft hieraan bijgedragen. In de periode 2004-2005 treden ook gevestigde bedrijven en de rijksoverheid toe tot het innovatiesysteem, waardoor er aan het eind van deze periode een volwaardig stimuleringspakket ligt, en de nog levende weerstand begint af te brokkelen. ➤

De Systeembouwmotor kan zich ontwikkelen uit de Ondernemersmotor onder de volgende gunstige omstandigheden. Er dient sprake te zijn van een vrijwel uitontwikkelde technologie, meestal voorbij het demonstratiestadium. Daarnaast bestaat de verwachting – ook bij potentiële afnemers – dat deze technologie concurrerend zal worden. Er is bovendien een netwerk dat sterk genoeg is om de strijd aan te gaan met gevestigde bedrijven en onderdelen van de nationale overheid die deze bedrijven steunen. Ook is er voldoende belangstelling bij selectoren, zodat deze zich willen inspannen voor marktontwikkeling en aanpassing van de infrastructuur. Ten slotte bestaat er belangstelling van afnemers, in de rol van selector.

Onder deze omstandigheden ontstaat een dynamiek waarin aanjagers selectoren, vooral uit de nationale overheid en gevestigde bedrijven, kunnen overhalen toe te treden tot het technologisch innovatiesysteem. Deze geven een impuls aan *experimenteren door ondernemers, richting geven aan het zoekproces* en ten slotte *het creëren van markten*. De kritische succesfactor is het via coalities, netwerken en beleidsplatforms ontwikkelen van een eenduidige beleidsvisie [richting geven] en het daarmee verwerven van voldoende steun en legitimiteit [tegenspel aan weerstand]. Bij een succesvolle systeembouwmotor slagen aanjagers erin, overheden en gevestigde bedrijven te beïnvloeden, die daardoor kansen scheppen voor aanjagers en selectoren om nog meer activiteiten te ontplooiën. Vaak helpen externe omstandigheden daarbij een handje mee, bijvoorbeeld toen de EU richtlijnen opstelde voor het scheppen van markten voor alternatieve auto-brandstoffen.

Toch bevat de Systeembouwmotor inherente zwakheden. Ten eerste dient de nieuwe technologie op grote schaal te worden toegepast in de bestaande infrastructuur; dit kan leiden tot onverwachte aanloopproblemen, soms met weerstand van potentiële gebruikers tot gevolg. Ook het feit dat de betreffende technologie vrijwel uitontwikkeld is leidt tot problemen; dit betekent namelijk ook dat er nog maar beperkte vooruitzichten kunnen worden geboden op verdere ontwikkeling, en dit staat soms het verwerven van steun in de weg. Een derde zwakte is dat machtige selectoren in dit stadium een belangrijke rol spelen, en deze maken vaak de keuze voor de nieuwe technologie pas als externe omstandigheden zich ten gunste van deze technologie wijzigen. Daarmee komt het lot van de nieuwe technologie buiten de reikwijdte van de aanjagers te liggen, al kan het de ontwikkeling ten goede komen als deze goed op externe omstandigheden kunnen inspelen.

De Systeembouwmotor heeft vaak de volgende effecten. Ten eerste treden meer selectoren toe tot het netwerk. Vaak zijn dit ook beleidsmakers op nationaal niveau waardoor het innovatiesysteem nog verder groeit. Ten tweede worden ook gevestigde bedrijven bij het netwerk betrokken – in het geval van energietechnologieën niet alleen energiebedrijven maar ook bedrijven die zijdelings bij energie betrokken zijn zoals bouwbedrijven. Ten derde vormen aanjagers en selectoren een sterk netwerk dat zorgt voor goede regelgeving en daarmee voor verdere versterking van het innovatiesysteem. Ten vierde kunnen succesvolle systeembouwmotoren regionale ontwikkelingen naar het nationale niveau tillen, inclusief formulering van goede normstellingen en vergunningprocedures. Ten slotte is hét succes van de systeembouwmotor de vorming van markten voor de nieuwe technologie, vaak door bijzondere regelingen als belastingvrijstelling of verplichte toepassing en het aanleggen van een fysieke infrastructuur.

## 7.5 De Marktmotor

De Marktmotor is de laatste motor die we onderscheiden in de opbouw van het innovatiesysteem. Deze motor kenmerkt zich door de aanwezigheid van een markt voor de baanbrekende innovatie. Hiermee krijgt het innovatiesysteem een enorme groei-impuls. De Marktmotor wordt gekenmerkt door krachtige werking van de meeste func-



ties: alle functies zijn krachtig ontplooid, alleen *tegenspel bieden aan weerstand* is van minder belang. Dat komt vooral doordat het *creëren van markten* geen zaak meer is van beleid: de markt is er, mede als gevolg van regels en voorschriften. Het *creëren van markten* is onderdeel geworden van de gewone bedrijfsvoering, direct gekoppeld aan *experimenteren door ondernemers*. De Marktmotor gaat van start zodra er op welke manier dan ook koopkrachtige vraag naar de nieuwe technologie ontstaat [creëren van markten]. Dit leidt tot hoge verwachtingen [richting geven] en meer fondsen [mobiliseren van middelen]. Nieuwe toetreders kunnen de opkomende technologie omarmen omdat het marktrisico veel kleiner is geworden dan in de perioden hiervoor [ondernemers]. Deze toetreders gaan investeren, bijvoorbeeld in infrastructuur [mobiliseren van middelen], en kunnen met hun marktstrategieën de kansen voor de nieuwe technologie verder doen toenemen [creëren van markten]. De wrijving tussen nieuwe technologie en bestaande structuren, die in de Ondernemersmotor en de Systeembouwmotor zo veel lobbyactiviteiten [tegenspel aan weerstand] nodig maakten, treedt in de Marktmotor veel minder op. In de volgende casus wordt de marktmotor geïllustreerd, weer aan de hand van het aardgasvoorbeeld.<sup>3</sup>

#### CASUS < Aardgas als motorbrandstof in Nederland: 2006-2007

Naast plaatselijke luchtkwaliteit wordt nu ook het klimaatprobleem een stimulans voor ontwikkelingen. Aardgas stoot bij verbranding minder CO<sub>2</sub> uit dan benzine of diesel. Biobrandstoffen komen onder vuur te liggen, en dit vergroot de belangstelling voor aardgas – een belangstelling die ook overeind blijft wanneer de zekerheid van toekomstige beschikbaarheid wordt ondergraven door tijdelijke afsluiting van de export van Rusland naar de Oekraïne.

Eind 2006 kondigt de rijksoverheid twee belastingmaatregelen aan: een lage brandstofheffing voor aardgas als motorbrandstof [richting geven, creëren van markten], echter zonder dat een termijn voor deze maatregel wordt gesteld [-richting geven, -creëren van markten]; en verder een lage BPM voor aardgasvoertuigen [richting geven, creëren van markten]. Dit stimuleert investeringen in voertuigen en infrastructuur in een aantal steden [ondernemers, kennisontwikkeling, richting geven, mobiliseren van middelen]. Bovendien bereiden veel gemeenten parkeervoordelen en een subsidieregeling voor aardgasauto's voor [richting geven, creëren van markten]. Provincies steunen de ontwikkeling van infrastructuur [mobiliseren van middelen] en houden vast aan de bevordering van aardgas in concessievoorwaarden [creëren van markten].

De vraagkant van het innovatiesysteem bestaat nog vrijwel geheel uit (semi-) overheidsorganen. Er zijn nog weinig vulstations [-mobiliseren van middelen]. Busbedrijven verzetten zich onder meer tegen de aardgasverplichting omdat er geen tweedehands markt voor aardgasvoertuigen bestaat, waardoor de restwaarde onzeker is [-richting geven, -creëren van markten, -tegenspel aan weerstand]. Maar het Europese Procura project wordt opgezet om aan deze bezwaren tegemoet te komen [richting geven, creëren van markten].

Aan de aanbodkant werken DutCH<sub>4</sub>, Gasunie en coalities als Energy Valley aan het stimuleren van de opbouw van infrastructuur [mobiliseren van middelen, tegenspel aan weerstand] en aan kortingen op brandstof en auto's [mobiliseren van middelen]. Een nieuwe organisatie wordt opgericht: Aardgas Mobiel, een platform dat namens autofabrikanten aardgas gaat bevorderen [richting geven, tegenspel aan weerstand]. Met de toetreding van gevestigde bedrijven tot het innovatiesysteem komt ineens veel meer kapitaal beschikbaar en groeien de verwachtingen sterk [richting geven]. Er komen systeemintegrators op de markt, meestal gevestigde bedrijven die import en assemblage van aardgasauto's en de bouw van vulstations op zich gaan nemen [ondernemers, mobiliseren van middelen]. Een volgende stap is de vorming van CNG-net, een joint venture van DutCH<sub>4</sub> en Ballast Nedam [ondernemers, mobiliseren van middelen], die met kennis van DutCH<sub>4</sub> en middelen en kennis van Ballast Nedam vulstations in het hele land gaat bouwen [kennisuitwisseling, richting geven, mobiliseren van middelen].

De meeste apparatuur wordt in het buitenland gefabriceerd. Onderzoek beperkt zich vaak tot haalbaarheidsstudies [kennisontwikkeling]. Maar er zijn initiatieven om de onderzoeksagenda te verbreden; nieuwe onderwerpen als vloeibaar aardgas, motorefficiëntie en biogas komen op. Het innovatiesysteem is bezig aan een heroriëntatie waarin lange-termijn vraagstukken opnieuw een plaats krijgen.

#### *De innovatiemotor*

In deze periode draagt de rijksoverheid krachtig bij aan *richting geven aan het zoekproces en creëren van markten* en dit weerspiegelt zich in veel *experimenteren door ondernemers* en *mobiliseren van middelen*, vooral voor de opbouw van infrastructuur. De laatste twee functies zijn nu sterker dan ooit. Het *experimenteren door ondernemers* komt niet alleen meer voort uit overheidsstimulering – bedrijven gaan ook zonder subsidie investeren in de verwachting dat de markt sterk zal gaan groeien. Dit op zijn beurt levert van tijd tot tijd weer stimulerende activiteiten op bij gemeenten, bijvoorbeeld in de vorm van parkeervoordelen. Met een volwassen markt in het vooruitzicht wordt *het tegenspel bieden aan weerstand* minder belangrijk. Er is daarom een nieuwe vorm van positieve terugkoppeling tot ontwikkeling gekomen: een Marktmotor, die voortbouwt op het bereikte met de Systeembouwmotor in de voorafgaande periode.

