

Diffusie van technologie

Gevolgen voor werkgelegenheid en beroepenstructuur

Paul Diederer, Rene Kemp, Joan Muysken, Franz Palm, Kees Bartels en Ingrid Webbink

De relatie tussen technologische ontwikkeling en veranderingen in omvang en structuur van de werkgelegenheid trekt de laatste jaren in toenemende mate de aandacht van beleidsmakers en onderzoekers. Deze toename van belangstelling is ook begrijpelijk, omdat technologische ontwikkeling een sterker effect lijkt te hebben op de economische structuur dan ooit voorheen. Met name in de dienstensektor vinden, als gevolg van de informatisering, grote veranderingen plaats. Wat de precieze effecten zijn van technologische ontwikkeling op werkgelegenheid en de beroepenstructuur in de verschillende sectoren, vooral op de wat langere termijn, is vaak niet duidelijk en modelmatig moeilijk te verklaren.

In het onderzoek 'Technologie, werkgelegenheid en beroepenstructuur', waarop dit artikel gebaseerd is, is getracht in deze leemte te voorzien door middel van een technologie-levenscyclusmodel¹. In dit model, kortweg het diffusiemodel, worden produktietechnieken centraal gesteld en worden verschuivingen in de toepassing van technieken verklaard. Het diffusiemodel heeft een grote mate van nieuwigheid. Het is een modelmatige uitwerking van één kant van de wederkerige relatie tussen technologie en economie, namelijk de keten die loopt van produktietechniek naar economische effecten. Het is belangrijk juist het diffusieproces van produktietechnieken centraal te stellen bij een analyse van veranderingen in de werkgelegenheid en de beroep-

* Paul Diederer (toegevoegd docent vakgroep kwantitatieve economie), Rene Kemp (toegevoegd onderzoeker vakgroep algemene economie), Joan Muysken (hoogleraar makro-economie) en Franz Palm (hoogleraar econometrie) zijn werkzaam aan de Rijksuniversiteit Limburg, Kees Bartels en Ingrid Webbink zijn respectievelijk directeur en medewerker van het Bureau Bartels te Oudemolen.

1. Het onderzoek "Technologische ontwikkeling, werkgelegenheid en beroepenstructuur" is uitgevoerd door medewerkers van de Rijksuniversiteit Limburg en Bureau Bartels, in opdracht van de Programmacommissie Technologie en Economie (Diederer, Kemp, Muysken, Palm, Bartels en Webbink, 1987)

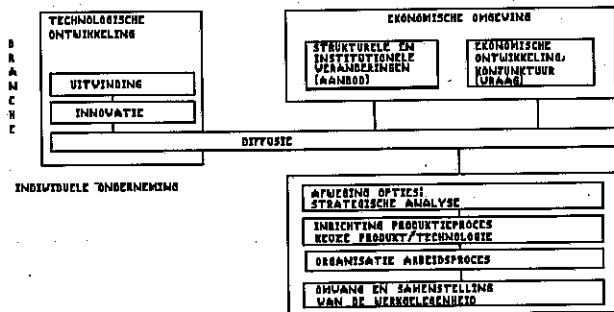
penstructuur. De gevolgen die technologische ontwikkelingen hebben voor de omvang en samenstelling van arbeid is afhankelijk van de richting en snelheid waarin veranderingen in de toegepaste technieken optreden. Produktietechnieken kunnen immers met behulp van het gebruik van produktiefactoren (waaronder arbeid) worden gekarakteriseerd. Dit impliceert dat met behulp van het diffusiemodel niet alleen het gebruik van produktietechnieken kan worden verklaard, maar ook veranderingen in het faktorgebruik, zoals de werkgelegenheid en beroepenstructuur.

De bestudering van het onderwerp heeft plaatsgevonden op twee niveaus, namelijk kwalitatief beschrijvend en kwantitatief modelmatig. Bij de kwalitatieve analyse is onderzoek gedaan naar factoren die een rol spelen bij de diffusie van technieken voor drie sectoren van de Nederlandse economie, te weten de chemische industrie, de bouwnijverheid en het bankwezen. Met deze sectoren wordt een zekere spreiding over typen sectoren bereikt. Een vijftal veronderstellingen die de kern van het diffusiemodel weergeven, wordt empirisch kwalitatief getoetst. Het kwantitatief modelmatig deel behelst de toepassing van een eenvoudige versie van het diffusiemodel, voor het geval van één produkt, voor de woningbouw in Nederland in de afgelopen twintig jaar.

