

Sector : Economie en fysieke omgeving
Afdeling/Project : Luchtvaartscenario's
Samensteller(s) : John Blokdijk, Roel van Elk
Nummer : 154
Datum : 21 april 2006

Validatie van het Airport Catchment Area Competition Model (ACCM)

Eind 2004 heeft DG Transport en Luchtvaart aan de bureaus SEO en Rand Europe opdracht gegeven om luchtvaartscenario's te ontwikkelen langs dezelfde lijnen als de WLO-studie. Hiertoe is een nieuw modelinstrumentarium ontwikkeld: het 'Airport Catchment Area Competition Model' (ACCM). Dit model kwantificeert de passagiersvraag, luchtvracht en het aantal vliegtuigbewegingen op Schiphol, alsmede de gevolgen van capaciteitsrestricties op de luchthaven.

Dit memorandum presenteert de validatie van ACCM aan de hand van de modeluitkomsten van diverse exercities. Het model blijkt plausibele resultaten te genereren en bewijst een nuttig hulpmiddel te zijn bij de kwantificering van ontwikkelingen in de luchtvaart. Het verdient dan ook aanbeveling dit model voor de toekomst te behouden en te verbeteren. Het oplosalgoritme van dit simultane model en het ontbreken van een bedrijfseconomische module voor luchtvaartmaatschappijen zijn de belangrijkste aandachtspunten voor de verdere ontwikkeling.

1 Inleiding

In dit memorandum wordt verslag gegeven van de validatie van het door RAND en SEO ontwikkelde luchtvaartmodel ACCM (Airport Catchment Area Competition Model). Deze validatie is gebaseerd op exercities met de tweede versie van het model (ACCM II). Inmiddels is er sprake van een doorontwikkelde versie (ACCM III), die op een aantal punten is verbeterd ten opzichte van ACCM II.¹ Voor de hier gepresenteerde resultaten maakt dit nauwelijks verschil en de conclusies blijven geldig voor ACCM III.

Tijdens de exercities is gekeken naar de werking van het model en de aannemelijkheid van de door het model gegenereerde resultaten. Allereerst zijn ongerestricteerde varianten gedraaid waarbij diverse inputvariabelen aangepast werden. Vervolgens is ook gekeken hoe het model omgaat met capaciteitsbeperkingen op de luchthavens. Dit memorandum presenteert onze bevindingen en sluit af met enkele algemene conclusies en aanbevelingen voor het model.²

2 Ongereestricteerde volume-ontwikkelingen

Het ACCM model bepaalt de passagiersaantallen en vliegtuigbewegingen in het zichtjaar 2020 voor elk van de vier WLO-scenario's.³ In tabel 2.1 worden deze ongerestricteerde volume-ontwikkelingen per scenario samengevat.⁴ Het totale aantal passagiers dat gebruik maakt van Schiphol groeit van 40 miljoen in 2003 tot 64 à 96 miljoen in 2020, afhankelijk van het scenario. Het totaal aantal vliegtuigbewegingen zal toenemen tot 546 duizend in het RC- en tot 807 duizend in GE-scenario.

Tabel 2.1 Volume-ontwikkeling in de vier WLO-scenario's

	2003	2020			
		GE	SE	TM	RC
Passagiers totaal (mln)	40	96	69	84	64
Vliegtuigbewegingen (*1000)	393	807	579	722	546

Ter vergelijkingen leggen we deze modeluitkomsten naast de voorspelde luchtvaartontwikkelingen uit de CPB-studie 'Economie en fysieke omgeving'.⁵ Deze worden

¹ Het betreft hier verbeteringen in de basisgegevens (o.a. wat betreft vlootsamenstelling), de mogelijkheid extrapolaties naar 2040 te maken en de ontwikkeling van een variant op basis van slotallocatie. Zie SEO en RAND (2006) voor een beschrijving van deze aanpassingen.

² Zie bijlage B voor een beknopte beschrijving van de modelwerking. Voor een uitgebreidere modelbeschrijving verwijzen we naar SEO en RAND (2005).

³ De Mooij en Tang (2003).

⁴ Zie bijlage A voor een uitgebreider en gedetailleerder overzicht van de luchtvaartontwikkelingen.

⁵ CPB (1997).

weergegeven in tabel 2.2. Merk op dat destijds nog werd gerekend met drie toekomstscenario's in plaats van vier.

Tabel 2.2	Volume-ontwikkeling in drie omgevingsscenario's (EFO)			
	1995	2020		
		GC	EC	DE
Passagiers totaal (mln)	25	97	69	58
Vliegtuigbewegingen (*1000)	279	784	627	580

De in tabel 2.2 gepresenteerde ontwikkelingen tot 2020 komen qua orde van grootte vrij goed overeen met die uit tabel 2.1. Het GC scenario komt goed overeen met GE; EC en DE sporen vrij aardig met respectievelijk SE en RC. De ongerestricteerde modeluitkomsten komen dus behoorlijk goed overeen met eerder gedane voorspellingen op dit gebied.

3 Effecten exogene veranderingen

Om de effecten van exogene veranderingen op de output van het model te bestuderen, hebben we de ongerestricteerde variant van het GE-scenario als uitgangssituatie genomen. Vanuit dit basisscenario hebben we gekeken naar veranderingen in de demografische en economische exogenen (inkomingsgroei, handelsgroei en bevolkingsgroei). Vervolgens zijn ook varianten met verschillende inkomenselasticiteiten en auto-parameters bestudeerd.

Bij het draaien van deze varianten stonden de effecten op het aantal passagiers, de vrachthoeveelheid en het aantal vliegbewegingen op Schiphol centraal. Het aantal passagiers is hierbij onderverdeeld in aandelen zakelijk en privé, transfer en OD, en Europees en intercontinentaal. Ook is gekeken naar de marktaandelen van de verschillende luchtvaartmaatschappijen. Tot slot is (op hoofdkeuze-niveau) het marktaandeel vliegen voor passagiers tussen Nederland en Europa bepaald en (op routekeuze-niveau) het marktaandeel van de luchthaven Schiphol. De resultaten worden hieronder per variant gepresenteerd.