Een zwak punt van deze motor is nog wel dat deze zijn impuls voornamelijk ontvangt van de aanbodkant: bedrijven die bereid zijn te investeren in opbouw van de markt. De vraagkant bestaat nog bijna geheel uit gemeenten en beheerders van wagenparken; de particuliere autobezitter is in deze periode nog niet aan bod gekomen.

#### *Wat heeft de motor tot stand gebracht?*

De motor heeft geleid tot lancering van een – zij het vooralsnog bescheiden – markt. Het vertrouwen is gegroeid en de basis is gelegd voor een stevige marktontwikkeling. >

De Marktmotor ontstaat doorgaans onder de volgende omstandigheden. Ten eerste dient de technologie betrouwbaar genoeg te zijn om opgenomen te worden in het gevestigde technologische systeem (apparatuur, infrastructuur). Ten tweede vormt de regelgeving geen belemmering meer voor toepassing van de technologie. Ten derde bevinden de betrokken partijen zich in alle delen van het innovatiesysteem. Een grote groep selectoren, waaronder gevestigde bedrijven, de nationale overheid en vaak de eerste gebruikers, staat achter de technologie. Ten slotte heeft het innovatiesysteem zich zó krachtig ontwikkeld dat weerstand kan worden overwonnen.

Maar de Marktmotor heeft ook inherente zwakheden. Vaak wordt de rol van particuliere eindgebruikers over het hoofd gezien, waardoor onverwachte moeilijkheden kunnen opdoemen. Ook door de snelheid van de ontwikkeling kan de nieuwe technologie ineens een potentieel ontwrichtend karakter tonen, waardoor vergroting van het marktaandeel weerstand kan oproepen bij selectoren die eerder niet bij het innovatiesysteem betrokken waren. Een andere zwakte is dat bij opname van de nieuwe technologie in de infrastructuur deze door gevestigde bedrijven zodanig kan worden aangepast dat het potentieel ontwrichtende karakter ongedaan wordt gemaakt, mogelijk met als gevolg dat nieuwe toetreders, zelfs voormalige aanjagers, de nieuwe technologie niet meer op de markt kunnen brengen.

De Marktmotor heeft vaak de volgende effecten. Naarmate de markten waarop de nieuwe technologie wordt geïntroduceerd zich stabiliseren, richten bedrijfsstrategieën zich steeds meer op prijsconcurrentie. De nieuwe technologie maakt zich dan ook los van de wisselvalligheden van het politieke proces en het daarbij horende lobbywerk en de nieuwe technologie wordt op grote schaal toegepast. Tenslotte verdwijnt de technologie uit het innovatiesysteem, omdat deze door zijn succes deel gaat uitmaken van de gevestigde werkwijze en infrastructuur

## 7.6 Motoren van verval

Motoren van duurzame innovatie worden opgebouwd, zoals we hebben gezien, doordat functies elkaar versterken in een cumulatief proces. Zo'n cumulatief proces kan echter ook het verval van het systeem veroorzaken, leidend tot systeemaafbraak. Zulke 'motoren van verval' zijn zelf geen obstakels voor de ontwikkeling van een technologie; ze vertegenwoordigen een keten van gebeurtenissen waarbij het innovatiesysteem in het ongerede raakt. Aan de hand van een voorbeeld over de ontwikkeling van biomassavergassing in Nederland zullen we het proces van een Motor van verval illustreren.

### CASUS < Biomassavergassing in Nederland, 1990-2002

Verbranding is de klassieke manier om biomassa om te zetten in elektriciteit.

Door de hete afgassen wordt stoom gemaakt, die vervolgens via een stoomturbine omgezet wordt in elektriciteit. Een nieuwe en innovatieve methode loopt via vergassing. Bij verhitting van biomassa tot ca. 1000 °C met ondermaat zuurstof ontstaat synthese gas of syngas, waarvan CO en H<sub>2</sub> de belangrijkste componenten zijn. De

elektriciteitsproductie uit syngas is aanzienlijk efficiënter dan die door verbranding, aangezien syngas kan worden verbrand in de uiterst efficiënte gasturbine; bovendien kan syngas ook worden gebruikt voor chemische syntheses, bijvoorbeeld voor de productie van (bio)diesel. Aan het vergassingsproces zitten echter beperkingen. De belangrijkste is dat voor biomassavergassing een constante aanvoer van biomassa van goede kwaliteit nodig is – op de markt moeilijk te verwezenlijken. Hoe slechter of ongelijkmatiger de biomassakwaliteit verder is, des te moeilijker is het schoonmaken van het syngas; met name teerverwijdering is een kwetsbaar punt. Onvoldoende schoon syngas leidt tot grote problemen in de gasturbine.

Begin jaren '90 ontstaat belangstelling voor biomassa: ten eerste als duurzame energiebron in het algemeen, en ten tweede omdat Nederland wordt geconfronteerd met een groeiend mestprobleem [richting geven]. Nederland bezit kennis op het gebied van kolenvergassing [kennisontwikkeling] en het idee ontstaat om deze technologie in te zetten voor vergassing van het mestoverschot [richting geven]. De Biomass Technology Group (BTG) organiseert een studiereis naar Zweden en Finland om daar de stand van biomassavergassing te bestuderen [kennisuitwisseling]. En Novem publiceert een rapport met gunstige vooruitzichten voor biomassavergassing van energiegewassen. De aandacht bij benutting van biomassa verschuift van het produceren van motorbrandstoffen naar vergassing [richting geven].

Uit vervolgstudies [kennisontwikkeling] wordt bericht dat biomassavergassing een hoog rendement heeft, en dat de kosten in de hand kunnen worden gehouden door biomassa-afval in plaats van energiegewassen te gebruiken. In korte tijd groeien de verwachtingen rond biomassavergassing snel [richting geven], mede doordat Shell gaat investeren in een installatie in Brazilië [ondernemers], een project dat later wordt afgeblazen.

Verdere studies melden dat biomassa-afval inderdaad kan worden vergast [kennisontwikkeling]; de technologische problemen daarbij worden beheersbaar geacht. Novem start een Nationaal Onderzoekprogramma Biomassavergassing [mobiliseren van middelen], waarbij wordt gemikt op een aantal proefprojecten. Dit leidt tot meer onderzoek [kennisontwikkeling] en verder toenemende verwachtingen [richting geven].

In het innovatiesysteem dat binnen enkele jaren wordt opgebouwd, ontbreken marktstimuleringsmaatregelen [-creëren van markten] zoals subsidies op de te leveren groene stroom. Bovendien wordt door sommige deskundigen gewaarschuwd de verwachtingen niet te hoog op te schroeven zolang de technische problemen niet aantoonbaar zijn overwonnen [-richting geven].

In 1993 kondigen de provincie Noord-Holland enkele elektriciteitsbedrijven en onderzoeksinstituut ECN aan een grootschalige biomassavergasser te willen bouwen [ondernemers]. Na een aantal studies [kennisontwikkeling] wordt eind 1994 besloten een 30 MW warmte/kracht installatie neer te zetten met als grondstoffen afvalhout, snoeihout en andere reststoffen. De verwachtingen zijn hoog gespannen, voorzien wordt dat de centrale in 1998 klaar zal zijn [richting geven].

Een aantal gevestigde bedrijven blijkt geïnteresseerd te zijn; door lobbywerk [tegenspel aan weerstand] wordt meer financiële steun voor het project verworven [mobili-

seren van middelen], waaruit ook nader onderzoek voortkomt, gericht op beperking van de economische risico's [kennisontwikkeling]. Er ontstaat een nichemarkt [creëren van markten], doordat de rijksoverheid nu ook andere provincies stimuleert om biomassa op te nemen in hun brandstofmix.

In 1997 wordt uit het onderzoek echter geconcludeerd dat het project in Noord-Holland economisch niet haalbaar is [-richting geven], en dat er onzekerheid bestaat over de continuïteit van de grondstofleverantie [-mobiliseren van middelen] omdat leveranciers zich gezien de schommelende houtprijzen niet willen binden aan een tienjarig contract. En nu staan ook de signalen van externe ontwikkelingen op rood. Door de liberalisatie van de nutsbedrijven die op stoom begint te komen, willen elektriciteitsbedrijven niet meer investeren in risicovolle projecten. Biomassavergassing wordt nu gezien als onbewezen technologie en daarmee als te risicovol [-richting geven]. In 1998 besluiten de provincie Noord-Holland en het leidende elektriciteitsbedrijf ENW (nu: Nuon) een punt te zetten achter het project [-ondernemers].

In 1996 wordt het initiatief genomen voor een ander groot project. Bij de Amercentrale van Essent zal een 30 MW houtvergasser worden gebouwd waarvan het productgas zal worden gebruikt voor bijstook van de kolencentrale [ondernemers]. Verwacht wordt dat de installatie in 1998 draaiende kan zijn [richting geven]. Maar ook hier ontstaat een probleem over de aanvoer van brandstof. Export van afvalhout naar Zweden blijkt meer op te leveren dan vergassing in de Amercentrale [-ondernemers, -mobiliseren van middelen]. De verwachtingen rond de vergassingstechnologie blijven echter hoog [richting geven] en in 1997 worden de plannen uit de kast gehaald met een andere houtleverancier [ondernemers]. Essent beschouwt de installatie als een wereldprimeur [richting geven] en krijgt in 1998 subsidie van het Thermie programma van de EU en van de rijksoverheid [mobiliseren van middelen]. In 2000 wordt de bouw afgerond en de verwachtingen in de wereld van duurzame energie zijn hooggespannen [richting geven].

Bij het proefdraaien ontstaan echter problemen. De bouwer Lurgi heeft alleen ervaring met kolenvergassing en de as van hout heeft andere eigenschappen waardoor leidingen worden verstopt. Bovendien zijn er problemen met teervorming bij koeling van het productgas. De installatie moet ingrijpend worden herbouwd [-richting geven]. In 2003 kan het proefdraaien eindelijk worden hervat. Lurgi wordt aan de kant gezet en Essent neemt exploitatie en onderhoud geheel over. De problemen rond het functioneren van de vergasser in de Amercentrale straalt uit naar het hele biomassaveld en investeringen in andere biomassavergassers worden niet meer overwogen door angst voor gelijksoortige technologische problemen.

