

On the diffusion of technologies in a vintage framework : theoretical considerations and empirical results

Citation for published version (APA):

Meijers, H. H. M. (1994). *On the diffusion of technologies in a vintage framework : theoretical considerations and empirical results*. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.19941209hm>

Document status and date:

Published: 01/01/1994

DOI:

[10.26481/dis.19941209hm](https://doi.org/10.26481/dis.19941209hm)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Samenvatting

(Summary in Dutch)

Dit proefschrift handelt over de wijze waarop het gebruik van nieuwe technologieën gemodelleerd kunnen worden in een macro-economisch model. In tegenstelling tot de meer traditionele modellen — waarin technologische vooruitgang als een exogene factor wordt gezien — wordt in dit proefschrift technologische vooruitgang beschouwd als het resultaat van ondernemersgedrag. Hoewel technologisch nieuwe investeringsgoederen gezien kunnen worden als produktinnovaties, ligt de nadruk op de introductie, en met name de aanschaf en het gebruik van nieuwe procestechnologieën. Nieuwe procestechnologieën kunnen bijdragen aan de verhoging van de (arbeids-) produktiviteit maar hebben slechts invloed als ondernemers deze nieuwe technologieën daadwerkelijk kopen, installeren en ermee produceren. De ontwikkeling van nieuwe technologieën, bijvoorbeeld door het verrichten van (fundamenteel) onderzoek, wordt in dit boek buiten beschouwing gelaten zodat de aandacht gevestigd wordt op de motieven waarom nieuwe technologieën gekocht worden en waarom ze, in andere gevallen, niet gekocht worden. Nogmaals, dit alles wordt gezien vanuit een macro-economisch perspectief, wat wil zeggen dat de modellen, en met name de gegevens, geen betrekking hebben op een specifieke ondernemer of een specifieke technologie, maar dat beide als abstracte grootheden worden beschouwd. De gehanteerde gegevens hebben dan ook betrekking op een economie als geheel.

Aan het eind van de jaren zestig, en met name in het begin van de jaren zeventig, trad er een wereldwijde stagnatie van de groei van de arbeidsproduktiviteit op. Ook in Nederland is een dergelijke teruggang van de groei waar te nemen. Deze groeivertraging van de produktiviteit laat zien dat de invloed van technologische verandering niet constant is. Bovendien kan de groeivertraging niet zonder meer verklaard worden door bestaande modellen. Modellen die de invloed van technologische vooruitgang endogeniseren moeten naar mijn mening een dergelijke vertraging wel kunnen verklaren. De produktiviteitsontwikkeling loopt als een rode draad door de verschillende delen van dit boek, waarbij bekeken wordt in hoeverre

de gepresenteerde modellen de teruggang in de groei van de arbeidsproductiviteit kunnen verklaren. Naast het laatste deel — samenvatting en conclusies — bevat dit proefschrift drie delen.

Het eerste deel bevat een bespreking van de relevante literatuur waarbij de nadruk is gelegd op de ‘nieuwe groeitheorie’, de jaargangen- of bouwjaarmodellen en diffusiemodellen.¹ Daarnaast wordt bekeken in hoeverre deze theorieën c.q. modellen de groeivertraging in de arbeidsproductiviteit kunnen verklaren. In het tweede deel wordt een macro-economisch jaargangen-diffusiemodel beschreven waarin de traditioneel losstaande onderdelen — jaargangen- en diffusiemodellen — zijn gekoppeld. Vervolgens wordt dit model geschat aan de hand van gegevens over de sector bedrijven binnen de Nederlandse economie. Om een indruk te krijgen van het belang van de diffusie-component in het model wordt bovendien een standaard jaargangenmodel geschat. De vraag dient zich echter aan waarom sommige ondernemers besluiten om meteen een nieuwe technologie te kopen zodra deze beschikbaar komt, terwijl anderen (lang) wachten alvorens over te gaan op een nieuw productieproces. Alhoewel het jaargangen-diffusiemodel uit deel II het belang van een dergelijk verschil aangeeft, wordt hiervoor geen verklaring gegeven op het niveau van de ondernemers zelf. Deel III gaat hierop in en is meer theoretisch van aard. Het wordt afgesloten met een aantal simulaties om de werking van het gepresenteerde model te demonstreren. Wederom staat de groeivertraging van de arbeidsproductiviteit in een van de simulaties centraal.

