

HET METEN VAN DE GRAAD VAN HUBNESS VAN STEDEN AAN DE HAND VAN MONDIALE TRANSPORTSTROMEN VAN VLIEGTUIGPASSAGIERS

L. Devriendt, A. Bunneghem, B. Derudder en F. Witlox
Universiteit Gent
Faculteit Wetenschappen, Vakgroep Geografie
Krijgslaan 281 (S8)
Tel.: + 32 (0)9 264.45.55
E-mail: {lomme.devriendt; ben.derudder; frank.witlox}@ugent.be

Samenvatting

The main emphasis of this paper is on identifying and mapping the major airport hubs of the airline network through the use of passenger transport flows. Our approach is unique in that for the first time a worldwide (i.e. a truly global) perspective is taken through the use of a so-called MIDT dataset. This exceptional dataset, covering the period January-August 2001, contains information on global airline bookings and connections relating to more than half a billion passengers, and does not suffer from some of the drawbacks of other existing, more commonly used airline datasets. The paper shows that based on various measures different hubs can be identified, each fulfilling a different function.

1. Inleiding

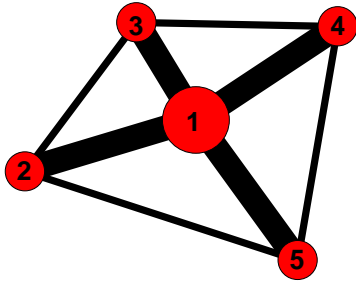
In dit artikel trachten we de belangrijkste luchtvaarthubs in kaart te brengen. Het kiezen van een optimale (prijzbewuste) route tussen vertrekpunt en bestemming is voor luchtvaartmaatschappijen een cruciaal onderdeel van hun strategische bedrijfsvoering. Hub-and-spoke netwerken stellen de maatschappij in staat het aantal te verbinden stedenparen te maximaliseren met een beperkt aantal vluchten. Omdat verschillende herkomst/bestemming-combinaties worden geconsolideerd op een beperkt aantal routes kunnen bovendien hogere bezettingsgraden worden bereikt en grotere vliegtuigen en/of hogere frequenties worden ingezet (Burghouwt en Veldhuis, 2005). Hub-luchthavens vormen dan ook niet te vermijden transactiecentra voor luchtvaartmaatschappijen die verder willen blijven concurreren op de passagiersmarkt. De problematiek bij dit onderwerp situeert zich in de structuur die hubs aannemen. Het vinden van eenduidige maatstaven voor het meten van de graad van hubness is daarbij geen evidentie.

2. 'Hub-and-spoke' netwerken

Het luchttransportnetwerk regelen als een 'hub-and-spoke' systeem komt erop neer dat dezelfde structuur wordt aangenomen als bij bijvoorbeeld metro- en treinnetwerken. Kenmerkend aan deze structuren is dat ze verschillende bestemmingen betrekken in een enkele route, en op deze manier directe verbindingen tussen twee punten (point-to-point flights) vervangen door meerdere indirecte verbindingen. Hierdoor worden, in tegenstelling tot 'point-to-point' verbindingen, een grotere waaier aan extra bestemmingen verkregen zonder toename van het aantal trips (Horner en O'Kelly, 2001). Waar bij point-to-point relaties theoretisch ($N \times (N-1)$) connecties nodig zijn om alle N steden te verbinden, zijn er bij

een hub-and-spoke model slechts (N-1) nodig (Shaw, 1993). Op een dergelijke manier wordt het aanbieden van transportdiensten sterk vereenvoudigd (Bryan en O'Kelly, 1999), en ontstaan schaalvoordelen voor de hub-luchtvaartmaatschappij (Bryan en O'Kelly, 1998; Button et al, 1999). Een verklarende uitleg vinden we in het volgende voorbeeld (gebaseerd op Button, 2002).