In 1998 wordt de energiemarkt geliberaliseerd en de afvalstoffenmarkt gedereguleerd. Biomassavergassing heeft dan nog niet de status verworven van betrouwbare, efficiënte en betaalbare technologie. Energiebedrijven zijn er daarom niet meer in geïnteresseerd [-ondernemers] en zelfs onderzoek vindt vrijwel niet meer plaats [-kennisontwikkeling]. Biomassavergassing bleek een hype van waaruit men ontwaakt [-richting geven]. Zie de overeenkomsten tussen deze geschiedenis en figuur 12.

In 2000 geeft de rijksoverheid alle initiatieven de doodklap met de vaststelling van emissienormen gebaseerd op kolencentrales. De paar nog bestaande kleinschalige

projecten worden in één keer onbetaalbaar omdat gasreiniging aan de installaties zou moeten worden toegevoegd [-ondernemers]. Onderzoek wordt nu helemaal stopgezet [-kennisontwikkeling]. Biomassavergassing wordt niet langer beleidsmatig ondersteund, waardoor de verwachtingen helemaal inzakken [-richting geven] en geen projecten meer worden ondersteund [-mobiliseren van middelen] of ondernomen [-ondernemers, -kennisontwikkeling].<sup>4</sup>

#### *De innovatiemotor*

Op basis van verwachtingen van wetenschappers komt in snel tempo een Kennismotor tot stand. Hun *richting geven aan het zoekproces* en *kennisontwikkeling* leiden tot de vorming van een nationaal onderzoekprogramma, waarmee verder wordt bijgedragen aan *richting geven aan het zoekproces* en *mobiliseren van middelen*. Het doel van dit programma is vooral *kennisontwikkeling* door proefnemingen met kleine installaties, vooral bij ECN.

Op basis van krachtig *richting geven aan het zoekproces* (hoge verwachtingen) komt zelfs een Ondernemersmotor op gang doordat een aantal gevestigde bedrijven in grootschalige demonstratieprojecten wil investeren. Dit *experimenteren door ondernemers* lokt verdere *mobilisatie van middelen* uit. Maar dan ontstaat een negatieve spiraal. Eén groot project wordt afgeblazen bij gebrek aan economisch perspectief, het andere kampt met aanhoudende technische problemen. De technologie blijkt helemaal niet volgroeid te zijn en omdat de verwachtingen in de voorgaande periode te hoog gespannen waren, valt nu het innovatiesysteem als een kaartenhuis in elkaar. >

Net als de opbouw, kan ook het verval van motoren worden beschreven in termen van versnellende en remmende mechanismen. Verval gebeurt vaak onder de volgende omstandigheden. Er zijn overspannen verwachtingen, gewoonlijk opgebouwd door een groep enthousiaste aanjagers. Daarnaast is de groep aanjagers te klein en weinig divers. Vaak ontwikkelen selectoren wantrouwen in de nieuwe technologie door tegenvallende resultaten. Ten slotte zijn er vaak gunstige ontwikkelingen bij concurrerende technologieën waardoor hun kansen toenemen ten koste van de kansen van de nieuwe technologie; of beleidsprioriteiten verschuiven in ongunstige richting ten aanzien van de nieuwe technologie.

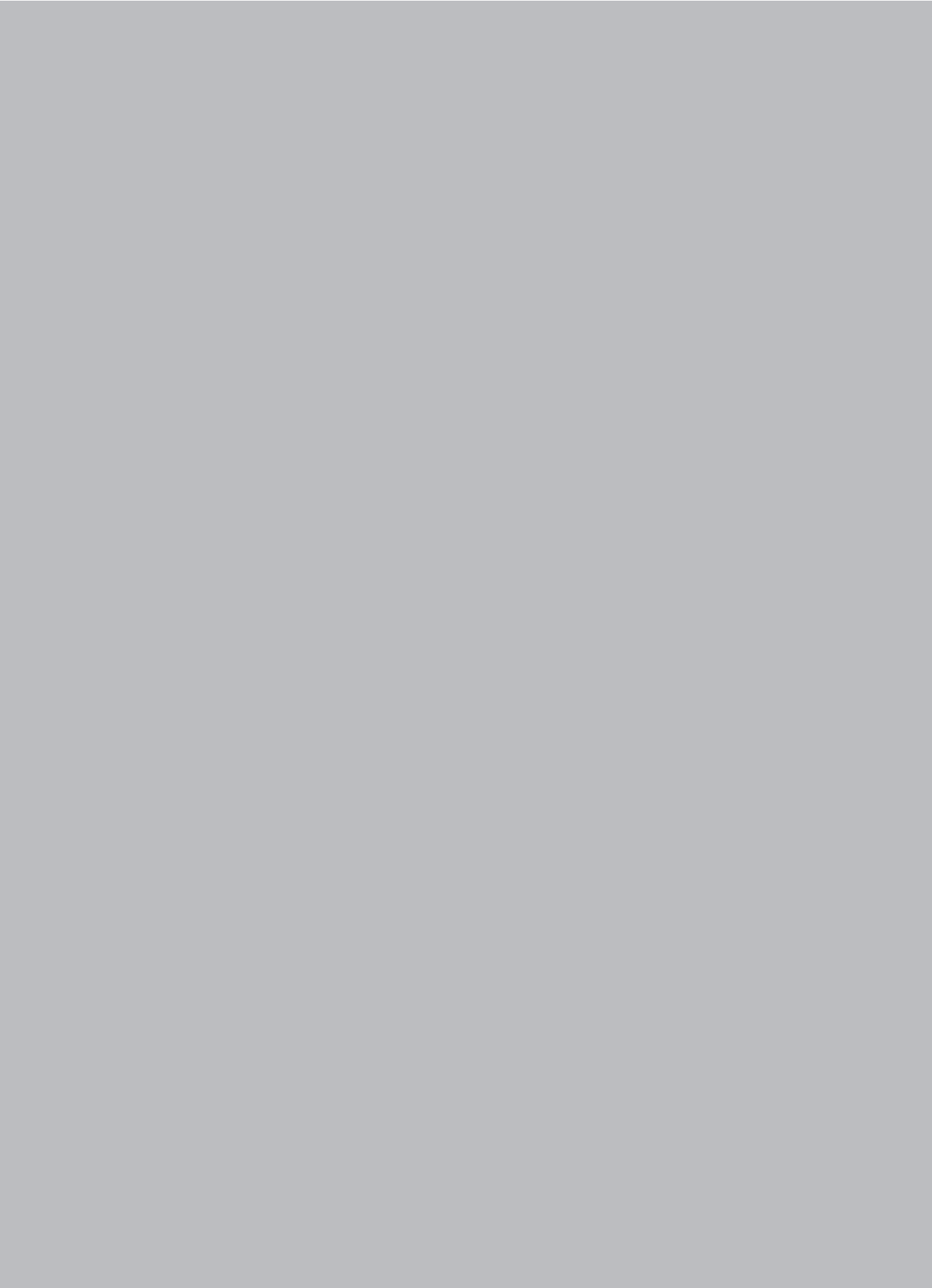
Systeemaafbraak begint meestal met één of meer schokkende gebeurtenissen zoals bijvoorbeeld het mislukken van een demonstratieproject. Als *richting geven aan het zoekproces* en *experimenteren door ondernemers* sterk worden aangetast, kan het innovatiesysteem ineenstorten.

Er zijn ook mechanismen die de afbraak kunnen remmen. Het helpt als het technologisch innovatiesysteem niet is gebaseerd op één enkele technologie maar op een reeks verwante technologieën en meerdere aanjagers en selectoren, dan kan het door het verleggen van de focus overleven. Wat ook helpt is dat de technologie reeds wordt toegepast in marktniches, dan kunnen deze blijven voortbestaan en kan het technologisch innovatiesysteem van daaruit later weer worden opgebouwd.

Systeemaafbraak heeft vaak de volgende effecten. Ten eerste wordt niet alleen de structuur van het innovatiesysteem maar ook het vertrouwen in de technologie afgebroken. Herstel hiervan is doorgaans een langdurig proces (zie figuur 12). Ten tweede blijft er vaak een kleine groep aanjagers over die bereid blijft de technologie te ondersteunen en die de kennisbasis van de innovatie weet te bewaren. Ten slotte blijven er vaak nichemarkten over van waaruit later weer nieuwe projecten kunnen ontstaan.

## Noten

- 1 Dit hele hoofdstuk leunt zwaar op het proefschrift van Roald Suurs. Zowel de typologie van motoren als het merendeel van de empirische voorbeelden zijn hieraan ontleend. De casus 'biomassa vergassing' komt uit het proefschrift van Simona Negro.
- 2 Voor de overzichtelijkheid zijn de minder omvangrijke ontwikkelingen rond andere brandstofceltypen in deze periode achterwege gelaten. Na 1998 zetten de Nederlandse inspanningen rond brandstofceltechnologie zich voort, echter met nadruk op Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) en PEMFC.
- 3 In het proefschrift van Suurs zijn de verschillende motoren ook in andere casestudies geobserveerd. De empirische basis voor deze typologie is dus veel breder dan de aardgascasus.
- 4 Na 2002 komt biomassavergassing overigens weer in de belangstelling, waarbij in Nederland vooral het SenterNovem GAVE programma een belangrijke rol heeft gespeeld.





# Hoofdstuk

# 8

## Lessen voor het versnellen van baanbrekende innovaties

Baanbrekende innovaties zijn gebaat bij de opbouw van een goed functionerend innovatiesysteem. Hiervoor is een bijdrage nodig van alle belanghebbende partijen. In dit slothoofdstuk gaan we in op wat overheden, ondernemers en intermediairs kunnen doen om bij te dragen aan het opbouwproces van een effectief innovatiesysteem.

