



DataFly

Projektabschlussbericht

Verfasser:	Aref Hasan, Niklas Scholz, Christian Schmid, Nik Yakovlev, Luca Mohr
Projektname:	Flugzeugladeplanung - Datenanalyse
Projektnummer:	P01FLP34
Auftraggeber:	Flugladeplaner24
Eingereicht:	18.07.2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Abkürzungsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Ausgangssituation und -daten	2
2.1 Ausgangslage	2
2.2 Daten	2
3 Data Engineering	4
4 Analyse der Passagier- und Flugauslastungsdaten	9
4.1 Verteilung der Passagiere nach Business- und Economy-Class	9
4.2 Auslastung der Kapazitäten der Economy- und Business-Class je Airline	9
4.3 Personen Verteilung nach Airline	10
5 Explorative Datenanalyse	12
5.1 Analyse der Actions	12
5.1.1 Top 10 Actions	12
5.1.2 Anzahl der Actions pro Stunde	13
5.2 Analyse der Flugzeuge	14
5.3 Flughäfen	16
5.4 Routen	20
6 Analyse der Benutzeraktivität	23
6.1 Verteilung der Benutzeraktivität	23
6.2 Verteilung der Aktionen	24
6.3 Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp	28
6.4 Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für verschiedene Fluggesellschaften	29
7 Gewichtswertanalyse (Plan- und Realwerte)	32
7.1 Data Quality	32
7.2 Fuel	35
7.3 Baggage	38
7.3.1 Durchschnittliche Unterschiede bei Gepäck	38
7.3.2 Explizite Unterschiede bei Gepäck	40
7.3.3 Durchschnittliche Unterschiede bei Gepäck nach Abflughafen	41
7.4 Cargo	42
7.4.1 Durchschnittliche Unterschiede bei Cargo	42
7.4.2 Explizite Unterschiede bei Cargo	43

7.4.3 Durchschnittliche Unterschiede bei Fracht nach Abflughafen	44
8 Prozessanalyse	46
8.1 Celonis	46
8.2 Implementierung von Celonis	47
8.2.1 Lizenzkosten	47
8.2.2 Implementierungskosten	48
8.2.3 Schulungs- und Weiterbildungskosten	48
8.2.4 Betriebskosten	49
8.2.5 Nutzen und ROI	49
8.3 Process Overview Visualisierung	50
8.3.1 Hauptmetriken und Aktivitäten	50
8.3.2 Zeitliche Verteilung der Fälle	51
8.3.3 Häufigkeit der Aktivitäten	51
8.3.4 Detaillierte Fallanalyse	51
8.3.5 Nutzen und Vorteile	51
8.4 Process Flow Visualisierung	52
8.4.1 Start und Endpunkte	52
8.4.2 Wichtige Übergänge und Häufigkeiten	53
8.4.3 Zeitangaben und Effizienz	53
8.4.4 Komplexität und Verzweigungen	53
8.4.5 Optimierungsmöglichkeiten	53
8.5 Process Information Visualisierung	54
8.5.1 Tabelle der Aktivitäten	54
8.5.2 Balkendiagramm der Aktivitätshäufigkeit	54
8.5.3 Schlüsselaktivitäten	55
8.5.4 Implikationen für das Prozessmanagement	55
8.6 Herausforderungen	55
8.6.1 Datenqualität und -integration	55
8.6.2 Komplexität der Prozessmodellierung	56
8.6.3 Performance und Skalierbarkeit	56
8.6.4 Iterative Verbesserung und Feedback	56
9 Zusammenfassung	58
9.1 Fazit	58
9.2 Lessons Learned	58
9.2.1 Data Engineering	59
9.2.2 Prozessanalyse	60
9.3 Ausblick	61
10 Beispiel-Anhang: Testanhang	62
10.1 Meta Daten der Actions	63
10.2 Projektauftrag	65
10.3 Lastenheft	71
10.4 Pflichtenheft	80

Abbildungsverzeichnis

4.1	Verteilung der Passagiere nach Business- und Economy-Class je Airline	9
4.2	Auslastung der Kapazitäten der Economy- und Business-Class je Airline	10
4.3	Personen Verteilung je Airline	11
5.1	Top 10 Actions.	12
5.2	Anzahl der Aktionen pro Stunde.	13
5.3	Top 10 Flight IDs im Datensatz.	14
5.4	Top 10 Flight Numbers im Datensatz.	15
5.5	Einzigartige Flughäfen: Auf der Abbildung werden alle Weltweiten einzigartige Flughäfen visualisiert	16
5.6	Abflughäfen: Weltkarte der Abflughäfen nach Flugaufkommen, größere Markierungen zeigen höheren Verkehr.	17
5.7	Ankunftsflughäfen: Mit blauen Kreisen bei denen Größere Markierungen höheres Flugaufkommen aufzeigen.	18
5.8	Top 15 Flughäfen: Geordnet nach der Anzahl der Abflüge und Häufigkeit	19
5.9	Top 15 meistgeflogenen Flugrouten	19
5.10	Top 15 meistgeflogener Flugrouten: Visuelle darstellung der Routen auf einer Karte für eine besser Übersichtlichkeit	20
5.11	Top 10 Südamerika routen.	21
5.12	Top 10 Routen in Asien: Darstellung der häufigsten routen wobei Indien im Fokus steht.	22
5.13	Top 10 Routen in Europa: Darstellung der Routen wobei Dublin (DUB) ein zentrales Drehkreuz ist.	22
6.1	Anzahl der Aktivitäten nach Benutzer.	23
6.2	Verhältnis der Benutzeraktivität.	24
6.3	Verteilung der Aktionen nach Benutzer. Diese Abbildung zeigt die Verteilung Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.	25
6.4	Verteilung der Top 10 Aktionen.	26
6.5	Top 15 Aktionen nach Benutzertyp.	27
6.6	Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp.	28
6.7	Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline MN.	29
6.8	Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline AB.	30
6.9	Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline ZY.	31
7.1	Auflistung vollständige Spalten.	32
7.2	Anteil der ausgefüllten Spalten nach Fluggesellschaft.	33
7.3	Anzahl der Flugnummern nach Fluggesellschaft	34
7.4	Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft	35

7.5	Differenz zwischen den tatsächlichen und den minimalen Starttankgewichten	36
7.6	Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft	37
7.7	Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft	38
7.8	Columncharts zur Darstellung der durchschnittlichen Gepäckrealwerte und der durchschnittlichen Abweichung von Real- und Planwerten	39
7.9	Boxplots zur Darstellung der Abweichung von Gepäckrealwerten und -planwerten (Stückzahl und Gewicht)	40
7.10	Columnchart für durchschnittliche Abweichung von Real- und Planwerten des Gepäckgewichts nach Abflughafen	42
7.11	Columnchart des durchschnittlichen Frachtgewichts und der durchschnittlichen Abweichung des Frachtgewichts von Real- und Planwert	43
7.12	Boxplot der Abweichung von Real- und Planwerten von Cargo	44
7.13	Columnchart der durchschnittlichen Abweichung des Frachtgewichts nach Abflughafen.	45
8.1	Screenshot der Overview Page aus Celonis.	50
8.2	Screenshot der Process Flow Visualisierung aus Celonis.	52
8.3	Screenshot der Process Information Visualisierung aus Celonis.	54

Abkürzungsverzeichnis

EDA	Explorative Datenanalyse
KI	Künstliche Intelligenz
ZFW	Zero Fuel Weight
TOF	Take Off Fuel
MTOF	Minimum Take Off Fuel
ATOW	Actual Take Off Weight
AZFW	Actual Zero Fuel Weight
CSV	Comma-separated values
IQR	Interquartilsabstand
SaaS	Software as a Service
ROI	Return On Invest

1 Einleitung

Die Optimierung der Beladungsplanung von Flugzeugen ist eine sehr komplexe Aufgabe und benötigt viele Ressourcen. Die effiziente und präzise Planung von Gewichten und Beladungen an Bord von Flugzeugen hat einen direkten Einfluss auf die Kosten und zum Beispiel die Umweltbilanz von Fluggesellschaften. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich das vorliegende Projekt mit der Analyse und Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit von Plan- und Real-Gewichten in der Flugzeugbeladungsplanung. Unser Auftraggeber Flugladeplaner24 hat uns mit der Aufgabe betraut, durch eine detaillierte Datenanalyse potentielle Schwachstellen im aktuellen Ladeplanungsprozess zu identifizieren und zu optimieren, ohne dabei neue Software zu entwickeln oder in den operativen Betrieb einzudringen.

Der Schwerpunkt dieses Projekts liegt auf der präzisen Aufbereitung und Analyse der Daten, um die Abweichungen zwischen den geplanten und den tatsächlichen Endgewichten zu minimieren. Derzeit wird die Ladeplanung durch eine Kombination aus automatisierten Prozessen und manuellen Eingriffen durchgeführt. Unsere Aufgabe ist es, durch eine umfassende Analyse dieser Prozesse Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und dem Kunden die notwendigen Werkzeuge zur Optimierung der Ladeplanung an die Hand zu geben.

Die bereitgestellten Datensätze umfassen Fluginformationen für die Regionen Europa, Asien und Amerika und enthalten wichtige Informationen wie Flugnummern, Abflughäfen, Benutzeraktionen und detaillierte Einträge zu verschiedenen Ladeprozessen. Durch die Anwendung fortgeschrittener Data-Engineering-Methoden werden diese Daten strukturiert und angereichert, um eine solide Grundlage für weitere Analysen zu schaffen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Unterschiede zwischen Plan- und Real-Werten gelegt, um präzise Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Ziel des Projektes ist es, durch detaillierte und fundierte Analysen zur Verbesserung der betrieblichen Abläufe und der wirtschaftlichen Effizienz beizutragen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen den Auftraggeber in die Lage versetzen, fundierte Entscheidungen zur Optimierung seiner Prozesse zu treffen und damit die Gesamteffizienz und Wirtschaftlichkeit seines Unternehmens zu steigern. In den folgenden Kapiteln werden die Ausgangssituation und Daten, die durchgeföhrten Analysen sowie die daraus abgeleiteten Empfehlungen detailliert beschrieben.

2 Ausgangssituation und -daten

2.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Projekts zur Optimierung der Flugzeugladeplanung konzentriert sich unsere Arbeit auf die Analyse und Verbesserung der Genauigkeit bei der Vorhersage von Plan- und Ist-Gewichten. Unser Ziel ist es, die Daten so aufzubereiten, dass der Auftraggeber die maximale Zuladung seiner Flugzeuge effektiver nutzen kann, indem die Differenzen zwischen den geplanten und tatsächlichen Endgewichten minimiert werden. Derzeit wird die Ladeplanung durch eine Kombination aus automatisierten Prozessen und manuellen Eingriffen durchgeführt, deren Details in einer Comma-separated values (CSV)-Datei festgehalten werden. Unsere Herausforderung ist es, durch detaillierte Analysen dieser Prozesse potenzielle Verbesserungen aufzuzeigen, ohne dabei neue Software zu entwickeln oder in den operativen Betrieb einzutragen.

Die Bereitstellung präziser Gewichtsdatenanalysen hilft dem Auftraggeber, Unzulänglichkeiten im aktuellen Verfahren zu erkennen und auf Basis unserer Empfehlungen präzisere Methoden zu entwickeln. Durch unsere Analyse streben wir danach, dem Auftraggeber die notwendigen Werkzeuge an die Hand zu geben, damit er die Ladevorgänge seiner Flugzeuge optimieren kann. Dies trägt nicht nur zur Reduzierung von Überlastungsgebühren bei, sondern verbessert auch die Gesamteffizienz und steigert letztendlich die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens.

Unsere Arbeit ist von hoher Bedeutung, da sie direkt zur Verbesserung der Betriebsabläufe und der ökonomischen Effizienz beiträgt, indem sie dem Auftraggeber ermöglicht, fundierte Entscheidungen zur Optimierung seiner Prozesse zu treffen.

2.2 Daten

Die vorliegenden Datensätze umfassen Fluginformationen für drei geografische Regionen: Europa, Asien und Amerika. Jeder Datensatz enthält die folgenden Spalten:

- **id**: Eine eindeutige Identifikationsnummer für jede Zeile.
- **creation_time**: Zeitstempel der Datensatzerstellung.
- **airline_code**: Der Code der Fluggesellschaft.
- **flight_number**: Die Flugnummer.

- **flight_date**: Das Datum des Flugs.
- **departure_airport**: Der Abflugort (Flughafen).
- **user_name**: Der Name des Benutzers.
- **action_name**: Der Name der Aktion.
- **header_line**: Eine Kopfzeile.
- **entry_details**: Detaillierte Informationen zum Eintrag.

Die Spalte entry_details ist von zentraler Bedeutung für unsere Datenanalyse. Sie enthält unterschiedliche Arten von Actions, die verschiedene Schritte und Einträge im Zusammenhang mit der Flugvorbereitung und dem Flugladeprozess dokumentieren. Diese Actions werden im Verlauf der Vorbereitungen eines Fluges erstellt. Im Anhang finden Sie eine detaillierte Übersicht aller Actions, jeweils mit einer kurzen Erläuterung ihrer Funktion. Basierend auf den Einträgen dieser verschiedenen Actions werden wir in diesem Bericht eine detaillierte Datenanalyse anfertigen.

3 Data Engineering

Die im vorherigen Abschnitt erwähnten Actions sind derzeit in einem unstrukturierten Format gespeichert, was die Analyse erschwert. Um eine solide Datengrundlage für unsere Analysen zu schaffen, haben wir zunächst einen umfassenden Überblick über die vorhandenen Daten gewonnen. Um tiefere Einblicke aus den Flugdaten zu gewinnen, haben wir den Datensatz wie folgt erweitert und angereichert.

Nach dem Zusammenführen der drei Datensätze und der Erweiterung der Datenstruktur umfasst der kombinierte Datensatz 21 Spalten, darunter zusätzliche geografische und flugbezogene Informationen wie Ankunftsflughafen, Ankunftsstadt, Ankunftsland, Ankunftsbreitengrad und -längengrad. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Informationen aus der **header_line**-Spalte extrahiert wurden, um diese zusätzlichen geografischen und flugbezogenen Daten zu generieren.

Ein wichtiger Aspekt ist, dass die **flight_number**-Spalte mehrfach vorkommt und nicht einer eindeutigen Flugnummer entspricht. Stattdessen handelt es sich um eine Flugnummer, die beispielsweise einer bestimmten Flugroute zugeordnet ist. Um eine eindeutige Identifikation der Flüge zu ermöglichen, wurde eine neue Spalte namens **flight_id** erstellt. Diese Spalte kombiniert Informationen aus verschiedenen Spalten, um eine eindeutige Kennung für jeden Flug zu erzeugen. Der **flight_id**-Wert enthält **airline_code**, **flight_number**, **creation_time (year)**, **flight_date**, **creation_time (month)** und **departure_airport**.