Theoretische achtergrond

Na een korte uiteenzetting van de traditionele groeitheorieën bevat hoofdstuk 2 een beschrijving van de zogeheten ‘nieuwe groeitheorie’ waarbij de nadruk is gelegd op het endogene groeimodel van Romer (1990) en het model van Scott (1990). Het model van Romer kan geen verklaring geven voor de teruggang in de groei van de arbeidsproductiviteit. Scott kan dit wel, maar als hij een aantal correcties aanbrengt om het model een empirische invulling te geven — hij corrigeert voor wat betreft de kwaliteit van arbeid, de bezettingsgraad van kapitaalgoederen en voor wat betreft waarnemingsfouten in de investeringsquote — kan hij slechts nog een klein deel van de produktiviteitsvertraging verklaren.

Naast deze modellen worden de diffusiemodellen en de jaargangenmodellen in ogenschouw genomen. Diffusiemodellen, waarmee de verspreiding van nieuwe

1. Jaargangenmodellen (ook bouwjaarmodellen of in het Engels ‘vintage models’ genoemd) maken een onderscheid naar de leeftijd van kapitaalgoederen. Indien een ondernemer een nieuwe machine koopt, kan hij hiermee de produktiviteit verhogen, terwijl de mate waarin dit gebeurt afhangt van de hoeveelheid machines die gekocht worden. Dit wordt belichaamde (embodied) technologische vooruitgang genoemd. Daarnaast kan onbelichaamde technologische vooruitgang optreden waarbij gedacht kan worden aan een algemene produktiviteitsstijging, die dus onafhankelijk is van de leeftijd van de kapitaalgoederen, en die veroorzaakt kan worden door bijvoorbeeld betere scholing of beter management.

technologieën binnen een economie bestudeerd worden, kunnen in potentie de groeivertraging verklaren. Door onder andere David (1991) en Metcalfe en Gibbons (1991) wordt beargumenteerd dat door de twee oliecrises en door de toenemende inflatie aan het eind van de jaren zestig de onzekerheid is toegenomen, waardoor ondernemers minder geneigd waren nieuwe procestechnologieën aan te schaffen. Empirische invulling van diffusiemodellen vindt echter op het niveau van individuele technologieën of individuele ondernemingen plaats zodat geen uitspraak gedaan kan worden over de relevantie van deze modellen op macro-economisch niveau. Tevens beperken deze modellen zich vaak tot het bestuderen van de technologie die ondernemers kiezen, terwijl hun productiebeslissingen en de relatie tussen de bestaande kapitaalvoorraad en de aanschaf van nieuwe investeringsgoederen, zowel in kwalitatieve als kwantitatieve zin, achterwege blijven.

Jaargangenmodellen daarentegen zijn bij uitstek geschikt om dergelijke relaties te modelleren. Tevens zijn zij veel beter in staat om de werkelijke produktiviteitsontwikkeling te meten. Een groot nadeel is echter dat bij deze modellen verondersteld wordt dat iedere ondernemer op hetzelfde tijdstip dezelfde technologie koopt. Dit is in hoge mate strijdig met de bevindingen in de diffusie-literatuur. Door beide elementen samen te voegen zou men een model kunnen verkrijgen dat de genoemde nadelen ondervangt. Tevens zou men een inzicht kunnen krijgen in het belang van diffusie en veranderingen in de diffusiesnelheid van nieuwe technologieën op macro-economisch niveau. De ontwikkeling van een dergelijk model staat in dit proefschrift centraal.

