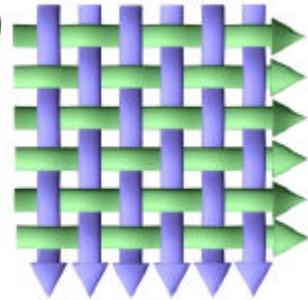


31. Juli 2003

Sonderforschungsbereich 559  
**Modellierung großer  
Netze in der Logistik**



Technical Report 03003

ISSN 1612-1376

## **Kooperation A5, M9 – Simulation des Frachtschlages im Flugverkehrsnetz**

Teilprojekt M9:

Norman Baum,  
Jochen Bernhard,  
Thomas Fender,  
Kay Hömberg,  
Sigrid Wenzel

Fraunhofer IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 2-4

44227 Dortmund

Teilprojekt A5:

Prof. Uwe Clausen,  
Heinrich Frye,  
Andreas Quick,  
Harald Sieke

IML Frankfurt  
CargoCity Süd  
Geb. 640, R. 1012

60547 Frankfurt

Dortmund, den 31. Juli 2003

# Inhalt

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung.....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Ziele .....</b>                                     | <b>3</b>  |
| 2.1      | Ziel von A5.....                                       | 3         |
| 2.2      | Ziel von M9 .....                                      | 4         |
| 2.3      | Ziel der Kooperation.....                              | 6         |
| <b>3</b> | <b>Modellkonzeption und Informationsgewinnung.....</b> | <b>7</b>  |
| 3.1      | Modellentwurf.....                                     | 7         |
| 3.1.1    | Frachtsendung.....                                     | 8         |
| 3.1.2    | Flugverkehrsprozesse.....                              | 8         |
| 3.1.3    | Hubprozesse .....                                      | 9         |
| 3.1.4    | Abfertigungsprozesse.....                              | 9         |
| 3.2      | Informationsgewinnungsprozess .....                    | 10        |
| <b>4</b> | <b>Modellierung .....</b>                              | <b>15</b> |
| 4.1      | Informationsfluss .....                                | 15        |
| 4.1.1    | Leistungsobjekt.....                                   | 15        |
| 4.1.2    | Prozesse .....   | 15        |
| 4.1.3    | Lenkungsebenen .....                                   | 17        |
| 4.1.4    | Strukturen .....                                       | 17        |
| 4.1.5    | Ressourcen .....                                       | 17        |
| 4.2      | Materialfluss.....                                     | 18        |
| 4.2.1    | Leistungsobjekt.....                                   | 18        |
| 4.2.2    | Prozesse .....   | 18        |
| 4.2.3    | Lenkungsebenen .....                                   | 19        |
| 4.2.4    | Strukturen .....                                       | 20        |
| 4.2.5    | Ressourcen .....                                       | 20        |
| 4.3      | Verknüpfung von Informations- und Materialfluss.....   | 20        |
| <b>5</b> | <b>Ausblick.....</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>6</b> | <b>Literatur und Quellen.....</b>                      | <b>22</b> |

## 1 Einleitung

Der vorliegende SFB-Zwischenergebnisbericht 02006 dokumentiert die Kooperation zwischen dem Anwendungsprojekt „Wechselwirkungen zwischen Luftfrachtknoten“ (A5) und dem Methodenprojekt „Methoden der Informationsgewinnung“ (M9). Diese Kooperation diente dem Methodenprojekt M9 zur vollständigen Definition und Validierung eines Vorgehensmodells zur Informationsgewinnung im Bereich der Simulation und einer explorativen Identifikation, Nutzbarkeitsprüfung und Anpassung von zielführenden Methoden der Daten- bzw. Informationserhebung, der statistischen Aufbereitung und Analyse und der Informationsvisualisierung. Für das Anwendungsprojekt A5 bestand der Hauptkooperationsnutzen in der Unterstützung bezüglich der strukturierten, anwendungsbezogenen Aufbereitung des vorliegenden Informationsbedarfes auf der Basis eines hohen Datenaufkommens, der durch sekundäre, unstrukturierte und redundante Daten charakterisiert wird. Hierzu wurden sowohl verschiedenste Eingangsparameter für die Simulation als auch Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl der im Simulationsmodell abzubildenden Prozesse, Strukturen, Ressourcen und Strategien generiert.

## 2 Ziele

### 2.1 Ziel von A5

In der ersten Phase des SFB hat die Untersuchung isolierter Luftfrachtknoten gezeigt, dass der Frachtumschlag an einem Knoten im wesentlichen von den erbrachten Vorleistungen vorhergehender Knoten abhängt.

Um allgemeingültige Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den Knoten näher untersuchen zu können, war eine Erweiterung des vorliegenden Frachtumschlagmodells auf Netzebene erforderlich (Abbildung 1).

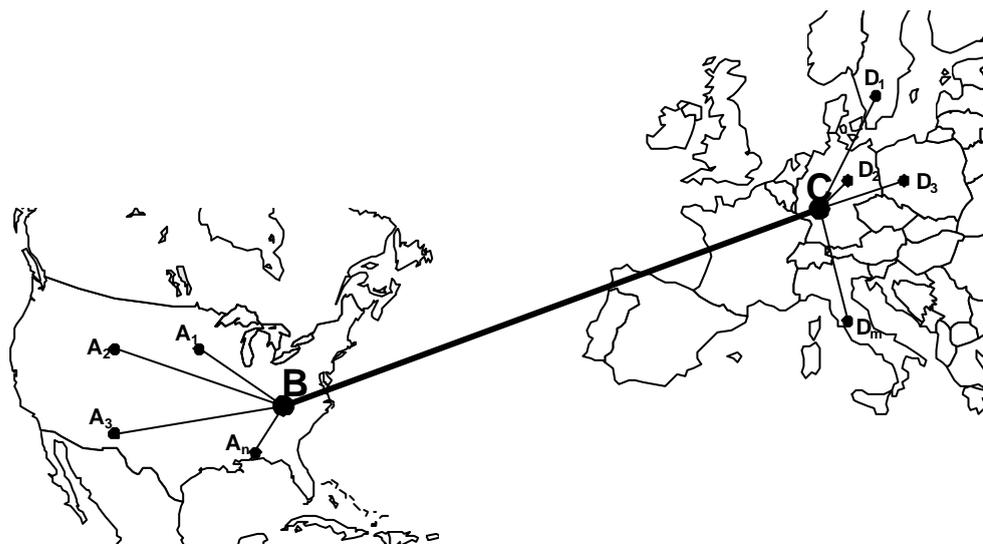


Abbildung 1: Flugverkehrsnetz mit Luftfrachtknoten

Das Ziel von A5 liegt daher in einer gesamtheitlichen Bewertung und Gestaltung von Luftfrachtprozessen, auf den verschiedenen Ebenen eines Netzes. Hierzu ist die Untersuchung der logistischen Verknüpfung zweier internationaler Großflughäfen (Hub B und C) bei Transport und Abwicklung von Luftfracht unter Einbeziehung mehrerer regionaler Zubringer- und Zielflughäfen<sup>1</sup> (Abbildung 2) als repräsentatives Teilnetz notwendig.

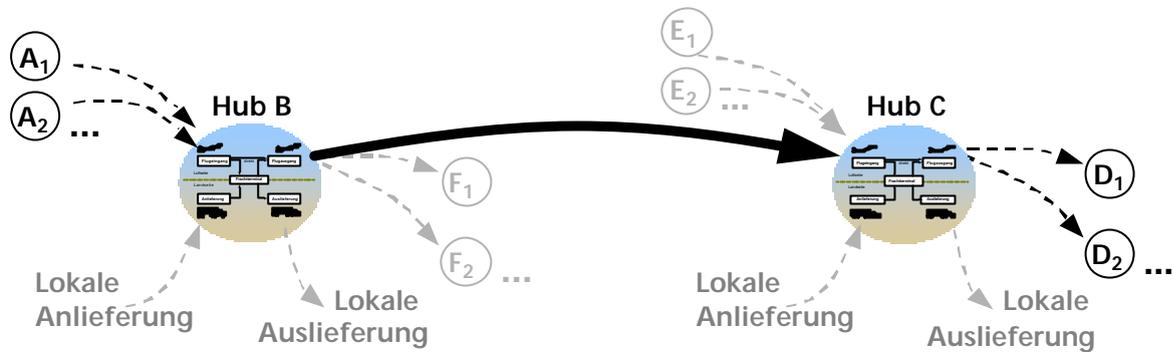


Abbildung 2: Schematisches Modell eines Flugverkehrsnetzes (aktueller Stand aus der Kooperation)

Teilziele sind dabei unter anderem

- die Entwicklung von Leistungs- und Qualitätsstandards,
- die Identifikation von Zielkonflikten und Möglichkeiten der wirtschaftlichen Steuerung zur Auflösung dieser Konflikte,
- sowie die Entwicklung eines Instrumentariums zur knotenübergreifenden Disposition und Steuerung<sup>2</sup>.