Achtergronden

Het ontstaan van nieuwe produkten en produktiemethoden, innovaties, vindt mede zijn oorzaak in het toenemen van technische mogelijkheden. De verspreiding, oftewel de diffusie van technieken, wordt mede bepaald door randvoorwaarden van economische en institutionele aard. In figuur 1 wordt de context van het diffusieproces grafisch weergegeven². Daarbij is de nadruk gelegd op het diffusie-aspekt van technologische ontwikkeling. De richting en de snelheid van de verspreiding van technologie zijn bepalend voor de mate waarin werkgelegenheid en beroepenstructuur veranderen.

Figuur 1 De context van het diffusieproces



2. Het schema vormt een aanpassing van hetgeen is geschetst door Vrolijk. Zie Vrolijk

Zowel de technologische omgeving, de economische omgeving als bedrijfs-specifieke kenmerken van individuele ondernemingen bepalen het diffusieproces. De wijze waarop de relaties hiertussen gestalte krijgen is weergegeven in een aantal theoretische achtergronden die ten grondslag liggen aan het diffusiemodel. Deze veronderstellingen worden hier opgesomd. Direct daaropvolgend komt in de theoretische beschrijving van het diffusiemodel tot uiting op welke wijze de veronderstellingen worden gebruikt.

Technologische omgeving

- a) Veranderingen in technieken vinden geleidelijk plaats, langs een technologisch traject. Veranderingen van traject vinden incidenteel plaats. Technologische trajecten kunnen per sektor verschillen.
- b) Binnen technologische trajecten zijn verschillende technieken, toepassingsvormen te onderscheiden.

Economische omgeving

- a) De bron van nieuwe produktietechnieken kan verschillen: zowel de eigen sektor als andere sectoren (buitenland) komen in aanmerking.
- b) De kosten van het diffusieproces voor een onderneming zijn gekorreleerd met de concentratiegraad van de markt.
- c) Het diffusieproces van produktietechnieken gaat in een snelgroeïende afzetmarkt sneller dan in een stagnerende of afnemende.

Onderneming

- a) De beslissing om over te stappen op een andere produktietechniek wordt door de onderneming genomen op basis van bepaalde overwegingen. De overwegingen zijn uit te drukken als verwachte kosten en verwachte opbrengsten. Hoe gunstiger het saldo, des te aantrekkelijker de techniek.
- b) De overwegingen verschillen per type onderneming.

Levenscyklus

- a) Een produktietechniek kan in een sektor gelijktijdig worden ingevoerd en afgestoten door verschillende ondernemingen.
- b) Produktietechnieken hebben een levenscyklus.

Werkgelegenheid

- a) Verandering in een produktietechniek heeft invloed op de vraag naar arbeid, zowel in kwantitatieve als in kwalitatieve zin.
- b) De snelheid van veranderingen in de vraag naar arbeid hangt per sektor samen met de snelheid van het diffusieproces.

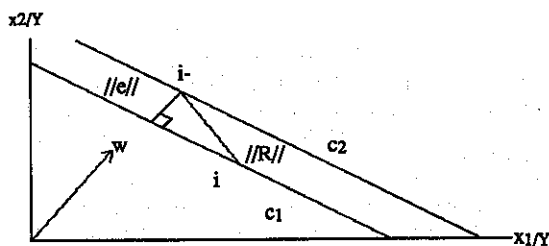
Het diffusiemodel

In de veronderstellingen komt tot uiting wat de technologische en economische omgeving van de individuele onderneming is en op welke wijze de onderneming impulsen uit de omgeving vertaalt in gedrag. Daarmee is de basis gelegd voor de vraag op welke wijze de verspreiding van produktietechnieken binnen een sektor plaatsvindt. De beschrijving en verklaring van de diffusie van produktietechnieken vormt de kern van het in het onderzoek ontwikkelde technologie-levenscyclusmodel, kortweg het diffusiemodel. Het diffusiemodel zal in het kort worden toegelicht.