In deel II wordt een gecombineerd jaargangen-diffusiemodel beschreven waarbij de empirische toepasbaarheid een randvoorwaarde voor de ontwikkeling van het model was. Om aan deze randvoorwaarde te voldoen is een tamelijk eenvoudig diffusiemodel gekozen dat gebaseerd is op het epidemische diffusiemodel.² Als jaargangenmodel is voor de 'putty-clay' variant gekozen omdat deze variant het meest realistisch is en omdat er in het verleden redelijke empirische resultaten mee zijn geboekt.³ In deel III staat de vraag centraal waarom sommige ondernemers een nieuwe en andere ondernemers een oudere technologie kopen. Bij de uitwerking van deze vraag is nog steeds het jaargangenmodel als uitgangspunt gekozen,

-
2. Een epidemisch diffusiemodel veronderstelt dat een nieuwe technologie relatief onbekend is en dat ondernemers deze leren kennen door in contact te komen met gebruikers van deze technologie, danwel met de leveranciers ervan. Meteen na de introductie van een technologie zijn er weinig daadwerkelijke maar relatief veel potentiële gebruikers. De verspreiding van kennis omtrent de technologie verloopt dan traag. Echter door een toenemend aantal gebruikers zal de kennis sneller verspreid worden en meer ondernemers zullen de technologie aanschaffen. Uiteindelijk zullen er nog maar weinig potentiële kopers over zijn die de technologie nog niet kennen; het aantal aankopen per tijdseenheid neemt dan af totdat iedere potentiële koper in het bezit is van de technologie.
 3. De term putty-clay slaat op keuzemogelijkheid die ondernemers ter beschikking staat om de verhouding tussen arbeid en kapitaal, die nodig is om een eenheid produkt voort te brengen, te kiezen. De term 'putty' geeft aan dat de ondernemer deze verhouding vrijelijk kan kiezen bij de aanschaf van een investeringsgoed. Na de aanschaf ligt de verhouding echter vast (clay) zodat gedurende de verdere levensduur van het kapitaalgoed de hoeveelheid arbeidskrachten die nodig is om met dat kapitaalgoed te kunnen produceren vastligt.

maar het stringente criterium ten aanzien van de empirische toepasbaarheid is komen te vervallen.

Het Putty-Clay diffusie model

In hoofdstuk 3 wordt zowel een standaard putty-clay model als het (nieuwe) putty-clay diffusiemodel gepresenteerd. In Nederland zijn putty-clay modellen ontwikkeld door onder meer Kuipers en van Zon (1982), Gelauff, Wenekers en de Jong (1985) en door Muysken en van Zon (1987). Geen van deze modellen is echter in staat om de feitelijke ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit te volgen zonder ad hoc aanpassingen aan te brengen. Door de toevoeging van de diffusiecomponent wordt de invloed van nieuwe technologieën op de produktiviteit echter geëndogeniseerd. In deel II van dit proefschrift veronderstel ik dat ieder jaar een nieuwe technologie op de markt voor investeringsgoederen verschijnt. Ondernemers kunnen deze technologie kopen zolang de verwachte opbrengst positief is. Daar dit veelal langer dan een jaar zal zijn, zijn er op eenzelfde tijdstip meer technologieën te koop. Naar analogie van de epidemische diffusiemodellen wordt een verdeling van het aantal ondernemers over de verschillende technologieën verondersteld, waarbij deze verdeling afhankelijk is van de relatieve winstgevendheid van deze technologieën en van de kennis die ondernemers over dit nieuwe investeringsgoed hebben. Dit laatste wordt bepaald aan de hand van de hoeveelheid produkt die in het verleden met een specifieke technologie is voortgebracht. Na de introductie van een technologie is de kennis erover erg klein, maar de relatieve winstgevendheid ervan (naar verwachting) groot. Er zullen weinig ondernemers zijn die dit nieuwe kapitaalgoed aanschaffen. Naarmate de tijd vordert zal de kennis vergroot worden, maar omdat er tegelijkertijd nieuwe, en meer winstgevende, technologieën ontwikkeld zijn, zal de relatieve winstgevendheid afnemen. De diffusie van een bepaalde technologie hangt dus af van de relatieve winstgevendheid van deze technologie, terwijl de kennis voor een ‘pad-afhankelijkheid’ zorgt. De pad-afhankelijkheid komt als volgt tot uitdrukking: indien een technologie in het verleden veel gebruikt is zal de kennis groot zijn, zodat meer ondernemers in deze technologie zullen investeren dan in een andere, minder gebruikte technologie terwijl de verwachte winstgevendheid van deze twee technologieën gelijk is.