Figuur 1: hub-and-spoke model



Figuur 1 stelt een eenvoudig netwerk voor van vijf steden (1 t.e.m. 5). Indien een luchtvaartmaatschappij verkiest zijn bestemmingen te regelen via 'point-to-point' verbindingen, moeten, om elke stedenpaar bereikbaar te houden, tien verschillende routes in het vliegschema opgenomen worden. Wordt daarentegen gekozen voor een 'hub-and-spoke' structuur rond de centrale stad 1 dan zijn er slechts vier verschillende vliegroutes (1-2), (1-3), (1-4) en (1-5) nodig. Er ontstaat bovendien op deze manier een intensifiëring op de laatst aangehaalde routes waardoor een grotere passagiersstroom in de hub vertrekt en aankomt. Routes kunnen hierdoor ook frequenter worden gebruikt. Indien routes (2-3) en (4-3) slechts één keer per week in het vliegschema van een luchtvaartmaatschappij worden opgenomen wegens het beperkt aantal gebruikers, dan kan door over te stappen op een hubsysteem (rond stad 1) de ticketprijs om naar stad 3 te vliegen financieel een stuk interessanter worden gemaakt: de brandstofkost per passagier kan omlaag worden gehaald en de prijs van een ticket met bestemming stad 3 zal bijgevolg concurrentieel sterker worden. Dit systeem van hub-steden komt hoofdzakelijk voor in de Amerikaanse luchtvaart (Delta Airlines heeft zijn grootste hub in Atlanta, United Airlines in Chicago, American Airlines in Dallas, Continental Airlines in Houston, etc.), maar sinds de liberalisering van de interne Europese markt (1988-1997) is het systeem geleidelijk aan ook op Europese bodem in voege getreden (Burghouwt en Veldhuis, 2005). Gevolgen van deze ontwikkeling zijn de zoektocht naar steeds grotere vliegtuigen (vb. A380 (Airbus)), allianties van diverse luchtvaartmaatschappijen op de Europese markt (vb. KLM en Air France), het concentreren van luchtvaartactiviteiten (vb. DHL van Brussel naar Leipzig), de opkomst van de low cost carriers (vb. Ryanair en EasyJet), etc.

3. Hub-onderzoek via de MIDT-databank

Om de belangrijkste luchtvaarthubs in kaart te brengen maken we gebruik van de MIDT ('Marketing Information Data Transfer')-databank. De MIDT-databank wordt samengesteld aan de hand van vliegtuigboekingen die gebeuren via 'Global Distribution Systems' (GDS). GDS zijn elektronische platforms die gebruikt worden door allerlei reismaatschappijen voor het regelen van hun luchtvaartboekingen (vb. aantal zitplaatsen aangeboden door een vliegmaatschappij, hotelreserveringen, autoverhuur, ...). Voorbeelden van GDS zijn Galileo, Apollo, Sabre, Worldspan, Amadeus, Topas, Infini en Abaccus. De informatie vervat in de MIDT-databank bestaat uit vliegtuigcodes, in- en opstapplaatsen, overstapplaatsen, passagiersaantal, vliegnummers, boekingsdatum, vertrekkur, Het zijn net deze overstapplaatsen die bij het meten van hubs belangrijk zijn. Door gebruik te maken van de MIDT-databank worden verschillende problemen uitgesloten die in andere luchtvaartdatabanken (vb. IATA (International Air Transport Association), AEA (Association of European Airlines), ICAO (International Civil Aviation Organisation), Boeing/Airbus, OAG (Official Airline Guide), GMID (Global Market Information Database), Ministries and/or Departments of Transportation, Departments of Civil Aviation, International Air Travel Statistics, ...) wel voorkomen. Het is namelijk de eerste keer binnen dit