Wat helpt om het innovatiesysteem snel en goed op te bouwen is, kort gezegd, inschatten hoe het opbouwend innovatiesysteem er wat betreft de zeven functies voorstaat en vervolgens acties ontwikkelen om de matig ontwikkelde sleutelprocessen te versterken. Als daarbij volgens een bepaalde procedure te werk wordt gegaan, spreken we van een *innovatiesysteemanalyse*. De typologie van de innovatiemotoren speelt een belangrijke rol in zo'n analyse. Waar het namelijk om gaat is dat met name de systeemfuncties worden versterkt die nodig zijn om motoren van verandering in gang te zetten. De typologie van de vier innovatiemotoren, die zijn gerelateerd aan de ontwikkelingsfase van het innovatiesysteem, helpt om te ontdekken welke motor te verwachten is in een bepaalde fase van ontwikkeling en welke systeemfuncties kenmerkend zijn voor deze motor. Door dit te koppelen aan de analyse welke functies matig ontwikkeld zijn, wordt duidelijk waar interventies nodig zijn.

In dit slothoofdstuk wordt allereerst de innovatiesysteemanalyse beschreven. We sluiten af met aanbevelingen en lessen voor twee belangrijke spelers in het innovatieveld: de ondernemer (8.2) en de overheid (8.3).

## 8.1 Innovatiesysteemanalyse

Een innovatiesysteemanalyse bestaat uit zes opeenvolgende diagnostische stappen.

*Stap 1* In de eerste stap wordt gedefinieerd welk innovatiesysteem onderzocht wordt. Dit lijkt voor de hand te liggen, maar in de praktijk blijkt deze stap nogal eens te worden overgeslagen. Dat is problematisch omdat onduidelijkheid hierover kan leiden tot de opbouw van een 'verkeerd' innovatiesysteem. Is men bijvoorbeeld geïnteresseerd in de ontwikkeling van zonne-energie in algemene zin of gaat het specifiek om de ontwikkeling van dunne film zonnecellen? Het afbakenen van de systeemgrenzen is nodig omdat voor deze twee genoemde innovaties *verschillende* innovatiesystemen wenselijk zijn. Kortom, na de eerste stap moet duidelijk zijn om welk innovatiesysteem het precies gaat. Het meest eenvoudig is om een innovatiesysteem rond een specifieke technologie te definiëren. Alle genoemde lessen in dit boek gaan dan in ieder geval op. Indien een veel breder innovatiesysteem wordt gedefinieerd (bijvoorbeeld rond een bepaalde sector of een setje aan verschillende technologieën) dan zal er ook sprake zijn van technologiecompetitie binnen het gedefinieerde innovatiesysteem. Dit maakt de analyse en de opties voor sturen extra lastig. Door de hoge complexiteit hiervan hebben we besloten om dit in dit boek niet te behandelen. Als de interesse van belanghebbenden toch ligt op een hoger aggregatieniveau dan een individuele technologie dan stellen we voor om het geaggregeerde systeem op te delen in verschillende technologische innovatiesystemen rond een specifieke technologie en deze individueel te analyseren.

*Stap 2* In de tweede stap wordt een globale inschatting gemaakt van de fase van ontwikkeling waarin het innovatiesysteem zich bevindt. Op basis daarvan is het mogelijk om een inschatting te maken van welk van de vier innovatiemotoren goed 'dient te draaien'.

Is de innovatie nog erg nieuw en als het ware vers uit de laboratoria? Dan zal het innovatiesysteem zich in de beginfase bevinden. Om de opbouw van het systeem te garanderen moet de Kennismotor ofwel goed draaien ofwel actief in gang worden gezet. Een goede indicator is het al dan niet aanwezig zijn van prototypes. Als deze nog niet aanwezig zijn dan is er zeker sprake van de exploratiefase waarin het innovatiesysteem zich bevindt en zal de kennismotor de hoogst haalbare motor zijn.

Als er wel sprake is van de aanwezigheid van prototypes dan zou het innovatiesysteem zich al in een volgende fase moeten bevinden (take off). De prototypes zijn in dit geval nog niet zodanig uitontwikkeld dat ze te koop zijn op de markt. De Ondernemersmotor dient dan goed ontwikkeld te zijn. Als de innovatie zodanig is ontwikkeld dat hij in specifieke niche markten wordt verkocht dan is er sprake van het begin van de versnellingsfase van het innovatiesysteem. De systeembouwmotor dient nu goed te gaan draaien om een grote markt en de benodigde aanpassingen in de institutionele omgeving te initiëren. Als er een duidelijke markt voor de innovatie aanwezig is en de innovatie wordt goed verkocht, dan zal het innovatiesysteem al grotendeels moeten zijn opgebouwd. In deze fase is actief bijsturen van minder belang dan in de vorige fases.

*Stap 3* In een derde stap gaat het om het in kaart brengen van de *structuur* van het innovatiesysteem. Het gaat dan met name om het beantwoorden van de volgende vragen:

- wie is actief betrokken bij de ontwikkeling van het innovatiesysteem?
- welk beleid is van toepassing op de nieuwe technologie?
- welke wet- en regelgeving is van toepassing op de nieuwe technologie?
- meer specifiek: welke regels helpen de nieuwe technologie en welke regels belemmeren de nieuwe technologie?

De structuur van het innovatiesysteem kan vervolgens worden ingevuld in een schema zoals weergegeven in figuur 10.

De reden om de structuur in kaart te brengen is dat interventies in het innovatiesysteem dienen te gebeuren via de structuur van het innovatiesysteem. De functies zijn indicatoren of het goed gesteld is met de structuur, maar interventies dienen niet via de functies plaats te vinden. De reden hiervoor is dat een systeemfunctie vorm krijgt door de activiteiten die binnen het innovatiesysteem worden verricht. Over het algemeen dienen veel activiteiten te worden verricht om een functie goed vervuld te laten zijn. Het is dan ook vaak het resultaat van collectieve actie. Als een overheid bijvoorbeeld wil interveniëren in een innovatiesysteem is het nuttiger om de structuur van een innovatiesysteem in gunstige zin te beïnvloeden waardoor een groot aantal actoren positieve activiteiten zullen gaan verrichten die bijdragen aan de opbouw van een innovatiesysteem dan deze activiteiten zelf te gaan verrichten. Een voorbeeld om dit onderscheid duidelijk te maken. Stel dat de functie *kennisuitwisseling* een probleem is in de opbouw

van een innovatiesysteem. In dat geval is het verstandiger om een samenwerkingseis op te nemen in de subsidievoorwaarden van onderzoeksprogramma's (structuur aanpassen) dan het organiseren van kennisuitwisselingbijeenkomsten. De samenwerkingseis draagt ook op de lange duur zorg voor de functievervulling. Ook het oprichten van een nieuwe organisatie die zich verantwoordelijke voelt voor het bouwen van netwerken waarbinnen kennisuitwisseling plaatsvindt, is een interventie in de structuur van het innovatiesysteem, die langdurig een bijdrage levert aan de functie kennisuitwisseling.

*Stap 4* De vierde stap vormt de kern van de innovatiesysteemanalyse. Het gaat nu om het in kaart brengen van welke functies goed en welke slecht ontwikkeld zijn. In de praktijk zijn er twee manieren om dit te doen. De eerste manier is het uitvoeren van een aantal strategische interviews met goed ingevoerde actoren. Dit geeft een snel beeld van de stand van zaken. De tweede manier is per functie de feitelijke omvang van activiteiten te bepalen. Het gaat daarbij om de indicatoren die in hoofdstuk 6 zijn gepresenteerd per systeemfunctie. Bijvoorbeeld: bij de functie *tegenspel bieden aan weerstand* gaat het om de vraag; in hoeverre worden lobbyactiviteiten uitgevoerd? En bij de functie *marktcreatie* gaat het om de mate waarin wetgeving is aangepast en of er subsidieregelingen of gunstige belastingregelingen bestaan. Vervolgens wordt een overzicht hiervan aan experts voorgelegd om een oordeel te geven over hoe de omvang wordt gewaardeerd. Zoals we eerder zagen is het niet in elke fase van de ontwikkeling nodig dat alle functies even goed vervuld worden. Daarom is het van groot belang dat in stap 2 duidelijk wordt welke innovatiemotor wordt verwacht. Juist de functies die cruciaal zijn bij de ontwikkeling van de desbetreffende innovatiemotor dienen goed vervuld te zijn. Het is minder erg dat de minder belangrijke functies nog niet goed vervuld zijn.

*Stap 5* In een vijfde stap worden twee zaken vastgesteld:

- wat zijn de structurele barrières die het goed vervullen van systeem functies belemmeren?
- welke structurele krachten zorgen ervoor dat systeemfuncties juist wel worden vervuld?

In deze stap wordt dus teruggegrepen op de analyse van de innovatiesysteemstructuur in stap 1. Het afwezig zijn van bepaalde actoren kan bijvoorbeeld een grote barrière zijn, net zoals het afwezig zijn van bepaalde capaciteiten bij actoren die wel betrokken zijn. Ook tegenwerkende regelgeving dan wel het afwezig zijn van bepaalde wet- en regelgeving. Ook minder goed meetbare zaken als de urgentie van een maatschappelijk thema kunnen hier worden meegenomen. Positieve krachten kunnen in dezelfde structuren worden teruggevonden.

In de innovatieliteratuur<sup>4</sup> wordt een aantal veelvoorkomende structurele barrières geïdentificeerd die een goed functioneren van het innovatiesysteem in de weg staan:

- Grote onzekerheid over de toekomstige markt van een baanbrekende innovatie;
- Een gebrek aan legitimiteit. De innovatie wordt niet gezien als een innovatie met voldoende potentieel, bijdrage aan het oplossen van een maatschappelijk probleem of toekomstige winstgevendheid;

- Niet afdoende beleid die de innovatie beschermt en ondersteunt en te grote onzekerheden rond de innovatie vermindert;
- Ambigu gedrag van gevestigde orde bedrijven waardoor er voor insiders grote onzekerheid ontstaat hoe gevestigde orde bedrijven met de innovatie zullen omgaan;
- Zwakke organisatie van insidernetwerken waardoor een heldere visie en gemeenschappelijke acties ontbreken. Zwak organiserend vermogen van insiders;
- Gebrekkige kennis en competenties bij de consument waardoor de consument niet in staat is om met de nieuwe technologie te werken dan wel de voordelen hiervan in te zien;
- Sterke lock-in van bestaande technologie;
- Gebrek aan langetermijnvisie van overheid waardoor de risicoperceptie rond nieuwe technologieën onnodig groot is.