Aangenomen wordt dat ter vervaardiging van een produkt meerdere, zeg n , technieken beschikbaar zijn. Deze technieken kunnen op grond van de kostprijs per eenheid produkt worden gerangschikt van 1 tot n , waarbij techniek 1 de minst efficiënte en techniek n de meest efficiënte techniek is. Een bepaalde techniek i is een voordeliger alternatief voor producenten die technieken 1 tot en met $i-1$ gebruiken, terwijl producenten die reeds met techniek i produceren geneigd zullen zijn op één van de technieken $i+1$ tot en met n over te gaan. De mate waarin het gebruik van techniek i zal toenemen hangt af van de aantrekkelijkheid van techniek i . Deze aantrekkelijkheid, de *konkurentiekracht* van techniek i genoemd, is in het model afhankelijk van de verhouding tussen de mate waarin techniek i wordt aangewend en de mate waarin minder efficiënte produktiemethoden worden gebruikt. Op dezelfde wijze wordt er druk uitgeoefend om techniek i af te stoten ten gunste van een betere techniek dan i . De impuls om techniek af te stoten is de *konkurentiedruk* genoemd en is een functie van de verhouding tussen de mate waarin techniek i wordt aangewend en de mate waarin efficiëntere produktietechnieken worden gebruikt.

Naast de mate waarin de onderscheiden technieken worden toegepast, zijn ook de verwachte kosten en baten van een overgang naar een andere techniek van belang. Als gevolg van leerprocessen en noodzakelijke aanpassingen van de ondernemingsstructuur treden overgangskosten op. Deze kosten zijn lager naarmate er minder in de produktieroutine behoeft te worden veranderd. Dit vraagt inzicht in de mate waarin produktietechnieken op elkaar

Figuur 2 Kosten en baten van de overstap op een nieuwe techniek



gelijken; dit is in de praktijk een moeilijk meetbaar fenomeen. Door echter technieken te karakteriseren door middel van technische coëfficiënten (de hoeveelheden input per eenheid produkt) kan een maat voor de gelijkenis van technieken worden bepaald. Deze gelijkenis wordt uitgedrukt door middel van de zogenoemde technische afstand en is een maatstaf voor de overgangsbarrière, als gevolg van onzekerheid, onbekendheid en overgangskosten.³ Als maatstaf voor de baten van een overstap is het verschil in kostprijs genomen. De kosten en baten worden gemodelleerd met behulp van de begrippen *diffusiesnelheid* en *afstootsnelheid*, waarop dadelijk wordt ingegaan.

In figuur 2 zijn het kostenvoordeel $//e//it$ en de technische afstand $//R//it$ van i ten opzichte van minder efficiënte technieken (weergegeven door i-) afgebeeld. Tevens zijn in de figuur de isokostenlijnen c_1 en c_2 , behorend bij i en i-, afgebeeld. Op eenzelfde wijze zijn het kostennadeel en de technische afstand van i ten opzichte van efficiëntere technieken, weergegeven door i+, te beelden.⁴

Het diffusiemodel verklaart de verandering in de produktievolumes van technieken. Onderscheid wordt gemaakt tussen veranderingen die het gevolg zijn van de toetreding tot een techniek en veranderingen die het gevolg zijn van het verlaten van een techniek. De formele uitwerking hiervan luidt:

$$Y_{it} = d_1(t,i) * \left(\frac{1 - Y_{it-1}}{\sum_{k=1..n} Y_{kt-1}} \right) - d_2(t,i) * \left(\frac{1 - Y_{it-1}}{\sum_{k=i..n} Y_{kt-1}} \right) \quad (1)$$

De relatieve verandering (aangeduid met een rondje) van de produktiehoeveelheid van techniek i in periode t (Y_{it}) is gelijk aan het produkt van de diffusiesnelheid $d_1(t,i)$ en de concurrentiekracht $(1 - Y_{it-1} / \sum_{k=1..n} Y_{kt-1})$ minus het produkt van de afstootsnelheid $d_2(t,i)$ en de concurrentiedruk $(1 - Y_{it-1} / \sum_{k=i..n} Y_{kt-1})$.⁵ Een grote produktie met behulp van technieken slechter dan i heeft, via een grote concurrentiekracht, een positief effect op het produktievolume van techniek i. Indien i een verouderde techniek is, en veel produktie plaatsvindt met betere technieken, dan heeft dit via een grote concurrentiedruk, door een grote afstoot, een negatief effect. De diffusie- en afstootsnelheid zijn een functie van de kostenverschillen en technische afstanden tussen technieken. In formulevorm kunnen de diffusiesnelheid $d_1(t,i)$ en de afstootsnelheid $d_2(t,i)$ van techniek i in periode t, worden weergegeven door:

3. Technieken worden voorgesteld door vectoren van technische coëfficiënten. De technische afstand tussen twee technieken is gelijk aan de euclidische afstand tussen de vectoren.

