



**UvA-DARE (Digital Academic Repository)**

**Behavioural models of technological change**

Zeppini, P.

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Zeppini, P. (2011). Behavioural models of technological change Amsterdam: Thela Thesis

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <http://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

# Samenvatting (Summary in Dutch)

Dit proefschrift behandelt concurrentie tussen technologieën als een verschijnsel dat voortkomt uit de beslissingen van economische agenten. In het algemeen richt dit proefschrift zich op de vraag hoe en in welke mate het patroon van technologische verandering verklaard kan worden door gedragsregels. De nadruk ligt op interactie van agenten en dynamica, en in het bijzonder op endogene mechanismes in de individuele besluitvorming die leiden tot feedbacklusen, zoals netwerkexternaliteiten, sociale interacties, marktdynamica en milieubeleid. In elk hoofdstuk wordt een model voorgelegd, gericht op een specifiek aspect van technologische concurrentie, en gebaseerd op een specifiek beslissingsprobleem met betrekking tot technologie. Hoofdstuk 2 richt zich op een kosten-batenanalyse van de afweging bij technologische investeringen tussen diversiteit en specialisatie, die in verband wordt gebracht met toenemende schaalopbrengsten. Een belangrijke motivatie voor een model van diversiteit in technologische investeringen is het huidige debat over diversiteit in duurzame energie (Van den Heuvel en Van den Bergh, 2008). In tegenstelling tot de meer traditionele opvatting, die benadrukt dat de voordelen van diversiteit neerkomen op een vermindering van onzekerheid, concentreert het model in dit hoofdstuk zich op de voordelen van recombinante innovatie. Dergelijke innovatie wordt verondersteld plaats te vinden met een kans die evenredig is aan de diversiteit in technologische investeringen. Een perfect symmetrische technologieportfolio kan ofwel een maximum, ofwel een minimum vormen van de totale baten, afhankelijk van de schaalopbrengsten. Er bestaat een drempelwaarde van schaalopbrengsten, onder welke diversiteit een globaal maximum

vormt. Naast de relatieve hoeveelheid van cumulatieve investeringen hangt de kans op recombinante innovatie ook af van de totale hoeveelheid investeringen in de twee technologieën, waardoor de drempelwaarde van schaalopbrengsten tijdsafhankelijk is: boven een kritische waarde van de horizon wordt diversiteit de beste keus. Dit drempeltijdstip wordt hoger naarmate de schaalopbrengsten groter zijn. Door beginwaarden van de oorspronkelijke opties te introduceren wordt de symmetrie van het probleem verbroken: in gevallen waarin diversiteit de voorkeur heeft, kent de optimale oplossing verschillende aandelen in de twee technologieën. Dit is ook het geval wanneer de schaalopbrengsten verschillen (d.w.z. heterogeen zijn) tussen verschillende technologieën. Echter, op de lange termijn verdwijnt het effect van de aanvangstoestand, terwijl het effect van heterogene schaalopbrengsten juist toeneemt.

Het model in hoofdstuk 3 breidt de studie van recombinante innovatie uit met een dynamisch kader van opeenvolgende beslissingen. Elke periode moet een nieuw bedrijf besluiten hoeveel financieel kapitaal wordt toegekend aan elk van de twee beschikbare technologieën. Dit hoofdstuk is derhalve een theoretische studie van de dynamica van concurrerende recombinante technologieën. Het model is zodanig opgebouwd dat het consistent is met zogenaamde "urnsystemen", of Polya-processen, in navolging van Arthur et al. (1987). Door middel van recombinante innovatie en milieubeleid breidt het model van hoofdstuk 3 het padafhankelijke geraamte van het urnmodel uit naar technologische innovatie en milieueconomie. De diversificatieprikkel van een hybride technologie staat in contrast met de specialisatieneiging als gevolg van de positieve feedback van toenemende schaalopbrengsten. In het hoofdstuk wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat technologieën verschillen in de intensiteit van de uitstoot van schadelijke stoffen, hetgeen leidt tot een assymetrisch systeem. Een milieumaatregel internaliseert de vervuilingsexternaliteit en brengt een negatieve feedback op de besluitvorming tot stand. De nadruk van de analyse ligt op de rol van recombinante innovatie en milieubeleid in het terugdringen van vervuiling. Dit wordt onderzocht door het model te simuleren volgens de

Monte-Carlomethode. Het blijkt dat het vooruitzicht van een recombinante technologie helpt om te ontsnappen aan een lock-in van de vervuilende technologie, met name als het milieubeleid niet bijzonder streng is. Omgekeerd, onder een streng milieubeleid beperkt recombinante innovatie het terugdringen van vervuiling - al vermindert het de onzekerheid over de uitkomst - omdat de vervuilende technologie niet volledig uit het systeem verdwijnt. Desondanks zorgt het vooruitzicht van een recombinante technologie voor een substantiele vermindering van vervuiling; recombinante innovatie kan zelfs beschouwd worden als een effectieve strategie om een vervuilende technologie te vervangen door een schone.