onderzoeksdomein dat gebruik wordt gemaakt van een luchtvaartdatabank die wereldwijde informatie bevat. De gegevens van de MIDT-databank (periode januari - augustus 2001) hebben betrekking op mondiale vliegtuigboekingen en –verbindingen gerelateerd aan meer dan een half miljard passagiers. Een tweede voordeel zit in de manier waarop de vliegroute wordt opgeslaan. Daar de vliegtuigtrip als een geheel wordt geselecteerd, ontstaat geen verwarring omtrent een tussenlanding of een eindbestemming. Het voordeel is dat zo hub-passagiers kunnen worden onderscheiden van passagiers die de stopplaats als vertrekpunt of bestemming hebben. Op een dergelijke manier kan de graad van hubness van een luchthaven veel preciezer worden ingeschat dan dit mogelijk is met een databank waar de connecties tussen de luchthavens in zelfstandige eenheden worden opgesplitst. Ook de diverse soorten gegevens in de databank bieden een aantal voordelen ten aanzien van andere databanken. Zo laat de informatie van de soort luchtvaartmaatschappij toe om selectief te werk te gaan en transportstromen te onderscheiden naargelang het type passagier. Een ander pluspunt zit in de nauwkeurigheid van de verwerkte gegevens. Er dient immers niet gewerkt te worden met afgeleide schema's of dienstregelingen om een inschatting te maken van de passagiersstroom. Tevens kan hierdoor een realistisch beeld worden gemaakt van de 'dikte' van passagiersstromen. Een nadeel verbonden aan de MIDT-databank is het niet in rekening brengen van 'low cost carrier (LCC)'-gegevens (vb. EasyJet, Ryanair, Debonair, Virgin Express, Go, etc.). Daar deze maatschappijen werken via 'direct booking', is deze informatie niet opgenomen in de MIDT-databank (verzamelt informatie via GDS). Er moet echter wel worden ingezien dat voor het meten van de hubnessgraad van luchthavens deze informatie weinig relevant is daar het bij LCC's draait om (regionale) 'point-to-point' vluchten. De eerder korte tijdsperiode (januari-augustus 2001) waarover informatie werd verkregen, kan aanzien worden als een nadeel (voor meer details, zie Witlox en Derudder (2005a); Derudder en Witlox (2005b)).

4. Het meten van de graad van hubness

Een initieel probleem bij het meten van de graad van hubness van steden is te weten wat juist onder een hub wordt verstaan. Er bestaan immers zeer diverse definities van een hub-luchthaven (Button et al., 2004). In dit artikel zullen we ons beperken tot twee omschrijvingen die elk een eigen methode bevatten voor het meten van de graad van hubness. Ofwel wordt uitgegaan van passagiersaantallen in de verschillende hub-luchthavens (vb. Federal Aviation Administration (FAA); US General Accounting Office), ofwel wordt het 'netwerk'-gehalte van de hub-luchthaven beschouwd (vb. O'Kelly (1998); Button et al. (1999)).

4.1. Hubness als het percentage hub-passagiers t.o.v. het totaal aantal passagiers

De Federal Aviation Administration (FAA) maakte in 1990 een hubnessclassificatie naar het percentage hub-passagiers ten opzichte van het totaal aantal passagiers aankomend, vertrekkend of doorstromend in een luchthaven. Er werd een onderscheid gemaakt tussen grote, middelgrote en kleine hubs. Luchthavens waar de hubnessgraad minder dan 2.5% bedraagt, kan volgens deze classificatie niet als hub worden omschreven. Via de MIDT-databank zijn we in staat om op een gelijklopende manier de hubnessgraad van een stad te meten. Hiervoor werden alle passagiersstromen uit de MIDT-databank die een of twee stopplaatsen bevatten, geselecteerd. Er moet hierbij worden opgemerkt dat de passagiersgegevens van luchthavens rond eenzelfde stad werden samengenomen. Dit kan een punt van kritiek zijn daar diverse luchthavens rond eenzelfde stad veelal een 'eigen' functie hebben maar het cumuleren van de transportgegevens leidt er wel toe dat de hubnessgraad van de luchthaven kan worden gekoppeld aan die van de stad in kwestie. De volgende stap

bestond uit het samennemen van de passagiersaantallen van de verschillende hubs. Tenslotte deelden we het aantal hub-passagiers in de stad door het totaal aantal passagiers (aankomend, vertrekkend of doorstromend). Het resultaat ziet er als volgt uit:

Tabel 1: *hubclassificatie*

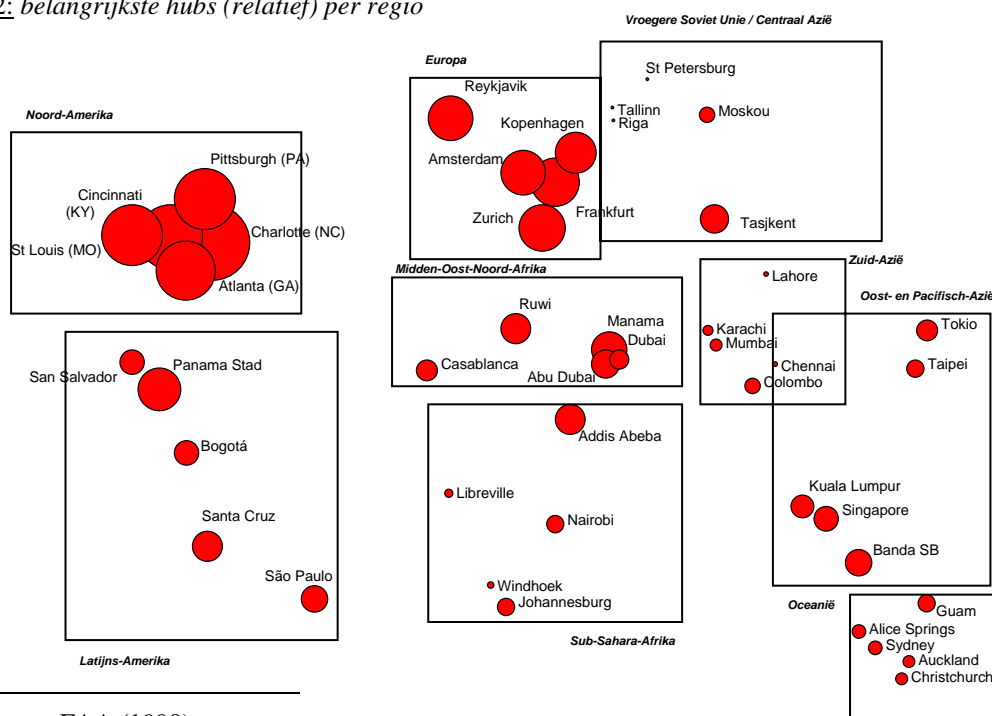
hubclassificatie	percentage van totaal aantal passagiers	aantal (niet-)hubs	passagiers (% van totaal)
groot	> 50 % (> 1) ¹	2	11,3% (0,113286)
middelgroot	> 12.5 % (0.25 – 0.9999)	30	63,6% (0,635706)
klein	> 2.5 % (0.05- 0.249)	87	23,1% (0,230774)
geen hub	< 2.5 % (< 0.05)	584	2% (0,020234)

Kenmerkend aan deze manier van meten is dat zo bepaalde steden als Charlotte, Cincinnati, St. Louis, Pittsburgh, ... (tabel 2) heel belangrijk worden in het hub-verkeer. Blijkbaar is voor deze steden/luchthavens het eigen passagiervervoer niet belangrijk en functioneren deze plaatsen vrijwel enkel als hub binnen een netwerk van luchthavens. Opmerkelijk is ook, zoals aangegeven in paragraaf 2, dat hoofdzakelijk Amerikaanse steden voorkomen in de tabel. De reden is dat het hub-and-spoke systeem in de Amerikaanse luchtvaart veel vroeger in voege is getreden dan in andere regio's. In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van de vijf belangrijkste hubs per regio naar het percentage hub-passagiers op het totaal aantal passagiers (wereld ingedeeld in negen regio's).² Door tevens te kijken naar de herkomst- en bestemmingssteden van deze hubs, komt het sterk regionaal gericht karakter tot uiting. Deze hub-luchthavens kunnen worden aanzien als tweederangsluchthavens die in het eigen regionale passagiersnetwerk functioneren als belangrijkste hubs.

Tabel 2: *de vijf hub- luchthavens met de grootste graad van hubness (relatief)*

hub-luchthaven	hub-land	# passagiers	# hub-passagiers	hubness (%)
Charlotte (NC)	Verenigde Staten van Amerika	5817093	3379261	58,1
Cincinnati (KY)	Verenigde Staten van Amerika	4612336	2309490	50,1
St Louis (MO)	Verenigde Staten van Amerika	8401883	3941304	46,9
Pittsburgh (PA)	Verenigde Staten van Amerika	4980350	2297025	46,1
Atlanta (GA)	Verenigde Staten van Amerika	21145389	9430693	44,6

Figuur 2: *belangrijkste hubs (relatief) per regio*



¹ Maatstaven FAA (1990).