4. i- en i+ zijn gewogen gemiddeldes van respectievelijk minder efficiënte en efficiëntere technieken dan i.

5. De verandering van het produktievolume van techniek i kan worden geïnterpreteerd als het verschil van twee sigmoïde curven, die resulteren in een zogenoemde levenscyclus. Een nieuwe techniek zal bij introductie slechts door een beperkt aantal producenten worden toegepast. Daarna zal een versnelling in de toepassing plaatsvinden tot een bepaald maximum, waarna de groei zal afnemen en na de introductie van nog betere technieken vindt afstoot

$$d_1(t_i) = \alpha_{1t} * \frac{||e||t_i}{||R||\sigma_1 t_i}$$

$$d_2(t_i) = \alpha_{2t} * \frac{||e^*||t_i}{||R^*||\sigma_2 t_i} \quad (2)$$

De diffusie- en afstoetsnelheid zijn afhankelijk van de verhouding tussen het kostenverschil en de technische afstand ten opzichte van slechtere en betere technieken. Een groot kostenverschil, en een kleine technische afstand, van i ten opzichte van slechtere (betere) technieken leidt tot een grote diffusiesnelheid (afstoetsnelheid) en heeft daarmee een positief (negatief) effect op de verandering van de productie met techniek i. De parameters σ_1 en σ_2 zijn zogenoemde lokale zoekparameters die behoren bij de technische afstand en de doorwerking van de barrière bij een overgang weergeven. De variabelen α_{1t} en α_{2t} zijn schaalgrootheden die de conjunctuur, het ondernemingsklimaat en de hevigheid van de concurrentie weerspiegelen.⁶ Zij zijn tijdsafhankelijke variabelen die reageren op impulsen vanuit de vraag, zoals weergegeven in de volgende formule:

$$\alpha_{1t} = \mu_1 * (Pt-1 - Wt-1) \quad \text{en} \quad \alpha_{2t} = \mu_2 * (Pt-1 - Wt-1) \quad (3)$$

Veranderingen in de afzetprijs P en de kostprijs W, ofwel veranderingen van de winstmarge, hebben via de parameters μ_1 en μ_2 effect op α_{1t} en α_{2t} .

Het model kent dus zes onbekende parameters:

- α_{11} en α_{21} : de beginwaarden van α_{1t} en α_{2t} ;
- σ_1 en σ_2 : de lokale zoekparameters;
- μ_1 en μ_2 : de reactieparameters van α_{1t} en α_{2t} .

Resumerend kan de werking van het diffusiemodel als volgt worden weergegeven. Als gevolg van technische ontwikkeling en veranderingen van factorprijzen treden veranderingen in efficiëntie tussen technieken op.⁷ Het diffusiemodel verklaart de veranderingen van productievolumes van technieken, die het gevolg zijn van het in gebruik nemen van efficiëntere technieken en de afstoot van minder efficiënte technieken. De snelheid waarmee veranderingen optreden is afhankelijk van de grootte van efficiencyverschillen, de grootte van overgangsbarrières en van de mate waarin de verschillende technieken worden toegepast.

Kwalitatieve verkenning

De veronderstellingen van het diffusiemodel zijn met behulp van een kwalitatieve verkenning getoetst. Deze verkenning strekte zich uit tot het bankwezen, de bouwnijverheid en de chemische industrie. In figuur 3 wordt een samenvatting gegeven van de bevindingen.

6. Een hevige concurrentie zal leiden tot relatief hoge waarden voor α_{1t} en α_{2t} , terwijl een sterke groei van de economie een relatief hoge waarde voor α_{1t} tot gevolg heeft.

7. Ook veranderingen van factorprijzen beïnvloeden het diffusieproces; kostprijzen en kos-

Alhoewel de drie onderzochte sectoren zeer verschillend van karakter zijn, zijn toch parallellen aan te geven. In elk van de drie sectoren ligt de bron van nieuwe produktietechnieken buiten de eigen sektor. In bankwezen en chemie is de mechanisering verdrongen door informatisering, terwijl de bouwnijverheid nog het traject van verdergaande mechanisering bewandelt. Hierin openbaart zich een belangrijk verschil tussen de sectoren: de bouwactiviteiten lenen zich minder voor standaardisering en automatisering dan het bankwezen (in het bijzonder het betalingsverkeer) en de chemie.