Daraus ergibt sich folgende Struktur der Werte: (airline_code)-(flight_number)-(creation_time(year))-(flight_date)-(creation_time(month))-(departure_airport)

Und folgende Spalten:

0	creation_time	datetime64[ns]
1	formatted_creation_time	object
2	airline_code	object
3	flight_number	int64
4	departure_airport	object
5	departure_city	object
6	departure_country	object
7	departure_lat	float64
8	departure_lon	float64
9	user_name	object
10	action_name	object
11	stepID	object

```

12  action_mode          object
13  log_level            object
14  entry_details         object
15  flight_id             object
16  arrival_airport       object
17  arrival_city           object
18  arrival_country        object
19  arrival_lat            float64
20  arrival_lon            float64

```

Mit diesem erweiterten Datensatz wird die weitere Datenverarbeitung und Analyse durchgeführt. Im weiteren Verlauf des Projekts wurden die Daten im Parquet-Format statt im CSV-Format gespeichert. Parquet ist ein spaltenorientiertes Speicherformat, das durch bessere Komprimierung die Dateigröße trotz Ergänzen weiterer geografischer Informationen von 3,45Gb auf 388Mb reduziert hat, was einer Reduktion von circa 89% entspricht. Es nutzt ein festes Schema mit definierten Datentypen, was konsistente Datenstrukturen sicherstellt und die Verarbeitung beschleunigt. Im Gegensatz zu CSV, das alle Daten als Text speichert, ermöglicht Parquet die Nutzung nativer Datentypen wie Integer und Float.

Da insgesamt 67 Aktionen im Datensatz vorhanden waren, wurde sich nach manueller Auswertung auf folgende neun Aktionen aus Tabelle 3.1 beschränkt, die maßgeblich die Schätz- und Realwerte sämtlicher Gewichts- und Passagierdaten enthalten.

Aktion	Inhaltstyp
CreateZFWMessageAction	Schätzwerte
UpdateEstimatesAction	Schätzwerte
UpdateFuelDataAction	Schätzwerte
CalculateWeightAndTrimAction	Realwerte
StorePaxDataAction	Realwerte
RampFinalAction	Realwerte
CreateLoadsheetAction	Realwerte

Tabelle 3.1: Ausgewählte Aktionen zur Auswertung von Schätz- und Realwerten der Gewichts- und Passagierdaten

Im Folgenden wird auf die ausgewählten Aktionen eingegangen und erläutert, welche Werte daraus extrahiert werden. Da die Daten pro Aktion pro Zeile nur als ein langer String vorliegen, wird im Folgenden mit regulären Ausdrücken gearbeitet, um die Werte zu extrahieren. Dabei wurden spezifische Nachrichten untersucht und Muster definiert, nach denen im Text gesucht wird. Bevor ein extrahierter Wert gespeichert wird, wird zunächst überprüft, ob sich der Wert

vom vorherigen unterscheidet. Nur dann wird der Wert hinzugefügt, um Datenduplikate zu vermeiden. Anhand dieser Logik soll eine aufbauende Zeitreihe der Werte gebildet werden, um die Historie zu erhalten und visualisieren zu können.

CreateZFWMessageAction

In dieser Aktion wird das Zero Fuel Weight (ZFW) geschätzt sowie ein aktueller Wert dieses gesetzt. Beide Werte werden jeweils aus den Nachrichten extrahiert.

UpdateEstimatesAction

Diese Aktion aktualisiert die geschätzten Werte des ZFW, indem der Wert des ZFW extrahiert und aktualisiert wird. Außerdem werden hier die Schätzwerte für die Fracht (Cargo) aktualisiert. Um den aktuellsten Wert zu erhalten wurde jeweils der letzte Eintrag für jeden Abflug ausgelesen.

UpdateLoadtableAction

Aus dieser Action haben wir Loadtable-Werte für die Fracht (Cargo) extrahiert, welche uns in der folgenden Analyse zu Fracht als Realwerte gedient haben. Um den aktuellsten Wert zu erhalten wurde jeweils der letzte Eintrag für jeden Abflug ausgelesen.

UpdateFuelDataAction

Durch die *UpdateFuelDataAction* werden die geschätzten Starttankgewichte Take Off Fuel (TOF) sowie die minimal erforderlichen Starttankgewichte Minimum Take Off Fuel (MTOF) aktualisiert.

CalculateWeightAndTrimAction

Anhand dieser Aktion wird das aktuelle ZFW aktualisiert.

StorePaxDataAction

Die Aktion StorePaxDataAction enthält verschiedene Informationen über Passagiere und Gepäck. Dazu gehören die Gesamtanzahl der Passagiere, die Anzahl in der Economy- und Business-Klasse, die Kapazitäten und Verteilungen der Business- und Economy-Class, die Passagiere auf Jump Seats, Standby-Passagiere, männliche und weibliche Passagiere, Kinder und Säuglinge, die Gesamtzahl der Gepäckstücke, das Gesamtgewicht des Gepäcks in Kilogramm sowie der Typ der Gepäckgewichtsberechnung.

RampFinalAction

Die RampFinalAction bietet am Ende der Abfertigung der Gepäckstücke eine gute Übersicht über die Eingecheckten Gepäckstücke und Gewicht (Realwerte) und über die letzten Einträge der Loadtable zu Gepäckstücken und Gewicht (Planwerte).

CreateLoadSheetAction

Die Funktion CreateLoadsheetAction extrahiert das tatsächliche Startgewicht des Flugzeugs Actual Take Off Weight (ATOW), das tatsächliche ZFW Actual Zero Fuel Weight (AZFW), eine geschätzte Zahl für das ZFW, sowie die benötigte Menge an Startkraftstoff.

Column name	Data type
flight_id	String
estimated_zfws	[Int64]
actual_zfws	[Int64]
actual_take_off_fuels	[Int64]
minimum_take_off_fuels	[Int64]
actual_tows	[Int64]
total_pax	[Int64]
economy	[Int64]
business	[Int64]
jump_seats	[Int64]
standbys	[Int32]
children	[Int64]
infants	[Int64]
total_bags	[Int64]
total_bag_weights	[Int64]
males	[Int64]
females	[Int64]
j_distributions	String
y_distributions	String
j_capacities	String
y_capacities	String

Tabelle 3.2: Übersicht der Spaltennamen und Datentypen im Datensatz. Spalten, die mit [Int64] und [Int32] gekennzeichnet sind, enthalten Listen von Ganzzahlen.

Der Datensatz umfasst verschiedene Spalten, die sowohl Schätzwerte als auch tatsächliche Messwerte für Flüge enthalten. Jede Zeile im Datensatz repräsentiert eine Flugaktion, wobei diverse Gewichts- und Passagierdaten erfasst werden. Im Folgenden wird detailliert beschrieben, welche Spalten im Datensatz enthalten sind und welche Datentypen sie aufweisen.

Die Spalte `flight_id` enthält eine eindeutige Identifikation für jeden Flug und ist vom Datentyp String. Die Spalte `estimated_zfws` gibt das geschätzte Zero Fuel Weight (ZFW) für jeden Flug an und liegt als Liste von Ganzzahlen vor. Die tatsächlichen Zero Fuel Weight-Werte sind in der Spalte `actual_zfws` ebenfalls als Liste von Ganzzahlen gespeichert. Die Spalte `actual_take_off_fuels` enthält die tatsächliche Menge an Treibstoff beim Abflug, während die Spalte `minimum_take_off_fuels` die minimale erforderliche Treibstoffmenge beim Abflug angibt, beide als Liste von Ganzzahlen.

Die Spalte `actual_tows` repräsentiert das tatsächliche Abfluggewicht (Take Off Weight, TOW) und ist ebenfalls als Liste von Ganzzahlen gespeichert. Die Gesamtanzahl der Passagiere ist in der Spalte `total_pax` als Liste von Ganzzahlen angegeben. Weitere Details zu den Passagieren werden in den Spalten `economy` und `business` erfasst, welche die Anzahl der Passagiere in der Economy- bzw. Business-Klasse als Liste von Ganzzahlen enthalten. Die Spalte `jump_seats` gibt die Anzahl der Besatzungsmitglieder auf Jumpseats an, während die

Spalte `standbys` die Anzahl der Standby-Passagiere enthält, beide als Liste von Ganzzahlen gespeichert.

Zusätzliche Passagierinformationen umfassen die Spalten `children` und `infants`, die die Anzahl der Kinder bzw. Säuglinge als Listen von Ganzzahlen angeben. Die Spalte `total_bags` gibt die Gesamtanzahl der aufgegebenen Gepäckstücke als Liste von Ganzzahlen an, während die Spalte `total_bag_weights` das Gesamtgewicht dieser Gepäckstücke als Liste von Ganzzahlen enthält. Weitere demografische Informationen umfassen die Spalten `males` und `females`, die die Anzahl der männlichen bzw. weiblichen Passagiere als Listen von Ganzzahlen angeben.

Die Sitzplatzverteilung in der Business-Klasse wird in der Spalte `j_distributions` als String erfasst, ebenso wie die Sitzplatzverteilung in der Economy-Klasse in der Spalte `y_distributions`. Schließlich geben die Spalten `j_capacities` und `y_capacities` die Kapazität der Business- bzw. Economy-Klasse an, beide ebenfalls als String gespeichert.

4 Analyse der Passagier- und Flugauslastungsdaten

4.1 Verteilung der Passagiere nach Business- und Economy-Class

Abbildung 4.1 zeigt das Verhältnis der Plätze zwischen Economy und Business Class pro Fluggesellschaft. Auffällig ist, dass die Fluggesellschaften AB und ZY keine Business-Class-Plätze anbieten und somit 100 % der Plätze nur in der Economy-Class zur Verfügung stehen. Lediglich die Fluggesellschaft MN verfügt über Business-Class-Plätze, die 4% entsprechen. Die restlichen 96 % entfallen auf die Economy Class.

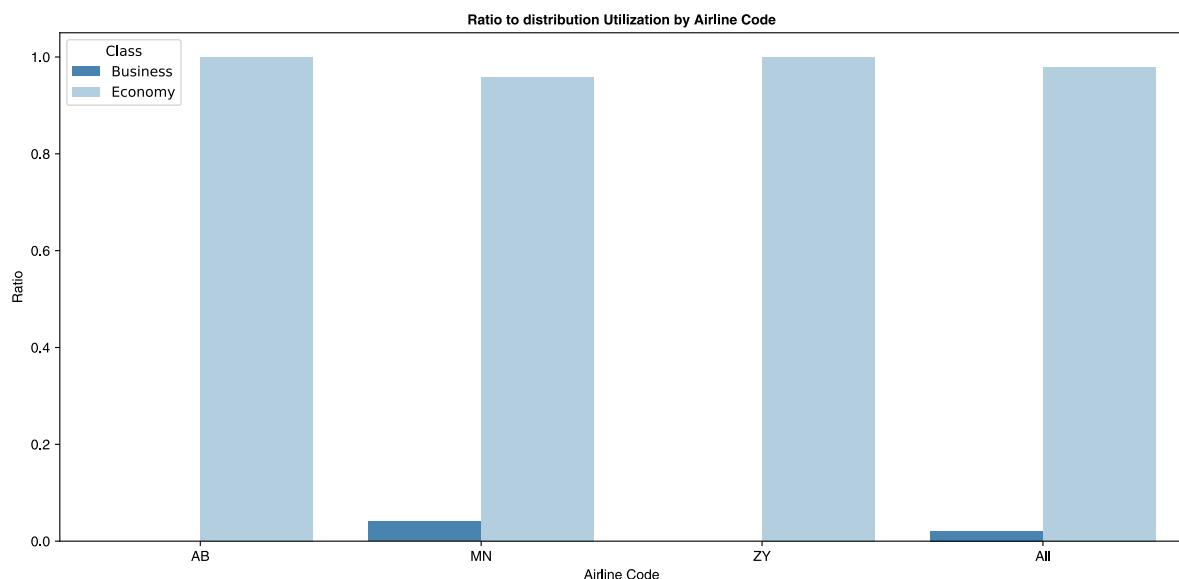


Abbildung 4.1: Verteilung der Passagiere nach Business- und Economy-Class je Airline

4.2 Auslastung der Kapazitäten der Economy- und Business-Class je Airline

Abbildung ?? zeigt die Auslastung der Economy und Business Class pro Fluggesellschaft. AB lastet die Economy Class nur zu ca. 50 % aus, die Business Class ist zu 0 % ausgelastet, da die Airline keine Business Class anbietet. MN hat die höchste Auslastung mit ca. 74 % in der

Economy Class und 56 % in der Business Class. ZY hat mit 1,5 % die geringste Kapazitätsauslastung. Dieser geringe Prozentsatz könnte auf fehlerhafte Daten zurückzuführen sein, da die aggregierte Verteilung über alle Flüge nur 3.390 Sitze in der Economy-Class entspricht.

