Tijdschrift

vervoerswetenschap

Luchtvaart

4/96

Samsom H.D. Tjeenk Willink

verschijnt driemaandelijks

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96

Inhoud

Een woord vooraf
De redactie

Luchtvaart

295
DE HUB ALS EXPONENT VAN HET (LUCHT-)NETWERK
INVENTARISATIE VAN SCHAAL- EN SCOPE FENOMENEN
B. Grin

311
CYCLICAL PATTERNS IN THE AVIATION INDUSTRY
H.G. Smit

325
INNOVATIEVE VLIEGTUIGTECHNOLOGIE VANUIT ECONOMISCH PERSPECTIEF
P.J. Uittenbogaart

341
THE INTEGRATED AIRPORT COMPETITION MODEL
A MODEL SYSTEM FOR INTERNATIONAL LONG DISTANCE PASSENGER TRANSPORT
J. Veldhuis, M. Bradley, M. Brouwer en E. Kroes

355
DE KWETSBAARHEID VAN MEERVOUDIGE LUCHTHAVENSYSTEMEN
LESSEN VOOR NIEUWE LUCHTHAVENPLANNERS
J.G. de Wit

371
EUROPARUBRIEK
J.G.W. Simons

377
STATISTISCHE RUBRIEK
J.R. van der Vijgh

387
OVERZICHT THEMANUMMERS

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96

Een woord vooraf

Voor u ligt een 'luchtvaartnummer'. Een nummer van het Tijdschrift dat vrijwel geheel is gewijd aan de luchtvaart, met onder andere vijf artikelen die de luchtvaart als onderwerp hebben. De redactie heeft gemeend dat het weer tijd werd om aan de luchtvaart aandacht te besteden. Het is immers in 1997 tien jaar geleden dat een geheel aan de luchtvaart gewijd nummer van het Tijdschrift is uitgekomen (nr. 1987/4), hoewel aan enkele aspecten van de luchtvaart ook aandacht werd besteed in 1990 (nr. 1990/3).

Een periode van tien jaar in de luchtvaart is lang. Immers, de luchtvaart speelt nog maar ruim 75 jaar een rol in het vervoer (oprichting KLM, Schiphol en Fokker in 1919) en als we bedenken dat de luchtvaart in feite opnieuw moest beginnen na de Tweede Wereldoorlog is die periode nog korter. En: de ontwikkelingen in de luchtvaart gaan snel, zeer snel, zoals de vijf artikelen in dit nummer ook aantonen.

Die nieuwe ontwikkelingen blijven op de nietsvermoedende consument aanstormen en er zijn jaren die als een 'omkeerpunt' in de luchtvaart gekenschetst kunnen worden.

Zo waren dat de beginjaren zestig toen het straalvliegtuig zijn intrede deed (DC 8, Boeing 707), de jaren zeventig toen de 'Jumbo's' werden geïntroduceerd (Boeing 747, DC 10, Lockheed Tristar), het jaar 1978 met de Carter doctrine (deregulering Amerikaanse luchtvaart), en de jaren tachtig (liberalisering Europese luchtvaart).

Worden de jaren negentig later gekenschetst als zijnde beslissend op het gebied van samenwerking tussen luchtvaartmaatschappijen?

Is de opkomst van *no frills*-maatschappijen in Europa, zoals EasyJet, in navolging van hun Amerikaanse voorgangers als Southwest en ValuJet, beslissend voor een algehele verandering van de luchtvaartwereld? Boet daarmee de macht van de *flagcarrier* aan importantie in? De tijd zal het leren.

Het blijft niet bij veranderingen van luchtvaartmaatschappijen alleen. De discussie over Schiphol wordt bijna dagelijks in de krant gevoerd. Er wordt gesproken over Schiphol 2 in de Noordzee. Maastricht Aachen Airport ('Beek') eist een eigen plaats op. De discussies over de Rotterdamse luchthaven worden in meer of in minder hevige mate al tientallen jaren gevoerd.

Het milieu krijgt ook specifieke aandacht. In een vol land als het onze wordt de vraag gesteld wat wij over hebben voor het voorrecht op elk gewenst tijdstip naar vrijwel elke gewenste plek op de aardbol te kunnen vliegen. Dat kost ruimte, lawaai en uitstoot van stoffen. Hoelang kunnen wij zo nog doorgaan?

De luchtvaartindustrie blijft dus een boeiende industrie, een 'vechtindustrie' zoals KLM's president-directeur Bouw eens kenschetste, met veel veranderingen. Enkele veranderingen dienen wij de lezer in dit nummer op.

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 295

De hub als exponent van het (lucht-)netwerk

Inventarisatie van schaal- en scope fenomenen

B. Grin[1]

Abstract
There are airlines in many sizes and shapes. As the air transport industry consolidates, the size – or the span of the network – receives much attention. The hub operation is a crucial exponent of those networks. The hub introduces the network multiplier. At least, it does so if the airline concerned has the functionality of 'air network' in its operating, commercial and accounting models.

In this article it is surveyed what role the functionality of airlines plays with respect to the operating model of the network. This is done by analysing what a hub is, what effects it introduces into the network, and if the functionality of airlines isn't of much more consequence in striking alliances than is generally assumed.

The article concludes that the functionality of the network operator, as well as that of his alliance partner, is of particular importance in building and stabilising a large-scale network. It is suggested that alliances find room to differentiate the control function over the hub and sub-hub processes.

1. Netwerk samenwerkingen

Luchtvaartmaatschappijen zijn er vele, in alle soorten en maten. Er zijn maatschappijen met een wereldwijd netwerk. Er zijn er ook die voornamelijk continentaal of regionaal opereren. De maat, of de omvang van het netwerk, staat nu volop in de belangstelling.

In 1995 zijn er ruim 700 orderposities geboekt bij de fabrikanten van vliegtuigen, tegen 361 in 1994. Niet alleen door zware investeringen in materieel breiden luchtvaartmaatschappijen hun netwerken uit. Ook diverse vormen van samenwerking worden getoetst om de marktaanwezigheid te verbeteren.

Een geïnstitutionaliseerde vorm van samenwerking is het interline-programma van de IATA (International Air Transport Association). Immers, toen het programma werd geïntroduceerd waren weinig luchtvaartmaatschappijen in staat een wereldwijd netwerk ten dienste te stellen van de passagiers en de vrachtverladers. Het interline-programma voorzag in die behoefte.

De IATA-maatschappijen hebben in Europa een groepsvrijstelling verkregen op het overleg over diensten en tarieven ten behoeve van het interline-verkeer. De stellingname van IATA is, dat zonder het overleg over diensten en tarieven, de voortzetting van het interline programma niet mogelijk is. De groepsvrijstelling is in principe tot 1998 verleend. De Europese Commissie heeft echter onlangs de vrijstelling tussentijds ingetrokken, althans voor vrachttarieven.

De Commissie is van mening dat de samenstelling en de werking van de vrachtmarkt inmiddels dusdanig zijn veranderd, dat het interline programma

[1] De auteur is directeur Cargo Development KLM Cargo. Het artikel is op persoonlijke titel geschreven.

belangenbundelingen te noteren. Federal Express die de luchtvaartmaatschappij Flying Tigers kocht. Lufthansa en Japan Airlines die een aandeel nemen in DHL. KPN die een bod uitbrengt op TNT. Er zijn vele voorbeelden die duiden op verbreding van de scope van de dienstverlening.

3. Samenwerkingen in de praktijk

In figuur 2 is indicatief geschetst welke invloed netwerkbundelingen kunnen hebben op de samenstelling van het aanbod aan de wereldwijde luchtvrachtmarkt.

Marktaandelen Jan-Dec. 1995 (1994)*

1.	Lufthansa	8.30% (8.27%)
(2).	KLM + NWA	7.94% (8.07%)
2.	Air France	6.20% (6.44%)
3.	Korean Airlines	5.85% (5.79%)
4.	KLM Cargo	5.22% (4.99%)
5.	Japan Airlines	5.05% (5.25%)
6.	Singapore Airlines	5.02% (5.07%)
10.	NWA	2.72% (3.08%)

* Tkm international vervoer

Figuur 2: Marktaandelen van enkele luchtvaartmaatschappijen.

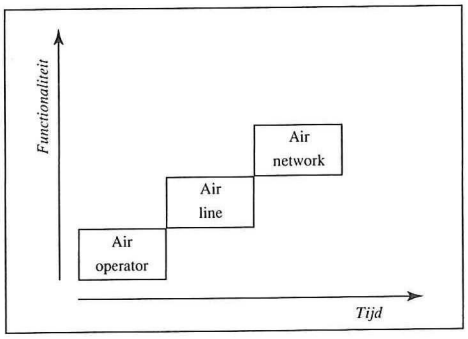
Indien bijvoorbeeld de samenwerking tussen KLM en Northwest op vrachtgebied zo zou worden ingericht dat de twee maatschappijen meer geïntegreerd optreden in de markt, dan mag worden verwacht dat het gezamenlijke marktaandeel aanmerkelijk stijgt.

Uiteraard zullen ook andere netwerkbundelingen plaatsvinden. Insiders in de luchtvrachtindustrie houden er rekening mee dat na de eeuwwisseling de concentratie, die op dit moment gaande is, zal hebben geleid tot het ontstaan van zo'n 5 tot 10 wereldwijde vrachtsystemen.

Echter, het is een aanzienlijke opgave om tot wereldomspannende netwerken te komen tussen een aantal samenwerkende maatschappijen. De opgave zal met name gelegen zijn in het oplijnen van het 'operationele model'. In tweede instantie zal dan de ineenvlechting van meerdere netwerken moeten resulteren in veranderingen in het 'commerciële model'. Indien de samenwerking dan stabieler wordt, zal uiteindelijk moeten worden bezien of het 'organisatorisch model' aanleiding geeft tot het ineen schuiven van (delen van) de bedrijven.

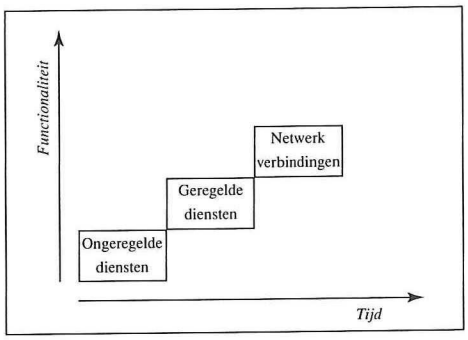
In de traditionele visie kon dit slechts plaatsvinden door een fusie. Nieuwe inzichten ten aanzien van samenwerkingen hebben echter bijgedragen tot het besef dat fusies niet direkt noodzakelijk zijn, en soms zelfs contraproductief zijn, om tot een integer operationeel en commercieel model te komen.

Overigens, ook als de samenwerking niet wordt ingezet op het niveau van



Figuur 3: Ontwikkeling van functionaliteiten naar operationeel model.

figuur 3, weergegeven welke veranderingen het karakter van de dienstverlening ondergaat.



Figuur 4: Ontwikkeling van functionaliteiten naar commerciële karakteristiek.

Het migreren kost tijd. De organisatie zal zich opnieuw moeten oriënteren op de marktsegmenten, en op het veranderde concurrentiebeeld. De organisatie zal ook de kennis en kunde moeten hergroeperen, en zonodig aanvullen. Ook de organisatorische vorm zal dikwijls moeten worden bijgesteld. De migratie van *air line* naar *air network* is uitdagender door de toevoeging van de hub als centrale (lucht-)netwerkexponent.

5. Diversiteit van de hub

Luchtvaartmaatschappijen in de functionaliteit *air line* leveren geregelde diensten tussen luchthavens. Veelal doen maatschappijen dat vanuit een centraal punt, doorgaans de plaats waar de vloot is gestationeerd en waar het onderhoud zal zijn geconcentreerd. Het zal tevens overwegend de vestigingsplaats zijn van het hoofdkantoor. In algemene zin is het het centrum van waaruit de regie wordt gevoerd.

Vanuit dit centrale punt ontstaat een bundel van luchtverbindingen naar andere luchthavens. Het punt wordt doorgaans *hub* genoemd vanwege de centrale ligging ten opzichte van het netwerk. Echter, het wordt niet of nauwelijks gebruikt als transferpunt, waar vervoer dat vanuit een luchthaven is binnen gekomen aansluiting vindt op een uitgaande vlucht naar een andere luchthaven.

Ook uit andere overwegingen zullen een aanzienlijk aantal onwaarschijnlijke verbindingen ontstaan. Te denken valt bijvoorbeeld aan de verbinding van Tokio via een Europese hub naar de westkust van Amerika.

Het probleem van de uitvoerbare, maar commercieel onwaarschijnlijke, verbindingen is een aanzienlijke belemmering op de network multiplier. Het betreft hier weer de vertaling vanuit het operationele model naar het commerciële model: wat uitvoerbaar is, is niet altijd verkoopbaar.

7. Multiplier en marktpenetratie

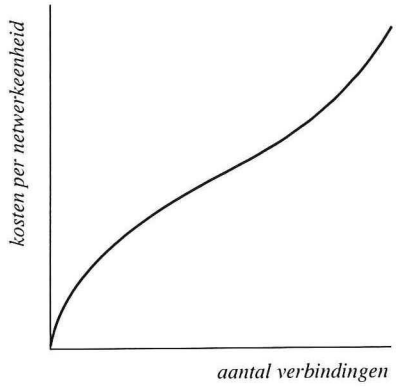
De penetratie in het gebied dat verzorgd wordt vanuit de hub, wordt doorgaans gecategoriseerd in termen van het onderhouden van luchtverbindingen naar *mainports* (intercontinentale hubs), primaire, secundaire en tertiaire *gateways* (luchthavens met intercontinentale verbindingen, maar met beperkte hub-functie). Luchthavens kleiner dan *gateways* krijgen het predikaat regionaal.

De mate waarin *hub-and-spoke* netwerkmaatschappijen zullen ervaren dat bepaalde verbindingen commerciële mogelijkheden hebben, zal afnemen met een diepere penetratie. Mainports hebben een sterke en veelzijdige netwerk multiplier ontwikkeld. Primaire *gateways* hebben zich niet zo veelzijdig kunnen ontwikkelen. Indien naar, of vanuit, een primaire *gateway* een bepaalde verbinding niet geboden wordt, dan is de kans dat de verbinding via een hub elders op het betreffende continent commercieel kan worden uitgebaat zeer groot.

Met het openstellen van de verbinding via die hub zal echter de betreffende *gateway* de kans krijgen het vervoer zodanig op te bouwen, dat langzamerhand een direkte verbinding met de gezochte bestemming verantwoord wordt. De toegevoegde waarde die een hub dus in eerste instantie biedt aan de *gateway*, inviteert zo ook de erosie van de zelf-opgeroepen concurrentie. De erosie zal toenemen naarmate meer primaire *gateways* op deze wijze via een hub worden bediend.

In het geval van secundaire, en zeker van tertiaire *gateways*, is de kans dat verbindingen via een hub aan commerciele erosie onderhevig zullen zijn, steeds wat minder groot. Secundaire en tertiaire *gateways* hebben, anders dan primaire *gateways*, veel minder het vermogen om voldoende vervoer voor direkte diensten te genereren.

De marktperceptie van de door de hub-luchthaven en -operator aan de secundaire en tertiaire *gateways* geboden mogelijkheden, is gunstiger dan in het geval van primaire *gateways*. Dit neemt niet weg dat de kans op erosie toch uiteindelijk weer optreedt, maar dan via primaire *gateways* die een kleinschaliger hub funktie gaan uitvoeren.



Figuur 7: Hubs en kosten.

van multiplier progressiever zal worden bij grotere aantallen verbonden luchthavens.

10. Schaalaspecten

De hub operatie is, als exponent van de functionaliteit *air network*, een gevoelig proces van afwegingen. Alhoewel hier niet verder kan worden ingegaan op de vraag of er 'natuurlijke' operationele en economische begrenzingen zijn te ontdekken aan zo'n hub operatie, hebben de ontwikkelingen in de Verenigde Staten laten zien dat het steeds verder vergroten van de hub operatie niet tot steeds meer schaalvoordelen leidt.

De verwachte sprong naar de Mega Hubs, en zelfs wel naar de *Wayports*, immense hubs in nauwelijks bevolkte gebieden, is uitgebleven. In plaats ervan is juist een tegengestelde beweging op gang gekomen naar een combinatie van intercontinentale en regionale hubs. Deze beweging is gepaard gegaan met het reconstrueren van de aan- en afvoerpatronen. Gespecialiseerde maatschappijen, met een lagere kostenstructuur en grotere flexibiliteit, spelen hierin een belangrijke rol.

In Europa is een vergelijkbare opbouw van de luchtvervoerstromen te zien. Gezien de infrastructurele beperkingen die in Europa aan de orde zijn, en zeker ook gezien het hogere kosten niveau, zijn de *hub-and-spoke* netwerken met een Europese basis nadrukkelijk ontworpen voor een optimale kosten/baten verhouding.

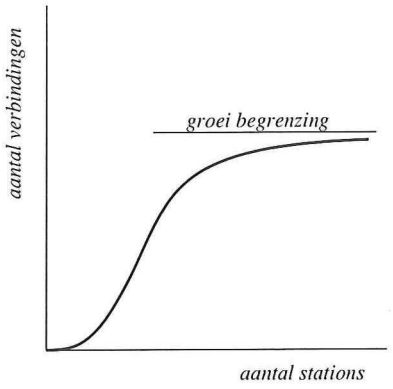
In figuur 8 is aangegeven dat de hub-and-spoke netwerken voor de opgave staan om zoveel mogelijk voordelen te halen uit de hub operatie en de netwerk faciliteiten, en tegelijkertijd alles in het werk moeten stellen om de kosteneffecten te beheersen.

11. Diverse scenario's

In hoeverre scenario A, B of C in figuur 8 bereikt kan worden, hangt af van diverse situaties, waarvan er nog enkele ter sprake zullen komen. Het zal echter duidelijk zijn dat de introductie van een hub exploitatie aanvankelijk

Deze begrenzingen kunnen overigens ook op andere manieren ontstaan, zoals door wet- en regelgeving. Het niveau van de begrenzing is in kwantitatieve zin vooral belangrijk voor de inrichting van de infrastructuur, de operationele activiteitenplanning en de economische investeringsplanning.

