

Yield Management

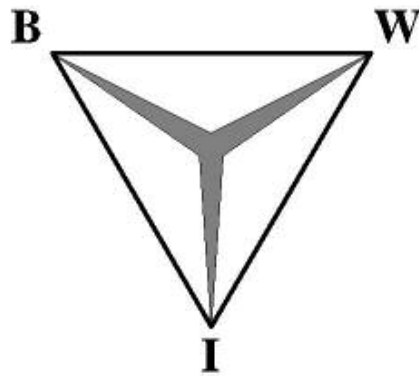
Toepassing door luchtvaartmaatschappijen

L.P. van Venrooy
(BWI-werkstuk)

januari 2002

Yield Management

Toepassing door luchtvaartmaatschappijen



L.P. van Venrooy
(BWI-werkstuk)

vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Studierichting Bedrijfswiskunde & Informatica (BWI)
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam
januari 2002

Voorwoord

Als één van de laatste onderdelen van de studie Bedrijfswiskunde & Informatica (BWI) aan de Faculteit der Exacte Wetenschappen van de *vrije* Universiteit te Amsterdam wordt het BWI-werkstuk geschreven. Dit werkstuk heeft tot doel een student op een heldere wijze een probleem te laten beschrijven, waarbij het resultaat bestemd is voor een deskundige manager. Het voor u liggende werkstuk is in het kader hiervan tot stand gekomen en handelt over *Yield Management* (YM).

YM is een managementtechniek die geïntroduceerd is door luchtvaartmaatschappijen en inmiddels ook in veel andere branches wordt toegepast. Mijn interesses voor zowel de luchtvaart als de *Operations Research* (OR) (het YM-probleem is een echt OR-probleem) hebben mij er toe overgehaald dit als onderwerp te kiezen. Het schrijven van het werkstuk heeft mij zeer geboeid. De vele aspecten die het probleem omvat hebben mij veel nieuwe kennis opgeleverd.

Bij de totstandkoming van dit werkstuk ben ik geholpen door mijn begeleider dr. Rob van der Mei. De besprekingen die ik met hem had leverden stevast nieuwe ideeën op en zorgden ervoor dat ik met een kritische blik naar de inhoud bleef kijken. Een woord van dank gaat dan ook uit naar hem. Om ook de praktijkkant van YM in mijn werkstuk te kunnen belichten heb ik een interview gehad met een specialist op het gebied van YM. Ik wil dr. Marc van Eijs van de KLM vanaf deze plaats bedanken voor het beantwoorden van al mijn vragen over de toepassing van YM bij de KLM.

Alhoewel het werkstuk is geschreven voor een deskundige manager raad ik ook andere geïnteresseerde lezers aan een blik te werpen op de inhoud van dit werkstuk. Het zeer fascinerende onderwerp YM, waarvan vele toepassingen in het dagelijkse leven vrij onbekend zijn, zal naar mijn mening door de alsmaar groter wordende concurrentie een alleen maar grotere toepassing gaan kennen in de toekomst. Enige kennis van dit gebied is volgens mij dan dus ook zeker geen overbodige luxe.

Laurens van Venrooy,

Uithoorn, december 2001.

Management samenvatting

Bij *Yield Management* (YM), ook wel *Revenue Management* genoemd, draait het om de verkoop van de *juiste* eenheid capaciteit, aan de *juiste* klant, op het *juiste* moment, tegen de *juiste* prijs. Beantwoording van de nu volgende probleemstelling geeft een beeld over hoe dit kan worden bereikt (hierbij wordt een nadruk gelegd op de toepassing van YM door luchtvaartmaatschappijen):

1. *Welke economische fundamenten liggen ten grondslag aan YM?*
2. *Welke wiskundige deelproblemen van YM kunnen worden onderscheiden en op welke manier kunnen die worden opgelost?*
3. *Wat is de rol van informatie- en communicatietechnologie (ICT) bij de toepassing van YM?*

Verschillende economische fundamenten liggen ten grondslag aan YM. De belangrijkste zijn het *pricing decision framework* en marktsegmentatie. Bij de toepassing van YM moeten verschillende groepen klanten worden onderscheiden op basis van de hoogte van de opbrengsten die ze met zich meebrengen. De best betalende klanten moeten aan boord worden gekregen. Daarnaast is goede kennis van de vraag- en aanbodzijde, die een rol spelen bij de vaststelling van prijzen van tickets, belangrijk.

Bij YM draait het vooral om een aantal wiskundige deelproblemen die moeten worden opgelost. Problemen op het gebied van *forecasting*, *overbooking*, *seat inventory control* (SIC) en *pricing* kunnen worden onderscheiden. Hoge kwaliteit van voorspellingen van verwachte boekingen is essentieel, alsmede een goed beleid ten aanzien van gecontroleerd overboeken. Beide kunnen een luchtvaartmaatschappij veel geld opleveren. Op het niveau van de SIC draait het om het bepalen van besturingslimieten waaraan kan worden afgemeten of bepaalde boekingsverzoeken moeten worden geaccepteerd of niet. Deze limieten zijn de uitkomst van een volledige netwerkoptimalisatie. Tot slot moet per boekingsklasse de vraag worden beantwoord tegen welke prijs stoelen in die klasse moeten worden aangeboden en op welk moment de klasse moet worden gesloten voor eventuele nog te verwachten boekingen.

Vraagvoorspellingen en optimalisaties worden over het hele netwerk heen uitgevoerd. Dit zijn omvangrijke processen. De rol die ICT bij de toepassing van YM kan spelen is dan ook groot. Het grootste deel van de luchtvaartmaatschappijen maakt gebruik van gecomputeriseerde YM-systemen. Toekomstige ontwikkelingen zoals e-commerce zullen een nog verdere bijdrage kunnen gaan leveren.

Kortom, YM kan luchtvaartmaatschappijen veel geld opleveren. De KLM spreekt over vele honderden miljoenen gulden aan additionele opbrengsten die worden behaald. Veel aandacht en onderzoek wordt dan ook hier naar gedaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding en overzicht	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Overzicht	2
2	Yield Management	3
2.1	Wat is Yield Management?	3
2.2	Het ontstaan van Yield Management	5
2.3	Benodigde karakteristieken voor toepasbaarheid	6
2.4	Functionele aspecten van Yield Management	7
2.5	Overige relevante aspecten van Yield Management	8
3	Economische fundamente	9
3.1	Pricing Decision Framework	9
3.1.1	Vraag: de marktzijde	10
3.1.2	Aanbod: de ondernemingszijde	11
3.1.3	De winstoptimale prijs	12
3.2	Yield Management-methoden	13
4	Wiskundige deelproblemen	15
4.1	Inleiding	15
4.2	Forecasting	16
4.3	Overbooking	16
4.4	Seat Inventory Control	17
4.5	Pricing	18
4.6	Integratie	19
5	De rol van informatie- en communicatietechnologie	21
5.1	Het ontstaan van Yield Management-systemen	21
5.2	Computerized Yield Management Systems	22
5.3	Yield Management en e-commerce	24
6	Samenvatting en conclusies	27
	Bibliografie	29

Hoofdstuk 1

Inleiding en overzicht

In dit hoofdstuk wordt zowel een korte inleiding op het onderwerp gegeven, als een overzicht van het werkstuk. De probleemstelling waarop in dit werkstuk een antwoord zal moeten worden gevonden komt eveneens aan bod.

1.1 Inleiding

De *juiste* capaciteit, aan de *juiste* klant, op het *juiste* moment, tegen de *juiste* prijs verkopen¹. Dat is, in één zin samengevat, waar het allemaal om draait bij *Yield Management* (YM), ook wel *Revenue Management* genoemd².

Een voorbeeld van de toepassing van YM is het afgeven van kortingen door auto-verhuurbedrijven aan vakantiegangers die gedurende de zomerperiode op auto-vakantie gaan. Gedurende deze periode zal het aantal verhuurde auto's immers, als gevolg van de lager dan normaal liggende vraag, achterblijven bij die van de rest van het jaar. Om toch de (relatief vaste) capaciteit optimaal te kunnen benutten worden er in beperkte mate zomeraanbiedingen aangeboden. Huurauto's worden voor een wat langer dan gebruikelijke periode tegen een lagere prijs verhuurd, aan klanten die op zoek zijn naar een goedkope vakantieauto.

Een tweede voorbeeld is het verschil in prijs dat wordt betaald voor twee identieke vliegtuigstoelen op dezelfde vlucht van dezelfde luchtvaartmaatschappij. Verschillen kunnen oplopen tot honderden, soms zelfs duizenden dollars. Een goed voorbeeld hiervan is een reiziger die 1500 dollar heeft betaald voor een retourticket Amsterdam-Chicago en van zijn buurman, een *last-minute* passagier, krijgt te horen dat deze maar 380 dollar kwijt is voor dezelfde ticket. Hoewel de prijsverschillen groot zijn, dient er wel goed te worden gekeken naar waar dit verschil vandaan komt. Het gaat in feite om dezelfde stoel, maar de voorwaarden die zijn verbonden aan de vlucht zijn verschillend. Vaak moet er in het geval van de *last-minute* reiziger wel bijvoorbeeld een weekend worden overgebleven op de plaats van bestemming, of kan er niet op elke gewenste dag worden teruggevlogen. Voorwaarden waaraan de andere reiziger zich niet hoeft te houden.

¹ Weatherford en Bodily (1992), blz. 832 en Kimes (1989), blz. 349.

² RM wordt ook wel gezien als de term die YM is gaan vervangen vanwege de bredere toepasbaarheid. In dit werkstuk zal de term YM echter de voorkeur krijgen.

Toepassingen van YM zijn in veel verschillende branches terug te vinden. Om er maar een aantal te noemen: aanbieders van cruises, hotelketens, radio- en televisiestations, autoverhuurbedrijven, spoor- en luchtvaartmaatschappijen, allemaal maken ze in verschillende mate gebruik van YM. Hoe dit wordt gedaan, waarom dit wordt gedaan en welke problemen er komen kijken bij een toepassing van YM zijn vragen die in dit werkstuk aan de orde zullen komen.

De nadruk hierbij zal liggen op de toepassing van YM op het passagiersvervoer van luchtvaartmaatschappijen. Dit omdat YM-concepten door luchtvaartmaatschappijen voor het eerst zijn ontwikkeld en zij ook altijd de voorlopers zijn gebleven op het gebied van de toepassing hiervan. Daarnaast heeft de toepassing van YM door luchtvaartmaatschappijen inmiddels een zeer hoge vlucht genomen. Grote en ook veel kleinere luchtvaartmaatschappijen maken gebruik van YM-systemen³. Voor hen is een dergelijk systeem van cruciaal belang geworden om te kunnen overleven.

