

VU Research Portal

Estimation of Alonso's Theory of Movements for Commuting

de Vries, J.J.

2015

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

de Vries, J. J. (2015). *Estimation of Alonso's Theory of Movements for Commuting*. Tinbergen Institute.

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 ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

SAMENVATTING IN HET NEDERLANDS (SUMMARY IN DUTCH)

HET SCHATTEN VAN ALONSO'S THEORIE OVER VERPLAATSINGEN VOOR WOON-WERKVERKEER

Dit proefschrift past Alonso's theorie over verplaatsingen toe op woon-werkverkeer. Woon-werkverkeer zorgt voor een ruimtelijke wisselwerking tussen wonen en werken. Hoeveel mensen ergens wonen hangt af van de beschikbaarheid van werkgelegenheid in de omgeving. Omgekeerd houden bedrijven bij het kiezen van hun vestigingsplaats rekening met de beschikbaarheid van personeel. Woon-werkverkeer zorgt dan voor een evenwicht tussen de locatievoorkeuren van bedrijven (vaak in grote steden, bij andere bedrijven) en de woonvoorkeuren van huishoudens.

Alonso's theorie over verplaatsingen is een ruimtelijk interactiemodel. Ruimtelijke interactiemodellen beschrijven stromen van herkomstregio's naar bestemmingsregio's. De eerste ruimtelijke interactiemodellen werden ontwikkeld in de 19e eeuw, na de opkomst van de spoorwegen. Een eenvoudig model stelt bijvoorbeeld dat de omvang van de reizigersstroom tussen twee steden evenredig is met het product van hun inwoneraantallen, en omgekeerd evenredig met het kwadraat van de reistijd. Omdat dat erg lijkt op de zwaartekrachtwet van Newton worden deze modellen wel zwaartekrachtmodellen genoemd. Later werden ingewikkelder ruimtelijke interactiemodellen ontwikkeld. Alonso's theorie over verplaatsingen komt overeen met het 3-componentenmodel dat aan de Vrije Universiteit is ontwikkeld door De Vos en Bikker, en het vervoermodel met elastische randen dat aan de TU Delft is ontwikkeld door Hamerslag.

In dit proefschrift wordt veel aandacht besteed aan econometrische methoden. In Alonso's theorie over verplaatsingen zijn wonen en werken wederzijds van elkaar

afhankelijk. Er is dus geen eenduidigheid over oorzaak en gevolg, en dat is statistisch lastig. Voor de evaluatie van investeringen in infrastructuur is het belangrijk de effecten op vervoersstromen en op de spreiding van wonen en werken goed te voorspellen. De centrale vragen daarbij zijn hoe woonlocatiekeuze afhangt van de bereikbaarheid van werkgelegenheid, en hoe werklocatiekeuze afhangt van de bereikbaarheid van de beroepsbevolking.

Het proefschrift bestaat uit vier onderzoekshoofdstukken, voorafgegaan door een inleiding en gevolgd door een afsluitend hoofdstuk. Hoofdstuk 2 beschrijft het model, en hoofdstuk 3 bespreekt de econometrische aanpak. In de hoofdstukken 4 en 5 wordt het model toegepast op gegevens over woon-werkverkeer tussen gemeenten in Denemarken. Daarbij richt hoofdstuk 4 zich op het bepalen van het effect van reiskosten op de woon-werkstromen. In hoofdstuk 5 gaat het om het effect van bereikbaarheid op wonen en werken. De meeste hoofdstukken zijn eerst als artikel geschreven, en daardoor zijn ze apart van elkaar te lezen.

Hoofdstuk 2 beschrijft de ontwikkeling van ruimtelijke interactiemodellen. Het doel van ruimtelijke interactiemodellen is het voorspellen van stromen tussen herkomsten en bestemmingen. Er zijn vele toepassingsgebieden, bijvoorbeeld migratie, internationale handel, winkelgedrag, ziekenhuisopnamen en woon-werkverkeer. Bij de in de negentiende eeuw ontwikkelde zwaartekrachtmodellen wordt elke stroom afzonderlijk voorspeld. Dat is niet altijd realistisch: als er twee keer zoveel winkelcentra zijn gaan mensen niet opeens twee keer zoveel uitgeven. Daarom werden nieuwe modellen ontwikkeld, vooral in de jaren zeventig van de twintigste eeuw.