Als kwalitatief aspect heeft de begrenzing een sterke relevatie voor de hub operatie als belangrijkste parameter voor een wereldwijde netwerk luchtvaartmaatschappij. In figuur 9 is opgenomen hoe begrenzingen een asymptotische werking zullen hebben op het verloop van figuur 7.



Figuur 9: Hubs en kosten met groeibegrenzing.

Met name op mainports, waar meer dan een hub operator actief is, veroorzaakt de asymptotische werking dat de exploitanten na zullen gaan wanneer, en met welke consequenties, zich 'economische schaarste' gaat aandienen, voordat het punt van de begrenzing als actuele schaarste is bereikt.

13. Economische schaarste

Als gevolg van een en ander is te verwachten dat de groeibegrenzing teweeg zal brengen dat beide delen van de vergelijking asymptotisch verlopen. In figuur 10 is weergegeven, dat de groeibegrenzing en de economische schaarste zelfs de meest optimale kosten/baten verhouding van de hub exploitatie (scenario C) negatief beïnvloedt. De 'terugverdien fase' zal zo aanmerkelijk worden gereduceerd.

Waar de aanvangsfase van het gehele verloop negatief is, als een investering voor de tussenfase, zo staat de derde fase meer in het licht van aflopend voordeel. Dit geldt in ieder geval indien op de desbetreffende hub groeibeperkingen gelden, of indien weinig invloed kan worden uitgeoefend door de netwerk maatschappij op het gebruik van de faciliteiten en het veiligstellen van 'strategische ruimte'.

Met de fysieke onvervormbaarheid van de faciliteiten als gegeven, ligt een oplossing voor deze vraag vaak ook voornamelijk in meer spreiding in de tijd. De netwerk multiplier vergroot het aantal verbindingen via de hub. Hieraan kan de dimensie van het aantal frequenties per tijdeenheid worden toegevoegd.

capaciteiten is de hulp faciliteit vrij spoedig verzadigd. En omgekeerd levert de hulp faciliteit geconcentreerd toe aan de hub, die juist moet ontbundelen om nog de laatste reserves aan capaciteiten te kunnen aanspreken.

Een andere bevinding uit de wereld van de telefonie is het 'effect van Hwang en Ding Zu Dhu'. Deze onderzoekers van het Bell Labs. in Amerika vonden uit dat de toevoeging van een extra *node* (knooppunt, of hub) de werking van het netwerk doet verbeteren met een typische waarde van 13%. Met name deze vaststelling is van groot belang voor netwerk maatschappijen.

15. Allianties rond functionaliteit

Het inzetten van allianties met gespecialiseerde aan- en afvoer maatschappijen in de operatie van de netwerk maatschappij, is een praktijk die ook reeds lang wordt toegepast. Hierbinnen is echter nog weinig aandacht geschonken aan de rol die de functionaliteit van de alliantie-partner speelt.

Vanuit de netwerk maatschappij zal de positie van de aan- en afvoer maatschappij (*feeder carrier*) logischerwijs geplaatst worden op het niveau van de *air operator*. De *feeder* maatschappij voert immers vluchtdiensten uit ten behoeve van de opdrachtgever. Dit geeft de opdrachtgever de beschikking over gespecialiseerde vlooteenheden tegen gevariabiliseerde kosten.

Veel complexer is de relatie indien de *feeder* maatschappij de functionaliteit *air line* heeft. De maatschappij voert dan vluchtdiensten uit ten behoeve van de opdrachtgever, maar is daarnaast onder eigen naam, en voor eigen rekening en risico, ook zelf actief in de markt van luchttransport. Nog complexer is de relatie indien de feeder maatschappij de functionaliteit *air network* heeft, dat wil zeggen zelf ook een *hub-and-spoke* netwerk opereert.

De complexiteiten ten spijt, het feit dat de *feeder* maatschappij in die functionaliteit is voorzien van meer dan alleen een basale operationele infrastructuur, kan ook de netwerk maatschappij ten dienste staan. *Feeder* maatschappijen weten doorgaans een sterke positie op te bouwen in deelmarkten, die door de grootschaliger netwerk maatschappijen nauwelijks rendabel te bedienen zijn.

Getuige het aantal gevallen waarin regionaal bedrijfsleven, de gemeenschap en de lokale autoriteiten aandringen op het in stand houden van *feeder* exploitatie zou zelfs gesteld kunnen worden dat *feeder* maatschappijen hun oorsprong eerder vinden 'in de markt', dan 'in de hub'.

Anderzijds, daar waar *feeder* maatschappijen volstrekt worden beschouwd als een verlengstuk (*Air Operator*) van de exploitatie van de netwerk exploitant 'vanuit de hub', boet de *feeder* maatschappij uiteindelijk aan mogelijke toegevoegde waarde voor de netwerk maatschappij in. De alliantie zal dan erg sterk bepaald gaan worden door kosten verhoudingen.

afwikkeling van goederenstromen. Ook commercieel werkt het concept bevorderlijk. De perceptie van de diverse deelmarkten op het Europese continent is, dat op deze wijze het netwerk van de desbetreffende netwerk operator zich zichtbaarder uitstrekt over Europa.

In de intercontinentale goederenlogistiek is het gebruikelijk per continent een *hub-and-spoke* netwerk op te bouwen, gebruikmakend van de functie van sub-hubs. De hubs zijn onderling verbonden met zogenaamde *trunks*, regelmatige verbindingen waarmee grote volumina worden verplaatst van continent naar continent. Vanaf de respectievelijke hubs en sub-hubs vindt de fijn-verdeling plaats. Indien de sub-hubs voldoende omvang hebben kunnen ook direkte verbindingen worden gekozen, ook weer om de druk op de hub(s) te reguleren.

In dergelijke *pipelining* netwerken gaat het voornamelijk om de symmetrie. Het netwerk dient symmetrisch te zijn opgebouwd, omdat anders de werking van de regelkringen steeds moet worden aangepast aan de richting van de doorstroming. Het grootste, en meest voorspelbare volume zal in het hart van het netwerk zitten. Naar de randen van het netwerk toe neemt het volume en de voorspelbaarheid af. Daar is dus ook de flexibiliteit en 'mobiliteit' – de verplaatsbaarheid van de voorzieningen – het grootst. Die factoren spelen juist weer een kleinere rol in het hart van het netwerk.

Voorbeelden van *pipelining* logistiek zijn de netwerken van de *integrators* en de 'systeem truckers' (LTL). De voordelen van de symmetrie, en van de ondersteuning die de sub-hubs geven, wegen duidelijk zwaarder dan de kosten van de afwijkingen van de meest direkte verbinding. Tevens zijn de hub en sub-hub processen sterk gestandaardiseerd voor de efficiënte verwerking van grote hoeveelheden.

17. Conclusie

Luchtvaartmaatschappijen evolueren in functionaliteit. In de luchtvaartindustrie zijn drie basis-functionaliteiten te onderkennen: *air operator, air line, air network*. Deze functionaliteiten onderscheiden zich door een steeds hogere toevoegende waarde van hun dienstverlening aan de diverse marktsegmenten.

In zijn meest ontwikkelde functionaliteit is de luchtvaartmaatschappij sterk afhankelijk van de effectiviteit van zijn hub-and-spoke netwerk. Echter, de hub exploitatie introduceert, naast de voordelen van de doorverbindingen, ook het nadeel van de belasting van de infrastructuur, de kosten van de (relatieve) economische schaarste en de kosten van de complexiteit in de aansturing van de faciliteiten.

Vanuit de vorige functionaliteit als *air line*, zal de luchtvaartmaatschappij in zijn operatie en in zijn lijndienst-exploitatie methodologie, aanvankelijk

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 311

Cyclical Patterns in the Aviation Industry

Dr.ir. Hans G. Smit[1]

Samenvatting
In 1992 bevond de luchtvaartindustrie zich in een recessie en behaalde in totaal een verlies van bijna US$ 8 mrd. Rond diezelfde tijd leverden de vliegtuigbouwers een record aantal vliegtuigen af. Nu, in september 1996, is de situatie totaal anders. Terwijl de luchtvaartindustrie weer winstgevend is, is het aantal vliegtuigafleveringen al een aantal jaren aan het dalen en beleven de vliegtuigbouwers moeilijke tijden. De cycli van de luchtvaartondernemingen en van de vliegtuigbouwers vallen kennelijk niet samen. Toch zijn deze cycli niet onafhankelijk van elkaar. De fase waarin ze zich bevinden verschilt echter.
De cycli hebben een groeifase die ongeveer zeven jaar duurt, waarna een neergaande fase volgt van ongeveer vier jaar. Gedurende de groeifase versnelt de toename van het luchtverkeer wat zich vertaalt in stijgende winsten van de luchtvaartmaatschappijen. Deze plaatsen dan na een jaar meer orders waardoor het aantal af te leveren vliegtuigen stijgt.
Gegeven deze ontwikkelingen verwachten we dat de vliegtuigbouwers nu de moeilijkste periode achter zich hebben en het aantal afleveringen de komende jaren gestaag zal toenemen.

1. Introduction

1.1 Intro

Four years ago, the airline industry was in a deep recession and reported an all-time low, with a combined net loss of US$ 7.9 bn in 1992[2]. This low in airline profits and cash flows coincided with a peak in aircraft deliveries. As a result, airlines had difficulties raising external capital to finance these aircraft. With no signs yet of the cycle bottoming out, the prospects in the short and medium term looked gloomy and bankers were reluctant to incur new exposure to the industry. Some banks consolidated their activities, others even completely withdrew from the market.

Now, in September 1996, the picture looks completely different. On the one hand, the airline industry has recovered from its recession. Many major US and European airlines are writing black ink again, showing remarkable resilience in adapting to the lower costs and higher productivity required by the market. On the other hand, aircraft deliveries have been falling for some time and the manufacturers experience hard times. This means there are two cycles which do not coincide: the one of of the airline industry and the one of the aircraft manufacturers.

Nucleus

In this contribution the cyclical patterns in the airline and manufacturing industries are analyzed to try to find out which forces are responsible for those cycles, what the correlation is between those forces and how they influence the course of each cycle. The findings of this analysis will then be used to predict when the airline and aircraft recessions are likely to end and its relevance for the aircraft finance market.

Design

The following chapters look successively at air traffic, airlines and aircraft manufacturers. Each chapter starts with an introduction outlining the relationships between the key variables and then goes on to describe the recent

[1] The author is Senior Advisor at the Economics Department/Industrial Sector Research, ABN AMRO Bank, Amsterdam. This presentation is a revised version of a contribution in 'Aircraft Finance, Recent Developments and Prospects', 1995, Kluwer Law International, The Hague, The Netherlands.

[2] ICAO, 1995.

increases further, markets become mature and traffic rises by about the same rate as GDP. This figure makes it clear that emerging countries have the highest air traffic growth potential, whereas North American and European markets are approaching maturity.

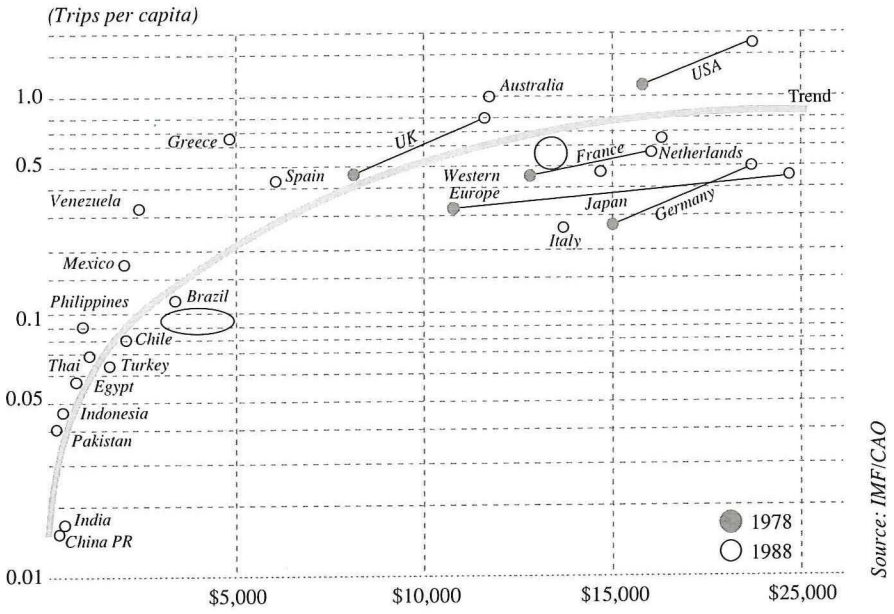


Figure 2: Trips per capita versus GPN per capita[4].

2.2 Recent developments

The two factors mentioned above, i.e. economic growth and a worldwide increase in per capita GDP, have combined to ensure continuous growth in air traffic during the past decades. In 1945, 9 million passengers travelled by air, corresponding with 0.5% of the world population. In 1993, 1.2 billion passengers booked flights, representing 25% of the population. Overall, the Americas are the dominating region with a market share of 45% in 1995. Europe accounts for 25% and Asia for 24%.

2.3 Outlook

The forecast for this century is that the Americas will continue to dominate.

Between 1995 and 1998, ICAO expects air traffic to increase by more than 6% annually worldwide, with the Far East showing the strongest growth rate of about 10% per year. Although America and Europe both have rather mature markets, traffic within those continents is still expected to increase markedly.

Table 1: Annual passenger traffic growth (%RPM) forecast[5]

Years	Europe	N. America	Asia-Pacific	World
1995-1998	6.2	4.0	10.3	6.5

[4] Source: Airbus.

[5] Source: ICAO.

accelerated again. However, overcapacity in the airline industry - which leads to intense competition - has caused yields to decline during the past years as can be seen from this figure.

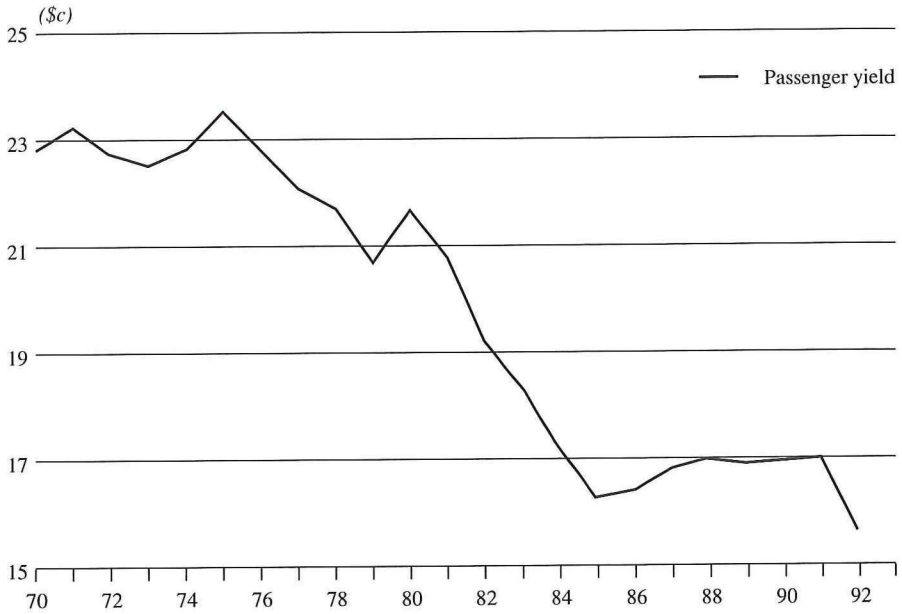


Figure 4: Declining passenger yields (1994US$c) per RPM[7].

Costs

It is becoming increasingly difficult for an airline to determine its own yields. Consequently, costs have become the battleground of the airline industry. As is displayed in figure 5, cost levels vary widely between the different airlines. The general rule is: the larger the distance, the lower the costs. Long-distance carriers like Cathay and Singapore Airlines enjoy low costs, the costs of Swissair and Sabena are more than twice as high as those of the long-distance carriers. Another phenomenon which can be seen from this figure is that American carriers have lower costs than their European counterparts. A deregulated industry (such as in the US) leads to a small spread in costs due to strong competition. In a protected regulated industry - as in Europe and Asia - wide variations exist in costs (and yields) between the different airlines.

3.2 Recent developments

Global developments

What has been the impact of yield and cost developments on the airline industry?

Worldwide, three boom periods - 1960-1973, 1976-1979, 1983-1989 - have occurred in the airline industry since 1958. However, after the outbreak of the Gulf war in 1991, revenues came under pressure and airline companies went into the red. Negative factors, besides the Gulf war, were the lower economic growth worldwide, increased financing costs and much fiercer competition.

[7] Source: Boeing.

by a wave of national subsidies for state-owned carriers like Air France, Iberia and TAP. Other (partly) private carriers like Lufthansa and KLM developed favourably, attracted new equity and initiated partnerships with the US carriers UAL and NWA, respectively.

United States

In 1978 the airline industry in the U.S. was deregulated. This sparked fierce price competition between the various companies in the struggle for market share. As a result, most airlines recorded severe losses over extended periods. Some companies went under while others were taken over. This process of concentration eventually resulted in a small number of very large companies known as mega carriers. Of the 21 airlines in 1978, only eight large carriers remained in 1990. Eastern and PanAm discontinued their flights, and a number of carriers like TWA and Continental received chapter 11 (bankruptcy) protection. The consequences of chapter 11 carriers and low cost carriers like Southwest put companies under pressure to improve productivity and reduce labour costs. As a result most US airlines are profitable now.

Asia-Pacific

Asia-Pacific is the region with the highest growth in traffic worldwide. Consequently the major airlines in this region are among the world's fastest growing carriers. Most of the airlines in this part of the world are operating in the top part of the market and are therefore less vulnerable to the severe price competition that characterized the American industry during the past years.

Airlines in this region have withstood the recent recession rather well. Boosted by 11% increase in traffic, most carriers achieved nice profits in 1995.