Een andere parallel is, dat binnen elk van de sectoren een onderscheid kan worden gemaakt tussen produktie op grote en op kleine schaal (verschillende technieken). Dit onderscheid is zeer belangrijk, omdat de technologische mogelijkheden voor produktie op grote schaal zich anders (sneller) ontwikkelen dan die op kleine schaal. Bij kleinschalige produktie gelden derhalve andere technieken en andere verwachte kosten en opbrengsten dan bij produktie op grote schaal. Helaas is in de nu toegepaste versie van het diffusiemodel geen rekening gehouden met schaalgrootte (ondernemingsgrootte); uitbreiding van het model op dit punt wordt overwogen.

Voorts is in elk van de sectoren zichtbaar, dat kleinschalige en grootschalige produktie weliswaar in technologisch en markttechnisch opzicht verschillen, maar toch tot hetzelfde technologische traject behoren. In het bankwezen en in de chemie ondergaan beide soorten produktie invloed van de informatisering; voor de bouwnijverheid geldt iets dergelijks voor het voortschrijden van de informatisering. Dit verschijnsel heeft zijn weerslag op de trend in de beroepenstructuur, zoals nog zal worden geïllustreerd voor de bouwnijverheid. Weliswaar verschilt de beroepenstructuur per techniek, maar de trend in de verschuivingen in de beroepenstructuur verschilt niet per techniek.

De snelheid waarmee nieuwe technieken zich verspreiden blijkt samenhang te vertonen met de marktgroei. In een snel groeiende markt overtreffen de verwachte opbrengsten de verwachte kosten eerder dan in een stagnerende of afnemende markt.

De algemene konklusie van de kwalitatieve verkenning is, dat de noties waarop het diffusiemodel gebaseerd is, zeer wel aansluiten bij de praktijk. Er is sprake van meerdere technieken, die verschillen qua arbeidsinzet, en waarvan het gebruik verandert in de tijd. Marktgroei, marktform en de positie van de ondernemer op de markt blijken van belang te zijn voor het diffusieproces. Kortom, het diffusieproces is voor elke sektor anders en het diffusiemodel vormt een goed aangrijpingspunt om dit te begrijpen en te verklaren.

Empirische resultaten

Als empirische illustratie is de één-produktvorm van het diffusiemodel toegepast voor de nieuwbouw van woningen in Nederland voor de periode 1966 tot en met 1985.⁸ Nagegaan is in hoeverre het diffusiemodel de diffu-

8. Gesproken wordt van een empirische illustratie en niet van het schatten van het model, omdat de foutenstructuur van het diffusiemodel nog niet gespecificeerd is en omdat uitspra-

Veronderstelling	Bankwezen	Chemie	Bouwnlijverheid
Technologische omgeving a Geleidelijke veranderingen technieken; incidenteel nieuwe trajecten b Meerdere technieken binnen technologische trajecten	Traject verschoven van mechanisering naar informatisering; daarbinnen veel aanpassingen Massa- en individuele productie	Idem Kontinu- en batch-productie	Traject niet verschoven: voortgaande mechanisering, veel aanpassingen Serie- vs. stukproductie; grote-elementen-, giet- en stapelbouw;
Ekonomische omgeving a Bron nieuwe productietechnieken b Kosten diffusieproces vertonen relatie met concentratiegraad sektor c Snelheid diffusieproces beïnvloed door marktgroei	Informatikasektor; buiten eigen sektor Hoge kosten, oligopolie Snelheid hoog, sterke marktgroei	Industrie van meet- en regeltechniek; buiten eigen sektor Idem Snelheid vrij hoog, afnemende groei	O.a. chemie, machine-industrie, bouwmaterialenindustrie; buiten eigen sektor Lage directe kosten, bijna volledige mededinging Snelheid laag, stabiele/afnemende markt
Onderneming a Overwegingen overstap andere techniek b Overwegingen verschillen per type onderneming	Konkurrentiepositie op peil houden (nieuwe productmogelijkheden) Verschillen per marktsegment	Idem, tevens kostenbesparing Verschillen tussen grote en kleine ondernemingen	Kostenbesparingen Idem
Levenscyklus a Gelijktijdige invoering en afstoot b Cyclisch patroon	Nauwelijks; ontwikkelingen gaan snel Ja	Ja Ja	Ja Minder duidelijk
Werkgelegenheid a Effekten op omvang en kwaliteit b Snelheid effekten varieert per sektor	Ja; arbeidsproductiviteit omhoog, andere beroepen, andere functieinhoud Snel	Ja; idem Vrij snel	Ja; idem Langzaam

sie van technieken in de woningbouw kan weergegeven. Daartoe is het model doorgerekend voor een grote hoeveelheid parameterwaarden. Voor de woningbouw is gekozen op basis van het feit, dat in deze sektor één produkt gemaakt wordt, namelijk een woning, waarvoor verschillende technieken worden toegepast. Bovendien kent de woningbouw (nieuwbouw) een aanzienlijke werkgelegenheid.