In het productie-beperkte model staat de totale uitstroom van elke herkomst bij voorbaat vast, en beschrijft het model de verdeling over de bestemmingen. Om de stromen kloppend te krijgen met de totalen bevat dat model een compensatiefactor voor elke herkomst. In het attractie-beperkte model staat juist de totale instroom naar elke

bestemming vast, en beschrijft het model de verdeling over de herkomsten. Dit model bevat een compensatiefactor voor elke bestemming. In het veel gebruikte dubbel beperkte model staan de totalen op zowel herkomst en bestemming vast, en worden alleen de bilaterale stromen voorspeld. Dit model bevat twee groepen van compensatiefactoren.

Het zwaartekrachtmodel, productie-beperkt model, attractie-beperkt model en dubbel beperkt model werden door Wilson geordend in een familie: de keuze voor het al of niet opleggen van een beperking bij de herkomst en/of bestemming geeft vier mogelijke combinaties. Alonso ontwikkelde een flexibeler model, voor het beschrijven van interregionale verhuizingen in de Verenigde Staten. In die theorie over verplaatsingen staat het aantal verhuizingen uit een herkomstregio niet bij voorbaat vast, maar hangt dit af van de gelegenheden die er zijn. Aan de andere kant hangt de keuze van een bestemming af van de concurrentie die er in die bestemmingsregio is op de woning- en arbeidsmarkt. Er is dus geen sprake van strikte beperkingen, maar er zijn wel terugkoppelingen.

Het blijkt dat Alonso's theorie over verplaatsingen wiskundig kan worden weergegeven op een manier die erg lijkt op Wilson's familie van ruimtelijke interactiemodellen. De compensatiefactoren krijgen dan een interpretatie op basis van de gelegenheden en concurrentie die er zijn, en worden wel systeemvariabelen genoemd. Bij beide groepen systeemvariabelen hoort een systeemparameter, die aangeeft wat hun effect is op de uitstroom van een herkomst respectievelijk de instroom naar een bestemming. De systeemvariabelen kunnen worden gezien als maat voor de bereikbaarheid, en de systeemparameters geven dus aan hoe groot het effect van bereikbaarheid is bij de herkomst en bestemming. Door de beide systeemparameters op 0 of 1 te zetten ontstaan de vier modellen van Wilson's familie van ruimtelijke interactiemodellen. Meestal zullen de systeemparameters echter een waarde tussen 0 en 1 hebben. Het doel van de econometrische methoden in dit proefschrift is de waarde van deze systeemparameters te schatten.

Hoofdstuk 3 bespreekt schattingsmethoden voor Alonso's theorie over verplaatsingen. Diverse onderzoekers hebben geprobeerd de parameters van dit model te schatten. Het eerste probleem daarbij is dat de systeemvariabelen, die de bereikbaarheid aangeven, niet rechtstreeks worden waargenomen. Het tweede probleem is dat de systeemvariabelen van het hele systeem afhangen, en dus zowel oorzaak als gevolg zijn. En ten derde is het model niet-lineair en beschrijft het een evenwicht, waardoor het niet in een eenvoudige vorm te herschrijven is.

Het blijkt handig te zijn de schattingsprocedure in twee fasen op te delen. De eerste fase kijkt vooral naar de bilaterale stromen, en schat daaruit het effect van afstand (of reiskosten, reistijd). Daaruitvolgend, of tegelijkertijd, kunnen dan tevens de systeemvariabelen worden geschat. Deze fase blijkt overeen te komen met het schatten van een dubbel beperkt model, en daarover is veel literatuur beschikbaar.

De tweede fase kijkt naar de uitstroom uit de herkomsten en de instroom naar de bestemmingen, en schat hoe die afhangen van kenmerken van de herkomst en bestemming en van de systeemvariabelen. De beide systeemvariabelen hangen onderling van elkaar af, en indirect hangen ze allebei af van zowel uitstroom uit de herkomsten als instroom op de bestemmingen. Bij het bepalen van het effect van de systeemvariabelen (bereikbaarheid) op de uitstroom en instroom moet er rekening mee worden gehouden dat de causaliteit ook de andere kant op gaat. Methoden als kleinste kwadraten zijn daarom niet geschikt.

