

Dynamiek in personeelsplanning
Aafje van den Berg
Stageverslag



Dynamiek in personeelsplanning

Aafje van den Berg

Stageverslag

vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Studierichting Bedrijfswiskunde en Informatica
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam

Stagebedrijf:
KLM Royal Dutch Airlines
Postbus 7700
1117 ZL Luchthaven Schiphol

juni 2006

Voorwoord

Dit verslag vormt de afsluiting van mijn stage bij Capacity Planning & Management van KLM Ground Services die ik in december 2005 begon. De stage is een onderdeel van de studie Bedrijfskunde en Informatica aan de vrije Universiteit in Amsterdam. Deze stage vormt tevens de afsluiting van bovengenoemde studie.

De zes maanden die ik bij deze afdeling werkzaam was, heb ik als heel plezierig ervaren. Ik wil graag KLM bedanken voor het bieden van deze stage. Ook de collega's bij Capacity Planning & Management wil ik bedanken voor de leuke tijd.

Bij deze wil ik ook een aantal mensen in het bijzonder hartelijk bedanken voor hun hulp en de tijd die ze voor mij vrijmaakten. Zonder hen was dit stageverslag niet tot stand gekomen.

- Herco van Kalleveen en George Voorman. Zij hebben mij vanuit KLM begeleid. Ze hebben meegedacht over het probleem, de oplossing en het schrijven van het stageverslag. Daarnaast hebben ze geholpen me binnen KLM wegwijs te maken.
- Sandjai Bhulai en Maarten Soomer, mijn begeleider en 2^e lezer vanuit de vrije Universiteit. Zij hebben ook meegedacht over het probleem en de mogelijke oplossingen. Sandjai Bhulai heeft verder ook waardevolle op- en aanmerkingen gegeven op het stageverslag.

Daarnaast bedank ik mijn ouders die het voor mij mogelijk hebben gemaakt deze studie te doen.

Aafje van den Berg
Amsterdam, juni 2006

Samenvatting

In dit afstudeerverslag heb ik gekeken naar het verbeteren van personeelsplanningen bij KLM. Hier wordt gepland aan de hand van onder andere geplande aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen. Verstoringen zorgen ervoor dat vliegtuigen op andere tijden dan gepland binnenkomen. Als een planning wordt gemaakt aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen leidt dit tot uitkomsten die verschillen van de uitkomsten aan de hand van geplande tijden.

Er is een programma gebouwd dat het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval per afdeling genereert met behulp van gesimuleerde aankomst- en vertrektijden, die getrokken worden uit aankomst- en vertrekverdelingen gebaseerd op historische data. De aankomsttijd van een vlucht wordt gesimuleerd aan de hand van de geplande aankomsttijd en de aankomstverdeling. Vervolgens wordt de vertrektijd gesimuleerd aan de hand van de geplande vertrektijd en de vertrekverdeling. Aan de hand van de gesimuleerde aankomsttijd, de geplande vertrektijd, de gesimuleerde vertrektijd en de afhandelnormen wordt het aantal benodigde medewerkers per afdeling per tijdsinterval berekend. Dit wordt 200 keer herhaald. Over de 200 uitkomsten van het aantal benodigde medewerkers wordt het 70, 80 en 90 procent percentiel genomen, het gemiddelde en het maximum. Nadat de verschillende aantallen benodigde medewerkers zijn afgedekt met diensten, wordt per scenario berekend hoeveel vluchten er vervolgens 5 minuten moeten wachten op afhandeling en met hoeveel wachtende stoelminuten dit overeenkomt. Een goed gefundeerde keuze kan hiermee worden gemaakt door het management van KLM. Ook berekent het model het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden, precies zoals het KLM programma GARP dat doet. Zo kunnen het aantal benodigde medewerkers, diensten en wachtende stoelminuten en vliegtuigen per methode worden vergeleken.

Door te rekenen met gesimuleerde aankomst- en vertrektijden kunnen personeelsplanningen verbeterd worden. De dienstenaafdekking aan de hand van het 80% percentiel van de runs is bij alle onderzochte afdelingen robuuster dan de dienstenaafdekking aan de hand van de geplande tijden. Verder is bij alle, behalve de intercontinentale subafdelingen, een dienstenaafdekking aan de hand van de gesimuleerde tijden te vinden die robuuster en ook goedkoper is dan de dienstenaafdekking aan de hand van de geplande tijden.

Als de personeelsplanner niet gebruik wil maken van een model dat rekent aan de hand van gesimuleerde aankomst- en vertrektijden kunnen alsnog verbeteringen in de personeelsplanning worden doorgevoerd door gebruik te maken van de inzichten die verkregen zijn. Deze inzichten zijn:

- Gelijktijdige aankomsten en vertrekken in de planning gecombineerd met korte normen zorgen ervoor dat aan de hand van de geplande tijden meer medewerkers nodig zijn dan aan de hand van de gesimuleerde tijden. Aan de hand van de gesimuleerde tijden is er wel meer werk rond de aankomst- en vertrektijd.
- Gelijktijdige aankomsten en vertrekken in combinatie met lange normen geven geen inzakking van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden. Aan de hand van de gesimuleerde tijden is er wel weer meer werk rond de aankomst- en vertrektijd.
- Gelijkmatic verdeelde aankomsten zorgen niet voor een ophoging of verlaging van het aantal benodigde medewerkers, wanneer uitkomsten aan de hand van gesimuleerde tijden worden vergeleken met uitkomsten aan de hand van geplande tijden.

Inhoudsopgave

1. Introductie	1
1.1 Stageplek: KLM	1
1.2 Inleiding	2
1.3 Personeelsplanning en GARP	3
1.4 Opdrachtomschrijving	7
1.5 Aanpak van de opdracht	10
2. Onderzoeksvraag 1	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Aircraft Turnaround Services	13
2.3 Passenger Services	14
2.4 Conclusie	14
3. Het model	15
3.1 Werkelijke aankomst- en vertrektijden	15
3.2 Ontwerp model	19
3.3 Output model	25
4. Onderzoeksvragen 2 en 3	29
4.1 Verbetering personeelsplanning met behulp van gebouwde model	29
4.2 Verbetering personeelsplanning met behulp van inzichten	30
4.3 Conclusie	32
5. Conclusies en aanbevelingen	33
Bijlage A. Definities	35
Bijlage B. Stageplek KLM	36
1. KLM	36
2. KLM Ground Services	37
3. Capacity Planning & Management	39
Bijlage C. Data-analyse	40
Bijlage D. Berekeningen model	41
1. Berekening aantal teamleden bij Aircraft Turnaround Services	41
2. Berekening aantal Gate Agents / Service Agents bij Passenger Services	42
3. Aantal benodigde runs	42
4. Aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten bepalen	43
Bijlage E. Resultaten model	44
Literatuurlijst	45

1. Introductie

1.1 Stageplek: KLM

Deze paragraaf geeft een globale indruk van het bedrijf KLM waar ik de stage heb gelopen. Voor meer informatie over KLM verwijs ik naar de bijlage ‘Stageplek KLM’.

KLM

KLM is een wereldwijd opererende luchtvaartmaatschappij met als thuisbasis Amsterdam Airport Schiphol. De maatschappij vormt de kern van de KLM group, waarvan ook KLM cityhopper en Transavia Airlines deel uitmaken. KLM fuseerde op 6 mei 2004 met Air France. Beide luchtvaartmaatschappijen opereren nu onder de naam Air France-KLM holding. Hiermee is Air France-KLM de grootste Europese luchtvaartgroep geworden.

Een van de hoofddoelen van KLM is het verwerven van een absolute voorkeurspositie bij haar passagiers en commerciële klanten. Om die reden hecht de maatschappij veel belang aan eigenschappen als veiligheid, betrouwbaarheid, punctualiteit en efficiency.

KLM onderscheidt drie kernactiviteiten: passagiersvervoer (Passenger Business), vrachtvervoer (KLM Cargo) en vliegtuigonderhoud (KLM Engineering & Maintenance). Maar de KLM Group is groter. Naast deze drie divisies, is er ook een vierde: vakantievervoerder Transavia.com. Daarnaast zijn er een aantal ondersteunende diensten van KLM en vormen de KLM’s subsidairies ook een geheel met de groep.

Het bedrijfs onderdeel waarbinnen de stage is gelopen is KLM Ground Services. Dit onderdeel binnen Passenger Business is verantwoordelijk voor de afhandeling van vluchten van KLM en haar partners op Schiphol en op de buitenstations. Het gaat hierbij niet alleen om de check-in, bagage en belading, maar ook om push-back, de-icen, tanken en schoonmaken van de vliegtuigen.

Ground Services is onderverdeeld in verschillende afdelingen, waarvan Hub Management Schiphol er één is. Deze afdeling verzorgt de complete afhandeling van vluchten op Schiphol van KLM en partners. Verder handelt Hub Management Schiphol vluchten af van buitenlandse maatschappijen, die een contract met de KLM hebben gesloten.

De stafafdeling binnen Hub Management Schiphol, waar het onderzoek is gedaan, heet Capacity Planning & Management. Deze afdeling is verantwoordelijk voor de planning en evaluatie van het grondproces met als doel beheersing van de operationele performance en het verlagen van de kosten door het continu vertalen van de dienstregeling naar de ‘vraag’ die leidt tot een zo efficiënt en effectief mogelijke inzet van mensen en middelen. De tijdshorizon hierbij varieert van middellange termijn (5 jaar) tot kort voor de dag van uitvoering. Capacity Planning & Management faciliteert, bewaakt en beheert het planningsproces waarbij een integrale en optimale afstemming gemaakt wordt tussen de vraag naar Ground Services producten en het aanbod aan infrastructurele en personele resources. Daarnaast geeft deze afdeling een oordeel wat betreft de maakbaarheid van dienstregelingen.

1.2 Inleiding

Op Schiphol is KLM de grootste klant. Het grote aantal transferpassagiers maakt Schiphol een hub airport in een 'hub-and-spoke-systeem'. Hub and spoke betekent letterlijk 'as en spaak'. Schiphol vormt de as van één van de grootste luchtvaartnetwerken in Europa met vertakkingen (spaken) naar bestemmingen over de hele wereld. Een hub als Schiphol kan in korte tijd grote golven aankomende en vertrekkende vluchten aan, die veel meer bestemmingen met elkaar verbinden dan een netwerk dat louter uit directe verbindingen bestaat. Via de ca. 150 rechtstreekse bestemmingen die KLM op Schiphol aanbiedt kunnen niet minder dan 80.000 'city pairs' oftewel combinaties van (door)verbindingen worden verzorgd. Hierdoor zijn er veel transferpassagiers, passagiers die op Schiphol aankomen om vanaf hier met een volgend vliegtuig verder te reizen naar de eindbestemming. In het verslagjaar 2004 / 2005 lag het aandeel transferpassagiers van KLM op ruim 65%.

Om dit transfervervoer mogelijk te maken heeft KLM de dag op Schiphol voor aankomende en vertrekkende vluchten opgedeeld in 'banks'. Een bank is zo ingedeeld dat er binnen een interval eerst de intercontinentale vluchten binnenkomen, vervolgens de Europese vluchten. Dan vertrekken als eerste de Europese vluchten, gevolgd door de intercontinentale vluchten. Zo ontstaan er een aantal piekperioden gedurende de dag, zowel in het binnenkomende als in het uitgaande verkeer, waardoor passagiers een zo kort mogelijke overstaptijd kan worden geboden. Dit is commercieel heel aantrekkelijk. Een korte overstaptijd is een reden voor klanten om KLM te verkiezen boven andere luchtvaartmaatschappijen.

Om stromen aankomende en vertrekkende vluchten aan te kunnen is het van belang dat het grondproces goed verloopt. Een goede inschatting van het benodigde aantal medewerkers is hierbij erg belangrijk. Met behulp van het programma GARP maakt KLM een planning voor het benodigde aantal medewerkers per afdeling om vliegtuigen af te handelen. Onder andere wordt hiervoor als input de geplande aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen gebruikt.

De indruk bij KLM is dat de kwaliteit van de uiteindelijke planning verbeterd kan worden door met nauwkeuriger ingeschatte aankomst- en vertrektijden te werken. Doel van de stage is te onderzoeken of het gebruik van deze tijden invloed heeft op de planning en of hiermee de uiteindelijke kwaliteit van de planning kan worden verbeterd. In dit stageverslag staat een uitvoerige beschrijving van de uitwerking van deze opdracht. Hieronder staat beschreven hoe het verslag is opgebouwd.

In deze introductie geeft de paragraaf 'Personeelsplanning en GARP' een korte beschrijving van de relevante processen die nodig zijn in de personeelsplanningen. Ook komt het programma GARP aan bod. De paragraaf 'Opdrachtomschrijving' behandelt de probleemomschrijving die samen met KLM is geformuleerd. In de paragraaf 'Aanpak van de opdracht' wordt beschreven hoe de stageopdracht is uitgevoerd.

De hoofdstukken 'Onderzoeksvraag 1' en 'Onderzoeksvragen 2 en 3' geven antwoord op de drie onderzoeksvragen die zijn geformuleerd.

Onderzoeksvragen 2 en 3 zullen beantwoord worden aan de hand van een te bouwen model. Het hoofdstuk 'Het model' beschrijft hoe het model is opgebouwd en wat de resultaten zijn.

Het hoofdstuk 'Conclusies en aanbevelingen' vat de opdracht en de uitkomsten van de onderzoeksvragen samen en vermeldt de belangrijkste conclusies die hieruit te trekken zijn.

In de bijlagen is meer te vinden over KLM, de data-analyses die voor het onderzoek zijn gedaan, wiskundige berekeningen en testresultaten. Deze bijlagen zijn bedoeld voor die lezers die meer willen weten over één van deze onderwerpen.

Dit is de openbare versie van het verslag, bepaalde gegevens en grafieken zijn verwijderd op verzoek van KLM. Sommige getallen zijn veranderd in een 'x'.

1.3 Personeelsplanning en GARP

Deze paragraaf geeft een beschrijving van de relevante processen die nodig zijn in de personeelsplanningen. Ook komt het product GARP aan bod, dat het beginpunt vormt van dit stageverslag.