De probleemstelling waarop in dit werkstuk een antwoord zal worden gezocht luidt:

1. *Welke economische fundamenten liggen ten grondslag aan YM?*
2. *Welke wiskundige deelproblemen van YM kunnen worden onderscheiden en op welke manier kunnen die worden opgelost?*
3. *Wat is de rol van informatie- en communicatietechnologie (ICT) bij de toepassing van YM?*

Deze drie vragen leggen elk een nadruk op één van de deelaspecten van YM en zijn relevant voor beantwoording in het kader van een BWI-werkstuk. Namelijk zowel het bedrijfseconomische- (B), als het wiskundige- (kwantitatieve) (W) en het informatica-aspect (I) komen met deze vragen aan bod. Andere deelaspecten van YM, zoals het juridische aspect en het marketingaspect zullen buiten beschouwing worden gelaten. Aan de hand van een literatuurstudie en een interview met een specialist van de KLM op het gebied van YM, dr. Marc van Eijs, zal in de rest van dit werkstuk naar een antwoord op deze drie vragen worden gezocht.

1.2 Overzicht

Het werkstuk is als volgt georganiseerd. In hoofdstuk 2 zal worden uitgelegd wat YM is. Hierbij komt het ontstaan van YM, de factoren die hebben bijgedragen tot de ontwikkeling van YM tot op heden en belangrijke karakteristieken die aanwezig moeten zijn voor een effectieve toepassing van YM, aan bod. Hoofdstuk 3 handelt over voor YM belangrijke economische fundamenten zoals het zogenaamde *pricing decision framework*, segmentatie en prijskortingen. In hoofdstuk 4 zullen de onderliggende wiskundige deelproblemen van YM worden behandeld. In Hoofdstuk 5 wordt de rol van informatie- en communicatietechnologie (ICT) bij de toepassing van YM besproken en tot slot zullen in hoofdstuk 6 een samenvatting en een aantal conclusies volgen.

³ Arthur Andersen (1997), blz. 54 en van Ryzin en McGill (1999), blz. 234.

Hoofdstuk 2

Yield Management

In paragraaf 2.1 wordt uitgelegd wat YM is. In paragraaf 2.2 zal het ontstaan van YM worden besproken. In paragraaf 2.3 zullen een aantal belangrijke karakteristieken worden genoemd die aanwezig dienen te zijn indien YM op effectieve manier wil worden toegepast. In paragraaf 2.4 worden een vijftal functionele aspecten van YM behandeld.

2.1 Wat is Yield Management?

Door de tijd heen zijn er vele definities van YM naar voren geschoven. Tot op heden is er echter nog steeds geen overstemming over wat YM precies is. Alleen al vanwege de toepasbaarheid van YM in veel verschillende branches, ieder met zijn eigen specifieke kenmerken, is het moeilijk tot een eenduidige definitie te komen. De meest genoemde definities echter, waaronder die van Kimes (1989) en die in Weatherford en Bodily (1992), hebben het over het toewijzen van de *juiste* capaciteit, aan de *juiste* klant, op het *juiste* moment en tegen de *juiste* prijs.

Wat wel vast staat is dat YM een managementtechniek is met als doel het maximaliseren van de opbrengst. Door de juiste beslissingen te nemen over het moment van verkoop, aan wie er wordt verkocht en tegen welke prijs dat moet gebeuren kan men zich ervan verzekeren dat het maximale aantal stoelen tegen de best mogelijke prijzen worden verkocht. Concreet komt dit er op neer dat per binnenkomend boekingsverzoek de afweging wordt gemaakt of dit verzoek wel of niet wordt geaccepteerd. Een boekingsverzoek wordt alleen dan geaccepteerd als de opbrengst van die boeking groter is dan die van toekomstige verwachte boekingsverzoeken.

Luchtvaartmaatschappijen die geen gebruik maken van YM lopen een groot deel aan inkomsten mis. Van de totale opbrengst die de KLM bijvoorbeeld op jaarbasis realiseert komt een aantal procentpunten voor rekening van YM. Dit komt neer op enkele honderden miljoenen gulden op jaarbasis. Nog steeds is de KLM bezig met het verbeteren van haar YM-activiteiten. Eind jaren negentig is zij overgestapt van het maximaliseren van de opbrengst op vluchtniveau naar het maximaliseren van de opbrengst over het hele netwerk heen. Dit zogenaamde *next generation* YM leverde nog eens rond 100 miljoen gulden aan extra opbrengsten op. Luchtvaartmaatschappijen die geen gebruik maken van YM verkopen tickets vanaf het moment dat een vlucht beschikbaar komt (in het geval van de KLM is dat 340 dagen voor vertrek) op basis van achtereenvolgens binnenkomende vraag, tot het

moment dat het vliegtuig vol is. Er wordt dan dus gewerkt volgens het principe *first come first served* (FCFS). Aangezien passagiers die vroeg boeken echter meestal toeristen zijn en zakenpassagiers meestal pas kort voor vertrek boeken, valt deze laatste groep van goed betalende klanten buiten de boot. Hier komt bij dat op het moment van vertrek een deel van het vliegtuig leeg zal zijn als gevolg van passagiers die niet komen opdagen. Een aantal lessen kan hieruit worden geleerd:

- Stoelen moeten worden geblokkeerd (het zogenaamde *blocking*) voor goed betalende laat boekende passagiers.
- Stoelen waaraan verschillende voorwaarden zijn verbonden moeten worden verkocht tegen verschillende prijzen.
- Er moeten meer stoelen worden verkocht dan er beschikbaar zijn, er moet dus gecontroleerd worden overgeboekt.
- Per boekingsklasse moet worden bepaald wat het verwachte aantal passagiers is dat nog zal gaan boeken en tegen welke prijs dat zal gebeuren.

Bij de toepassing van YM wordt hiermee en met nog een aantal andere factoren rekening gehouden. In het vervolg van dit werkstuk zal hierop uitgebreider worden ingegaan.

Om het mogelijk te maken met al de hierboven genoemde factoren rekening te houden wordt er door luchtvaartmaatschappijen gebruik gemaakt van geavanceerde computersystemen. Het operationeel maken van YM is een complex proces waarbij, voor een effectieve uitvoering ervan, aanzienlijke rekenkracht nodig is. Vaak moet binnen enkele seconden een beslissing genomen worden over de acceptatie of afwijzing van een boekingsverzoek. Dit is alleen mogelijk met behulp van gespecialiseerde softwaresystemen en als er vooraf besturingslimieten zijn berekend.

Het maken van goede voorspellingen is essentieel bij de toepassing van YM. Veel tijd wordt daarom dan ook door luchtvaartmaatschappijen besteed aan de analyse van historische boekingsgegevens. Er wordt gezocht naar patronen die kunnen helpen bij het voorspellen van toekomstige boekingen, annuleringen en prijzen van vliegtickets voor verschillende vluchten en markten. Indien de kwaliteit van de voorspelling niet goed is zal een luchtvaartmaatschappij nooit kunnen komen tot goede resultaten, conform het principe van *garbage in, garbage out*.

Tot slot moet worden opgemerkt dat YM niet alleen de maximalisatie van opbrengsten tot doel heeft. Het mes van YM snijdt aan twee kanten. Naast luchtvaartmaatschappijen zelf hebben ook haar passagiers baat bij toepassing van YM. Zij kunnen immers, doordat luchtvaartmaatschappijen gebruik maken van YM, profiteren van allerlei voordelige aanbiedingen. Verder zullen die passagiers die de meeste waarde hechten aan een bepaalde stoel ook diegene zijn die tijdens een vlucht op de desbetreffende stoel zitten.

2.2 Het ontstaan van Yield Management

YM is ontstaan met de deregulering van de Amerikaanse luchtvaartindustrie in 1978. Dit leidde tot de aansporing van de ontwikkeling van YM van een onopgemerkte vaardigheid tot een zeer ingewikkelde, wetenschappelijke techniek. De deregulering had tot direct gevolg dat de onderlinge competitie tussen de luchtvaartmaatschappijen werd gestimuleerd en zorgde voor het ontstaan van kleine, lage-kosten maatschappijen (*low-cost carriers*). Ook voor de meer prijsbewuste passagiers werd het hiermee mogelijk om te gaan vliegen. De reeds gevestigde luchtvaartmaatschappijen moesten, om te kunnen gaan concurreren met zowel deze nieuw ontstane maatschappijen als met de reeds bestaande concurrenten, overgaan tot het aanbrenge van differentiatie in het prijsbeleid. Dit betekende dat er lage prijzen werden geboden voor reizigers voor wie de hoogte van de prijs erg belangrijk was en dat de opbrengsten van de reeds bestaande passagiers, die bereid waren de volle prijs te betalen, gegarandeerd zouden blijven.

Nadat People's Express, één van de rond het begin van de jaren 1980 nieuw opgerichte luchtvaartmaatschappijen, laaggeprijsde tickets met minimale service ging aanbieden volgden al snel daarop de grote maatschappijen. American Airlines en United boden op hun beurt een gelimiteerd aantal stoelen tegen nog lagere tarieven aan. De overgebleven plaatsen in het vliegtuig daarentegen werden nog steeds tegen de hogere tarieven verkocht. Op deze manier konden de grote luchtvaartmaatschappijen de prijsbewuste klanten van People's Express overnemen en hiermee, vaak leegstaande, stoelen opvullen. Daarnaast konden zij hun duurbetalende passagiers behouden. Als een gevolg van het aanbod van nog goedkopere tickets liepen veel van de passagiers van People's Express over naar de grote luchtvaartmaatschappijen. Een faillissement van People's Express werd hiermee onafwendbaar. De directeur van People's Express weet een groot deel van de problemen aan het gebrek aan een YM-systeem.

Sinds 1978 is het belang en de toepassing van YM sterk toegenomen (halverwege de jaren tachtig is ook de KLM gebruik gaan maken van een YM-systeem). Belangrijke factoren die hebben bijgedragen tot de verdere ontwikkeling van YM zijn:

- *De ontwikkeling van centrale reserveringssystemen (CRS):* CRS konden boekingen op een centrale manier beheren. Hiermee konden luchtvaartmaatschappijen een grotere controle uitoefenen over het totale reserveringsproces. De verdere ontwikkeling van CRS zal in hoofdstuk 5 worden behandeld.
- *De Golfoorlog van 1991:* door de Golfoorlog nam het aantal passagiers dat van Amerika naar de rest van de wereld vloog drastisch af. Alle luchtvaartmaatschappijen voelden het sterke effect hiervan. Om de capaciteit alsnog winstgevend te kunnen beheren werd meer dan ooit gebruik gemaakt van YM.
- *De opkomst van lage-kosten luchtvaartmaatschappijen:* direct na het einde van de Golfoorlog ontstonden ook in Europa, nadat deze in Amerika al na het begin van de deregulering waren ontstaan, lagekosten luchtvaartmaatschappijen. De prijzen gingen meteen sterk omlaag, waardoor het voor alle luchtvaartmaatschappijen nodig was goedkopere vluchttarieven te introduceren. Hierdoor werd het scala aan tarieven en marktsegmenten, nadat al het aantal routes en stoelen was toegenomen, nog uitgebreider en moeilijker te beheersen.

