



# De bijdrage van technologie aan systeeminnovaties

Technologische vernieuwingen leveren een essentiële bijdrage aan de verduurzaming van de agrarische sector. Maar hoe is die bijdrage vanuit de techniek aan systeemverandering te karakteriseren? En hoe kunnen we met technologie het innovatieproces sturen en versnellen?

De systeeminnovatieprogramma's hebben laten zien dat nieuwe toekomstrichtingen voor de agrarische sector te "ontlocken" zijn. Het startpunt hiervoor zijn toekomstbeelden, die aangeven hoe een meer duurzame landbouw eruit kan zien. Ze zijn niet bedoeld als blauwdruk voor de toekomst, maar dienen als inspiratiebron voor het doorbreken van belemmeringen naar duurzamere landbouw-systemen. Schijnbaar onoplosbare knelpunten en tegenstellingen (transitiepunten) worden benoemd en vormen de basis voor geheel nieuwe oplossingsrichtingen. Oplossingen kunnen liggen op het terrein van hardware (technologie), orgware (nieuwe samenwerkingsvormen, regelgeving) of software (nieuwe routines) (Smits, 2000). Om de transitiepunten aan te pakken worden er innovatie-experi-

menten opgezet, om daarmee vanzelfsprekendheden te doorbreken en nieuwe principes en oplossingsrichtingen te zoeken, vaak ook met nieuwe of anders toegepaste technologie. Via workshops, creatieve sessies en stakeholdernetwerken wordt vanaf het begin gewerkt aan betrokkenheid en coalitievorming vanuit de praktijk.

## Technologie als aanjager

Technologische vernieuwing is de laatste eeuwen een belangrijke aanjager gebleken voor de ontwikkeling van onze maatschappij en is dat nog steeds. Denk aan de stoommachine en aan de moderne geneeskunde met verfijnde diagnostiek en behandelingstechnieken. Het gaat bij dergelijke langjarige veranderingsprocessen om een

## Maatschappelijke betekenis van technologie

Er zijn drie perspectieven om naar technologie in veranderingsprocessen te kijken (tabel 1, pag. 5). Het eerste perspectief legt de nadruk op zogenaamde sleuteltechnologieën die de motor zijn van grote veranderingen. Het tweede perspectief stelt innovatie centraal, waarbij een nieuwe technologie kan worden ontwikkeld vanuit een gewenst toekomstperspectief. Het derde perspectief maakt duidelijk hoe de praktijk altijd bezig is met technische verbeteringen aan machines, processen en producten. De drie perspectieven laten zien dat technologie geen eenduidig begrip is en dat bij elk perspectief andere manieren horen om draagvlak te creëren voor technologische veranderingen en transitieprocessen.

### Technologie als sleutel

Een sleuteltechnologie is een algemene, technologische vernieuwing met een grote impact, bijvoorbeeld de benzinemotor of het internet. Dit type technologie leidt tot een breed scala aan nieuwe toepassingen en kan zorgen voor een ingrijpende verandering van de maatschappij (Roobeek, 1988). De technologie zelf is de sleutel hiertoe. Zo wordt nanotechnologie gepresenteerd als een belangrijke sleuteltechnologie van de 21<sup>ste</sup> eeuw. Wetenschap, overheid en leidende bedrijven verzamelen zich rondom dergelijke sleuteltechnologieën, waarvan concrete toepassingen nog ver in de toekomst kunnen liggen. De overgang naar een *biobased economy* wordt ook gezien als een belangrijke transitieopgave voor de 21<sup>ste</sup> eeuw. Waterstof- en brandstofcellen krijgen in dit veranderingsproces het label van sleuteltechnologie opgeplakt, omdat er een ruime waaier van nieuwe toepassingen mee te bedenken is. Ze zouden kunnen gaan zorgen voor energievoorziening van mobiele telefoons, voertuigen van elk formaat laten rijden en kleine en grote krachtcentrales laten draaien.

Aan dit soort generieke sleuteltechnologieën wordt een groot veranderend vermogen toegekend, ook door maatschappelijke organisaties. Het is daarom belangrijk om heel zorgvuldig naar de ethische aspecten en de maatschappelijke impact van sleuteltechnologieën te kijken en lessen te trekken uit het verleden. Zo is er veel te leren van de publieke, politieke en ook wetenschappelijke discussies over biotechnologie die opwelden bij de introductie van genetisch gemodificeerde gewassen, en die tot op de dag van vandaag gevoerd worden. Deze discussies laten zien dat tussen landen grote verschillen kunnen bestaan in opvattingen over de waarde van sleuteltechnologieën voor onze maatschappij.