3.3 Outlook

Global outlook

What developments are foreseen in the airline industry?
Worldwide, yields are expected to remain under pressure, implying that (labour) costs must be lowered to enhance profits. Global partnerships like BA/USAir/Qantas, NWA/KLM and Lufthansa/SAS/United will be able to offer a wide range of routes at competing prices. This global trend towards cooperation is probably set to continue. Critical success factors to survive as a global player are:

- global network, including hub(s) with expansion possibilities
- favourable geographical location, access to areas with a large population
- ability to attract capital
- sufficient political clout

Europe

In Europe, the liberalization process is not developing as fast as was expected some time ago. As European airlines are well protected by their governments, it will still take many years before the restructuring process is finalized. In the short term, the European flagship airlines are likely to develop

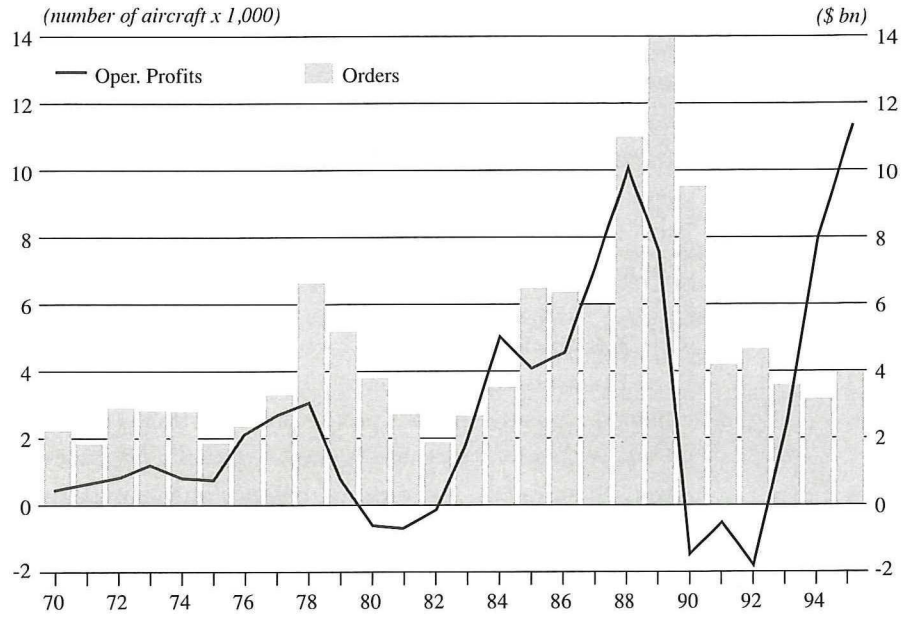


Figure 6: Airline profits and aircraft orders[12].

that the delivery cycle follows the order cycle with a delay of two years[13]. Since 1965 there have been three peaks in deliveries: in 1968, 1980 and 1991. Deliveries - which achieved an all-time high of 829 aircraft in 1991 - reached a trough of 480 aircraft in 1995 (see the figure below).

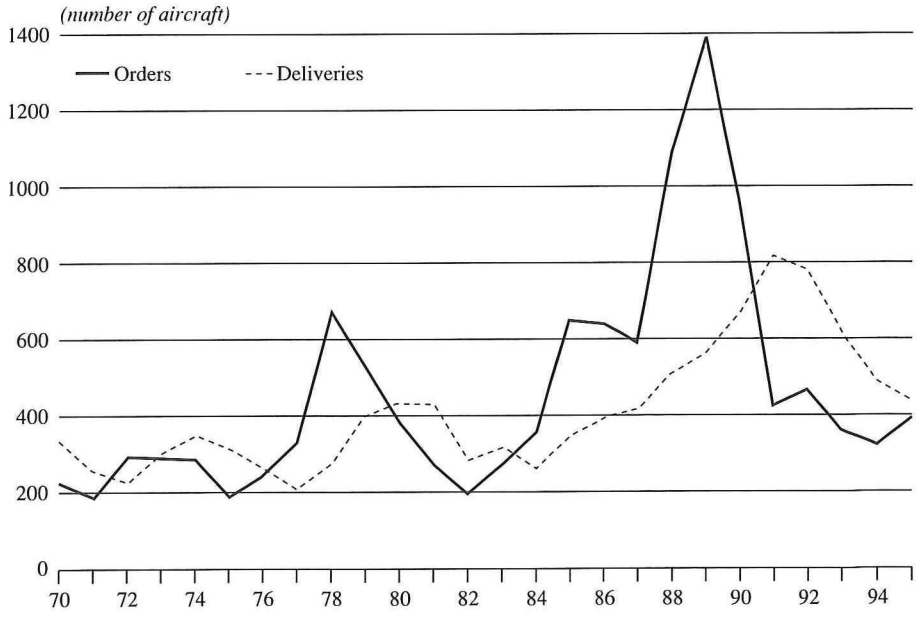


Figure 7: Aircraft orders and deliveries[14].

[12] Source: The Airline Monitor.

[13] The Airline Monitor, 1996.

[14] Source: The AirlineMonitor.

4.2 Recent developments

As a result of the recent recession in the airline and defence industries (where orders and revenues also dropped due to the end of the cold war), revenues and profits of aircraft manufacturers have decreased markedly during

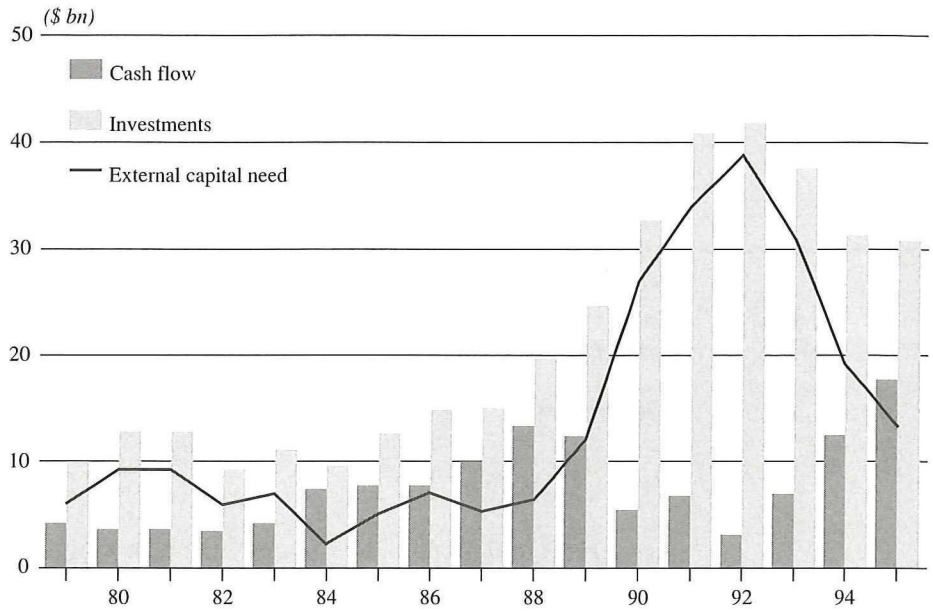


Figure 8: Cashflows and capital spending of ICAO airlines[17].

The correlation between air traffic and deliveries, however, is not direct. It transpires that the other variables like profitability and orders play a role in a domino-type process, with air traffic acting as the trigger. In addition, changes do not always occur synchronously but with a certain time delay[18].

Diagram

To clarify the correlations between these variables, figure 9 displays the development of each variable over time. With this presentation, the rises and falls of a curve have been translated into plus and minus signs. In the case of economic growth, for instance, a plus sign represents an acceleration of economic growth relative to the previous year. A minus sign stands for a slow down in growth (this therefore need not be a recession). And with deliveries, for instance, a plus sign indicates an increase in the number of deliveries relative to the preceding year while a minus sign represents a decrease in the number of deliveries. Peaks in the cycles are indicated with a bold plus sign and troughs with a bold minus sign.

In this overview of pluses and minuses, a pattern is recognizable. In certain parts of the diagram the plus signs dominate: the growth phase of the cycle (which lasts about seven years). And there are parts where the minus signs dominate: the downward phase of the cycle (which lasts about four years). These areas run from the top left of the diagram down to the bottom right.

The positive phase in the cycle indicates the acceleration of economic growth and air traffic, and an increase in net income, orders and deliveries. Positive changes however do not always occur synchronously. There are time lags between the changes. This diagram, for instance, shows that air traffic growth in general reached its maximum (bold plus sign) one year before economic growth peaked. The changes in the development of revenues and profits do coincide with changes in economic growth. If growth in air traffic

[17] Source: The Airline Monitor.

[18] The Airline Monitor, 1994.

References

ICAO *Statistics of the World 1994* Montreal, September 1995

Deutsche Aerospace Airbus *World Market Forecast 1994-2013* Bremen, July 1994

Airbus Industries, *Market perspectives for civil jet aircraft* Blagnac, 1991

ICAO journal, Volume 49, no. 7 Montreal, September (1994)

Boeing Current Market Outlook 1996 Seattle, May 1996

Boeing Current Market Outlook 1994 Seattle, May 1994

Airline Business, November 1994

AEA Medium-Term Forecast of European Scheduled Passenger Traffic 1996-2000 Brussels, June 1996

'Outlook 1996' In *Airline Business*, February 1996

The Airline Monitor Florida, July 1996

Moody's Investor Service New York, June 1996

The Airline Monitor Florida, November 1995

ICAO Scheduled Passenger Traffic Forecast 1996-1998 Montreal, August 1996

The Airline Monitor Florida, July 1994

Tijdschrift
vervoerswetenschap

4/96 pagina 325

Innovatieve vliegtuigtechnologie vanuit economisch perspectief

Drs. P.J. Uittenbogaart[1]

Abstract
The literally flight of civil aviation in the second half of this century, can for a great deal be contributed to epoch-making innovations in aircraft technology. First the introduction of the jet aircraft and subsequently the launching of the wide body aircraft gave the development of civil aviation a major boost. Driving factors behind this, were major cost reductions that were attainable through these innovations, and which enable a significant drop in air fares. In the past cost characteristics were decisive for commercial success of new aircraft technology, however in future one might also expect that increasingly scarcer capacity (both infrastructural and environmental) will play a co-decisive role. In this article a range of possible innovations in aircraft technology is examined; on the one hand the perspective of commercial viability for aircraft manufacturers and airlines and on the other hand the perspective of infrastructural and environmental suitabilty. Based on this analysis the conclusion can be drawn that in the forthcoming decades no major breakthroughs in aircraft technology are expected. Because of unfavourable cost characteristics there is no commercial viability for large scale introduction of neither VTOL aircrafts nor Zeppelins. Due to both unfavourable cost and environmental charcteristics a new generation of supersonic aircrafts can also as good as be ruled out. Instead of a revolutionary development one might expect an evolutionary development. Both commercially and environmentally there seems to be enough room for succesful introduction of a super long range aircraft, and given specific market conditions also for a super jumbo. Finally one can conclude that although the type of aircraft innovation is hardly predictable, it is already casting its shadow ahead since industrial organisation is consolidating so it can afford the huge investments in research and development that go along with the introduction of new technology.

1. Context

Vliegtuigtechnologie spreekt sinds jaar en dag enorm tot de verbeelding. Meest illustratief hiervoor in de Nederlandse context zijn wel de futuristische artist impressions die de gebroeders Rudolf en Robbert Das schetsen van vliegende vleugels en dubbelromp vliegtuigen[2]. Ongetwijfeld is deze belangstelling voor een belangrijk deel terug te voeren op de eeuwenlange fascinatie van de mens om de zwaartekracht te kunnen overwinnen. Naast dit element van metafysisch verlangen, is deze aandacht ontegenzeggelijk ook aan tastbare resultaten toe te schrijven. De letterlijke vlucht die de civiele luchtvaart in de tweede helft van deze eeuw heeft genomen, komt immers in belangrijke mate op het conto van baanbrekende innovaties op het gebied van vliegtuigtechnologie. De introductie van eerst het straalvliegtuig en later het breedrompvliegtuig hebben de ontwikkeling van de luchtvaart belangrijke impulsen gegeven doordat hiermee de produktie per blokuur sterk kon worden opgevoerd. Hierdoor werd een aanzienlijke kostendaling per zitplaatskilometer bereikt en konden tarieven belangrijk dalen. Uit onderstaande tabel komt treffend naar voren dat de produktie per blokuur eerst door verhoging van de snelheid en vervolgens door vergroting van de capaciteit werd veroorzaakt[3].

Zijn in het verleden met name gunstige kostenkarakteristieken bepalend geweest voor het commercieel succes van nieuwe vliegtuigtechnologie, voor de toekomst mag worden verwacht dat het beslag op steeds schaarser wordende luchthavencapaciteit in dit opzicht medebepalend wordt. Het gaat hierbij niet alleen om het beslag op de aangeboden fysieke capaciteit (luchtruim-, baan- en gatecapaciteit), maar ook om het beslag op de beschikbare milieu-capaciteit ('geluidsbudgetten'). De zich steeds verder verscherpende congestieproblematiek binnen het Europese luchtruim en het steeds nijpender gebrek aan baancapaciteit op Londen Heathrow vormen treffende illustraties

[1] De auteur is werkzaam als luchtvaart-econoom bij de Rijksluchtvaartdienst. Dit artikel is evenwel strikt op persoonlijke titel geschreven. De in het artikel naar voren gebrachte visie representeert derhalve niet noodzakelijkerwijs ook die van de Rijksluchtvaartdienst.

[2] Rudolf en Robbert Das, 1995.

[3] Rigas Doganis, *Flying off cource: The Economics of International Airlines*, 2e editie 1991.

waarschijnlijk mogen worden geacht en de voorwaarden die hierbij een sleutelrol spelen.

2. Methodiek

De levensvatbaarheid van innovatieve technologische ontwikkelingen kan worden getoetst aan de potentiële winstgevendheid voor vliegtuigfabrikanten en luchtvaartmaatschappijen enerzijds en de infrastructurele en milieu-inpasbaarheid anderzijds.

Bepalend voor de potentiële winstgevendheid van nieuwe vliegtuigtechnologie voor vliegtuigfabrikanten zijn met name:

- de hoogte van de ontwikkelings- en constructiekosten van een nieuw vliegtuigtype;
- de aard van het operationele kostenprofiel van een nieuw vliegtuigtype;
- de aard van de concurrentieverhoudingen in de vliegtuigbouwindustrie.

Bepalend voor de potentiële winstgevendheid van nieuwe vliegtuigtechnologie voor vliegtuigmaatschappijen zijn vooral:

- de hoogte van aanschafprijs van een nieuw vliegtuigtype;
- de aard van het operationeel kostenprofiel van een nieuw vliegtuigtype;
- de kosten gemoeid met infrastructurele- en milieu-inpasbaarheid van een nieuw vliegtuigtype.

Het methodologisch raamwerk op basis waarvan innovaties op het gebied van vliegtuigtechnologie vanuit het perspectief van vliegtuigfabrikant en luchtvaartmaatschappij worden beoordeeld, is ontleend aan Gauthier[5]. Dit methodologisch raamwerk om nieuwe vliegtuigtechnologie op haar merites te toetsen bestaat uit een aantal modellen die het 'economisch systeem' van de vliegtuigbouwer weergeven en een aantal modellen die het 'economisch systeem' van de luchtvaartmaatschappij weerspiegelen.

Uitgaande van bepaalde marktkarakteristieken (capaciteit, snelheid, vliegbereik), alsmede een bepaalde technologiestandaard (aerodynamica, brandstofefficiëncy) kan aan de hand van dit methodologisch raamwerk als het ware een imaginair in plaats van een virtueel vliegtuig worden ontworpen. Het vliegtuigontwerp wordt daarbij niet weergegeven in de vorm van driedimensionale impressies, maar door een aantal technische, operationele en economische parameters. De relaties hiervoor zijn gebaseerd op empirische gegevens die daarover beschikbaar zijn voor een breed scala aan vliegtuigtypen dat tot nu toe is ontworpen[6]. Onlangs zijn door Stratagem de meest in aanmerking komende innovaties op het gebied van vliegtuigtechnologie tegen het licht gehouden[7]. Basis hiervoor is het methodologisch raamwerk van Gauthier geweest, zij het dat hierbij ook nadrukkelijk de infrastructurele en milieu-inpasbaarheid hiervan voor luchthavens is betrokken.

[5] Gauthier, E.J., 1987.

[6] Deze aan de empirie ontleende wetmatigheden worden tevens gebruikt om te toetsen of de door vliegtuigbouwers opgegeven specificaties met betrekking tot nieuwe vliegtuigtechnologie qua ordegrootte en/of timing realistisch zijn.

[7] Stratagem, 1996.

vliegtuig. Hoewel volgens de huidige inzichten de vervoerprijs van de *vtol* beduidend beneden die van de helikopter ligt, blijft deze aanmerkelijk hoger dan van de turbo-prop. Commercieel gezien lijken er derhalve met name kansen te liggen als alternatief voor bestaande helikopterdiensten (verbindingen met boorplatforms). Als alternatief voor de turbo-prop lijkt de *vtol* alleen kansen beschoren in niche markten, waar een aanmerkelijke meerprijs kan worden gevraagd op grond van de tijdwinst die te behalen is doordat stadscentra zonder noemenswaardig voor- en natransport rechtstreeks met elkaar worden verbonden. De kansen op commercieel succes lijken echter beperkt indien in aanmerking wordt genomen dat de hoge snelheidstrein zich ook op dit marktsegment richt en tegen vervoerprijzen die lager in plaats van hoger dan die van de turbo-prop liggen.

5. Twin-bodies & Spanloaders

De *twin-body*, ofwel de vliegende catamaran, is een concept dat wat betreft civiele toepassing het stadium van de tekentafel nooit is ontstegen. Het voordeel van een toestel met twee rompen is dat met een geringere vleugelbelasting kan worden volstaan, waardoor een lichtere constructie mogelijk is en een lager energieverbruik resulteert. Voor de *spanloader*, die wel als vliegende vleugel wordt betiteld, is een vrijwel analoog betoog te houden. Voor zowel *twin-body* als *spanloader* geldt dat de bestaande luchthaveninfrastructuur hierop niet is berekend en drastische aanpassing vergt. In dit licht bezien en met de wetenschap dat ook bij conventionele vliegtuigconcepten belangrijke winsten op het vlak van aerodynamica zijn geboekt en nog te boeken zijn, lijkt de realisatie van dergelijke radicale concepten voor civiele toepassing nog decennia verwijderd.