- *De terroristische aanslagen van 11 september 2001*: in lijn met wat gebeurde tijdens en na de Golfoorlog, is nu sprake van een wereldwijde sterke afname in het passagiersvervoer door luchtvaartmaatschappijen. De bezettingsgraden zakken tot onder de kritische grens en YM-technieken worden toegepast om winsten te kunnen blijven garanderen. Veel handmatige ingrepen zijn als gevolg van de veranderde situatie nodig om het proces goed te laten verlopen.

2.3 Benodigde karakteristieken voor toepasbaarheid

Voor een effectieve toepassing van YM binnen een bepaalde branche moet aan een viertal criteria worden voldaan. Deze eerste vereisten zijn door Arthur Andersen (1997) als volgt geformuleerd (steeds schuingedrukt gevolgd door een focus op luchtvaartmaatschappijen met betrekking tot het behandelde criteria):

1. Vergankelijke inventaris en/of seizoensvraag

Voor ondernemingen met vergankelijke inventaris of met seizoensgebonden vraag is het tijdselement kritiek. Zowel de kans om capaciteit te verkopen als de mogelijkheid om kosten te dekken vergaan met het product.

Vliegstoelen zijn extreem vergankelijk. Op het moment dat een vliegtuig opstijgt is de mogelijkheid van de lege stoelen aan boord tot het genereren van een opbrengst voorgoed verloren gegaan.

2. Hoge vaste kosten, lage variabele kosten

Een onderneming met hoge vaste kosten in combinatie met relatief lage variabele kosten heeft speciale mogelijkheden om opbrengsten te maximaliseren. Op het moment dat het *break-even* punt is bereikt met betrekking tot de vaste kosten, zal elke opbrengst die boven de variabele kosten uitstijgt direct bijdragen aan de winst.

De vaste kosten van een luchtvaartmaatschappij, waaronder de inzet van het vliegtuig, zijn erg hoog. De kosten die gepaard gaan met de verkoop van één extra stoel in het vliegtuig daarentegen zijn zeer laag.

3. Vaste capaciteit

Als de capaciteit (als het ware het aanbod) vast ligt, dan kan alleen de vraag nog beheerst worden. Om de opbrengst te optimaliseren moet het management zich concentreren op het behalen van de best mogelijke combinatie van prijs en volume. *In het geval van vliegtuigmaatschappijen ligt de capaciteit, het aantal vliegtuigstoelen, vaak al ver van tevoren vast. Er kunnen niet snel stoelen worden bijgeplaatst. In het uiterste geval is het wel mogelijk een groter toestel in te zetten.*

4. Verkoop vooraf

Verkoop vooraf of het reserveren van producten of diensten is niet essentieel voor alle aspecten van YM. Het is echter wel gebruikelijk voor ondernemingen die gebruik maken van de meest geavanceerde YM-systemen. Verkoop vooraf en reserveringen kunnen de mogelijkheden van ondernemingen ten aanzien van het voorspellen van de vraag en het hierop reageren verbeteren. Tevens kan het worden gebruikt bij het bepalen van verschillende marktsegmenten.

Luchtvaartmaatschappijen werken met verkopen vooraf en reserveringen. Zij bieden klanten die ver van tevoren boeken en bepaalde beperkingen aanvaarden kortingen.

2.4 Functionele aspecten van Yield Management

Naast de vier benodigde karakteristieken van YM, onderscheidt Dr. Scot Hornick van Andersen Consulting een vijftal functionele aspecten van YM⁴. Deze luiden als volgt:

1. Marktsegmentatie

Marktsegmentatie is het identificeren van verschillende groepen klanten die zich verschillend van elkaar gedragen en die relevant zijn voor de marketingactiviteiten van een onderneming, het vaststellen van prijzen en andere ondernemingsbeslissingen. Een verdere behandeling van marktsegmentatie zal plaatsvinden aan het eind van hoofdstuk 3.

2. Prijsmanagement

Prijsmanagement is het systematisch aanbieden van verschillende prijzen aan verschillende klantsegmenten, als reactie op veranderingen in de vraag. Ook bij prijsmanagement zal in hoofdstuk 3 uitvoeriger worden stilgestaan.

3. Vraagvoorspelling

Door de toekomstige vraag te voorspellen op basis van verkopen uit het verleden en bekende toekomstige gebeurtenissen, kan een onderneming meer rationeel en meer accuraat reageren op de omvang van verschillende marktsegmenten en de prijs die elk segment zal accepteren. Om op een systematische manier te kunnen voorspellen is informatie nodig, zowel interne ondernemingsspecifieke informatie als informatie over de markt in zijn geheel. Het probleem van het komen tot een goede vraagvoorspelling zal in hoofdstuk 4 verder worden behandeld.

4. Beschikbaarheid en/of capaciteitsmanagement

Soms is het voor ondernemingen mogelijk capaciteit als reactie op vraag te verplaatsen van de ene naar de andere plaats. In het geval van luchtvaartmaatschappijen is dit niet mogelijk. Echter het herclassificeren van capaciteit of het beperken van beschikbaarheid van capaciteit voor bepaalde marktsegmenten is wel mogelijk. Een voorbeeld hiervan is het bepalen van het optimale aantal stoelen wat dient te worden toegewezen aan elk segment van klanten in een vliegtuig. Ook dit probleem komt in hoofdstuk 4 uitgebreider aan de orde.

5. Onderhandelen bij reservering

Op het moment van verkoop of binnenkomst van een reservering, moet een beslissing worden genomen over de prijs en de beschikbaarheid van capaciteit voor de klant. Als er mogelijkheden zijn tot onderhandeling, dan kunnen *up-selling* naar een duurder product, of *cross-selling* naar een alternatief product, worden benut.

⁴ Bron: Arthur Andersen (1997), blz. 17.

2.5 Overige relevante aspecten van Yield Management

Tot slot dienen ter aanvulling nog een tweetal andere belangrijke aspecten te worden genoemd die een bijdrage leveren aan de toepassing van YM.

- **Beleid ten aanzien van overboekingen**

Luchtvaartmaatschappijen gebruiken overboekingen omdat zij zichzelf willen beschermen tegen de mogelijkheid van zogenaamde *no-shows*. *No-shows* zijn passagiers die hebben geboekt, maar niet komen opdagen op het moment dat het vliegtuig vertrekt. *No-show*-percentages liggen rond de 10%. *No-shows* zijn vooral gebruikelijk onder passagiers die het volle pond hebben betaald en van wie de tickets volledig worden terugbetaald in het geval van annulering of *no-show*. Om een goed beleid ten aanzien van overboekingen te kunnen ontwikkelen dient er informatie over annuleringen en *no-shows* te worden verzameld. De extra opbrengsten die de KLM bijvoorbeeld genereert door gecontroleerd over te boeken liggen rond de 250 miljoen gulden op jaarbasis. In hoofdstuk 4 zal het principe van overboeken verder worden bekeken.

Luchtvaartmaatschappijen krijgen veelvuldig met no-shows te maken. Een aantal passagiers heeft in dat geval tickets geboekt, maar komen bij vertrek uiteindelijk niet opdagen. Indien er in dat geval geen overboekingen zijn toegestaan zouden stoelen leeg blijven. Dat terwijl er vaak toch vraag naar deze stoelen beschikbaar was. Het toestaan van overboekingen gaat dit tegen, de yield (gemiddelde opbrengst per passagierskilometer) kan hiermee omhoog gaan.

- **Informatiesystemen**

Integratie tussen het YM-systeem van een luchtvaartmaatschappij en diens overige systemen is van groot belang voor een succesvolle implementatie van YM. Zonder systeemintegratie zullen dezelfde gegevens in meerdere systemen worden ingebracht en zullen systemen draaien zonder dat er sprake is van complete informatie. In hoofdstuk 5 zal het belang van ICT verder worden behandeld.

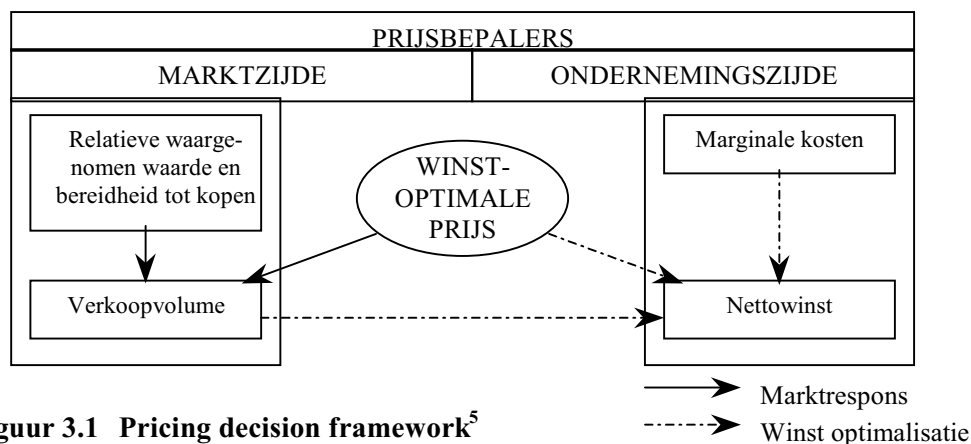
Hoofdstuk 3

Economische fundamente

Dit hoofdstuk staat in het teken van de economische fundamente onderliggend aan YM en is grotendeels gebaseerd op hoofdstuk 2 van Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000). Belangrijk zijn de begrippen vraag, aanbod, prijs en marginale kosten. De behandeling hiervan zal plaatsvinden in de eerste paragraaf. Daarna worden enkele methoden besproken die opbrengsten kunnen helpen verhogen en service kunnen doen verbeteren. Segmentatie, prijskortingen, het zogenaamde verkoop à la baisse (*short selling*) en nog enkele andere methoden komen daarbij aan bod.

3.1 Pricing Decision Framework

De prijs waartegen een vliegticket te koop wordt aangeboden is van directe invloed op de vraag en dus de winst die kan worden gemaakt door luchtvaartmaatschappijen. De prijs die resulteert in een maximale winst hangt af van marktreacties en marginale kosten, zowel de markt als de interne kostenstructuur van de luchtvaartmaatschappij zijn dus bepalend voor de prijs van een vliegticket.