1.3.1 Grondprocessen

Verschillende operationele afdelingen houden zich bezig met de grondafhandeling van de vliegtuigen die op Schiphol landen. Nadat een vliegtuig is geland, wordt het naar een toegewezen platform (of pier) getaxied. Hier worden de passagiers, bagage en vracht uitgeladen. Als een vliegtuig een vervolgbestemming heeft worden nieuwe passagiers, bagage en vracht weer ingeladen. Tussen aankomst en vertrek moet er ook worden getankt, schoongemaakt, enzovoort. Als het vliegtuig klaar is en het toestemming krijgt, taxiet het naar de startbaan vanwaar het opstijgt naar zijn nieuwe bestemming.

Sommige afhandelprocessen hebben een vastgestelde starttijd rond de aankomsttijd van het vliegtuig op het platform, anderen hebben een vaste eindtijd rond de vertrektijd. De overige processen, zoals tanken, zijn meer flexibel qua begin- of eindtijd.

Een aantal processen moet elkaar opvolgen. Er kan pas met schoonmaken worden begonnen als de passagiers zijn uitgestapt of pas met laden van bagage worden begonnen als er is gelost. Er zijn twee reeksen van opeenvolgende processen, 'onder de vleugel' en 'boven de vleugel'. Boven de vleugel vinden alle afhandelingen in en rond de cabine plaats, onder de vleugel zijn dit de afhandelingen op het platform. De langste van deze twee bepaalt de minimale tijd dat een vliegtuig nodig heeft om na aankomst weer te kunnen vertrekken naar een nieuwe bestemming.

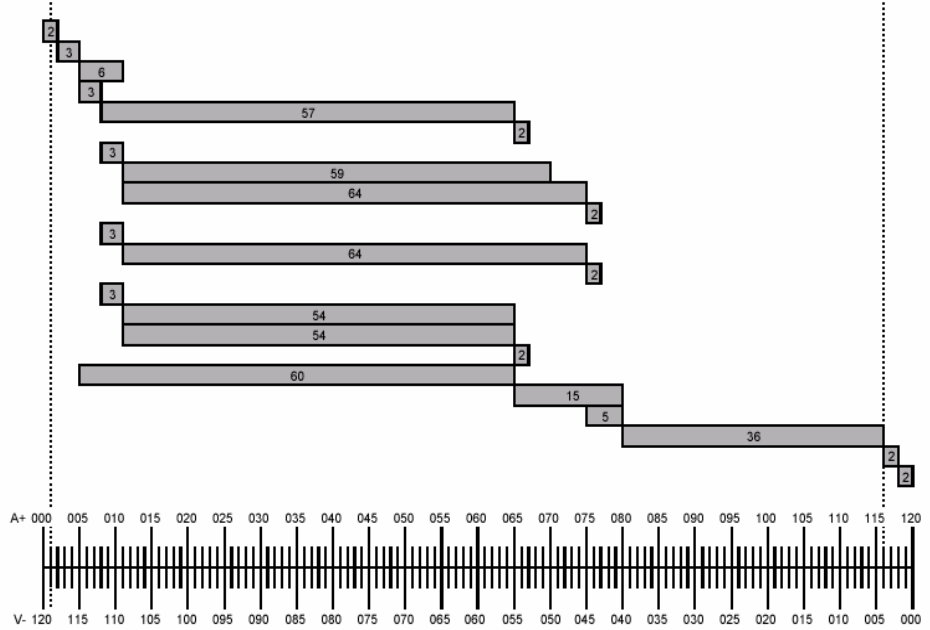
In het AIS (Afhandeling Instructies Schiphol) wordt per vliegtuigtype de processtappen, overdrachtpunten, taken en normeringen beschreven conform de beleidsuitgangspunten. Hierin is te vinden wat de minimale procestijden per vliegtuigtype zijn voor een aankomst, een vertrek of een omdraai.

Definitie Een *omdraai* wordt uitgevoerd als een vliegtuig binnen korte tijd na aankomst weer moet vertrekken: het vertrekproces volgt dan gelijk op het aankomstproces.

In figuur 1 is voor een Boeing 747 het gehele afhandelingproces te zien voor een omdraai volgens het AIS. De afkortingen links staan voor de afdelingen die verantwoordelijk zijn voor dat gedeelte van de afhandeling. De getallen in de balken zijn de tijdsduur van de processen. De tijdslijn geeft aan wanneer processen moeten starten en/of eindigen.

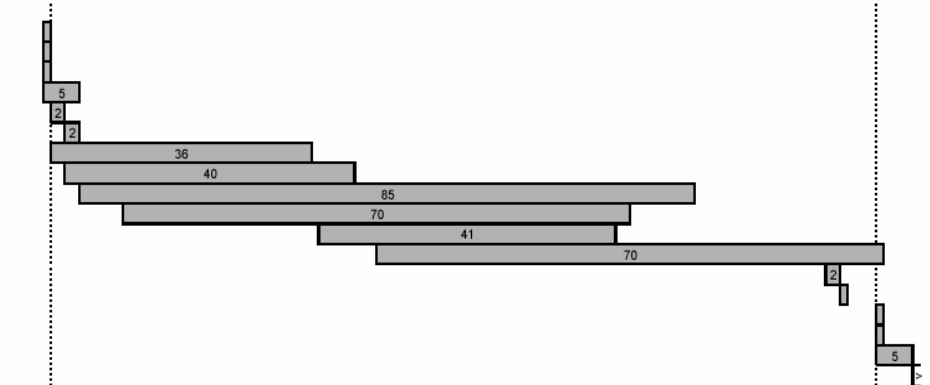
GATE-/CABINEPROCES

- PH - Brug aansluiten 12+14
- NC - Deboarding upperdeck + AB-zone
- NC - Deboarding overige zones
- HH - Truck 1 positioneren 21
- HH - Truck 1 wisselen catering fwd galley 21
- HH - Truck 1 verwijderen 21
- HH - Truck 2 positioneren 22
- HH - Truck 2 wisselen catering upper galley 22
- HH - Truck 2 wisselen catering mid galley 22
- HH - Truck 2 verwijderen 22
- HH - Truck 3 positioneren 24
- HH - Truck 3 wisselen catering aft galley 24
- HH - Truck 3 verwijderen 24
- KG - Truck 1 positioneren 11/15
- KG - Truck 1 lossen grofvuil 11/15
- KG - Truck 1 wisselen cabin supply 11/15
- KG - Truck 1 verwijderen 11/15
- KG - Cabin cleaning
- NC - Cabin Check
- PH - Preboarding
- PH/NC - Boarding
- PH - LMC-briefje in cockpit
- PH - Brug verwijderen 12+14



PLATFORMPROCES

- KA/KD - GPU/FE aansluiten
- KA/KD - Wielblokken plaatsen
- KA/KD - Pylonen plaatsen
- TZ - Technische aankomstservice
- KA/KD - Trap aansluiten 21
- KA/KD - Trap verwijderen 21
- KF - Toiletservice
- KA/KD - Lossen bagage/vracht/post
- TZ - Technische afhandeling
- KE - Refueling
- KF - Waterservice (drainen + vullen)
- KA/KD - Laden bagage/vracht/post
- KN - Tow tractor inspannen
- KN - Wielblokken verwijderen
- KN - GPU/FE loskoppelen
- KA/KD - Pylonen verwijderen
- KN - Technische vertreksservice
- KN - Push-back



Figuur 1: omdraaiprocessen voor een Boeing 747

1.3.2 GARP

GARP (General Airport Resource Planner) is een planningssysteem voor personeelsbehoefte. Met behulp van dit systeem geven de capaciteitsplanners van de afdeling Capacity Planning & Management een inschatting van het benodigde aantal medewerkers per tijdsinterval om aan de vraag te kunnen voldoen. Dit wordt gedaan voor de medewerkers van de afdelingen Aircraft Services, Passenger Services en Aircraft Turnaround Services. Deze inschatting wordt gedaan aan de hand van de volgende input:

1. de dienstregeling,
2. vluchten die per afdeling worden afgehandeld,
3. afhandelnormen.

Aan de hand van deze input geeft het programma het aantal benodigde medewerkers per 5 minuten voor een dag.

De gevonden GARP-waarden worden ingelezen in een model dat de maximale personeelsbehoefte in een kwartier afdekt tegen zo laag mogelijke kosten. De kosten bestaan uit het standaard loon van de medewerker plus extra kosten door ploegentoeslagen.

De dienstregeling

In de door de afdeling Netwerk afgegeven dienstregeling staan alle vliegtuigen die gepland staan om op Schiphol te landen en te vertrekken. Er is een winter- en een zomerdienstregeling. In de dienstregeling staat gepland per vlucht:

- vliegtuigtype,
- vluchtnummer,
- vertrekdag,
- vertrektijd,
- aankomstdag,
- aankomsttijd,
- vertrekstation,
- aankomststation,
- Europese of intercontinentale vlucht.

Definitie De *geplande aankomsttijd* van een vliegtuig is de tijd dat deze wordt verwacht op de positie waar het wordt afgehandeld. De gebruikte afkorting is STA.

Definitie De *geplande vertrektijd* van een vliegtuig is de verwachte tijd waarop deze zal vertrekken van zijn positie. De gebruikte afkorting is STD.

In de dienstregeling staan onder elkaar de (qua grondtijd) bij elkaar horende vluchten, zoals hieronder versimpeld is weergegeven, met locale tijden:

	Van	Tijdstip	Dag	Naar	Tijdstip	Dag
Aankomende vlucht:	JFK	23:10	1	AMS	12:10	2
Vertrekkende vlucht:	AMS	20:50	2	KUL	14:35	3

Te zien is dat een vlucht op maandag gepland is te vertrekken van John F. Kennedy International Airport om 23:10. Deze vlucht zal dinsdag om 12:10 landen op Amsterdam Airport Schiphol. Vervolgens vertrekt dit vliegtuig weer van Amsterdam om 20:50, om de volgende dag om 14:35 op Kuala Lumpur International Airport aan te komen. Dit vliegtuig staat op Schiphol aan de grond tussen 12:10 en 20:50. Dit wordt de geplande grondtijd voor dit vliegtuig genoemd.

Definitie De *geplande grondtijd* van een vliegtuig is de tijd tussen aankomst en het opeenvolgende vertrek.

Afhandelnormen

Voor medewerkers van de verschillende afdelingen zijn afhandelnormen vastgesteld. Bijvoorbeeld het boarden van passagiers, hetgeen een aantal minuten voor vertrek moet zijn afgerond, zal vroeg genoeg moeten starten om op tijd klaar te zijn. In de normen staat per type medewerker:

- de tijdsduur van het proces,
- het aantal benodigde medewerkers,
- de starttijd voor aankomstnormen, de eindtijd voor vertreknormen of het interval waarbinnen het proces moet plaatsvinden.

Als de geplande grondtijd van een vliegtuig korter is dan de totale tijd die medewerkers nodig hebben om een aankomstafhandeling en een vertrekaafhandeling uit te voeren, zal een omdraaiafhandeling worden uitgevoerd. Hiervoor is een totaalnorm, die aankomst- en vertrekaafhandeling combineert.

1.4 Opdrachtschrijving

Hieronder volgt de opdrachtschrijving die de aanleiding vormt voor dit stageverslag.

1.4.1 Inleiding

KLM heeft het software product genaamd GARP dat het mogelijk maakt het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval voor een afdeling te berekenen. Hiervoor gebruikt het programma onder andere de geplande aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen.

1.4.2 Geplande en werkelijke aankomst- en vertrektijden

Vliegtuigen vertrekken van een buitenstation om op Schiphol te landen. Er zijn verschillende redenen mogelijk waarom een vliegtuig op een ander tijdstip dan gepland vertrekt van het buitenstation. Ook wordt er soms sneller of langzamer gevlogen dan gepland en kan het nodig zijn om in de lucht te wachten voordat een vliegtuig kan landen op de luchthaven Schiphol. Met behulp van historische data bepaalt de afdeling Netwerk een geplande vertrektijd van de buitenstations. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat $x\%$ van de KLM-vluchten op tijd op Schiphol landt.

Vervolgens vertrekken vluchten vanaf Schiphol om op een buitenstation te landen. De geplande vertrektijd vanaf Schiphol wordt onder andere bepaald aan de hand van de minimale tijd dat grondpersoneel na aankomst nodig heeft om een vliegtuig af te handelen en transfervoer waarop gewacht moet worden. Verstoringen op deze gebieden kunnen leiden tot vertrekvertragingen.

Door KLM is geconstateerd dat vliegtuigen vaak niet op de geplande tijden op Schiphol aankomen en hiervandaan vertrekken. Grafiek 1, op de volgende pagina, toont dit voor de aankomsten van vluchten aan. Aan de hand van gegevens die in de zomer van 2005 zijn verzameld zijn de geplande aankomsttijden van Europese vluchten na 18:00 uur vergeleken met werkelijke aankomsttijden van vliegtuigen. Te zien is dat minder dan $x\%$ van de vluchten in het geplande aankomstkwartier aankomt.

VERTROUWELIJK

Grafiek 1: percentages eerder, later of op het geplande aankomstkwartier aangekomen vluchten

Grafiek 2 geeft een algemeen beeld van de aankomsten en vertrekken over de dag gedurende de hele zomer van 2005. Hierbij is gekeken naar de hoeveelheid vluchten van KLM die per kwartier gepland waren om aan te komen en te vertrekken en wat er werkelijk is gebeurd. Vertrekkende vluchten hebben in deze grafiek een negatieve waarde gekregen. Interessant is om te zien dat de pieken in planning afzakken bij de werkelijke hoeveelheid aankomsten en vertrekken.

VERTROUWELIJK

Grafiek 2: geplande hoeveelheid aankomsten en vertrekken (met negatieve waardes) worden vergeleken met de werkelijke hoeveelheid aankomsten en vertrekken over de hele zomer

Naast de constatering dat vliegtuigen niet op de geplande tijden aankomen en vertrekken is ook geconstateerd dat de planning die wordt gemaakt qua personeelsbehoefte niet helemaal overeenkomt met de werkelijke personeelsbehoefte op de betreffende dag. Hierdoor is de indruk ontstaan dat de kwaliteit van de ingevoerde aankomst- en vertrektijden invloed heeft op het eindresultaat. Hiervoor zijn twee verklaringen:

- Als een vliegtuig op een ander tijdstip binnenkomt dan gepland, daalt op het geplande tijdstip de vraag naar personeel, maar op het werkelijke aankomsttijdstip stijgt de vraag naar personeel.
- Als een vliegtuig op een ander tijdstip vertrekt dan gepland kan het zijn dat de vraag naar personeel verschuift. Een andere mogelijkheid is dat de vraag naar personeel toeneemt. Dit gebeurt als een vliegtuig vertraagd vertrekt doordat om een bepaalde reden het geplande proces langer duurt dan verwacht.