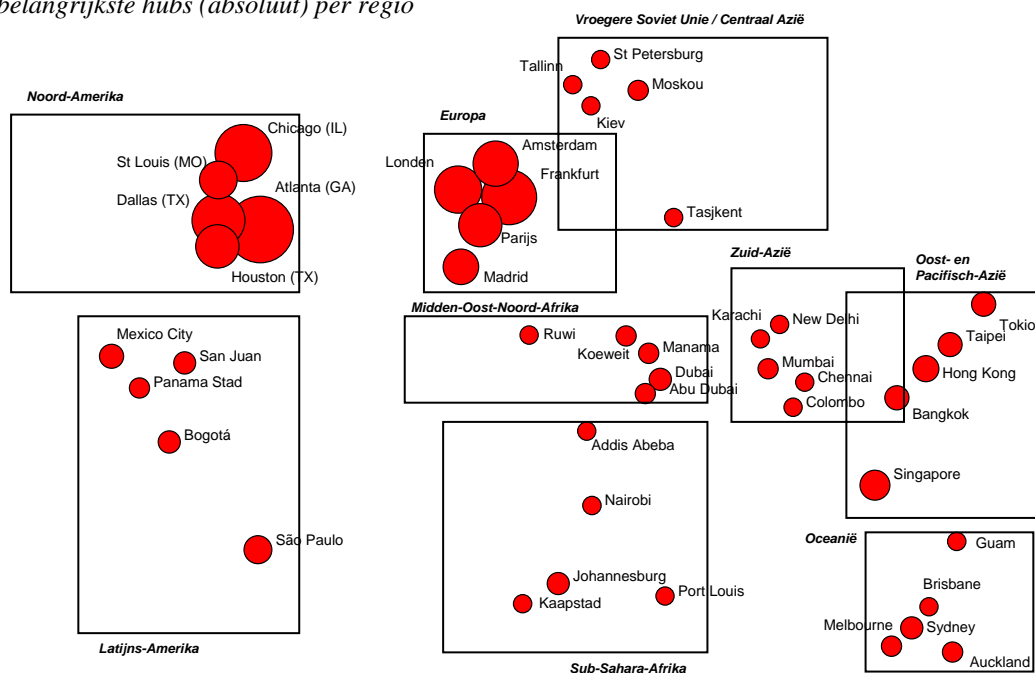
² Figuur 2, 3 en 4 zijn geconstrueerd met de Ucinet software (Borgatti et al., 2002).

Een nadeel van de relatieve benadering is dat er een onderschatting is van de grote hub-luchthavens door het feit dat deze plaatsen naast een groot aantal hub-passagiers tevens beschikken over een groot aantal eigen passagiers. Een alternatieve benadering is het gebruik van het aantal hub-passagiers als absoluut gegeven. Via deze absolute benadering komen de ‘normale’ verwachtingen tot uiting: steden als Chicago, Londen en Singapore nemen een vooraanstaande plaats in wat hubness betreft.

Tabel 3: de vijf hub- luchthavens met de grootste graad van hubness (absoluut)

hub-luchthaven	hub-land	totaal aantal hub-passagiers
Atlanta (GA)	Verenigde Staten van Amerika	9430693
Chicago (IL)	Verenigde Staten van Amerika	7684860
Frankfurt	Duitsland	7243505
Dallas (TX)	Verenigde Staten van Amerika	6634212
Londen	Verenigd Koninkrijk	5718183

Figuur 3: belangrijkste hubs (absoluut) per regio



4.2. Hubness als de mate van ‘genetwerkt-zijn’

Hubs worden in een netwerkcontext gedefinieerd als “special nodes that are part of a network, located in such a way as to facilitate connectivity between interacting places” (O’Kelly, 1998: 171) of “a type of facility located in a network in such a manner so as to provide a switching point for flows between other interacting nodes” (Fotheringham en O’Kelly, 1989: 171). In Taylor (2004: 91) vinden we een passende omschrijving voor deze tweede benadering van hubness: ‘gateways’. Gateways zijn volgens Taylor (2004) noodzakelijke regionale steden die door hun grote mate van verbondenheid met andere steden heel belangrijk worden in het mondiale stedennetwerk. Short et al. (2000) omschrijven dit als de plaats waar de overstap gebeurt tussen het fenomeen mondialisering en lokalisering. Het zijn met andere woorden de poorten tussen het regionale en het mondiale. Dit ‘gateway’-gehalte of de mate van ‘genetwerkt-zijn’ is zeer toepasselijk op hub-luchthavens en kan worden gemeten aan de hand van het aantal luchthavens waarmee de hub-luchthaven verbonden is (Shaw, 1993):

$$C_i = \sum_{j=1}^N C_{ij}$$

N = aantal steden verbonden met de hub, i en j zijn respectievelijk vertrek en bestemming waarbij C_{ij} hetzij 1 is, bij een doorstroom van het knooppunt, of 0, wanneer er geen gebruik wordt gemaakt van de hub.