## 2.2 Ziel von M9

Primäres Ziel von M9 ist die Identifikation, Anwendung und Anpassung von geeigneten Methoden zur Gewinnung kontextbezogener Informationen für die Modellierung und experimentelle Untersuchung großer Netze der Logistik. Im Blickpunkt steht dabei die Konzentration von Methoden aus den involvierten Disziplinen innerhalb eines Methodenbaukastens, die für das Anwendungsfeld relevant sind, um die Informationsgewinnung zielgruppen-, aufgaben- und methodenorientiert zu gestalten.

So soll beispielsweise der Informationsbedarf in Abhängigkeit des Untersuchungsgegenstandes, der geplanten Zielsetzung und der zu verwendenden Methode aus Sicht des Anwendungsprojektes ermittelt werden. Anschließend soll eine Klassifikation von potentiellen Aufgaben, Zielen und des Informationsbedarfes vorgenommen werden. Zu dieser Klassifizierung gehört auch eine Beschreibung der Datencharakteristika und -qualität sowie Güte der Informationsquellen durch Metainformationen.

<sup>1</sup> In /Glos99/ kann ein Teil der hier verwendeten Begriffe des SFB Vokabulars nachgeschlagen werden.

<sup>2</sup> vgl. auch /Hom01/, /FQR99/, /FQS02/ oder /Ech00/.

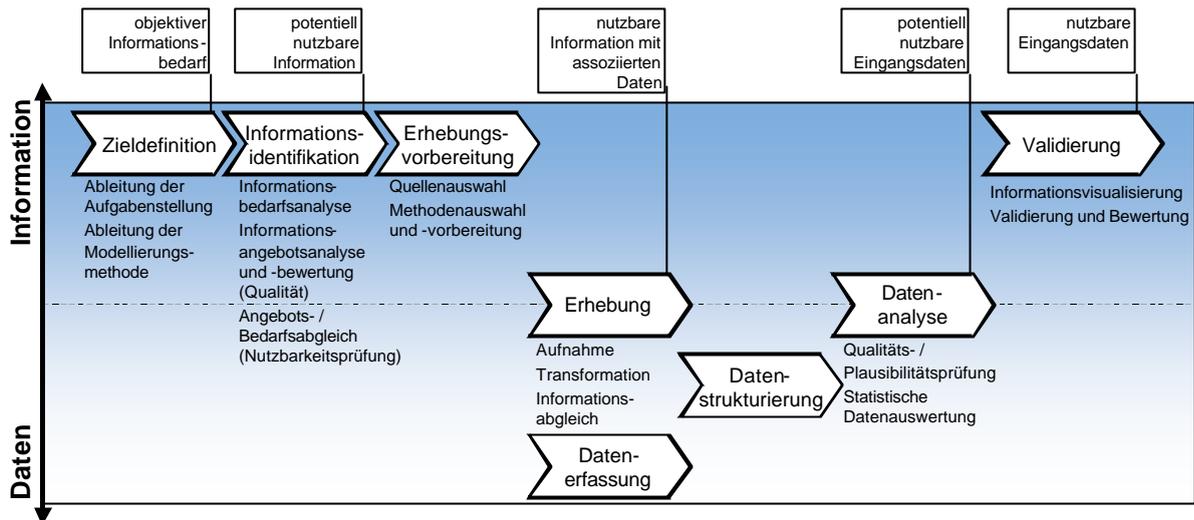
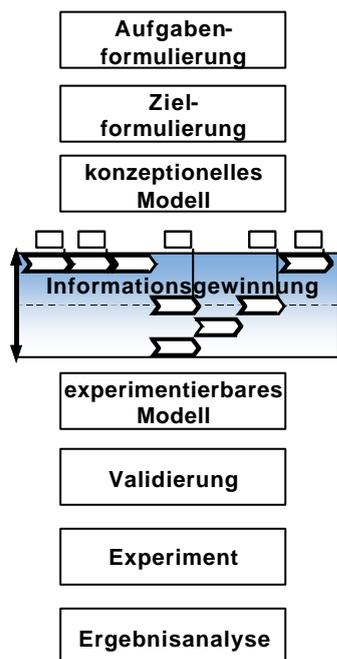


Abbildung 3: Vorgehensmodell (aktueller Stand in der Arbeitsgruppe M9)

Ferner sollen die entwickelten Methoden kategorisiert und durch Metainformationen beschrieben werden.



Damit entsteht eine Grundlage von Methoden aus den Fachgebieten Datenintegration, Statistik und Visualisierung, auf die der Anwender unter Berücksichtigung seiner spezifischen Aufgabenstellung zurückgreifen kann.

Für die Umsetzung dieses Zieles sind existierende Methoden beteiligter Disziplinen auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen und evtl. anzupassen, andere Methoden, die fehlenden Aspekte berücksichtigen, neu zu entwickeln und in den Baukasten zu integrieren. Die Berücksichtigung von in den drei Disziplinen bereits vorhandenen Werkzeugen und Methoden ist für die Entwicklung des Methodenbaukastens vorgesehen und wird im Vorgehensmodell mit einbezogen (Abbildung 3).

Dieses Vorgehensmodell wurde zur effizienten, ziel führenden und anwendungsbezogenen Nutzung des Methodenbaukastens entwickelt, worin die Schritte Identifikation, Gewinnung und Nutzung der Informationen zur Integration in den Untersuchungsablauf aufgezeigt werden (Abbildung 4).

Abbildung 4: Integration der Informationsgewinnung in den Untersuchungsablauf<sup>3</sup>

<sup>3</sup> In Anlehnung an /VDI00/

### 2.3 Ziel der Kooperation

Das Ziel der Kooperation ist einerseits ein Erkenntnisgewinn für M9, andererseits die Erstellung eines ausbaufähigen Prozessketten-Modells, das den Frachturnschlag an Großflughäfen abbildet. Die Erkenntnisse sind für M9 notwendig, um die Differenzierung der Zielgruppen (unter anderem A5) vorzunehmen sowie deren spezifische Anforderungen hinsichtlich Art, Qualität und Quantität der Informationen zu definieren<sup>4</sup>.

Für den Aufbau eines Modells innerhalb des Teilprojektes A5 werden gezielte Informationen aus der vorhandenen Datenbasis (Flugplan- bzw. Sendungsdaten) benötigt. Hierzu soll beispielsweise eine Informationsbedarfsanalyse, eine Informationsangebotsanalyse und ein Abgleich zwischen beiden durchgeführt werden, um sowohl benötigte als auch fehlende Informationen zu identifizieren.

Die Analysen und der Abgleich eignen sich für M9 hervorragend, um mit Methoden der Informations- und Datenerhebung, der statistischen Analyse und der Informationsvisualisierung anwendungsbezogen zu experimentieren. Gleichzeitig kann die Validierung des Vorgehensmodells zur Informationsgewinnung anhand dieser Kooperation durch Bewertung des Methodeneinsatzes vorgenommen werden.

Da für A5 keine oder nur sehr begrenzte Möglichkeiten bestehen Flug- bzw. Sendungsdaten von weiteren Hubs neben Hub B zur quantitativen Spezifizierung von Hub C (siehe Abbildung 2) zu beschaffen, eröffnet sich für M9 ein weiteres Anwendungsfeld. So sollen mit Hilfe der Methoden Prognose bzw. Hochrechnung Daten von Hub B auf Hub C übertragen werden.

Weiterhin liefert M9 neben den Eingangsdaten auch Entscheidungsgrundlagen zur Identifikation der vorhandenen Prozesse und zu deren Ausgestaltung.