Gevolgen van een verkeerde inschatting van het benodigde aantal medewerkers kunnen zijn dat vliegtuigen moeten wachten op afhandeling bij gebrek aan personeel, wat vertrek- en/of aankomstvertragingen en ontevredenheid bij klanten kan veroorzaken. Verder kan een verkeerde inschatting ook leiden tot te veel personeel wat hoge kosten met zich meebrengt.

Het is vanuit KLM dus interessant om te kijken of met behulp van een betere inschatting van de aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen de personeelsplanningen verbeterd zouden kunnen worden.

1.4.3 Optrachtomschrijving

We hebben gezien dat we in theorie de kwaliteit van de personeelsplanning kunnen verhogen door een betere inschatting van aankomst- en vertrektijden te gebruiken. Het doel van de stage is dan ook:

Onderzoek hoe de personeelsplanning kan worden verbeterd met behulp van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen.

De opdracht is opgedeeld in drie delen:

1. Onderzoek of een personeelsplanning aan de hand van de werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen andere uitkomsten geeft dan een planning met als input de geplande aankomst- en vertrektijden.
2. Als is aangetoond dat de personeelsplanning significant verandert door het gebruik van de werkelijke aankomst- en vertrektijden, is de volgende vraag hoe de huidige personeelsplanningen verbeterd kunnen worden met behulp van de nauwkeuriger ingeschatte aankomst- en vertrektijden.
3. Onderzoek aan de hand van de verbeterde plannings naar kenmerken in een dienstregeling die waarschijnlijk een te grote behoefte aan personeel genereren, zoals gelijktijdige aankomsten of de beschikbare grondtijd.

De stage is een succes als deze leidt tot een personeelsplanning die, beter dan de huidige methode, het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval weergeeft, waarbij aan de gestelde eisen wordt voldaan. Hierbij wordt aangenomen dat een methode die verbeterde geschatte aankomst- en vertrektijden als input heeft, een betere personeelsplanning afgeeft dan de huidige methode.

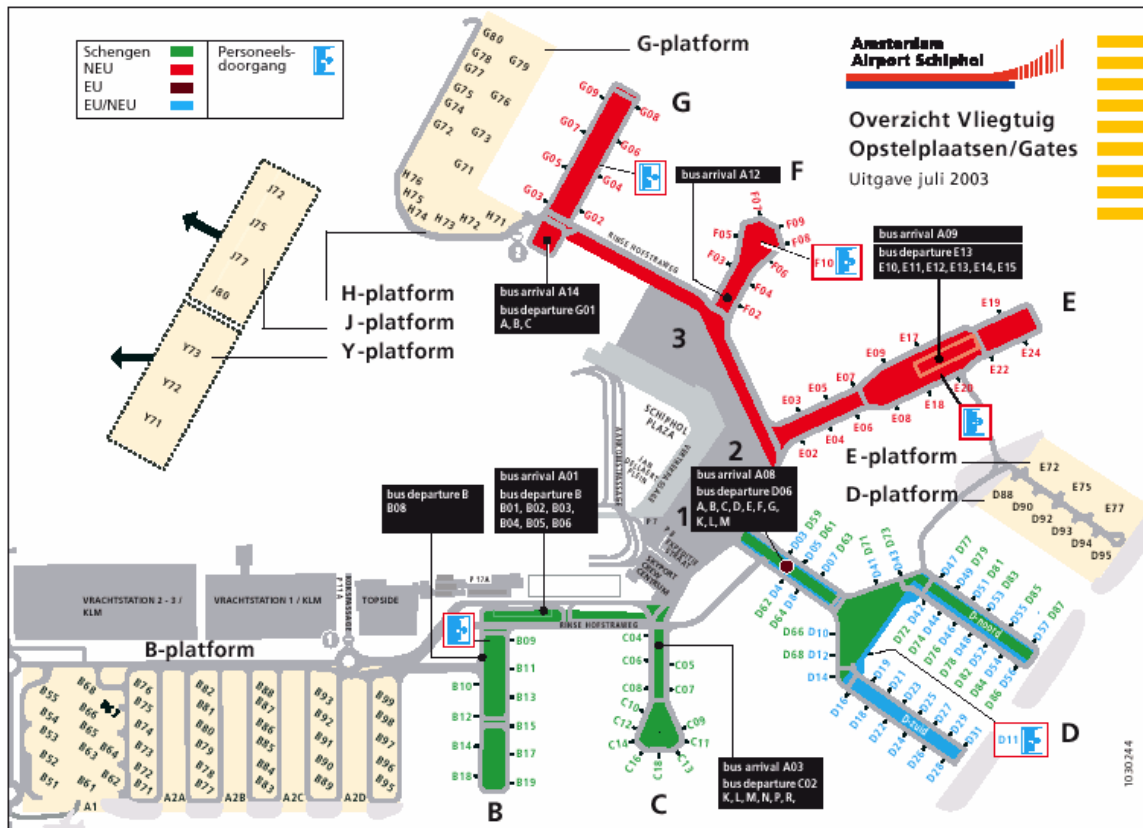
1.4.4 Afbakening van de opdracht

In dit onderzoek wordt gekeken naar de personeelsplanning voor de operationele afdelingen Aircraft Turnaround Services en Passenger Services omdat deze twee afdelingen waarschijnlijk de meeste last hebben van afwijkingen in aankomst- en vertrektijden. Deze afdelingen verrichten beide aankomst- en vertrekgerichte processen.

De werkzaamheden van Aircraft Turnaround Services omvatten het laden en lossen van bagage, vracht en post, het bijrijden van materieel en het bewaken en bijsturen van het totale afhandelingsproces voor KLM-vluchten en voor klanten.

Op het B-platform op Schiphol staan de 'Commuters'. Dit zijn de kleine vliegtuigen zoals de Fokker 50, 70 en 100. Verder geldt over het algemeen dat 'narrow body' vliegtuigen, zoals de Boeing 737, op de pieren C en D staan. De 'wide body' vliegtuigen, zoals de Airbus A330, staan op de pieren E en F.

De B-platform afhandeling valt onder de Commuter afdeling, afhandeling op de pieren C en D valt onder de Europese afdeling en afhandeling op de pieren E en F valt onder de intercontinentale afdeling. Zie figuur 2 voor een plattegrond van Schiphol. In dit onderzoek wordt gekeken naar het aantal benodigde teamleden bij de drie afdelingen.



Figuur 2: platforms en gates op Amsterdam Airport Schiphol

Een van de werkzaamheden binnen Passenger Services is het boarden van passagiers van KLM, partners en klanten. Hierbij is er een Europese en een intercontinentale afdeling. Boarden bestaat uit het laten instappen van passagiers in het vliegtuig. Voor de vertrekservice is een Gate Agent nodig. Deze is verantwoordelijk voor het goed laten verlopen van het boardingproces en het op tijd sluiten van de passagiersdeur. Zij wordt geholpen door één of meerdere Service Agents, die ook zorgen voor de inname van de boarding pass. Verder is er vluchtafhankelijk ook een Service Agent nodig voor handbagage inname en soms ook voor de Priority Lane voor Business Class passagiers. In dit onderzoek wordt gekeken naar het aantal benodigde Gate Agents en Service Agents voor het boarden van passagiers bij de twee afdelingen.

1.5 Aanpak van de opdracht

In deze paragraaf wordt de aanpak uiteengezet voor de opdracht. In paragraaf 1.3 hebben we gezien hoe momenteel een inschatting van de personeelsbehoefte wordt gedaan. In paragraaf 1.4 is opgemerkt dat vliegtuigen niet op de geplande tijden aankomen en vertrekken en dat dit invloed kan hebben op de personeelsbehoefte. Dit is de reden voor het stageonderzoek.

1.5.1 Onderzoeksvraag 1

Wat we als eerste willen onderzoeken is of een personeelsplanning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden inderdaad verschilt van de huidige planning die wordt gedaan met als input geplande tijden. Om dit te onderzoeken wordt het planningssysteem GARP gebruikt. Het invoeren in GARP van de werkelijke tijden dat vliegtuigen aangekomen zijn in plaats van de geplande tijd geeft een personeelsplanning gegenereerd aan de hand van deze tijden. Door dit te vergelijken met de eerder afgegeven personeelsplanning (aan de hand van geplande tijden) kan worden bekeken of er een verschil is tussen deze twee plannings.

1.5.2 Het model

Als is aangetoond dat inderdaad de personeelsplanningen verschillen is de volgende stap het bouwen van een model dat aan de hand van historische aankomst- en vertrekgegevens van vliegtuigen het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval berekent. Hiervoor worden ten eerste aankomst- en vertrekverdelingen bepaald. Aan de hand van deze verdelingen simuleert het model per run de aankomst- en de vertrektijd per vliegtuig. Door de afhandelnormen te verbinden aan deze tijden kan berekend worden hoeveel medewerkers aan de hand van deze tijden nodig zijn per tijdsinterval. Elke run kan een andere uitkomst geven voor het aantal benodigde medewerkers aangezien per run de aankomst- en vertrektijden kunnen veranderen. Over alle runs wordt het gemiddelde aantal medewerkers per tijdsinterval berekend, het 70, 80 en 90 procent percentiel en het maximum. Dit wordt vergeleken met het aantal medewerkers dat nodig is aan de hand van de geplande tijden. Vervolgens wordt het aantal benodigde medewerkers, gevonden met behulp van de 6 methodes (de percentielen, het maximum, het gemiddelde en plannen aan de hand van de geplande tijden), afgedekt met personeelsdiensten. Zo kan het aantal benodigde diensten wat nodig is per methode worden vergeleken. Als de afdekking van bijvoorbeeld het 80% percentiel van de runs tot minder diensten leidt dan afdekking van de geplande tijden, zou dit een verbetering zijn uitsluitend als dit leidt tot een gelijke of een betere performance. Deze performance wordt in dit model gemeten aan de hand van het aantal vliegtuigen dat 5 minuten moet wachten op afhandeling door gebrek aan personeel en het aantal wachtende stoelminuten waar dit mee overeenkomt.

Definitie Wanneer een vliegtuig 1 minuut moet wachten op afhandeling zijn het *aantal wachtende stoelminuten* het totale aantal stoelen in dit vliegtuig.

1.5.3 Onderzoeksvragen 2 en 3

Onderzoeksvraag 2 is hoe huidige personeelsplanningen verbeterd kunnen worden met behulp van de nauwkeuriger geschatte aankomst- en vertrektijden. Onderzoeksvraag 3 is of er kenmerken zijn, die aan de hand van de verbeterde planningsmethoden kunnen worden aangewezen in een dienstrooster, die waarschijnlijk een te grote behoefte aan personeel genereren, zoals gelijktijdige aankomsten of de beschikbare grondtijd. Aan de hand van het gemaakte model kan worden bepaald hoe huidige planningsmethoden kunnen worden verbeterd. Met behulp van het model kunnen vervolgens ook kenmerken in een dienstregeling worden aangewezen die waarschijnlijk zullen leiden tot een te groot aantal benodigde medewerkers. Dit wordt gedaan door in het model een aantal mogelijke scenario's in te voeren.

2. Onderzoeksvraag 1

Capaciteitsplanners van de afdeling Capacity Planning & Management geven een inschatting van het benodigde aantal medewerkers per tijdsinterval voor een afdeling om de vliegtuigen af te handelen. Dit wordt gedaan aan de hand van onder andere de geplande aankomst- en vertrektijden. Deze tijden kunnen afwijken van de werkelijke aankomst- en vertrektijden. De eerste onderzoeksvraag is of een planning aan de hand van de geplande tijden in uitkomsten verschilt van een planning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden. Om deze vraag te beantwoorden wordt het planningssysteem GARP gebruikt. Dit onderzoek wordt gedaan voor de twee afdelingen waar dit onderzoek op is toegespitst, Aircraft Turnaround Services en Passenger Services.

2.1 Inleiding

Inschattingen van het aantal benodigde medewerkers per afdeling worden gedaan aan de hand van één gemiddelde week in de zomer of winter. KLM is een lijndienstmaatschappij, hierdoor is er weinig verschil in de dienstregeling tussen een rustige, een gemiddelde en een drukke week. Voor de zomer van 2005 gold:

Rustige week	1927 KLM vluchten
Gemiddelde week	1967 KLM vluchten
Drukke week	1990 KLM vluchten

Om te kijken of deze inschatting verschilt van een inschatting die zou worden afgegeven wanneer als input van het programma GARP de werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen was gebruikt, wordt er nogmaals een berekening gedaan om het benodigde aantal medewerkers vast te stellen, nu met als input de werkelijke tijden waarop vliegtuigen zijn aangekomen en vertrokken. Deze tijden, waarop vliegtuigen aankomen op positie en later vertrekken van positie, worden bijgehouden en opgeslagen in een database. Door de twee personeelsplanningen te vergelijken kan worden bekeken of er een verschil is tussen de twee planningen. Het aantal benodigde medewerkers wordt afgedekt met diensten. Nu kan ook het aantal benodigde diensten aan de hand van de twee methodes worden vergeleken. Aangezien de inschatting van het aantal benodigde medewerkers is gedaan voor een gemiddelde week gebruiken we voor dit onderzoek ook de werkelijke aankomst- en vertrektijden tijdens een gemiddelde week.

2.2 Aircraft Turnaround Services

Voor Aircraft Turnaround Services kijken we naar de personeelsplanning voor teamleden van de Commuter afdeling. In grafiek 3 staat:

- De personeelsbehoefte per kwartier om de vliegtuigen die op het B-platform worden afgehandeld op de geplande tijden te laden en te lossen.
- De personeelsbehoefte per kwartier om de vliegtuigen op de werkelijke tijden te laden en te lossen.
- De afdekking met diensten van de personeelsbehoefte met als input de geplande tijden.
- De afdekking met diensten van de personeelsbehoefte met als input de werkelijke tijden.