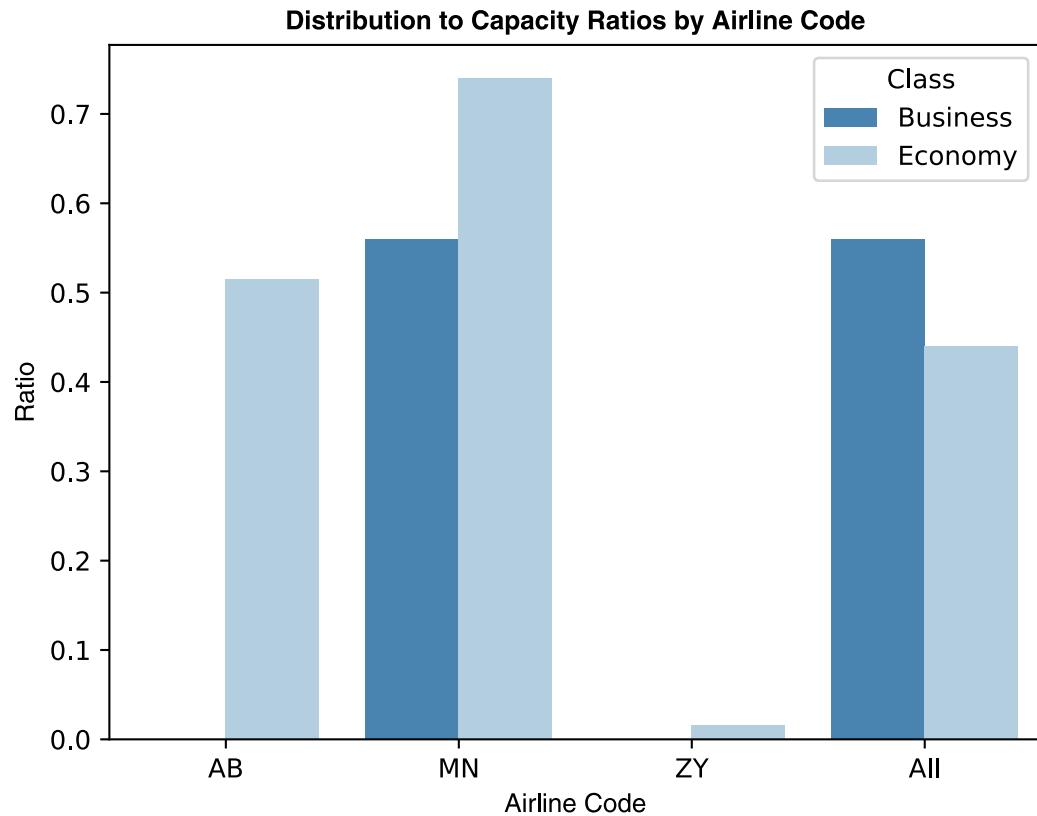


Abbildung 4.2: Auslastung der Kapazitäten der Economy- und Business-Class je Airline

4.3 Personen Verteilung nach Airline

Die Abbildung ?? zeigt schließlich die Verteilung der Personen nach Geschlecht sowie nach Kindern und Kleinkindern. Bei allen Fluggesellschaften fällt auf, dass der Anteil der Kinder und Kleinkinder sehr gering ist, was in diesem Zusammenhang Sinn macht, da Erwachsene in der Regel häufiger fliegen. Ebenso fällt auf, dass bei allen Fluggesellschaften mehr Männer als Frauen fliegen. Am größten ist der Unterschied bei ZY mit 80 % zu 30 %. Am geringsten ist die Differenz bei MN, wo sich die beiden Gruppen nur um ca. 1,5 % unterscheiden. Auch AB weist eine größere Differenz auf, hier fliegen 30 % mehr Männer als Frauen.

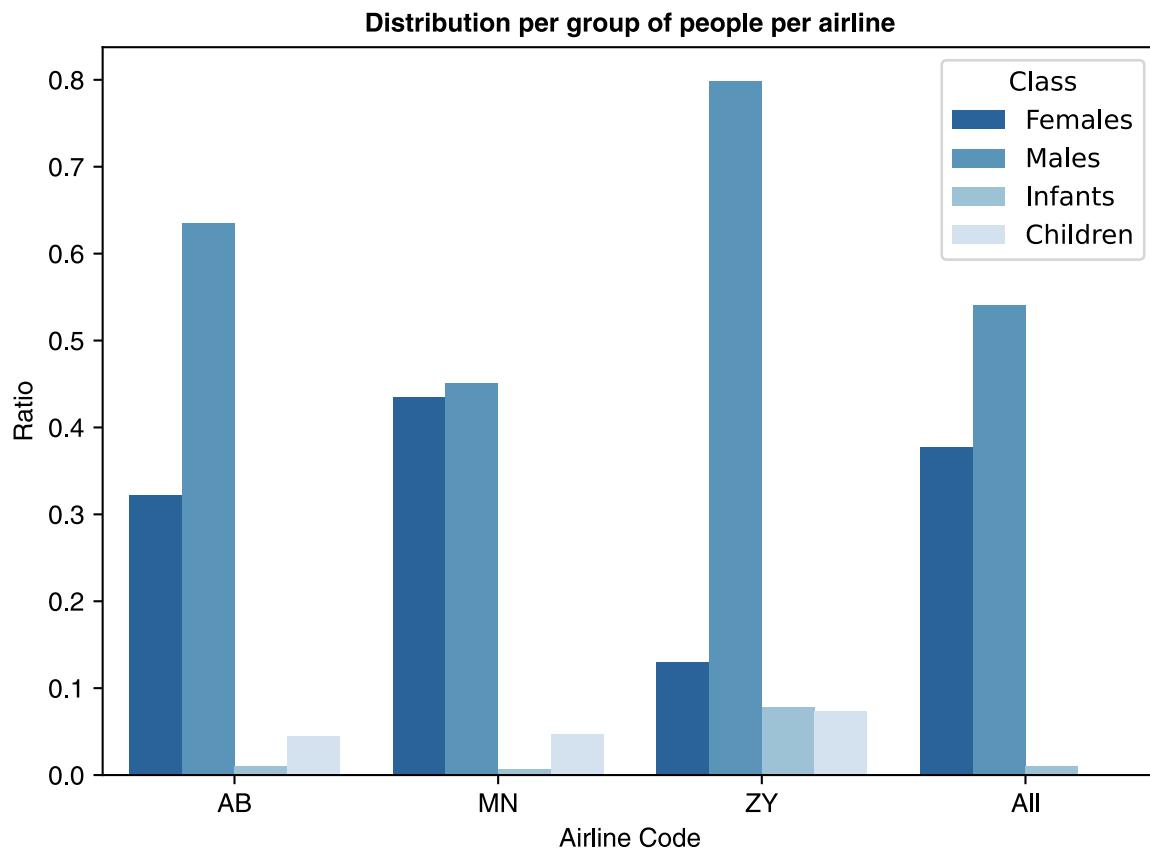


Abbildung 4.3: Personen Verteilung je Airline

5 Explorative Datenanalyse

Die Explorative Datenanalyse (EDA) ist ein entscheidender erster Schritt in der Datenanalyse und im Datenwissenschaftsprozess. EDA umfasst eine Vielzahl von Techniken und Methoden zur Untersuchung und Visualisierung von Datensätzen, um deren grundlegende Eigenschaften zu verstehen und wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen.

5.1 Analyse der Actions

Die EDA hat gezeigt, dass es insgesamt 67 verschiedene Aktionen gibt, die im Datensatz erfasst wurden. Eine Liste dieser Aktionen mit deren jeweiligen Bedeutungen wird im Anhang eingefügt. In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns auf die Analyse der am häufigsten vorkommenden Aktionen und deren zeitliche Verteilung.

5.1.1 Top 10 Actions

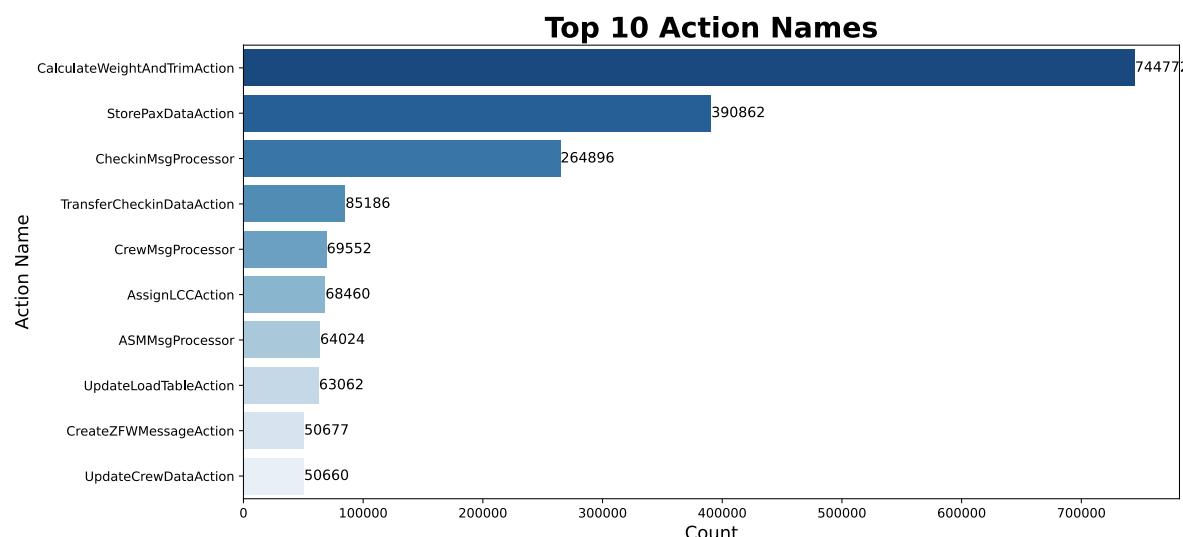


Abbildung 5.1: Top 10 Actions.

Die häufigsten Aktionen im Datensatz. Diese Aktionen repräsentieren die zentralen Aktivitäten, die regelmäßig im System durchgeführt werden.

In der Abbildung 5.1 ist die Häufigkeit der Top 10 Aktionen dargestellt. Diese Visualisierung zeigt, welche Aktionen am häufigsten ausgeführt wurden. Die am häufigsten ausgeführten Aktionen umfassen typische Prozesse wie die Berechnung von Gewichten und Trimmwerten, das Speichern von Passagierdaten und das Verarbeiten von Check-in-Nachrichten. Diese Top

10 Aktionen repräsentieren die zentralen Aktivitäten, die regelmäßig im System durchgeführt werden.

5.1.2 Anzahl der Actions pro Stunde

Abbildung 5.2: Anzahl der Aktionen pro Stunde.
Verteilung der Aktionen über den Tag hinweg im gesamten Datensatz.

In der Abbildung 5.2 ist die Anzahl der Aktionen pro Stunde im gesamten Datensatz dargestellt. Hierbei wurden keine spezifischen Flugzeuge oder Fluggesellschaften gefiltert, sondern die Daten allgemein analysiert. Die Verteilung zeigt, dass die meisten Aktionen zu bestimmten Tageszeiten durchgeführt werden:

- Die höchste Anzahl von Aktionen tritt um 13:00 Uhr auf, mit über 200000 Aktionen.
- Ein weiterer Spitzenwert ist um 5:00 Uhr morgens zu beobachten, mit etwa 175000 Aktionen.
- Zwischen 4:00 Uhr und 6:00 Uhr sowie zwischen 11:00 Uhr und 14:00 Uhr gibt es erhöhte Aktivitäten.

- Die geringste Aktivität ist zwischen 1:00 Uhr und 3:00 Uhr nachts festzustellen, mit weniger als 75000 Aktionen pro Stunde.

5.2 Analyse der Flugzeuge

In diesem Abschnitt wird die Analyse der Daten über die Flugzeuge anhand ihrer eindeutigen Flugnummern und Flug-IDs durchgeführt. Diese Analyse bietet Einblicke in die Häufigkeit und Verteilung der Flüge sowie in die spezifischen Merkmale der Fluggesellschaften.

Der Datensatz enthält eine Vielzahl von Flugnummern und Flug-IDs. Insgesamt gibt es 2044 einzigartige Flugnummern und 19940 einzigartige Flug-IDs.

Die Flug-IDs wurden wie zuvor beschrieben erstellt, um jede Flugreise eindeutig zu identifizieren. Diese IDs berücksichtigen mehrere Attribute, einschließlich der Fluggesellschaft, der Flugnummer, des Jahres, des Flugdatums und des Abflugortes.

Abbildung 5.3: Top 10 Flight IDs im Datensatz.

Diese Abbildung zeigt die am häufigsten vorkommenden Flug-IDs, die spezifische Flugreisen repräsentieren

Die Abbildung 5.3 zeigt die Häufigkeit der Top 10 Flug-IDs. Diese Darstellung macht deutlich, welche spezifischen Flugreisen am häufigsten durchgeführt wurden. Die häufigste Flug-ID ist "MN-1158-2024-7-5-DUB" mit 2164 Vorkommen. Die weiteren Flug-IDs in den Top 10 zeigen ähnliche Tendenzen mit hoher Frequenz, was auf bedeutende und regelmäßig durchgeführte Flugrouten hinweist.

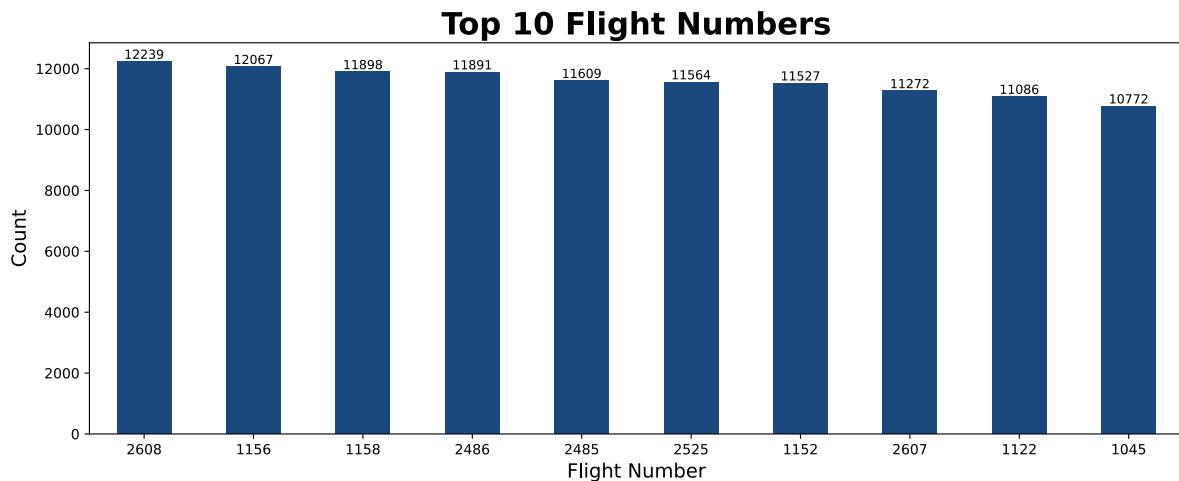


Abbildung 5.4: Top 10 Flight Numbers im Datensatz.

Diese Abbildung zeigt die häufigsten Flugnummern, die regelmäßig durchgeführte Flüge repräsentieren

Die Abbildung 5.4 zeigt die Häufigkeit der Top 10 Flugnummern. Die häufigste Flugnummer ist "2608" mit 12239 Vorkommen, was darauf hinweist, dass diese Flugnummer für eine sehr häufig bediente Strecke verwendet wird. Die anderen Flugnummern in den Top 10 weisen ebenfalls hohe Frequenzen auf und repräsentieren regelmäßig durchgeführte Flüge, die für die Fluggesellschaften von großer Bedeutung sind.

Einzigartige Flugnummern pro Fluggesellschaft

Die Anzahl der einzigartigen Flugnummern pro Fluggesellschaft zeigt eine interessante Verteilung:

Die Fluggesellschaft AB hat 163 einzigartige Flugnummern, die Fluggesellschaft MN hat 201 einzigartige Flugnummern und die Fluggesellschaft ZY hat 1695 einzigartige Flugnummern.

Diese Verteilung zeigt, dass die Fluggesellschaft ZY die größte Vielfalt an Flugnummern aufweist, während die Fluggesellschaften AB und MN eine vergleichsweise geringere Anzahl an einzigartigen Flugnummern haben. Diese Unterschiede können auf unterschiedliche Geschäftsmodelle, Flottenstrukturen oder geografische Abdeckungen der Fluggesellschaften hinweisen.