Drijvende krachten die ervoor zorgen dat de functies juist wel vervuld worden zijn het tegenovergestelde van de hierboven beschreven barrières.

*Stap 6* De laatste stap van de analyse gaat over de vraag wat betrokken partijen eigenlijk wensen en kunnen: wat wil men doen om actief in te grijpen in het functioneren van het innovatiesysteem? Waar liggen hun behoeftes op dit punt? En, wat kan men? Wat is haalbaar als het gaat om het opheffen van de structurele barrières en het benutten van de drijvende krachten die zijn geïdentificeerd in stap vijf? Een voorbeeld: als blijkt uit stap vijf dat onzekerheid over de toekomstige markt van een baanbrekende innovatie een belangrijke barrière vormt, kunnen langlopende beleidsprogramma's uitkomst bieden. Als blijkt dat bij betrokken partijen (waarvan de overheid in dit voorbeeld natuurlijk een belangrijke is) de wens en wil bestaat om zich hiervoor sterk te maken, kan deze structurele barrière worden verminderd waarna, naar verwachting, meerdere systeemfuncties veel beter worden ingevuld.

Het is verstandig om in deze stap van de analyse alle partijen actief te betrekken in de analyse en de besluitvorming. Ten eerste draagt het bij aan het creëren van draagvlak en bereidheid om aan de slag te gaan, wat hard nodig is om het interveniëren succesvol te laten verlopen. Ten tweede helpt het de betrokken partijen om scherp zicht te krijgen op waar de problemen in het innovatiesysteem nu precies zitten. De praktijk leert dat als men zich dit eenmaal helder realiseert, zij ook heel goed in staat zijn om aan te geven welk van de functies zij belangrijk vinden in de fase van ontwikkeling van het innovatiesysteem.

Een belangrijk element bij het creëren van draagvlak is dat men zich goed realiseert wat het belang is van de betrokken partijen aan tafel. Zoals eerder betoogd in dit boek is het kenmerkende van baanbrekende innovaties de grote mate van weerstand bij gevestigde partijen. Het is zaak dat het versnellingsproces van baanbrekende innovaties niet wordt gegijzeld door partijen die dit type veranderingsprocessen proberen te vertragen. In de meeste gevallen is de positie van gevestigde partijen duidelijk. Echter, in sommige gevallen pretenderen gevestigde partijen ook een positieve bijdrage te willen leveren aan het veranderingstraject om zodoende aan boord te komen van de besluitvorming.

Vervolgens ontwikkelen zij remmende strategieën die in hun eigen belang zijn en niet in het belang van de innovatie.

Bovenstaande analyse vormt de basis voor het interveniëren in opkomende innovatiesystemen rond baanbrekende innovaties. Een degelijke analyse maakt het mogelijk om zwakke plekken te repareren, waardoor de kans dat innovatiemotoren op gang komen wordt vergroot.

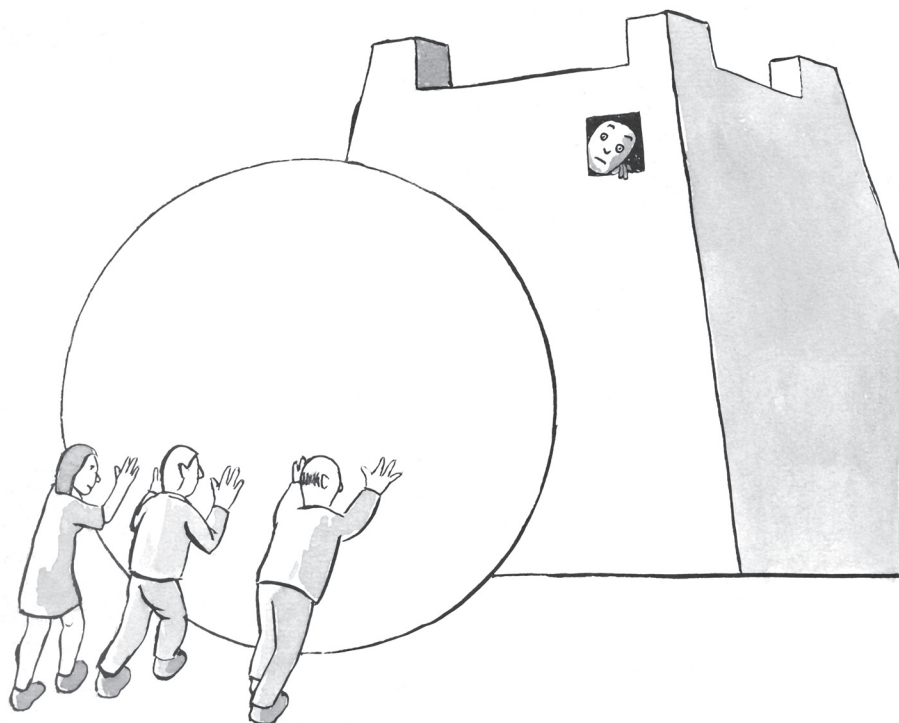
Het bovenstaande wordt in de volgende paragrafen geconcretiseerd door te beschrijven wat drie spelers in het innovatieveld kunnen bijdragen aan de opbouw van een goed functionerend innovatiesysteem. Die spelers zijn ondernemers (8.2) en overheden (8.3).

## 8.2 Lessen voor ondernemers: ‘running in packs’

*Running in packs* gaat over wielrennen. Stelt u eens een wielervedstrijd voor met een groot peloton. Eén wielrenner wil graag ontsnappen uit dit peloton om deze wedstrijd te winnen. De wielrenner kan grofweg twee strategieën hanteren. Ten eerste kan hij proberen zo snel mogelijk in zijn eentje voor het peloton uit te fietsten om zo alleen en als eerste over de finish te komen. Dergelijke overwinningen zijn groots als ze lukken, maar vaak tot mislukken gedoemd. Een tweede strategie is proberen te ontsnappen *samen* met een aantal andere wielrenners. Dit kleine groepje (‘pack’) kan elkaar uit de wind houden en vergoot middels goede samenwerking de kans op succes. Onze wielrenner kan alsnog vlak voor de finish proberen te ontsnappen uit het kleine groepje om zo als winnaar uit de strijd te komen.

Running in packs is een mooie metafoor voor de ondernemer die in het veld van zijn concurrenten succes probeert af te dwingen door met hen samen te werken én te strijden.<sup>2</sup> Het peloton kunnen we zien als de bestaande industrie. Uit dat peloton wil de innovatieve ondernemer zoals die ene wielrenner ontsnappen. De kracht van deze ondernemer is echter te beperkt om het ‘te winnen’ van de gevestigde orde. Maar door de krachten te bundelen met andere ondernemers vergroot deze individuele ondernemer zijn kansen op succes. Ook het spanningsveld tussen aanvankelijke samenwerking en de uiteindelijke eindstrijd om de ‘eindoverwinning’ geldt voor deze ondernemer. Dit spanningsveld is zelfs typisch voor de moderne ondernemer die zich met innoveren bezighoudt. Ondernemen in innovatiesystemen vergt een balans vinden tussen concurreren enerzijds en goede levenskansen voor de technologie creëren door samen te werken anderzijds. Dit betekent dat de moderne ondernemer dus ook voortdurend afwegingen moet maken over welke activiteiten samen worden uitgevoerd of door andere ondernemers, en welke activiteiten zelf worden uitgevoerd.

De moderne ondernemer onderscheidt zich in die zin van de – stereotype – klassieke ondernemer. De klassieke ondernemer neemt zelf risico’s om een nieuw idee, een ingeving of een commercieel product te ontwikkelen en op de markt te brengen. De klassieke ondernemer is dan ook erg sterk gericht op experimenteren met de innovatie; op het zo ver ontwikkelen van de innovatie dat het marktrijp is. Naast deze technologi-



Running in packs

sche focus heeft de klassieke ondernemer ook oog voor zijn omgeving. Dit zijn vooral de markt (klant) en de partijen wiens kennis nodig is om de innovatie succesvol te ontwikkelen, zoals toeleveranciers van onderdelen of procestechnologie. Kortom, een stereotype klassieke ondernemer denkt in termen van technologie ('het moet werken') en in termen van de productieketen ('van toeleveranciers tot klant'). Deze klassieke ondernemer probeert zijn nieuwe ideeën zo goed mogelijk te beschermen door geheimhouding of het aanvragen van octrooien, uit angst dat andere ondernemers er met zijn of haar innovatie vandoor gaan. De strategie is erop gericht om als eerste of enige met een nieuw product op de markt te komen om in ieder geval gedurende een zekere periode de vruchten te kunnen plukken van een monopoliepositie.

De moderne ondernemer denkt anders. Niet alleen in termen van technologie en productieketen maar ook in termen van innovatiesystemen. Wat doet deze ondernemer anders?

Ten eerste realiseert deze ondernemer zich dat het voor het slagen van een baanbrekende innovatie nodig is om bestaande weerstand te doorbreken. Zonder dat is het moeilijk om aan middelen te komen en zijn nieuwe markten moeilijk te openen. De moderne ondernemer realiseert zich dat het daarom nodig is dat een groter aantal partijen de nieuwe technologie gaat promoten.

Ten tweede realiseert deze ondernemer zich dat veel wet- en regelgeving, gedrag en gewoonten aangepast zullen dienen te worden om de baanbrekende innovatie goed ingepast te krijgen in de markt. Dit is een weerbarstig proces om gerealiseerd te krijgen, wat bijna niet te doen is voor een individuele ondernemer. Alleen door het bundelen van krachten kunnen dit soort veranderingsprocessen in gang worden gezet.

Ten derde realiseert de moderne ondernemer zich dat een grotere legitimiteit en een betere inpassing van de innovatie in de markt waarschijnlijk leidt tot een veel grotere markt dan in het geval deze processen niet plaatsvinden. Een klein stukje hebben van een grote stabiele markt kan wel eens veel interessanter zijn dan het monopolie op een kleine markt met onzekere vooruitzichten.