6. Supersone jets

Nadat de mens met behulp van de technologie de zwaartekracht had weten te overwinnen, werd de grens verlegd naar het passeren van de snelheid van het geluid. Deze prestigieuze technologische wedren voltrok zich ten tijde van de koude oorlog en resulteerde in de introductie van de Concorde aan West-Europese zijde en die van de Tupolev aan Oost-Europese kant. Het passeren van de geluidsbarrière (Concorde: kruissnelheid 2.200 km/uur) bleek evenwel alleen mogelijk tegen extreem hoge ontwikkelingskosten (Concorde: 1.2 miljard GB£) en bij een naar verhouding bescheiden capaciteit (Concorde: 110 zitplaatsen). De hoge vervoerskosten die deze beide aspecten met zich meebrachten, hebben in belangrijke mate het commercieel succes bepaald. In totaal zijn niet meer dan zestien Concordes gebouwd die op routes tussen Parijs en New York en tussen Londen en New York worden ingezet. Ook indien de excessief hoge ontwikkelingskosten niet of nauwelijks in de ticketprijs worden doorberekend, blijkt de Concorde alleen succesvol exploiteerbaar in *niche*-markten waar snelheid een doorslaggevende factor vormt en dus op grond hiervan een aanzienlijke *premium* (Concorde: 5000 GB£ voor London-New York) aan de reiziger kan worden berekend. Naast de internationale *jet-set*, blijken vooral zakenreizigers uit de commerciële dienstverlening de Concorde als dagrandverbinding tussen beide continenten te

waarbij secundaire bestemmingen rechtstreeks met elkaar verbonden zouden worden, blijkt dat in de praktijk ETOPS-vliegtuigen overwegend worden ingezet op middelzware routes met aan één kant een hub[15].

Tot voor kort had Airbus met de A330 en A340 een leidende rol op het gebied van vliegtuigtypen met een *extended range*. Met de introductie van de B777 lijkt Boeing een succesvolle aanval te hebben ingezet. De huidige generatie *extended range* vliegtuigen heeft een vliegbereik van 7000 à 7500 nautische mijlen, bij een zitplaatscapaciteit van rond de 300 passagiers. Boeing signaleert een toenemende vraag naar een vliegtuig dat in staat is om non-stop verbindingen over een afstand van 8500 tot 9000 nautische mijlen te onderhouden. Voor een dergelijk toestel wordt commercieel draagvlak gezien op routes tussen Azië en Noord-Amerika en Azië en Europa[16]. Met name onder *high yield business* reizigers[17] zou, ondanks een ononderbroken vluchtduur van 16 tot 18 uur, voldoende behoefte aan directe verbindingen bestaan om een dergelijk vliegtuig ook daadwerkelijk rendabel te kunnen exploiteren. Met de lancering van de B777-100 hoopt Boeing dit segment te kunnen bedienen, zij het dat hiervoor de prijs van een reductie van de zitplaatscapaciteit tot 250 passagiers wordt betaald. Airbus daarentegen lijkt bij de verdere ontwikkeling van de *extended range* familielijn de kaarten niet te zetten op het verder oprekken van het vliegbereik bij eenzelfde capaciteit, maar op het opvoeren van de capaciteit bij eenzelfde vliegbereik. Deze keuze wordt vermoedelijk ingegeven door het gemis van een vliegtuigtype dat qua zitplaatscapaciteit kan wedijveren met de B747. Met de introductie van een A340-600 met een zitplaatscapaciteit van 375 passagiers en een vliegbereik van 7000 nautische mijlen zou Airbus een alternatief bieden voor luchtvaartmaatschappijen die tot dusver op deze routes B747-100's en B747-200's inzetten. Hetzelfde geldt indien McDonnell Douglas mocht besluiten om een MD-11EC met vergelijkbare karakteristieken als de A340-600 te lanceren.

Wat betreft de milieu- en infrastructurele inpasbaarheid van ETOPS-vliegtuigtypen op luchthavens lijken zich geen grote problemen voor te doen.

[15] Stratagem, 1996.

[16] Het gaat hierbij om rechtstreekse verbindingen op middelzware routes tussen een hub op het ene continent en een secundaire bestemming op het andere continent, dan wel om rechtstreekse verbindingen op middelzware routes tussen secundaire bestemmingen op beide continenten.

[17] *High yield businessreizigers* zijn passagiers met een zakelijk reismotief die meer dan gemiddeld in de opbrengst en winst van de luchtvaartmaatschappijen bijdragen doordat veelal van duurdere vliegtuigtickets (meer luxe en minder restricties) gebruik wordt gemaakt. *Low yield leisure* reizigers zijn passagiers met een niet-zakelijk reismotief (vakantie/familie- en vriendenbezoek) die minder dan gemiddeld in de opbrengst en winst van de luchtvaartmaatschappijen bijdragen doordat veelal van goedkopere vliegtickets (minder luxe en meer restricties) gebruik wordt gemaakt.

De tweede optie, ontwikkeling van een volledig nieuw vliegtuigconcept, staat in wezen open voor alle drie de grote vliegtuigfabrikanten, Boeing, Airbus en McDonnell Douglas. Voordeel van deze optie is dat een drastische verlaging van de direkte operationele uitgaven per zitplaatskilometer bereikt kan worden doordat over de gehele linie nieuwe vliegtuigtechnologie kan worden toegepast. Nadeel is echter dat de ontwikkelingskosten zeer hoog zullen liggen en daarmee ook de aanschafkosten.

In de eerste helft van de jaren negentig hebben Boeing, McDonnell Douglas en de afzonderlijke Airbus partners de haalbaarheid nagegaan van een gezamenlijk te ontwikkelen super jumbo op basis van een volledig nieuw technologisch concept. Dit initiatief was ingegeven vanuit het besef dat de markt voor een super jumbo in aantal bescheiden zou zijn en de kansen op een succesvolle introductie stijgen naarmate een grotere reductie van de directe operationele kosten per zitplaatskilometer kan worden bewerkstelligd en bovendien de ontwikkelingskosten zouden kunnen worden gedeeld. Het onderzoek richtte zich op het ontwikkelen van een **V**ery **L**arge **C**ommercial **T**ransport (VLCT) met een zitplaatscapaciteit van 600 passagiers, een bereik van 7000 nautical miles. Bovendien zouden de operationele kosten per zitplaatskilometer cira 20% beneden die van een B747-400 moeten liggen en de geluidskaraktersitieken moeten voldoen aan de *Chapter 3* standaards minus 3 à 4dB[19]. Met de ontwikkeling van de VLCT zou in totaal een bedrag van tussen de 15 en 20 miljard US$ zijn gemoeid, terwijl een markt werd voorzien voor 280 tot 370 VLCT's tot aan 2015[20]. Eind 1995 is het gezamelijke VLCT-project van de mondiale vliegtuigindustrie evenwel beëindigd. Dit mocht worden verwacht, aangezien het een novum in de industriële organisatie geweest zou zijn dat Boeing als monopolist in het segment van vliegtuigen met een capaciteit van meer dan 400 zitplaatsen, de concurrenten Airbus en McDonnell Douglas mee zou helpen om het eigen monopolie te breken.

Na het uiteenvallen van het VLCT-consortium hebben Boeing, Airbus en McDonell Douglas zich alle drie gericht op het zelfstandig ontwikkelen van een super jumbo.

[19] Andy Hofton, 1993.

[20] British Airways, één van de beoogde *launching customers*, raamde op basis van markt-analyse in het kader van het VLCT-project de volgende regionale verdeling van deze afzet:
- afzet van 160 tot 200 VLCT's bij Aziatische carriers;
- afzet van 70 tot 100 VLCT's bij Amerikaanse carriers;
- afzet van 50 tot 70 VLCT's bij Europese carriers.

circa 1400 vliegtuigen zou dit tot een aanschafprijs van 180 miljoen US$ per toestel moeten leiden en tot directe operationele kosten per zitplaatskilometer die 17% tot 23% lager liggen dan bij de B747-400[22]. Airbus speculeert erop dat luchtvaartmaatschappijen op basis van dit in vergelijking met de B747-500/600 gunstiger kostenprofiel van de A3XX100/200, bereid zullen zijn om hun orders tot 2003 aan te houden.

De ambities van Boeing worden in het algemeen niet als onrealistisch betiteld. Over de ambities van Airbus bestaan evenwel gerede twijfels. De scepsis richt zich niet zozeer op de beoogde verlaging van de directe operationele kosten per zitplaatskilometer met 17% tot 23% ten opzichte van de B747-400, maar veeleer op de geraamde omvang van de afzet en de geclaimde hoogte van de ontwikkelingskosten. De afzet zou veel te progressief zijn ingeschat en de ontwikkelingskosten veel te conservatief. Zo beweert Boeing met stelligheid dat de ontwikkelingskosten van een super jumbo op basis van nieuwe technologie, veeleer rond de 15 miljard US$ zullen liggen.

Tabel 4: Ontwikkelings- en aanschafkosten van verschillende vliegtuigconcepten voor een super jumbo

Vliegtuigtype	Ontwikkelingskosten	Aanschafkosten
Boeing		
B747-500X/600X	5 miljard US$	185 à 200 miljoen US$
Airbus		
A3XX-100/200	8 tot 15 miljard US$	180 miljoen US$
McDonnell Douglas		
MD12	5 tot 10 miljard	–

Bron: Boeing data, Aviation Week & Space Technology, 5 Februari, 1996, blz 32 & blz 33;
Boeing data, Aviation Week & Space Technology, 1 Juli, 1996, blz 20 & blz 21;
Airbus data, Aviation Week & Space Technology, 17 Juni, 1996, blz 27 & blz 28;
Airbus data, Flight International, 28 Augustus, 1996, blz 56 & blz 57;
Boeing & Airbus data, Aviation Week & Space Technology, 9 September, 1996, blz 25 & blz 26.

Los van het commercieel draagvlak voor voldoende afzet bij luchtvaartmaatschappijen, kunnen op grond van infrastructurele inpasbaarheid vraagtekens bij de levensvatbaarheid van de introductie van een super jumbo worden geplaatst. De bestaande luchthaveninfrastructuur (taxibanen, opstelplaatsen en terminals) is namelijk niet op vliegtuigtypen gedimensioneerd die aanmerkelijk groter zijn dan de B747. De Airports Council International (ACI) raamt de aanpassingskosten om vliegtuigen als de B747-500/600, A3XX-100/200 en MD12 te kunnen accommoderen op gemiddeld 100 miljoen US$ per luchthaven[23] [24]. Niet alleen op de grond doen zich inpassingsproblemen gelden, ook in de lucht zijn deze te verwachten. De super jumbo veroorzaakt hoogstwaarschijnlijk een aanmerkelijk grotere turbulentie (*wake vortex*), waardoor grotere separatie-standaards met opvolgende vliegtuigen noodzakelijk zijn, met als gevolg dat tenminste een deel van de beoogde capaciteitswinst weer verloren gaat.

[22] De regionale verdeling van de marktvraag naar superjumbo's zal naar verwachting als volgt zijn:
- 49% van de vraag zal afkomstig zijn van Aziatische carriers;
- 27% van de vraag zal afkomstig zijn van Amerikaanse carriers;
- 18% van de vraag zal afkomstig zijn van Europese carriers;
- 6% van de vraag zal afkomstig zijn van de overige carriers.

De verdeling over de routes waarop deze superjumbo's zullen worden ingezet, vertoont naar verwachting het volgende beeld:
- 32% op intra-Aziatische routes;
- 24% op routes tussen Azië en Amerika;
- 15% op routes tussen Azië en Europa;
- 13% op routes tussen Amerika en Europa;
- 16% op overige routes.

[23] No money as yet in Airbus Jumbo Plan, Aviation Week & Space Technology, 17 juni 1996.

[24] Bestaande luchthavens die hiervoor in elk geval in aanmerking lijken te komen zijn in de Verenigde Staten: Los Angeles en New York JFK, in Azië: Tokyo-Haneda, Tokyo-Narita, Hong Kong, Singapore, Bangkok en Taipei en in Europa: London Heathrow en Frankfurt. Deze luchthavens namen in 1993 bijna de helft van het aantal vliegtuigbewegingen met B747's voor hun rekening.

Tot op heden geldt dat noch Boeing, noch Airbus, noch McDonnell Douglas erin zijn geslaagd om een of meerdere *launching customers* te vinden voor realisatie van hun initiatieven voor een super jumbo. De kansen dat Boeing hierin slaagt moeten het hoogst worden aangeslagen. Boeing weet zich in een sterke financiële positie geplaatst, kan bogen op het vertrouwen van een vast klantenbestand en start vanuit een dominante positie in het marktsegment van vliegtuigen met een capaciteit van meer dan 400 zitplaatsen. Aangezien op bestaande technologie wordt voortgeborduurd, behoeft voorts de financiering niet tot onoverkomelijke problemen te leiden. Airbus bevindt zich weliswaar in een minder riante uitgangspositie, maar toch mogen de kansen van dit consortium niet worden uitgevlakt. Voor Airbus lijkt de introductie van een vliegtuig dat tenminste met de B747-400 kan wedijveren namelijk in toenemende mate noodzakelijk. Het commerciële succes van Boeing wordt immers voor een belangrijk deel op het conto geschreven van het aanbieden van een volledige vliegtuiglijn[26]. Aangezien vanuit kostenoverwegingen *aircraft commonality*[27] steeds meer gewicht in de schaal legt bij de vliegtuigkeuze van luchtvaartmaatschappijen, ondervindt Airbus ook bij afzet van vliegtuigen met een beperktere capaciteit dan 400 zitplaatsen, commerciële hinder van het ontbreken van een vliegtuig met een capaciteit van 400 of meer zitplaatsen. Probleem voor Airbus lijkt met name de financiering van een super jumbo op basis van een volledig nieuw vliegtuigconcept. Op basis van geschatte ontwikkelingskosten ter grootte van 8 miljard US$ gaat Airbus er vanuit dat 30% van de financiering door de partners zelf en 30% door de betrokken overheden wordt opgebracht, zodat voor de resterende 40% andere externe financiering zal moeten worden gevonden. Hierbij wordt zowel aan Aziatische partners (industriële consortia uit Japan, Korea, China), als aan Amerikaanse partners (Lockheed Martin, Northrop Grumman) gedacht. Ook kleinere Europese partners (Saab) zijn hiervoor inmiddels reeds benaderd, zij het tot op heden zonder concreet resultaat. Deze externe financieringsbehoefte zal zich verscherpen naarmate sceptici gelijk krijgen dat de ontwikkelingskosten aanmerkelijk hoger dan 8 miljard US$ liggen en de afzetmogelijkheden belangrijk lager dan 1400 vliegtuigen. De kansen van McDonnell Douglas om zelfstandig een super jumbo te introduceren, moeten lager dan die van Airbus worden ingeschat. Hetgeen voor Airbus geldt, geldt in nog sterkere mate voor McDonnell Douglas. Voor de realisatie van de ambities van McDonnell Douglas moet eveneens omvangrijke externe financiering worden gevonden. Ook McDonnell Douglas richt hierbij het vizier op Azië. Pogingen hiertoe (Samsung en Daewoo) zijn tot op heden evenwel keer op keer afgesprongen.

10. Conclusies

De eerstkomende decennia mogen op economische en operationele gronden geen revolutionaire doorbraken op het gebied van vliegtuigtechnologie worden verwacht. Wel ligt verdere technologische ontwikkeling via de weg van de evolutie voor de hand. Met name voor lange afstandsvliegtuigen lijken de marktperspectieven onverminderd gunstig. Alhoewel met de onlangs geïntroduceerde lange afstandsvliegtuigen (B777, A330, A340) de ruimte voor commercieel succesvolle introductie van nog meer nieuwe lange afstandstypen

[26] De concurrentie beschuldigt Boeing ervan dat deze de monopoliewinsten die worden verkregen met de afzet van B747's benut voor kruissubsidiëring van de kleinere vliegtuigtypen.

[27] *Aircraft commonality* wil zeggen dat luchtvaartmaatschappijen er naar streven om hun vloot niet alleen uit een zo beperkt mogelijk aantal verschillende vliegtuigtypen te laten bestaan, maar dat die bovendien van zo min mogelijk verschillende fabrikanten afkomstig is.

Al met al lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat hoewel de aard van de innovatie qua vliegtuigtechnologie zich niet laat voorspellen, deze zijn schaduw reeds vooruit werpt doordat de industriële organisatie van de luchtvaartmarkt zich momenteel (mede) onder invloed hiervan reeds aan het aanpassen is.

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 341

The Integrated Airport Competition Model

A Model System for International Long Distance Passenger Transport

Jan Veldhuis, Mark Bradley, Marion Brouwer en Eric Kroes[1]

Samenvatting
Het Integraal Luchthaven Concurrentie Model; Een modelsysteem voor lange afstands passagiersvervoer.
Dit artikel beschrijft de ontwikkeling van een model voor het lange afstands passagiersvervoer. De ontwikkeling hiervan is voortgekomen uit de reeds bestaande prognosemodellen voor de luchtvaart, die onder meer een rol hebben gespeeld bij de voorbereiding voor de PKB-Schiphol. In toenemende mate werd echter onderkend dat luchtvaart is gerelateerd met andere vervoersmodaliteiten op de langere afstand, zoals de HSL. Deze relatie is niet alleen concurrerend van aard, maar ook complementair. Niettemin waren deze bestaande modelsystemen slechts toegesneden op de luchtvaart zelf, waarbij in afgezonderde modules een inschatting werd gemaakt van het substitutiepotentieel naar de HSL.

Het Integraal Luchthaven Concurrentie Model (ILCM) is in die zin fundamenteel anders van opzet, omdat de totale lange afstands passagiersmarkt van alle modaliteieten het vertrekpunt is, en dus niet de luchtvaart alleen. Dat vertrekpunt is de basis voor modellering van de ontwikkeling van de diverse modaliteiten en hun onderlinge relaties.

Dit artikel is als *paper* ingediend en gepresenteerd op de WCTR-conferentie in juli 1995, en beschrijft dus ook de toestand van het model in 1995. Thans (oktober 1996) is een eerste versie van het model operationeel, en worden er uitvoerige tests mee gedaan. Het ligt in de bedoeling dat het model behulpzaam zal zijn bij de nieuwe CPB lange termijn verkenning (LT-97), en naar verwachting zal het model verder worden ingezet bij het beleidsvoorbereidende werk aangaande de ontwikkeling van de luchtvaart en zijn interaktie met andere modaliteiten.