Om de effecten van bereikbaarheid op de uitstroom en instroom correct te schatten kan gebruik worden gemaakt van de methode van instrumentele variabelen. Deze econometrische methode maakt gebruik van een hulpvariabele die niet afhangt van de te verklaren variabele (in dit geval de uitstroom of instroom) maar wel sterk samenhangt met de verklarende variabele (in dit geval de systeemvariabele bereikbaarheid). In dit geval kan de instrumentele variabele worden gevonden door voorspellingen uit het model te gebruiken. De methode is iteratief: de geschatte parameters worden gebruikt in het model om betere voorspellingen te maken, waarmee nieuwe instrumenten worden verkregen en

de schatting opnieuw gedaan kan worden. Het idee om voorspellingen uit het model te gebruiken in de schattingsprocedure komt van De Vos en Bikker, maar de manier waarop ze worden gebruikt is in dit proefschrift anders.

Hoofdstuk 4 onderzoekt het effect van reiskosten op woon-werkverkeer in Denemarken. De gegevens komen uit een volkstelling en gaan over 1995. Voor elke combinatie van woongemeente en werkgemeente is het aantal mensen bekend dat in die woongemeente woont en in die werkgemeente werkt. Ook is informatie beschikbaar over de reiskosten per auto tussen die gemeenten. Op die gegevens over reiskosten worden nog diverse correcties toegepast in verband met veerdiensten tussen de verschillende delen van Denemarken, en in verband met congestie rond Kopenhagen.

Het doel is de omvang van de bilaterale stromen te beschrijven op basis van de uitstroom van de herkomst (bekend), de instroom op de bestemming (bekend), de bereikbaarheid van de herkomst (te schatten), de bereikbaarheid van de bestemming (te schatten) en het effect van reiskosten (te schatten). Voor het effect van reiskosten op stromen worden in de literatuur twee soorten verbanden veel genoemd. Bij een exponentiële functie neemt de stroom met een constant percentage af als de reiskosten met een geldeenheid toenemen. Bij een machtsfunctie neemt de stroom met een constant percentage af als de reiskosten met één procent toenemen.

Voor deze fase van de schatting kan gebruik gemaakt worden van methoden uit de literatuur. Dit proefschrift combineert verschillende benaderingen en voegt enkele nieuwe elementen toe aan de aanpak. De vergelijking voor bilaterale stromen (in logaritmen) wordt geschat met niet-lineaire gewogen kleinste kwadraten. De systeemvariabelen (bereikbaarheid) worden daarbij geschat als herkomstspecifieke en bestemmingspecifieke effecten. Veel bilaterale stromen zijn nul (vooral tussen kleine gemeenten op grote afstand), en daarvoor wordt een correctie toegepast. Ook wordt rekening gehouden met het verschillend gewicht van grote en kleine stromen.

Het blijkt dat een exponentiële functie van de reiskosten geen goede beschrijving geeft van woon-werkverkeer in Denemarken. Met een machtsfunctie gaat het beter, maar de grafieken laten zien dat dit toch niet helemaal de goede vorm is. Om dat verder te onderzoeken wordt een variant van de machtsfunctie toegepast waarbij enkele knikken zijn toegestaan. Het blijkt dat de resulterende functie goed kan worden benaderd met behulp van een logistische functie.

De conclusie is dat woon-werkverkeer in Denemarken op korte afstand maar beperkt gevoelig is voor de reiskosten. Op afstanden rond de twintig kilometer is de gevoeligheid echter groot: 1% meer reiskosten betekent 4% minder woon-werkverkeer. Op langere afstanden neemt de gevoeligheid vervolgens weer af. De grote effecten zien we dus niet op lokale of nationale schaal, maar regionaal. Dat inzicht is van belang voor beslissingen over het vervoersysteem.

Hoofdstuk 5 beschrijft het schatten van de systeemparemeters met behulp van instrumentele variabelen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de methode zoals beschreven in hoofdstuk 3, en van de gegevens over Denemarken zoals beschreven in hoofdstuk 4. Uit de berekeningen die gedaan zijn voor hoofdstuk 4 volgens tevens de waarden van de systeemvariabelen. De ene systeemvariabele geeft voor elke gemeente de bereikbaarheid van werkgelegenheid aan, en de andere systeemvariabele geeft voor elke gemeente de bereikbaarheid van de beroepsbevolking aan.