3.1 Inkomingsgroei

Voor inkomingsgroei in West-Europa zijn een aantal resultaten samengevat in tabel 3.1. We merken hierbij op dat bij hogere of lagere inkomingsgroei, de diverse outputvariabelen netjes in de te verwachte orde van grootte meeveranderen. Als inkomingsgroei over alle wereldregio's wordt verhoogd, is de globale tendens dat effecten sterker worden.

Tabel 3.1 Effecten inkomensgroei West-Europa in het GE-scenario (zichtjaar 2020)

	BBP per hoofd	Basis	BBP per hoofd
	- 1% per jaar		+ 1% per jaar
Marktaandeel vliegen tussen NL en Europa	68.0%	67.8%	68.0%
Marktaandeel Schiphol t.o.v. 4 Hubs ^a	16.3%	16.4%	16.4%
Vliegbewegingen Schiphol (x 1000)	728.1	806.6	909.1
Aandeel vrachtluchten	4.6%	5.1%	5.7%
Aandeel passagiersvluchten	95.4%	94.9%	94.3%
Vracht (kiloton)	2810.5	3458.2	4411.6
Passagiers Schiphol (mln)	89.0	96.2	105.0
Aandeel zakelijk	43.0%	39.8%	36.4%
Aandeel privé	57.0%	60.2%	63.6%
Aandeel herkomst/bestemming	69.4%	70.3%	71.1%
Aandeel transfer	30.6%	29.7%	28.9%
Aandeel Skyteam	62.1%	61.4%	60.8%
Aandeel Rest excl. Low Cost Carriers ^b	18.0%	18.1%	18.0%
Aandeel Low Cost Carriers ^b	19.9%	20.5%	21.2%
Aandeel continentaal	70.3%	70.3%	70.2%
Aandeel intercontinentaal	29.7%	29.7%	29.8%

^a Totaal Schiphol, Frankfurt, Parijs en Londen.

^b LCC incl. Charters.

In tabel 3.1 is te zien dat een hogere inkomensgroei leidt tot een hogere passagiersvraag, een grotere vrachthoeveelheid en meer vliegtuigbewegingen. Dit geldt niet alleen voor Schiphol, maar ook voor de andere luchthavens. Het aandeel zakelijke passagiers neemt af, naarmate er meer inkomensgroei is. Dit is te verklaren doordat inkomensgroei in het groeimodel alleen doorwerkt op niet-zakelijke passagiers. Het absolute aantal zakelijke passagiers is in de drie varianten precies gelijk. Door een toename in het absolute aantal (prijsgevoeligere) privé passagiers, stijgt het marktaandeel low cost carriers (LCC) bij hogere groei. Dit komt overeen met de veronderstelling dat marktpenetratie door low cost carriers eerder plaatsvindt bij hogere groei. De toename in het marktaandeel LCC gaat op Schiphol ten koste van SkyTeam. Door het grotere gebruik van directe LCC-routes, neemt het aandeel transferpassagiers af bij hogere inkomensgroei. Dit lijkt ook een plausibel resultaat: bij hoger inkomen zullen passagiers wellicht eerder een transferroute inruilen voor een duurdere directe verbinding. De marktaandelen vliegen en Schiphol veranderen, zoals verwacht, nauwelijks.

Tot slot een opmerking over de inkomenselasticiteit. Bij een gedraaide variant, waarin de BBP-groei in de hele wereld met 1% per jaar werd verhoogd ten opzichte van de basisrun, bleek het absolute aantal privé passagiers met ongeveer 1.3% per jaar toe te nemen. Dit duidt erop dat de inkomenselasticiteiten (die gemiddeld ongeveer 1.3 bedragen) goed in het model zitten.

3.2 Handelsgroei

De resultaten bij aanpassing van de handelsgroei in West-Europa worden gepresenteerd in tabel 3.2. Bij handelsgroei stijgt het aantal passagiers en vliegtuigbewegingen. Handelsgroei werkt alleen door op de groei van zakelijke passagiers, waardoor het aandeel privé passagiers afneemt. Merk op dat de verschillen in passagiersaantallen minder groot zijn dan bij inkomensgroei, aangezien de handelsselasticiteit een stuk lager is dan de gemiddelde inkomenselasticiteit.

Opmerkelijk is dat de hoeveelheid vracht precies gelijk blijft bij groeiende handel. Dit wordt veroorzaakt doordat de vracht in het model alleen afhankelijk is van BBP-groei (en dus van BBP-groei/capita en bevolkingsgroei). Handelsgroei heeft dus geen invloed op de hoeveelheid vracht. Dit lijkt niet erg realistisch: bij een sterkere handelsgroei mag een toename van de vrachthoeveelheid verondersteld worden.

Tabel 3.2 Effecten handelsgroei in West-Europa in het GE-scenario (zichtjaar 2020)

	- 1% per jaar	Basis	+ 1% per jaar
Marktaandeel vliegen tussen NL en Europa	68.1%	67.8%	67.6%
Marktaandeel Schiphol t.o.v. 4 Hubs ^a	16.6%	16.4%	16.2%
Vliegbewegingen Schiphol (x 1000)	788.2	806.6	833.3
Aandeel vrachtvluchten	5.2%	5.1%	4.9%
Aandeel passagiersvluchten	94.8%	94.9%	95.1%
Vracht (kiloton)	3458.2	3458.2	3458.2
Passagiers Schiphol (mln)	92.5	96.2	100.4
Aandeel zakelijk	37.4%	39.8%	42.3%
Aandeel prive	62.6%	60.2%	57.7%
Aandeel herkomst/bestemming	69.9%	70.3%	70.7%
Aandeel transfer	30.1%	29.7%	29.3%
Aandeel Skyteam	61.6%	61.4%	61.3%
Aandeel Rest excl. Low Cost Carriers ^b	17.9%	18.1%	18.2%
Aandeel Low Cost Carriers ^b	20.5%	20.5%	20.5%
Aandeel continentaal	69.7%	70.3%	70.8%
Aandeel intercontinentaal	30.3%	29.7%	29.2%

^a Totaal Schiphol, Frankfurt, Parijs en Londen

^b LCC incl. Charters

3.3 Bevolkingsgroei

De resultaten voor de bevolkingsgroei in West-Europa zijn weergegeven in tabel 3.3. We zien dat bevolkingsgroei, via een toename in het aantal privé passagiers, leidt tot meer passagiers. Ook de vrachthoeveelheid en het aantal vliegbewegingen neemt toe. Door de toename in het aantal privé passagiers stijgt het marktaandeel LCC en neemt het aandeel transfer af. Het marktaandeel vliegen en het marktaandeel van Schiphol veranderen nauwelijks.