VERTROUWELIJK

Grafiek 3: personeelsbehoefte en dienstenafdekking bij Aircraft Turnaround Services met geplande en werkelijke tijden

Te zien is dat voor deze dag veel pieken in de personeelsplanning aan de hand van de geplande tijden afzakken bij planning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden. Ook ontstaat bij deze tweede planning een 'nieuwe' piek rond 22:30 uur.

VERTROUWELIJK

2.3 Passenger Services

Voor Passenger Services kijken we naar de personeelsplanning voor Gate Agents van de intercontinentale afdeling. Zie grafiek 6.

VERTROUWELIJK

Grafiek 6: personeelsbehoefte en dienstenafdekking bij Passenger Services met geplande en werkelijke tijden

Te zien is dat voor deze dag weer veel pieken in de personeelsplanning aan de hand van de geplande tijden afzakken bij planning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden. Te zien is ook dat voor het merendeel van de dag meer diensten zijn ingepland dan nodig is.

2.4 Conclusie

In dit hoofdstuk was te zien dat op de dag van uitvoering een andere hoeveelheid medewerkers nodig was dan wat was ingepland door de capaciteitsplanners. Veranderingen in aankomst- en vertrektijden en afwijkingen van de geplande hoeveelheid afgehandelde vluchten zijn de oorzaken van deze verschillen. In grafieken 3 en 6 is te zien dat er soms meer en soms minder medewerkers nodig zijn dan gepland.

Het antwoord op onderzoeksvraag 1 is dus dat een personeelsplanning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden inderdaad andere uitkomsten geeft dan een planning met als input de geplande aankomst- en vertrektijden.

3. Het model

Onderzoeksvraag 1 is het vorige hoofdstuk beantwoord. Hier is gebleken dat het gebruik van werkelijke aankomst- en vertrektijden in de personeelsplanning leidt tot een andere hoeveelheid benodigde medewerkers per tijdsinterval. Vraag 2 en 3 zijn:

2. Hoe kunnen huidige personeelsplanningen worden verbeterd met behulp van de nauwkeuriger ingeschatte aankomst- en vertrektijden.
3. Zijn er kenmerken, die aan de hand van de verbeterde plannings kunnen worden aangewezen in een dienstrooster, die waarschijnlijk een te grote behoefte aan personeel genereren, zoals gelijktijdige aankomsten of de beschikbare grondtijd.

Om deze twee vragen te kunnen beantwoorden wordt een model gebouwd dat het benodigde aantal medewerkers per tijdsinterval berekent aan de hand van de gesimuleerde werkelijke aankomst- en vertrektijden.

3.1 Werkelijke aankomst- en vertrektijden

3.1.1 Inleiding

KLM wil graag een zo hoog mogelijke vertrek- en aankomstpunctualiteit. Targets zijn vastgesteld voor Europese en intercontinentale passagiersvluchten:

VERTROUWELIJK

Arrival 0:	het percentage vluchten dat op of voor de geplande aankomsttijd aankomt op positie.
All Doors Closed:	het percentage vluchten waarbij 2 minuten voor de geplande vertrektijd alle deuren dicht zijn.
Departure 0:	het percentage vluchten dat op de geplande vertrektijd begint met de pushback.
Departure 15:	het percentage vluchten dat binnen 15 minuten na de geplande vertrektijd begint met de pushback.

De volgende percentages zijn in de zomer van 2005 werkelijk door de KLM behaald:

VERTROUWELIJK

Deze cijfers geven een globaal beeld over hoe vluchten, die moeten worden afgehandeld, aankomen en vertrekken. In de volgende paragrafen zullen de aankomsten en vertrekken van vluchten verder worden uitgediept en wordt getoond hoe de aankomst- en vertrekverdelingen zijn bepaald.

3.1.2 Aankomsttijden

In de grafiek hieronder staan de aankomsten ten opzichte van de geplande tijden voor Europese en intercontinentale vluchten van KLM, partners en klanten (van de te onderzoeken afdelingen). Er is gekeken naar de aankomsten in de zomer van 2005. Het aantal minuten dat een vliegtuig te vroeg of te laat kan aankomen is opgedeeld in tijdsintervallen. '< -60' bijvoorbeeld is het percentage vluchten dat meer dan 60 minuten te vroeg is geland.

VERTROUWELIJK

Grafiek 7: aankomstverdelingen voor Europese en intercontinentale vluchten

VERTROUWELIJK

Om te kijken of aankomsten ten opzichte van de geplande tijden per regio verschillen zijn de vluchten van KLM, partners en klanten gecategoriseerd in 6 regio's. In grafiek 8 is per regio het percentage aankomsten in een interval ten opzichte van de geplande tijden te zien.

VERTROUWELIJK

Grafiek 8: aankomstverdelingen voor verschillende regio's

Op het oog lijken de aankomsten uit verschillende intercontinentale regio's redelijk op elkaar. De Europese aankomsten hebben weer een afwijkend patroon (voor aankomstverdelingen per maand zie bijlage C1). Te zien is dat aankomstverdelingen per maand erg weinig verschillen.

Er is gekozen om twee aankomstverdelingen te bepalen, een verdeling voor Europese aankomsten en een verdeling voor intercontinentale aankomsten. Verder wordt er gewerkt met percentages. Een vliegtuig heeft een kans om in een interval, dat is opgesteld ten opzichte van de geplande aankomsttijd, binnen te komen.

Aankomstpercentages kunnen per vlucht worden vastgesteld, per kwartier, per uur, enzovoort. Voor het model is het gewenst om met zo min mogelijk verschillende percentages te werken, dit om het programma zo overzichtelijk mogelijk te houden. Echter, de gesimuleerde aankomsttijden die verkregen worden met behulp van deze aankomstpercentages moeten goed overeenkomen met de werkelijke aankomsttijden van vluchten. Daarom zullen de gesimuleerde aankomsttijden worden vergeleken met de werkelijke aankomsttijden om te bepalen welke percentages nauwkeurig genoeg zijn om in het te maken model mee te werken.

Aankomstverdeling bepalen

Werkelijke aankomsttijden zijn vergeleken met geplande aankomsttijden om zo de aankomstverdelingen te bepalen. Dit is gedaan op vier manieren: per kwartier, per uur, per dagdeel (5 dagdelen in totaal) en voor de hele dag. Een aankomstverdeling voor de hele dag wil zeggen dat elke vlucht dezelfde kans heeft om bijvoorbeeld 30 tot 10 minuten te vroeg aan te komen.

Aan de hand van de verkregen aankomstverdelingen zijn voor de Europese en intercontinentale vluchten 100 aankomsttijden gesimuleerd. Per run is vervolgens gekeken hoeveel vluchten er per kwartier binnenkomen. Over deze kwartieren is het gemiddelde genomen.

KLM vliegt elke dag ongeveer dezelfde vluchten. Om werkelijke aankomsttijden en gesimuleerde aankomsttijden met elkaar te kunnen vergelijken zijn 211 Europese en 35 intercontinentale vluchten geselecteerd die allen ongeveer dagelijks vliegen, gedurende de onderzochte 18 weken (juni tot en met september). Dit is 92% van alle gevlogen Europese vluchten en 75% van alle gevlogen intercontinentale vluchten gedurende deze periode. Aan de hand van deze vluchten ontstaan er $18 * 7 = 126$ 'identieke' dagen. Hierover is ook het gemiddelde genomen.

In grafieken 9 en 10 staan voor Europese en intercontinentale vluchten:

- De geplande hoeveelheid aankomsten per kwartier
- Het gemiddelde van de werkelijke hoeveelheid aankomsten per kwartier
- Het gemiddelde van de gesimuleerde hoeveelheid aankomsten per kwartier, getrokken uit de aankomstverdelingen met percentages per:
 - Kwartier
 - Uur
 - Dagdeel
- Het gemiddelde van de gesimuleerde hoeveelheid aankomsten per kwartier, getrokken uit één (Europese of intercontinentale) aankomstverdeling voor de hele dag.

VERTROUWELIJK

Grafiek 9: gesimuleerde Europese aankomsten vergeleken met werkelijke aankomsten

VERTROUWELIJK

Grafiek 10: gesimuleerde intercontinentale aankomsten vergeleken met werkelijke aankomsten

Het 80% percentiel en het maximum van de runs vergeleken met de werkelijke aankomsttijden zijn te vinden in bijlage C2.

Te zien is dat de runs met percentages die over de hele dag gelijk zijn het voor Europese vluchten even goed doen als de runs met de meer nauwkeurige percentages. Dit komt omdat de percentages over de dag niet zo sterk fluctueren. Bij intercontinentale vluchten is er een moment rond 9:00 waarop de runs over de hele dag het minder goed doen, maar verder doen deze percentages het hier ook redelijk goed. Aangezien het wenselijk is om met zo min mogelijk detaillering de percentages vast te stellen zijn de percentages voor de hele dag de meest geschikte percentages voor de aankomstverdelingen. Hiermee zal in het te bouwen model om personeelsbehoefte te berekenen dan ook gewerkt worden.

3.1.3 Vertrektijden

Voor Europese en intercontinentale vertrekkende vluchten worden verschillende tijden bijgehouden. De volgende tijden zijn voor dit onderzoek belangrijk: de Cargo Doors Closed tijd (CDC), de Passengers Doors Closed tijd (PDC) en de tijd waarop de pushback wordt gestart. Twee minuten voor de geplande vertrektijd moeten de deuren dicht zijn. Op dit tijdstip zijn alle afhandelingprocessen, waar dit onderzoek op is toegespitst, afgerond. De medewerkers van Aircraft Turnaround Services moeten op dit moment het vrachtluk hebben gesloten en medewerkers van Passenger Services moeten op dit moment de passagiersdeur hebben gesloten. Om vertrekpercentages vast te stellen wordt er dan ook naar deze tijden gekeken. Voor Aircraft Turnaround Services is er naast een Europese en een intercontinentale afdeling ook een Commuter afdeling. Hier wordt anders gewerkt dan bij de Europese en intercontinentale afdeling. Medewerkers van deze afdeling moeten bij het vliegtuig blijven tot de pushback van het vliegtuig. Om vertrekpercentages voor deze afdeling vast te stellen wordt dan ook naar de pushback-tijd gekeken.

De vertrekverdelingen voor de verschillende afdelingen zijn in grafiek 11 weergegeven. Voor Aircraft Turnaround Services zullen in het model de percentages voor de pushback worden meegenomen voor de Commuter afdeling en verder de CDC-percentages. Voor Passenger Services zullen de PDC-percentages in het model worden meegenomen.

VERTROUWELIJK

Grafiek 11: vertrekverdelingen voor verschillende afdelingen

3.2 Ontwerp model

Voor het te bouwen model is het van belang dat de werkelijkheid zo juist mogelijk wordt nagebootst. Deze paragraaf geeft een onderbouwing voor twee keuzes die gemaakt zijn bij het ontwerp van het model. Verder worden de input en de acties van het programma behandeld.

3.2.1 Keuzes model

Keuze 1: Verband tussen aankomst- en vertrekvertraging

In het model heeft de aankomstvertraging invloed op de vertrekvertraging als de tijd tussen de werkelijke aankomsttijd en de geplande vertrektijd van een vliegtuig erg kort is. Er is voor een vliegtuig een minimale tijd tussen aankomst en vertrek vastgesteld waarbinnen de totale afhandeling kan worden afgerond, de minimale grondtijd genoemd. De afdeling Netwerk houdt in de dienstregeling rekening met deze tijd. Als een vliegtuig te laat binnenkomt, kan het zijn dat de tijd tussen aankomst en de geplande vertrektijd korter is dan de minimale grondtijd. In het te bouwen model wordt het vliegtuig dan vertraagd, zodat aan de minimale grondtijd wordt voldaan.

Aan de hand van historische data kan deze keuze onderbouwd worden. In grafiek 12 is voor de zomer van 2005 te zien dat Europese vliegtuigen die op tijd aankomen een veel betere vertrekpunctualiteit hebben dan vliegtuigen die te laat aankomen. Ook is te zien dat vliegtuigen die te vroeg aankomen een nog betere vertrekpunctualiteit hebben. Een verklaring hiervoor is dat als er een langere grondtijd is, er minder kans is op vertragingen veroorzaakt door de grondafhandeling. Veel afhandelingprocessen volgen elkaar op. Als, omdat een vliegtuig eerder is aangekomen dan gepland, er eerder kan worden begonnen met deboarden, kan er ook eerder worden begonnen met het schoonmaken van het vliegtuig. De kans wordt hierdoor kleiner dat dit te laat klaar is, waardoor de kans groter wordt dat er op tijd kan worden begonnen met boarden. Hierdoor wordt uiteindelijk de kans groter dat het vliegtuig op tijd vertrekt. In de grafiek in bijlage C3 is voor intercontinentale vluchten een vergelijkbare grafiek te zien.

VERTROUWELIJK

Grafiek 12: verband tussen aankomst- en vertrekpunctualiteit voor Europese vluchten

Keuze 2: Procesvertraging

Vele verstoringen zijn mogelijk waardoor een vliegtuig niet op tijd kan vertrekken. Naast het niet op tijd aankomen van het vliegtuig is ook mogelijk dat bijvoorbeeld een passagier niet komt opdagen of dat er een defect aan het vliegtuig is. Om een realistisch model te maken zal een inschatting worden gemaakt over hoe vaak personeel langer bij het vliegtuig blijft dan gepland als gevolg van een vertraging.

Als een vliegtuig te laat vertrekt kunnen er maximaal 2 vertragingcodes worden opgegeven, dat zijn de redenen waarom een vliegtuig vertraagd is. Vertragingcodes zijn te vinden in bijlage C4.

In deze bijlage is te zien dat 'Reactionary' een heel belangrijke vertragingscategorie is bij vluchten die 15 minuten of meer vertraagd zijn. Vertragingen in deze categorie worden bijvoorbeeld gegeven als de vlucht te laat binnen is gekomen om op tijd weer te kunnen vertrekken of als er lang gewacht moet worden op passagiers van een andere vlucht die te laat binnen is gekomen. Hieruit blijkt weer dat de aankomsttijd van een vliegtuig invloed heeft op de vertrektijd en dat ook de aankomstpunctualiteit van andere vluchten een grote invloed heeft op de vertrekpunctualiteit van een vliegtuig.