Figuur 3.1 Pricing decision framework⁵

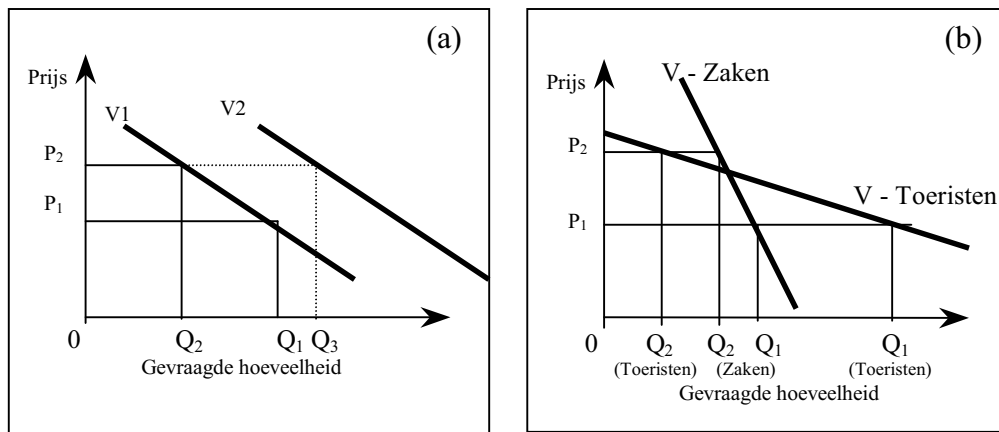
Het framework dat is weergegeven in figuur 3.1 representeert de belangrijkste elementen (de prijsbepalers) die een rol spelen bij prijsvorming. Bij de totstandkoming van de (winstoptimale) prijs wordt vanaf twee kanten invloed uitgeoefend. Enerzijds is er de marktzijde (vraag) en anderzijds de ondernemingszijde (aanbod). Beide kanten zullen in de hierna volgende subparagrafen worden besproken.

⁵ Bron: Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 17.

3.1.1 Vraag: de marktzijde

Aan de marktzijde draait het allemaal om de relatieve waargenomen waarde van een product (bijvoorbeeld van een vliegticket) en de bereidheid en het werkelijke vermogen van klanten om dit ticket te kopen. Hierbij staat de relatieve waarde voor de waarde die een klant hecht aan het ticket en dus hoeveel hij of zij bereid is hiervoor te betalen.

Verkoopvolumes geven de hoeveelheid verkochte vliegtickets weer bij verschillende prijsniveaus. In combinatie met de waarde van de tickets levert dit de gegenereerde omzet op. Deze relatie geeft de principes weer van de vraagcurve V1 zoals is weergegeven in figuur 3.2(a) hieronder. De totale omzet wordt in deze figuur berekend door of Q_1 en P_1 , of Q_2 en P_2 met elkaar te vermenigvuldigen.



Figuur 3.2 (a) De vraagcurve; (b) Prijselasticiteit van de vraag naar tickets⁶

De omzet kan op twee manieren worden verhoogd. Namelijk door óf de prijs te verlagen en volumes te vergroten, óf door de prijs te verhogen en lagerliggende volumes te accepteren. Dit is de zogenaamde beweging langs de vraagcurve. Omdat vraag een onafhankelijke variabele is, kunnen deze bewegingen enkel het resultaat zijn van prijsveranderingen. Omdat de relatie prijs-volume erg kan verschillen, is het vaststellen van prijzen van vliegtickets een erg ingewikkeld proces.

Naast de bewegingen langs de vraagcurve, kunnen er ook verschuivingen van de vraagcurve zelf plaatsvinden. Een verschuiving naar rechts betekent een toename in de vraag, bij gelijkblijvende prijzen. Uiteraard geldt het omgekeerde bij een verschuiving naar links. De verschuivingen ontstaan als gevolg van uiteenlopende redenen. Vaak zal er door veranderingen in de bedrijfsomgeving een beweging vanuit *ceteris paribus* plaatsvinden. In bovenstaande figuur 3.2(a) is een dergelijke verschuiving van de vraagcurve weergegeven. De oorspronkelijke vraagcurve V1 is naar rechts verschoven en zo is de vraagcurve V2 ontstaan.

We hebben nu gekeken naar slechts één enkele vraagcurve. In werkelijkheid hecht iedere passagier zijn eigen waarde aan een vliegticket en heeft daarmee een verschil in bereidheid en mogelijkheid om te betalen. Dit wordt ook wel de elasticiteit van de vraag genoemd. De elasticiteit van de vraag kent drie algemeen aanvaarde

⁶ Bron: Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 18.

maatstaven. Dit zijn: (1) de prijselasticiteit van de vraag, (2) de inkomenselasticiteit van de vraag en (3) de kruiselasticiteit van de vraag. Allen geven ze de relatie weer tussen de elasticiteitsmaatstaf en de gevraagde hoeveelheid. Zo geeft de prijselasticiteit van de vraag (E_v) de mate aan waarin een verandering van de gevraagde hoeveelheid reageert op een verandering van de prijs,

$$E_v = \frac{\Delta Q_v / Q_v}{\Delta P / P} \quad (3.1),$$

waarbij,

- E_v = prijselasticiteit van de vraag *en*
- Q = de gevraagde hoeveelheid in de beginsituatie *en*
- ΔQ_v = de verandering van de gevraagde hoeveelheid *en*
- P = de prijs in de beginsituatie *en*
- ΔP = de verandering van de prijs.

De belangrijkste elasticiteitsmaatstaf die voor de doeleinden van YM kan worden gebruikt is deze E_v . De uitkomst van de berekening van E_v resulteert in een uitkomst kleiner dan 1, groter dan 1 of gelijk aan 1. Een resultaat kleiner dan 1 geeft aan dat een verandering in de prijs van een ticket weinig effect heeft op de gevraagde hoeveelheid, er is dan sprake van een *elastische* markt. Andersom betekent een resultaat groter dan 1 dat een verandering in de prijs juist een groot effect heeft. Het gaat dan om een meer prijsgevoelige, *inelastische* markt. Tot slot betekent een prijselasticiteit gelijk aan 1 dat er een directe relatie bestaat tussen de verandering in prijs en de gevraagde hoeveelheid. In figuur 3.2(b) van de vorige bladzijde zijn zowel de prijselastische (de zakenmarkt) als de prijsinelastische markt (de toeristenmarkt) weergegeven in de vorm van de vraagcurven voor deze markten.

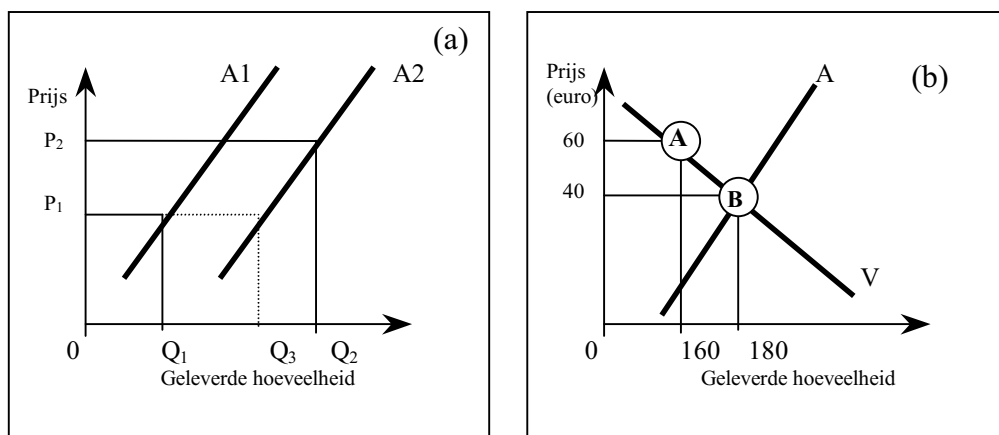
Een luchtvaartmaatschappij heeft meestal met zowel de zakenmarkt, de toeristenmarkt, als de zogenaamde *spot market* (waarbij het allemaal draait om speciale aanbiedingen) van doen. Ook binnen deze markten komen er verschillen in elasticiteit voor, waardoor het bepalen van de juiste prijs ingewikkeld is. Het is belangrijk dat klanten die bereid zijn het volledige bedrag te betalen voor een vliegticket, dit ook doen en niet tegen goedkopere tarieven gaan vliegen. Daarnaast moeten er tarieven voor vliegtickets worden gehanteerd waarbij niet de totale prijsgevoelige markt wordt aangetrokken.

Hoewel de relatie tussen vraag en prijs bruikbaar is bij de bepaling van de verwachte opbrengst die een onderneming kan genereren, is het van weinig nut bij het bepalen van de werkelijke winstgevendheid. Hiervoor moet er een combinatie plaatsvinden met elementen van aanbod. Dit zal in de volgende subparagraaf gebeuren.

3.1.2 Aanbod: de ondernemingszijde

Vanuit de ondernemingskant ligt de nadruk op de marginale kosten en het aanbod verzorgt door de onderneming. Het aanbod is het resultaat van beslissingen ten aanzien van de inzet van vliegtuigen, vluchtfrequenties en de indeling van het vliegtuig (*capacity management*). De marginale kosten kunnen het best worden omschreven als de extra kosten per eenheid extra geproduceerd of verkocht

product. De aanbodcurve geeft de hoeveelheid aangeboden producten weer bij elke prijs van vliegtickets, daar waar de vraagcurve aangeeft hoeveel de vraag betreft bij een bepaalde prijs van vliegtickets. Tussen vraag en aanbod bestaat een inverse relatie: er wordt meer aangeboden wanneer de prijs stijgt, terwijl de vraag dan juist zal afnemen. Hiermee is meteen een voorbeeld van een beweging langs de curve gegeven. Een verschuiving van de aanbodcurve kan net als bij de vraagcurve eveneens plaatsvinden. Dit gebeurt vaak als gevolg van operationele oorzaken, bijvoorbeeld seizoensinvloeden, veranderde productiekosten, etcetera. Een verschuiving naar rechts representeert een toename van het aanbod, terwijl een afname van het aanbod een verschuiving naar links veroorzaakt. In figuur 3.3(a) zijn twee verschillende aanbodcurven, A1 en A2, weergegeven. A2 is ontstaan door een verschuiving van A1 naar rechts, oftewel door een toename van het aanbod.



Figuur 3.3 (a) De aanbodcurve; (b) Prijs-evenwicht⁷

Na een afzonderlijke behandeling van zowel de vraagcurve als de aanbodcurve kunnen de twee nu, zoals dat het geval is in figuur 3.3(b), worden samengenomen in één figuur. Vraag en aanbod zijn in punt B in evenwicht (een prijs van 40 euro voor een vliegticket en een afzet van 180 eenheden). Alles wat wordt geproduceerd wordt tegen een prijs van 40 euro verkocht. Zou er echter producten tegen een prijs van 60 euro worden aangeboden, dan ontstaat er een overcapaciteit van A tot B (20 eenheden).

3.1.3 De winstoptimale prijs

De winst die een onderneming maakt, kan in zijn simpelste vorm als volgt worden bepaald:

$$W = O - K \quad (3.2),$$

waarbij,

- W = winst *en*
- O = opbrengst *en*
- K = kosten.

⁷ Bron: Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 18.