Richtinggevend bij het productieproces in de bouwnijverheid is de wijze waarop de draagkonstruktie van een bouwwerk tot stand komt. Voor de vervaardiging van de draagkonstruktie zijn meerdere methoden in gebruik. In de toegepaste methoden zijn in de loop der jaren veranderingen opgetreden en hebben verschuivingen in de toepassing plaatsgevonden. Besloten is de toepassing van de drie belangrijkste bouwmethoden in de woningbouw aan een nader onderzoek te onderwerpen, namelijk de stapelbouwmethode, de gietbouwmethode en de grote-elementenbouwmethode. Deze methoden worden gezamenlijk bij de nieuwbouw van meer dan 95% van de woningen toegepast.

Om het diffusiemodel toe te passen dienen technieken te worden gekarakteriseerd. Dit geschiedt met behulp van technische coëfficiënten: de hoeveelheden input per eenheid output. Deze coëfficiënten vormen een belangrijke bouwsteen voor het model. Kostenverschillen en technische afstanden tussen technieken zijn hierop gebaseerd. Ook is het mogelijk met de technische coëfficiënten de gevolgen van de diffusietechnieken voor de vraag naar produktiefactoren te bepalen. Een verschuiving in de toepassing van technieken leidt immers tot een andere inzet van produktiefactoren. Door verschillende beroepsgroepen als produktiefactor te onderscheiden kan zo de verandering in de beroepsstructuur modelmatig worden verklaard.⁹

De diffusie van technieken

Zoals in de vorige paragraaf beschreven staat, beschrijft het diffusiemodel de verandering van de produktievolumes van technieken. In de woningbouw gaat het om aantallen woningen gebouwd met behulp van stapelbouw, gietbouw en grote-elementenbouw. In de aantallen gebouwde woningen in de periode van 1969 t/m 1985 is de teruggang van stapelbouw goed herkenbaar. De afname van het gebruik van stapelbouw in de modelresultaten is het gevolg van de hogere bouwkosten van stapelbouw dan gietbouw en grote-elementenbouw. In termen van het model leidt dit door een groot kostenverschil ten opzichte van andere technieken en een steeds groter wordende konkurrentiedruk, tot een hoge afstoetsnelheid. Verder, omdat stapelbouw de minst efficiënte techniek is in de jaren na 1968, is de diffusiesnelheid nul in die jaren.

De opkomst van gietbouw kan met behulp van het diffusiemodel, afgezien van enkele fluktuaties, ook vrij goed worden verklaard. Gietbouw is de goedkoopste techniek en is vooral in de plaats gekomen van de duurdere sta-

9. Voor de jaren 1966, 1974 en 1984 zijn de technische coëfficiënten bepaald uit cijfers voor de kostenopbouw van technieken; voor de tussenliggende jaren zijn schattingen m.b.v. inter-

pelbouw. Ook zijn er nog een aantal andere factoren, niet in het model opgenomen, die tot de opkomst van gietbouw hebben bijgedragen. Gietbouw heeft zich ontwikkeld tot een flexibele methode waarmee ook kleinere projecten, die vanouds veel met stapelbouw werden gebouwd, op goedkope wijze kunnen worden uitgevoerd. Ook het tekort aan vakarbeiders heeft in het voordeel gewerkt van gietbouw, waar relatief minder vaklieden werkzaam zijn dan bij stapelbouw. Het keerpunt in 1982 heeft te maken met de ontwikkeling van de markt vraag. Begin jaren tachtig is vooral gesubsidieerde sektor, waar gietbouw veel wordt toegepast, veel gebouwd, terwijl in de jaren '84 en '85 het aandeel van de vrije sektor, waar veel met stapelbouw wordt gebouwd, weer is gestegen.