Opvallend is de grootte van de vertragingcode 'Missing checked in passenger' bij vertragingen ten opzichte van Departure 15 (ook te zien in bijlage C4). Als een passagier niet komt opdagen bij de gate terwijl hij wel bagage heeft ingechecked, moet de bagage uit het vliegtuig worden gehaald. Een koffer mag vanwege de veiligheid niet vliegen zonder passagier. Als de passagier niet geboord is, moet met het lossen van de koffer worden begonnen 10 minuten voor de vertrektijd van het vliegtuig. Het blijkt uit het grote percentage vertragingen voor deze code dat het lossen van een koffer een behoorlijke tijd kan duren. Dit betekent ook dat het los-personeel langer dan verwacht bij het vliegtuig aanwezig moet zijn.

Invloed op laad- en losproces:

Bij sommige vertragingen blijft het personeel van Aircraft Turnaround Services langer bij het vliegtuig dan gepland. Bijvoorbeeld als een koffer moet worden gelost als de passagier niet is komen opdagen. Uit berekeningen blijkt dat in ongeveer $x\%$ van de vertragingen personeel van Aircraft Turnaround Services aanwezig blijft. Dit percentage wordt in het te bouwen model meegenomen met behulp van de aanname dat personeel bij vertraging tot x minuten bij een vliegtuig blijft. Het percentage vluchten dat in deze mate vertraagt, is ongeveer de vastgestelde $x\%$. Bij vluchten die x minuten of meer vertragen, wordt op een later moment begonnen met het laadproces.

Invloed op boardingproces:

Gate Agents en Service Agents moeten tot een aantal minuten na het sluiten van de passagiersdeuren bij het vliegtuig blijven. In het model wordt opgenomen dat bij vertragingen tot x minuten bij het sluiten de deuren de Agents langer bij het vliegtuig blijven. Bij grotere vertragingen wordt er later begonnen met boarden. Uit onderzoek is naar voren gekomen dat deze aannames redelijk overeen komen met de werkelijkheid.

3.2.2 De input

De input van het programma is hetzelfde als de input in het planningsysteem GARP van KLM, met als verschil dat aankomst- en vertrektijden zullen worden getrokken uit een verdeling.

De input is dus:

1. de dienstregeling
2. vluchten die per afdeling worden afgehandeld
3. afhandelnormen
4. aankomstverdelingen voor Europese en intercontinentale vluchten
5. vertrekverdelingen voor Commuter, Europese en intercontinentale vluchten

3.2.3 Acties programma

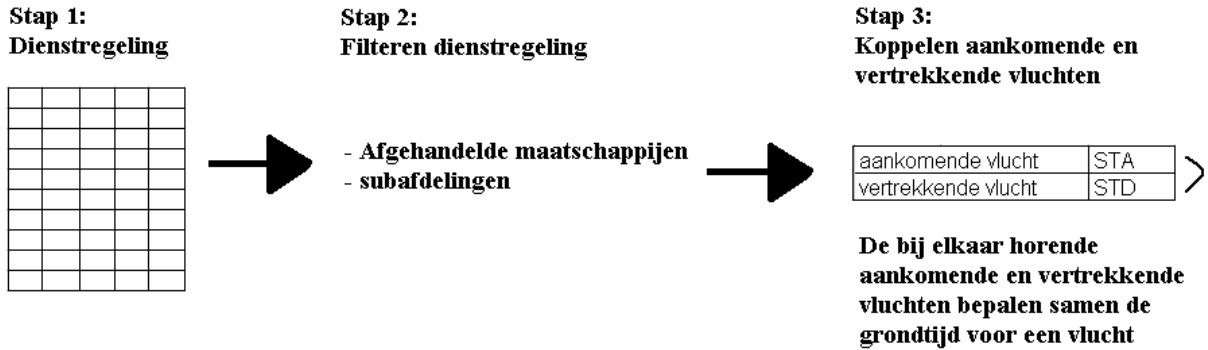
Het te bouwen programma zal het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval per afdeling genereren, voor 7 dagen van een week. Hiervoor moeten eerst de aan elkaar gekoppelde aankomende en vertrekkende vluchten per afdeling worden gevonden.

Vervolgens wordt een aankomsttijd gesimuleerd aan de hand van de geplande aankomsttijd en de aankomstverdeling. De tijd van aankomst tot geplande vertrektijd is de grondtijd waarbinnen het vliegtuig moet worden afgehandeld. Als deze tijd korter is dan de minimale grondtijd, wordt de geplande vertrektijd zoveel verlaat, dat de grondtijd voldoet aan de minimale grondtijd. Zo wordt een nieuwe geplande vertrektijd vastgesteld. De grondtijd van een vliegtuig bepaalt of een aankomst- en een vertrekafhandeling of een omdraaiafhandeling wordt uitgevoerd. Vervolgens wordt de vertrektijd gesimuleerd aan de hand van de geplande vertrektijd en de vertrekverdeling.

Aan de hand van de gesimuleerde aankomsttijd, de geplande vertrektijd, de werkelijke vertrektijd en de afhandelnormen wordt het aantal benodigde medewerkers per afdeling per tijdsinterval berekend. Dit wordt 200 keer herhaald. Over de 200 uitkomsten van het aantal benodigde medewerkers wordt het 70, 80 en 90 procent percentiel genomen, het gemiddelde en het maximum. Nadat de verschillende aantallen benodigde medewerkers zijn afgedekt met diensten, wordt per scenario berekend hoeveel vluchten er vervolgens 5 minuten moeten wachten op afhandeling en met hoeveel wachtende stoelminuten dit overeenkomt. Als er voor een bepaalde afdekking met diensten wordt gekozen geeft het aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten dat hierbij hoort goed aan wat de 'prijs' in service is die hiervoor gemiddeld betaald zal worden. Een goed gefundeerde keuze kan hiermee worden gemaakt door het management van KLM. Een heel scala aan mogelijkheden wordt weergegeven. Bij een afdekking van het gemiddelde van de runs zijn de personeelskosten het laagst, maar is het aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten het hoogst. Bij afdekking van het maximum van de runs zijn de personeelskosten heel veel hoger maar is de service aan de klant optimaal. Ook berekent het model het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden, precies zoals het KLM programma GARP dat doet. Zo kunnen het aantal benodigde medewerkers, diensten en wachtende stoelminuten en vliegtuigen per methode worden vergeleken.

Actie 1: Grondtijd per afdeling

De eerste stap van het model is om uit de dienstregeling de vluchten van de afgehandelde maatschappijen te filteren. Deze vluchten worden vervolgens naar afdeling ingedeeld. De vluchten die in de dienstregeling onder elkaar staan worden gekoppeld om de grondtijd voor een vliegtuig op Schiphol te bepalen. Schematisch ziet het filteren van de dienstregeling er als volgt uit:



Figuur 3: het filteren van de vluchten uit de dienstregeling

Deze filtering resulteert erin dat de geplande aankomsttijd gevolgd door de geplande vertrektijd van een vliegtuig gekoppeld staat weergegeven, per subafdeling.

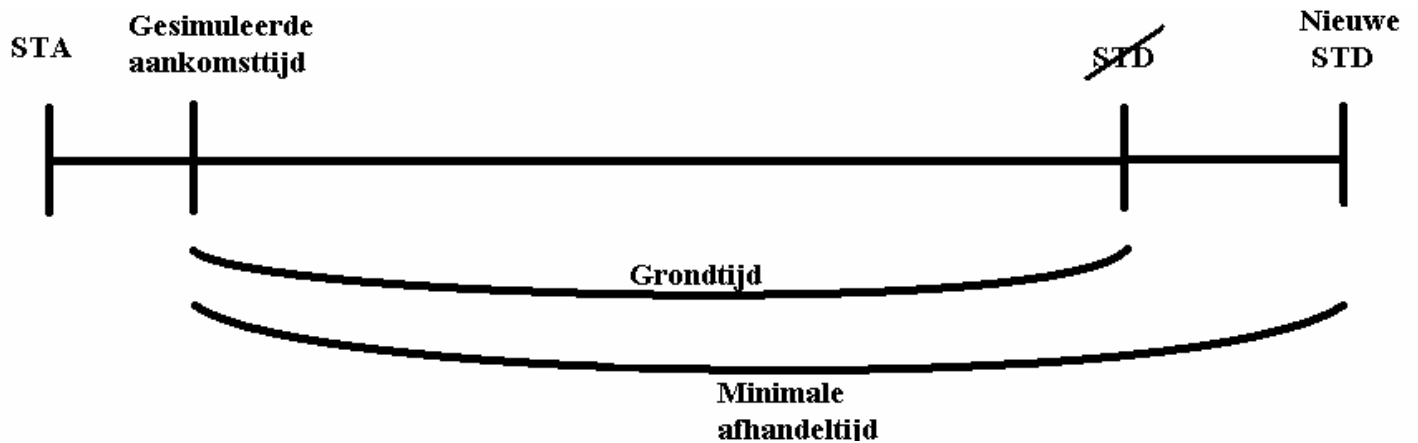
Actie 2: Gesimuleerde en geplande tijden

Als per vliegtuig de aankomst- en de vertrektijd gekoppeld is weergegeven is de volgende stap om de 'werkelijke' aankomsttijd per vlucht te simuleren uit de aankomstverdeling. De tijd tussen de gesimuleerde aankomsttijd en de geplande vertrektijd (STD) bepaalt de grondtijd. Schematisch ziet dit er als volgt uit:



Figuur 4: bepalen grondtijd

De grondtijd moet langer zijn dan de minimale afhandeltijd, anders moet de grondtijd worden verlengd door de STD op een later vast te stellen tijdstip. De STD wordt dan de gesimuleerde aankomsttijd + minimale afhandeltijd. Dit ziet er schematisch als volgt uit:

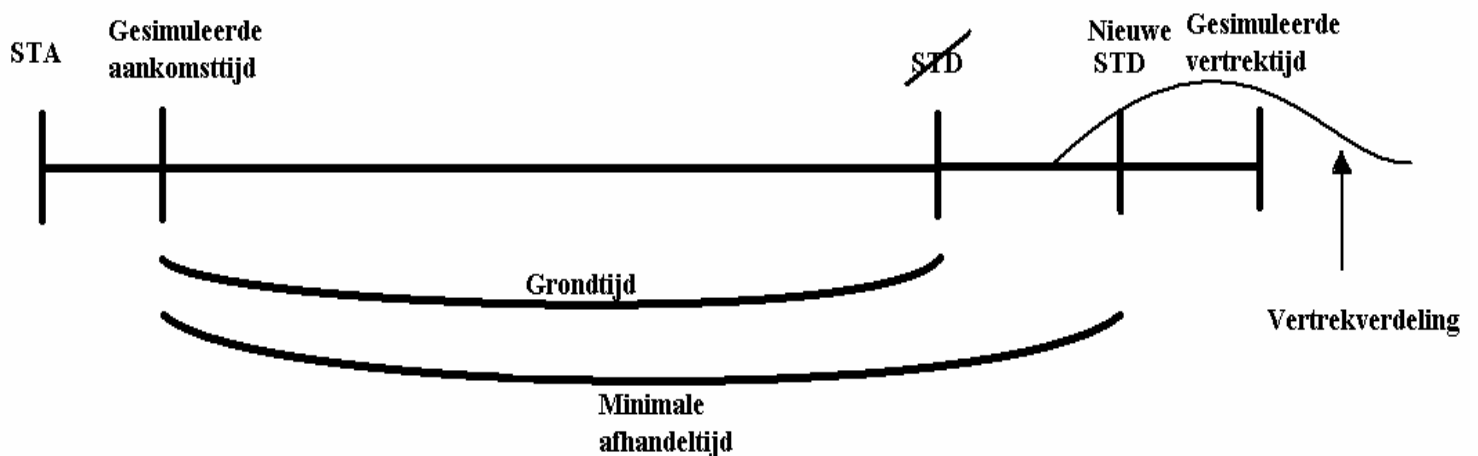


Figuur 5: bepalen nieuwe STD

Nu de grondtijd is vastgesteld, kan worden bepaald of gerekend zal worden met een aankomstnorm en een vertreknorm of een omdraainorm:

- Als de tijd tussen de gesimuleerde aankomsttijd en de STD langer dan of gelijk is aan de benodigde grondtijd voor het aankomstproces plus het vertrekproces wordt een aankomst- en een vertrekafhandeling uitgevoerd,
- Als de tijd tussen de gesimuleerde aankomsttijd en de STD korter is dan de benodigde grondtijd voor het aankomstproces plus het vertrekproces wordt een omdraaiafhandeling uitgevoerd.

De vertrekvertraging ten opzichte van de STD wordt vervolgens getrokken uit de vertrekverdeling:



Figuur 6: gesimuleerde vertrektijd

Actie 3: Aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval

Het hoofddoel van het programma is het berekenen van het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval. Dit wordt gedaan met behulp van de afhandelnormen, de gesimuleerde aankomsttijd, de geplande vertrektijd en de gesimuleerde vertrektijd. Voor berekeningen zie bijlagen D1 en D2.

Actie 4: Uitkomsten

Er worden 200 runs gedaan. Per run geeft het model het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval. Over deze runs wordt het gemiddelde genomen, het 70% percentiel, het 80% percentiel, het 90% percentiel en het maximum aantal benodigde medewerkers over de runs. Ook geeft het model als uitkomst het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden. Zie bijlage D3 voor de berekening van het aantal benodigde runs.

Actie 5: Aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten bepalen

Met behulp van het aantal benodigde diensten dat is bepaald aan de hand van het aantal benodigde diensten dat volgt uit het gemiddelde van de runs, de percentielen, het maximum en de geplande tijden berekent het model het aantal vliegtuigen dat niet gelijk bij aankomst of voor vertrek afgehandeld kunnen worden door een gebrek aan personeel en daardoor 5 minuten moeten wachten. Ook berekent het model de daarbij behorende wachtende stoelminuten. Bij Aircraft Turnaround Services betekent wachten dat niet op het benodigde tijdstip kan worden begonnen met lossen of met laden. Voor Passenger Services betekent wachten dat er te laat wordt begonnen met boarden.