Die Informationsgewinnung ist wie der Untersuchungsablauf (Abbildung 4) ein iterativer Prozess, der primär von der Aufgabenstellung und Zielformulierung abhängt und interdisziplinär bzw. projektübergreifend erarbeitet werden muss.

Als Modellierungs- und Untersuchungsmethode gelangt die Prozesskettensimulation, unter Verwendung der in /FQR99/ beschriebenen Prozesse, zur Anwendung. Weitere Prozesse sollen identifiziert werden und als Grundlage für ein konzeptionelles Modell dienen, das auf Basis des B1-Paradigmas<sup>5</sup> vom Methodenteilprojekt M1 des SFB 559 entworfen und strukturiert wurde.

Aus dem konzeptionellen Modell erstellt A5 mit dem ProC/B-Instrumentarium<sup>6</sup> von M1 ein Simulationsmodell, in dem primär die Abfertigungsstrategie und sekundär die Lastdaten, Flugpläne sowie Parameter der einzelnen Knoten veränderbar sein sollen. A5 wird im weiteren Verlauf mit Hilfe dieses Modells verschiedene Abfertigungsstrategien vergleichen und Erkenntnisse über die knotenübergreifende Disposition und Steuerung von Luftfrachtknoten erlangen und auswerten. Dadurch erhofft sich A5 eine Verbesserung der knotenübergreifenden Ressourcennutzung aufgrund der gewählten Frachtabfertigungsstrategie.

---

<sup>4</sup> Weitere Ziele der Arbeit von M9 sind im Sitzungs-Protokoll vom 06.07.01 aufgelistet.

<sup>5</sup> vgl. /BBTAV99/

<sup>6</sup> vgl. /EH02/

### 3 Modellkonzeption und Informationsgewinnung

#### 3.1 Modellentwurf

Ein Flugverkehrsnetz besteht aus mehreren Luftfrachtknoten. Luftfrachtknoten können sogenannte Start- oder Zielflughäfen (Kopfstationen), bzw. Transferflughäfen (Hubs) sein (Abbildung 1).

Die gesamtheitliche Untersuchung eines solchen Netzes ist mit den bekannten Vorgehensweisen und aufgrund des sehr hohen Datenaufkommens sowie der Vielzahl an Einflussfaktoren der Knoten untereinander und nicht zuletzt wegen der enormen Rechenleistung, die für ein solches Modell benötigt würde, zur Zeit nicht möglich.

Deswegen wurden, wie in der Zieldefinition festgelegt, als Untersuchungsgegenstand jeweils vier ausgewählte Start- und Zielflughäfen und zwei Hub-Flughäfen betrachtet. Zunächst wurden die verschiedenen Prozessketten aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen /FQR99/ identifiziert und dargestellt. Dabei wurden die Prozessketten hierarchisch in die drei Ebenen

- 1. Ebene: Flugverkehrsprozesse (Kapitel 3.1.2),
- 2. Ebene: Hubprozesse (Kapitel 3.1.3) und
- 3. Ebene: Abfertigungsprozesse (Kapitel 3.1.4)

aufgeteilt. Als zentrales Leistungsobjekt<sup>7</sup> der Prozesskette wurde die Frachtsendung identifiziert (Kapitel 3.1.1).

Im Anschluss daran wurden die Prozesskettenelemente seitens A5 ihren Potentialklassen<sup>7</sup> entsprechend analysiert und beschrieben. Diese Beschreibung diente neben der Konkretisierung der einzelnen Prozesse der Informationsbedarfsanalyse für die Informationsgewinnung (siehe Kapitel 3.2).

Laut Zieldefinition sollen die Flugzeuge (und damit die enthaltenen Sendungen) einem Flugplan entsprechend ankommen und abfliegen werden. Unter Berücksichtigung dieser Anforderung erfolgte eine Trennung des Modellentwurfs in eine Informations- und eine Materialflussebene. Die Informationsebene gibt die Ankunfts- und Abflugzeitpunkte der Flugzeuge vor, woraufhin entsprechende Materialflussobjekte (Sendungen) in der Materialflussebene erzeugt oder aus dem System entfernt werden. Im Gesamtmodell existieren implizit zwei Leistungsobjekte, die Flugbewegungen in der Informationsebene und die Sendungen in der Materialflussebene.

Zur Materialflussebene gehören alle Prozesse, die eine Sendung für den gesamten Frachtumschlag durchlaufen muss (Abbildung 5 bis Abbildung 7). Die Informationsebene umfasst alle Prozesse, die zur Steuerung des Prozesskettenmodells benötigt werden (Kapitel 4.1).

---

<sup>7</sup> vgl. /Kuh95/

### 3.1.1 Frachtsendung

Eine Sendung bzw. ein Frachtbrief kann mehrere Teilsendungen enthalten. Da jedoch die vorliegenden Daten nur Informationen über Frachtbriefe enthalten, wird hier der Frachtbrief, genannt Sendung, als kleinste Einheit betrachtet.

Dabei wird zwischen dem Informations-, Dokumenten- und Materialfluss unterschieden. Es gibt den voreilenden, den parallelen und den nacheilenden Informationsfluss. Wenn es zu einem Beförderungsauftrag gekommen ist, erstellt der Spediteur den Airway Bill (AWB). Dieses Dokument ist die rechtliche Grundlage des Frachttransportes. Wenn Informationen vorher übermittelt werden und die Dokumente erst später eintreffen, wird vom voreilenden Informationsfluss gesprochen. In der Regel erfolgt der parallele Informationsfluss, d.h. der Dokumentenfluss ist mit dem Informationsfluss verbunden. Auch beim nacheilenden Informationsfluss ist der Dokumentenfluss mit dem Informationsfluss verbunden, wobei auf den AWB gewartet wird<sup>8</sup>.

Die Sendungen werden durch folgende Attribute spezifiziert:

- Gewicht
- Herkunft
- Zielort
- Starttermin
- Liefertermin

Sendungen werden in den Flugzeugen lose oder in einem sog. ULD (Unit Load Device)<sup>8</sup> transportiert, die im Modell als Ressource betrachtet werden.

### 3.1.2 Flugverkehrsprozesse

#### Systemgrenzen - Flugverkehrsprozesse

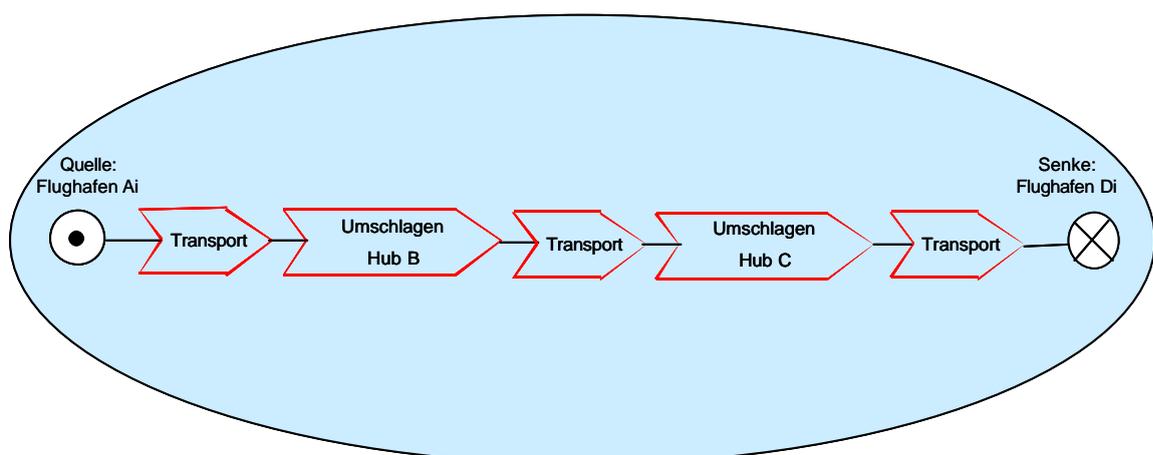


Abbildung 5: Flugverkehrsprozesse (aktueller Stand in der Kooperation A5-M9)

<sup>8</sup> vgl. /FQR99/

Die Flugverkehrsprozesse stellen hierarchisch die oberste Ebene des Modellentwurfs dar. Die Prozesskette wurde hierzu analog zu dem in Abbildung 2 dargestellten Ablauf aufgebaut. Sie besteht aus einer Quelle, einer Senke und fünf Prozesskettengliedern. Dabei stellt die Quelle die Zubringerflughäfen A, die Senke die Zielflughäfen D und die zwei Umschlagprozesskettenglieder die Hubs B und C dar. Der Umschlagprozess wird in seine Teilprozesse untergliedert und in Kapitel 3.1.3 beschrieben. Die genannten Prozesse sind untereinander durch Transportprozesse verknüpft.