Ten slotte realiseert de moderne ondernemer zich dat het de kans op goed opgeleid hoogwaardig personeel toeneemt naarmate meer bedrijven op hetzelfde terrein actief zijn. Concurrerende bedrijven kunnen mensen opleiden en een grotere set aan bedrijven leidt misschien wel tot specialistische opleidingen aan mbo, hbo of universiteiten.

Kortom, de moderne ondernemer realiseert zich dat ondernemen een collectief proces is. De concurrent is niet alleen concurrent, maar ook collega in het innovatiesysteem. De concurrent is belangrijk in het vervullen van bepaalde functies in het innovatiesysteem die de ondernemer nooit allemaal individueel kan vervullen. Dit vraagt een bepaalde houding die gekenmerkt wordt door een zekere mate van openheid en vertrouwen. Vanuit die houding worden informatie uitgewisseld en rollen verdeeld in de activiteiten die moeten worden verricht om een grootschalige doorbraak van nieuwe technologie mogelijk te maken.

De running in packs-strategie is gericht op het opbouwen van een nieuwe industriestructuur en innovatiesysteem en niet zozeer alleen het opbouwen van de eigen onderneming. Dat dit zinnig is blijkt wel uit het onderzoek van Van der Ven die stelt dat de tijd en moeite die gemoeid zijn met het realiseren van een innovatie omgekeerd evenredig is met de opbouw van een innovatiesysteem.<sup>3</sup>

Heel concreet verrichten moderne ondernemers een groot aantal activiteiten in netwerken. Kennisontwikkeling vindt plaats in netwerken met onderzoekspartijen, toeleveranciers en concurrenten. Het vergroten van de legitimiteit, het doorbreken van weerstand, het veranderen van de institutionele omgeving vindt plaats middels gezamenlijke lobbyacties, oprichting van belangenorganisaties en enthousiasmeren van de juiste selectoren voor het nieuwe innovatietraject.

Een mooie illustratie voor het feit dat gezamenlijk optrekken voor vele individuele ondernemers tot een beter resultaat leidt is het succes van regionale clusters. Michael Porter beschrijft in de klassieker 'de competitive advantage of nations'<sup>4</sup> het succes van clusters van kleine bedrijven die door regionale concentratie wereldleider worden op hun gebied. Zo'n voorbeeld is de leidende positie op de mondiale markt voor keramische tegels en plavuizen door Italiaanse bedrijven die allemaal zijn geconcentreerd in en rond het stadje Sassuolo. In dit betrekkelijk kleine gebied zijn honderden bedrijven actief die tegels van uitzonderlijk kwaliteit leveren. Het voordeel dat de bedrijven hebben van het samenklonteren in deze regio is het ontstaan van uitstekende machinebouwers voor het productieproces van tegels. Vaak werden deze machinebouw-



bedrijven opgezet door ex-technici die werkten voor de tegelbedrijven. Ook andere toeleverende bedrijven gespecialiseerd in verf, lakken en coatings vestigden zich in deze regio waardoor er optimale kennisuitwisseling mogelijk was over nieuwe technieken, nieuwe productiemethoden, nieuwe vormgeving, et cetera. Daarnaast is haast de gehele beroepsbevolking in deze regio actief in deze branche, wat het voor een bedrijf erg gemakkelijk maakt om goed opgeleid personeel te vinden. Ten slotte heeft de geografische concentratie geleid tot de vorming van een merknaam dat alle bedrijven in de regio ten goede komt.

Het voorbeeld laat zien dat door clustering van een groot aantal ondernemers bij elkaar de regio interessant wordt voor specialistische toeleveranciers om zich daar te vestigen, er ontstaat een gedeelde arbeidsmarkt van specialistisch opgeleide vakmensen, en door de schaal die gezamenlijk wordt bereikt is het mogelijk een reputatie op te bouwen op de wereldmarkt, iets dat voor een individueel bedrijf zeer moeilijk te realiseren is. Veel van de positieve effecten die worden bereikt binnen regionale clusters gelden ook voor innovatiesystemen.

De samenvattende boodschap voor ondernemers op basis van het innovatiesysteemdenken is dan ook: matige samenwerking tussen ondernemers leidt tot slecht functionerende innovatiesystemen. Het doorbreken van weerstand tegen verandering vraagt om een eenduidige boodschap vanuit het collectieve veld. Het blijkt dat ondernemers die elkaar weten te vinden, samen lobbyen bij de overheid en de publieke opinie gezamenlijk beïnvloeden, meer kans hebben op succes dan de slecht georganiseerde ondernemers.

De huidige stand van zaken in Nederland is dat ondernemers nog vaak de klassieke rolopvatting over ondernemen hanteren. Er wordt over het algemeen bij duurzame technologie onvoldoende samengewerkt, en de nadruk ligt veelal op bestrijding van de concurrent. De strijd gaat vaak over welke nieuwe technologie de beste oplossing is voor onze maatschappelijke problemen. In de Nederlandse praktijk blijkt dit te leiden tot langdurige maatschappelijke discussies die tot doel hebben uiteindelijk te kunnen bepalen welke technologie gestimuleerd gaat worden. Het is voor het versnellen van de doorbraak van duurzame innovaties van cruciaal belang dat er een nieuwe visie op ondernemerschap ontstaat, die gedragen gaat worden door de ondernemers zelf. Dit zal niet vanzelf gaan, aangezien *running in packs zelf* al gezien kan worden als een innovatie in ondernemerschap.

*Running in packs* werkt alleen als ondernemers van elkaar op aan kunnen, er is onderling vertrouwen nodig. Verder moet duidelijk zijn waarom men samenwerkt, wanneer en hoe men dat doet, en ook moet transparant zijn wanneer de eindstrijd aanbreekt.

Het besef dat samenwerking onder ondernemers nodig is groeit. Dit blijkt onder meer uit de recente oprichting van het Sust-enable forum<sup>5</sup> dat duurzame baanbrekende ondernemers helpt in het opbouwen van goed werkende innovatiesystemen. Samenwerken met andere ondernemers om dit doel te bereiken is expliciet geformuleerd als een van de kernmerkende manieren van werken van het forum.

### 8.3 Lessen voor de overheid

Het voeren van een duurzaam innovatiebeleid dat is gericht op het stimuleren van de formatie van een aantal specifieke technologische innovatiesystemen verschilt sterk van traditioneel innovatiebeleid. In deze paragraaf worden belangrijke kenmerken van wenselijk overheidsbeleid dat is gericht op het stimuleren van innovatiesystemen genoemd en toegelicht.

Ten eerste is het nodig om in te zetten op specifieke technologische innovatiesystemen die allen vragen om specifiek beleid. De focus op specifieke innovatiesystemen vraagt beleid dat optimaal is afgestemd op de fase waarin het innovatiesysteem zich bevindt, op de specifieke problemen die kenmerkend zijn voor de technologie in kwestie, op de sterkte of zwakte van de netwerken die betrokken zijn bij de ontwikkeling, op de internationale inbedding van het innovatiesysteem, et cetera. Eén type beleid voor *alle* opkomende innovatiesystemen werkt dus niet. De huidige tendens in het Nederlandse innovatiebeleid is juist dat er generiek beleid wordt gevoerd in plaats van dit benodigde specifieke beleid. Wat nodig is om *specifiek beleid* te kunnen voeren, is dat beleidsmakers gevoel ontwikkelen voor de specifieke omstandigheden die gelden in elk van de innovatiesystemen waarbinnen geïntervenieerd dient te worden. Dit vraagt een *uitgebreide expertise van beleidsmedewerkers*. Een manier om dit te waarborgen is door beleidsmedewerkers langere tijd te laten werken op eenzelfde dossier en vooral niet te snel te laten rouleren over overheidsfuncties.

Ten tweede vragen innovatiesystemen om langdurig en consistent beleid. De analyse van innovatiesystemen aan de Universiteit Utrecht laat zien dat het succes van innovaties mensenwerk is: het wordt bepaald door mensen die werken aan de ontwikkeling van de technologie, mensen die bedrijvigheid durven op te starten, mensen die de technologie durven te kopen en mensen die bereid zijn kapitaal te verstrekken. Wat deze mensen drijft zijn positieve verwachtingen ten aanzien van het slagen van deze technologie. Wanneer technologieontwikkeling wordt gezien als de uitkomst van een menselijk proces, dan ligt *continue stimuleringsbeleid* voor de hand. Een te sterk fluctuerend beleid leidt ertoe dat mensen onzekerheid gaan ervaren, een te hoge onzekerheid doet afbreuk aan het enthousiasme van mensen om door te gaan met werken aan nieuwe technologie. Dit proces blijkt in de praktijk zeer ondermijnend te werken.

Uit het Utrechtse onderzoek komt duidelijk naar voren dat het energie-innovatiebeleid in Nederland sterk fluctueert. Regelingen komen en gaan. Op zich is dit een logisch gevolg van de snel wisselende politieke realiteit en de verkiezingen van elke vier jaar. We hebben eerder beschreven dat innovatie een langdurig proces is. In het ideale geval wordt het innovatiesysteem gedurende deze lange periode geflankeerd met consistent en opbouwend beleid. De praktijk in de ons omringende landen zien dat het wel mogelijk is: consistent beleid is mogelijk ondanks wisselende regeringscoalities.

Het is ten slotte belangrijk op te merken dat consistent beleid niet gelijk is aan het oneindig lang vasthouden aan dezelfde regelingen. Het is wel degelijk goed om regelingen aan te passen aan de nieuwe behoeften die ontstaan in zich ontwikkelende innovatiesystemen. Echter, de nieuwe regelingen dienen dan wel bij te dragen aan de verdere ontwikkeling van het innovatiesysteem en niet tot het stilvallen van cruciale systeemfuncties.