Terwijl een standaard jaargangenmodel rekening houdt met de verschillen in leeftijd binnen de kapitaalgoederenvoorraad, gaat het jaargangen-diffusiemodel een stap verder, door binnen iedere jaargang nog een onderscheid te maken naar diverse technologieën. Buiten de introductie van het diffusie-element zijn de overige kenmerken overgenomen uit bestaande modellen, zoals de keuze van de initiële arbeid/kapitaal verhouding — er wordt uitgegaan van winstmaximaliserend gedrag waarbij een ondernemer die verhouding kiest die de verwachte winst over de

planperiode maximaliseert —, het afstootgedrag van investeringsgoederen — er wordt onderscheid gemaakt tussen technische slijtage, economische afstoot en afstoot ten gevolge van onderbezetting van de kapitaalgoederenvoorraad — en het gedrag ten aanzien van de gevraagde hoeveelheid arbeid — er wordt rekening gehouden met het eventueel oppotten van arbeid.

In hoofdstuk 4 beschrijf ik de schattingsresultaten van zowel het jaargangen-diffusie model als het standaard jaargangenmodel. De gegevens hebben betrekking op de sector bedrijven van de Nederlandse economie. De schattingsperiode loopt van 1960 tot en met 1988, wat inhoudt dat de meeste gegevens, vanwege de historisch bepaalde samenstelling van de kapitaalgoederenvoorraad, vanaf 1904 zijn gebruikt. Beide modellen zijn geschat met de bezettingsgraad van kapitaalgoederen en de vraag naar arbeid als de te verklaren variabelen.

Het jaargangen-diffusiemodel blijkt de ontwikkeling van de bezettingsgraad van de kapitaalgoederenvoorraad en de gevraagde hoeveelheid arbeid goed te kunnen verklaren. In vergelijking met het standaard jaargangenmodel valt met name de verklaringskracht met betrekking tot de vraag naar arbeid op.⁴ Zelfs de markante terugval van de vraag naar arbeid tussen 1980 en 1983, van ongeveer 4.1 miljoen 3.8 miljoen mensjaren, en de daarop volgende opleving naar 4.1 miljoen mensjaren in 1988 blijkt het model redelijk goed te kunnen volgen. Het standaard jaargangenmodel kan het omslagpunt in 1984 daarentegen in het geheel niet volgen. Ook de vertraging van de groei van de arbeidsproductiviteit kan door het model verklaard worden. In paragraaf 4.3 wordt dit onderzocht, waarbij de ontwikkeling van de arbeidsproductiviteit wordt ontleed aan de hand van diverse oorzaken, zoals de invloed van veranderingen in de diffusiesnelheid op de productiviteit. Het blijkt dat de terugval van de groei van de arbeidsproductiviteit van gemiddeld 4.4% in de periode 1961-1973 naar 2.4% in de periode 1974-1988 voor ongeveer 75% verklaard kan worden door een vertraging in de verspreiding van nieuwe technologieën, dus door een sterk verminderde diffusiesnelheid. Het standaard jaargangenmodel kan een dergelijke ontwikkeling in het geheel niet volgen, wat het grote verschil in de geschatte vraag naar arbeid verklaart.

Tot slot wordt in hoofdstuk 4 een verklaring gegeven voor de vertraging van de diffusiesnelheid. Het blijkt dat de gematigde groei van de reële lonen leidt tot een kleiner verschil in de verwachte winstgevendheid zodat ondernemers minder geprikkeld worden om nieuwe, relatief onbekende, technologieën te kopen. De gematigde groei van de reële lonen wordt vervolgens verklaard door enerzijds een sterke stijging van de prijzen — als gevolg van de twee oliecrises — en anderzijds door een gematigde groei van de nominale lonen.