Ook de simulatieresultaten voor grote-elementenbouw zijn vrij goed te noemen, al wordt de produktie in het begin van de zeventiger jaren onderschat, terwijl in latere jaren de produktie overschat wordt. Het eerste heeft te maken met de uitzonderlijk hoge woningbouwproduktie in die jaren terwijl het tweede het gevolg is van een verandering van de vraag: mensen zijn minder bereid in een grootschalig woningbouwcomplex te wonen. Het model genereert betrekkelijk lage produktiecijfers, alhoewel grote-elementenbouw een goedkope techniek is waarvan de bouwkosten weinig verschillen van die van gietbouw. Dit heeft te maken met de geringe overgangsbarrière (de technische afstand) tussen gietbouw en grote-elementenbouw. De diffusiesnelheid is ongeveer even hoog als bij gietbouw, maar de afstootsnelheid is een stuk groter, omdat de technische afstand ten opzichte van gietbouw klein is. Per saldo leidt dit ertoe dat grote-elementenbouw, in tegenstelling tot gietbouw, in het model niet sterk opkomt.

Opgemerkt dient te worden dat de één-produktversie van het diffusiemodel onder de veronderstelling van homogeniteit is geïmplementeerd. In de praktijk spelen ook factoren een rol die niet in het model zijn weergegeven. Het gaat daarbij vooral om het feit dat het produkt niet geheel homogeen is. Zo zijn de bouwkosten bij stapelbouw hoog, omdat daarmee relatief veel dure woningen worden gebouwd. Ook beïnvloedt de ontwikkeling van de markt vraag en het arbeidsaanbod de keuze van technieken. Opname van een vraagvergelijking en het onderscheiden van meerdere produkten, zoals beschreven in de meer-produktenversie van het diffusiemodel, bieden hierbij in de toekomst mogelijk uitkomst.¹⁰

Werkgelegenheid en beroepenstructuur

Naast het verklaren van de diffusie van technieken, in de vorm van produktievolumes, kunnen met het diffusiemodel veranderingen in faktorgebruik worden verklaard. Doordat het gebruik van produktiefactoren per techniek verschilt, hebben verschuivingen in de toepassing van technieken een andere inzet van produktiefactoren tot gevolg. Met het diffusiemodel is de verandering van werkgelegenheid en beroepenstructuur in de woningbouw in Nederland onderzocht. Daartoe is de arbeidsopbouw voor stapelbouw en sys-

teembouw¹¹ voor de periode 1966 tot en met 1985 geschat. Deze bleek sterk te verschillen. Vaklieden zoals timmerlieden en metselaars nemen een prominente plaats in. Beide beroepsgroepen komen bij systeembouw verhoudingsgewijs minder voor, in tegenstelling tot de wat lager geschoolde beroepen, zoals grondwerkers, betonwerkers, betonijzervlechters, steigermakers en metaalberoepen zoals loodgieters, elektriciëns, verwarmingsmonteurs en dergelijke. Timmerlieden, metselaars en metaalberoepen zijn in het algemeen tussen 1966 en 1985 een belangrijkere positie gaan innemen, zowel bij stapelbouw als bij systeembouw, ten koste van lager geschoolde arbeiders en traditionele vakarbeiders zoals stukadoors, schilders en overige gespecialiseerde bouwberoepen. Men kan hieraan de konklusie verbinden, dat verschuivingen in de arbeidsopbouw van een techniek een beroepsgebonden karakter vertonen, in belangrijke mate samenhangend met algemene mechaniseringstendensen. Het werk op de bouwplaats vergt zowel minder laaggeschoolde arbeid als minder gespecialiseerde traditionele bouwarbeid. Het vergt daarentegen relatief meer (technische) 'metaal'-arbeid en all-round vakmanschap, zoals dat van timmerlieden en ook metselaars.

De verandering van de beroepenstructuur is het gevolg van twee effecten: veranderingen in de arbeidsopbouw van een techniek en veranderingen als gevolg van verschuivingen in de toepassing van technieken. Het diffusiemodel houdt rekening met beide factoren. Met de produktie-aantallen voor stapelbouw, gietbouw en grote-elementenbouw zijn, via de technische koëfficiënten, werkgelegenheidscijfers van de beroepsgroepen verbonden. Het diffusiemodel blijkt daardoor in staat te zijn de ontwikkeling van de werkgelegenheid van de verschillende beroepsgroepen vrij goed weer te geven. De afwijkingen van de werkelijke werkgelegenheidscijfers zijn grotendeels hetzelfde als bij de produktievolumes.