Deze term wordt gestandaardiseerd door C_i te delen door N-1 (= het maximum aantal verbindingen van de hub):

$$H_i = \frac{C_i}{N-1}$$

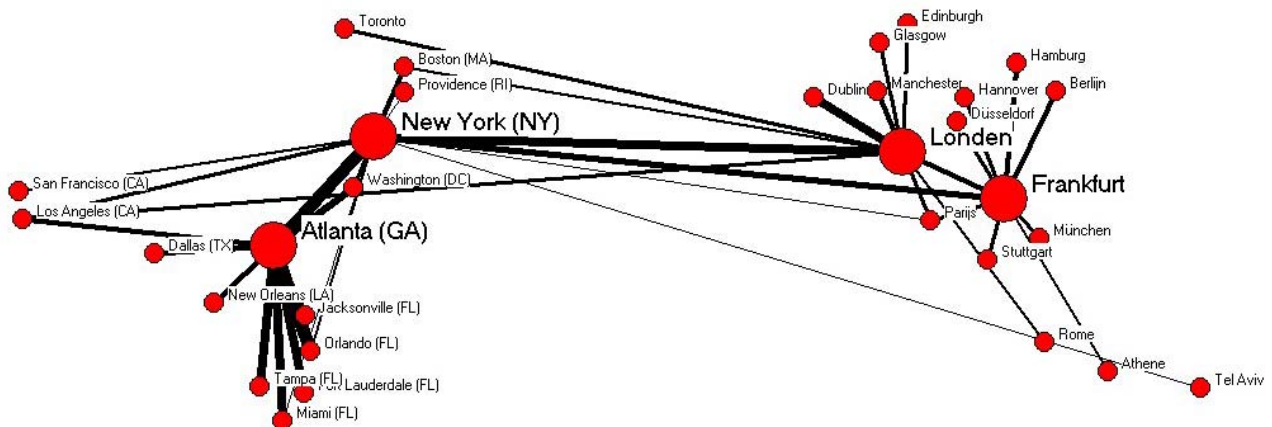
Een nadeel van deze methode is dat er geen rekening wordt gehouden met de aard van de verbindingen. Stedenparen die een grote passagiersstroom onderhouden zijn bij deze benadering gelijk aan stromen waar slechts vijf passagiers per week worden overgebracht. Om een dergelijk patroon te vermijden, werd de hubnessgraad (H'_i) opnieuw berekend maar dit keer enkel met stromen (C'_i) die meer dan 10 000 passagiers bevatten.³ Door voor deze hub-luchthavens tevens de bestemmingen en vertrekpunten in rekening te brengen, werd onderstaand overzicht verkregen.⁴

Tabel 4: de hub- luchthavens rekening houdend met de 'dikte' van de stroom (gerangschikt naar H'_i)

hub-luchthaven	hub-regio	# passagiers	C'_i	H'_i	% steden in eigen regio
Chicago (IL)	Noord-Amerika	12610503	168	0,239	72,6
Atlanta (GA)	Noord-Amerika	16025606	163	0,232	73,0
Londen	Europa	5416174	162	0,230	40,7
Frankfurt	Europa	7970596	161	0,229	41,6
Amsterdam	Europa	5212830	158	0,225	45,6
Parijs	Europa	4992422	132	0,188	49,2
Dallas (TX)	Noord-Amerika	11317496	127	0,181	76,4
New York (NY)	Noord-Amerika	4042131	123	0,175	48,8
Houston (TX)	Noord-Amerika	7146913	122	0,174	68,9
Zurich	Europa	3836090	111	0,158	55,0
Detroit (MI)	Noord-Amerika	5536023	107	0,152	82,2
Los Angeles (CA)	Noord-Amerika	4316813	100	0,142	58,0

Figuur 4 toont de tien belangrijkste herkomst en/of bestemmingssteden van de hubs New York, Londen, Frankfurt en Atlanta. De verbindingen tussen de steden en de hub geven een idee van het aantal passagiers die de steden Atlanta, New York, Londen of Frankfurt als hub gebruiken. Uit deze figuur (en tabel 4) blijkt duidelijk de regionale gerichtheid van Atlanta en het eerder mondiale patroon van New York, Londen en Frankfurt.