Om het aantal vliegtuigen dat 5 minuten moet wachten en het aantal stoelminuten te berekenen worden ten eerste 200 nieuwe runs gedaan om de aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen te berekenen. Vervolgens worden de starttijden van processen, zoals in bijlage D1 en D2 berekend, gesorteerd. Dit is voor de berekening van het aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten van belang. Door de handelingen te sorteren wordt verzekerd dat altijd het vliegtuig dat het laatst aankomt moet wachten als er niet genoeg personeel aanwezig is. Na deze sortering van de werkzaamheden wordt het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval opnieuw berekend. Zolang dit aantal kleiner is dan het aantal aanwezige medewerkers op tijdstip t zijn er geen vliegtuigen die moeten wachten. Als het aantal benodigde medewerkers groter is dan het aantal aanwezige medewerkers, zal het aankomende vliegtuig 5 minuten moeten wachten op afhandeling. Het totale aantal wachtende vliegtuigen neemt hierdoor met één toe en het aantal wachtende stoelminuten neemt toe met het aantal stoelen dat in het wachtende vliegtuig zit. Het starttijdstip en eindtijdstip van de afhandeling wordt verder met 5 minuten vertraagd. Als het aankomstproces het vertrekproces gaat overlappen, wordt het vertrekproces ook 5 minuten vertraagd. Voor de formulevorm zie bijlage D4.

3.3 Output model

Aan de hand van de output kan goed worden getoond wat de verschillen zijn tussen een planning aan de hand van geplande en van gesimuleerde aankomst- en vertrektijden. Deze verschillen zijn te zien in het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval, de afdekking van het aantal benodigde medewerkers, de kosten van de afdekking en het aantal wachtende vliegtuigen en de wachtende stoelminuten. Aangezien KLM veel belang hecht aan eigenschappen als betrouwbaarheid en punctualiteit zijn indicatoren als wachtende stoelminuten en wachtende vliegtuigen een goede graadmeter om te zien hoe goed er gemiddeld zal worden gepresteerd aan de hand van een gekozen dienstenafdekking. Aan de hand van deze resultaten zal onderzoeksvraag 2 kunnen worden beantwoord. Door in het model een dienstregeling te stoppen met bijzondere kenmerken, zoals gelijktijdige aankomsten of korte grondtijden, zal onderzoeksvraag 3 kunnen worden beantwoord.

Het gebouwde model geeft output voor de twee afdelingen: Aircraft Turnaround Services en Passenger Services. Voor Aircraft Turnaround Services is aan de hand van de runs berekend hoe veel medewerkers er nodig zijn (aan de hand van de dienstregeling van de zomer van 2005) om het vliegtuig te lossen en later weer te laden. Voor Passenger Services is berekend hoeveel Gate Agents en Service Agents er nodig zijn (aan de hand van de dienstregeling van 2006) voor het boardingproces. Verder is aan de hand van het aantal benodigde medewerkers per scenario het aantal diensten vastgesteld dat nodig is. Met behulp van deze diensten rekent het model uit hoeveel vliegtuigen 5 minuten moeten wachten op afhandeling bij gebrek aan personeel, en hoeveel wachtende stoelminuten dit zijn.

3.3.1 Resultaten Aircraft Turnaround Services

Bij Aircraft Turnaround Services zijn er testresultaten voor drie subafdelingen, de Commuter afdeling, de Europese afdeling en de intercontinentale afdeling. Voor de resultaten zie bijlage E1.

VERTROUWELIJK

Een verklaring voor het feit dat er bij de intercontinentale afdeling meer medewerkers nodig zijn aan de hand van de gesimuleerde tijden is dat er bij deze afdelingen met langere normen wordt gewerkt dan bij de andere afdelingen. Als lange normen gecombineerd worden met gelijktijdige aankomsten zorgt dit ervoor dat het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden hoger wordt dan het aantal aan de hand van de geplande tijden. Dit is ook te zien in het volgende hoofdstuk, waarin kenmerken worden onderzocht die waarschijnlijk een bepaalde behoefte aan personeel genereren.

De volgende grafieken laten het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de verschillende scenario's zien. Verder laat de grafiek voor de Commuter afdeling de dienstenafdekking zien van het 70% percentiel samen met de dienstenafdekking van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande aankomst- en vertrektijden. Voor de Europese en intercontinentale afdeling is de afdekking van het 80% percentiel samen met de afdekking van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden te zien.

VERTROUWELIJK

Grafiek 13: output programma voor de Commuter afdeling

VERTROUWELIJK

Grafiek 14: output programma voor de Europese afdeling

VERTROUWELIJK

Grafiek 15: output programma voor de intercontinentale afdeling

Als de planning aan de hand van het 80% percentiel van de runs vergeleken wordt met de planning aan de geplande tijden zijn drie effecten bij de drie subafdelingen overeenkomend:

- Werkzaamheden beginnen eerder op de dag en eindigen later op de dag aan de hand het 80% percentiel van de runs.
- Wanneer het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden redelijk gelijk is gedurende langere tijd, bijvoorbeeld rond 19:00 uur bij de Europese afdeling, zal het aantal benodigde medewerkers aan de hand van het 80% percentiel hoger worden. Dit komt omdat de aankomst- en vertrekverdelingen ervoor zorgen dat op sommige punten het werk net iets inzakt en op andere punten toeneemt.
- Als op een kort tijdstip een uitzonderlijke hoge piek ontstaat, is de kans groot dat deze inzakt als gevolg van de aankomst- en vertrekverdelingen.

In het volgende hoofdstuk zal verder worden ingegaan op hoger en lager uitkomende pieken aan de hand van de gesimuleerde tijden.

Bij de Commuter afdeling zijn rond 9:00 uur, rond 13:00 uur en rond 18:00 uur telkens twee opvolgende korte hoge pieken te zien. Telkens zakt de eerste piek in als het 80% percentiel van de runs wordt vergeleken met planning aan de hand van de geplande tijden, en stijgt de tweede piek. Een verklaring hiervoor is dat werkzaamheden die bij de eerste piek wat naar achteren zijn geschoven extra werk geven bij de tweede opvolgende piek.

Gedurende het grootste gedeelte van de dag zakken bij de Europese afdeling pieken in het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden af vergeleken bij het aantal benodigde medewerkers aan de hand van het 80% percentiel. Een uitzondering hierop is het einde van de dag. Hier nemen de pieken bij alle afdelingen toe in hoogte. Bij de intercontinentale afdeling van Aircraft Turnaround Services nemen de pieken vanaf het midden van de dag al toe.

In bijlage E3 is te vinden wat het aantal benodigde medewerkers bij Aircraft Turnaround Services is aan de hand van het model voor de zomer van 2006.

3.3.2 Resultaten Passenger Services

Bij Passenger Services zijn er resultaten voor twee subafdelingen, de Europese afdeling en de intercontinentale afdeling. Voor beide afdelingen zijn het aantal benodigde Gate Agents en het aantal benodigde Service Agents voor de zomer van 2006 berekend. Zie bijlage E2 voor de testresultaten.

VERTROUWELIJK

Een verklaring voor het feit dat er bij de intercontinentale afdeling meer medewerkers nodig zijn aan de hand van de gesimuleerde tijden is, net als bij de intercontinentale afdeling van Aircraft Turnaround Services, dat er bij deze afdelingen met langere normen wordt gewerkt dan bij de Europese afdeling. Als lange normen gecombineerd worden met gelijktijdige aankomsten zorgt dit ervoor dat het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden hoger wordt dan het aantal aan de hand van de geplande tijden.

De volgende grafieken laten het aantal benodigde Gate Agents zien en de dienstenafdekking van het 80% percentiel van de runs evenals de dienstenafdekking van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden. De grafieken voor Service Agents zijn vergelijkbaar, deze zijn te vinden in bijlage E4.

VERTROUWELIJK

Grafiek 16: output programma voor de Europese afdeling voor Gate Agents

VERTROUWELIJK

Grafiek 17: output programma voor de intercontinentale afdeling voor Gate Agents

Als de planning aan de hand van het 80% percentiel van de runs vergeleken wordt met de planning aan de geplande tijden zijn drie effecten waar te nemen:

- Werkzaamheden beginnen niet eerder op de dag maar eindigen wel later op de dag bij het 80% percentiel van de runs.
- Brede pieken aan de hand van geplande tijden worden iets hoger bij het 80% percentiel van de runs.
- Smalle pieken aan de hand van de geplande tijden worden iets lager bij het 80% percentiel van de runs.

Omdat de afhandelnormen bij Passenger Services langer zijn dan bij Aircraft Turnaround Services zijn de werkzaamheden aan de hand van de geplande tijden vloeiender over de dag verdeeld. Korte hoge pieken in aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden komen hier niet echt voor. Te zien is dat bij Passenger Services deze vloeiende verdeling van werk over de dag ervoor zorgt dat het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de werkelijk aankomst- en vertrektijden minder verschilt van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden dan bij Aircraft Turnaround Services. Een ander verschil tussen de twee afdelingen is dat bij Aircraft Turnaround Services aankomst- en vertrekgerichte werkzaamheden worden gedaan en bij Passenger Services alleen is gerekend met vertrekgerichte werkzaamheden. Dit zal ook een oorzaak zijn voor de geringere invloed van werkelijke aankomst- en vertrektijden op het aantal benodigde medewerkers bij Passenger Services.

4. Onderzoeksvragen 2 en 3

De eerste onderzoeksvraag is of een planning aan de hand van de geplande tijden in uitkomsten verschilt van een planning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden. In hoofdstuk 2 is aangetoond dat het zo is. Onderzoeksvraag 2 is hoe huidige personeelsplanningen verbeterd kunnen worden met behulp van de nauwkeuriger ingeschatte aankomst- en vertrektijden. Onderzoeksvraag 3 is of er kenmerken zijn, die aan de hand van de verbeterde plannings kunnen worden aangewezen in een dienstrooster, die waarschijnlijk een te grote behoefte aan personeel genereren, zoals gelijktijdige aankomsten of de beschikbare grondtijd. Beide vragen zullen in dit hoofdstuk beantwoord worden.

4.1 Verbetering personeelsplanning met behulp van gebouwde model

Het plannen van personeel aan de hand van de gesimuleerde aankomst- en vertrektijden biedt een grote meerwaarde. Als er voor wordt gekozen bijvoorbeeld het 80% percentiel van de runs af te dekken met personeel leidt dit tot een robuustere planning ten opzichte van een planning aan de hand van de geplande tijden. Afwijkingen in aankomst- en vertrektijden leiden aan de hand van de planning met behulp van het 80% percentiel minder vaak tot verstoringen en bijgevolg tot slechte service aan klanten en verlaging van punctualiteit. Dit is te zien aan de uitkomsten van het model in het vorige hoofdstuk. Te zien is dat aan de hand van het 80% percentiel van de runs minder vliegtuigen en stoelminuten hoeven te wachten op afhandeling.

In de tabel op de volgende pagina is per subafdeling de afdekking aan de hand van de gesimuleerde tijden gekozen die minder wachtende vliegtuigen en/of stoelminuten oplevert dan de afdekking van de geplande tijden om zo de kosten te kunnen vergelijken. Te zien is dat naast een robuustere planning het nieuwe model ook leidt tot verlaging van de personeelskosten bij de meeste subafdelingen. Verhoging van de performance in combinatie met verlaging van de personeelskosten is uiteraard zeer goed en het is daarom ook zeer aan te bevelen om gesimuleerde aankomst- en vertrektijden mee te nemen in een model om personeelsplanningen te maken.

VERTROUWELIJK

In totaal zou er voor de afdelingen Aircraft Turnaround Services en Passenger Services de volgende besparingen per jaar mogelijk zijn:

Aircraft Turnaround Services

VERTROUWELIJK

Passenger Services

VERTROUWELIJK

Huidige personeelsplanningen kunnen dan ook worden verbeterd door het gebruik van het gebouwde model.

Voordelen model

Een groot voordeel van het gebouwde model is uiteraard dat het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden hiermee berekend kan worden en dat de mogelijkheid bestaat het aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten te berekenen. Hiermee kan er bij een keuze van diensten de performance worden voorspeld.

Een ander voordeel van het model is dat het inzichten geeft over wat de risicomomenten van de dag zijn. Als de afdekking met diensten wordt vergeleken met het maximale aantal benodigde medewerkers is te zien wat het maximale tekort aan mensen kan zijn op een tijdsinterval.

Aan de hand van het gebouwde model kan er ook voor gekozen worden uitsluitend het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden te berekenen, net zoals in het al door de KLM gebruikte programma GARP. Het voordeel van dit gebouwde model is dat het hiermee in enkele minuten uitgerekend wordt, terwijl dit met behulp van GARP enkele uren kan duren.

Nadelen model

Vergeleken met GARP is het gebouwde model is niet erg transparant, aan de resultaten is niet te zien aan welke vliegtuigen wordt gewerkt op een bepaald tijdsinterval. Dit kan met GARP wel. Ook kan in GARP de afhandeltijd van één enkel vliegtuig worden aangepast. Dit is niet mogelijk in het gebouwde model.

4.2 Verbetering personeelsplanning met behulp van inzichten

Ook als het gebouwde model niet wordt gebruikt kunnen wel de verkregen inzichten worden meegenomen bij berekeningen van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden. De inzichten die zijn verkregen uit de uitkomsten van Aircraft Turnaround Services en Passenger Services staan in hoofdstuk 3.

Verdere inzichten kunnen worden verkregen door onderzoeksvraag 3 te beantwoorden, dus door te kijken naar kenmerken die waarschijnlijk zullen leiden tot afwijkingen in personeelsbehoefte te opzichte van de planning aan de hand van de geplande tijden.

4.2.1 Kenmerken

De dienstregeling zal zodanig gemanipuleerd worden dat kan worden onderzocht wat het verschil is in het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de geplande tijden en aan de hand van gesimuleerde tijden als bepaalde kenmerken in de dienstregeling te vinden zijn.

Gelijktijdige aankomsten en vertrekken

Een aantal gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken gecombineerd met korte normen leidt tot korte hoge pieken in het aantal benodigde medewerkers aan de hand van deze tijden. Gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken gecombineerd met lange normen leidt tot brede pieken in het aantal benodigde medewerkers aan de hand van deze tijden.