Winst kan op meerdere manieren worden verhoogd. Bijvoorbeeld door de opbrengsten te vergroten bij gelijk blijvende kosten, danwel door de kosten te verlagen bij gelijk blijvende opbrengst. De meest aantrekkelijke manier om de winstgevendheid te verhogen is door de opbrengsten te vergroten terwijl er met maximale efficiency te werk wordt gegaan. Het vaststellen van prijzen in deze context neemt twee belangrijke vormen aan: het vaststellen van prijzen gebaseerd op marginale kosten en het vaststellen van prijzen gebaseerd op contributie.

De marginale kosten kunnen worden gedefinieerd als “de toename of reductie van de totale kosten, bij een bepaalde productiehoogte, wat het resultaat is van een toename of reductie van één eenheid productie”. De marginale opbrengst is de extra opbrengst resulterend van de productie van één extra eenheid, de marginale inkomsten is de winst, of het verschil tussen marginale opbrengst en marginale kosten. Voor een korte periode kunnen extra verkopen winstgevend worden toegevoegd aan het verkoopvolume, zelfs tegen prijzen die te laag liggen om een deel van de vaste kosten te dekken. Dit als gevolg van voorgaande verkopen die de overheadkosten al hebben gedekt en de betaalde prijs die hoger ligt dan de variabele kosten van het aanbieden van één extra eenheid product. Marginale kosten en marginale inkomsten kunnen dus erg bruikbaar zijn bij het ontwikkelen van strategieën.

De hoogte van de contributie wordt gegeven door het verschil tussen de verkoopprijs per eenheid product van extra verkopen en de marginale kosten van deze verkopen. Als de verkoopprijs hoger is dan de marginale kosten, zullen extra verkopen een bijdrage leveren aan de winst, en vice versa. Hoewel contributie en marginale inkomsten dezelfde lijken, zijn het toch twee omgekeerde aanpakken. Marginale inkomsten zorgen er namelijk voor dat zowel vaste kosten, als variabele kosten zijn gedekt door de reeds bestaande verkopen, alvorens extra eenheden worden verkocht en daarmee extra winst kan worden gemaakt. De contributie accepteert daarentegen al verkopen als alleen al de variabele kosten en eventueel een deel van de vaste kosten zijn gedekt, hopen op winst. De marginale inkomsten aanpak is duidelijk de gewenste aanpak. YM kan hierbij dan ook voor voordelen zorgen.

3.2 Yield Management-methoden

Verschillende methoden met een economische achtergrond worden gebruikt bij de toepassing van YM door luchtvaartmaatschappijen. Gebruikmaking van deze methoden kan een extra bijdrage leveren aan de maximalisatie van de winstgevendheid. We noemen de volgende:

- **Prijskortingen**

Prijskortingen worden door luchtvaartmaatschappijen afgegeven indien vliegtuigstoelen worden verkocht tegen prijzen beneden de officieel gepubliceerde prijs. Vaak vindt dit uitsluitend plaats vanaf enkele dagen voor vertrek indien boekingen achterblijven. Alhoewel het geven van kortingen breed wordt toegepast, hoeft het niet de meest winstgevende manier te zijn om vliegtuigen volledig te vullen. Het kan echter wel een haalbare optie zijn voor het vergroten van het marktaandeel. Prijskortingen kunnen de zogenaamde *bottom line*, het resultaat, beschadigen. Als

er sprake is van het afgeven van kortingen zal dit een belangrijk hogere bezetting tot gevolg moeten hebben om het verlies aan opbrengsten als gevolg van lagere prijzen te kunnen compenseren. Verder kan het op een later tijdstip willen terugkeren naar de oude tarieven problemen opleveren.

- **Marktsegmentatie**

De sleutel tot het concept van marktsegmentatie is het kunnen differentiëren onder klanten. Onderscheid moet worden gemaakt tussen diegene die bereid zijn hogere prijzen te betalen en dit ook kunnen en diegene die bereid zijn hun gedrag te veranderen in ruil voor lagere tarieven. Op deze manier biedt marktsegmentatie een verbeterde prijzing van producten door de ontwikkeling van afzonderlijke prijsstructuren en door producten aan te bieden die speciaal zijn ontwikkeld voor verschillende marktsegmenten. Luchtvaartmaatschappijen hebben segmentatie van hun passagiers op basis van verschillen in flexibiliteit en keuzemogelijkheden inmiddels al succesvol toegepast. De KLM bijvoorbeeld maakt, afhankelijk van de vlucht, gebruik van rond de acht boekingsklassen. Dit terwijl de service aan boord maar bestaat uit twee klassen.

- **Verkoop à la baisse (*short selling*)⁸**

Verkoop à la baisse, *short selling* in de Engelstalige literatuur, houdt voor luchtvaartmaatschappijen in dat ze kunnen profiteren door reeds verkochte vliegtuigstoelen nogmaals tegen hogere prijzen te verkopen. Als er klanten bereid zijn hoge prijzen te betalen voor tickets (aanzienlijk hoger dan tot dan toe is betaald), dan koopt de luchtvaartmaatschappij reeds verkochte stoelen terug (van klanten die bereid zijn tegen compensatie later te vliegen) en draagt deze stoelen over aan de beter betalende klanten. Luchtvaartmaatschappijen kunnen zo alsnog profiteren van de extra inkomsten die deze passagier met zich meebrengt. Met deze manier van verkopen is het blokkeren van stoelen voor verwachte goedbetalende klanten (*blocking*) minder belangrijk geworden. Immers een stoel kan op een later tijdstip nogmaals worden verkocht. Hiermee gaan het verwachte verlies als gevolg van verspilling omlaag. Bovendien is de kans dat klanten die de meeste waarde hechten aan een stoel die ook daadwerkelijk krijgen groter geworden.

- **Kennismanagement**

Kennismanagement het vastleggen en beschikbaar stellen van kennis via systemen is één van de belangrijkste elementen die een rol kan spelen bij het maximaliseren van opbrengsten. Kennis kan niet alleen opbrengsten laten toenemen, maar kan ook een manager helpen bij het beheren van de *yield* (gemiddelde opbrengst per passagierskilometer), door een balans te vinden tussen het economische en het sociale aspect. Voor de toekomst van YM is het gebied van kennismanagement essentieel.

⁸ Biyalogorsky, Carmon, Fruchter en Gerstner (2000).

Hoofdstuk 4

Wiskundige deelproblemen

Het komen tot een maximalisatie van de winst door middel van YM is een gecompliceerd, grotendeels wiskundig probleem. Een opdeling in de vier belangrijke gebieden *forecasting*, *overbooking*, *seat inventory control* (SIC) en *pricing* zoals gehanteerd in McGill en van Ryzin (1999) kan dan ook helpen bij het komen tot een oplossing. In de paragrafen 4.2 tot en met 4.5 zal aan alle vier de gebieden aandacht worden besteed. Omdat een optimalisatie van deelproblemen vaak niet leidt tot een optimalisatie van het totale probleem zal in de laatste paragraaf de nadruk worden gelegd op integratie.

4.1 Inleiding

Het doel van YM is het maximaliseren van de winst. Echter de korte-termijn kosten van luchtvaartmaatschappijen zijn grotendeels vast en de variabele kosten per passagier laag. Het is dus afdoende een beleid ten aanzien van boekingen te ontwikkelen dat ervoor zorgt dat opbrengsten worden gemaximaliseerd.

Stel dat er tegen een bepaalde prijs een boekingsverzoek binnenkomt vanaf een bepaalde locatie. Hiervoor zijn stoelen nodig die vallen binnen een bepaalde boekingsklasse, vertrekken op een bepaald tijdstip en gaan over een bepaalde O&D-route (*origin airport – departure airport*). De fundamentele YM-beslissing die moet worden genomen is of de boeking bestaand uit deze combinatie wordt geaccepteerd of niet. Gezien het grote aantal van dit soort beslissingen dat per seconde moet worden genomen, McGill en van Ryzin (1999) noemen een getal van vijfduizend per seconde op piekmomenten, is het onmogelijk voor elk boekingsverzoek afzonderlijk berekeningen uit te voeren. In de praktijk komt het er daarom op neer dat voorberekende besturingslimieten per combinatie worden vastgesteld die ervoor zorgen dat het systeem wordt gesloten voor specifieke type boekingen, terwijl het voor andere typen openblijft. Op deze manier hoeft er ter beantwoording van een verzoek alleen een evaluatie plaats te vinden. Hetgeen dat nu overblijft is het vaststellen van de boekingslimieten. Gezien het grote aantal aspecten dat een rol speelt, zie tabel II, blz. 235, van McGill en van Ryzin (1999), is dit geen eenvoudige zaak.

Veel aandacht is inmiddels uitgegaan naar de bepaling van geschikte besturingslimieten. Tevens moeten de karakteristieken van de structurele eigenschappen daarvan (in de vorm van een specificatie die het gedragspatroon weergeeft van een besturingslimiet) worden gevonden. Er valt hierbij een onderscheid te maken naar

vier belangrijke gebieden, te weten: *forecasting*, *overbooking*, *seat inventory control* (SIC) en *pricing*.

4.2 Forecasting

Forecasting, het voorspellen van de vraag, is vanwege de directe invloed die het heeft op boekingslimieten en daarmee op de winst een zeer belangrijk onderdeel van YM. Vanwege de vele gedragsvormen van passagiers en andere invloedsfactoren⁹ is het maken van goede voorspellingen echter een moeilijke opgave.

Om vraag te voorspellen moet verder worden gekeken dan de historische boekingsgegevens alleen. Door de beperkte capaciteit van vliegtuigen zal vaak niet aan alle vraag kunnen worden voldaan. De niet-beperkte vraag, dit is de totale potentiële vraag waaraan kan worden voldaan bij afwezigheid van capaciteitslimieten, moet dus worden bepaald. Vraag uit de markt kan op veel verschillende niveaus worden voorspelt. De KLM voorspelt vraag op het niveau van een combinatie bestaand uit een O&D-route, het verkooppunt, de boekingsklasse en de vertrekdatum. Hierbij zitten combinaties die veel voorkomen, maar ook combinaties die zeldzaam zijn.

Het uiteindelijke resultaat van een vraagvoorspelling, zoals die door een luchtvaartmaatschappij wordt bepaald, kent in een aantal gevallen de vorm van een kansverdeling per combinatie. Hiernaast wordt er ook veelvuldig gebruik gemaakt van relatief simpele *moving average* technieken en technieken ter effening van de vraag, zogenaamde *smoothing techniques*. Er wordt vanuit gegaan dat de beste informatie omtrent potentiële boekingen voor een bepaalde combinatie ligt in de huidige boekingsprofielen voor dezelfde of overeenkomstige combinaties op eerdere momenten. Beide genoemde technieken worden in samenhang met een zorgvuldige analyse van recente boekingsprofielen gebruikt. Handmatige tussenkomst is alleen in uitzonderlijke gevallen vereist.