1. Introduction

The Dutch Civil Aviation Department is closely involved in policy development concerning air transport infrastructure in the Netherlands. Currently large projects are in the planning phase. Recently the Dutch Government made a proposal to Parliament to agree with the further development of Amsterdam Airport Schiphol, including the construction of a new (fifth) runway. Also a number of regional airports fall under the responsibility of the Civil Aviation Department. Another large project is the construction of a number of high speed rail lines, for which the Government is just about to make a proposal. These rail lines will connect at Schiphol Airport and will probably have a large impact on long distance transport flows. It is increasingly recognized that changes in the various transport modes affect each others markets. Not only by competition between the modes, but also by complementarity between them in networks. In transport model development this trend must be paid attention to, rather than developing air transport models in isolation. Clearly also other departments of the Dutch Ministry of Transport are involved in development of this model.

This paper addresses recent model development concerning long distance travel. Travel over longer distances has become increasingly important over the last decades, and it is expected that this trend will continue in the future. Consequently, there is increasing competition between Western European main airports, and smaller regional airports are fighting for their share in this

[1] Jan Veldhuis is employed at the Civil Aviation Department, The Hague, the Netherlands and Mark Bradley, Marion Brouwer, Eric Kroes are employed at the Hague Consulting Group, The Hague, the Netherlands. This paper was prepared for the World Conference on Transport Research, Sydney, July 1995.

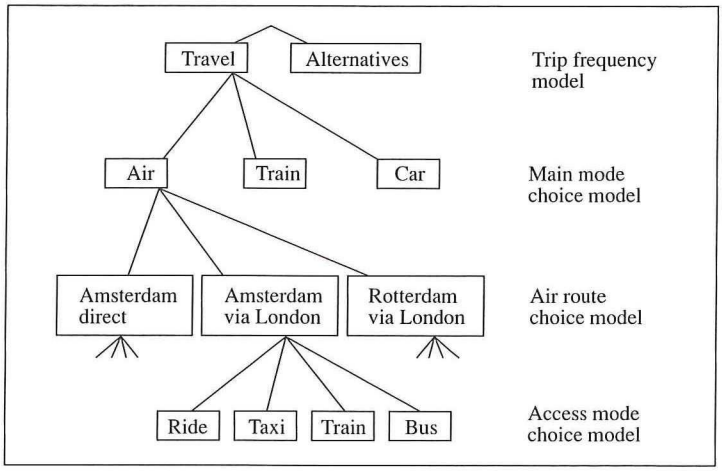


Figure 1: Structure of the decision chain for long distance travel.

research where possible. The structure of the individual models is described in section 3. The rest of this section deals with the overall structure of the ILCM, without paying too much attention to the details of the models.

2.2 The markets considered

The main area of interest for Dutch Civil Aviation policy makers is, of course, the use of Dutch airports. The passenger markets for Schiphol and the regional airports of Rotterdam, Eindhoven and Maastricht form the context in which the model system was developed. It was recognised that the catchment area for these airports does not consist solely of the Netherlands, but stretches beyond country borders.

Three different areas were identified for the model system:

- 28 zones in **the Hinterland**, which is the area from which Dutch airports can reasonably be used as ports of departure for residents and visitors. It contains the Benelux and the western part of Germany. In addition to the four Dutch airports, the two main competing departure airports in the Hinterland are taken into account: Brussels and Dusseldorf.

- 22 zones in **the Rest of Europe**. This is the area that can be reached from the hinterland by air and by competing land modes. The full model structure applies here. Important European airports such as London, Paris and Frankfurt are not considered as possible departure airports, but are taken into account as possible transfer airports en route.

- 15 zones in **the Rest of the World**. These destinations can only be reached by air from the hinterland, and thus the main mode choice model is not relevant for these areas. The choice of air route is more often an important issue for intercontinental travel. One can often reach these destinations either via the main European airports or via other key hubs such as New York or Singapore.

are in the hinterland. The large majority of transfers, however, are via hub airports such as London, Paris, Frankfurt, Copenhagen and Madrid.

Note that at the destination end of the trip, the choice of arrival airport and egress mode are not modelled. Although these are also decisions which the traveller may have to make, they are not very relevant for local policy purposes. Also note that the models deal exclusively with outbound trips leaving the hinterland – although we do take into account whether those trips are made by residents or by visitors returning home. We implicitly assume that the choices for the inbound trips are symmetric – i.e. that the traveller will return by the same mode, and that an air traveller will return to the same airport. In future developments we hope to treat the return trip more explicitly in the choice process.

2.3 Data sources

As a basic source of data for the prototype, the Schiphol Survey was used. This survey contains some 100.000 interviews per year amongst all passengers departing from Schiphol, including transfer and charter passengers. As this survey contains only air trips from Schiphol, this data could not be used in the ILCM directly to provide a representative sample of all long distance trips. Therefore, from this data a synthetic database had to be created for use in the model system.

The creation of the synthetic sample was done using the models that are implemented in the ILCM to infer the number of relevant trips that were not observed in the Schiphol survey. For a trip from a certain origin to a certain destination the model gives a probability of using air from or via Schiphol. The underlying assumption is that this probability represents the proportion of the market for this trip using Schiphol, and so gives the proportion of the market not using Schiphol, but one of the other relevent alternatives. In this way trip data for all relevant altenatives can be synthesized. If, for instance, 100 vacation trips are observed between the Province of Utrecht (one of the regions in the Hinterland) and Southern France departing from Schiphol, and the model gives probability 0.25 that such a trip will go by air from Schiphol, we can infer that there have been 400 trips in total from Utrecht to Southern France. Of those, 300 are either using another airport or going by road or rail. The redistribution of these remaining unobserved trips is also done using the probabilities from the ILCM models. Using this process a synthesized database of individual trip record is created.

Used in this way, the model system is essentially a pivot point procedure to predict changes in demand for Schiphol Airport. We can also provide estimates of changes in demand for competing modes and airports, but these will clearly be less accurate than those for Schiphol, for which we have accurate base data. One of the next development tasks will be to obtain representative data for actual trips using the other airports and modes to supplement the sample, so that we no longer rely on the synthetic sample generation.

costs are included for rental cars, since it is assumed that the main use of the car is for trips other than to and from the airport. The time and cost variables were calculated at both the level of individual cities and at an average level for the 28 hinterland zones used in the ILCM. It was found that the model estimates are very similar at either level of detail, so there appears to be little aggregation error in applying the models at the less detailed level.

Although we will not present specific model coefficients, we can describe some general findings. The values of travel time inferred from the model estimates are quite high for both business and non-business travellers. This result is typical for airport access models, since the cost of the access trip is quite small compared to the potential cost of being late for the flight. It was also found that travel time has a higher disutility for the car drop-off alternative than for the others. This is presumably due to the higher car occupancy, and to the fact that the driver usually has to make the trip back home after dropping off the passenger. The penalty for public transport interchanges was also found to be very high. This could be due to the need to transfer large amounts of luggage, as well as the potential delay caused by missed connections.

The models used in the system at this stage are still fairly preliminary. More work is being carried out to add variables based on the characteristics of the trips and the travellers. For example, those who make long, intercontinental trips are more likely to be brought to the airport; frequent business travellers are more likely to use taxi; younger people are more apt to use train, etc. The eventual models could be useful in their own right for purposes of airport access planning and transport planning in areas surrounding airports. The final models will be described in detail in a forthcoming report.

3.2 Air route choice model

This model assumes that the destination airport is fixed, and predicts the choice of air route to that destination, including the departure airport and a transfer airport if a direct route is not chosen. There was no data available in the Netherlands to estimate such a model, as the Schiphol survey does not contain trips departing from the other airports. Even if revealed preference (RP) data were available, the limited variety of routes and connections now operating is not representative of what is expected to be available once the European airline market is fully deregulated. For these reasons, we decided to collect stated preference (SP) data to estimate this model. Over 1000 interviews were carried out with departing passengers at Amsterdam, Eindhoven and Brussels airports. The SP experiment and analysis are described in some detail in Bradley (1994). Below, we give a brief summary of the resulting model.

Separate models were estimated for seven market segments: (a) business short; (b) business to the rest of Europe; (c) business intercontinental; (d) non-business short; (e) non-business to the rest of Europe; (f) non-business

terms for specific airports and to calibrate the access mode choice logsum parameter, as mentioned above. We are currently in the process of evaluating possible data sources and data collection approaches for this purpose.

3.3 Main mode choice model

As was the case for air route choice, there was no suitable RP data available to estimate a model of mode choice for the entire European long distance travel market originating in the hinterland. In the course of several past studies, such as the study of substitution between air and high speed rail (Hague Consulting Group 1990), we have created models for part of this market or for similar markets. For the prototype system, we have used this experience along with the evidence from the access mode models to define plausible utility functions for the main mode choice model.

Separate equations are defined for four market segments: (a) residents on business, (b) residents travelling for non-business purposes, (c) visitors on business, and (d) visitors non-business. This is the same market segmentation as used for the access mode choice model.

The alternatives and explanatory variables in the model are:

- car: car operating cost, car travel time;
- rail: fare, train in-vehicle time, out-of-vehicle time, frequency, number of interchanges;
- air: overall accessibility from the air route choice model.

As mentioned above, the service levels for road and rail were derived using shortest paths from coded European networks. For air, the utility of each air route is used, weighted by the probability from the air route choice model. Again, we use this logsum formulation to link the two models. The logsum coefficient, along with the mode-specific constants and other variables, will be further refined as more data becomes available for calibration, as was discussed for the air route choice model above.

3.4 Trip frequency model

Whereas all models described above are disaggregate logit models, we currently use an aggregate elasticity-based model to predict the growth of the number of trips in specific OD markets. This model was adapted from original work by NEA for Schiphol Airport and is based on the economic development between and within countries and the overall accessibility of travel between countries and regions.

The explanatory variables are:

- change in trade between the origin and destination regions (for business trips);
- change in consumption in the region of residence (for non-business trips);
- change in the overall accessibility of long distance travel for the OD;
- exogenous trends in the frequency of long distance travel for the OD.

evaluate different **global air scenario's**. Another area is the **regional airport policy**. The Dutch government is currently reviewing its policy towards regional airports in the Netherlands, and this model system could be helpful in evaluating their market potential. Finally environmental issues are gaining importance in the Netherlands, and the discussion about **charging external environmental costs** to the users of various transport modes is highly relevant in the Netherlands these days. The model will be capable of addressing these issues as well.

4.2 Overview

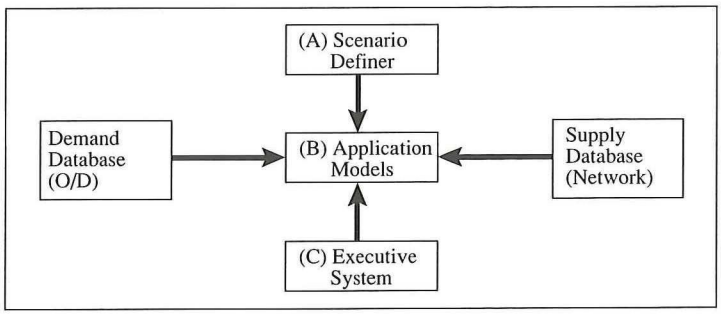


Figure 4: Overall structure of the Integrated Airport Competion Model.

The structure of the ILCM system from the user's perspective is shown in figure 4. It consists of (A) a 'scenario specifier', (B) an application model system together with its associated databases, and (C) an 'executive system'. The scenario specifier allows the user to provide the input specifications for the model runs that are required, the application models described in preceding sections perform the actual simulation work, and the executive system allows the user to analyse and report the results of the simulations in the form of tables, graphs, geographical maps, charts, and so on. With this structure, the ILCM system has been designed to be self-contained, 'user friendly' and suitable for full operation by the client, in his own office and on his own PC.

4.3 Future developments

One of the main objectives of further work will be to refine and calibrate the choice models included in the ILCM. As discussed in section 3, this will require the use of additional data sources and perhaps the collection of new survey data. Ideally, we would use a representative survey of households in the hinterland, with details of all relevant long distance travel. Existing household surveys such as the European Travel Monitor and the NIPO Vacation Survey contain valuable information, but there is no single survey available that offers both the scope and the level of detail which we require.

Another necessary extension is to include models for passengers who could potentially transfer at Schiphol or other competing hub airports. Again, the data problems are not trivial, as this market includes people travelling from almost anywhere in the world to anywhere else in the world. However,

References

Ben-Akiva, M. and S. Lerman. *Discrete Choice Modelling: Theory and Applications to Transportation Planning*. MIT Press, Cambridge, MA. 1985.

Bradley, M., F. Rosenberg and J. Veldhuis: *An integrated modelling approach for predicting air traffic at Schiphol airport*, Paper presented at the 1992 CVS Netherlands Transportation Planning Colloquium.

Bradley, M. *Behavioural models of airport choice and air route choice*, Paper presented at the 1994 Conference of the International Association for Travel Behaviour Research, Santiago de Chile.

Hague Consulting Group: *The Potential for Substitution Between Schiphol Air Traffic and High Speed Rail*, HCG Report 005-2941 to Directoraat-Generaal Milieubeheer, VROM, November 1990.

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 355

De kwetsbaarheid van meervoudige luchthavensystemen

Lessen voor nieuwe luchthavenplanners

J.G. de Wit[1]

Abstract
Long term airport planning in the Netherlands has resulted in many infrastructure alternatives during the last few decades. Usually these plans assumed a certain transport function for Schiphol to be maintained on the long run. The proposals for new airport locations therefore have to be placed in the context of a multi airport system. Although this context requires careful analysis of the competitive forces inside such a system, airport planning in the Netherlands mostly focused on the locational and not the functional aspects of the airports involved. Analysis of the competitive forces in a multi airport system however reveals strong concentration tendencies resulting from the airport choice behaviour of travellers and airlines.
These tendencies clarify that air traffic distribution between airports in a multi airport system is not simply a matter of government policy to distribute traffic shares between airports. On the contrary it appears that the viability of a second airport in a multi airport system strongly depends on the demand potential in the direct catchment area. Empirical evidence at other airports around the world as well as the characteristics of the traffic mix at Schiphol Airport indicate a threshold of 64 million passengers, before a second Randstad airport will take off. This second airport however will probably continue to demonstrate a high volatility in the traffic volume. All in all airport planning in the context of a multi airport system requires a profound understanding of the variables shaping the airport choice behaviour of passengers and airlines. These functional aspects of multi airport systems will substantially limit the locational alternatives. Even the viability of a multi airport system for the Randstad can be doubted, if the competitive forces inside a multi airport system are well understood. So if a new Randstad airport would presuppose the simultaneous closing down of Schiphol Airport, another analysis is required concerning the sunk costs involved, including the forward and backward inter industry linkages on a regional level.

1. Plannen voor meervoudige luchthavensystemen

In 1995 is de politieke beslissing gevallen, die niet alleen de geluidscontouren van Schiphol vastlegt maar die ook het vervoervolume op Schiphol beperkt tot 44 miljoen passagiers en 3,3 miljoen ton vracht. Die nieuwe grenzen roepen opnieuw een oude vraag op, die zowel in het begin van de jaren zeventig als van de jaren tachtig de gemoederen in Nederland bezig hield, namelijk *Hoe en waar valt extra luchthavencapaciteit in Nederland te vinden, als de grenzen van de groei op Schiphol bereikt zijn en de luchtvaart toch verder groeit*[2]?

Het antwoord op die vraag werd indertijd sterk bepaald door de toenmalige groeiverwachtingen voor de luchtvaart. De hoge prognoses uit het begin van de jaren zeventig dicteerden eigenlijk maar één oplossing: een Tweede Nationale Luchthaven (TNL). Het vraagstuk van de nationale luchthavencapaciteit werd daarmee gereduceerd tot louter een vestigingsplaatsvraagstuk, waarbij 'diverse belangengroeperingen proberen de tweede luchthaven binnen of buiten een bepaald gebied te houden, zonder alle aspecten te bestuderen', zoals Klaassen[3] bezorgd constateerde.

Omdat in het Structuurschema Burgerluchtvaartterreinen[4] (SBL) uit 1980 van aanmerkelijk lagere luchtvaartprognoses werd uitgegaan, vormde de TNL in dit beleidsdocument niet bij voorbaat de enige oplossing. De discussie concentreerde zich veel sterker op de vraag binnen welke alternatieve luchthavenconfiguraties het toekomstige luchtverkeer in Nederland te accommoderen zou zijn. Uit de afweging van verschillende configuraties kwam

[1] De auteur is als hoogleraar verkeers- en vervoerseconomie verbonden aan de Universiteit van Amsterdam.

[2] Zoals De Boer (1978) in zijn uitgebreide historische overzicht van de luchthavenplanning in Nederland laat zien, past vanuit een ruimere historische optiek ook de langdurige vooroorlogse touwtrekpartij tussen Rotterdam en Amsterdam over de locatie van een nationale luchthaven in deze context. (N.B. zowel Schiphol als Waalhaven waren immers toen nog gemeentelijke luchthavens.) Ook toen speelde de vraag naar één of meer luchthavens voor het internationale verkeer. De SEO publicatie (1952) over de centralisatie of decentralisatie van de Nederlandse luchthavencapaciteit is illustratief voor deze Rotterdams-Amsterdamse controverse.

[3] Klaassen, 1972.

[4] Structuurschema Burgerluchtvaartterreinen, 1980.

accommoderen. Andere regionale luchthavens dan Rotterdam Airport kunnen evenmin tot dit systeem worden gerekend[8].

2. Planningrisico's van een tweede luchthaven

Talrijke grootstedelijke gebieden over de hele wereld beschikken over meer dan een luchthaven. Londen kent bijvoorbeeld een vijftal luchthavens voor het groot commercieel verkeer en Parijs, Milaan, Moskou, Oslo en Berlijn beschikken elk ook over verschillende luchthavens. In de VS tellen Hansen en Weidner[9] in totaal 14 meervoudige luchthavensystemen, zoals het systeem voor New York, Los Angeles, San Francisco, Miami, Chicago en Washington/Baltimore. De Neufville[10] voegt daaraan nog een aantal steden toe in Zuid-Amerika en het Verre Oosten (Tokio, Osaka, Hong Kong).