Tabel 3.3 Effecten bevolkingsgroei in West-Europa in het GE-scenario (zichtjaar 2020)

	- 1% per jaar	Basis	+ 1% per jaar
Marktaandeel vliegen tussen NL en Europa	68.0%	67.8%	68.0%
Marktaandeel Schiphol t.o.v. 4 Hubs ^a	16.3%	16.4%	16.4%
Vliegbewegingen Schiphol (x 1000)	739.6	806.6	891.3
Aandeel vrachtluchten	4.5%	5.1%	5.9%
Aandeel passagiersvluchten	95.5%	94.9%	94.1%
Vracht (kiloton)	2810.5	3458.2	4411.6
Passagiers Schiphol (mln)	90.2	96.2	103.2
Aandeel zakelijk	42.4%	39.8%	37.1%
Aandeel prive	57.6%	60.2%	62.9%
Aandeel herkomst/bestemming	69.5%	70.3%	71.1%
Aandeel transfer	30.5%	29.7%	28.9%
Aandeel Skyteam	62.0%	61.4%	60.8%
Aandeel Rest excl. Low Cost Carriers ^b	18.1%	18.1%	18.1%
Aandeel Low Cost Carriers ^b	19.9%	20.5%	21.1%
Aandeel continentaal	70.0%	70.3%	70.5%
Aandeel intercontinentaal	30.0%	29.7%	29.5%

^a Totaal Schiphol, Frankfurt, Parijs en Londen

^b LCC incl. Charters

3.4 Inkomenselasticiteit

In het model zitten 4 inkomenselasticiteiten verdeeld naar bestemming (intra-europees, intercontinentaal) en naar periode (2003-2010 en 2010-2020). De aanname is dat inkomenselasticiteiten in de toekomst zullen afnemen, aangezien vliegen steeds minder als 'luke' beschouwd wordt. Voor intra-europees bedragen de inkomenselasticiteiten in het basisscenario respectievelijk 1.3 en 1.1, voor intercontinentaal 1.6 en 1.4.

De inkomenselasticiteit⁶ heeft invloed op de vraag van privé passagiers. Tabel 3.4 laat zien dat een daling van alle inkomenselasticiteiten naar 1 (dit is te beschouwen als een situatie waarin

⁶ In ACCM III is differentiatie in de inkomenselasticiteiten tussen de scenario's aangebracht.

vliegen geen luxe meer is), leidt tot een afname in het aantal privé passagiers. Zoals verwacht blijft het aantal zakelijke passagiers en de vrachthoeveelheid constant. Ook heeft aanpassing van de inkomenselasticiteit nauwelijks invloed op de marktaandelen vliegen en Schiphol. Aangezien de inkomenselasticiteit in dit geval meer verlaagd wordt voor intercontinentale vluchten, daalt ook dit aandeel. Voor wat betreft LCC spelen er nu twee effecten: door de afname van het aandeel privé zal dit aandeel dalen, maar de toename van het aandeel continentale vluchten doet het aandeel stijgen. In totaal zien we een licht positief effect op het marktaandeel LCC.

Tabel 3.4 Effecten inkomens-elasticiteiten in het GE-scenario (zichtjaar 2020)

	Alle op 1%	Basis	Alle tussen basis en 1%
Marktaandeel vliegen tussen NL en Europa	67.6%	67.8%	67.7%
Marktaandeel Schiphol t.o.v. 4 Hubs ^a	16.2%	16.4%	16.3%
Vliegbewegingen Schiphol (x 1000)	749.4	806.6	778.4
Aandeel vrachtluchten	5.5%	5.1%	5.3%
Aandeel passagiersvluchten	94.5%	94.9%	94.7%
Vracht (kiloton)	3458.2	3458.2	3458.2
Passagiers Schiphol (mln)	89.1	96.2	92.5
Aandeel zakelijk	43.0%	39.8%	41.4%
Aandeel prive	57.0%	60.2%	58.6%
Aandeel herkomst/bestemming	71.0%	70.3%	70.6%
Aandeel transfer	29.0%	29.7%	29.4%
Aandeel Skyteam	61.0%	61.4%	61.2%
Aandeel Rest excl. Low Cost Carriers ^b	18.2%	18.1%	18.1%
Aandeel Low Cost Carriers ^b	20.8%	20.5%	20.7%
Aandeel continentaal	71.7%	70.3%	71.0%
Aandeel intercontinentaal	28.3%	29.7%	29.0%

^a Totaal Schiphol, Frankfurt, Parijs en Londen

^b LCC incl. Charters

3.5 Auto-parameters

Tot slot hebben we gekeken naar de effecten van aanpassingen in het landzijdige LOS. Aanpassingen in de parameters voor auto en trein zouden geen al te grote invloed mogen hebben op de resultaten. In tabel 3.5 zijn de uitkomsten gepresenteerd van enkele aanpassingen in de auto-parameters.