5.3 Flughäfen

Die Abbildung 5.7 zeigt eine Weltkarte mit Markierungen für einzigartige Flughäfen, die sich hauptsächlich in Südamerika, Europa und Teilen Asiens konzentrieren. Aus der Abbildung 5.7 kann abgeleitet werden, dass die Verteilung einzigartiger Flughäfen geografisch unterschiedlich ist, wobei eine hohe Dichte in Brasilien und eine moderate Verteilung in Indien und Europa erkennbar ist.

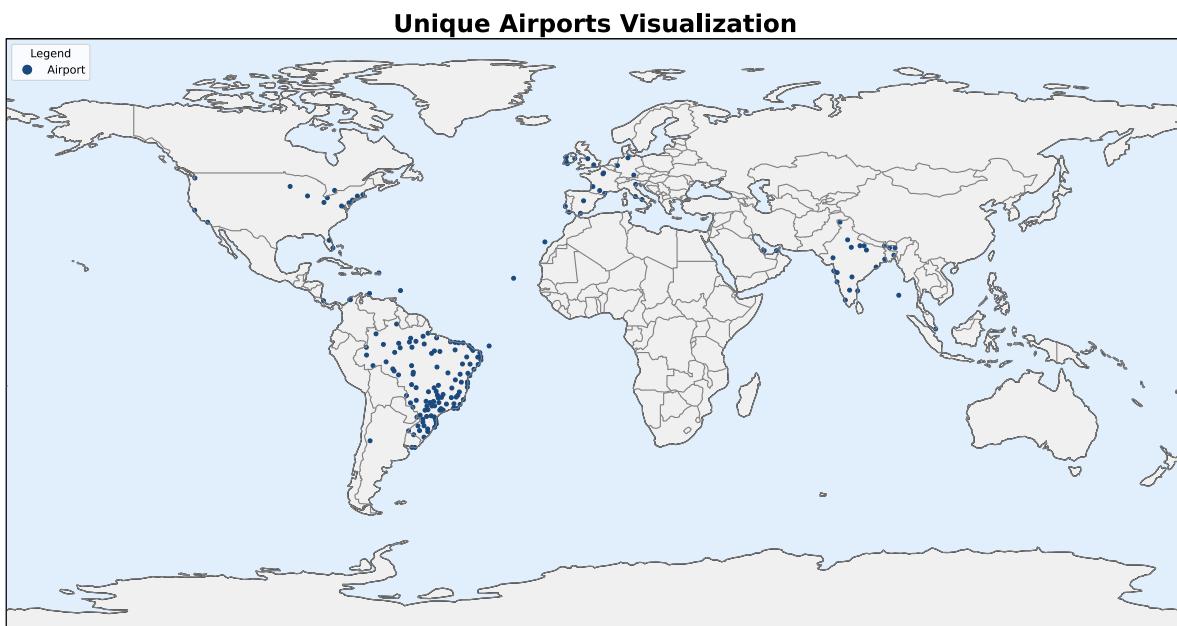


Abbildung 5.5: Einzigartige Flughäfen: Auf der Abbildung werden alle Weltweiten einzigartige Flughäfen visualisiert

Die Abbildung 5.6 zeigt eine Weltkarte mit markierten Abflughäfen, deren Größe nach Flugaufkommen gewichtet ist. Flughäfen mit höherem Flugverkehr sind durch größere Markierungen hervorgehoben. Diese Darstellung verdeutlicht die geografische Verteilung des Luftverkehrs und betont die besonders stark frequentierten Regionen.

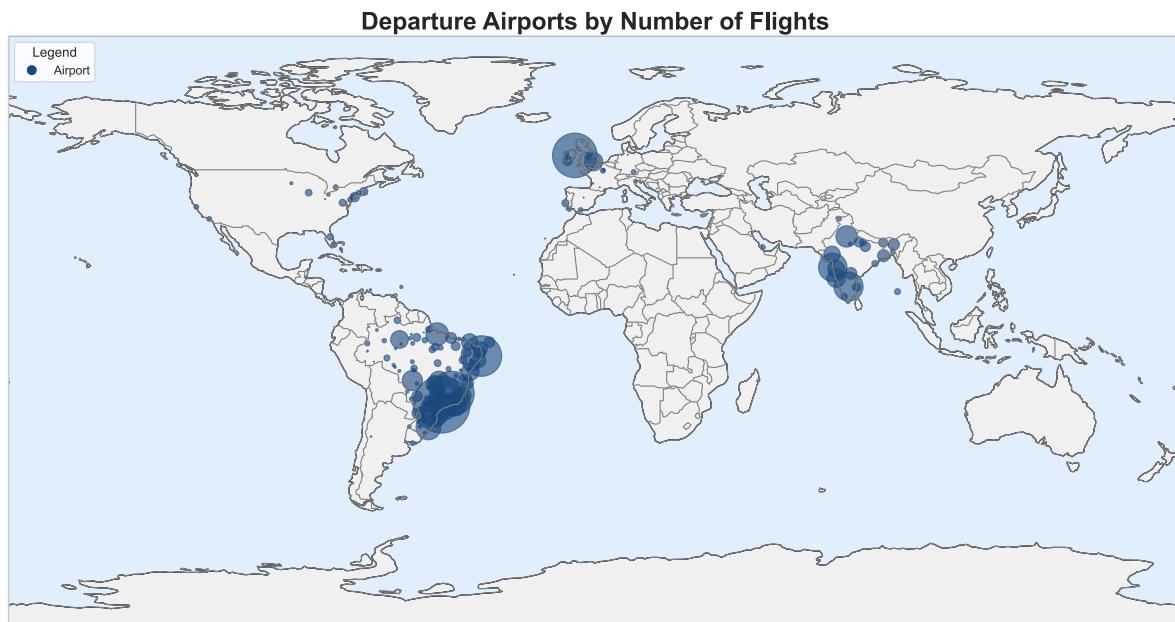


Abbildung 5.6: Abflughäfen: Weltkarte der Abflughäfen nach Flugaufkommen, größere Markierungen zeigen höheren Verkehr.

Folgende Abbildung 5.7 markiert Ankunftsflughäfen entsprechend der Anzahl der Flüge. Größere Markierungen deuten auf ein höheres Flugaufkommen hin. Diese Darstellung identifiziert zentrale Ankunftsorte im globalen Luftverkehr und zeigt regionale Unterschiede in der Flughafennutzung auf.



Abbildung 5.7: Ankunftsflughäfen: Mit blauen Kreisen bei denen Größere Markierungen höheres Flugaufkommen aufzeigen.

Das Balkendiagramm 5.8 zeigt die Top 15 Flughäfen nach der Anzahl der Abflüge. Der Flughafen VCP führt mit 2624 Abflügen, gefolgt von DUB und CNF mit jeweils über 1600 Abflügen. Diese Abbildung 5.8 gibt Aufschluss darüber, welche Flughäfen die meisten Abflüge verzeichnen und verdeutlicht die führende Rolle bestimmter Flughäfen im Luftverkehr.

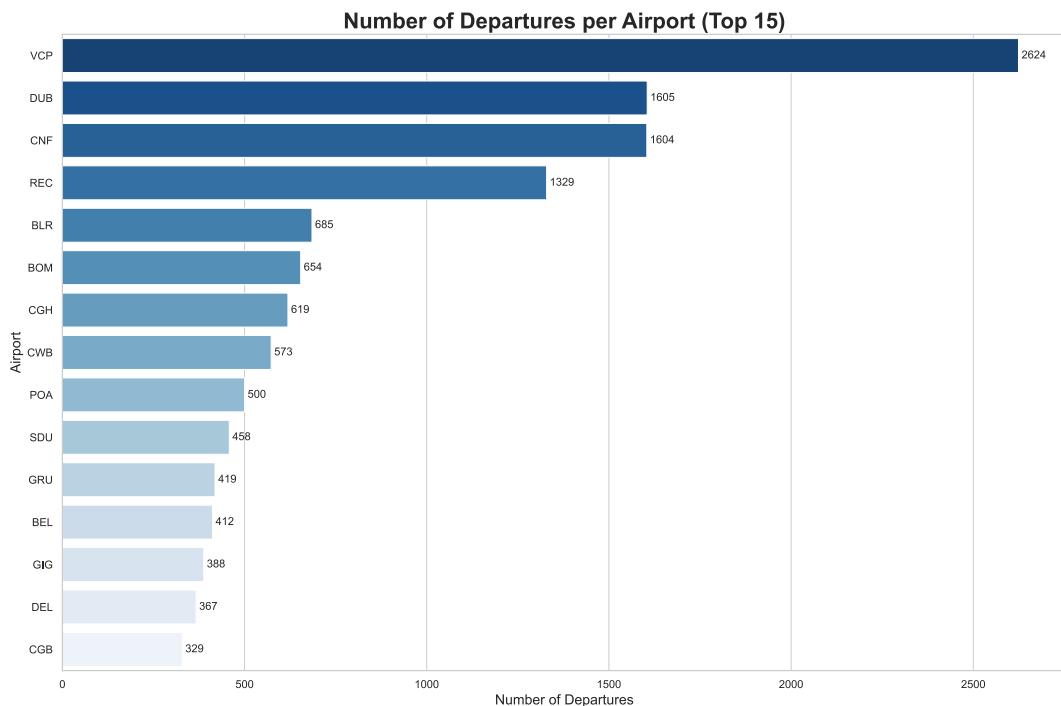


Abbildung 5.8: Top 15 Flughäfen: Geordnet nach der Anzahl der Abflüge und Häufigkeit

Das Balkendiagramm 5.9 zeigt die 15 meistgeflogenen Flugrouten. Die Route VCP -> JTC führt mit 32 Flügen, gefolgt von VCP -> FLL mit 27 Flügen. Dieses Balkendiagramm verdeutlicht, welche Flugrouten am häufigsten genutzt werden und bietet Einblicke in wichtige Verbindungen innerhalb des Luftverkehrsnetzes.

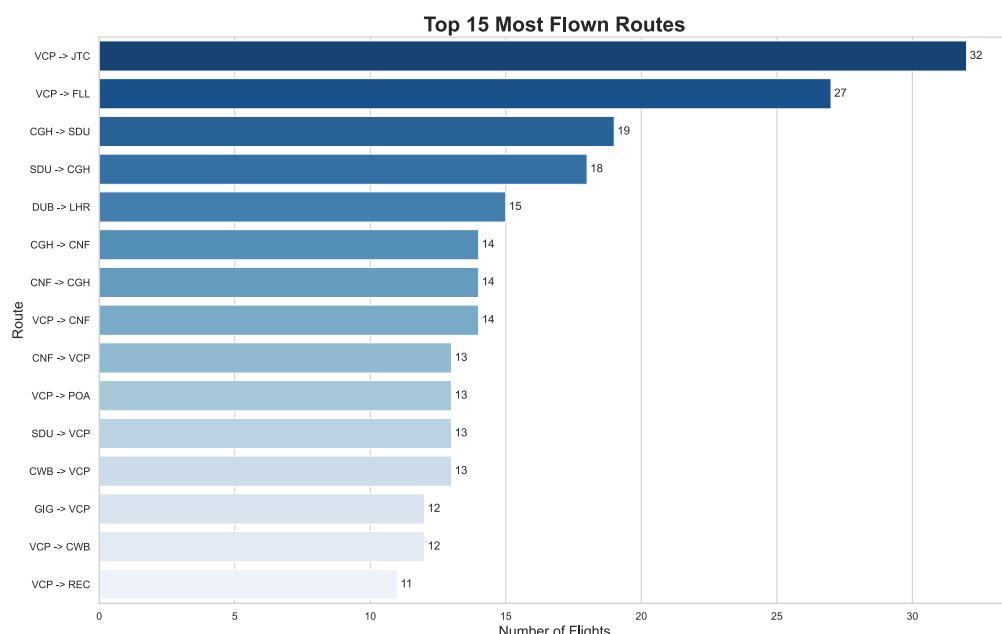


Abbildung 5.9: Top 15 meistgeflogenen Flugrouten
Anzahl nach Häufigkeit geordnet

5.4 Routen

In den folgenden Routenkarten sind die Flugrouten farblich kodiert dargestellt. Es ist wichtig zu beachten, dass sich einige Flugrouten überlappen, weshalb nicht alle Routen gleichzeitig sichtbar sind. Stattdessen wird jeweils nur eine der überlappenden Routen angezeigt, um die Übersichtlichkeit der Karten zu gewährleisten. Diese Darstellung ermöglicht es, die meistgeflogenen Routen und ihre geografische Verteilung zu identifizieren, wie im Bild ersichtlich. Insgesamt gibt es 704 einzigartige Flugrouten. In der Nachfolgenden Karte 5.10 werden diese Flugrouten noch einmal anschaulicher dargestellt.



Abbildung 5.10: Top 15 meistgeflogener Flugrouten: Visuelle darstellung der Routen auf einer Karte für eine besser Übersichtlichkeit

Die Karte 5.11 zeigt die 10 meistgeflogenen Flugrouten in Südamerika für die Airline ZY, farblich kodiert zur besseren Unterscheidung. Die Routen konzentrieren sich hauptsächlich auf Brasilien, wobei mehrere Verbindungen zwischen großen Städten bestehen. Diese Visualisierung zeigt die wichtigsten Flugkorridore der Airline ZY und bietet Einblicke in deren regionale Netzwerkkonzentration.

Top 10 Most Flown Routes in South America



Abbildung 5.11: Top 10 Südamerika routen.
Die Routen, wurden farblich kodiert zur besseren Unterscheidung.

In der Karte 5.12 sind die zehn meistgeflogenen Flugstrecken in Asien dargestellt, wobei ein Schwerpunkt auf Indien liegt. Die häufigsten Flugverbindungen bestehen zwischen den großen indischen Städten wie Mumbai (BOM), Bangalore (BLR) und Delhi (DEL). Daraus lässt sich schließen, dass der Inlandsflugverkehr in Indien besonders intensiv ist, was auf eine hohe Nachfrage nach schnellen Verbindungen zwischen den wirtschaftlichen und politischen Zentren des Landes hinweist.