Dat dergelijke meervoudige luchthavensystemen veelvuldig voorkomen, is echter geen garantie op succes. In tegendeel, de planningsrisico's van een tweede luchthaven in een luchthavensysteem zijn groot. De Neufville wijst in dat verband ondermeer op de nieuwe luchthavens van Edmonton, Montreal, Osaka en Washington, die niet of nauwelijks kunnen concurreren met de oudere luchthavens in de betrokken stedelijke gebieden. Het resultaat is doorgaans een langdurige en aanzienlijke onderbenutting van de nieuwe luchthaven.

Gerichte overheidsmaatregelen om luchtvaartmaatschappijen binnen hetzelfde luchthavensysteem zoveel mogelijk van de oude naar de nieuwe luchthaven te dirigeren blijken veelal niet effectief te zijn. De ontwikkelingen op Montreal-Dorval[11] en op Amerikaanse luchthavens als Detroit City Airport, Dallas Love Field en Houston Hobby Airport illustreren dat. Sommige van deze luchthavens zijn na opening van de nieuwe luchthaven zelfs metterdaad eerst gesloten, maar later toch opnieuw geopend. De veelvuldig aangenomen vanzelfsprekendheid, dat de oude luchthaven gesloten zal worden bij opening van de nieuwe luchthaven, blijkt dus in de praktijk herhaaldelijk in zijn tegendeel te verkeren. Zeker als het gaat om goed geoutilleerde luchthavens, die volwaardig ingericht zijn voor het groot commercieel verkeer[12].

Ook de ontwikkelingen binnen het Londense luchthavensysteem onderstrepen de weerbarstigheid van deze sturingsproblematiek. Hoewel de Britse overheid tot in het begin van de jaren negentig de verkeersverdeling tussen met name Heathrow en Gatwick heeft trachten te beïnvloeden met behulp van de *traffic distribution rules*[13], vertoont de verkeersontwikkeling op de afzonderlijke luchthavens een tamelijk autonome ontwikkeling. De totale vervoersgroei van het Londense luchthavensysteem heeft zich in de jaren negentig zelfs voor bijna 98% geconcentreerd op Heathrow, ondanks de toenemende congestie, waarmee juist deze luchthaven kampt. Figuur 1 brengt deze ontwikkelingen voor de Londense luchthavens in beeld.

Deze voorbeelden wekken de indruk, dat de mate waarin de verkeersverdeling tussen de luchthavens in een meervoudig luchthavensysteem te sturen valt, nogal eens overschat wordt. De risico's voor de levensvatbaarheid van een nieuwe luchthaven in zo'n systeem kunnen daarvan

[8] Eindhoven bijvoorbeeld concurreert op een aantal Europese bestemmingen weliswaar met Schiphol, maar alleen voor passagiers in de Oostbrabantse markt en niet voor passagiers uit de Randstad.

[9] Hansen en Weidner, 1995.

[10] De Neufville, 1995.

[11] Mirabel werd in 1975 aangelegd als de nieuwe internationale gateway van Montreal. Ondanks het feit, dat bij de opening van overheidswege werd voorgeschreven dat alle internationale vluchten (met uitzondering van de vluchten op de VS) dienden te verhuizen van de oude luchthaven Dorval naar het nieuwe Mirabel, werd in de daarop volgende jaren een groeiend aantal vluchten toch vanaf Dorval uitgevoerd. In 1997 zullen uiteindelijk alle internationale vluchten weer volledig op Dorval geaccommodeerd worden. Mirabel rest dan nog slechts de afhandeling van een beperkt aantal charter- en vrachtvluchten. (Airports International, April 1996).

[12] De enige bekende luchthaven in Europa, die daadwerkelijk vervangen is door een nieuwe, is de te kleine luchthaven Riem bij München.

[13] Met deze regels werd getracht nieuw lijndienstverkeer alsmede alle charterverkeer op Gatwick te concentreren en de toegang tot Heathrow te ontzeggen.

welke verkeers- en vervoersegmenten van Schiphol uit te plaatsen zijn naar regionale luchthavens zonder dat de mainportfunctie van Schiphol zou worden aangetast. Zo constateert het NEI[15] dat onder die voorwaarde krap 9% van het totale aantal commerciële verkeersbewegingen in 2015 zou zijn uit te plaatsen. Het gaat daarbij om de afroming van dikke vervoerstromen in het Europese lijndienst- en charterverkeer, alsmede dikke vervoerstromen in het vrachtverkeer. Ook bij deze berekeningen blijven echter de marktkrachten buiten beschouwing, die binnen een meervoudig luchthavensysteem op de verkeersverdeling inwerken.

Er kan dus worden geconstateerd, dat, ongeacht welk meervoudig luchthavensysteem tot nu toe in Nederland aan de orde is gesteld, de verkeersverdeling tussen de verschillende luchthavens hoofdzakelijk is ontsproten aan niet of nauwelijks gefundeerde aannames. Om meer zicht te krijgen op de eerder gesignaleerde risico's voor de levensvatbaarheid van een nieuwe luchthaven binnen zo'n systeem is echter meer nodig dan louter aannames. Daarvoor dienen eerst de marktkrachten geanalyseerd te worden, die een dergelijke verkeersverdeling bepalen. Die marktkrachten hangen samen met de luchthavenkeuzeprocessen van twee categorieën luchthavengebruikers: de reizigers en de luchtvaartmaatschappijen.

4. De luchthavenkeuze van reizigers

De luchthavenkeuze, die reizigers binnen een meervoudig luchthavensysteem maken, is met behulp van gedesaggregeerde keuzemodellen in verschillende studies geanalyseerd, doorgaans op basis van *revealed preferences*. Harvey[16] schatte een multinominaal logit model voor de luchthavenkeuze binnen het meervoudige luchthavensysteem in de San Francisco Bay Area. Ashford en Benchemam[17] hanteerden een soortgelijk model voor een aantal concurrerende luchthavens in centraal Engeland en Furuichi en Koppelman[18] passen een genest logit model toe op de keuze tussen een aantal Japanse luchthavens voor internationale vluchten. Voor de keuze tussen Nederlandse luchthavens en in de grensregio gesitueerde buitenlandse luchthavens is het Integraal Luchthaven Concurrentie Model geschat (Veldhuis e.a.[19], met 'stated preference' data (zie ook De Wit en Van Gent[20]).

Uit deze modelspecificaties komt een opmerkelijk homogeen beeld naar voren van de dominante variabelen in deze keuzeprocessen. Indien er sprake is van keuze-alternatieven binnen het luchthavensysteem, dat wil zeggen wanneer een lijndienstbestemming wordt aangeboden op meer dan een luchthaven in dat systeem, dan blijken de dominante keuzevariabelen betrekking te hebben op de vliegtarieven per luchthaven en op de verschillende tijdsaspecten in de betrokken transportketens. Met name spelen de voortransporttijd naar de betrokken luchthavens en de vluchtfrequentie per luchthaven een rol. Uiteraard hebben deze variabelen een ander gewicht voor zakenreizigers dan voor niet-zakenreizigers. De eersten zullen de tijdselementen zwaarder wegen en de laatsten de tariefverschillen.

Omdat het gezamenlijk gewicht van deze variabelen de luchthavenkeuze bepaalt, hebben zij een onderling compenserende werking. Zo zal een

[15] Nederlands Economisch Instituut, 1990.

[16] Harvey, 1987.

[17] Ashford en Benchemam, 1987.

[18] Furuichi en Koppelman, 1994.

[19] Veldhuis e.a., 1995.

[20] Zie ook De Wit en Van Gent, 1996, p. 479 e.v.

luchthavenkeuze. De schattingen resulteren in een verzadigingsniveau van 9 frequenties per dag per bestemming. Hoewel de geografische overdraagbaarheid van gedesaggregeerde keuzemodellen doorgaans hoog wordt aangeslagen, dient bij de modelspecificatie van Harvey op dit punt echter een vraagteken te worden gezet. Uit ander onderzoek in gedereguleerde markten (zie bijvoorbeeld figuur 3 bij De Wit, 1995) blijkt namelijk, dat het frequentieniveau een negatief verband vertoont met de afstandsklasse van een route en een positief verband met de concurrentiegraad op een route. Een algemeen geldende verzadiging bij negen vluchten per dag is daaruit niet af te leiden. Vooralsnog is derhalve dit verzadigingsniveau alleen aan het specifieke lijndienstenpakket van de luchthavens in de San Francisco Bay Area toe te schrijven.

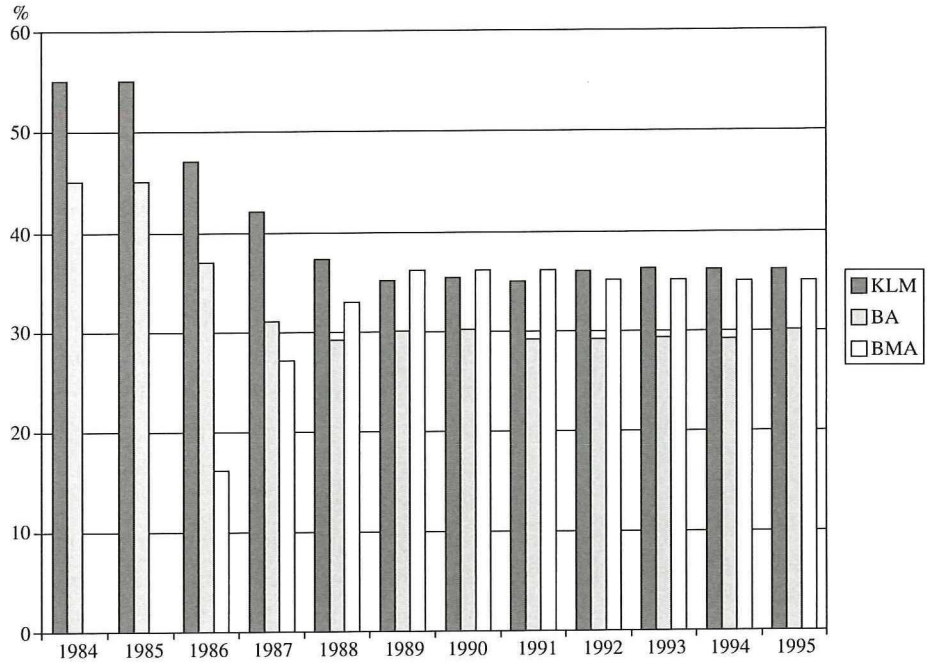
Uit het voorgaande valt op te maken dat de concurrentieverhoudingen binnen een meervoudig luchthavensysteem duidelijk gerelateerd zijn aan de keuzefactoren van de reizigers uit het gemeenschappelijke verzorgingsgebied. Geconcludeerd moet worden dat een luchthavenbeheerder, die om de gunsten van die reizigers moet concurreren met andere luchthavens binnen hetzelfde luchthavensysteem, eigenlijk nauwelijks over directe instrumenten kan beschikken om de luchthavenkeuze van de reizigers te beïnvloeden. Voor de landzijdige toegankelijkheid van de luchthaven is de luchthavenbeheerder immers afhankelijk van de verschillende overheden. Voor de tarieven en frequenties is hij afhankelijk van de luchtvaartmaatschappijen, die wat dit laatste punt betreft weer alleen de volledige beslissingsvrijheid hebben in geliberaliseerde markten. Door deze beperkingen krijgen secundaire luchthavenkeuzefactoren, zoals tax free faciliteiten en terminalcomfort soms een zwaarder accent dan ze verdienen.

Naast de reizigers is ook een tweede categorie luchthavengebruikers, namelijk de luchtvaartmaatschappijen, relevant om een compleet beeld van de concurrentieverhoudingen in een meervoudig luchthavensysteem te krijgen.

5. De luchthavenkeuze van luchtvaartmaatschappijen

Ondanks de deregulering van een aantal belangrijke luchtvaartmarkten viert in de internationale luchtvaart het principe van de reciprociteit nog steeds de boventoon in de bilaterale verhoudingen tussen de staten. De beoogde 'fair and equal opportunity' voor alle partijen komt ook tot uitdrukking in een zo evenwichtig mogelijke verdeling van de frequenties, die de 'designated carriers' door de betrokken staten krijgen toegewezen. De resulterende frequentiebalans ontneemt echter het zicht op een markante niet-lineaire aanbodreactie van de maatschappijen. Die niet-lineaire reactie, die reeds door Taneja (1968) uitvoerig is geanalyseerd, treedt pas aan het licht wanneer de betrokken maatschappijen de vrijheid krijgen om zelf hun routes en frequenties te kiezen. Dan blijkt dat de maatschappij, die zijn frequentie-aandeel verhoogt, een meer dan evenredig deel van de markt naar zich toe kan trekken. Omgekeerd geldt dit mechanisme ook: een maatschappij die zijn frequentie onder het niveau van zijn concurrent laat zakken, zal worden afgestraft met een meer dan evenredig slinkend

in de toen nog strak gereguleerde Europese markt mogelijk, doordat het Verenigd Koninkrijk en Nederland eind 1984 het eerste liberale bilaterale luchtvaartverdrag in Europa hadden gesloten.



Figuur 3: Frequentie-aandelen op de route Heathrow-Amsterdam
Bron: ABC-guide

Uit figuur 3 blijkt dat BMA in drie à vier jaar tijd in staat was de frequenties van KLM en British Airways (BA) te matchen. De inzet van kleinere vliegtuigen, vergeleken met die van de beide concurrenten, maakte het voor BMA mogelijk om ondanks die hoge frequenties toch acceptabele bezettingsgraden te realiseren. Dankzij deze frequentie matching heeft BMA in korte tijd een aanzienlijk marktaandeel op een van de dikste routes binnen Europa weten te veroveren, conform de door de S-curve voorspelde marktaandelen.

6. Enkele consequenties van de interactie tussen beide luchthavenkeuzeprocessen

Naast de concentratietendens per route tekent zich door de interactie tussen de luchthavenkeuze van de reizigers en die van de luchtvaartmaatschappijen ook een tweede concentratietendens af. De eerste concentratietendens impliceert namelijk dat een luchtvaartmaatschappij zich in een meervoudig luchthavensysteem op één luchthaven zal concentreren. Heeft zij namelijk de keuze om òf door extra frequenties op de ene route een meer dan proportioneel marktaandeel te verwerven conform figuur 2 òf haar frequenties te verspreiden over meer luchthavens in het systeem met het gevaar een meer dan proportioneel marktaandeel te verliezen, dan zal voor concentratie op één luchthaven worden gekozen, namelijk die luchthaven die

Het voorgaande werpt enig nieuw licht op de discussie over uitplaatsings- en verkeersverdelingsvraagstukken, zoals die in de context van enigerlei meervoudig luchthavensysteem voor de Randstad tot nu toe is gevoerd. De tamelijk mechanisch toegepaste verdeelsleutels, die in de jaren zeventig en tachtig in de luchthavenplanning werden gehanteerd in Nederland, hadden begin jaren negentig al plaats gemaakt voor indicaties van de beperkte verplaatsingsmogelijkheden voor het Schipholverkeer (NEI, 1990; BEA, 1993). Die beperkingen hangen samen met de sterk groeiende netwerkverwevenheid in het lijnennet van de KLM en haar partners. De jaarlijks stijgende transferpercentages weerspiegelen die ontwikkeling in het zesde-vrijheidsvervoer via Schiphol. Van het totale lijndienstvervoer op Schiphol had in 1995 45% betrekking op de transfer, terwijl dit percentage voor het KLM-complex bijna 60% bedroeg. Door een optimalisering van haar 'network economies' (zie hiervoor nader De Wit en Van Gent[30]) via een hub & spoke systeem met Schiphol als centrale hub is de KLM in staat extra vervoer te realiseren. Het neveneffect daarvan is dat de bescheiden thuismarkt van de Randstad over een relatief omvangrijk luchtlijnennet kan beschikken. De voortgaande ontwikkeling van het KLM-blokkensysteem op Schiphol perkt de verplaatsingsmogelijkheden naar andere luchthavens steeds verder in, wil men de hubfunctie van Schiphol niet aantasten.

Los van het feit dat de samenhang tussen de aansluitende lijndiensten in het transferproces de verplaatsingsmogelijkheden belemmeren, blijkt echter uit de hierboven geschetste concurrentieverhoudingen, dat die verplaatsingsmogelijkheden nog verdergaande beperkingen kennen. Door de frequentieconcurrentie manifesteren zich binnen een meervoudig luchthavensysteem immers veel bredere concentratietendensen, ongeacht of daarbij wel of geen transfermechanisme in het geding is. Wie derhalve verwacht, dat de Wet van Say ook geldt voor de benutting van een nieuwe luchthaven in een meervoudig luchthavensysteem, komt bedrogen uit: noch de reizigers, noch de luchtvaartmaatschappijen zijn spontaan geïnteresseerd in dat extra capaciteitsaanbod.

De resterende kwestie is derhalve, onder welke voorwaarden een tweede luchthaven in een meervoudig luchthavensysteem wel tot ontwikkeling kan komen.

7. Voorwaarden voor levensvatbaarheid van een tweede luchthaven

De eerste en meest voor de hand liggende conditie die een tweede luchthaven tot een succes kan maken, is de sluiting van de eerste. In dat geval wordt een meervoudig luchthavensysteem bij voorbaat in de kiem gesmoord en behoeven de reizigers noch de luchtvaartmaatschappijen te kiezen. Reeds eerder werd er echter op gewezen, dat in de praktijk goed geoutilleerde luchthavens, die doorgaans gunstiger gelegen zijn ten opzichte van hun stedelijke verzorgingsgebied dan een tweede nieuwe luchthaven, de voorkeur van zowel de reizigers als de luchtvaartmaatschappijen blijven genieten.

Uitgaande derhalve van een tenminste tweevoudig luchthavensysteem,

[30] De Wit en Van Gent, 1996.

blijkt de afgelopen decennia gestaag te stijgen als gevolg van factoren als een per luchthaven toenemende gemiddelde vliegtuiggrootte en een groeiende verkeersleidingscapaciteit. In de jaren tachtig resulteerde dit in een minimum drempelwaarde van 7 à 8 miljoen opstappende reizigers uit het directe verzorgingsgebied. Recente cijfers komen volgens De Neufville op zo'n 10 miljoen opstappers. Voor 2010 zou volgens die berekeningen een minimum van 12 miljoen aannemelijk zijn voor de levensvatbaarheid van een tweede luchthaven. Uiteraard vormt zo'n drempelvolume slechts een orde van grootte, waarvan de onzekerheidsmarges gedicteerd worden door de specifieke omstandigheden van elk afzonderlijk luchthavensysteem.