Korte normen

Aan de hand van de gesimuleerde aankomsten en vertrekken is te zien dat hoewel korte hoge pieken ontstaan aan de hand van de geplande tijden, er in de werkelijkheid op deze tijden een stuk minder medewerkers nodig zijn. Rond de pieken zijn er in werkelijkheid meer medewerkers nodig die volgens de geplande tijden niet nodig zouden zijn. De grafieken hieronder laten dit zien voor 26 gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken. Hierbij is in de eerste grafiek gerekend met een *korte grondtijd* en in de tweede grafiek met een *ruime grondtijd*. Bij beide berekeningen zijn dezelfde korte normen gebruikt. Te zien is, als grafieken 18 en 19 worden vergeleken, dat er weinig verschil is in effecten bij gebruik van een korte of ruime grondtijd.

VERTROUWELIJK

Grafiek 18: gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken met korte grondtijd en korte normen

VERTROUWELIJK

Grafiek 19: gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken met ruime grondtijd en korte normen

Lange normen

Grafiek 20 laat zien wat het aantal benodigde medewerkers is aan de hand van de geplande tijden bij gelijktijdige aankomsten en vertrekken met lange normen en een krappe grondtijd. Hier is een ander beeld te zien dan bij de grafieken met korte normen. Aan de hand van deze runs zijn nauwelijks minder medewerkers nodig in de pieken. Wel zijn er rond de pieken in werkelijkheid weer meer medewerkers nodig, die volgens de geplande tijden niet nodig zouden zijn.

Als kort na 10:30 uur nog een brede piek ontstaat aan de hand van geplande tijden, zal deze aan de hand van de runs hoger worden doordat werk van de voorliggende piek opstapelt bij werk van deze piek. Dit is te zien in grafiek 21.

VERTROUWELIJK

Grafiek 20: gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken met korte grondtijd en lange normen

VERTROUWELIJK

Grafiek 21: twee achtereenvolgende gelijktijdig geplande aankomsten en vertrekken met korte grondtijd en lange normen

Gelijkmatig verdeelde aankomsten en vertrekken

Gelijkmatig over de tijd verdeelde aankomsten leiden tot een gelijkmatig verdeeld aantal benodigde medewerkers aan de hand van geplande tijden. Aan de hand van de gesimuleerde aankomsten en vertrekken is te zien dat als deze situatie zich voordoet er in de werkelijkheid ongeveer evenveel medewerkers nodig zijn. De grafiek hieronder laat dit ook zien.

VERTROUWELIJK

Grafiek 22: gelijkmatig verdeeld geplande aankomsten en vertrekken

Met behulp van de verkregen inzichten kunnen de uitkomsten bij Aircraft Turnaround Services en Passenger Services verklaard worden. We hebben gezien dat korte normen gecombineerd met gelijktijdige aankomsten leidt tot hoge korte pieken aan de hand van de geplande tijden die aan de hand van de werkelijke aankomst- en vertrektijden inzakken. Dit is dus de reden waarom de pieken bij Aircraft Turnaround Services inzakken. Hier wordt met korte normen gewerkt en de banks, zoals beschreven in hoofdstuk 1, zorgen ervoor dat vluchten redelijk gelijktijdig aankomen en vertrekken. De lange normen bij Passenger Services gecombineerd met redelijk gelijktijdige vertrekken zorgen ervoor dat aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vluchten ongeveer dezelfde hoeveelheid medewerkers nodig zijn als aan de hand van de geplande tijden.

Voor andere afdelingen is geen programma geschreven om te testen wat de invloed is van werkelijke aankomst- en vertrektijden is op het aantal benodigde medewerkers. Echter, door inzichten die in dit hoofdstuk zijn verkregen kan bekeken worden hoe afdelingen die aankomst- of vertrekgerichte werkzaamheden uitvoeren invloed ondervinden van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen.

4.3 Conclusie

In dit hoofdstuk is getoond hoe huidige personeelsplanningen verbeterd kunnen worden. Dit kan door gebruik te maken van een model dat het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval berekent met behulp van werkelijke aankomst- en vertrektijden. Ook kan dit door de inzichten die in dit hoofdstuk zijn verkregen te gebruiken, als een planning wordt gemaakt aan de hand van geplande aankomst- en vertrektijden. In dit hoofdstuk zijn onderzoeksvragen 2 en 3 beantwoord.

5. Conclusies en aanbevelingen

Het doel van het afstudeerverslag is:

Onderzoek hoe de personeelsplanning kan worden verbeterd met behulp van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen.

Eerst hebben we in hoofdstuk 1 gekeken naar de huidige planningsmethode voor personeel. Aan de hand van opmerkingen die we hierover konden maken is getest of een planning aan de hand van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen tot andere planningsuitkomsten zouden leiden dan een planning aan de hand van de geplande aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen, waarmee tot op heden wordt gepland. Uit deze testen bleek dat dit inderdaad tot andere uitkomsten leidt en daarom is er een nieuw model ontwikkeld om het aantal benodigde medewerkers te plannen aan de hand van de gesimuleerde aankomst- en vertrektijden, zoals besproken is in hoofdstuk 3: 'Het model'. Dit is gedaan voor twee afdelingen, Aircraft Turnaround Services en Passenger Services. Voor deze twee afdelingen is gekozen omdat deze afdelingen aankomst- en vertrekgerichte diensten uitvoeren. Vervolgens zijn de methodes aan de hand van een test met elkaar vergeleken. Uit de testresultaten zijn een aantal conclusies te trekken. Hieronder worden deze conclusies en bijbehorende aanbevelingen besproken.

Nieuwe planningsmethode

Het nieuwe model dat gebouwd is om personeelsbehoefte te plannen berekent het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval aan de hand van gesimuleerde aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen. Per run worden nieuwe aankomst- en vertrektijden gesimuleerd, waardoor er telkens andere uitkomsten voor het aantal benodigde medewerkers worden gegenereerd. In totaal worden er 200 runs gedaan. Om aan de hand hiervan conclusies te kunnen trekken over het aantal benodigde medewerkers wordt over deze runs het 70, 80 en 90 procent percentiel van het aantal benodigde medewerkers berekend en ook het maximum en het gemiddelde. Deze waarden worden vergeleken met het aantal medewerkers dat nodig zou zijn aan de hand van berekeningen met geplande aankomst- en vertrektijden.

Uit de testresultaten kwam naar voren dat de kwaliteit van de planningen aan de hand van het 80 en 90 procent percentiel en de maximum van de runs significant beter is dan die van de planningen aan de hand van de geplande tijden. Deze planningen zijn meer robuust, afwijkingen in aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen zorgen hierbij voor minder verstoringen. Deze verstoringen zijn gemeten in het aantal wachtende stoelminuten en het aantal wachtende vliegtuigen. Bij een aantal afdelingen is plannen aan de hand van gesimuleerde tijden ook goedkoper dan plannen aan de hand van de geplande tijden.

Aanbevelingen

Om het aantal benodigde medewerkers te berekenen voor de afdelingen Aircraft Turnaround Services en Passenger services is de nieuwe methode aan de hand van de gesimuleerde aankomst- en vertrektijden het meest geschikt. Hierbij kan aan de hand van kosten en testresultaten een keuze worden gemaakt voor een bepaalde afdekking. Het is dan ook mijn aanbeveling om personeel te gaan plannen aan de hand van gesimuleerde aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen.

Als de gebruiker niet een model wil gebruiken met als input de gesimuleerde aankomst- en vertrektijden kunnen huidige planningen ook worden verbeterd met behulp van de inzichten die uit het model zijn verkregen. Deze inzichten zijn:

- Gelijktijdige aankomsten en vertrekken in de planning gecombineerd met korte normen zorgen ervoor dat aan de hand van de geplande tijden meer medewerkers nodig zijn dan aan de hand van de gesimuleerde tijden. Het maakt hierbij weinig verschil of het een korte of lange grondtijd betreft. Aan de hand van de gesimuleerde tijden is er wel meer werk rond de aankomst- en vertrektijd.
- Gelijktijdige aankomsten en vertrekken in combinatie met lange normen geven geen inzakking van het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden. Aan de hand van de gesimuleerde tijden is er wel weer meer werk rond de aankomst- en vertrektijd. Bij lange normen zal het aantal benodigde medewerkers aan de hand van de gesimuleerde tijden hoger worden als gelijk na de vertrekkende vluchten opnieuw een aantal gelijktijdige vluchten aankomen.
- Gelijkmatic verdeelde aankomsten zorgen niet voor een ophoging of verlaging van het aantal benodigde medewerkers, wanneer uitkomsten aan de hand van gesimuleerde tijden worden vergeleken met uitkomsten aan de hand van geplande tijden.

Voor andere afdelingen zijn geen testen gedaan maar met behulp van de inzichten kan worden geschat wat bij afdelingen met aankomst- of vertrekgerichte afhandelingen de invloeden zijn van werkelijke aankomst- en vertrektijden van vliegtuigen op het aantal benodigde medewerkers.

Een goede vervolgstap is om het gebouwde model uit te breiden zodat er meer afwijkende normen of normen van klanten kunnen worden ingevoerd. Stel dat er in de toekomst veel meer normen van klanten bijkomen blijft het model met deze uitbreiding te gebruiken.

Bijlage A. Definities

Aantal wachtende stoelminuten:	wanneer een vliegtuig 1 minuut moet wachten op afhandeling zijn het <i>aantal wachtende stoelminuten</i> het totale aantal stoelen in dit vliegtuig.
All Doors Closed:	het percentage vluchten waarbij 2 minuten voor de geplande vertrektijd alle deuren dicht zijn.
Arrival 0:	het percentage vluchten dat op of voor de geplande aankomsttijd aankomt op positie.
Departure 0:	het percentage vluchten dat op de geplande vertrektijd begint met de pushback.
Departure 15:	het percentage vluchten dat binnen 15 minuten na de geplande vertrektijd begint met de pushback.
Geplande aankomsttijd:	de <i>geplande aankomsttijd</i> van een vliegtuig is de tijd dat deze wordt verwacht op de positie waar het wordt afgehandeld. De gebruikte afkorting is STA.
Geplande grondtijd:	de <i>geplande grondtijd</i> van een vliegtuig is de tijd tussen aankomst en het opeenvolgende vertrek.
Geplande vertrektijd:	de <i>geplande vertrektijd</i> van een vliegtuig is de verwachte tijd waarop deze zal vertrekken van zijn positie. De gebruikte afkorting is STD.
Omdraai:	een <i>omdraai</i> wordt uitgevoerd als een vliegtuig binnen korte tijd na aankomst weer moet vertrekken: het vertrekproces volgt dan gelijk op het aankomstproces.

Bijlage B. Stageplek KLM

1. KLM

KLM is een wereldwijd opererende luchtvaartmaatschappij met als thuisbasis Amsterdam Airport Schiphol. De maatschappij vormt de kern van de KLM group, waarvan ook KLM cityhopper en Transavia Airlines deel uitmaken. KLM fuseerde op 6 mei 2004 met Air France. Beide luchtvaartmaatschappijen opereren nu onder de naam Air France-KLM holding. Hiermee is Air France-KLM de grootste Europese luchtvaartgroep geworden.

Een van de hoofddoelen van KLM is het verwerven van een absolute voorkeurspositie bij haar passagiers en commerciële klanten. Om die reden hecht de maatschappij veel belang aan eigenschappen als veiligheid, betrouwbaarheid, punctualiteit en efficiency.

KLM onderscheidt drie kernactiviteiten: passagiersvervoer (Passenger Business), vrachtvervoer (KLM Cargo) en vliegtuigonderhoud (KLM Engineering & Maintenance). Maar de KLM Group is groter. Naast deze drie divisies, is er ook een vierde: vakantievervoerder Transavia.com en een aantal ondersteunende diensten van KLM. KLM's subsidairies vormen ook een geheel met de groep.

Passenger Business

Passenger Business is verantwoordelijk voor de ontwikkeling, verkoop en distributie van het passagiersproduct van de KLM. Tot Passenger Business horen de volgende bedrijfsonderdelen:

- *Commercial Organization*: houdt zich bezig met de ontwikkeling van het passagiersproduct en richt zich daarbij tevens op de marketing, communicatie en verkoop.
- *Network*: deze afdeling is onder andere verantwoordelijk voor het wereldwijde netwerk en het optimaliseren van de inkomsten van de KLM group. Medewerkers houden continu de ontwikkelingen in de gaten op de uiteenlopende markten en bepalen op basis van vraag en aanbod het capaciteit- en prijsbeleid van KLM.
- *Cabin Crew*: draagt verantwoordelijkheid voor de veiligheid en dienstverlening aan boord.
- *Flight Operations*: is verantwoordelijk voor de gang van zaken in de cockpit.
- *Ground Services*: is verantwoordelijk voor de afhandeling van vluchten van KLM en haar partners op Schiphol en op de buitenstations.
- *Operations Control & Fleet Service*: bewaakt de kwaliteit van de vluchtuitvoering. Een belangrijke taak van dit onderdeel is het opvangen van verstoringen binnen het wereldwijde KLM-netwerk, waarbij intensieve contacten worden onderhouden met vliegtuigen onderweg en luchthavens wereldwijd.
- *KLM Cityhopper*: maakt ook deel uit van Passenger Business.