Annähernd 60% der Luftfracht wird in Passagierflugzeugen transportiert. Zu den Ressourcen zählen beispielsweise Flugzeuge mit entsprechenden Frachtkapazitäten, das nötige Personal und Transporthilfsmitteln wie beispielsweise Flugzeugpaletten oder ULDs.

### 3.1.3 Hubprozesse

Der Umschlagsprozess aus Kapitel 3.1.2 setzt sich aus den Teilprozessen des jeweiligen Hub zusammen. Sie stellen damit hierarchisch die zweite Ebene des Modellentwurfs dar.

#### Systemgrenzen - Hubprozesse

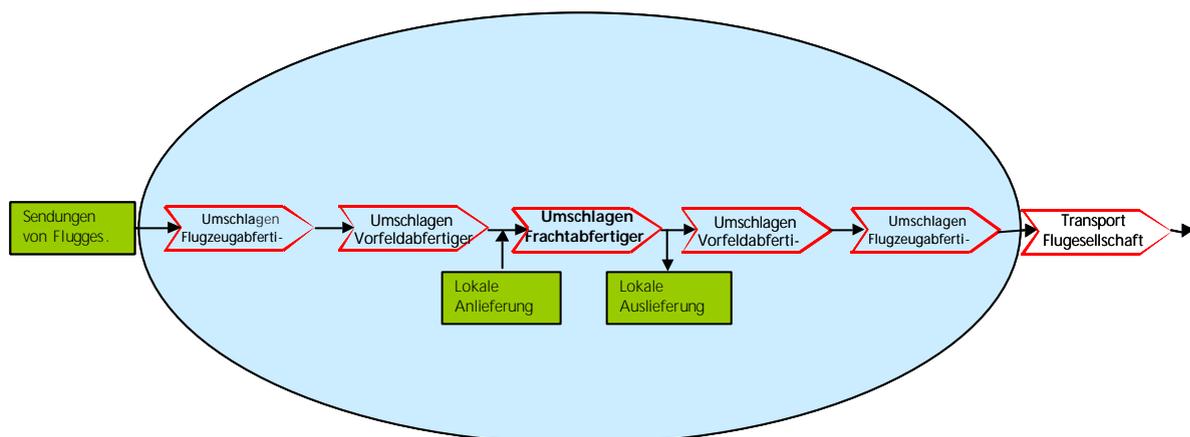


Abbildung 6: Hubprozesse (aktueller Stand in der Kooperation A5-M9)

Gelandete Flugzeuge werden durch den Flugzeugabfertiger entladen. Anschließend bringt der Vorfeldabfertiger die Fracht zum Frachtabfertiger. Dieser kommissioniert die Fracht neu und übergibt sie wieder dem Vorfeldabfertiger der sie am Flugzeug bereitstellt damit der Flugzeugabfertiger das Flugzeug beladen kann.

Berücksichtigte Ressourcen sind Abstell- und Bereitstellflächen sowie Dollie- und Trolle-Einheiten.

### 3.1.4 Abfertigungsprozesse

Der Prozess des Frachtabfertigers aus Kapitel 3.1.3 wird weiter in die einzelnen Abfertigungsprozesse untergliedert, die hierarchisch die dritte Ebene des Modellentwurfs darstellen.

Eingehende Sendungen werden durch die Frachtübernahme vom Vorfeldabfertiger übernommen und dem Eingangspuffer übergeben. Von dort entnimmt der Prozess Abbau die Sendungen zum Vereinzeln und übergibt sie dem Zwischenpuffer oder direkt dem Aufbau. Der Aufbau stellt aus diesen Sendungen Sendungspakete zusammen und übergibt sie dem Ausgangspuffer. Von dort werden sie dem Vorfeldabfertiger zum Weitertransport übergeben.

## Systemgrenzen - Abfertigungsprozesse

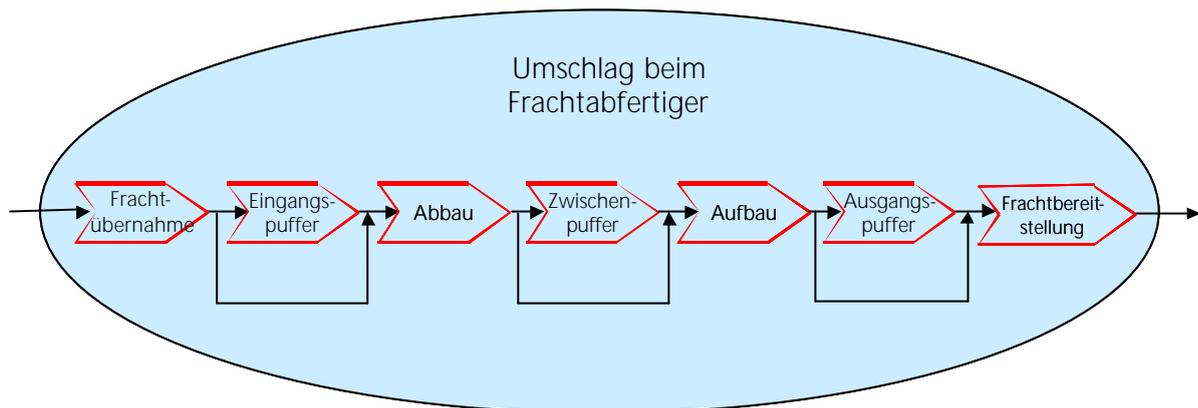


Abbildung 7: Abfertigungsprozesse, Frachtabfertiger (aktueller Stand in der Kooperation A5-M9)

Als Ressourcen werden Dollie- und Trolle-Einheiten, Container (ULDs), Abstell-, Bereitstell-, Puffer-, Aufbau- und Abbauflächen sowie spezielle Lagerpaletten für lose Luftfrachtsendungen (GLP) benötigt. Als Personal kommen für die verschiedenen Bereiche mehrere Arbeitsteams zum Einsatz.

### 3.2 Informationsgewinnungsprozess

Im Anschluss an die Zieldefinition wurden im Rahmen der Informationsidentifikation die notwendigen Schritte durchgeführt (Abbildung 3).

Nach der Informationsbedarfsanalyse werden für das Prozesskettenmodell folgende Parameter benötigt:

- Kenngrößen zur flugplangesteuerten Simulation (Flugpläne),
- Kenngrößen des Frachtumschlags (Durchlaufzeiten, Mengen, Gewichte),
- Kapazitäten (Flugzeugparameter, Fläche, Personal, Schichtmodelle)
- sowie Kenntnisse über Dispositionsstrategien des Frachtumschlags am Flughafen.

Die auf die Informationsbedarfsanalyse folgende Informationsangebotsanalyse ergab, dass für Hub B

- Flugbewegungen und Flugzeiten vollständig als Einzelmesswerte,
- Sendungsbewegungen unvollständig als Einzelmesswerte und
- Frachtkapazitäten und Reichweiten der Flugzeugtypen unvollständig als Verteilung

vorliegen.

Ein Abgleich des Informationsbedarfes und des -angebots (Abbildung 3) durch M9 ergab, dass aus den Sendungsdaten nur exemplarische Frachtkapazitäten zu gewinnen waren. Insbesondere sind die Flugbewegungs- und Sendungsdaten nur von einem Anbieter vorhanden. Aufgrund der fehlenden Information bezüglich eines weiteren Hubs, besteht die Notwendigkeit die Daten und Informationen für Hub C zu prognostizieren.

In der anschließenden Datenerhebung und Erfassung wurden die vorliegenden Flug- und Sendungsdatenbanken importiert und für die Auswertungen Relationen erstellt.