Vraagvoorspellingen worden in de praktijk vaak gebruikt bij een berekening van de zogenaamde *spill formula*. De *spill formula* is een formule of algoritme die de omvang van de *spill*, de niet-gevulde vraag die het gevolg is van het bereiken van de boekings- of capaciteitslimiet, voorspelt op basis van de *spill* zoals die er was op voorgaande vluchten. De *spill* is zeer belangrijk bij de bepaling van de optimale vliegtuigcapaciteit op de lange termijn. Voor een uitgebreide bespreking van de toepassing van de *spill*, alsmede theoretische modellen ter bepaling van de *spill* verwijzen we naar Belobaba en Farkas (1999).

4.3 Overbooking

Bij het gecontroleerd overboeken van vliegstoelen draait het allemaal om het verhogen van de verwachte opbrengst. Door controle uit te oefenen op het boekingsproces kan voordeel worden gehaald uit het feit dat veel klanten hun reservering annuleren, danwel niet komen opdagen. Schattingen afgegeven door de KLM geven aan dat een percentage van rond de 50% van de eens gemaakte reserveringen wordt geannuleerd of een *no-show* worden. Het gebeurt daarnaast regel-

⁹ Zie van Ryzin en McGill (1999), blz. 235, tabel II.

matig dat op het moment van vertrek een toestel voor rond de 10% is overgeboekt en alsnog niet helemaal vol vertrekt.

De vraag die al lang speelt is tot welke hoogte een bepaalde vlucht moet worden overgeboekt. Duidelijk is dat hierbij een afweging moet worden gemaakt tussen de extra te behalen inkomsten en te maken kosten. Deze kosten ontstaan omdat luchtvaartmaatschappijen het risico lopen dat ze niet genoeg capaciteit hebben om alle klanten tevreden te stellen in het geval dat er te veel is overgeboekt. Sommige klanten zullen hierdoor de toegang tot het vliegtuig worden geweigerd, wat niet alleen gepaard gaat met directe kosten gemeten in geld maar ook een verlies aan *goodwill* oplevert. Daarnaast zitten er allerlei juridische aspecten aan overboekingen.

Dat gecontroleerd overboeken een belangrijk hulpmiddel is bij het vergroten van de inkomsten, wordt al gedurende ruim 30 jaar onderkend. Inmiddels is hier dan ook veel onderzoek naar gedaan¹⁰. Door de tijd heen zijn de modellen ter oplossing van het overboekingsprobleem, door afzwakking van gemaakte aannames, steeds realistischer het probleem gaan benaderen. Het onderzoek van Chatwin (1999) is hier een goed voorbeeld van.

In dit onderzoek wordt een overboekingsmodel geanalyseerd waarbij annuleringen en *no-shows* expliciet worden beschouwd. Het reserveringsproces wordt als een continu geboorte-sterfte proces gemodelleerd en opbrengsten, terugbetalingen en kosten verbonden aan daadwerkelijke overboeking worden in dit onderzoek meegenomen. Het doel van het onderzoek is het vinden van een optimaal beleid ten aanzien van reserveringen. Een luchtvaartmaatschappij kan immers door het aannemen of afwijzen van een reservering het percentage geaccepteerde reserveringen (in het model het geboortepercentage) beïnvloeden. Hierdoor kunnen verwachte opbrengsten worden gemaximaliseerd.

Uitkomst van het onderzoek van Chatwin is dat het werken met boekingslimieten, die afhankelijk zijn van de tijd tot vertrek, optimaal is. Met andere woorden reserveringen moeten worden geaccepteerd tot een bepaalde limiet is bereikt, daarna moeten alle reserveringen worden afgewezen. Hoe dichter bij het uiteindelijke tijdstip van vertrek, hoe lager de limiet wordt gelegd.

4.4 Seat Inventory Control

Seat Inventory Control (SIC) kan worden gezien als dat deel van YM, dat de beschikbaarheid van stoelen voor verschillende boekingsklassen onder controle houdt. Dit betekent dus dat SIC zorg draagt voor de totstandkoming van optimale beslissingen, danwel adviezen, omtrent de acceptatie of afwijzing van boekingen van bepaalde combinaties. Sinds het moment dat men zich bezig is gaan houden met SIC, dit was aan het begin van de jaren zeventig, heeft er een sterke ontwikkeling plaatsgevonden met betrekking tot het onderliggende optimalisatieprobleem.

¹⁰ Zie van Ryzin en McGill (1999), blz. 239, tabel IV voor een overzicht van onderzoeken.

Het begon allemaal met het vrij simpele SIC-probleem voor een enkele vlucht zonder tussenstops met twee boekingsklassen (*single leg control*). Sinds de jaren tachtig echter, met de expansie van de rond die tijd ontstane netwerken, is het probleem vele malen ingewikkelder geworden. In eerste instantie volgde het zogenaamde *segment control*-probleem, waarbij per vlucht met meerdere tussenstops per segment (AB, BC en ABC zijn segmenten van een vlucht van A naar C met een tussenstop is B) toewijzingsregels worden gezocht. Later werd dit gevolgd door het gecompliceerde *origin-destination control* (ODC)-probleem. Hierbij moeten over een heel netwerk heen, er moet dus ook rekening worden gehouden met aansluitingen op andere vluchten, beslissingen genomen worden over boekingen.

Ter oplossing van het ODC-probleem wordt tegenwoordig gebruik gemaakt van zogenaamde *bid price*-methoden. Hierbij worden duale prijzen van een Deterministisch Lineair Programmerings (DLP)-model gebruikt om marginale opbrengsten en kosten voor extra stoelen op verschillende vluchten zonder tussenstops vast te stellen. Deze duale prijzen worden vervolgens voor een bepaalde reisroute, dus een vlucht met eventueel meerdere tussenstops, opgeteld om zo te kunnen komen tot de *bid price* voor deze route. De *bid price*, ook wel het minimale aanvaardbare tarief genoemd, is dan de netto waarde van een extra te verkopen stoel op die route. Een verzoek tot boeking van een bepaalde reisroute wordt afgewezen als de *bid price* het tarief voor de reisroute overstijgt en andersom als dit niet het geval is. Zoals valt te verwachten heeft de *bid price* geen vastliggende waarde; veranderingen van de *bid price* zijn onder andere het gevolg van veranderingen in de capaciteit en de vraag.

Zoals gezegd is het ODC-probleem een gecompliceerd probleem. Een definitieve oplossing voor het probleem is dan ook nog niet gevonden. Er wordt nog steeds veel onderzoek gedaan op dit gebied. In Talluri en van Ryzin (1999) wordt, in het kader hiervan, een vernieuwde aanpak van het ODC-probleem gepresenteerd. Hierbij wordt een *random* versie van de oorspronkelijk DLP-methode (RLP) geanalyseerd voor het berekenen van *bid prices* in een netwerk. Het blijkt uit uitgevoerde numerieke testen, dat deze RLP-methode kan zorgen voor een kleine significante verbetering ten opzichte van DLP.

4.5 Pricing

Door de jaren heen is er veel onderzoek verricht naar het probleem van het vaststellen van passende prijzen voor verschillende openstaande boekingsklassen¹¹. Gegeven een aantal boekingsklassen dient, gedurende de periode voorafgaand aan de vlucht, het probleem van het vinden van passende prijzen te worden opgelost, alsmede het probleem van het vinden van het juiste moment waarop een boekingsklasse moet worden gesloten. Het mag duidelijk zijn dat het tijdsbestek bij deze beide problemen een zeer belangrijke rol speelt. Vandaar dat tegenwoordig met behulp van dynamische modellen een oplossing wordt gezocht voor beide problemen.

¹¹ Zie van Ryzin en McGill (1999), blz. 243, tabel VIII voor een overzicht van onderzoeken.

Het onderzoek van You (1999), waarin alleen gebruik gemaakt wordt van het prijsbeleid om tot een oplossing van beide problemen te komen handelt in bovenstaand kader. In zijn onderzoek beschouwt You het probleem gerelateerd aan zowel directe vluchten (*single leg flights*) als aan vluchten met meerdere tussenstops (*multi leg flights*). You ontwikkelt een dynamisch prijzingsmodel, waarbij de vraag naar tickets is gemodelleerd als een stochastisch discrete-tijd proces. Door middel van de toepassing van dynamische programmering komt hij tot de conclusie dat de strategie voor het boekingsbeleid kan worden gereduceerd tot een verzameling van kritieke beslissingsperioden. Tijdens deze perioden zullen de beslissingen omtrent de prijsing van stoelen en de sluiting van boekingsklassen moeten worden gemaakt. Voor uitleg over de manier waarop dit moet gebeuren verwijzen we naar You (1999).

Tot slot van deze paragraaf kan worden opgemerkt dat tussen beslissingen omtrent de vaststelling van een prijs van een stoel en de toewijzing van stoelen aan reserveringen, gemaakt door klanten, een natuurlijke dualiteit bestaat. Als de prijs wordt gezien als een variabele waar doorlopend invloed op uit kan worden geoefend, kan een boekingsklasse worden gesloten door de bijbehorende prijs voor deze klasse voldoende te verhogen. Ook als veel boekingsklassen beschikbaar zijn, kan het sluiten van een klasse gezien worden als een verandering in de prijsstructuur.

4.6 Integratie

Voor elk van de verschillende hiervoor besproken besluitvormingsniveaus zijn zoals we hebben gezien door de tijd heen theoretische modellen en optimalisatie-technieken ontwikkeld. Dit om te komen tot een optimaal besluit op dat gebied. Al deze modellen en technieken behandelen het probleem echter geïsoleerd van de andere problemen die spelen. Tegenwoordig bestaat er steeds vaker een behoefte om te komen tot een integratie van de verschillende besluitvormingsprocessen.

Besluiten die bij de toepassing van YM worden genomen zijn zeer afhankelijk van elkaar. De impact van een prijsbesluit op de opbrengst bijvoorbeeld, wordt uiteindelijk bepaald op het niveau van de SIC. Er is dus een duidelijke behoefte aan de integratie van deze twee besluitvormingsprocessen om te komen tot een optimalisatie van het totale probleem. Deze behoefte aan integratie komt op nog veel meer andere plaatsen naar voren. De uitdaging ligt hem dus in het ontwikkelen van een geïntegreerde hiërarchie van besluitvormingssystemen, waarbij besluiten en informatie die zijn verkregen op één niveau, gemakkelijk beschikbaar zijn voor andere niveaus. De vraag is echter of er een natuurlijke probleem/subprobleemstructuur bestaat voor dit geïntegreerde planningssysteem dat de decompositie-technieken van netwerkoptimalisatie kan benutten.

Naast de afhankelijkheden tussen de YM-besluiten onderling bestaan er ook nog afhankelijkheden tussen YM-besluiten en besluiten die worden genomen op andere belangrijke gebieden. Hierbij kan men onder andere aan routeplanning en vloot-toewijzingen denken.