4. Zie de figuren 4.1 en 4.2 op pagina 110.

Ondernemersgedrag

Het macro-economisch model geeft het belang aan van de toevoeging van de diffusie-component in een jaargangenmodel. Zoals hierboven aangegeven wordt in het macro model niet ingegaan op de vraag, waarom sommige ondernemers een nieuwe technologie meteen kopen terwijl anderen lang wachten voordat ze tot aanschaf besluiten. Deel III gaat in op deze vraag en presenteert een aantal modelvarianten waarin een dergelijke keuze centraal staat.

De onzekerheid die met de aanschaf van kapitaalgoederen gepaard gaat is uitgangspunt in dit deel. Ik veronderstel dat er geen tweedehands markt is voor investeringsgoederen, zodat de verkoopprijs van een eenmaal gekocht kapitaalgoed nihil is. Dit betekent dat eenmaal gemaakte kosten niet meer ongedaan kunnen worden gemaakt. Aangezien de toekomstige ontwikkeling van bijvoorbeeld afzetprijzen of lonen onzeker is, dient een ondernemer een inschatting te maken van deze onzekerheden teneinde de investeringsbeslissing te kunnen nemen. In hoofdstuk 5 worden twee modellen beschreven. Het eerste model gaat expliciet in op onzekerheid en risico-afkeer en laat zien dat er voor nutsmaximaliserende ondernemers een verband bestaat tussen de mate van risico-afkeer en de lengte van de planperiode (de periode dat een ondernemer in de toekomst kijkt) die zij gebruiken om de toekomstige inkomstenstroom te beoordelen.⁵

Het andere model is een analytisch eenvoudiger variant hierop waarin aangenomen wordt dat de lengte van de planperiode een maatstaf is voor risico-aversie. Aangetoond wordt dat risico mijdende ondernemers minder lange planperioden hanteren waardoor zij minder geavanceerde (en per assumptie minder dure) kapitaalgoederen kopen. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op de resulterende diffusie patronen en op de overeenkomst met het macro-economisch model uit deel II.

Beide modellen die in hoofdstuk 5 worden gepresenteerd gaan overigens enkel en alleen in op de keuze van de technologie die in kapitaalgoederen belichaamd is; er wordt geen aandacht geschonken aan de hoeveelheid investeringen, noch aan de produktie en aan de vraag naar arbeid. In hoofdstuk 6 wordt de eenvoudige variant van het model uit hoofdstuk 5 ingepast in een volledig jaargangenmodel. Dit betekent dat de keuze van de technologie slechts een onderdeel van de beslissingen van ondernemers wordt. De ondernemers kunnen kiezen uit een reeks van verschillende technologieën waarbij iedere technologie gekenmerkt wordt door vaste verhoudingen tussen kapitaal en arbeid. Ze kunnen dus kiezen uit een reeks van 'clay-clay' technologieën en het gepresenteerde model kan worden beschreven als een 'quasi-clay-clay' jaargangenmodel. Ook hier worden twee varianten gepresenteerd: een statisch model en een dynamisch model. In het statisch model bekijkt een ondernemer enkel en alleen de gevolgen van een investeringsbeslissing, zonder

5. Omwille van de duidelijkheid wordt dit model overigens op de tweede plaats beschreven.

rekening te houden met toekomstige investeringsbeslissingen, terwijl het dynamische model daar juist wel rekening mee houdt. Het statische model is dus wederom een eenvoudige variant van het dynamische model. Ik laat in hoofdstuk 6 zien dat het dynamische model niet analytisch oplosbaar is terwijl dit voor het statische model wel mogelijk is. Bovendien leidt het statische model, bij benadering, tot dezelfde resultaten met betrekking tot de gekozen technologieën.