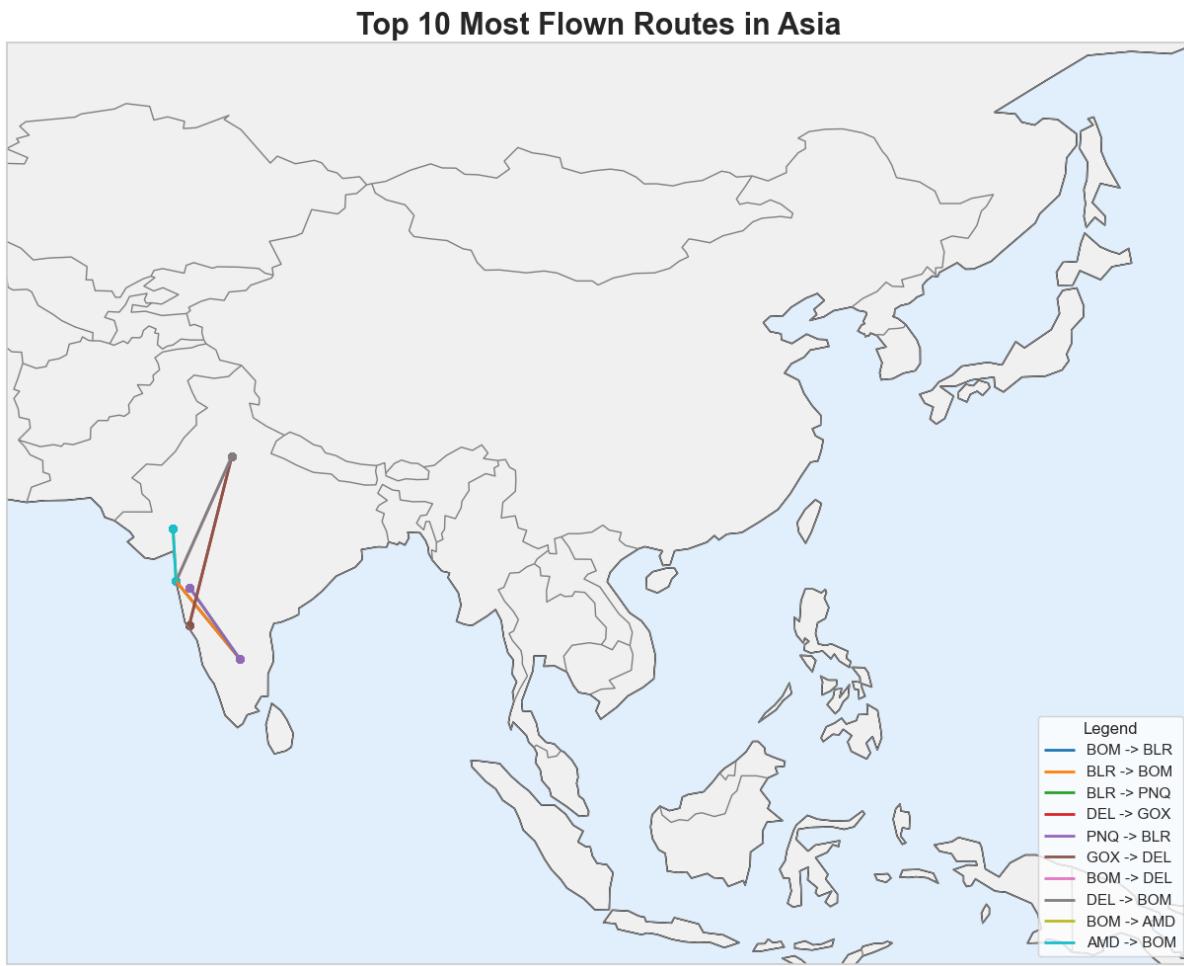


Abbildung 5.12: Top 10 Routen in Asien: Darstellung der häufigsten routen wobei Indien im Fokus steht.

In der Karte 5.13 sind die zehn meistgeflogenen Flugstrecken in Europa dargestellt, wobei Dublin (DUB) ein zentraler Knotenpunkt ist. Die häufigsten Flugverbindungen bestehen von Dublin zu anderen großen europäischen Städten wie London (LHR), Paris (CDG) und Amsterdam (AMS). Daraus lässt sich schließen, dass Dublin ein bedeutendes Drehkreuz im europäischen Luftverkehr darstellt.



Abbildung 5.13: Top 10 Routen in Europa: Darstellung der Routen wobei Dublin (DUB) ein zentrales Drehkreuz ist.

6 Analyse der Benutzeraktivität

In diesem Abschnitt wird die Analyse der Benutzeraktivität durchgeführt, wobei untersucht wird, wie viele Aktionen von menschlichen Benutzern (human) und wie viele automatisch von Systemen (service-accounts) durchgeführt wurden. Diese Analyse bietet Einblicke in die Verteilung der Benutzeraktivitäten und zeigt auf, welche Aktionen hauptsächlich von menschlichen Benutzern und welche von automatisierten Systemen ausgeführt werden.

6.1 Verteilung der Benutzeraktivität

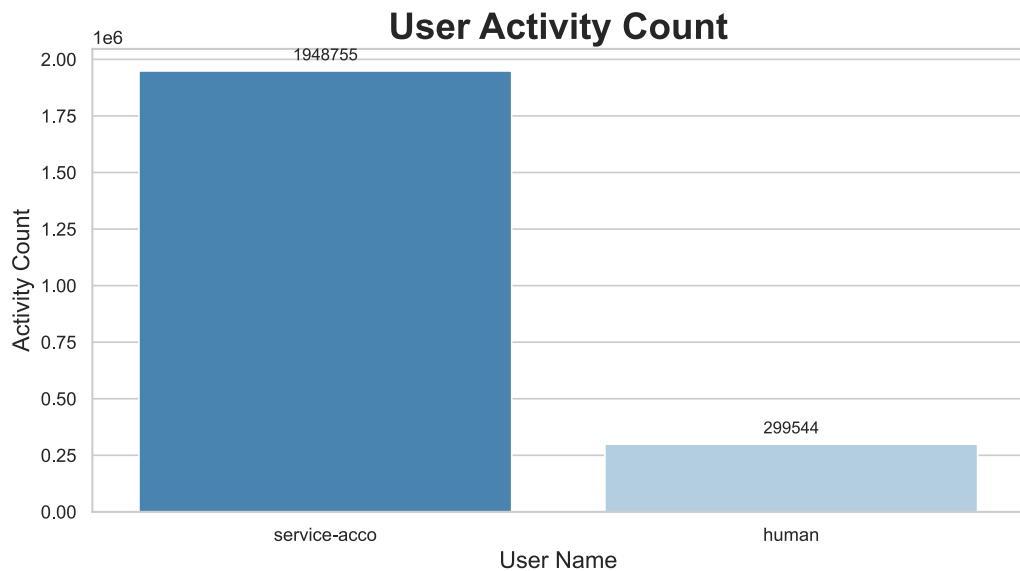


Abbildung 6.1: Anzahl der Aktivitäten nach Benutzer.

Diese Abbildung zeigt die Gesamtzahl der Aktivitäten, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

Die Abbildung 6.1 zeigt die Verteilung der Benutzeraktivität zwischen menschlichen Benutzern und Service-Accounts. Aus der Darstellung wird deutlich, dass Service-Accounts mit insgesamt 1.948.755 Aktivitäten den Großteil der Aktionen ausführen, während menschliche Benutzer 299.544 Aktivitäten verzeichnen. Dies deutet darauf hin, dass ein großer Teil der Aktionen automatisiert durchgeführt wird.

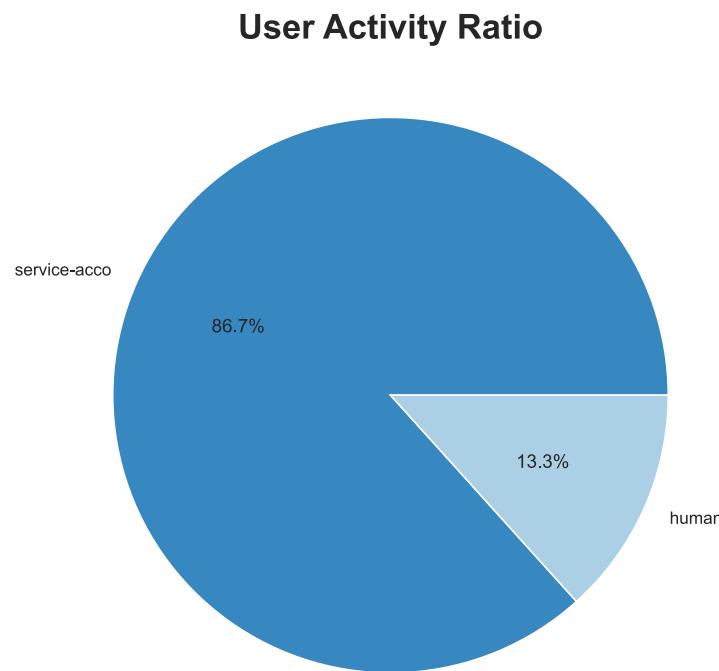


Abbildung 6.2: Verhältnis der Benutzeraktivität.

Diese Abbildung zeigt das Verhältnis der Aktivitäten, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

6.2 Verteilung der Aktionen

Die Abbildung 6.2 zeigt das Verhältnis der Benutzeraktivität zwischen menschlichen Benutzern und Service-Accounts. Der Anteil der Service-Accounts beträgt 86,7%, während der Anteil der menschlichen Benutzer 13,3% beträgt. Dieses Verhältnis verdeutlicht den hohen Grad an Automatisierung im System.

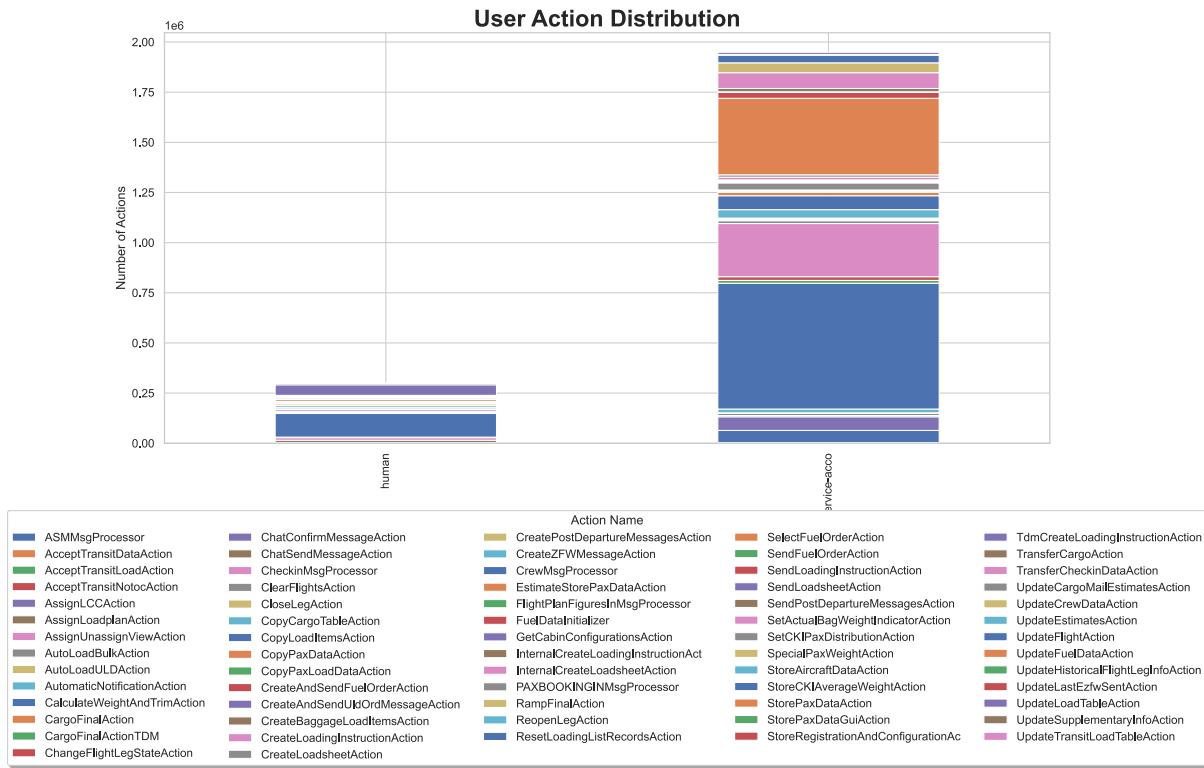


Abbildung 6.3: Verteilung der Aktionen nach Benutzer. Diese Abbildung zeigt die Verteilung Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

Die Abbildung 6.3 zeigt die Verteilung der verschiedenen Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden. Es wird deutlich, dass Service-Accounts eine breite Palette von Aktionen ausführen, während menschliche Benutzer sich auf bestimmte Aktionen konzentrieren. Da die Darstellung aufgrund der Vielzahl an Aktionen unübersichtlich ist, wird in der nächsten Abbildung die Verteilung der Top 10 Aktionen visualisiert.

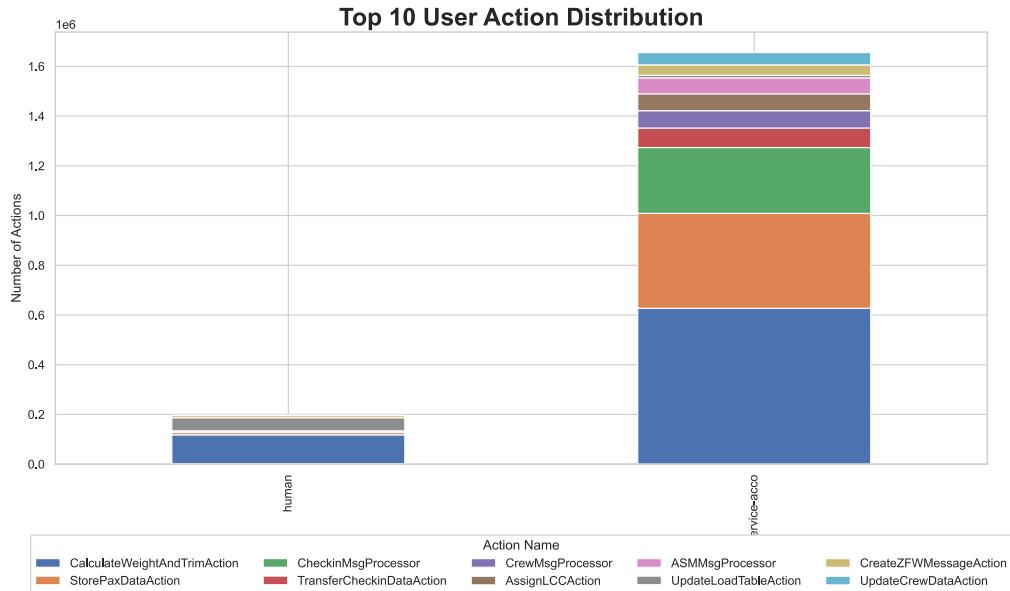


Abbildung 6.4: Verteilung der Top 10 Aktionen.