Hoofdstuk 5

De rol van informatie- en communicatietechnologie

In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de deelvraag: “Wat is de rol van informatie- en communicatietechnologie (ICT) bij de toepassing van YM?” Om tot een beantwoording van deze vraag te komen zal in de eerste paragraaf een kort overzicht gegeven worden van het ontstaan van YM-systemen. In paragraaf 5.2 zullen zowel de structuur als de werking van *Computerized Yield Management Systems* (CYMS) worden besproken. In de afsluitende paragraaf zal de relatie tussen YM en e-commerce worden behandeld.

5.1 Het ontstaan van Yield Management-systemen¹²

De eerste vormen van procesautomatisering binnen luchtvaartmaatschappijen dateren alweer van bijna een halve eeuw geleden. Al in de jaren vijftig vonden de eerste introducties plaats van prototypes van centrale reserveringssystemen (CRS). Deze systemen zouden de tot dan toe traditioneel handmatige verwerking van vluchtreserveringen gaan automatiseren en vervangen. Het eerste CRS dat commercieel in gebruik werd genomen was SABRE (*Semi-Automatic Business Research Environment*). De introductie vond plaats tegen het eind van de jaren zeventig. Het systeem is in samenwerking met IBM ontwikkeld door American Airlines (AA) en momenteel, na vele aanpassingen te hebben ondergaan, nog steeds de standaard in het veld. De eerste functie van deze database was het voor de luchtvaartmaatschappij mogelijk maken om op een centrale locatie op de hoogte te blijven van de geplaatste reserveringen. Al snel nadat dit mogelijk was volgde er meer terminals, waardoor ook reisbureaus in staat werden gesteld op afstand gebruik te maken van informatie omtrent beschikbare plaatsen. Op deze manier kunnen vliegtuigstoelen nu op een meer efficiënte manier worden geboekt.

Vandaag de dag is SABRE uitgegroeid tot een wereldwijd systeem met internationale toegankelijkheid. Alle verkopen moeten door het systeem verwerkt worden zodat de beschikbaarheid van stoelen op vluchten continu kan worden bijgewerkt. Per dag worden vele miljoenen reserveringen afgehandeld die alleen worden geaccepteerd indien ze door het systeem worden goedgekeurd. Niet alleen AA

¹² Paragraaf 5.1 is grotendeels gebaseerd op Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 144-145 en blz. 180.

maakt momenteel gebruik van SABRE, ook vele andere luchtvaartmaatschappijen kunnen tegen betaling gebruik maken van het systeem.

Door de jaren heen heeft de ontwikkeling van SABRE, inmiddels is de naam veranderd in Super-SABRE, niet stilgestaan. Het is uitgegroeid tot een systeem dat het gehele YM-besluitvormingsproces, van het vaststellen van capaciteiten en prijzen tot het aannemen/afwijzen van reserveringen aan toe, geautomatiseerd kan uitvoeren. Het behoort daarmee tot de zogenaamde *Computerized Yield Management Systems* (CYMS). Om dit te kunnen bereiken is onder andere innovatieve *Decision Support System-software* genaamd DINAMO (*Dynamic Inventory And Maintenance Optimizer*) ingebouwd in het oorspronkelijke CRS. Dit om ervoor te zorgen dat de dagelijkse opbrengst van elke vlucht kan worden gemaximaliseerd. Momenteel worden systemen ontwikkeld die de totale netwerkopbrengst kunnen maximaliseren. De KLM heeft eind jaren negentig een dergelijk systeem reeds ontwikkeld.

5.2 Computerized Yield Management Systems¹³

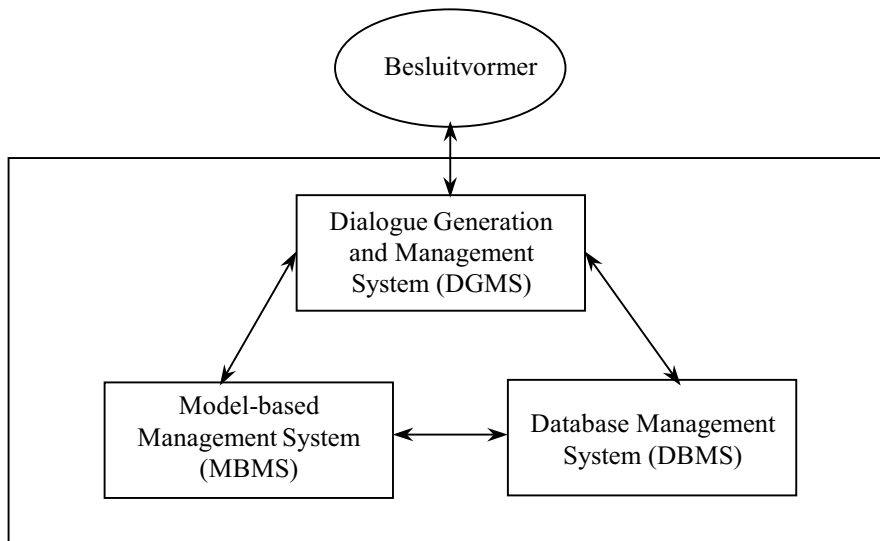
In de meeste gevallen bestaan CYMS uit modulair opgebouwde computerprogramma's die samenwerken met grote databases. In deze databases is belangrijke informatie omtrent vraagvoorspellingen, annuleringen en historische verkopen zijn opgeslagen. Deze informatie wordt gebruikt voor berekeningen. De modules waaruit het systeem is opgebouwd behoren tot de klasse van de *Decision Support Systems* (DSS-en). Zij dienen algebraïsche en statistische technieken toe te passen om informatie te analyseren. Een voorbeeld van zo'n DSS is het, in de vorige paragraaf genoemde, DINAMO. Een ander voorbeeld, weer een onderdeel van SABRE, is een DSS dat vluchtplannen kan genereren. Als we kijken naar de belangrijkste doelstellingen van DSS-en dan kunnen de volgende drie worden genoemd:

- Het assisteren van managers bij het maken van beslissingen die semi-gestructureerde problemen moeten oplossen. (Het YM-probleem is een semi-gestructureerd probleem, vanwege de mix die het representeert tussen mathematisch toegankelijke problemen en intuïtieve besluitvorming.¹⁴)
- Het ondersteunen van het oordeel van de manager, beter dan dit te vervangen door een ander oordeel.
- In plaats van de efficiency, de effectiviteit van het besluitvormingsproces van managers verbeteren.

Een DSS heeft voornamelijk met het structurele aspect van een semi-gestructureerd probleem te maken. Het vertrouwt op de menselijke input in de vorm van individuele of collectieve oordelen om het niet-gestructureerde aspect te kunnen aanpakken en te komen tot een uiteindelijke werkbare oplossing. Om een oplossing te kunnen vinden voor het gestructureerde aspect van een besluit dient een DSS te bestaan uit de volgende drie fundamentele componenten:

¹³ Paragraaf 5.2 is grotendeels gebaseerd op Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 140-144.

¹⁴ Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 141.



Figuur 5.1 De belangrijkste componenten van een DSS¹⁵

- Een *Dialogue Generation and Management System* (DGMS) dat ervoor zorgt dat er interactie kan bestaan tussen de gebruiker en het DSS.
- Een *Model-based Management System* (MBMS) dat ervoor zorgt dat de gebruiker de beslissingssituatie en de verzameling van alternatieve oplossingen voor het probleem kan verkennen.
- Een *Database Management System* (DBMS), in het geval van een luchtvaartmaatschappij het CRS, dat ervoor zorgt dat het DSS informatie aan de gebruikers kan leveren. Deze informatie is nodig ter informering over de besluitvormingssituatie. Het dient te worden gehaald uit een geïntegreerde database, danwel een database die op afstand is verbonden.

Het DBMS biedt toegang tot de gegevens uit de verschillende databases. Alle variabelen die bij YM een rol spelen kunnen via het DBMS worden verkregen. Vervolgens zorgt het MBMS ervoor dat er een analyse plaatsvindt om te voldoen aan de gevraagde informatie. De interactie tussen de besluitvormer, de gebruiker van het systeem en het gehele systeem verloopt ondertussen via de DGMS. Schematisch is de wisselwerking tussen deze verschillende componenten weergegeven in figuur 5.1.

Alhoewel de rol van CYMS in het YM-besluitvormingsproces zeer belangrijk is en ze ook daadwerkelijk in staat zijn uitkomsten te modelleren, zullen ze de menselijke besluitvormers niet kunnen vervangen. Immers, ook een aantal menselijke factoren, zoals de manier waarop klanten worden afgehandeld (indien er sprake is van daadwerkelijke overboeking), komen kijken bij het besluitvormingsproces. Dergelijke problemen liggen te gevoelig om over te worden gelaten aan de technologie.

De rol van CYMS ligt hem dus in het verlenen van ondersteuning aan besluitvormers (*flight analysts*) bij het nemen van eerder besproken complexe beslissingen en in het overnemen van complexe berekeningen om te komen tot een maxima-

¹⁵ Bron: Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000), blz. 142.

lisatie van de opbrengsten. Daarnaast kan door de inzet van CYMS van veel meer boekingsklassen gebruik worden gemaakt dan bij een handmatig systeem. Ook kan een grotere variëteit aan tarieven worden aangeboden, iets wat meer tevreden klanten kan opleveren. CYMS zorgen dat dergelijke beslissingen snel en op basis van relevante en beschikbare informatie kunnen worden genomen. Dit wordt onder andere mogelijk gemaakt door de toepassing van ICT. Het overbrengen van gegevens tussen een centraal procespunt en grote aantallen boekings- en verkooppunten is door deze toepassing immers mogelijk gemaakt. Het komen tot consistente verkoopbeslissingen, een betrouwbare en robuuste tarievenstructuur en een beheersing van risico's, zijn verder de te noemen bijdragen die CYMS kunnen leveren. Hiermee is dan ook meteen het belang van ICT en de rol die het speelt, onderkend. Voor een verdere bespreking van de werking en voordelen van een CYMS verwijzen we naar blz. 182 en 183 van Ingold, McMahon-Beattie en Yeoman (2000).

5.3 Yield Management en e-commerce

Iedere ontwikkeling die plaatsvindt met betrekking tot ICT kan weer meer voordelen danwel een verdergaande vorm van YM opleveren¹⁶. De krachtiger geworden computers, de sterk verbeterde en uitgebreidere YM-systemen, de enorme groei in mogelijkheden tot opslag van gegevens, de alsmaar omvangrijker wordende netwerken, enzovoorts. Allen hebben ze ertoe bijgedragen dat YM nog succesvoller kan worden toegepast.

Dit is ook het geval met de opkomst van het Internet en in het bijzonder het *world wide web* (WWW). Deze laatste ontwikkeling heeft er niet alleen toe bijgedragen dat bestaande klanten beter geïnformeerd kunnen worden, ook is er een nieuw distributiekanaal ontstaan waarlangs vliegtickets wereldwijd kunnen worden verkocht. Het Internet daarnaast, als overdrachtsmedium, is in principe 24 uur per dag, 365 dagen per jaar geopend en kan meertalige webpagina's aanbieden. De overdrachtssnelheid van gegevens ligt daardoor vele malen hoger dan voorheen. Daarnaast verloopt de communicatie beter.