Tabel 3.5 Effecten verandering auto-parameters in het GE-scenario (zichtjaar 2020)

	Parkeren + 50 %	Basis	Verbruik + 50 %
Marktaandeel vliegen tussen NL en Europa	67.7%	67.8%	70.8%
Marktaandeel Schiphol t.o.v. 4 Hubs ^a	16.2%	16.4%	15.9%
Vliegbewegingen Schiphol (x 1000)	797.4	806.6	801.3
Aandeel vrachtluchten	5.1%	5.1%	5.1%
Aandeel passagiersvluchten	94.5%	94.9%	94.9%
Vracht (kiloton)	3458.2	3458.2	3458.2
Passagiers Schiphol (mln)	94.8	96.2	95.3
Aandeel zakelijk	39.2%	39.8%	39.4%
Aandeel prive	60.8%	60.2%	60.6%
Aandeel herkomst/bestemming	69.8%	70.3%	70.0%
Aandeel transfer	30.2%	29.7%	30.0%
Aandeel Skyteam	61.8%	61.4%	61.7%
Aandeel Rest excl. Low Cost Carriers ^b	18.8%	18.1%	18.9%
Aandeel Low Cost Carriers ^b	20.4%	20.5%	20.4%
Aandeel continentaal	69.9%	70.3%	70.0%
Aandeel intercontinentaal	30.1%	29.7%	30.0%

^a Totaal Schiphol, Frankfurt, Parijs en Londen

^b LCC incl. Charters

Een verhoging van de parkeerkosten op Schiphol leidt tot iets minder passagiersvraag. We zien dat reizigers uitwijken naar een andere luchthaven of de reis per auto maken. Deze effecten zitten er dus goed in, maar leiden (zoals we mochten verwachten) slechts tot kleine verschillen. Bij een verhoging van het verbruik van de auto treden twee effecten op. Allereerst zullen passagiers door hogere kosten de reis per auto niet meer maken of de auto substitueren voor het vliegtuig. Hierdoor zien we een stijging in het marktaandeel vliegen. Aangezien het duurder wordt om naar de luchthaven te rijden, zal de vraag naar vliegreizen ook afnemen. Dit leidt tot een iets lagere passagiersvraag en aantal vliegbewegingen op Schiphol. Ook hier zien we dat aanpassingen slechts tot marginale verschillen in de resultaten leiden.

4 Effecten Restricties

Het aantal vluchten op Schiphol is gebonden aan een fysieke en een geluidscapaciteit. De fysieke capaciteit wordt in het model uitgedrukt in een maximum aantal vliegbewegingen per dagdeel. De geluidsnorm wordt uitgedrukt in een maximum Totaal Volume Geluid (TVG). Wanneer er sprake is van fysieke of geluidsrestricties, brengt het model het totaal aantal

vluchten binnen deze grenzen. Dit terugschalen van het aantal vluchten gebeurt middels het doorberekenen van schaarstekosten aan passagiers en luchtvaartmaatschappijen.⁷

Ter bestudering van de modelresultaten zijn diverse varianten gedraaid waarin fysieke en/of geluidsrestricties zijn opgelegd in het GE-scenario. Over het algemeen genereert het model plausibele resultaten. Het aantal vluchten wordt binnen de grenzen gebracht, wat tot verschuivingen in marktaandelen leidt. De belangrijkste resultaten volgen hieronder.

- Met volledige fysieke capaciteitsrestricties op alle luchthavens en een geluidsrestrictie (maximum TVG = 63.46) alleen op Schiphol, blijkt geen van de luchthavens aan de ongerestricteerde vraag te kunnen voldoen. Frankfurt (FRA) en Parijs (CDG) lopen tegen hun totale capaciteit aan, Amsterdam (AMS) blijft hieronder doordat zij eerder tegen de TVG-grens aanzit.
Opmerkelijk is dat Londen (LON) ver boven haar totale capaciteit uitkomt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat passagiers op London in het programma niet kunnen uitwijken naar andere luchthavens, waar dit in werkelijkheid wel kan. Daarom krijgen passagiers wel te maken met schaarsteheffingen die redelijk zijn in verhouding met AMS, FRA en CDG, maar wordt er niet geprobeerd om LON aan haar capaciteitsgrenzen te laten voldoen (dit zou leiden tot ongeloofwaardig hoge schaarsteheffingen).
- Bij alleen een capaciteitsrestrictie op AMS, blijkt het aantal vliegbewegingen nauwelijks toe te nemen vergeleken met de vorige situatie. Ondanks dat er geen geluidsrestrictie is, benut AMS nog steeds niet haar volledige capaciteit. Dit komt doordat de vraag in de avond onder de maximale capaciteit blijft. In de ochtend en middag is de vraag hoger dan de capaciteit. Dit patroon lijkt realistisch en werd erkend door KLM.
- Bij alleen een geluidrestrictie neemt het totaal aantal vluchten op AMS wel toe vergeleken met het volledig gerestricteerde geval. De capaciteitsrestrictie wordt opgeheven en er passen veel meer vluchten in de ochtend en middag. Aangezien er in die dagdelen geen geluidsstraffactoren zitten (in avond en nacht wel) kunnen er relatief veel vluchten bij voordat TVG-grens bereikt wordt.
- Als de restricties zeer hoog worden ingesteld, merken we op dat het ongerestricteerde geval nooit precies gereproduceerd wordt. Dit komt door de manier van programmeren. Elke iteratie schommelt het aantal vluchten iets. Als de afwijking minder is dan 1% en de stapgrootte niet veel afwijkt van de vorige, is het model geconvergeerd.

⁷ In ACCM III is ook de mogelijkheid opgenomen om dit terugschalen te laten plaatsvinden door middel van het huidige systeem van slotallocatie op basis van grandfather-rights.

5 Conclusies

Tijdens de exercities bleek het model vlot te implementeren en het draaien van de modelruns verliep zonder problemen.

Bij aanpassingen in de demografische en economische exogenen, genereert het model plausible resultaten. We constateren dat de inkomens- en handelselecticiteiten goed in het model zitten. Ook het feit dat veranderingen in het totale aantal passagiers in het ongerestricteerde geval de marktaandelen van de luchthavens nagenoeg onveranderd laat, is aannemelijk. Immers, pas bij het opleggen van fysieke of geluidsrestricties verwachten we dat marktaandelen gaan verschuiven. Het enige opmerkelijke resultaat is dat de hoeveelheid vracht in het model onafhankelijk blijkt te zijn van de handelsgroei. Vracht is alleen gekoppeld aan BBP-groei per hoofd van de bevolking en bevolkingsgroei. Dit is echter geen groot probleem, aangezien in de praktijk een scenario met handelsgroei altijd gekoppeld is aan BBP-groei.