Figuur 4: de regionale/mondiale gerichtheid van Atlanta, New York, Frankfurt en Londen



³ Wat ruwweg betekent dat per week minstens een vol (transatlantisch) toestel tussen de desbetreffende steden vliegt.

⁴ Enkel de steden die meer dan 100 verbindingen hadden, werden in de bewerkingen opgenomen.

5. Besluit

Twee grote denkpijsten (meetmethoden) zijn van toepassing om de graad van hubness bij luchthavens te meten. Hubness kan worden gemeten aan de hand van het aantal hub-passagiers. Bij deze methode wordt een onderscheid gemaakt tussen de absolute en de relatieve methode. Relatief betekent het percentage hub-passagiers op het totaal aantal passagiers. Via deze methode bezitten volgens onze data steden als Charlotte, Cincinnati, St. Louis en Pittsburgh de grootste graad van hubness. Een kenmerk van deze werkwijze is dat belangrijke luchthavens worden onderschat: een hoge graad van hubness wordt verkregen wanneer voor de hub-luchthaven het eigen passagiervervoer niet echt van belang is. Hubness waarbij absolute passagiersaantallen in rekening worden gebracht, geven een heel ander beeld. Het is voornamelijk de omvang van de hub-luchthaven die tot uiting komt. Wordt het belang van de hubs daarentegen bepaald volgens het 'gateway'-principe dan verschijnen steden als Detroit, Chicago en Londen op de voorgrond. Bij deze tweede methode wordt rekening gehouden met de belangrijkheid van de connecties in het luchthavennetwerk. Aan de hand van beide benaderingen kan de graad van hubness van een luchthaven in detail worden onderzocht. Steden als Cincinnati, Charlotte, ... zijn eerder secundaire (regionale) hubs; luchthavens als Atlanta, Chicago, Londen eerder primaire (mondiale) hub-luchthavens.

6. Referenties

- Borgatti, S.P., Everett, M.G. en Freeman, L.C. (2002). "Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis." Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Bryan, D.L. en O'Kelly, M.E. (1998). "Hub location with flow economies of scale." *Transportation Research Part B: Methodological*. 32 (8): 605-616.
- Bryan, D.L. en O'Kelly, M.E. (1999). "Hub-and-spoke networks in air transportation: an analytical review." *Journal of Regional Science*. 39 (2): 275-295.
- Burghouwt, G. en Veldhuis, J. (2005). "De concurrentiepositie van hub-luchthavens op de transatlantische markt." *Tijdschrift Vervoerswetenschappen*. 41 (2): 2-10.
- Button, K., Lall, S., Stough, R. en Trice, M. (1999). "High-technology employment and hub airports." *Journal of Air Transport Management*. 5: 53-59.
- Button, K. (2002). "Debunking some common myths about airport hubs." *Journal of Air Transport Management*. 8: 177-188.
- Button, K.J., Hensher, D.A., Haynes, K.E. en Stopher, P.R. (2004). "Economic Development and Transport Hubs." *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems*. 5 (6): 77-95.
- Derudder, B. en Witlox, F. (2005). "An Appraisal of the Use of Airline Data in Assessments of the World City Network: a research note on data." *Urban Studies*, 42 (13): in druk.
- Fotheringham, A.S. en O'Kelly, M.E. (1989). *Spatial Interaction Models: Formulations and Application*. Kluwer, Dordrecht.
- Horner, M.W. en O'Kelly, M.E. (2001). "Embedding economies of scale concepts for hub network design." *Journal of Transport Geography*. 9 (4): 255-265.
- O'Kelly, M.E. (1998). "A geographer's analysis of hub-and-spoke networks." *Journal of Transport Geography*. 6 (3): 171-186.
- Shaw, S.L. (1993). "Hub structures of major US passenger airlines." *Journal of Transport Geography*. 1 (1): 47-58.
- Taylor, P.J. (2004). *World City Network: A Global Urban Analysis*. Londen en New York, Routledge.
- Short, J.R., Breitbach, C., Buckman, S. en Essex, J. (2000). "From World Cities to Gateway Cities". *City*. 4 (3): 317-340.
- Witlox, F. en Derudder, B. (2005). "Mapping the Global Network Economy on the Basis of Air Passenger Transport Flows." *GaWC Research Bulletin*, 157: 1-32 (<http://www.lboro.ac.uk/gawc/>).