Für die Identifizierung von Hub C und auch der explizit zu betrachtenden Start- und Zielflughäfen folgte eine statistische Auswertung und Analyse der Sendungsdaten. Anschließend wurde eine Start-Ziel-Matrix der Fracht entwickelt, um geeignete Hub-, Start- und Zielflughäfen zu identifizieren. Dabei wurden nur Frachtdaten eines Home Carriers<sup>9</sup> ausgewertet, da laut Zieldefinition die knotenübergreifende Disposition und Steuerung für einen Home Carrier untersucht werden sollte. Die fehlenden Informationen wie beispielsweise Flugzeiten und Frachtmengenverteilungen, sowie saisonale Effekte, mussten durch Hochrechnung bzw. Abschätzung generiert werden.

Zunächst wurden die Flugbewegungen von Hub B untersucht, um Aufschluss über die Anzahl der Flüge und Tages- oder Wochenzyklen zu erhalten. Dabei wurde deutlich, dass es im Tagesprofil zu starken Schwankungen und Peakbildung kommt (Abbildung 8), die Tage sich jedoch im Wochenprofil kaum unterschieden. Des Weiteren stellte sich heraus, dass der Großteil der Flüge (65 %) vom untersuchten Home Carrier durchgeführt wurde.

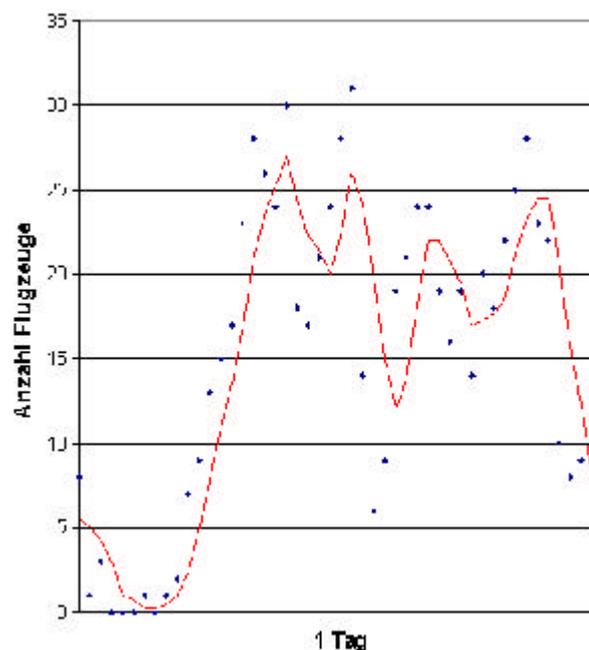


Abbildung 8: Tagesprofil der Landungen auf Hub B (Halbstundenraster)

<sup>9</sup> Der Home Carrier eines Flughafens ist die regional ansässige Fluggesellschaft, die meist auch den Großteil der Fracht umschlägt.

Anschließend wurden die Informationen zu den Frachtsendungen ausgewertet. Die Auswertung ergab dass in einem Monat mehr als 9.100 verschiedene Flughäfen mit Sendungen des zu betrachtenden Home Carriers angeflogen und dabei mehr als 50.000 Sendungen transportiert wurden (Abbildung 9).

## Frachtsendungen eines Home Carriers

Start-Ziel-Matrix:

- > 9.100 verschiedene Relationen pro Monat
- > 50.000 Frachtsendungen pro Monat

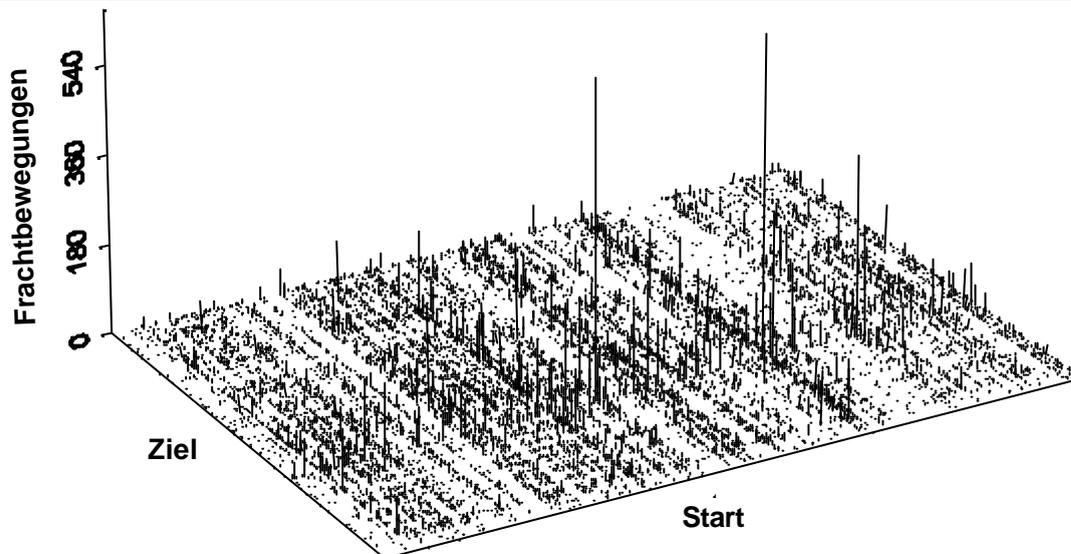


Abbildung 9: Frachtsendungen des Home Carriers

Im Gegensatz zu den Flugbewegungsdaten wiesen die Tages- und Wochenprofile der Sendungsdaten deutliche Unterschiede auf. So war am Anfang der Woche ein niedriges, zur Mitte der Woche ein ansteigendes und zum Ende der Woche wieder ein abnehmendes Sendungsaufkommen zu beobachten (Abbildung 10). Das Wochen- und Tagesprofil der Gewichtsverteilung folgt im Wesentlichen dem Profil der Anzahl ankommender Sendungen.

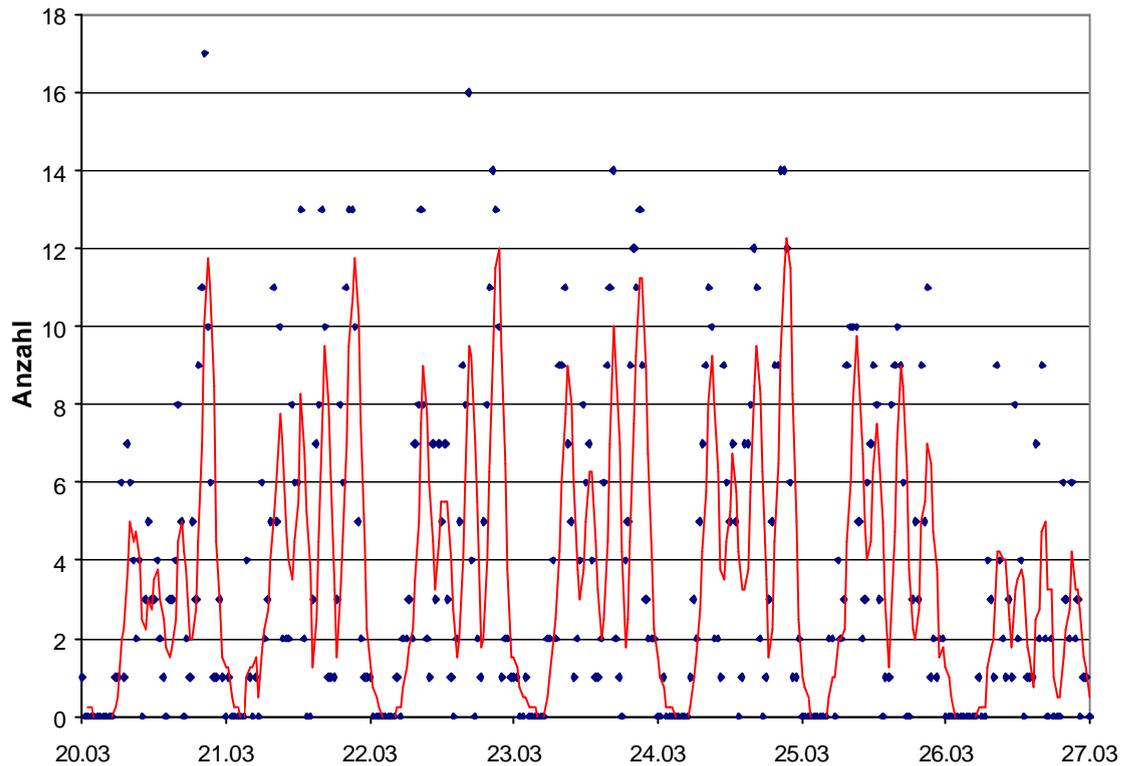


Abbildung 10: Wochenprofil der ankommenden Sendungen auf Hub B

Im Anschluss wurden die Sendungsdaten untersucht, um die Auswahl der noch fehlenden Start- und Zielflughäfen einzugrenzen. Für die Untersuchung wurden die Kriterien

- Anzahl der Relationen,
- Anzahl der Sendungen und
- die Anzahl der aufgeführten Transfers herangezogen.