Ook bij verschillende soorten restricties levert het model realistische resultaten. Alleen Londen wordt niet goed binnen de capaciteitsrestricties gebracht, vanwege het feit dat reizigers in het model niet kunnen uitwijken naar een andere luchthaven. Door het iteratieve proces in het model treden kleine schommelingen op, waardoor het totaal aantal vliegbewegingen op een luchthaven maximaal 1% kan afwijken van de capaciteit.

Algemeen concluderend is het ACCM model een goed bruikbaar en nuttig model voor de kwantificering van luchtvaartscenario's, waarbij we de volgende kanttekeningen willen maken:

- Het model bevat geen bedrijfseconomische module voor luchtvaartmaatschappijen. Luchtvaartmaatschappijen zijn dus niet direct hun winst aan het maximaliseren, maar hun gedrag wordt impliciet (via vuistregels) bepaald.
- Het model is niet in staat nieuwe verbindingen aan te maken. Dit kan een tekortkoming zijn, aangezien er in de toekomst waarschijnlijk veel nieuwe verbindingen geopend zullen worden. Op dezelfde manier neemt het model impliciet aan dat bij dalende passagiersvraag (bijvoorbeeld door capaciteitsrestricties) maatschappijen altijd op de bestaande routes zullen blijven opereren. Het model laat dus geen verbindingen vallen, waar in de praktijk onrendabele routes uit de lucht zullen worden genomen.
- Voor het bepalen van de vlootverdeling over de verschillende technologieklassen in het zichtjaar wordt in het model gebruik gemaakt van een door SEO ontwikkelde heuristiek. Deze heuristiek is gebaseerd op overgangskansen voor de vervanging van een vliegtuig door een bepaald type in een gegeven jaar. Deze overgangskansen worden bepaald aan de hand productiejaren en operatiejaren van vliegtuigen in de verschillende technologieklassen. De

heuristiek lijkt plausibel, maar in de praktijk blijkt het opschuiven van de technologieklassen op deze manier nog niet erg goed te werken.

- Het model is niet simultaan gemodelleerd en daardoor erg afhankelijk van de gebruiker. In de huidige vorm worden altijd 40 iteratieslagen gemaakt (ook als er, bijvoorbeeld voor de bepaling van een ongerestricteerde uitkomst, maar 2 nodig zijn) en vindt er geen nette terugkoppeling plaats tussen de LOS- en GTU-frequenties. Onze aanbeveling is om het model voor de toekomst wel simultaan te modelleren en modelsoftware te gebruiken, waarmee het simultane model kan worden opgelost.

Deze kanttekeningen kunnen dienen als belangrijke aandachtspunten bij een verdere ontwikkeling van het ACCM model.

Literatuur

CPB, 1997, *Economie en fysieke omgeving*, Den Haag.

De Mooij, Ruud en Paul Tang, 2003, *Four Futures of Europe*, CPB, Den Haag.

SEO en RAND, 2005a, *Modelontwikkeling ACCM en Kwantitatieve Verkenning WLO-Luchtvaartscenario's*, Amsterdam.

SEO en RAND, 2005b, *Ontwikkeling Schiphol tot 2020 en capaciteitsrestricties in de luchtvaart*, Amsterdam.

SEO en RAND, 2006, *Ontwikkeling Schiphol tot 2020-2040 bij het huidige beleid*, Amsterdam.

Bijlage A: Ongerestricteerde Uitkomsten ACCM II

	Passagiers					Marktaandelen				
	2003	2020				2003	2020			
		GE	SE	TM	RC		GE	SE	TM	RC
Passagiers Totaal (Mln.)	40.1	96.2	68.6	84.3	63.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
O/D	23.7	67.6	44.1	57.9	42.9	59.1	70.3	64.3	68.7	67.6
w.v..Europa	20.6	59.9	38.8	51	37.9	51.4	62.3	56.6	60.5	59.7
w.v. Intercontinentaal	3.1	7.7	5.2	6.9	5	7.7	8.0	7.6	8.2	7.9
Transfer	16.4	28.6	24.6	26.4	20.6	40.9	29.7	35.9	31.3	32.4
w.v..intra Europa	4.6	7.7	6	6.9	5.1	11.5	8.0	8.7	8.2	8.0
w.v. Europa - ICA	9.6	16.6	14.3	15.4	12	23.9	17.3	20.8	18.3	18.9
w.v. tussen ICA	2.2	4.3	4.3	4.1	3.5	5.5	4.5	6.3	4.9	5.5
Zakelijk	15.4	38.3	27.5	31.4	22.9	38.4	39.8	40.1	37.2	36.1
Niet-zakelijk	24.7	57.9	41.1	52.9	40.6	61.6	60.2	59.9	62.8	63.9
SkyTeam	27.3	59.1	43.8	53	39.9	68.1	61.4	63.8	62.9	62.8
Overige Allianties	6.1	17.4	10.3	14	10	15.2	18.1	15.0	16.6	15.7
Low-Cost C en Charters	6.7	19.7	14.6	17.4	13.5	16.7	20.5	21.3	20.6	21.3
Vracht (mln.ton)	1307	3458	3173	3304	2192					
Vliegtuigbewegingen (*000)	393	806.6	579.2	721.8	546.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Freighters	14.7	40.9	36.6	37.2	25.3	3.7	5.1	6.3	5.2	4.6
Pax- en combi's	378.3	765.7	542.6	684.6	521	96.3	94.9	93.7	94.8	95.4
w.v.Europa	334.4	663.9	461.1	592.7	446.8	85.1	82.3	79.6	82.1	81.8
w.v.Intercontinentaal	44	101.8	81.5	91.9	73.9	11.2	12.6	14.1	12.7	13.5
Totaal volume Geluid (TVG)	64.2	65.13	64.31	64.76	63.72					
Totale mutatie TVG (t.o.v. basis)		0.93	0.11	0.56	-0.48					
Door mutatie vliegtuigbewegingen		3.12	1.68	2.64	1.43					
Door mutatie vloot		-2.19	-1.57	-2.08	-1.91					

Bijlage B: Modelwerking ACCM

Deze bijlage geeft een beknopt verslag van de werking van het luchtvaartmodel ACCM. De modelwerking zal eerst beschreven worden voor het ongerestricteerde geval. Vervolgens zal worden weergegeven hoe het model omgaat met capaciteitsrestricties. Tenslotte zullen enkele opmerkingen volgen over de wijze waarop low cost carriers en transferpassagiers gemodelleerd zijn.