In hoofdstukken 4 en 5 staat een discrete-keuzebenadering om concurrentie tussen technologieën te modelleren centraal. Anders dan het kader van opeenvolgende beslissingen van hoofdstuk 3, maakt discrete keuze gebruik van een mean-field model, waarin alle agenten elke periode hun strategie (keuze voor een technologie) bepalen, terwijl interactie tussen agenten gemodeleerd wordt als een gemiddelde van de interactiekrachten (mean-field). In hoofdstuk 4 is er competitie tussen een superieure, dure technologie (innovatie) en een inferieure, goedkope technologie: deze twee marktstrategieën beïnvloeden de totale factorproductiviteit in een perfect concurrerende markt. De endogene dynamica van dit heterogene aanbod en een homogene vraag resulteren in een evolutionaire omgeving met negatieve feedback: innovatoren drijven de marktprijs omlaag door kostenverlaging, maar ze behalen meer winst bij een hoge prijs. Dergelijke tegengestelde prikkels kunnen elkaar opheffen in een stabiel evenwicht waar beide strategieën in een bepaalde verhouding naast elkaar worden gekozen. Een andere mogelijkheid is dat een cyclus van periode-2 ontstaat. Twee uitbreidingen van het basismodel worden onderzocht, namelijk asynchrone aanpassing van strategieën en technologische vooruitgang. Het belangrijkste resultaat bij asynchrone aanpassing is dat cycli van periode-2 kunnen veranderen in chaotische dynamica van technologie keuzes en marktprijzen. Asynchrone aanpassing is weliswaar kwantitatief destabiliserend, maar kwalitatief stabiliserend, aangezien het de amplitude van mogelijk

chaotische marktschommelingen verkleint. Technologische vooruitgang wordt endogeen vormgegeven door de stand van de techniek, die aangroeit met gecombineerde acties van innovatoren in elke periode: de keuzes van de agenten dicteren de evolutie van de stand van de techniek, en dergelijke technologische verandering wordt teruggekoppeld naar de keuzes van de agenten. Deze uitbreiding van het model reproduceert een aantal gestileerde feiten van industriële dynamica, zoals padafhankelijkheid en technologische leercurven.

Hoofdstuk 5 combineert elementen van hoofdstuk 4 en hoofdstuk 3, namelijk het modelleren van concurrentie tussen twee verschillende technologische oplossingen met een discrete-keuzebenadering. Dit geraamte voorziet in het expliciet modelleren van de positieve feedback van netwerkexternaliteiten en sociale interacties. De evenwichtsstructuur van het model wordt onderzocht, evenals bifurcaties, d.w.z. kwalitatieve veranderingen in de dynamica die het gevolg zijn van een verandering in een of meerdere parameters. In een uitbreiding van het model worden concurrerende, vervuilende technologieën en een milieumaatregel geïntroduceerd. De milieumaatregel kan het gewenste effect hebben dat het aandeel in de schone technologie groter wordt, maar ook het ongewenste effect dat cyclische dynamica van technologieverhoudingen teweeg worden gebracht. Een andere uitbreiding houdt rekening met technologische vooruitgang, hetgeen neerkomt op het gezamenlijk modelleren van technologische competitie en groei. De kernpunten van deze sectie zijn de effecten van sociale interacties en netwerkexternaliteiten op technologische vooruitgang. Er zijn gevallen waarin sterkere netwerkexternaliteiten technologische vooruitgang afremmen. Ten slotte worden milieubeleid en technologische vooruitgang bij elkaar gebracht, met de volgende resultaten: om de markt te bevrijden uit een lock-in in een vervuilende technologie is een milieumaatregel niet voldoende. De schone technologie moet ook tot snellere technologische vooruitgang leiden. Bovendien geldt dat hoe sterker sociale interacties en netwerkexternaliteiten zijn, des te meer een milieumaatregel aangescherpt dient te worden. Een belangrijk boodschap is dat, om het milieuprobleem van vervuilende technologieën aan te pakken, overheidsbeleid op verschillende terreinen nodig is, met een

combinatie van milieu- en innovatiebeleid en het verminderen van netwerkeexternaliteiten, bijvoorbeeld door flexibelere technologische standaarden of infrastructuur.