Es stellte sich heraus, dass von Hub B ausgehend, lediglich 30 Relationen mehr als 100 Frachtsendungen pro Monat aufweisen (Abbildung 11).

## Frachtsendungen eines Home Carriers

Start-Ziel-Matrix:

- Viele Relationen mit nur wenigen Frachtsendungen pro Monat
- Nur 30 Relationen haben mehr als 100 Frachtsendungen pro Monat

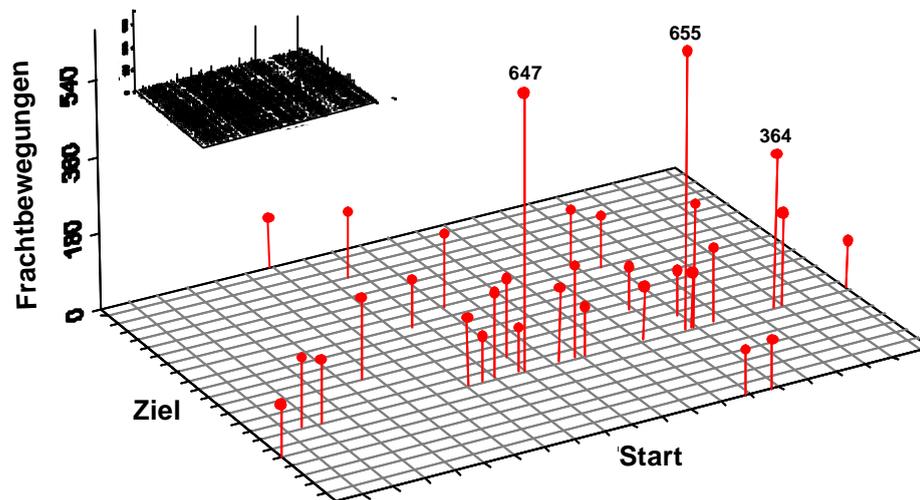


Abbildung 11: Flugbewegungsrelationen von Hub B

Dabei fielen einige Flughäfen auf, die zwar sehr häufig frequentiert waren aber fast keine Sendungen zu anderen Flughäfen weiterleiten und somit nicht als Hub C in Frage kamen. Es blieben so lediglich drei Flughäfen übrig, die als zweiter Hub in Frage kommen.

Da die Auswahl von Hub C noch nicht erfolgt ist, soll für die endgültige Festlegung eine Einteilung der Flughäfen nach den Kriterien

- Anzahl der Passagier-Linienflüge,
- Anzahl der Fracht-Linienflüge,
- Anzahl der Passagier-Charterflüge und
- Anzahl der Fracht-Charterflüge

unter dem Aspekt der Verfügbarkeit der Flugdaten vorgenommen werden.

Die Anzahl der Linienflüge steht in der Regel in Form von Plandaten zur Verfügung, wie beispielsweise die aktuellen Flugpläne, die über das Internet abrufbar sind.

## 4 Modellierung

Im vorliegenden Kapitel wird auf die in Kapitel 3.1 angesprochene Trennung der Informations- und Materialflussebene im Zuge der Modellierung des Prozesskettenmodells genauer eingegangen.

### 4.1 Informationsfluss

Die Prozesskette der Informationsebene beinhaltet im Anwendungsfall A5 die Abbildung des Flugplans und die Erzeugung der Sendungsdaten inklusive deren Eigenschaften. Im Folgenden wird die Abbildung des Flugplans erläutert.

#### 4.1.1 Leistungsobjekt

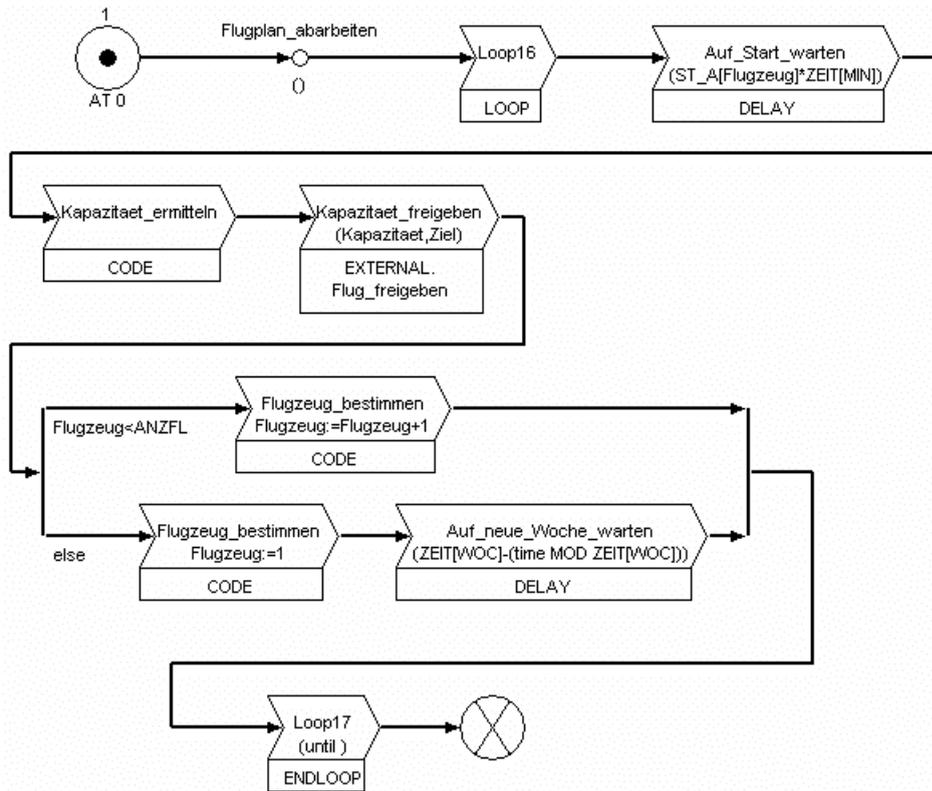
Das Leistungsobjekt des Flugplans ist ein Kontrollprozess, der Informationen generiert bzw. andere Prozesse initiiert.

#### 4.1.2 Prozesse

Der Wochenflugplan wurde im ersten Schritt als statische Variablenliste der Start- und Landezeiten, der Frachtkapazität, etc. hinterlegt, da der Prozessketteneditor bisher keine Möglichkeiten bietet Konfigurationsdateien wie z. B. einen Flugplan als Tabelle einzulesen (Abbildung 12).

Zum Beginn der Simulation wird der Flugplan-Kontrollprozess erzeugt. Mit der Aktivität „Auf\_Start\_warten“ wird der Kontrollprozess bis zum Startzeitpunkt des nächsten Flugzeugs angehalten. Wenn dieser Zeitpunkt erreicht ist, erfolgt die Aktivität „Kapazität\_ermitteln“, um die Transportkapazität für den entsprechenden Flug zu generieren und über die externe Prozesskette „Kapazität\_freigeben“ (Abbildung 17) die Transportkapazität zur Verfügung zu stellen. Anschließend wird aus der Variablenliste der nächste Zeitpunkt für ein ankommendes Flugzeug ausgewählt und die Prozesskette erneut durchlaufen. Der beschriebene Ablauf wiederholt sich für jedes Flugzeug durch die entsprechenden Prozesse die innerhalb der Schleifenelemente „Loop16“ und „Loop17“ angeordnet sind.

Wenn die gesamte Variablenliste und damit der Flugplan einmal durchlaufen worden ist, wird mit der Aktivität „Auf\_neue\_Woche\_warten“ der Kontrollprozess bis zum Ende einer Woche simulierter Zeit angehalten, um den Wochenflugplan erneut von Anfang an zu starten.