Een derde les voor overheden is dat het nodig is om innovatie de tijd te geven. De tijdsperiode die nodig is voor innovatie wordt over het algemeen flink onderschat. Meestal duurt het meerdere decennia voordat het innovatiesysteem en de technologie zo goed is ontwikkeld dat grootschalige diffusie plaatsvindt. Doordat we dit onderschatten raken we te snel teleurgesteld in de voortgang en neemt het enthousiasme bij beleidsmakers af om de technologie te ondersteunen. Daarbij komt dat het mislukken van projecten eigenlijk niet wordt aanvaard. In het eerder beschreven voorbeeld over biomassavergasiging wordt mooi geïllustreerd hoe tegenvallende resultaten van een project kunnen leiden tot het in elkaar storten van een compleet innovatiesysteem. Echter, innovatie en mislukkingen gaan hand in hand. Zonder mislukkingen geen innovatie. Het is daarom van belang te accepteren dat sommige projecten zullen falen, en dat dergelijke falende projecten veel nieuwe en relevante inzichten kunnen opleveren. Kortom, falen staat zeker niet altijd gelijk aan verspilling van investeringen, omdat er eenvoudigweg veel van geleerd kan worden.

Dat de tijdsperiode die nodig is voor de ontwikkeling van nieuwe technologie lang is en dat innovatietrajecten een grote dynamiek kennen blijkt uit het volgende voorbeeld over de ontwikkeling van biobrandstoffen in Nederland.

#### CASUS < De ontwikkeling van biobrandstoffen in Nederland

Biobrandstoffen staan momenteel erg in belangstelling van de pers en u zult allen bekend zijn met dit fenomeen. In feite komt het neer op het gebruik van plantaardig materiaal als grondstof voor brandstof.

Onze analyse laat zien dat het rond 1990 was dat biobrandstoffen voor het eerst op belangstelling konden rekenen in Nederland. Dit was onder invloed van richtinggevendende regels vanuit de Europese Unie die biobrandstoffen promootten. Het was niet de Nederlandse overheid die dit thema oppikte maar vooral allerlei ondernemers en gemeenten. Zij wilden graag experimenteren en lobbyden in Den Haag voor belastingvrijstelling op biobrandstoffen om het betaalbaar te krijgen. De Nederlandse overheid wist niet goed wat ze aan moesten met deze ontwikkeling. Aan de ene kant leek het een mooie route naar het gebruik van meer hernieuwbare energie, maar de tegenlobby wees vanuit de wetenschap en milieubeweging op de beperkte milieuvoordelen en aanzienlijke aanslag op landgebruik. Deze ambigue vorm van richting geven leidde tot de situatie dat projecten op individuele basis beoordeeld werden voor belastingvrijstelling en dat er geen generieke regeling werd getroffen. Dit leidde tot veel onzekerheid bij ondernemers en leidde tot de situatie dat er wel her en der projecten plaatsvonden maar niet een snelle diffusie zoals in Duitsland het geval was. Daar werden wel generieke belastingvrijstellingen verstrekt. In Nederland trok de regering ondertussen geld uit voor de kennisontwikkeling op het terrein van de zogenaamde tweede generatie biobrandstoffen. Deze worden gemaakt uit houtachtige gewassen waardoor ze een veel hogere opbrengst hebben per hectare en nauwelijks concurreren met voedsel. Onderzoek naar het verbeteren van de eerste generatie biobrandstoffen werd bewust niet gefinancierd. Na jaren onderzoek waren er verschillende technologische doorbraken en de Nederlandse overheid probeerde

bedrijven te verleiden te experimenteren door te investeren in een proeffabriek. Hiervoor werden middelen beschikbaar gesteld. Geen van de bedrijven was geïnteresseerd aangezien de markt voor biobrandstoffen in Nederland nog niet van de grond was gekomen en dit investeringen in een fabriek veel te onzeker maakten. Mede door deze teleurstelling stakte de ontwikkeling van tweede generatie biobrandstoffen binnen dit onderzoeksprogramma. Ondertussen werd het richting geven door de EU versterkt en de druk om biobrandstoffen daadwerkelijk te gaan gebruiken nam toe. De Nederlandse overheid realiseerde zich dat ze niet op de tweede generatie kon wachten en begon alsnog de eerste generatie alternatieven te stimuleren middels onderzoeksgeld. Uiteindelijk is aan de Europese verplichtingen voldaan door een bijmengverplichting in te stellen, maar het resultaat hiervan is dat het overgrote merendeel van de biobrandstoffen worden geïmporteerd zonder veel toegevoegde waarde voor Nederlandse ondernemers. Het innovatiesysteem in Nederland was overduidelijk nog niet klaar om aan deze markt vraag te kunnen voldoen. Indien de overheid vanaf het begin de eerste generatie had gezien als een opstapje naar de tweede generatie dan had de situatie er nu heel anders uitgezien.

Toch is de aarzeling van de Nederlandse overheid wel te begrijpen gezien de zeer heftige debatten rond biobrandstoffen gedurende het afgelopen jaar. Hierin hebben we een sterke kentering waargenomen in het *richting geven* waardoor de publieke opinie over biobrandstoffen drastisch is veranderd. Door een ijzersterke lobby van de milieubeweging worden biobrandstoffen momenteel geassocieerd met kaalkap van tropische regenwouden en worden ze gezien als belangrijkste oorzaak van de stijgende voedselprijzen. Eerste generatie biobrandstoffen hebben afgedaan en de hoop is nu gevestigd op de tweede generatie. Het tragische aan dit verhaal is dat het hele innovatiesysteem rond biobrandstoffen een enorme knauw heeft gekregen van de heftige lobby tegen de eerste generatie biobrandstoffen. De politiek durft het onderwerp biobrandstoffen niet meer aan te raken, investeerders schrikken terug van de emotionele reacties in de samenleving en ondernemers schatten de markt nu als zeer volatiel en risicovol in. Dit alles is ook negatief voor de tweede generatie biobrandstoffen. Veel innovatiesysteemfuncties die nodig zijn om het innovatiesysteem rond tweede generatiebiobrandstoffen op te bouwen hebben langdurige schade ondervonden van de recente negatieve media-aandacht. In dit geval lijkt de harde en gepolariseerde antilobby de weg naar een duurzaam brandstoffsysteem om deze reden alleen maar te hebben opgebroken in plaats van verkort. ➤

Ten vierde is het van belang om innovatie te zien als een voortdurend leerproces waarbij verbeteringen nog steeds plaatsvinden nadat de innovatie op de markt is gekomen. Uit studies naar vele innovatietrajecten in Nederland blijkt dat Nederland een echt onderzoeksland is. We leren over het algemeen door wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling, minder uit de praktijk (ervaringsleren). In Nederland zijn we altijd op zoek naar betere opties. Als een nieuwe duurzame technologie nog niet ideaal is, wachten we liever op een volgende generatie die beter is. In het geval van biobrandstoffen wordt dit krachtig aangeduid als eerste versus tweede generatie. We vinden het blijkbaar moeilijk

om verbeteringen voor te stellen in nieuwe technologie. In de media worden de prestaties van nieuwe technologie één op één vergeleken met de prestaties van bestaande uitontwikkelde technologie. Zo zijn biobrandstoffen te duur vergeleken met gewone brandstoffen of gebruiken ze te veel kunstmest, waardoor de energiebalans niet goed is. Echter, we hebben aan de hand van de leercurve laten zien dat indien we technologieën gaan gebruiken, ze *als gevolg daarvan* goedkoper en efficiënter worden. We hebben eerder uitgelegd dat nieuwe technologie vaak nog verre van volmaakt is, en dat aangeduid als 'hopeful monstrosities'. Dit is nu eenmaal een karakteristiek van innovaties. Uit de innovatietheorie weten we dat 'leren door te doen' altijd nodig is om producten te verbeteren en goedkoper te krijgen. Er schuilt dus een gevaar in het beoordelen van een nieuwe technologie op de prestaties die deze levert voor uitontwikkeling, en op basis daarvan te besluiten er niet mee door te gaan. Het kan ertoe leiden dat we niet verder komen dan het ontwikkelen van kennis en dat we onszelf niet de gelegenheid geven om dit aan te vullen met ervaringsleren. We hebben in een eerder kader beschreven dat de Denen succesvoller zijn geweest in de opbouw van een windenergie sector doordat ze zich sterk hebben toegelegd op het leren van gebruikerservaringen. Ze zijn begonnen met kleine, eenvoudige, windturbines die ze geleidelijk aan hebben verbeterd. Nederland kon zich beroepen op kennis van aerodynamica en vliegtuigbouw en richtte zich op de ontwikkeling van zeer grote geavanceerde turbines. Leren door te doen speelde in Nederland bijna geen rol. Het gevolg is dat er in Nederland, fameus om zijn windmolens, nog altijd geen bloeiende windindustrie is.

Ten vijfde is het nodig om verschillende delen van het innovatiesysteem met elkaar te verbinden, met name als het gaat om vraag en aanbod van nieuwe kennis. Over het algemeen blijkt kennisuitwisseling geen sterk punt in Nederland, en zeker de kennisuitwisseling tussen kennisinstellingen en ondernemers is zwak. Ondernemerschap en wetenschap zijn nu nog steeds te veel losstaande activiteiten. De technologische problemen waar ondernemers voor staan zouden vaker het startpunt moeten zijn voor kennisontwikkelingstrajecten. Meer in gezamenlijke consortia van kennisinstellingen en ondernemers werken aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologie is wenselijk.

Ten zesde komt het innovaties ten goede als goed wordt geluisterd naar de aanjagers. In de huidige realiteit wordt de beïnvloeding van besluitvorming gedomineerd door gevestigde orde bedrijven. De relatie tussen deze bedrijven en de overheid is zo hecht dat ze vanzelfsprekende tafelpartners zijn wanneer beleidswijzigingen worden voorgenomen. Voor aanjagers blijkt het lastig om tot deze lobbynetwerken door te dringen. Voor overheden blijkt het moeilijk om deze aanjagers te vinden, aangezien ze veel minder zichtbaar zijn dan de grote gevestigde orde spelers. Toch is het luisteren naar de aanjagers een zeer belangrijke activiteit om gevoel te krijgen voor het type beleid dat nodig is om emergente innovatiesystemen te ondersteunen in het opbouwproces.

Ten zevende is druk nodig op het bestaande systeem dat locked-in zit in ongewenste technologie. Alleen door *gelijktijdig* vernieuwing te stimuleren en druk uit te oefenen op de sector die dient te veranderen, worden optimale omstandigheden geschapen voor baanbrekende innovaties. Druk op het bestaande systeem leidt ertoe dat actoren die

actief zijn in dit systeem meer open staan voor de nieuwe innovatietrajecten. Men zal eerder besluiten om in deze nieuwe trajecten te stappen als duidelijk is dat de bestaande bedrijfsprocessen onder druk staan. Op deze wijze wordt de toestroom van kapitaalkrachtige selectoren in de opkomende innovatiesystemen versterkt.