Passen we dit criterium toe op de Randstad, dan resulteert – gegeven de vervoerssamenstelling op Schiphol – een equivalent van zo'n 64 miljoen passagiersbewegingen voor deze luchthaven, wil een tweede luchthaven voor de Randstad levensvatbaar worden[36].

8. Slotopmerkingen met oog op de Nederlandse context

De afgelopen decennia zijn de inzichten in de dynamiek van meervoudige luchthavensystemen aanzienlijk verdiept. Deze inzichten kunnen ertoe bijdragen dat ook in Nederland de niet of nauwelijks levensvatbare alternatieven in de luchthavenplanning duidelijker worden onderscheiden van de wel relevante alternatieven.

Zo kunnen regionale luchthavens in Nederland in combinatie met Schiphol geen rol van betekenis spelen in een meervoudig luchthavensysteem voor de Randstad. De voortransporttijden vanuit de Randstad en de frequentieconcentratie op Schiphol impliceren dat voor regionale luchthavens slechts een rol is weggelegd in hun eigen regionale markten. Op dit algemene beeld vormt Rotterdam geen uitzondering. Het verkeersverdelingsalternatief 'Regionale luchthavens stimuleren' uit het SBL kan dus gevoeglijk worden uitgesloten.

Een tweevoudig luchthavensysteem, bestaande uit Schiphol en een nieuwe luchthaven, ongeacht of dit nu de SBL-variant van een supraregionale luchthaven, dan wel een tweede of een nieuwe nationale luchthaven betreft, is niet levensvatbaar bij een vervoervolume onder de drempel van zo'n 65 miljoen passagiers. Zolang die drempel niet is gepasseerd, zal het vervoer zich, gegeven de geschetste marktkrachten, blijven concentreren op Schiphol zonder dat het verkeer op die tweede luchthaven een omvang van enige betekenis krijgt. Ook na het passeren van die drempel zullen zich vooral niche carriers op een tweede luchthaven concentreren, die een veel grilligere vervoersontwikkeling vertonen.

Uiteraard kan wel worden getracht, de concurrentieverhoudingen tussen een tweede luchthaven en Schiphol reeds eerder ten gunste van de eerste te beïnvloeden. Daarbij dienen zich twee uitgangspunten aan.

Indien de geschetste keuzeprocessen als gegeven worden beschouwd, dan zal die beïnvloeding zich vooral moeten richten op relatieve voortransporttijden,

[36] Uitgaande van zo'n 25 miljoen passagiers in 1995, dient gerekend te worden met 3.5 miljoen charterreizigers en 21.5 miljoen lijndienstreizigers, waarvan zo'n 9.5 miljoen transferpassagiers. Dit resulteert in [(21.5 - 9.5) + 3.5]/2 = 7.75 miljoen opstappers. Rekening houdend met 70% herkomst uit de Randstad komt dit op zo'n 5.5 miljoen reizigers die relevant zijn voor de vervoerdrempel. Indien derhalve omstreeks 2010 met een drempel van 12 miljoen reizigers gerekend moet worden, betekent dit binnen de vervoersverhoudingen op Schiphol het volgende: uitgaande van dezelfde 70% is sprake van in totaal 17 miljoen opstappers, dus van 34 miljoen op- en uitstappers, waarvan zo'n 4 miljoen charterpassagiers. Per saldo is derhalve sprake van 30 miljoen op- en uitstappers in het geregelde verkeer. Gelet op de gestaag oplopende transferpercentages is het waarschijnlijk dat het volume in- en uitstappers op langere termijn verdubbeld dient te worden om tot het totale passagiersvolume in het geregeld vervoer te komen: 60 miljoen passagiers; inclusief het chartervervoer komt dit op een totaal volume van 64 miljoen passagiers als drempel voor de levensvatbaarheid van een tweede Randstadluchthaven. Dat op dit volume af te dingen zou zijn door de transfer te reduceren of te negeren, zou neerkomen op een ontkennning van de steeds belangrijkere rol, die *network economies* in de concurrentieverhoudingen binnen de wereldluchtvaart spelen.

Referenties

Ashford, N., en M. Benchemam, *Passengers' Choice of Airport: An Application of the Multinomial Logit Model*, Transportation Research Record (1987) 1147, p. 1-5.

Binsbergen, A.J. van, B. Hamel en Th.J.H. Schoemaker (1994), *Luchtreizigers via ARGUS?, Impact van ARGUS op Schiphol en de Luchthaven Rotterdam*, TU Delft, Faculteit der Civiele Techniek, sectie Verkeerskunde, rapport nr. VK 5117.302.

Boer, E. de, *Luchthavenplanning in Nederland.* Plan, 2, 1978, p.37-65.

Bureau voor Economische Argumentatie (BEA), *Uitplaatsing van passagierscharters, Inventarisatie Economische Effecten,* Hoofddorp 1993.

Chen, E., *Competitive Behavior of Airlines at Multiple Airport Systems,* MIT Flight Transport Laboratory, Report R95-3, Cambridge Mass. 1995.

Cohas, F., *Market share model for a multi-airport system,* MIT Flight Transportation Laboratory, Report R93-2, Cambridge Mass.

Cohas, F.J., P.P. Belobabba and R.W. Simpson Competitive fare and frequency effects in airport market share modeling, *Journal of Air Transport Management* Vol 2 (1995), No 1, p. 33-45.

Furuichi, M. and F.S. Koppelman, An analysis of air travelers' departure airport and destination choice behavior, *Transportation Research A,* vol. 28A (1995), Hakfoort e.a., no.3, p. 187-195.

Gelerman, W. and R. de Neufville, Planning for Satellite Airports, *Transportation Engineering Journal,* ASCE, vol.99 (1973), August 1973, p. 537-551.

Hakfoort, J., W. Manshanden, T. Poot en C. van der Vegt, Schiphol: banenmachine voor de regio, *Economisch Statistische Berichten,* 1-2-1995, p. 111-114.

Hansen, M. and T. Weidner, Multiple Airport Systems in the United States and Future Prospects, *Transportation Research Record* 1506 (1995), p.8-17.

Hansen, M., Positive Feedback Model of Multiple-Airport Systems, *Journal of Transportation Engineering,* November/December 1995, p.453-460.

Harvey, G., Airport choice in a multiple airport region, *Transportation Research A,* vol. 21 (1987), no.6, p. 439-449.

Jones, L., Off to a Head Start, *Airline Business,* September 1996, p.60-64.

Klaassen, L.H., Luchthavenproblematiek, *Economisch Statistische Berichten,* 28 juni 1972, jg 57, no. 2855, p.613.

Klink, H.A. van en P.M.J. Pol, Rotterdam-Antwerpen Airport, *Economisch Statistische Berichten,* 8-11-1995, p. 1000-1004.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, *Structuurschema Burgerluchtvaartterreinen, deel a: beleidsvoornemen,* Tweede Kamer, zitting 1979-1980, 15880, nrs. 1-2.

Nederlands Economisch Instituut, (NEI), *Luchtvaartactiviteiten en Mainportstrategie,* Rotterdam 1990.

Neufville, R. de, *Airport Systems Planning: A Critical Look at the Methods and Experience,* Cambridge, Mass.1976 (The MIT Press).

Neufville, R. de, Planning for multiple airports in a metropolitan region, *Built Environment,* 10 (3) (1984), p. 159-167.

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 371

De Europese vervoersintegratie, in het bijzonder: 'n zitting van de Transportraad

Prof.dr.mr. J.G.W. Simons[1]

Ten geleide

Al enige rubrieken komen woorden (d.w.z. wit- en groenboeken; mededelingen van de Europese Commissie) maar geen daden aan bod. Dat dit in de Europarubriek toch tot de mogelijkheden behoort, willen we in de volgende paragraaf laten zien door een Raadszitting en wel die van 3 en 4 oktober 1996 van de Ministers van Vervoer door te nemen. In ruimer Raadsverband vinden overigens enkele voor Europa essentiële ontwikkelingen plaats, waarbij ook eens een keer stil gestaan dient te worden, met name vanwege de uiteindelijke beïnvloeding, ook, op vervoersgebied. Ik doel dan op de ontwikkelingen inzake de Economische en Monetaire Unie, die uiteindelijk zal leiden tot één Europese muntsoort, namelijk de Euro, alsmede de toetredingsonderhandelingen met een aantal kandidaat-lidstaten; niet dus over de Intergouvernementele Conferentie over wijziging van het Verdrag van Maastricht. Daarover is publiekelijk nog zo weinig bekend en zeker, dat elke vermelding slechts gissen zou zijn. We zullen in dit 'ten geleide' bij de twee eerstgenoemde onderwerpen stilstaan, niet nadat nog is gemeld dat Vervoerscommissaris Kinnock buitengewoon 'woedend' was toen de Ecofin-raad op 14 oktober door een blokkerende minderheid van 5 lidstaten besloot het gevraagde extra geld (bijna 1 miljard Ecu) voor de Transeuropese Netwerken (TEN's) niet ter beschikking te stellen. Er zij aan herinnerd dat de 14 geselecteerde projecten in totaal ruwweg 100 miljard Ecu kosten en slechts voor een klein deel door de Europese Unie worden gefinancierd. Het leeuwendeel is voor de lidstaten en particuliere financiële instellingen. Overigens is op eerdere EU-begrotingen al 1,8 miljard Ecu voor de TEN's uitgetrokken. Het gevraagde miljard Ecu zou daar dan voor 1998 en 1999 bovenop komen. Van de andere kant heeft de Europese Investeringsbank de afgelopen 3 jaar al rond 33 miljard ECU – dat op zich al een derde van de totale kosten is – ter beschikking van de TEN's gesteld. Maar ook dit jaar heeft natuurlijk het Europees Parlement, aangezien dit medebeslist over de begroting, het laatste woord, dat waarschijnlijk slechts gaat reiken tot een derde deel van de 300 miljoen Ecu gevonden besparingen voor deze infrastructuurprojecten.

Besparingen, zo is zeker, gaat ook de nieuwe Euro opleveren, tenminste wanneer hij er daadwerkelijk komt. De invoering staat gepland voor 1 januari 1999 (start van de EMU), met een uiterste datum voor de grootscheepse Euro-operatie, medio 2002. De deelnemende landen hebben dan één gemeenschappelijke munt en één centrale bank, die de stabiliteit van de munt bewaakt. Om te kunnen toetreden moet men voldoen aan convergentiecriteria, die de inflatie, de rente, de overheidsfinanciën inclusief de overheidsschuld alsmede de wisselkoers betreffen. Het informatiecircus, ook op

EUROPARUBRIEK

[1] De auteur is hoogleraar Vervoerseconomie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam en secretaris van de Rotterdamse Kamer van Koophandel alsmede het Nederlands Vervoersoverleg.

het lidmaatschap te voldoen'. Kan het *aquis communautaire*, ten uitvoer worden gelegd? In hoeverre voldoet de infrastructuur aan EU-normen ten aanzien van milieu, energie, nucleaire veiligheid, telecommunicatie, vervoer alsmede gezondheid en veiligheid op de arbeidsplaats.

Kortom ook hier gaat het – net als bij de EMU – uiteindelijk om de verzekering van stabiliteit als zo'n stap, in casu uitbreiding van de EU, wordt gemaakt.

'n Zitting van de Transportraad (in casu 3 en 4 oktober 1996)

De procedures die in de Ministerraad spelen zijn talrijk. Ze kunnen dan ook niet in dit bestek behandeld worden, doch naar aanleiding van een aantal agendapunten is het mogelijk enkele naar voren te halen. Allereerst de beroemde A-punten, de zgn. hamerstukken aan het begin van de vergadering. Hieronder zou deze keer ondermeer de juridische vaststelling van het binnenvaartpakket, waarover de politieke discussie in de Transportraad al in maart was afgerond, geschieden. Dit punt kon evenwel niet worden afgehandeld in verband met zogenaamde 'technische problemen', waarvoor dan ondermeer te lezen valt 'de vertalingen zijn nog niet gereed'. Zoals gebruikelijk zullen deze stukken dan ook op een andere Ministerraad worden afgehandeld. Ten tijde (begin november) van het schrijven van deze rubriek was dat nog niet gebeurd, maar naar alle waarschijnlijkheid zal het nu op de eerstkomende Cultuurraad geschieden.

Een tweede procedurele bijzonderheid was dat dit keer ook een dialoog – voor de tweede maal – plaatsvond met de transportministers van de Midden- en Oosteuropese landen. De taken worden dan verdeeld; bijvoorbeeld Duitsland, Zweden en de Commissie voerden het woord over het *witboek spoor*, gezien hun inbreng en praktische resultaten in deze. Inhoudelijk werden uiteraard de problematische situaties bij de grensovergangen ter sprake gebracht, terwijl de vertegenwoordigers van de geassocieerde landen van Midden- en Oost-Europa (LMOE-landen) ieder de ontwikkeling ten aanzien van het spoorvervoer in zijn land uiteenzette, waarbij de situatie nogal verschillend bleek. Ook kwamen de maatregelen ter sprake om eerlijke, niet-discriminerende en efficiënte vervoersprijzen te krijgen, ten einde in de toekomst tot een integratie van de vervoerssystemen tussen de LMOE en de Unie te komen.

Twee andere agendapunten van deze Raad betroffen onderhandelingen van de Europese Unie met enerzijds een aantal LMOE-landen en anderzijds met Zwitserland. Enerzijds kreeg de Europese Commissie een mandaat om te onderhandelen met de LMOE-landen, ten einde een evenwichtige openstelling van harmonisatie in de luchtvervoersmarkt tussen beide blokken te bewerkstelligen, met een grote nadruk op de communautaire veiligheidsnormen. Het agendapunt 'onderhandelingen met Zwitserland' betrof meer een verslag van de Commissie over de stand van de onderhandelingen op het gebied van inland- en luchtvervoer. De onderhandelingen moeten worden voortgezet, echter wel binnen het eertijds vastgestelde onderhandelingsmandaat, ondanks de druk die andere onderwerpen op het transportdossier leggen.

Vervolgens kwamen een aantal

omdat daarover besloten is dat weliswaar het Comité van Permanente Vertegenwoordigers dit voorstel verder zal bespreken, maar hierover tijdens één van de volgende zittingen aan de Raad zal rapporteren. Dat hoeft dus niet persé de vergadering in december a.s. te zijn.

Onder de luchtvaartonderwerpen werd het Europese Commissievoorstel over de aansprakelijkheid van luchtvervoerders bij ongevallen besproken dat overigens in grote lijnen steun kreeg, ofschoon een mondiale regeling de voorkeur zou verdienen. Ook de veiligheid zelve van de luchtvaart en het luchtverkeerbeheer kwam ter sprake. Bij de eerste is sprake van een verslag van de 'Groep op Hoog Niveau', te zien als een 'veredeling' van de werkgroep Transport van het Comité van Permanente Vertegenwoordigers, waarbij het gaat om de communautaire strategie voor de verbetering van de veiligheid en de oprichting van een Europese autoriteit op veiligheidsgebied. Voor wat het luchtverkeerbeheer betreft informeerde de Europese Commissaris Kinnock de Raad over een binnenkort in te dienen voorstel voor een mandaat voor besprekingen tussen de Europese Unie en Eurocontrol.

Wat het zeevervoer betreft waren ook hier veiligheidsregelingen aan bod en met name die wat betreft vissersvaartuigen langer dan 24 meter. Ook hier met name de vraag of dit soort regelingen ook moeten gelden voor schepen uit derde landen. Ofschoon zich een kleine meerderheid aftekent, komt het onderwerp weer terug in de december-Raad.

Procedureel interessanter waren de behandeling van een nota van de Britse delegatie – hier brengt dus een lidstaat en niet de Europese Commissie een idee naar voren – over de kosten van de maritieme infrastructuur die niet langer uit de begrotingen van de overheden maar door de gebruikers van de verstrekte diensten zouden moeten worden betaald. Na de daaropvolgende gedachtewisseling waarbij de standpunten nogal uiteenliepen inzake wenselijkheid en consequenties, heeft het voorzitterschap meegedeeld dat het voorstel uitvoeriger besproken zal worden wanneer de Raad ook de mededeling van de Commissie over een nieuwe maritieme strategie, behandelt, daarmee onder meer vermijdend dat de Raad een besluit zou nemen dat niet zijn basis heeft in een voorstel van de Europese Commissie.

Louter voor de volledigheid zij hier ook nog vermeld dat de Raad slechts geluisterd heeft naar een – en dan nog korte – uiteenzetting van Europees Vervoerscommissaris Kinnock over een voorstel van een richtlijn betreffende minimumeisen voor schepen die gevaarlijke of verontreinigde goederen vervoeren naar of uit zeehavens van de Gemeenschap.

Hiermee is weer eens een min of meer willekeurige zitting van de Transportraad doorgenomen; vooral met het oog op enkele procedurele aspecten. Bij nadere beschouwing van de inhoudelijke kant blijkt er echter geen echt juridisch besluit te zijn genomen, zodat de openingszinnen van deze rubriek wat de daden betreft, met een korreltje zout moeten worden genomen. Dit kan evenwel aan het toeval worden toegeschreven. De komende decembervergadering van de Transportministers en die onder het Nederlandse voorzitterschap in de eerste helft van 1997 staan er wat de vooruitzichten wat dadendrang betreft, beter voor.

Tijdschrift
vervoerswetenschap
4/96 pagina 377

STATISTISCHE RUBRIEK

Energieverbruik door vliegtuigen op en nabij Nederlandse civiele luchthavens: een rekenmodel

Consumption of energy by aeroplanes on and near Dutch civil airports: a method of computation

J.R. van der Vijgh[1]

1. Inleiding

In dit artikel wordt een model gepresenteerd, waarmee het energieverbruik door vliegtuigen op en nabij de Nederlandse civiele luchthavens kan worden berekend. Dit rekenmodel vormt een eerste aanzet tot de ontwikkeling van een groter geheel, waarmee het energieverbruik door vliegtuigen op en boven Nederlands grondgebied kan worden bepaald.