LA\_D:REAL[1..ANZFL]={(120):10}  
 {relativ zu ST\_C in Minuten}  
 ST\_C:REAL[1..ANZFL]=[180,50,47,300,120,240,200,60,83,50]  
 {relativ zu LA\_C in Minuten}  
 LA\_C:REAL[1..ANZFL]={(300):10}  
 {relativ zu ST\_B in Minuten}  
 ST\_B:REAL[1..ANZFL]=[60,120,100,240,67,133,53,63,200,300]  
 {relativ zu LA\_B in Minuten}  
 LA\_B:REAL[1..ANZFL]={(180):10}  
 {relativ zu ST\_A in Minuten}  
 ST\_A:REAL[1..ANZFL]=[1,10,5,45,2,59,600,60,420,30]  
 {relativ zum letzten Start}  
 FL\_ID:INT[1..ANZFL]=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]

ANZFL:INT=10  
 Flugzeug:INT=1  
 Kapazitaet:REAL

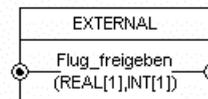


Abbildung 12: Flugplan mit Variablenliste

Aufgrund des hohen Datenaufkommens zur Abbildung eines Flugplans, zeigte sich, dass diese Art der Flugplanabbildung für das endgültige Prozesskettenmodell nicht handhabbar war. Ein weiterer Nachteil der expliziten Zeitangabe war die Begrenzung der Modelllaufzeit auf den verfügbaren Flugplanzeitraum.

Daraufhin erstellte die Kooperationsgruppe im Verlauf eines Arbeitsgespräches beispielhaft eine Systemlastbeschreibung für die Input-Prozesse am Hub B. Dabei wurde festgestellt, dass die Input-Daten für die Sendungen bei Flugplan- bzw. Verteilungssteuerung fast identisch sind. Daher wurde die Forderung nach einem festen Flugplan fallengelassen und der Flugplan in Form einer stochastischen Verteilung hinterlegt, die keine Beschränkungen hinsichtlich des zu betrachtenden Simulationszeitraumes aufweist und eine leichte Anpassung für die Abbildung zukünftiger Flugpläne ermöglichen (Abbildung 13).

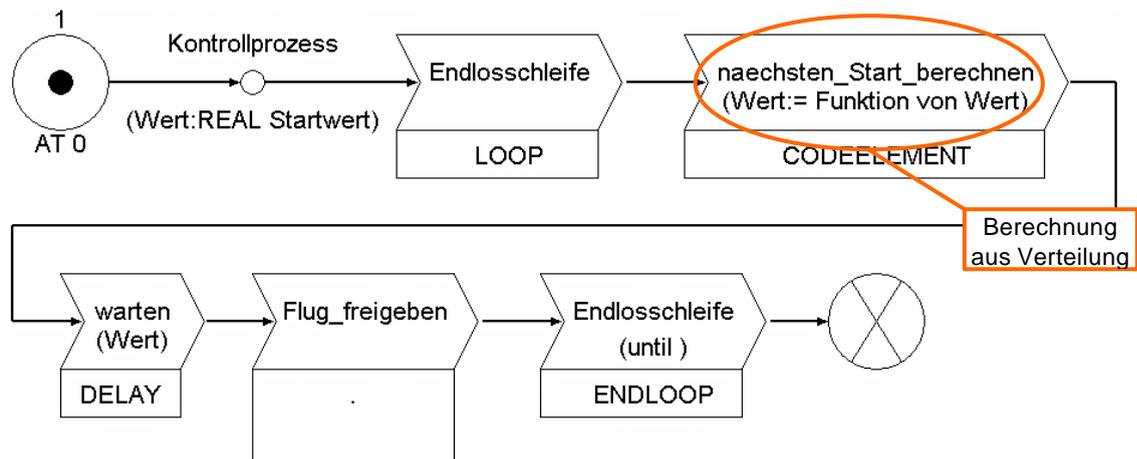


Abbildung 13: Flugplan mit Verteilung

Die Generierung von Sendungen und Sendungsdaten (vgl. Kapitel 3.1.1, „Attribute einer Sendung“) erfolgt aus den gleichen Gründen auch durch Verteilungen, die aus der Analyse der Flugbewegungs- und Sendungsdaten gewonnen wurden.

#### 4.1.3 Lenkungsebenen

Für die ordnungs- und zeitgemäße Abwicklung des Luftverkehrs ist der Flugplan das zentrale Steuerungsinstrument, als beeinflussende Größe des Buchungsprozesses und des Aufbauplans. Im vorliegenden Modell werden über den Flugplan Zeitpunkte und Transportkapazitäten für einzelne Flüge vorgegeben.

#### 4.1.4 Strukturen

Der Flugplan enthält Informationen über den Startzeitpunkt und -ort eines Flugzeugs, sowie über dessen Transportkapazitäten. Er ist im Prozesskettenplan (Abbildung 12) beschrieben.

#### 4.1.5 Ressourcen

Genau genommen hat der Flugplan keine Ressourcen, da er als Informationsprozess keine physischen Ressourcen beansprucht, sondern nur die Transportkapazitäten kontrolliert und freigibt.



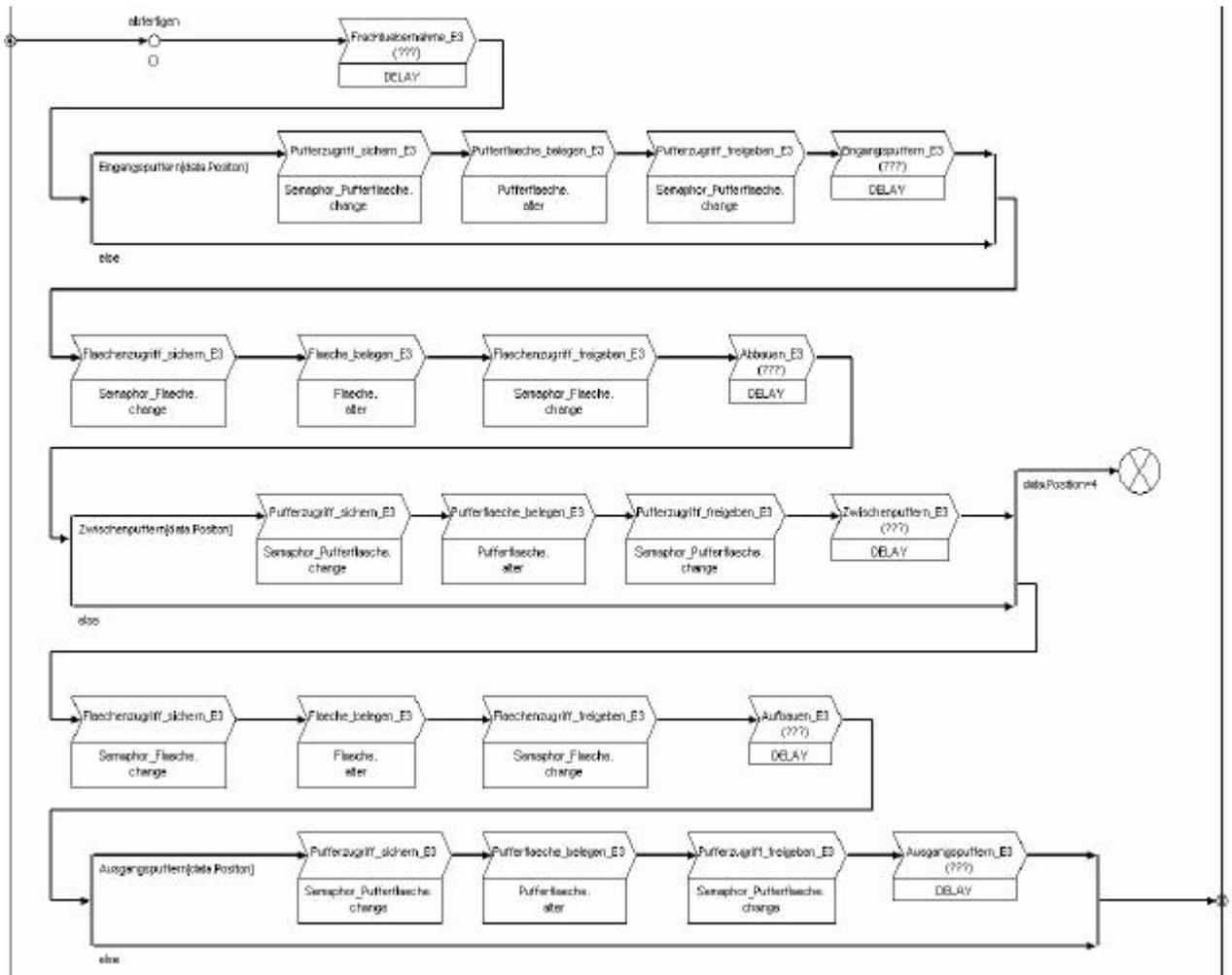


Abbildung 15: Abfertigungsprozesse des Frachtumschlages

Der zentrale Prozess innerhalb des Frachtumschlages ist der Abfertigungsprozess des Frachtabfertigers und ist in einer entsprechenden Funktionseinheit hinterlegt (Abbildung 15). Der Abfertigungsprozess ist wie in Abbildung 7 dargestellt aufgebaut. Sämtliche Puffer-, Bereitstell-, Abstell-, Auf- oder Abbauflächen sind als Resource berücksichtigt.