Cargo Business

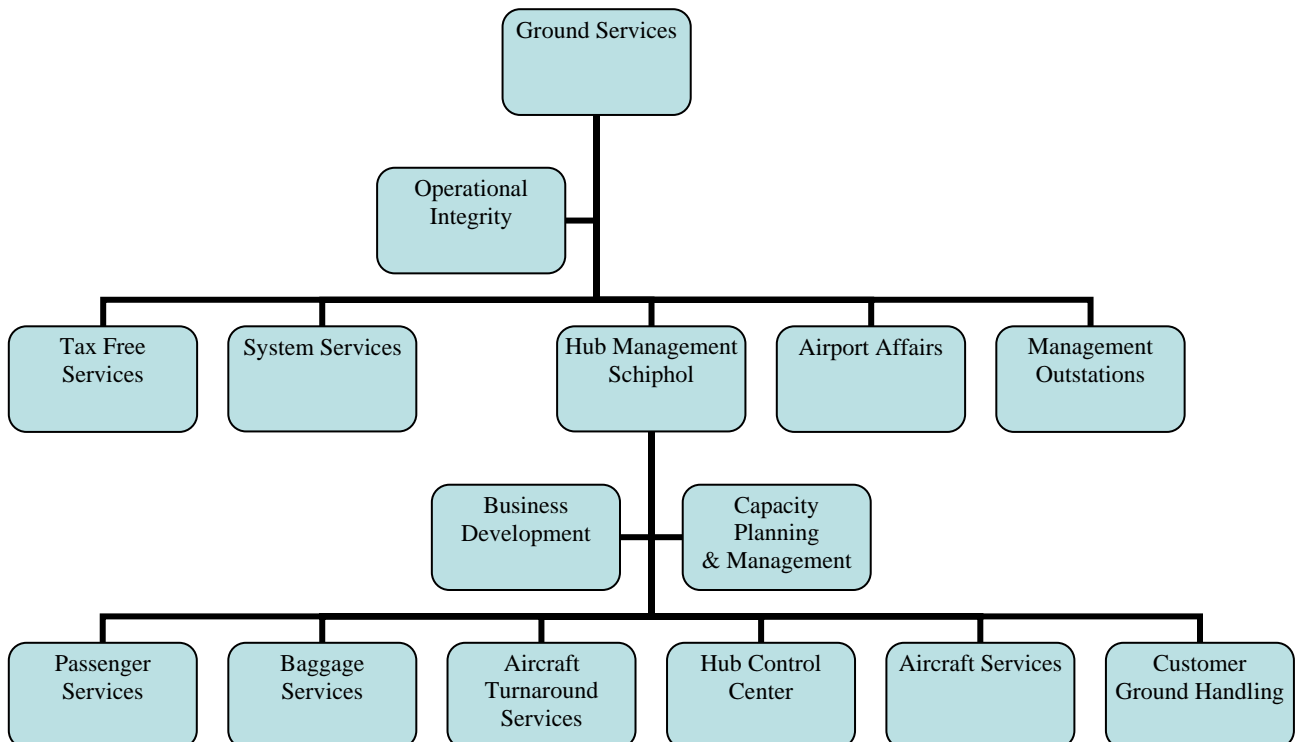
Binnen de KLM Group is KLM Cargo verantwoordelijk voor het vrachtvervoer. De doelstelling van dit onderdeel is om luchtvracht zo snel mogelijk, in goede staat en onder gunstige voorwaarden op de plaats van bestemming af te leveren. Cargo beschikt over een eigen netwerk van een groot aantal bestemmingen wereldwijd, twee eigen vrachtvliegtuigen en ruimte in de reguliere KLM-vloot.

Engineering & Maintenance Business

Engineering & Maintenance biedt wereldwijd technische ondersteuning aan KLM en vele andere luchtvaartmaatschappijen. De professionals van E&M leveren een totaalservice, van onderhoud en reparatie van vliegtuigen en motoren tot training en advies.

2. KLM Ground Services

Het bedrijfsonderdeel waarbinnen de stage is gelopen is KLM Ground Services. Dit onderdeel binnen Passenger Business is verantwoordelijk voor de afhandeling van vluchten van KLM en haar partners op Schiphol en op de buitenstations. Het gaat hierbij niet alleen om de check-in, bagage en belading, maar ook om push-back, de-icen, tanken en schoonmaken van de vliegtuigen. Verder handelt KLM Ground Services op Schiphol vluchten af van derden, buitenlandse maatschappijen, die een contract met de KLM hebben gesloten. Zie figuur 7 voor het organogram van Ground Services.



Figuur 7: organogram Ground Services

Het bedrijfsonderdeel is onderverdeeld in de volgende afdelingen:

- *Tax Free Services*: van hieruit worden de KLM verkopen van belastingvrije artikelen op Schiphol en in de KLM vliegtuigen verzorgd.
- *System Services*: is verantwoordelijk voor het beheer en verkoop van alle ICT systemen op Schiphol.
- *Hub Management Schiphol*: verzorgt de complete afhandeling op Schiphol van de KLM en partners.
- *Airport Affairs*: houdt zich bezig met alles wat strategisch met de luchthaven Schiphol te maken heeft.
- *Management Outstations*: is verantwoordelijk voor de afhandeling op de buitenstations. De afhandeling is voornamelijk uitbesteed aan een aldaar aanwezige afhandelingsagent. Management Outstations maakt daarover afspraken en ziet erop toe dat de afhandeling volgens de contractafspraken geschiedt.

Hub Management Schiphol is weer verder onderverdeeld in de volgende operationele afdelingen: Passenger Services, Baggage Services, Aircraft Turnaround Services, Hub Control Center, Aircraft Services en Customer Ground Handling.

- *Passenger Services*: de medewerkers van Passenger Services verzorgen alles wat er gebeurt voordat een passagier in het vliegtuig stapt en nadat hij is geland. Bij het Ticket Office kun je vliegtickets kopen. Departure Service zorgt met balies en zelfbedieningsapparaten in Vertrekhal 2 voor het inchecken van passagiers en verder voor het instappen of 'boarden' bij de gate. Ingecheckte passagiers wachten in de lounge. Er zijn vijf lounges, waaronder een Air France-lounge en een Junior Jet lounge. Bij de bagage-banden van Arrival Services halen passagiers die terugkomen van hun reis hun koffers weer op.
- *Baggage Services*: de bagagemedewerkers van Baggage Services zorgen ervoor dat het verwerken van de koffers soepel verloopt. In de bagagekelder bepalen zij welke koffer met welk vliegtuig mee moet. Daarna leveren zij alle bagage op tijd af op het platform bij het juiste vliegtuig.
- *Aircraft Turnaround Services*: de medewerkers van deze afdeling zetten zich in voor het laden en lossen van KLM-vliegtuigen en vliegtuigen van de door KLM afgehandelde maatschappijen. Dat doen ze met allerlei materieel zoals trekkers, trappen en transporteurs. Load planning & Load control rekent uit hoeveel een vliegtuig weegt met alle passagiers, vracht, bagage en post aan boord en bepaalt hoe het gewicht over het vliegtuig moet worden verdeeld.
- *Hub Control Center*: de medewerkers van het Hub Control Center op Schiphol hebben het overzicht over het tanken, schoonmaken en beladen van het vliegtuig en het instappen van de passagiers. Als er iets mis gaat zorgen zij samen met de betrokken afdeling voor een oplossing. Zij denken ook mee over hoe KLM er het beste voor kan zorgen dat vliegtuigen op tijd vertrekken en aankomen. Verder is het HCC het contactpunt voor vragen over het grondproces van andere afdelingen en andersom.

- *Aircraft Services*: de meest uiteenlopende wagens worden gebruikt: trekkers, schaarwagens, tankwagens, trucks. De medewerkers van Aircraft Services zorgen dat elk vliegtuig op tijd klaarstaat voor vertrek en zijn verantwoordelijk voor alles wat daarvoor nodig is: water- en toiletservice, schoonmaken, tanken, cateringbevoorrading, boardsupply, het afduwen van het vliegtuig bij de gate, het verslepen ervan en het neerzetten van groundpowerunits en jetstarters. In de winter verzorgen zij ook de winteroperatie, waaronder de-icing.
- *Customer Ground Handling*: verzorgt de afhandeling van buitenlandse maatschappijen en Transavia.

3. Capacity Planning & Management

De stafafdeling binnen Hub Management, waar het onderzoek gedaan is, heet Capacity Planning & Management. Deze afdeling is verantwoordelijk voor de planning en evaluatie van het grondproces met als doel beheersing van de operationele performance en het verlagen van de kosten door het continu vertalen van de dienstregeling naar de ‘vraag’ die leidt tot een zo efficiënt en effectief mogelijke inzet van de mensen en middelen. De tijdshorizon hierbij varieert van middellange termijn (5 jaar) tot kort voor de dag van uitvoering. Capacity Planning & Management faciliteert, bewaakt en beheert het planningsproces waarbij een integrale en optimale afstemming gemaakt wordt tussen de vraag naar Ground Services producten en het aanbod aan infrastructurele en personele resources. Daarnaast geeft deze afdeling een oordeel wat betreft de maakbaarheid van dienstregelingen.

Bijlage C. Data-analyse

VERTROUWELIJK

Bijlage D. Berekeningen model

1. Berekening aantal teamleden bij Aircraft Turnaround Services

Een team van medewerkers moet op een bepaald tijdstip ten opzichte van de aankomsttijd van het vliegtuig beginnen met werken en is klaar op een bepaald tijdstip ten opzichte van de aankomsttijd. Voor vertrek geldt hetzelfde. In formule geldt dus per run:

Voor losse aankomsten en vertrekken:

$$\text{Starttijd losproces} = \text{gesimuleerde aankomsttijd vliegtuig} + \text{beginnorm aankomst},$$

$$\text{Eindtijd losproces} = \text{gesimuleerde aankomsttijd vliegtuig} + \text{eindnorm aankomst},$$

Als *gesimuleerde vertrektijd* < *geplande vertrektijd* + 10 minuten dan:

$$\text{Starttijd laadproces} = \text{geplande vertrektijd vliegtuig} + \text{beginnorm vertrek},$$

Anders is:

$$\text{Starttijd laadproces} = \text{gesimuleerde vertrektijd vliegtuig} + \text{beginnorm vertrek}.$$

$$\text{Eindtijd laadproces} = \text{gesimuleerde vertrektijd vliegtuig} + \text{eindnorm vertrek}.$$

Voor omdraaien:

$$\text{Starttijd los- en laadproces} = \text{gesimuleerde aankomsttijd vliegtuig} + \text{beginnorm aankomst},$$

$$\text{Eindtijd los- en laadproces} = \text{gesimuleerde vertrektijd vliegtuig} + \text{eindnorm vertrek}.$$

Het aantal benodigde medewerkers op tijdstip t wordt berekend met behulp van het volgende:

$$\text{aantal benodigde medewerkers} = 0.$$

Als *starttijd los / laadproces* $\leq t <$ *eindtijd los / laadproces* dan:

$$\text{aantal benodigde medewerkers} = \text{aantal benodigde medewerkers} + \text{aantal medewerkers team}.$$

Bij een omdraai nemen we aan dat medewerkers van Aircraft Turnaround Services bij een vertraging bij het vliegtuig blijven, onafhankelijk van de duur van deze vertraging.

2. Berekening aantal Gate Agents / Service Agents bij Passenger Services

Bij Passenger Services wordt alleen het aantal medewerkers om te boarden berekend. Er wordt berekend hoeveel Gate Agents en Service Agents er nodig zijn.

Als *gesimuleerde vertrektijd* < *geplande vertrektijd* + 10 minuten dan:

$$\text{Starttijd boardingproces} = \text{geplande vertrektijd vliegtuig} + \text{beginnorm vertrek},$$

Anders is:

$$\text{Starttijd boardingproces} = \text{gesimuleerde vertrektijd vliegtuig} + \text{beginnorm vertrek}.$$

$$\text{Eindtijd boardingproces} = \text{gesimuleerde vertrektijd vliegtuig} + \text{eindnorm vertrek}.$$

Het aantal benodigde medewerkers op tijdstip t wordt berekend met behulp van het volgende:

$$\text{aantal benodigde medewerkers} = 0.$$

Als *starttijd boardingproces* $\leq t <$ *eindtijd boardingproces* dan:

$$\text{aantal benodigde medewerkers} = \text{aantal benodigde medewerkers} + \text{aantal medewerkers team}.$$

3. Aantal benodigde runs

Om goede uitkomsten te genereren is het van belang voldoende runs te doen. Oneindig veel runs zou oneindig veel tijd kosten. Aan de hand van 200 runs is berekend dat met betrouwbaarheid 94% geldt dat de intervalbreedte van het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval aan de hand van het 80% percentiel gelijk is aan maximaal 4. Dit wil zeggen dat als uit de 200 runs blijkt dat om 10:00 er 70 medewerkers nodig zijn, 200 nieuwe runs met 94% betrouwbaarheid een uitkomst zal geven van maximaal 73 medewerkers en minimaal 67 medewerkers. Dit is nauwkeurig genoeg voor dit onderzoek.

Om de betrouwbaarheid te berekenen van het 80% percentiel zijn de uitkomsten van het aantal benodigde medewerkers per tijdsinterval van klein naar groot geordend. X_1, X_2, \dots, X_{200} zijn deze geordende getallen. Het 150e getal is stochast A en het 170e getal is stochast B. De intervalbreedte is bij deze keuze maximaal 4.

De betrouwbaarheid is vervolgens berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\sum_{i=0}^{170-150-1} 0,8^{150+i} 0,2^{200-(150+i)} \binom{200}{200-(150+i)}.$$

Formule 1: betrouwbaarheidspercentage

4. Aantal wachtende vliegtuigen en stoelminuten bepalen

aantal benodigde medewerkers = 0.

aantal wachtende vliegtuigen = 0.

aantal wachtende stoelminuten = 0.

Als starttijd boardingproces $\leq t <$ eindtijd boardingproces dan:

Als aantal benodigde medewerkers + aantal medewerkers \leq aantal diensten op tijdstip t dan

*aantal benodigde medewerkers = aantal benodigde medewerkers +
aantal medewerkers team.*

Anders:

aantal wachtende vliegtuigen = aantal wachtende vliegtuigen + 1

aantal wachtende stoelminuten = aantal wachtende stoelminuten +

aantal stoelen

starttijd proces = starttijd proces + 5 minuten

eindtijd proces = eindtijd proces + 5 minuten

Als het gekoppelde vertrekproces een overlappende starttijd heeft met de eindtijd van het aankomstproces dan:

starttijd vertrekproces = starttijd vertrekproces + 5 minuten

eindtijd vertrekproces = eindtijd vertrekproces + 5 minuten

Bijlage E. Resultaten model

VERTROUWELIJK

Literatuurlijst

- Boom, L. van den (2003), 'Afstudeerstage STIPT B737', scriptie bij KLM van de Universiteit van Amsterdam.
- Gunst, M.C.M. de, en A.W. van der Vaart (2004), 'Statistische Data Analyse', collegedictaat, vrije Universiteit, Amsterdam.
- Ross, S. (2002), 'A First Course in Probability', Uitgeverij: Prentice Hall.
- KLM: 04|05 in beeld, jaaroverzicht KLM.