Ten achtste: het is vrij eenvoudig om alle nieuwe innovatietrajecten te ondersteunen met wat middelen voor onderzoek en ontwikkeling. Echter, als innovatiesystemen zich verder ontwikkelen neemt de vraag naar middelen exponentieel toe doordat grootschalige experimenten gedaan dienen te worden en doordat het proces van marktformatie vaak veel geld kost. Gezien de beperkte middelen die een overheid beschikbaar heeft voor het stimuleren van baanbrekende innovaties is het dan ook niet mogelijk om een oneindig aantal baanbrekende innovaties te ondersteunen. Er dienen dus keuzes gemaakt te worden, juist voor een klein land als Nederland. Welke baanbrekende innovaties worden geprefereerd boven andere is bovenal een politieke keuze. Analyses van het verleden laten zien dat tot nu toe de keuze vaak is gebaseerd op de verwachte milieuwinst en de verwachte kosteneffectiviteit van een baanbrekende innovatie. Doordat de verwachtingen ten aanzien van deze criteria sterk fluctueren, fluctueert ook de politieke steun voor de innovaties, wat voor de doorbraakkans van duurzame innovaties onwenselijk is. Om constanter beleid mogelijk te maken is het verstandiger om die opties te selecteren waarvan de verwachting is dat Nederland een sterke kennisbasis op dit terrein kan opbouwen en een goede positie kan verwerven op de internationale markt. Industriebelangen en werkgelegenheid blijken namelijk veel robuustere redenen te zijn om nieuwe ontwikkelingen te steunen dan milieubelangen.

Ten slotte is internationale samenwerking van belang. Technologische innovatiesystemen, en dus innovatieprocessen, overschrijden de landsgrenzen. Kennisontwikkeling in het buitenland heeft invloed op de kennisbasis waarop Nederlandse ondernemers en onderzoekers kunnen instappen. Ook marktformatie-activiteiten in het buitenland leiden tot marktkansen voor Nederlandse ondernemers. Het aantal baanbrekende innovaties dat een land wil ondersteunen kan, wordt vergroot door internationale samenwerking. Door het gezamenlijk financieren van grootschalige testprojecten en het gezamenlijk creëren van nichemarkten kan met een kleinere inzet van middelen per land toch een grote impuls worden gegeven aan baanbrekende innovaties.

Op basis van bovenstaande punten kunnen we de volgende algemene conclusie trekken. Beleid dient zich niet te richten op afzonderlijke interventies die zijn gericht op de verschillende stadia zoals gedicteerd door het lineaire model van innovatie. Wat helpt is beleid te ontwikkelen dat gericht is op het ondersteunen van de ontwikkeling van een sterk innovatiesysteem. Dit vraagt om het inzetten van een groot aantal instrumenten die op een coherente wijze *gezamenlijk* tot doel hebben een innovatiesysteem op te bouwen.

## Noten

- 1 Vooral Anna Bergek heeft hier veel aan bijgedragen. Zie haar proefschrift: Anna Bergek, 2002, *shaping and exploiting technological opportunities: the case of renewable energy Technologies in Sweden*.
- 2 Van de Ven, A.H., D.E. Polley, R. Garud en S. Venkataraman (1999). *The Innovation Journey*, Oxford University Press, 1999, p.175.
- 3 Van de Ven, A.H., D.E. Polley, R. Garud en S. Venkataraman (1999). *The Innovation Journey*, Oxford University Press, 1999, p.175.
- 4 Michael Porter, *The Competitive Advantage of Nations*, 1990, The Free Press, New York.
- 5 The Sust-enable forum is soort koplopersloket dat buiten de overheid om is opgericht door Henk Groeneveld met het specifieke doel om duurzame ondernemers te ondersteunen bij het succesvol ontwikkelen en op de markt krijgen van duurzame innovaties. Marko Hekkert is betrokken bij het forum als lid van de Raad van Toezicht.

## Over de auteurs

**Prof. Dr. Marko Hekkert** (1971) is full time hoogleraar Innovatiewetenschappen verbonden aan de Universiteit Utrecht, Faculteit Geowetenschappen, Copernicus Instituut. Hij heeft een achtergrond in Scheikunde en energie- en materiaalefficiencymodellering. Hij geeft innovatieonderwijs binnen de bacheloropleiding Natuurwetenschap en Innovatiemanagement en de masteropleiding Science and Innovation Management. Veel van zijn cursussen gaan over innovaties in de energiesector en het verloop van duurzame innovatieprocessen. Zijn onderzoek gaat met name over het bestuderen van de dynamiek van innovatiesystemen en hoe dit het verloop van duurzame innovatie- en transitieprocessen beïnvloedt. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met verschillende promovendi en universitaire docenten binnen de sectie Innovatiewetenschappen.

**Drs. Marjan Ossebaard** is eigenaar van i2L, Instituut voor Innovatie en Leren. Ze is trainer en onderzoeker op het gebied van individuele en collectieve leerprocessen. Haar specifieke deskundigheid ligt op het gebied van methodieken voor kennisontwikkeling. Ze heeft een achtergrond in de fysische chemie en in de psychologie. Ze werkte eerder aan de Universiteit Utrecht, eerst als wetenschappelijk onderzoeker op het gebied van duurzame energie, en later als academische vaardigheidstrainer.



## Aanbevolen literatuur

Zoals gesteld in het voorwoord is dit boek gebaseerd op onderzoek dat is verricht binnen de sectie Innovatiewetenschappen, onderdeel van het Copernicus Instituut aan de Universiteit Utrecht. In de volgende publicaties zijn onderzoeksresultaten over dit onderwerp gepubliceerd:

### Proefschriften:

- Roald Suurs, 2009, *Motors of Sustainable Innovation – Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*, Universiteit Utrecht.
- Ineke Meijer, 2008, *Uncertainty and entrepreneurial action – the role of uncertainty in the development of emerging energy technologies*.
- Simona Negro, 2007, *Dynamics of Technological Innovation Systems – The case of biomass energy*.

### Wetenschappelijke artikelen:

1. Suurs, R.A.A. and M.P. Hekkert, Cumulative Causation in the Formation of a Technological Innovation System: Biofuels Development in the Netherlands 1990-2005, submitted to *Technological Forecasting and Social Change*.
2. Roald Suurs, Marko Hekkert, 2007, Competition between first and second generation technology: Lessons from the Formation of a Biofuels Innovation System in the Netherlands, *Energy – The International Journal*, accepted for publication.
3. Alphen, K. van, J. van Ruijven, S. Kasa, M.P. Hekkert and W. Turkenburg, 2009, The performance of the Norwegian carbon dioxide, capture and storage innovation system. *Energy Policy*, Vol. 37, No. 1, pp. 43-55.
4. Geels, F.W., M.P. Hekkert and S. Jacobsson, 2008, The dynamics of sustainable innovation journeys, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 20, No. 5, pp. 521-536.
5. Hillman, K.M., R.A.A. Suurs, M.P. Hekkert, B. Sandén, 2008, Cumulative causation in biofuels development: A critical comparison of the Netherlands and Sweden, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 20, No. 5, pp. 593-612.
6. Negro, S.O. and M.P. Hekkert, 2008, Explaining the success of emerging technologies by innovation system functioning: The case of biomass digestion in Germany, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 20, No. 4, pp. 465-482.
7. Negro, S.O., M.P. Hekkert and R.E.H.M. Smits, 2008, Stimulating renewable energy technologies by innovation policy, *Science and Public Policy*, Vol. 35, No. 6, pp. 403-416.
8. Hekkert, M.P. and S.O. Negro, 2008, Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims, *Technological Forecasting and Social Change*, In Press.
9. Negro, S.O., R. Suurs and M.P. Hekkert, 2008, The bumpy road of biomass gasification in the Netherlands: Explaining the rise and fall of an emerging innovation system, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 75, No. 1, pp. 57-77.
10. Alphen, K. van, M.P. Hekkert and W.G.J.H.M. van Sark, 2008, Renewable energy technologies in the Maldives – Realizing the potential, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 1, pp. 162-180.
11. Alphen, K. van, H.S. Kunz and M.P. Hekkert, 2008, Policy measures to promote the widespread utilization of renewable energy technologies for electricity generation in the Maldives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 7, pp. 1959-1973.
12. Alkemade, F., C. Kleinschmidt, and M.P. Hekkert, 2007, Analyzing emerging innovation systems: a functions approach to foresight, *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, Vol. 3, No. 2, pp. 139-168.
13. Meijer, I.S.M. and M.P. Hekkert, 2007, Managing uncertainties in the transition towards sustainability: Cases of emerging energy technologies in the Netherlands, *Journal of Environmental Policy and Planning*, Vol. 9, No. 3-4, pp. 281-298.
14. Meijer, I.S.M. and M.P. Hekkert, 2007, The influence of perceived uncertainty on entrepreneurial action in emerging renewable energy technology; biomass gasification projects in the Netherlands, *Energy Policy*, Vol. 35, No. 11, pp. 5836-5854.

15. Hekkert, M.P., A. de Jong and R. Harmsen, 2007, Explaining the rapid diffusion of Dutch cogeneration by innovation system functioning, *Energy Policy*, Vol. 35, No. 9, pp. 4677-4687.
16. Meijer, I.S.M., M.P. Hekkert and J.F.M. Koppenjan, 2007, *How perceived uncertainties influence transitions; the case of micro-CHP in the Netherlands*, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, No. 4, pp. 519-537.
17. Negro, S.O., M.P. Hekkert and R.E.H.M. Smits, 2007, Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion – A functional analysis, *Energy Policy*, Vol. 35, No. 2, pp. 925-938.
18. Hekkert, M.P., R.A.A. Suurs, S.O. Negro, R.E.H.M. Smits and S. Kuhlmann, 2007, Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 74, No. 4, pp. 413-432.
19. Alkemade, F., M.P. Hekkert and C. Kleinschmidt, 2006, Evolution of wind energy in California, *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, Vol. 3, No. 2, pp. 139-168.