Vor den Puffer-, Auf- oder Abbauprozessen werden die entsprechenden Flächen belegt. Der Personaleinsatz wird in Form von Arbeitsteams im Auf- und Abbau indirekt über Kennzahlen berücksichtigt.

Der Einsatz von Arbeitshilfsmitteln wie beispielsweise Trolleys, Dollies oder ULDs, ist im aktuellen Modell noch nicht berücksichtigt.

#### 4.2.3 Lenkungebenen

Für einzelne Abfertigungsbereiche sollen Dispositionsstrategien formuliert und hinterlegt werden.

Unternehmenskultur, Methodenvorgaben und -Richtlinien werden im Prozesskettenmodell nicht berücksichtigt.



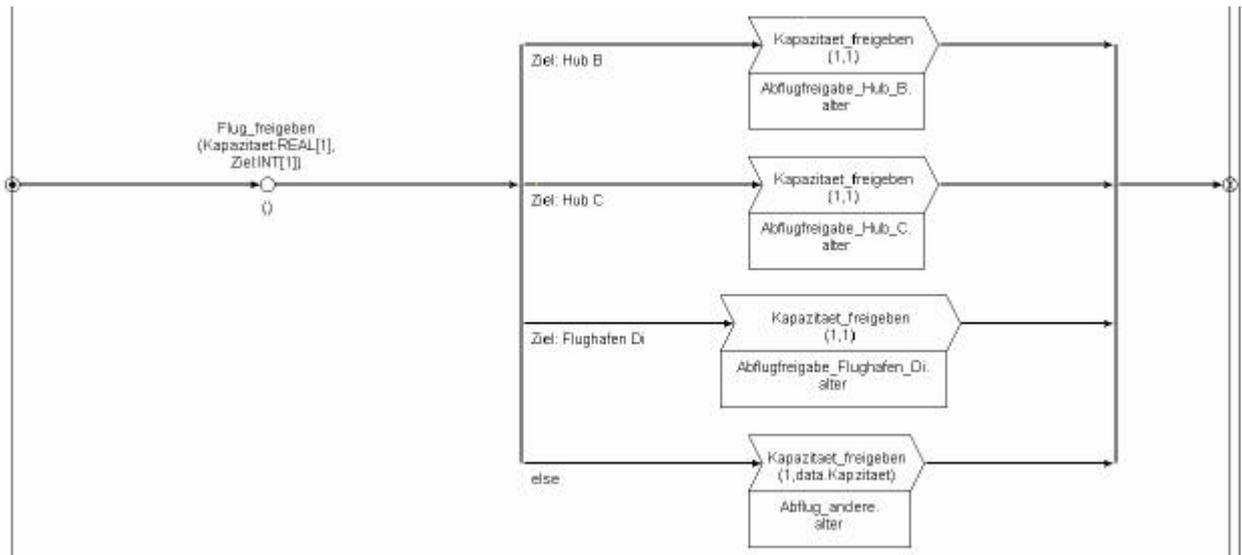


Abbildung 17: Prozesskette „Flug\_freigeben“

Die Prozesskette der Informationsebene, die den Flugplan abbildet (Abbildung 13), startet den Prozess „Flug\_freigeben“ (Abbildung 17). Dieser Prozess stellt für Flüge zu bestimmten Zielen Transportkapazitäten für Sendungen zur Verfügung, d. h. eventuell wartende Sendungen können die anschließenden Aktivitäten durchführen.

## 5 Ausblick

Für die Fertigstellung des Prozesskettenmodells müssen im weiteren Verlauf der Kooperation der Hub C, sowie die Start- und Zielflughäfen bestimmt werden. Hierzu muss eine entsprechende Analyse nach Kriterien wie Sendungsaufkommen und Routing (Kapitel 3.2) noch erfolgen.

Weiterhin müssen folgenden Eigenschaften festgelegt werden:

- Definition der exakten Eingangsparameter mit einer zusätzlichen Unterteilung nach statischen und variablen Parametern. (Festlegung des Abbildungstyps: Kennzahl, Verteilung, Algorithmus; Festlegung der Dimension)
- Definition der abzubildenden Strategie-Regeln (Disposition). (Festlegung des Abbildungstyps: Verteilung, Algorithmus; Festlegung der Dimension, detaillierte Beschreibung der Einflussparameter, der Regel oder des Algorithmus)
- Definition der zu ermittelnden Ergebniskennzahlen (Festlegung des Ergebnistyps: Kennzahl, Verteilung; Festlegung der Dimension; Verwendung in der Analyse bezüglich der Zielfragestellungen)

Anschließend erfolgt die Erstellung eines Experimentierplans, um abweichend vom Referenzszenario bestimmte Parameter, beispielsweise Dispositionsstrategien, zu variieren.

## 6 Literatur und Quellen

- /BBTAV99/ Beilner, H.; Bause, F.; Tatlitürk, H. ; van Almsick, A. ; Völker, M.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Teilprojekt M1, Bericht Nr. 99002, *Zum B-Modellformalismus -- Version B1 – zur Vorbereitung automatisierter Analysen von Modellen logistischer Systeme hinsichtlich technischer, ökonomischer und ökologischer Ziele*. Dortmund 1999.
- /BJW01/ Becker, C.; Jodin, D.; Wenzel, S.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Teilprojekt M9, *Methoden der Informationsgewinnung*. Dortmund 2001.
- /Ech00/ Echtermeyer, K.: *Daten für die Netzplanung im Luftverkehr*. Vortrag zum IVT-Seminar „Optimierung von Netzen und Angeboten“, ETH Zürich, 23. Juni 2000.
- /EH02/ Eickhoff, M.; Hierweck, M.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Teilprojekt M1, Bericht Nr. 02004, *Hands On B1-Tools - Eine beispielorientierte Einführung in die Anwendung der B1-Tools*. Dortmund 2002.
- /FQR99/ Frye, H.; Quick, A.; Riegner, M.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Teilprojekt A5, Bericht Nr. 99007, *Frachturnschlag in Flughäfen*. Frankfurt 1999.
- /FQS02/ Frye, H.; Quick, A.; Sieke, H.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Fortschrittsbericht des Teilprojektes A5, *Flughafennetzmodell*. Frankfurt 2002.
- /Glos99/ Sonderforschungsbereich 559, Glossar mit wichtigen Begriffen zum Thema Logistik und Verkehr, zu finden auf der Homepage des SFB, 1999.
- /Hom01/ ten Hompel, M.: Sonderforschungsbereich 559, Modellierung großer Netze der Logistik: Teilprojekt A5, *Wechselwirkungen zwischen Luftfrachtknoten*. Dortmund 2001.
- /Kuh95/ Kuhn, A. (Hrsg.): *Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien*, Dortmund 1995.
- /VDI00/ VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik: VDI-Richtlinie 3633 Blatt1 (Entwurf): *Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Grundlagen*, März 2000.
- /Wey01/ Weyerke M.: *Entwicklung eines rechnergestützten, benutzerorientierten Systems zur Informationsgewinnung in Produktionsunternehmen*. VDI Fortschritt-Berichte Reihe 16 Technik und Wirtschaft Nr. 134, VDI-Verlag Düsseldorf, ISBN 3-18-313416-0, 2001.