Diese Abbildung zeigt die Verteilung der 10 häufigsten Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

Die Abbildung 6.4 zeigt die Verteilung der Top 10 Benutzeraktionen. Die häufigste Aktion ist „CalculateWeightAndTrimAction“, gefolgt von „StorePaxDataAction“ und „CheckinMsgProcessor“. Diese Aktionen werden sowohl von menschlichen Benutzern als auch von Service-Accounts häufig durchgeführt, wobei die automatisierten Aktionen dominieren. Die Verteilung zeigt, dass „CalculateWeightAndTrimAction“ mit Abstand die am häufigsten durchgeführte Aktion ist. Dies deutet darauf hin, dass das Berechnen von Gewicht und Trimmwerten eine zentrale Rolle im Betrieb spielt und regelmäßig durchgeführt wird.

Die Aktion „StorePaxDataAction“ ist die zweithäufigste Aktion und wird ebenfalls häufig von automatisierten Systemen durchgeführt. Dies zeigt die Bedeutung der Speicherung von Passagierdaten im Gesamtlauf. Die „CheckinMsgProcessor“-Aktion, die dritthäufigste Aktion, wird auch überwiegend von Service-Accounts durchgeführt, was die Automatisierung der Check-in-Prozesse unterstreicht.

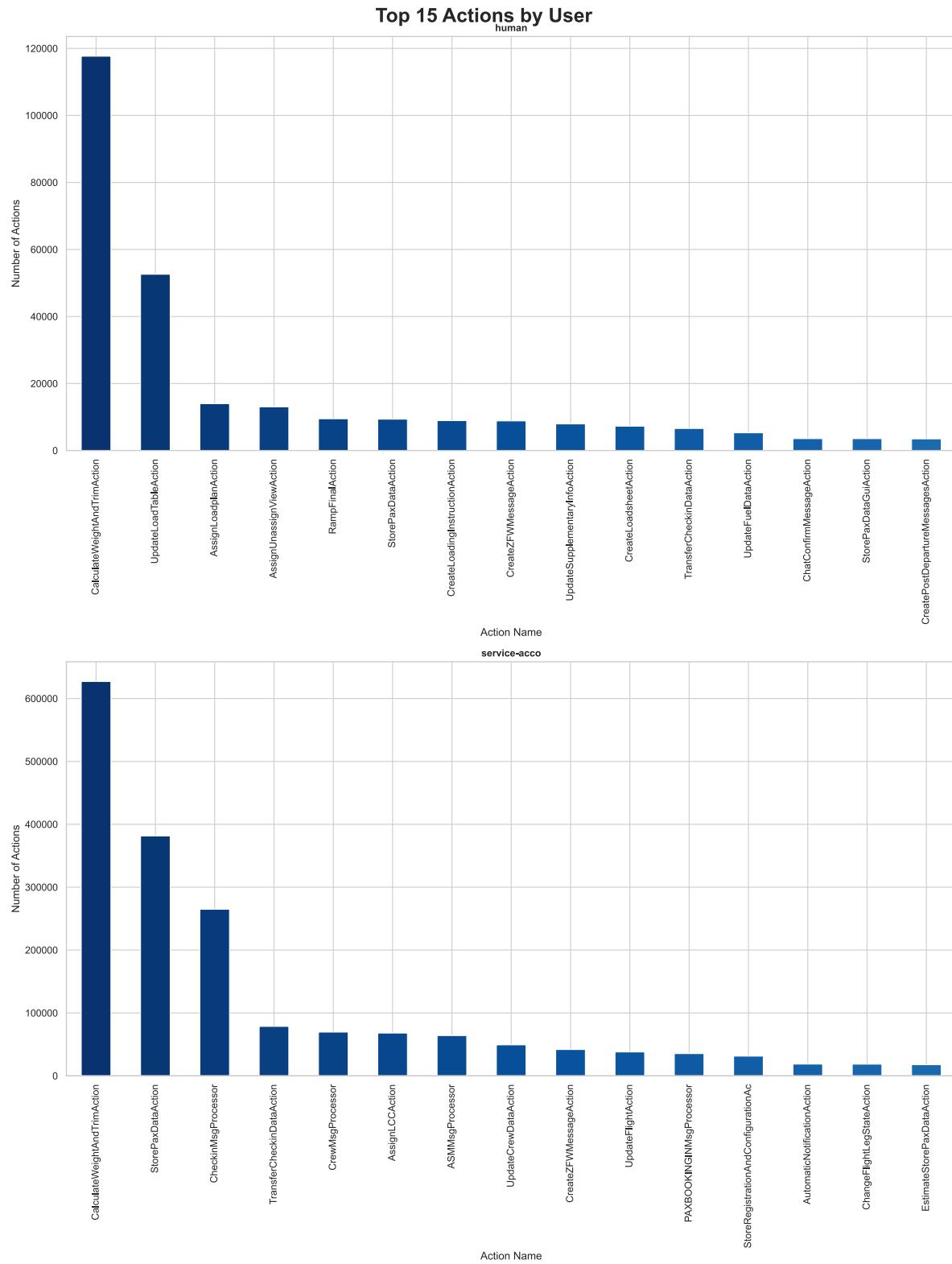


Abbildung 6.5: Top 15 Aktionen nach Benutzertyp.

Diese Abbildung zeigt die 15 häufigsten Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

Abbildung 6.5 zeigt die 15 häufigsten Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden. Für menschliche Benutzer ist die am häufigsten aus-

gefährte Aktion „CalculateWeightAndTrimAction“ mit über 100.000 Vorkommen. Für Service-Accounts ist dieselbe Aktion ebenfalls die häufigste, jedoch mit einer deutlich höheren Frequenz von über 600.000 Vorkommen. Dies zeigt, dass bestimmte Aktionen sowohl von menschlichen Benutzern als auch von automatisierten Systemen häufig durchgeführt werden, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß.

6.3 Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp

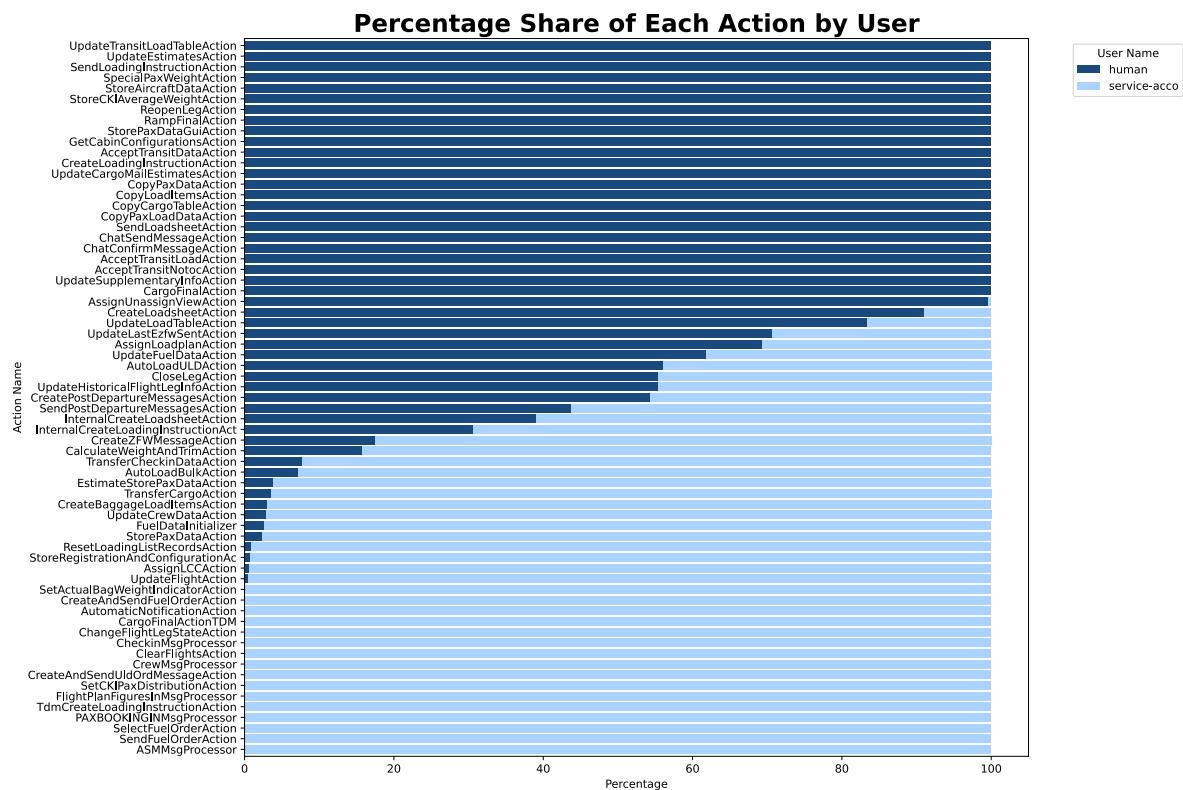


Abbildung 6.6: Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp.
Diese Abbildung zeigt den prozentualen Anteil der Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden.

Die Abbildung 6.6 zeigt den prozentualen Anteil jeder Aktion, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts durchgeführt wurden. Es wird ersichtlich, dass einige Aktionen ausschließlich von menschlichen Benutzern oder ausschließlich von Service-Accounts durchgeführt werden, während andere Aktionen von beiden Benutzertypen ausgeführt werden. Aktionen wie „UpdateTransitLoadTableAction“ und „UpdateEstimatesAction“ werden hauptsächlich von Service-Accounts durchgeführt, während Aktionen wie „FuelDataInitializer“ und „CreateAndSendUldOrderMessageAction“ fast ausschließlich von menschlichen Benutzern durchgeführt werden. Diese Verteilung verdeutlicht die unterschiedlichen Rollen und Verantwortlichkeiten von menschlichen Benutzern und Service-Accounts im Betrieb.

6.4 Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für verschiedene Fluggesellschaften

Abbildung 6.7: Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline MN.
Diese Abbildung zeigt den prozentualen Anteil der Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft MN durchgeführt wurden.

Abbildung 6.7 zeigt den prozentualen Anteil jeder Aktion, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft MN durchgeführt wurde. Es wird deutlich, dass einige Aktionen überwiegend von Service-Accounts durchgeführt werden, während andere Aktionen fast ausschließlich von menschlichen Benutzern ausgeführt werden.

Abbildung 6.8: Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline AB.
Diese Abbildung zeigt den prozentualen Anteil der Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft AB durchgeführt wurden.

Abbildung 6.8 zeigt den prozentualen Anteil jeder Aktion, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft AB durchgeführt wurde. Auch hier wird ersichtlich, dass bestimmte Aktionen hauptsächlich von Service-Accounts und andere von menschlichen Benutzern durchgeführt werden.

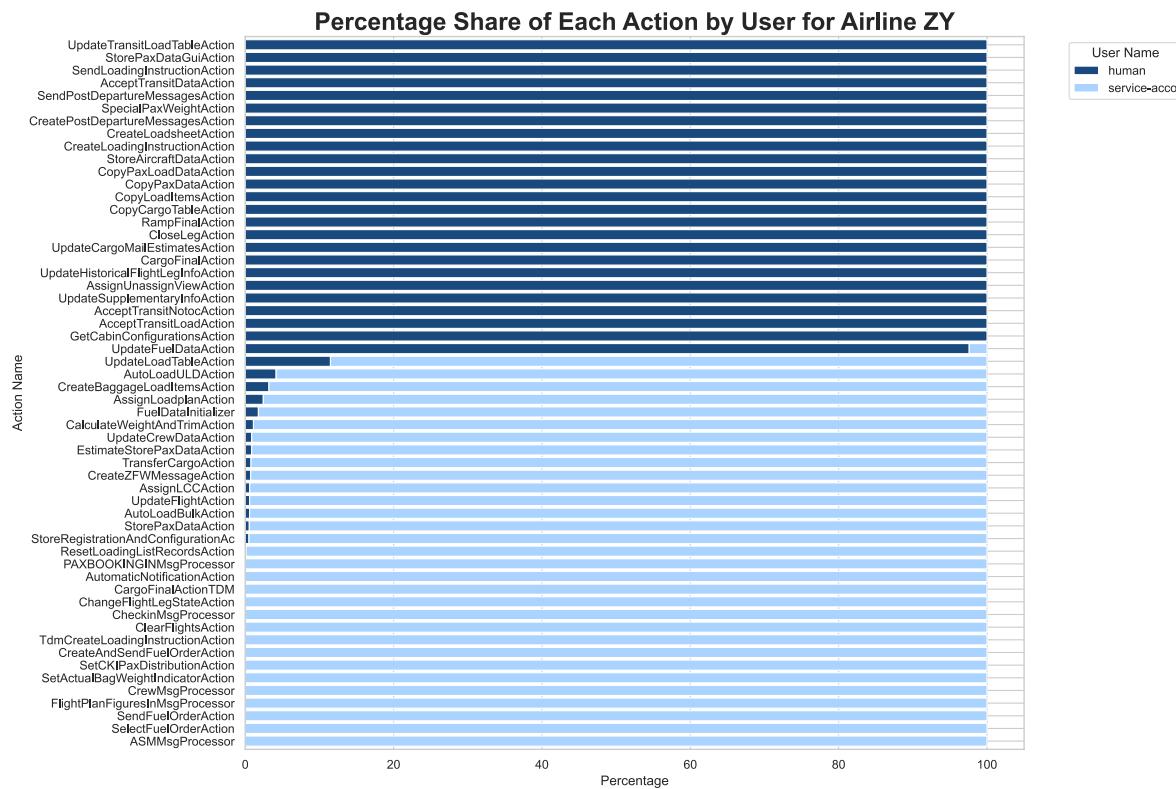


Abbildung 6.9: Prozentualer Anteil jeder Aktion nach Benutzertyp für Airline ZY.

Diese Abbildung zeigt den prozentualen Anteil der Aktionen, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft ZY durchgeführt wurden.

Abbildung 6.9 zeigt den prozentualen Anteil jeder Aktion, die von menschlichen Benutzern und von Service-Accounts innerhalb der Fluggesellschaft ZY durchgeführt wurde. Die Unterschiede in der Verteilung der Aktionen zwischen den Fluggesellschaften verdeutlichen, dass bestimmte Aktionen je nach Fluggesellschaft variieren können. Zudem zeigt sich, dass manche Aktionen in bestimmten Fluggesellschaften überhaupt nicht vorkommen.

Die Anzahl der Aktionen in den Visualisierungen für die einzelnen Fluggesellschaften sind wie folgt:

- Airline MN: 56 Aktionen
- Airline AB: 47 Aktionen
- Airline ZY: 56 Aktionen

Diese Visualisierungen bieten einen detaillierten Überblick über die Verteilung und Automatisierungsgrade der Aktionen innerhalb der einzelnen Fluggesellschaften und zeigen deutliche Unterschiede in den Betriebsabläufen auf.