In de tekst zal verwezen worden naar de publicaties van RAND en SEO. Hierbij zullen we de publicatie “Modelontwikkeling ACCM en Kwantitatieve Verkenning WLO-Luchtvaartscenario’s” (2005a) kortweg aanduiden als “ACCM I rapport” en “Ontwikkeling Schiphol tot 2020 en capaciteitsrestricties in de luchtvaart” (2005b) als “ACCM II rapport”.

1 Modelwerking ongerestricteerd

Het ACCM model bepaalt passagiersaantallen en vliegtuigbewegingen voor het zichtjaar 2020 aan de hand van verschillende toekomstscenario’s.⁸ In het model vindt een interactie tussen de passagiersmodule en de vliegtuigbewegingenmodule plaats. In paragraaf 1 wordt de passagiersmodule besproken. Paragraaf 2 behandelt de vliegtuigbewegingenmodule en de interactie tussen beide.

1.1 Passagiersmodule

De passagiersmodule bepaalt, met behulp van een groeimodel en een concurrentiemodel, de ongerestricteerde vraag van passagiers op een luchthaven. In het groeimodel wordt de groei van het totale passagiersvervoer berekend aan de hand van economische en demografische ontwikkelingen. Hier wordt dus de totale hoeveelheid passagiersvervoer in het zichtjaar vastgesteld. In het concurrentiemodel worden de marktaandelen van verschillende reisalternatieven voor deze passagiers bepaald. Op hoofdvervoerkeuze-niveau heeft een reiziger de alternatieven auto, trein en vliegtuig. Voor de hoofdkeuze vliegtuig worden op route-niveau de marktaandelen van de mogelijke routes bepaald (gespecificeerd door vertrekluchthaven, hub, en alliantie).⁹

⁸ De vracht laten we in deze bijlage buiten beschouwing. Dit wordt bepaald aan de hand van macro-economische data en is gekoppeld aan BBP-groei (p.40 e.v. ACCM I rapport) .

⁹ Vertrekluchthaven is alleen onderdeel van de routekeuze als vertrokken wordt uit een achterlandzone.

1.1.2 Groeimodel

De groei van de totale passagiers wordt onderverdeeld naar zakelijke en privé passagiers. De groei van zakelijke passagiers is afhankelijk van de *handelsgroei* en de *prijsgroei zakelijk*¹⁰, en de handels- en prijselasticiteiten. De groei van niet-zakelijke passagiers is afhankelijk van de *inkomensgroei*, *bevolkingsgroei*, de *prijsgroei niet-zakelijk*, en de inkomens- en prijselasticiteiten.

1.1.3 Concurrentiemodel

De marktaandelen van de verschillende alternatieven worden bepaald aan de hand van nutsfuncties, gebaseerd op de gegeneraliseerde kosten voor een alternatief. De nutsfunctie van een routekeuze-alternatief (*i*) ziet er als volgt uit:

$$U(i) = \alpha \log(\text{Freq}(i)) + \beta \text{GenCost}(i) + \gamma \text{LogSum}(\text{Toegang}),$$

waarbij

$$\text{GenCost} = \text{Ticketprijs} + \text{VOT} * \text{Reistijd} + \text{VOWT} * (56/\text{Freq}).$$

Voor het basisjaar 2003 zijn al deze variabelen bepaald. Voor het zichtjaar zijn scenario-specifieke aannames gemaakt over al deze variabelen:

$\text{Freq}(i)$ = De frequentie van het routekeuze-alternatief, zoals opgenomen in het Level of Service (LOS). Dit is afhankelijk van scenario-specifieke parameters, gebaseerd op marktgroei en technologische vooruitgang (p.50 ACCM I rapport)

Ticketprijs = Afhankelijk van scenario-specifieke aannames over tripconstante en uurtarief (p.56 ACCM I rapport). Het resultaat voor de uiteindelijke prijs is afhankelijk van de concurrentiefactor, die endogeen door het model bepaald wordt.

De economische interpretatie hierachter is als volgt. In eerste instantie zijn ticketprijzen gebaseerd op kosten en de mate waarin maatschappijen hun kosten kunnen doorberekenen. Voor vrijwel alle scenario's is een kostprijsverlaging verondersteld (verlaging van de tripconstante en het uurtarief). De mate waarin deze kostenverlaging uiteindelijk doorwerkt in de ticketprijs voor de consumenten hangt af van de concurrentiegraad op de desbetreffende route.

¹⁰ Dit is het gemiddelde niveau van gegeneraliseerde kosten van alle concurrerende alternatieven.

VOT = Waardering reistijd, gedifferentieerd naar zakelijk en privé. Deze waarden zijn scenario-specifiek (p.58 ACCM I rapport).

VOWT = Waardering wachttijd, gedifferentieerd naar zakelijke en privé. Deze waarden zijn scenario-specifiek (p.58 ACCM I rapport).

LogSum (Toegang) = Gebaseerd op de gegeneraliseerde kosten voor auto en treinreis als vervoerskeuze naar de luchthaven. Ook hierover zijn scenario-specifieke aannames gemaakt (p.59 e.v. ACCM I rapport).