Het hoofdstuk onderzoekt de ruimtelijke wisselwerking tussen wonen en werken. Het aantal werkzame personen woonachtig in een gemeente wordt verklaard uit de bereikbaarheid van werkgelegenheid en enkele voor wonen relevante kenmerken van die gemeente. Het aantal werkenden in een gemeente wordt verklaard uit de bereikbaarheid van beroepsbevolking en enkele voor werken relevante kenmerken van die gemeente. Het blijkt daarbij handig niet in absolute aantallen per gemeente te werken, maar gebruik te maken van dichtheden: de aantallen per vierkante kilometer.

Het vinden van relevante kenmerken van gemeenten blijkt lastig, dus de uitkomsten moeten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. De uitkomst van de schatting is dat de effecten van bereikbaarheid vrij klein zijn, maar zeker niet nul. Wonen reageert maar in beperkte mate op de nabijheid van werkgelegenheid, en werken reageert maar in beperkte mate op de nabijheid van bevolking. De resterende frictie wordt opgelost met woon-werkverkeer.

Het doel van dit hoofdstuk is vooral het demonstreren van de in hoofdstuk 3 voorgestelde schattingsmethode. Deze blijkt goed te werken, en redelijk snel te berekenen te zijn (al vroeg dat wel veel programmeerwerk). Ter vergelijking zijn ook de uitkomsten van enkele andere schattingsmethoden berekend.

Alonso ontwikkelde zijn theorie over verplaatsingen voor verhuisgedrag. Dit proefschrift past hetzelfde model toe op woon-werkverkeer. Tijdens het onderzoek voor dit proefschrift bleek dat in essentie hetzelfde model ook is ontwikkeld door Hamerslag en Fortuijn, en wel voor woon-werkverkeer. Dat gebeurde in het kader van de Integrale Verkeers- en Vervoerstudie voor Nederland, al in 1972. In Appendix 5C wordt deze ontwikkeling beschreven, en aangetoond dat het vervoermodel met elastische randen equivalent is met Alonso's theorie over verplaatsingen.

De belangrijkste conclusies van dit proefschrift zijn:

- Het is gewenst dat ruimtelijke interactiemodellen niet alleen stromen beschrijven, maar ook de wisselwerking tussen de randtotalen. In veel gevallen zijn die randtotalen namelijk minstens zo interessant als de stromen. In de toepassing op woon-werkverkeer gaat het niet alleen om verkeer, maar ook of vooral om de locaties van wonen en werken. Wonen en werken worden beïnvloed door woon-werkverkeer, maar hangen ook van andere factoren af.
- Modellen waarin die wisselwerking aanwezig is zijn door diverse (groepen) onderzoekers onafhankelijk van elkaar ontwikkeld, in de jaren zeventig en tachtig

van de twintigste eeuw. Het is opmerkelijk dat uiteenlopende toepassingen en invalshoeken tot dezelfde modelstructuur leiden.

- De bereikbaarheidsindicatoren kunnen tegelijk met het effect van de afstand geschat worden met methoden voor het dubbel beperkte model. Het effect van bereikbaarheid op de stromen moet geschat worden met methoden als instrumentele variabelen.
- In de empirische toepassing voor Denemarken blijkt dat de gevoeligheid van woon-werkverkeer voor reiskosten niet constant is, maar het sterkst is op afstanden rond de twintig kilometer. Een op een logistische functie gebaseerde specificatie geeft hier een betere beschrijving dan uit de literatuur bekende functionele vormen.
- De iteratieve schattingsmethode met instrumentele variabelen die uit het model verkregen zijn blijkt toepasbaar. De voorzichtige conclusie voor Denemarken is dat wonen en werken elkaar in beperkte mate volgen.

De theoretische basis van het model zou versterkt kunnen worden door niet alleen te kijken naar aantallen maar ook naar prijzen. In de toepassing op woon-werkverkeer ligt het voor de hand dat huizenprijzen (of huren) en lonen een belangrijke rol spelen in de keuzes van huishoudens en bedrijven. Ook zou het model in verband gebracht kunnen worden met modellen voor grondgebruik en vervoer, met ruimtelijke algemeen-evenwichtsmodellen, discrete-keuzemodellen, optimalisatieproblemen en matching-modellen. Ook op het gebied van schattingsmethoden voor dit model, en toepassingen, is verder onderzoek wenselijk. Er is nog veel te doen. Voor dit proefschrift blijft het nu hierbij.