7 Gewichtswertanalyse (Plan- und Realwerte)

7.1 Data Quality

Das folgende Balkendiagramm 7.1 zeigt dass Spalten wie airline_code und actual_zfws nahezu 100% ausgefüllte Werte aufweisen, was auf eine hohe Datenvollständigkeit hinweist. Im Gegensatz dazu zeigen Spalten wie standbys und business sehr niedrige Prozentsätze an ausgefüllten Werten, was auf erhebliche Datenlücken hinweist.

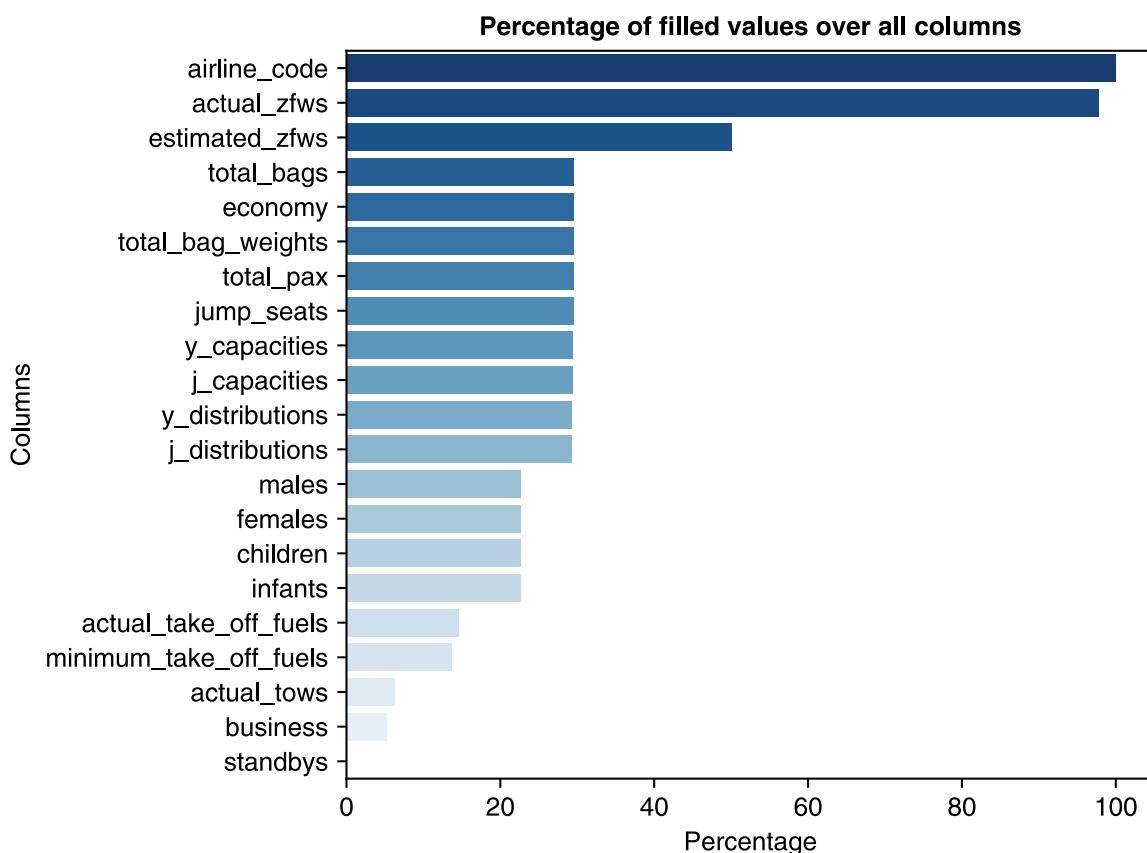


Abbildung 7.1: Auflistung vollständige Spalten.
Diese Abbildung zeigt welche Spalten zu wie viel Prozent vollständig sind in absteigender Reihenfolge.

Folgendes Balkendiagramm 7.2 zeigt den Prozentsatz der ausgefüllten Werte für verschiedene Datenspalten, aufgeschlüsselt nach Fluggesellschaften (AB, MW, ZY). Jede Spalte repräsentiert eine spezifische Datenspalte, wobei die Höhe der Balken den Anteil der ausgefüllten

Werte angibt. Auffällig ist, dass einige Spalten, wie z.B. flight_id und actual_zfws, durchgehend einen hohen Ausfüllungsgrad haben, während andere Spalten je nach Fluggesellschaft erhebliche Lücken aufweisen.

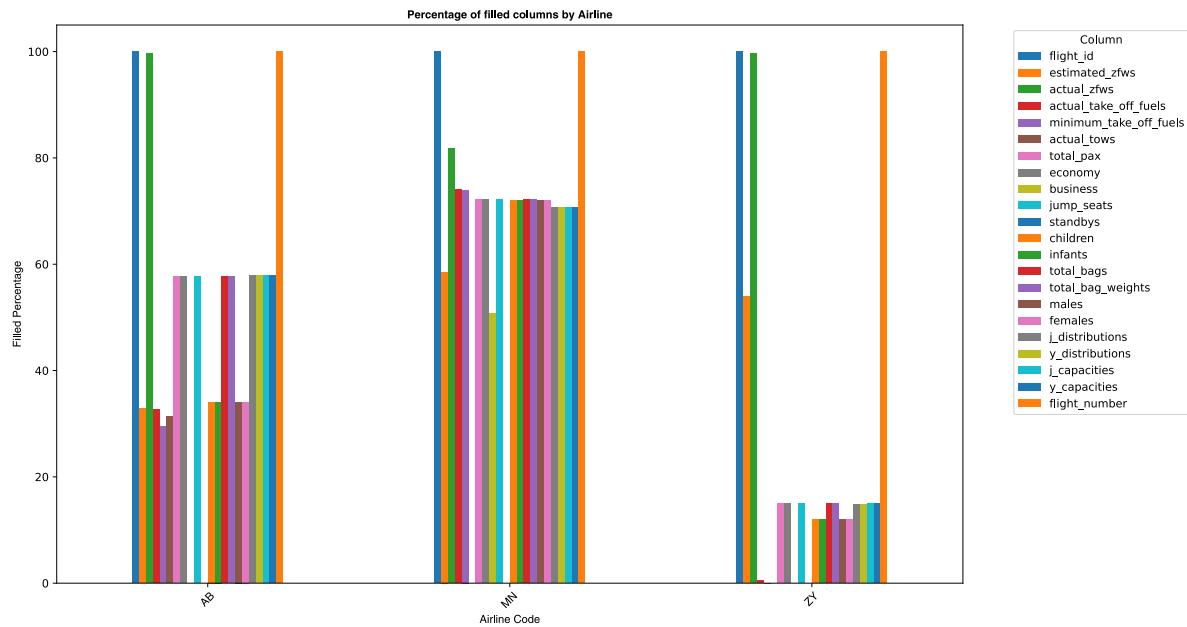


Abbildung 7.2: Anteil der ausgefüllten Spalten nach Fluggesellschaft.

In der Abbildung 7.3 wird die Anzahl der Flugnummern, aufgeschlüsselt nach Fluggesellschaften (ZY, MN, AB). Die Fluggesellschaft ZY weist mit Abstand die höchste Anzahl an Flugnummern auf, während MN und AB deutlich weniger Flüge haben.

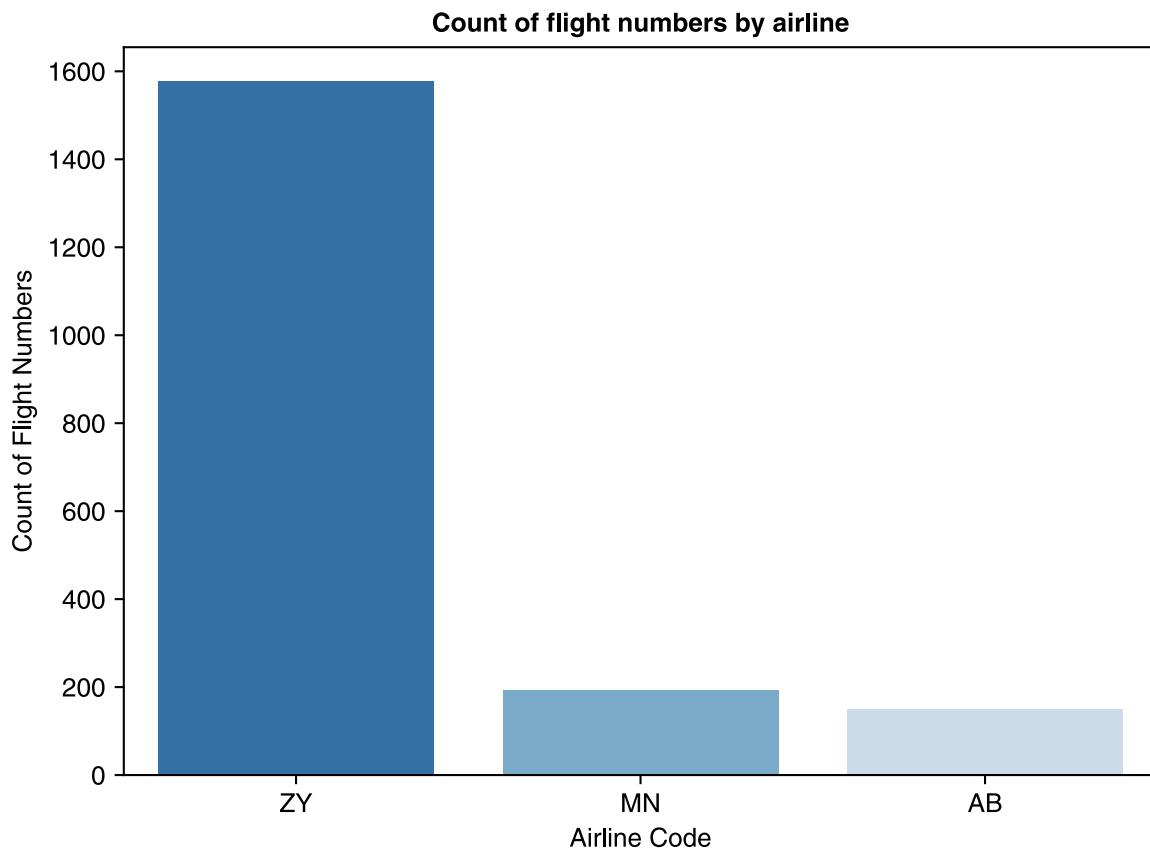


Abbildung 7.3: Anzahl der Flugnummern nach Fluggesellschaft

Die Abbildung 7.4 zeigt die prozentualen Unterschiede zwischen den tatsächlichen und geschätzten ZFW für die Fluggesellschaften AB, MN und ZY. Die Fluggesellschaft AB weist einen negativen Unterschied auf, während MN einen positiven Unterschied zeigt. ZY hat nahezu keinen Unterschied zwischen den tatsächlichen und geschätzten Werten.

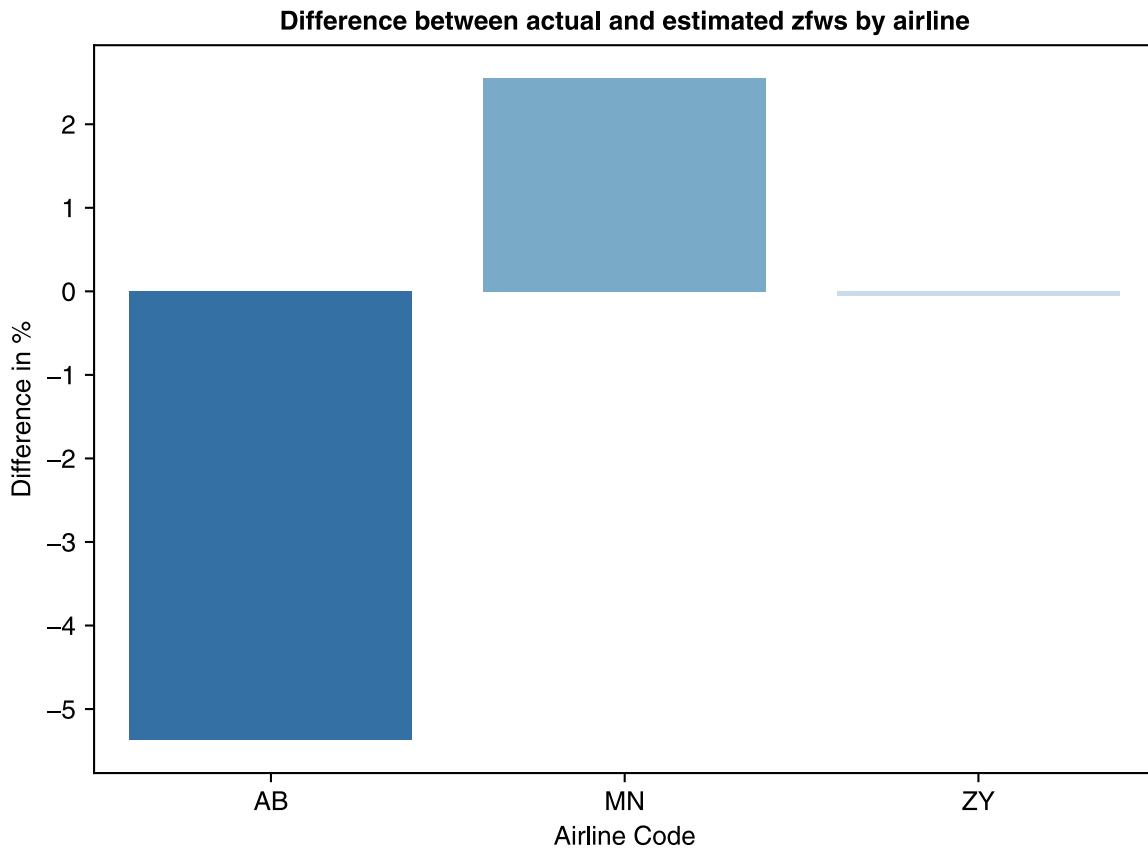


Abbildung 7.4: Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft

7.2 Fuel

Für die Tankanalyse wurde sich auf alle FlugIDs beschränkt, die sowohl Einträge für die ATOF als auch für die MTOF besitzen. Des Weiteren mussten die ausgelesenen Gewichtsdaten teilweise angepasst werden, da für die Fluggesellschaft MN teilweise sehr große Diskrepanzen zwischen den ATOFs und den MTOFs auftraten. Diese Diskrepanzen sind vermutlich auf menschliche Eingabefehler zurückzuführen, da die Daten als Fließkommazahlen übermittelt werden und vermutlich eine tatsächliche Fließkommazahl als Ganzzahl eingegeben wurde. Daraus ergaben sich durchschnittliche Differenzen für MN von -4000KG, was bedeutet würde, dass im Durchschnitt 4000KG weniger getankt wurden als die minimale Startmenge des Tanks, was semantisch nicht korrekt sein kann. Daher wurden in den Fällen, in denen die Anzahl der Ziffern der ATOF nicht mit der MTOF übereinstimmte, die entsprechenden Positionen um die Ziffern korrigiert, um die die jeweils andere Position abweicht. Der Fluggesellschaft MN wird daher empfohlen neue Schulungen im Umgang des Systems durchzuführen, um solche falschen Daten in Zukunft zu vermeiden, sodass eine automatisierte Bereinigung der Daten nicht mehr erfolgen muss. Des Weiteren wird eine automatisierte Validierung während

der Eingabe empfohlen, die bei zu großen Diskrepanzen der Werte darauf hinweist, sodass die Werte vor dem Speichern noch korrigiert werden können. Durch diese Schritte reduzierte sich die Größe des Datensatzes von 14810 auf 1922 Einträge.