De bepaling van de marktaandelen op hoofdvervoerkeuze-niveau is gebaseerd op de gegeneraliseerde kosten van trein, auto en vliegtuig voor de hele reis. Merk op dat in de nutsfuncties voor vliegen de term $\alpha \log(\text{Freq}(i))$ niet meegenomen wordt. Op hoofdvervoerkeuze-niveau speelt de kwaliteit (in termen van frequenties) dus een minder grote rol dan op routekeuze niveau. De frequentie speelt hier alleen een rol bij de bepaling van de wachttijd in de GenCost.

De hierboven beschreven variabelen zitten in de Level of Service Module (LOS). Het LOS bevat dus alle verbindingen met bijbehorende frequenties, ticketprijzen, etc. De vooraf door het model bepaalde frequenties worden daarom ook wel LOS-frequenties genoemd. Het model kent één LOS voor het basisjaar en vier voor het zichtjaar (voor elk scenario één).

1.1.3 Interactie

In de passagiersmodule wordt de reizigersgroei uit het groeimodel toegepast op hoofdvervoerkeuze-niveau. Dit geeft het totaal aantal vliegtuigpassagiers:

Totaal reizigers zichtjaar * marktaandeel vliegen = totaal aantal passagiers.

Op routeniveau wordt vervolgens het totaal aantal passagiers op Schiphol bepaald:

Totaal aantal passagiers * marktaandeel Schiphol = totaal aantal passagiers Schiphol.

Merk op dat de marktaandelen op zowel hoofd- als routeniveau grotendeels bepaald worden door het gedraaide scenario, aangezien de variabelen in de nutsfuncties per scenario in het LOS vastliggen. Aanpassing van de demografische en economische exogenen t.o.v. een basis scenario, kunnen tot enige veranderingen in deze marktaandelen leiden via het aandeel zakelijke

passagiers. Niet-zakelijke passagiers zijn prijsgevoeliger en hebben een lagere tijdswaardering dan zakelijke passagiers, waardoor verschuivingen kunnen ontstaan in de marktaandelen van alternatieven.

1.2 Vliegtuigbewegingenmodule

In de vliegtuigbewegingenmodule worden de GTU-verdelingen van de vloot (grootte, technologie, uur van de dag) per route en per luchtvaartmaatschappij bepaald. De vloot wordt op deze manier onderverdeeld in 5 G-classes, 9 T-classes en 4 U-classes. Met behulp van deze verdeling wordt het aantal vliegtuigbewegingen berekend aan de hand van het aantal passagiers dat volgt uit de passagiersmodule. Hieronder wordt eerst de bepaling van deze zogenaamde GTU-frequentie besproken. Vervolgens zal de precieze bepaling van de GTU-verdeling behandeld worden.

1.2.1 GTU-frequentie

Op basis van de G-verdeling, wordt het gemiddeld aantal stoelen per vliegtuigbeweging bepaald. Hiermee kan het totaal aantal vliegbewegingen berekend worden:

Totaal aantal passagiers/gemiddeld aantal stoelen = totaal aantal vliegbewegingen.

Dit aantal vliegtuigbewegingen wordt de GTU-frequentie genoemd. Het kan zijn dat dit aantal niet overeenkomt met de vooraf door het model bepaalde LOS-frequentie. Het model probeert *niet* om beide aan elkaar gelijk te stellen, via bijvoorbeeld aanpassing van de LOS-frequentie of verschuiving in grootteklassen. Er vindt dus geen terugkoppeling plaats van aangepaste LOS-frequenties naar de passagiersmodule.¹¹ De verschillen tussen LOS- en GTU-frequentie schijnen in het algemeen echter niet erg groot te zijn¹²

1.2.2 Bepaling GTU-verdeling

Het model start met een bepaalde GTU-verdeling voor het basisjaar. G, T, en U zijn afhankelijk van een aantal dimensies (vertrekluchthaven, bestemmingsregio, alliantie en bijvoorbeeld routedikte of frequentieklasse). In het LOS zijn per scenario aannames gemaakt over deze dimensies. Uitgaande van de basisverdeling wordt als volgt de verdeling voor het zichtjaar bepaald.

¹¹ Deze terugkoppeling zou ertoe leiden dat het model in een loop komt.

¹² Door aanpassing demografische en economische exogenen kan het verschil tussen GTU-freq en LOS-freq in bepaalde gevallen uiteraard wel groot worden.

- De T-klasse wordt autonoom opgeschoven. Dit gebeurt aan de hand van overgangskansen voor de vervanging van een vliegtuig door een bepaald type in een bepaald jaar. Deze overgangskansen zijn gebaseerd op de productie van type vliegtuigen en de leeftijd van de vloot. Globaal schuift de vloot ongeveer een halve technologieklasse op in 17 jaar. Dit kan geïnterpreteerd worden als vlootvervanging.
- De G-klasse wordt aangepast op basis van de concurrentiefactor (HHI) en het aandeel zakelijke passagiers. Meer zakelijke passagiers leidt tot grotere vliegtuigen en een hogere concurrentie leidt tot kleinere vliegtuigen.
- Uit de passagiersmodule volgen de passagiersaantallen. Dit aantal bepaalt de routedikte. Op basis van de routedikte wordt de G-verdeling aangepast (zie voorbeeld blz. 8 ACCM II) met nog een kleine extra verschuiving naar grotere G. Met deze G-verdeling kan het gemiddeld aantal stoelen per vliegtuig bepaald worden, waarmee de GTU-frequentie berekend wordt. Dit bepaalt de frequentieklasse. Op basis van deze frequentieklasse wordt de U-verdeling aangepast. Als de frequentie laag is, zullen veel vluchten in de ochtend worden gezet. Naarmate de frequentie toeneemt zullen de vluchten meer gelijkmatig over de dagdelen verdeeld worden. (Merk op dat dit niet in het LOS zit, maar iedere iteratie wordt uitgevoerd.)
- De T-klasse wordt opgeschoven als gevolg van vlootvernieuwing. Dit gebeurt aan de hand van overgangskansen, die gebaseerd zijn op de productie van type vliegtuigen en het totaal aantal vliegbewegingen (GTU-frequentie).