### Technologie als innovatie

Een innovatie is een zichtbare vernieuwing in producten, diensten, processen of organisatievormen. De inzet van publieke middelen en het verbinden van actoren stimuleert dit soort technologische innovatieprocessen. Zo kreeg in 2003 het nationale Innovatieplatform de opdracht de Nederlandse economie om te vormen tot een kenniseconomie. Al snel ontstonden andere innovatieplatforms in regio's of rondom specifieke domeinen, zoals visserij of zorg. In dergelijke innovatieplatforms staat een intensievere samenwerking tussen bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheden centraal. Steeds vaker nemen ook maatschappelijke partijen deel aan de innovatieplatforms (Geels, 2004). Een belangrijke opgave is om een zodanige omgeving te creëren dat partijen – die soms wantrouwend tegenover elkaar staan – zich open durven te stellen en verrassende, nieuwe verbindingen met elkaar aan durven te gaan. Via *incubators* met experimenteerruimte kan vernieuwende technologie uitkristalliseren en eventueel leiden tot latere grootschaligere veranderingen (Geels and Raven, 2006).

### Technologie als praktijk

Het derde perspectief bekijkt technologie als het gebruik van kennis en kunde in een maakproces, zoals het bouwen van een kas of het behouden van bodemvruchtbaarheid. Technologie betekent dan een continu proces van problemen oplossen, en benadrukt bijvoorbeeld de kunde van boeren en het midden- en kleinbedrijf (Richards, 1993). De nadruk ligt minder sterk op de machines of instrumenten zelf. Het gaat om slim gebruik van technologie en de inzet van kunde in specifieke omstandigheden (Hard, 1994; Suchman, 1987). Hierbij wordt door *trial and error* en stapsgewijze verbeteringen steeds meer kennis en kunde vergaard (Basalla, 1988). Technologische veranderingen hebben aldus een evolutionair karakter – ze worden bijvoorbeeld van vader op zoon of van seniorvakman naar juniorvakman overgedragen – maar zijn weinig stuurbaar. Dat komt onder andere omdat bedrijven alleen selecteren uit oplossingsrichtingen die ze zelf kennen. Deze verbeteringen kunnen brede navolging krijgen, maar andere, wellicht ook goede oplossingsrichtingen niet. Op deze manier geeft de praktijk al improviserend richting aan technologische en maatschappelijke verandering en continuïteit aan de bedrijfsvoering en concurrentiepositie.

Sietze Vellema

Tabel. De relatie tussen technologie en maatschappij in transitieprocessen.

	Technologie als sleutel	Technologie als innovatie	Technologie als praktijk
<b>Perspectief op technologie</b>	sleuteltechnologieën leiden tot nieuwe maatschappelijke constellaties	technologische vernieuwingen ontstaan bij voldoende experimenteerterruimte	een opstapeling van technische oplossingen in praktijken op lokaal niveau
<b>Onderzoek gammawetenschap</b>	onderzoek naar de acceptatie van technologische oplossingsrichtingen door de samenleving	onderzoek naar nieuwe relaties tussen actoren en nieuwe arrangementen als gevolg van technologische innovatietrajecten	microanalyse van praktische "maakprocessen" en hoe door selectieprocessen technologische veranderingen bekijken

verscheidenheid aan (systeem)innovaties, die op den duur (achteraf beschouwd) te benoemen zijn als een transitie. Daarbij zijn socio-economische, culturele en technologische aspecten sterk met elkaar verweven (Jansen en Vergragt, 1993).

De Wageningse wetenschapper Sietze Vellema schetst drie manieren waarop technologie een rol speelt in veranderingsprocessen (pag. 4). Sleuteltechnologieën resulteren in een algemene vernieuwing met een grote impact. Zichtbare vernieuwing in producten en diensten is het resultaat van inzet van technologie in innovatieprocessen. En tot slot is er technologie in de vorm van een continu evolutionair proces. Met deze geformuleerde zienswijzen is de rol van technologie in systeeminnovatieprocessen beter te benoemen.

### Sleuteltechnologie

Sleuteltechnologieën hebben, zo laat de geschiedenis zien, een geweldige impact en een lange doorlooptijd voordat ze in vele sectoren zijn uitgerold. Bij de ontwikkeling van precisielandbouw en duurzaam bodembeheer is te zien hoe sleuteltechnologieën uit andere sectoren de basis vormen voor een systeemsporg naar duurzamere praktijken (pag. 22 en 27). Veel aandacht is nodig om in deze nieuwe omgeving de voorziene voordelen te valideren en de technologie operationeel te maken. Dat is ook te zien in het project Plant-iT in de glastuinbouw, waar gewerkt wordt aan een nieuwe generatie logistieke besturingssystemen en waarin kennis vanuit de ICT en plantengroei (groeimodellen) bijeen worden gebracht. De innovatie ontstaat in dit geval via een nieuwe verbinding op het snijvlak van twee sectoren (pag. 7), waarbij de sleuteltechnologieën – ICT en modellering – op een nieuwe manier aan elkaar worden verbonden. Voor deze kruisbevruchting is samen-

werking tussen deskundigen uit verschillende sectoren cruciaal. Dit ontstaat pas als elke partner voldoende perspectief ziet in de nieuw te ontwikkelen producten en/of diensten.