Konklusies

Verskillende karakteristieken van het diffusiemodel zijn nieuw en veelbelovend. Zo levert het model een verklaring voor het gelijktijdige gebruik van verschillende produktietechnieken. De richting waarin en de snelheid waarmee het diffusieproces verloopt wordt in het diffusiemodel verklaard aan de hand van efficiencyverschillen en overgangskosten. Daarmee wordt recht gedaan aan een notie die bij velen leeft, namelijk dat de beslissing om over te stappen op nieuwe (andere) technieken voor elke individuele onderneming tot een verschillend resultaat kan leiden. Ondernemers zullen meestal overstappen op een techniek die aansluit bij hun produktieroutine.

Zowel de gevolgen van technologische ontwikkeling als van faktorprijsveranderingen kunnen met behulp van het model worden geanalyseerd. Het vult hiermee de jaargangenbenadering aan. Het is bovendien flexibeler. Het laat immers de mogelijkheid van een terugkeer van een oude produktietechniek toe. Dit verschijnsel is in de praktijk niet onbekend, zoals de voorbeelden van de stapelbouwtechniek in de woningbouw en het gebruik van wind-

Diffusie staat in verband met afstoot van oude produktietechnieken. De beslissingen om te investeren en om capaciteit af te stoten worden weliswaar niet op grond van dezelfde argumenten genomen, maar hangen wel samen. Bij beide spelen afzetprognoses en strategisch gedrag een rol. Binnen het diffusiemodel wordt de samenhang tussen investerings- en afstootgedrag expliciet gemaakt door beide op gelijksoortige wijze te modelleren en in dezelfde vergelijking additief op te nemen.

Het verklaren van het diffusieproces is belangrijk, omdat de verschuivingen in het gebruik van technieken direkt gevolgen hebben voor de werkgelegenheid en de beroepenstructuur. Belangrijk daarbij is de snelheid waarmee wordt overgegaan op andere technieken en waarmee bestaande technieken worden afgestoten. Op dit punt is het diffusiemodel een belangrijke stap vooruit, doordat aan de verklaring van het gebruik van technieken tevens het gebruik van produktiefactoren is gekoppeld.

In het diffusiemodel is geabstraheerd van een aantal factoren die bij diffusie een rol spelen, al is niet precies bekend hoe belangrijk die factoren zijn. Zo is de ondernemingsomvang niet in het model opgenomen als faktor in de verklaring van adoptiegedrag. Tevens wordt, hoewel de samenhang van de kosten van het diffusieproces en de concentratiegraad wordt onderkend, binnen het model geen kausaal verband gelegd tussen marktkoncentratie en diffusie. Dit heeft tot gevolg, dat de rol van efficiency-overwegingen wellicht wordt overbelicht bij de verklaring van diffusie. Het diffusiemodel vraagt op een aantal punten nog om verbeteringen, verfijning en nadere onderbouwing. Het meer-produktenmodel, met daarin opgenomen de vraagontwikkeling van verschillende produkten, is een eerste aanzet daartoe. Verder valt te denken aan een betere benadering van de overgangskosten, het analyseren van het gebruik van het prijsmechanisme en een dynamisering van het model via de opname van verwachtingen.

Afgesloten wordt met enige opmerkingen ten aanzien van het beleid van de overheid ter bevordering van de diffusie. Diffusieprocessen verlopen vaak langzaam. Zowel de totstandkoming van innovaties, alsook de toepassing en verspreiding ervan kunnen daarom van overheidswege worden gestimuleerd. Te denken valt aan een efficiënte informatie-infrastructuur, niet alleen ten aanzien van technische kennis, maar ook op het gebied van marktontwikkelingen. Voorts kan gedacht worden aan het scheppen van een aantal konkrete voorwaarden ter verlichting van de problemen die verbonden zijn met de invoering van een nieuwe technologie: aanpassingskosten, financiering, en verzekering van risico's. Hierbij dient men oog te hebben voor de verschillen die bestaan tussen ondernemingen. Geavanceerde bedrijven zullen eerder overgaan op nieuwe geavanceerde technieken dan traditionele bedrijven. Het is zaak dat ook traditionele bedrijven overgaan op betere technieken waardoor de zogenoemde 'average practice' techniek opschuift.

Veranderingen in de beroepenstructuur in een economie kunnen twee oorzaken hebben. In de eerste plaats kan de beroepenstructuur veranderen als gevolg van voornoemde herensgebonden technologische ontwikkeling. Be-