In tegenstelling tot het macro-economisch model veronderstel ik in hoofdstuk 6 dat de goederenmarkt niet door perfecte mededinging kan worden beschreven maar dat ondernemers een (al dan niet geringe) monopolie-macht hebben, hetgeen resulteert in een markt van monopolistische concurrentie. Dit houdt in dat ondernemers de prijzen van hun producten zelf kunnen bepalen, terwijl de gevraagde hoeveelheid afhangt van, onder meer, de prijzen die de concurrenten zetten.

Tot slot laat hoofdstuk 6 de resulterende diffusiepatronen zien waarbij de diffusiesnelheid blijkt af te hangen van de marktvorm waarbinnen ondernemers opereren. Een meer monopolistische markt leidt tot langzamere diffusie dan een meer concurrerende markt. De reden hiervoor is dat er in een meer concurrerende markt weinig ruimte is voor prijsverschillen zodat de produktiekosten een belangrijke rol gaan spelen. Dit heeft als gevolg dat ook risico-mijdende ondernemers technologisch gezien niet te ver op de koplopers mogen achterblijven omdat anders de produktiekosten relatief te hoog worden, zodat ze zichzelf uit de markt prijzen.

Deel III wordt afgesloten met een aantal simulaties van het ‘quasi-clay-clay’ jaargangenmodel. Tevens worden de resultaten vergeleken met een standaard ‘putty-clay’ model. In het nabootsen van de teruggang van de arbeidsproductiviteit blijkt dat het ‘quasi-clay-clay’ model een dergelijke groeivertraging beter kan verklaren dan een standaard ‘putty-clay’ model. Dus ook het model uit deel III leidt tot meer aannemelijke resultaten dan bestaande jaargangenmodellen. Tevens blijkt ook dit model pad-afhankelijkheden te bezitten. In standaard modellen wordt technologische vooruitgang gemodelleerd met een constante groeivoet. Dit betekent dat de economie na een turbulente periode veel meer in de buurt komt van het pad waarop het zou zijn gekomen zonder turbulenties. Dit is niet het geval in het ‘quasi-clay-clay’ model. De technologische achterstand die door een turbulente periode wordt bewerkstelligd heeft in dat model veel meer consequenties voor de toekomst.

Tot slot wordt in hoofdstuk 7 kort aandacht besteed aan het aanbod van nieuwe technologieën. Door middel van een simulatie laat ik zien dat de markt van *investeringgoederen* sterk concurrerend is. Dit betekent dat de afzetprijs van aanbieders van kapitaalgoederen, bijvoorbeeld de machineindustrie, sterk afhangt van de kosten. Door naar analogie van Romer (1990) de ontwikkeling van nieuwe technologieën te koppelen aan de winstgevendheid ervan, zou een model kunnen ontstaan waarbij ook het aanbod van nieuwe technologieën geëndogeniseerd is. De verdere uitwerking van dit idee komt hier niet aan de orde, maar is nader onderzoek waard.

Deel IV bevat enkele andere aanbevelingen voor verder onderzoek. Uit de voorgaande delen blijkt, dat de groei van de arbeidsproductiviteit sterk afhangt van de snelheid waarmee nieuwe technologieën geïntroduceerd worden. Zowel uit deel II als uit deel III valt af te leiden dat de groei van de lonen een belangrijke determinant is voor de diffusiesnelheid. Hogere lonen vergroten de verschillen in winstgevendheid tussen diverse technologieën waardoor ondernemers sneller over gaan tot de aanschaf van nieuwere produktietechnologieën. Echter, hogere lonen hebben ook een directe negatieve invloed op de produktiekosten, maar kunnen tevens leiden tot hogere inkomens, meer consumptie en meer produktie. Het gepresenteerde model kan dergelijke effecten slechts voor een deel verklaren zodat het aanbeveling verdient om het gepresenteerde jaargangen-diffusie model in een gesloten macro-economisch model te incorporeren zodat ook dergelijke vragen beantwoord kunnen worden.