Als gevolg van de opkomst van e-commerce, *electronic commerce is an emerging concept that describes the process of buying and selling or exchanging of products, services and information via computer networks including the internet*¹⁷, zal de manier waarop luchtvaartmaatschappijen hun vliegtickets aanbieden op een belangrijke manier kunnen gaan veranderen. E-commerce biedt vliegtuigmaatschappijen namelijk de mogelijkheid vliegtickets aan te bieden aan klanten zonder tussenkomst van reisbureaus of andere intermediairs. Dit kan dan direct via een eigen gecreëerd verkooppunt, bijvoorbeeld een zelf beheerde website. Het is echter ook mogelijk dat er gebruik wordt gemaakt van in e-commerce gespecialiseerde ondernemingen zoals Priceline.com of Expedia.com, die in capaciteit begrensde ondernemingen de kans bieden hun capaciteit direct aan klanten te verkopen. Niet-verkochte vergankelijke capaciteit kan zodoende op beide manieren op een efficiëntere en nog meer winstgevende manier van de hand worden gedaan.

¹⁶ van Ryzin en McGill (1999), blz. 233.

¹⁷ Chung, King, Lee en Turban (2000).

Daarnaast biedt e-commerce ook nog het potentieel om over te gaan op een dynamische, op de klant geënte, prijsing van vliegtickets. Dit betekent dat de prijs van een ticket geheel afhankelijk van de klant die de ticket wenst aan te kopen en het moment waarop dit gebeurt kan worden vastgesteld.

Al met al kan e-commerce dus zorgen voor een verandering van de manier waarop YM wordt beoefend. Gezien alleen al de groei van boekingen die hedendaags via het Internet plaatsvinden is onderkenning van de mogelijkheden van e-commerce op zijn plaats. Echter met de introductie van het boeken via het Internet is er ook een nieuwe dimensie toegevoegd aan het komen tot een oplossing van het YM-probleem. Er moet een extra onderscheid naar de manier van boeken (via de gebruikelijke manier of via het Internet) worden gemaakt en hier moet ook rekening mee worden gehouden bij de toewijzing van stoelen. Gezien de complexiteit van het probleem, zelfs zonder toevoeging van deze nieuwe dimensie, zal de verwerking van de mogelijkheden die e-commerce met zich meebrengt in de huidige CYMS nog wel even op zich laten wachten. Om deze reden is de KLM nog niet grootschalig overgegaan tot de verkoop van tickets alleen maar via e-commerce. Easyjet, een lage-kosten luchtvaartmaatschappij daarentegen accepteert alleen maar boekingen die telefonisch, danwel via het Internet zijn gemaakt.

Hoofdstuk 6

Samenvatting en conclusies

In dit werkstuk is er gekeken naar de toepassing van YM door luchtvaartmaatschappijen. Dit is gedaan aan de hand van de volgende probleemstelling:

1. *Welke economische fundamenten liggen ten grondslag aan YM?*
2. *Welke wiskundige deelproblemen van YM kunnen worden onderscheiden en op welke manier kunnen die worden opgelost?*
3. *Wat is de rol van informatie- en communicatietechnologie (ICT) bij de toepassing van YM?*

Verschillende economische fundamenten liggen ten grondslag aan YM. We noemen als antwoord op de vraag de in onze ogen belangrijkste: het *pricing decision framework*, prijskortingen, marktsegmentatie, *short selling* en kennismanagement.

Bij het *pricing decision framework* wordt gekeken naar welke elementen een rol spelen bij de totstandkoming van een prijs (in dit werkstuk de prijs van een vliegticket). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de marktzijde (vraag) en de ondernemingszijde (aanbod). Aan de marktzijde draait het om de waarde die een klant hecht aan een ticket en diens bereidheid tot het kopen van deze ticket. Dit leidt tot een bepaald verkoopvolume. Afhankelijk van de winstoptimale prijs en de marginale kosten (bepaald aan de ondernemingszijde) ontstaat de nettowinst.

YM-methoden zoals prijskortingen, marktsegmentatie, *short selling* en kennismanagement zijn in verschillende mate belangrijk. Het afgeven van prijskortingen (verkoop beneden de officieel gepubliceerde prijs) op geschikte momenten en toepassing van marktsegmentatie (differentiëren onder klanten naar prijs) zijn essentieel. Een goed begrip hiervan is dan ook belangrijk. De beide andere methoden, *short selling* (hoge prijzen vragen voor reeds verkochte stoelen) en kennismanagement (vastleggen en beschikbaar stellen van kennis via systemen), worden nog niet breed toegepast binnen luchtvaartmaatschappijen. Dit zit er echter wel aan te komen.

De wiskundige deelproblemen zoals die zijn geïdentificeerd ter beantwoording van de tweede vraag zijn de volgende vier: het *forecasting*-probleem, het *overbooking*-probleem, het *seat inventory control* (SIC)-probleem en het *pricing*-probleem. Deze opdeling is overeenkomend met de indeling zoals die is gehanteerd in McGill en van Ryzin (1999) en is ook in de praktijk terug te vinden.

Bij het *forecasting*-probleem gaat het om het voorspellen van het aantal passagiers dat een bepaalde (O&D, punt van verkoop, vertrektijdstip en boekingsklasse)-combinatie wil boeken. Het aantal van dit soort combinaties dat een luchtvaartmaatschappij kent is zeer groot. Ook omdat bepaalde combinaties daarnaast zeer weinig voorkomen is het maken van goede voorspellingen ingewikkeld. De voorspellingen worden meestal gemaakt met behulp van *moving average*-technieken gecombineerd met effeningstechnieken. Van voorspellingen in de vorm van kansverdelingen wordt eveneens gebruik gemaakt. Goede voorspellingen zijn essentieel voor de werking van YM. *Garbage in* betekent *garbage out*.

Bij het tweede deelprobleem, het *overbooking*-probleem, draait het om de vraag tot welke hoogte een bepaalde vlucht gecontroleerd moet worden overgeboekt. Als gevolg van annuleringen en *no-shows*, moeten luchtvaartmaatschappijen overboeken om opbrengsten te kunnen maximaliseren. Goede schattingen van annulerings- en *no-show*-percentages zijn naast schattingen van kosten verbonden aan daadwerkelijke overboeking van belang. Via verschillende modellen is onderzoek gedaan naar het beste beleid dat ten aanzien van overboeking moet worden gevoerd.

Het SIC-probleem behandelt de vraag of een bepaald boekingsverzoek dat valt binnen het netwerk moet worden geaccepteerd of niet. Hiervoor moet per bepaalde combinatie, zoals we die ook al tegen kwamen bij het *forecasting*-probleem, de *bid price* worden bepaald. De *bid price* is de laagste prijs die een passagier op een bepaald tijdstip tot vertrek moet bieden om aan boord te komen. *Bid prices* zijn het resultaat van een volledige netwerk-optimalisatie en worden hoofdzakelijk met behulp van deterministische LP-methoden bepaald.

Het *pricing*-probleem is een probleem van het vaststellen van passende prijzen voor verschillende openstaande boekingsklassen. Gegeven een aantal boekingsklassen moeten deze prijzen worden bepaald, alsmede het juiste moment waarop een boekingsklasse moet worden gesloten. Met behulp van dynamische modellen kan dit probleem worden opgelost.

Een afzonderlijke optimalisatie van de vier deelproblemen zal niet leiden tot een optimalisatie van het totale probleem. Vanwege afhankelijkheden tussen de verschillende problemen moet daarom aandacht worden besteed aan integratie.

Tot slot moet ter beantwoording van de derde vraag worden ingegaan op de rol die informatie- en communicatietechnologie (ICT) speelt bij de toepassing van YM. In principe volstaat hier een kort antwoord. De rol die ICT speelt bij de toepassing van YM is van zeer groot belang. Zonder de huidige stand van de ICT en de toepassing daarvan zouden luchtvaartmaatschappijen niet in staat zijn bezettingsgraden en opbrengsten op die niveaus te halen als waarop ze momenteel liggen. Echter ook ten aanzien van de stand van de ICT van dit moment zijn er nog verbeteringen mogelijk. Nog steeds zijn er bijvoorbeeld benaderingen nodig om te komen tot werkbare oplossingen voor problemen als gevolg van tekortschietende rekenkracht. Ontwikkelingen in ICT zullen dus nog verdergaande bijdragen kunnen opleveren aan de verhoging van opbrengsten. Twee van de voorbeelden die kunnen worden genoemd zijn de opkomst van e-commerce en de mogelijkheden van Internet.

Bibliografie

Arthur Andersen (1997) *'Yield Management in Small and Medium-sized Enterprises in the Tourist Industry: Executive summary'*, Brussels: Directorate-General XXIII, European Commission.

Belobaba, P. P. en Farkas, A. (1999) 'Yield Management Impacts on Airline Spill Estimation', *Transportation Science*, **33**, blz. 217-232.

Biyalogorsky, E., Carmon, Z., Fruchter, G. en Gerstner, E. (2000) 'Should Airlines and Hotels use Short Selling?', *OR/MS Today*, **27** (5), oktober, blz. 22.

Chatwin, R. E. (1999) 'Continuous-Time Airline Overbooking with Time Dependent Fares and Refunds', *Transportation Science*, **33**, blz. 182-191.

Chung, M., King, D., Lee, J. en Turban, E. (2000) *'Electronic Commerce: A Managerial Perspective'*, Prentice Hall.

Ingold, A., McMahon-Beattie, U. en Yeoman, I. (2000) *'Yield Management: Strategies for the Service Industries Second Edition'*, Continuum.

Kimes, S. E. (1989) 'Yield Management: a Tool for Capacity Constrained Service Firms', *Journal of Operations Management*, **8** (1), blz. 348-363.

KLM Revenue Management (1996) *'Revenue Management: Art and Science in evolution'*, KLM, AMS/MR, Amsterdam.

McGill, J. I. en van Ryzin, G. J. (1999) 'Revenue Management: Research Overview and Prospects', *Transportation Science*, **33**, blz. 233-256.

Subramanian, J., Lautenbacher, C. J. en Stidham, S. J. (1999) 'Yield Management with Overbooking, Cancellations and No Shows', *Transportation Science*, **33**, blz. 147-167.

Talluri, K. T. en van Ryzin, G. J. (1999) 'A Randomized Linear Programming Method for Computing Network Bid Prices', *Transportation Science*, **33**, blz. 207-216.

Weatherford, L. R. en Bodily, S. E. (1992) 'A Taxonomy and Research Overview of Perishable Asset Revenue Management: Yield Management, Overbooking Pricing', *Operations Research*, **10** (5), blz. 831-844.

You, P. S. (1999) 'Dynamic Pricing in Airline Seat Management for Flights with Multiple Legs', *Transportation Science*, **33**, blz. 192-206.