### Technologische innovatie

In alle landbouwsectoren zijn technologische innovaties aan te wijzen die van groot belang zijn geweest voor de economische ontwikkeling. De komst van substraatteelt in de glastuinbouw, nettenteelt in de bollensector, zaai- en oogstmachines in de akkerbouwmatige teelt van vollegrondsgroenten en melkmachines in de veehouderij zijn sprekende voorbeelden. Het laat zien dat de Nederlandse landbouwsector excelleert in het toepasbaar maken van uitvindingen. Zo ontdekten onderzoekers in Denemarken de substraatteelt, maar Nederland wist er een nieuwe technologische innovatie en exportproduct van te maken (Vijverberg, 1996; Oosten, 2000).

De huidige drive voor innovatie komt niet meer alleen voort uit economische perspectieven, maar zeker ook uit de noodzaak voor verduurzaming en de daarvoor benodigde systeemsporgingen. Zo is het scheiden van mest en urine één van de kerningrepen voor een duurzaamheidsprong in de veehouderij. Het inpasbaar maken van deze technologie in de bedrijfsvoering en de keten vergt een serie vernieuwingen, waarvoor samenwerking van kennisinstellingen, overheden en bedrijfsleven hard nodig is (pag. 18). Ook bij de mobiele melkrobot (pag. 10) en teeltsystemen los van de grond voor vollegrondsgroenten (pag. 14) gaat het om technologische veranderingsprocessen, waarbij vele partijen betrokken zijn. Die nieuwe verbindingen noemt Vellema essentiële voorwaarden voor het succesvol innoveren met technologie als basis.



Onderwaterdrainage vermindert de bodemdaling in het veenweidegebied.



Onder andere voor prei worden emissieloze teeltsystemen ontwikkeld.

## Evolutie

De derde lijn waarlangs technologische ontwikkelingen bijdragen aan de gewenste verduurzaming is het continue verbeteringsproces waarin kennis en kunde zich steeds verder ontwikkelen. Het leidt tot een minder zichtbare technologische innovatie, maar het levert wel veel nieuwe slimme toepassingen op. De continue uitdaging van de landbouw om meer te produceren met inzet van minder productiemiddelen is in dit perspectief te plaatsen. Het gaat erom hoe en waarvoor technologie in te zetten is voor nieuwe landbouwmethoden en hoe deze zich kan doorontwikkelen. De drijfveer voor duurzaam bodembeheer met zo min mogelijk bodemverdichting is een steeds verdere verbetering van de mechanisatie (pag. 27). De evolutionaire weg van technologie krijgt vorm vanuit de motivatie, betrokkenheid en visie van belanghebbenden. Je kunt zeggen van onderuit, vanuit de praktijk.

## Faciliteren van innovatieprocessen

Inzicht in de aard van de innovatieprocessen waarin techniek een grote rol speelt, helpt om die processen beter te kunnen faciliteren en te sturen. Opkomende innovaties in de praktijk die de potentie hebben om bij te dragen aan de gewenste verduurzaming, kunnen ondersteund worden door het netwerk rondom deze innovaties te versterken. Kennisinstanties kunnen een belangrijke bijdrage leveren door behalve onderzoek ook uiteenlopende faciliterende diensten te verlenen bij de opstelling van gezamenlijke toekomstvisies en innovatieagenda's en bij het leggen van nieuwe verbindingen tussen organisaties en platforms. Dit alles draagt bij aan versterking van het innovatief vermogen van ondernemers (Elzen et al., 2009).

Bij technische innovatie via het (re)combineren van technologieën uit diverse sectoren en domeinen hangt het succes af van de mate waarin verschillende stakeholders zich met elkaar weten te verbinden. Dat betekent dat veel geïnvesteerd moet worden in de kwaliteit van de samenwerking en dat alle betrokkenen er baat bij moeten hebben. Het zoeken naar nieuwe toepassingen van sleuteltechnologieën vergt samenwerking van leidende bedrijven, wetenschap en overheid, al is daarmee succes niet bij voorbaat gegarandeerd.

Voor alle technologische vernieuwingsprocessen geldt dat via *trial and error* nieuwe combinaties en uitwerkingen van technologieën ontstaan, als basis voor een duurzame landbouw in de toekomst. Of nieuwe oplossingsrichtingen krachtig worden doorgezet, hangt van meer factoren af dan alleen de technologie, zo leren we uit de praktijk. Belangrijke factoren zijn het eigenaarschap van de gewenste verandering (wie wil deze verandering: de overheid of het bedrijfsleven?), het gevoel van urgentie (is de tijd er rijp voor?), de mogelijkheid om meer duurzame oplossingen "te verwaarden" (wordt de investering terugverdiend?), de complexiteit van de oplossingsrichting (hoe moeilijk is het om de oplossing te realiseren en wie is er allemaal bij nodig?) en de mate waarin ingegrepen moet worden in bestaande organisatiestructuren en wet- en regelgeving (welke aanpassingen zijn nodig in wetten en voorschriften en organisaties?).

De artikelen in deze Syscope laten zien dat de genoemde factoren een grote rol spelen bij vernieuwingsprocessen in de landbouw.

*José Vogelesang en Frank Wijnands*