De ontwikkeling van dit rekenmodel vindt plaats met het oog op de voltooiing van een stelsel van statistieken over het verbruik van energie voor transportdoeleinden. Dat verbruik kan vanuit verschillende gezichtspunten worden bezien. Vanuit de invalshoek 'verkeer en vervoer als functie' wordt het energieverbruik per verkeerswijze beschreven. Er worden reeds jaarlijks gegevens gepubliceerd over het energieverbruik in het wegverkeer en de binnenvaart. Gegevens over het energieverbruik in de zee- en luchtvaart zijn tot dusverre echter in slechts zeer geringe mate beschikbaar. Vaststelling van het verbruik in de luchtvaart op of boven Nederlands grondgebied op basis van directe waarneming, bijvoorbeeld bij luchtvaartbedrijven of luchtvaartinstanties, is vooralsnog niet mogelijk. Daarom zullen de resultaten van de hier gepresenteerde methode de huidige lacune in belangrijke mate moeten vullen.

Het basismodel voor de berekening van het energieverbruik per verkeerswijze is identiek voor alle verkeerswijzen. Het energieverbruik wordt steeds bepaald door de verkeersprestaties en het zogenoemde specifiek verbruik van de ingezette vervoermiddelen. Afhankelijk van de aard van het vervoermiddel en de verkeerswijze wordt het model nader gespecificeerd. Naarmate de heterogeniteit van het park of de vloot van vervoermiddelen groter is, zal ook het aantal modelvariabelen toenemen. Ook de opbouw van de verkeersprestaties kan sterk uiteenlopen binnen een bepaalde verkeerswijze, hetgeen zijn weerslag zal hebben op de modelspecificaties. Kenmerkend voor de statistieken van het energieverbruik per verkeerswijze is dat er bij de berekeningen gebruik wordt gemaakt van een groot aantal verschillende bronnen, binnen en buiten het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Dat is vooral het geval bij de raming van het energieverbruik in de luchtvaart.

De samenstelling van de luchtvloot is zeer heterogeen. Dit wordt in het model weerspiegeld door het grote aantal vliegtuigtypen dat is onderscheiden. De opbouw van de verkeersprestaties in de luchtvaart wordt eveneens gekenmerkt door een

[1] De auteur is Statistisch onderzoeker bij het Centraal Bureau voor de Statistiek te Voorburg.

paragraaf is aangegeven, zal met behulp van het rekenmodel alleen het energieverbruik van vliegtuigen tijdens de complete cyclus van landing en start worden berekend. De verbruikte hoeveelheid brandstof tijdens deze cyclus is dus de doelvariabele. In het model wordt het verbruik verklaard door een vijftal variabelen:

1. het vliegtuigtype;
2. het type vliegtuigmotor;
3. de vliegtuigbeweging;
4. het specifiek brandstofverbruik per fase uit de LTOc;
5. de gemiddelde tijdsduur voor elke fase uit de LTOc: de TIM (time-in-mode).

Hieronder worden deze variabelen en de daarbij gehanteerde veronderstellingen nader toegelicht.

2.1 Vliegtuigtype en vliegtuigklasse

De vloot vliegtuigen wordt gekenmerkt door een grote variatie aan uitvoeringen. Elk vliegtuig heeft een code (Aircraft Type Designator) die is opgesteld door de ICAO (International Civil Aviation Organization). Met deze code kan een vliegtuig getypeerd worden. Bijvoorbeeld een Boeing 737-300 heeft de ICAO-codering B73S L2J. B73S is de internationale identificatiecode voor het vliegtuig. L2J geeft de classificatie weer: *landplane* met 2 gasturbinemotoren. In het systeem van de ICAO worden voor het motortype de letters P (piston), T (turboprop) en J (turbofan) onderscheiden.[2] Het totaal aantal coderingen is ongeveer 1200 waarvan er ruim 400 op de Nederlandse luchthavens zijn waargenomen. Voor het rekenmodel heeft elk vliegtuigtype een cijfer/letter/letter combinatie. Deze codering geeft de vliegtuigklasse aan waartoe het vliegtuig wordt gerekend. Het cijfer is het aantal motoren en de eerste letter geeft het motortype aan: P voor zuigermotor, J voor turbojet en T voor turboprop. De tweede letter kan een H (voor helikopter) of B (voor businessjet) zijn. Bijvoorbeeld de Citation (Cessna) heeft de ICAO-code C500 L2J en voor het rekenmodel de classificatiecode 2JB.

Het doel van de classificatie van de vliegtuigtypen is te komen tot een aantal vliegtuigklassen waarbinnen de specifieke verbruiksfactoren per vliegtuigtype (en motortype) min of meer vergelijkbaar zijn. Hiertoe zijn de volgende zeven vliegtuigklassen onderscheiden: wide-body (J=TFw), turbofan (J=TF), turbofan/business (J=TFb), turboprop (T=TP), turboprop/business (T=TPb), helikopter en piston.

2.2 Type vliegtuigmotor

Een belangrijk uitgangspunt in het rekenmodel is de vliegtuigmotor. Het brandstofverbruik per fase in de LTOc is afhankelijk van het motortype. Over de vliegtuigmotor ontbreekt informatie in de gegevensbestanden van de luchthavens. Deze informatie en gevevens over het verbruik zijn via diverse andere bronnen verzameld. De motortypen zijn, voor zover te achterhalen, per type van het vliegtuig in het model toegepast. Aan de vliegtuigtypen waarvan gegevens over de motor ontbreken, worden de LTOc-factoren meegegeven van de vliegtuigen behorend tot dezelfde vliegtuigklasse met hetzelfde aantal motoren binnen die klasse. Er wordt dus verondersteld dat bij die vliegtuigen hetzelfde type motor is

[2] De turbojetmotor is een eerste generatie straalmotor. Tegenwoordig zijn turbofanmotoren algemeen toegepast in verkeersvliegtuigen. In de ICAO-notatie wordt echter nog steeds de letter 'J' gebruikt.

vliegtuigmotoren door fabrikanten weergegeven. Deze metingen betreffen het brandstofverbruik in kg/sec en gegevens over emissies (in g/kg brandstof) in een bepaalde fase uit de LTOc. De hoogte van het SBv per fase uit de LTOc is onder meer afhankelijk van het ingezette vermogen van de motor in die fase. In tabel 6 is een voorbeeld van een opgave uit de EEED opgenomen. Op de eerste regel achter 'engine identification' is het motortype vermeld. Onderaan de bladzijde is bij de regel 'manufacturer' de fabrikant van de motor opgenomen. In het middelste kader zijn respectievelijk de gegevens LTOc-fase, ingezet vermogen in procenten, gemiddelde tijdsduur van de LTOc-fase (Amerikaanse standaard), specifiek brandstofverbruik (kg/sec) en emissiefactoren (g/kg) opgenomen.

In tabel 2 zijn de geteste motortypes die in de EEED zijn opgenomen per fabrikant verantwoord.

Naast de gegevens uit de EEED, zijn ook verbruikspecificaties over de LTOc gebruikt uit publikaties van bijvoorbeeld de U.S. Environmental Protection Agency (EPA) en uit het 'Handbook of emissionfactors nr. 1, non-industrial sources' van het Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening.

Bij het ontbreken van LTOc-gegevens van een motor van een bepaald vliegtuig, heeft dat vliegtuig in het model het gewogen gemiddelde verbruik per fase uit de LTOc van zijn vliegtuigklasse met hetzelfde aantal motoren meegekregen. Als wegingsfactor is daarvoor het aantal vliegtuigbewegingen uit die vliegtuigklasse gebruikt.

Tabel 2: Vliegtuigmotoren waarvan testresultaten uit de EEED bekend zijn

Fabrikant	Codering motortype	
Garrett	TFE	731
CFM International	CFM	56
General Electric	CF6	6D, 45, 50, 80
International Aero Engines	V2500	–
Pratt & Whitney	JTD8D	7, 9, 11, 15, 17, 209, 217, 219
Pratt & Whitney	JTD9D	7, 59, 70, 7Q, 7R4
Pratt & Whitney	JT15D	1, 4
Pratt & Whitney	PW	2037, 2040, 2041, 4056, 4152, 4156, 4158, 4256, 4460
Rolls-Royce	RB211	22, 524, 535
Rolls-Royce	SPEY	MK 511, 555
Rolls-Royce	TAY	611, 620
Rolls-Royce	M45H	01
Rolls-Royce	OLYMPUS	593
Textron-Lycoming	ALF	502
MKB 'Progress'	D-36	–
NPO 'Trud'	NK-86	–

2.5 Gemiddelde tijdsduur per fase in de LTOc: TIM

De time-in-mode (TIM) geeft de gemiddelde tijdsduur aan die benodigd is voor een fase uit de LTOc. De TIM is een belangrijke variabele omdat veranderingen van de TIM de uitkomsten sterk beïnvloeden.

Voor het in dit artikel beschreven model is per vliegtuigtype en per luchthaven de TIM vastgesteld. Zie tabel 3 voor de TIM-tijden in seconden per fase uit de LTOc.

deze vliegtuigen is juist het aandeel in de totale prestaties veel minder (26%) dan het aandeel in het totale brandstofverbruik (96%).

Ter illustratie van het niveau van het energieverbruik door vliegtuigen tijdens de LTOc volgen hieronder enige cijfers over het verbruik door het wegverkeer en door binnenschepen.

- Het totale energieverbruik door het wegverkeer binnen Nederland bedroeg in 1994 366 500 TJ. Dit verbruik is samengesteld uit 172 900 TJ aan motorbenzine (5 250 mln liter), 162 200 TJ aan diesel (4 520 mln liter) en 31 300 TJ aan LPG (1 310 mln liter). Van het totale verbruik is 64% toe te schrijven aan de personenauto.
- Het totale enegieverbruik door binnenschepen binnen Nederland was in 1994 25 300 TJ (706 mln liter gasolie). Hiervan is ca. 93% toe te schrijven aan de bedrijfsmatige binnenvaart.

Uit bovenstaande gegevens is af te leiden dat het energieverbruik door vliegtuigen slechts 1,5% is van het totale verbruik van de drie verkeerswijzen te zamen. Er moet wel worden bedacht dat het energieverbruik door vliegtuigen alleen het verbruik tijdens de LTOc-fase op en nabij de vliegvelden betreft. De totale bunkers Jet-A1 op Nederlandse vliegvelden waren in 1994 ca. 2 730 mln liter (95 100 TJ).

In de tabellen 4 en 5 zijn uitkomsten opgenomen die uit de toepassing van de beschreven methodiek resulteren.

Tabel 4: Per vliegtuigklasse het energieverbruik tijdens landing en start op en nabij Nederlandse civiele luchthavens

	1993					1994				
Klasse	Totaal	Totaal	Schiphol	Middel	Klein	Totaal	Totaal	Schiphol	Middel	Klein
	TJ	mln l				TJ	mln l			
1 Wbody	1 765	50,720	50,604	0,117	0,000	1 905	54,742	54,692	0,050	0,000
2 TF	3 039	87,332	81,812	4,937	0,583	3 161	90,827	85,388	4,766	0,673
3 TFb	24	0,686	0,105	0,501	0,080	26	0,760	0,136	0,555	0,069
4 TP	205	5,895	4,356	1,493	0,046	207	5,947	4,477	1,381	0,089
5 TPb	42	1,211	0,518	0,674	0,019	49	1,406	0,679	0,702	0,025
6 Heli	51	1,476	0,515	0,536	0,425	46	1,322	0,366	0,541	0,416
7 Piston	127	3,645	0,316	1,672	1,658	121	3,469	0,313	1,610	1,545
Totaal	5 254	150,966	138,225	9,929	2,811	5 515	158,473	146,053	9,603	2,817

Middel: Eelde, Eindhoven, Maastricht en RotterdamKlein: overige luchthavens

Tabel 5: Per vliegtuigklasse het aantal vliegbewegingen op en nabij Nederlandse civiele luchthavens

Klasse	1993 Totaal	Totaal	Schiphol	Middel	Klein	1994 Totaal	Totaal	Schiphol	Middel	Klein
	%					%				
1 Wbody	2,8	31 740	31 660	80	0	3,0	34 232	34 202	30	0
2 TF	16,0	181 323	169 628	10 483	1 212	16,6	190 732	179 328	10 008	1 396
3 TFb	1,6	17 715	2 521	13 126	2 068	1,7	19 276	3 185	14 303	1 788
4 TP	6,5	73 471	51 206	21 582	683	6,5	74 468	54 112	18 998	1 358
5 TPb	2,7	30 815	8 858	21 297	660	2,7	31 234	10 012	20 346	876
6 Heli	2,2	25 145	7 523	7 981	9 641	2,0	23 141	5 352	8 370	9 419
7 Piston	68,1	769 904	24 110	257 316	488 478	67,5	773 314	17 250	258 773	497 291
Totaal	100,0	1 130 113	295 506	331 865	502 742	100,0	1 146 397	303 441	330 828	512 128

Middel: Eelde, Eindhoven, Maastricht en Rotterdam
Klein: overige luchthavens

Bijlage

Tabel 6: ICAO EXHAUST EMISSIONS DATA BANK SUBSONIC ENGINES

ENGINE IDENTIFICATION:	CF6-80C2/A3
ENGINE TYPE:	High Bypass Turbofan
BYPASS RATIO:	5.1
PRESSURE RATIO (ELOPMENT.	ANTICIPATED CERTIFICATION DATE
	• OTHER (EXPLAIN)
DATA STATUS	* DATA OBTAINED FROM NEWLY-MANUFACTURED ENGINES
	• DATA OBTAINED FROM IN-SERVICE ENGINES
	• BEFORE OVERHAUL
	• AFTER OVERHAUL
	• OTHER (EXPLAIN)
EMISSIONS DATA	• UNCORRECTED DATA
	* CORRECTED FOR AMBIENT EFFECTS
POWER	EMISSION INDICES (g/Kg)

MODE	POWER SETTING (F_{00})	TIME MINS	FUEL Kg/SEC	EMISSION INDICES (g/Kg) HC	CO	No_x	SMOKE NUMBER
TAKE-OFF	100%F_{00}	0.7	2.457	0.08	0.59	34.44	7.8
CLIMB OUT	85%F_{00}	2.2	2.003	0.10	0.57	25.45	
APPROACH	30%F_{00}	4.0	0.649	0.21	2.15	10.01	
IDLE	7%F_{00}	26.0	0.202	9.21	42.18	3.96	
NUMBER OF TESTS				3	3	3	3
NUMBER OF ENGINES				2	2	2	2
DP/F_{00}(AVERAGE) OR S/N(MAX)(g/KN)				11.30	52.67	49.91	7.8
DP/F_{00} OR S/N(SIGMA)(g/KN)				1.29	3.03	0.40	1.3
DP/F_{00}(g/KN) OR S/N RANGE				9.85-12.32	49.18-54.56	49.63-50.42	6.3-8.6

ACCESSORY LOADS

POWER EXTRAC-TION	0	(KW) AT	..	POWER SETTING(S)
STAGE BLEED	0	%CORE FLOW AT	..	POWER SETTING

ATMOSPHERIC CONDITIONS			FUEL		
BAROMETER	KPa	97.40 - 97.82	SPEC	H/C	AROM.
TEMPERATURE	oK	287 - 296			
ABS. HUMIDITY	KC/KG	.0084 - .0140	JET A	1.94	15.3%

MANUFACTURER:	General Electric Co.
TEST ORGANIZATION:	CF6 Evaluation Engineering
TEST LOCATION:	Site III C, PTO, Peebles, Ohio
TEST DATES:	FROM 5/29/85 TO 6/3/85

REMARKS: Ref. GE Report R86AEB143;
Engine S/N's 6901005 and 690005/2
Data corrected per ICAO Annex 16, Volume II, Part III, Chap. 3.

LIJST VAN TOT OP HEDEN VERSCHENEN THEMANUMMERS VAN HET TIJDSCHRIFT VERVOERSWETENSCHAP

Jaargang	Nummer	Onderwerp
1965	2	Problèmes de l'Infrastructure des Transports
1969	2	Honderd Jaren Akte van Mannheim
1972	extra nummer	Nationale Integrale Verkeers- en Vervoersstudie
1974	2	Zeevaart
	4	Goederenvervoer
1975	1	Tweede Nationale Luchthaven
	2	Zeevaart
	3	Verkeer, Vervoer en Ruimtelijke Ordening
	4	Rijn-Main-Donau Verbinding
1976	1	Rijn-Schelde-Verbinding
	2	Vaarwegen
	3	Ruimtelijke Ordening
	4	Beleidsinformatiesystemen voor het Goederenvervoer
1977	1	Ontwikkelingen Verkeer en Vervoer in België
	2	World Conference on Transport Research
	3	Vervoersbesluitvorming en Vervoersanalyse; Capita Selecta
1978	1	Structuurschema Verkeer en Vervoer
	3	Transport en Energietoekomst
	4	Verkeer en Vervoer in Streek en Stad; Waarheen?
1979	1	Transport in Ontwikkelingslanden
	3	Scheepvaart
	4	Openbaar Personenvervoer
1980	1	Vervoer in Crisis
	2	Vervoer en Energie
	3	Haventarief Politiek
	4	Binnenvaart
1981	1	Luchtvaart
	3/4	Vervoers- en Haveneconomie: tussen Actie en Abstractie
1982	2	Transport via Buisleidingen
	3	Grensformaliteiten
	4	Logistics for Survival
1983	2	Goederenvervoerbeleid
	4	Personenvervoerbeleid
1984	2	Werken in het Vervoer
	4	Informatica en Transport
1985	2	De Economische Betekenis van het Vervoer
	3	De Ontwikkeling van de Vervoerswetenschappen
1986	2	Scheepvaart: Beleid in Beweging
	3	Gecombineerd Vervoer
	4	De Grote Operaties
1987	2	Zeehavenbeleid in België en Nederland
	3	Hoge Snelheidstreinen in Europa
	4	Ontwikkelingen in de Luchtvaart
1988	2	Strategic Informatics
	3	Interne Vervoermarkt 1992
	4	Transport problems in some developing countries