2 Modelwerking gerestricteerd

In de eerste en tweede iteratie bepaalt het model de resultaten voor het basisjaar en het zichtjaar ongerestricteerd. Als er nu capaciteitsrestricties (fysiek en/of geluid) worden overschreden, moet het model het aantal vluchten gaan beperken tot het maximum aantal dat binnen de capaciteitsgrenzen past. Om dit te bereiken worden schaarstekosten doorberekend aan de passagiers en de luchtvaartmaatschappijen. Ook zal het model eenmalig generiek de LOS-frequenties verlagen. Beide zullen in de volgende paragrafen besproken worden. Tot slot zal specifiek worden ingegaan op de capaciteitsrestricties per dagdeel.

2.1 Doorberekenen schaarstekosten

Passagiers

De passagiers krijgen te maken met heffingen waardoor ticketprijzen verhoogd worden. Bij een fysieke capaciteitsrestrictie is er een constante heffing per vliegtuigbeweging. Bij

geluidrestrictie is er een gedifferentieerde heffing naar de geluidsproductie van een vliegtuig. Deze heffingen worden bij elkaar opgeteld en komen voor de passagier tot uiting in een hogere ticketprijs. De weging in zwaarte van beide heffingen is enigszins arbitrair, maar het vermoeden bestaat dat een aanpassing in deze verdeling niet veel verschil uitmaakt.

Deze ticketprijsverhoging leidt er via hogere gegeneraliseerde kosten toe dat een passagier de reis niet meer maakt (groeimodel), een ander vervoersmiddel gebruikt (concurrentiemodel: hoofdkeuze) of via een andere luchthaven vliegt (concurrentiemodel: routekeuze). Hierdoor neemt het totaal aantal passagiers af.

Luchtvaartmaatschappij

Bij overschrijding van de restricties zullen er schaarstekosten worden doorberekend aan bepaalde GTU-verdelingen. Bij fysieke capaciteitsrestricties zullen er met name heffingen op de G-klassen komen te liggen en bij geluidrestricties op T-klassen. Bij overschrijding van restricties in een bepaald dagdeel komt op die U-klasse een heffing. Hierdoor zal een verschuiving plaatsvinden naar bijvoorbeeld grotere, geluidsvriendelijkere vliegtuigen en naar dagdelen waar de capaciteit niet overschreden wordt.

Als het aantal vluchten bijvoorbeeld niet binnen de fysieke capaciteit past, zal dit via doorberekening van de schaarstekosten leiden tot minder passagiers en het gebruik van grotere vliegtuigen, waardoor het totaal aantal vluchten zal afnemen. Na iedere iteratie volgt er een check op de restricties. Zolang het aantal vluchten nog niet binnen de capaciteitsgrenzen past, zal het model de schaarstekosten per iteratie in kleine stapjes aanpassen, totdat het precies binnen de grenzen past. De schaarstekosten worden per iteratie, om en om, aan passagiers en luchtvaartmaatschappijen doorberekend. Als het aantal vliegbewegingen binnen 1% van de capaciteitsgrens is gebracht en de stapgrootte vergeleken met de vorige iteratie niet al te groot is, wordt het model als geconvergeerd beschouwd.

2.2 Frequentieverlaging

Naast het iteratieve proces waarin schaarstekosten worden toegekend, zal het model ook eenmaal de LOS-frequenties generiek verlagen. Dit heeft twee effecten. Ten eerste zal dit leiden tot hogere gegeneraliseerde kosten, waardoor het aantal passagiers zal afnemen. Verder zal er door verlaagde concurrentie een druk zijn naar het gebruik van grotere vliegtuigen. Dit leidt tot een vermindering van het aantal vliegtuigbewegingen.¹³

¹³ In de derde iteratie vindt de eerste heffing plaats, in de vierde iteratie zit de eenmalige frequentieverlaging. Vervolgens worden per iteratie afisselend schaarstekosten doorberekend aan passagier en luchtvaartmaatschappij.

2.3 Capaciteit per dagdeel

De fysieke capaciteitsrestrictie op een luchthaven wordt per dagdeel vastgesteld. In de passagiersmodule wordt echter alleen de totale passagiersvraag vastgesteld. De vraag per dagdeel wordt dus impliciet bepaald door de U-verdeling. Als in de ochtend en middag capaciteitsgrenzen overschreden worden, maar in de avond nog niet, zal er een U-verschuiving naar de avond plaatsvinden. Deze verschuiving weerspiegelt dus het gedrag van passagiers. Het kan uiteindelijk nog steeds zo zijn dat de avond nog niet tegen de capaciteit aanloopt en de ochtend en middag wel. Als de totale vraag de totale capaciteit overschrijdt, wil dit dus nog niet zeggen dat de volledige capaciteit ook altijd helemaal benut wordt.

3 Low cost carriers en transferpassagiers

Als op een bepaalde verbinding een drempelwaarde van 25 frequenties per week gehaald wordt door full-service carriers, opent het model hier ook een LCC-verbinding in het zichtjaar. Deze drempelwaarde hangt alleen af van de LOS-frequenties. Merk op dat het model geen nieuwe verbindingen kan openen, maar alleen een LCC-verbinding toevoegt op een reeds bestaande verbinding.

Verschuivingen in het marktaandeel LCC zullen verder met name veroorzaakt worden door veranderingen in het aandeel privé reizigers (groeimodel). Aangezien LCC ticketprijzen in het model 70% bedragen van FSC prijzen, zal een toename in het aandeel leisure (prijnsgevoeligere) passagiers leiden tot een hoger LCC-aandeel.

Aangezien LCC vrijwel alleen op directe verbindingen actief is, zal een toename van LCC verbindingen en marktaandeel gevolgen hebben voor het marktaandeel transfer. Door meer direct vliegen zal er minder op Schiphol worden overgestapt, waardoor het transferaandeel daalt. Merk op dat schaarsteheffing ook een extra negatief effect heeft op transfer, omdat heffingen nu dubbel geteld worden (bij O-H en H-D).