Die folgende Abbildung 7.5 zeigt die Differenzen zwischen ATOF und MTOF. Positive Werte bedeuten, dass mehr als der Mindestbedarf getankt wurde. Auffällig ist, dass die Differenzen für ZY 0 sind, d.h. es wurde immer die Mindestmenge getankt. Bei AB beträgt die Differenz ca. 160 KG. Die größte Differenz hat die Fluggesellschaft MN mit ca. 935 KG. Die Fluggesellschaften AB und MN sollten daher genauer analysieren, warum diese Differenzen entstanden sind und wie diese in Zukunft vermieden werden können, um Kosten zu sparen.

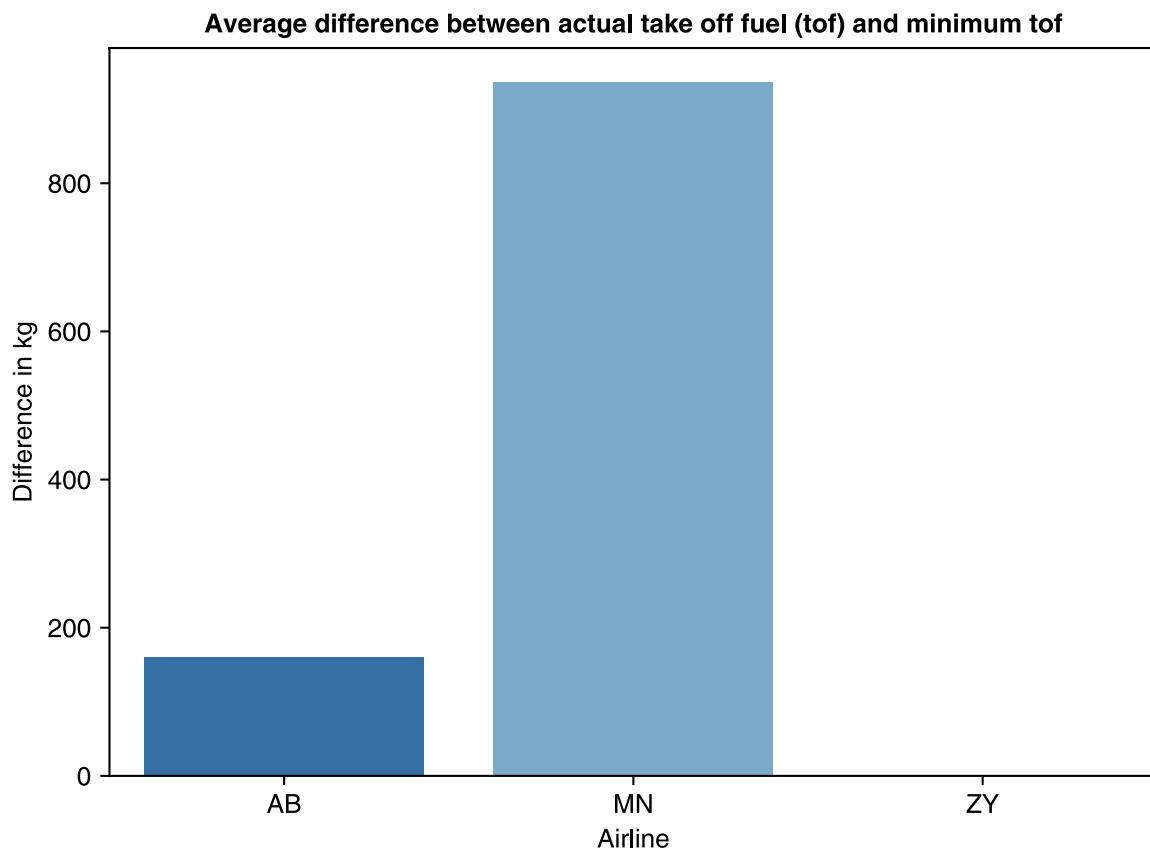


Abbildung 7.5: Differenz zwischen den tatsächlichen und den minimalen Starttankgewichten

Abbildung 7.6 zeigt das durchschnittliche Gewicht des Starttanks. Die Fluggesellschaft AB hat mit ca. 8500 KG das geringste Durchschnittsgewicht. Die Fluggesellschaften MN und ZY haben mit 21500 KG bzw. 24500 KG ein vergleichsweise deutlich höheres Gewicht.

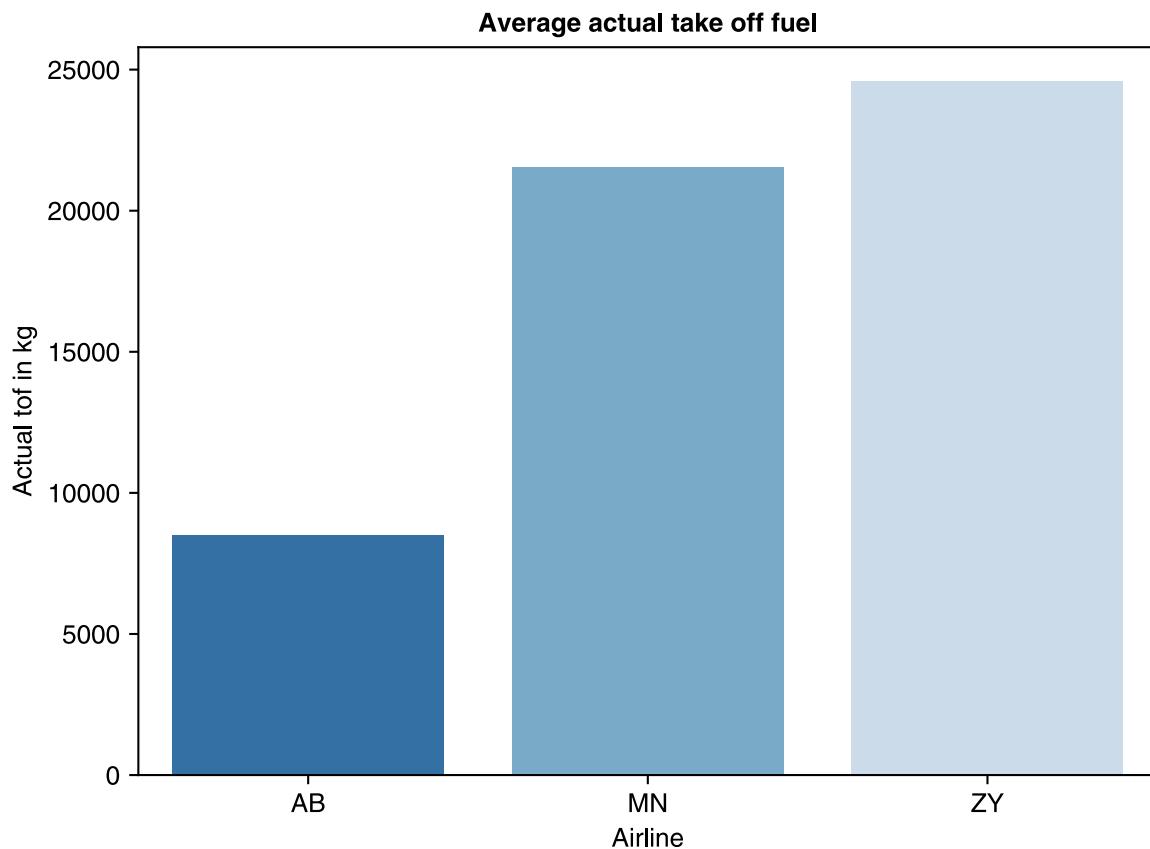


Abbildung 7.6: Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft

Die Abbildung 7.7 visualisiert schließlich die durchschnittlichen Tankmengen, die mindestens für den Abflug benötigt werden. Die Rangfolge aus Abbildung 7.6 wird beibehalten, was im Kontext sinnvoll erscheint. Mit einem Durchschnittsgewicht von 24500 KG belegt die Fluggesellschaft ZY erneut den ersten Platz. Die geringste Menge hat AB mit 8333 KG, während Airline MN mit 20600 KG den mittleren Platz einnimmt.

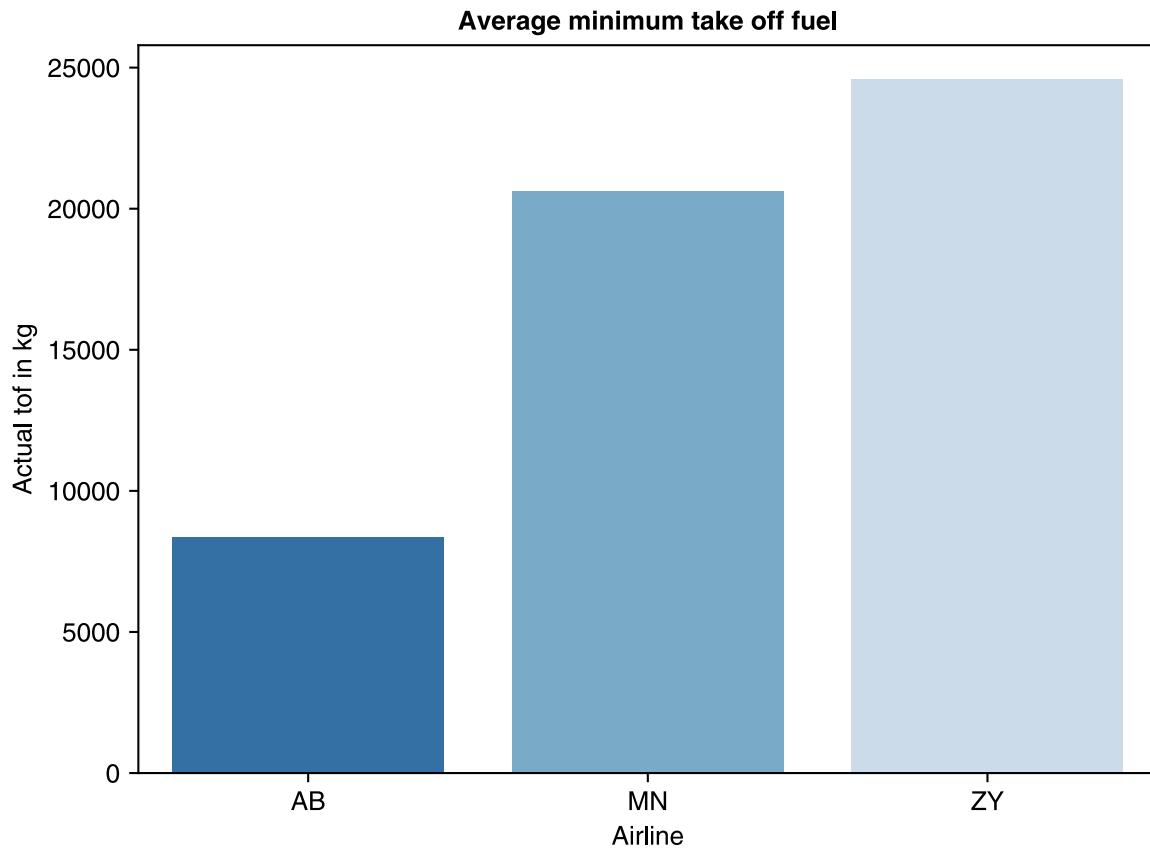


Abbildung 7.7: Unterschied zwischen tatsächlichem und geschätztem ZFWs nach Fluggesellschaft

7.3 Baggage

Dieses Unterkapitel enthält verschiedene Visualisierungen im Bereich der Gewichtsunterschiede zwischen Plan- und Realwerten für Gepäck. Die Grafiken sind aus Balkendiagrammen, Boxplots und Violinplots zusammengestellt. Die folgenden Grafiken visualisieren nur Daten, die europäischen Ursprungs sind, da die anderen Kontinente diesbezüglich keine Daten aufweisen können. Die folgenden Darstellungen ergeben sich aus der RampFinalAction und stellen sich zusammen aus 571 Flügen.

7.3.1 Durchschnittliche Unterschiede bei Gepäck

Die Abbildung 7.8 liefert aufschlussreiche Daten zur Diskrepanz zwischen geplanten und tatsächlichen Werten bei der Gepäckabfertigung an Flughäfen. Sie besteht aus zwei Hauptkomponenten, die die durchschnittlichen Abweichungen in zwei unterschiedlichen Aspekten des Gepäckhandlings darstellen.

Auf der linken Seite der Grafik wird die durchschnittliche Abweichung zwischen der Anzahl der geplanten und tatsächlich geladenen Gepäckstücke hervorgehoben. Die Visualisierung zeigt eine deutliche Diskrepanz: Die Abweichung beträgt etwa 20 Gepäckstücke, was relativ hoch ist angesichts der Tatsache, dass durchschnittlich nur etwa 160 Gepäckstücke pro Flug geladen werden. Dies deutet darauf hin, dass die Planung in Bezug auf die Anzahl der Gepäckstücke erhebliche Ungenauigkeiten aufweist, was zu potenziellen Verzögerungen und operationellen Herausforderungen führen könnte.

Der rechte Teil der Grafik bietet eine andere Perspektive und zeigt die durchschnittlichen Abweichungen in Bezug auf das Gewicht der Gepäckstücke. Hier beträgt die Abweichung zwischen den geplanten und tatsächlichen Gewichtswerten etwa 50 kg. Obwohl dies auf den ersten Blick ebenfalls eine signifikante Differenz darstellen könnte, ist sie im Verhältnis zum Gesamtgewicht der Ladung, das durchschnittlich rund 2000 kg beträgt, relativ gering. Dies suggeriert, dass die Gewichtsschätzungen für die Ladung vergleichsweise präzise sind, was für die Flugsicherheit und die Kraftstoffplanung von entscheidender Bedeutung ist.

Zusammenfassend lässt sich aus der Grafik schließen, dass die Planung in Bezug auf die Anzahl der Gepäckstücke verbesserungswürdig ist, während die Gewichtsabschätzungen effektiv umgesetzt werden und zuverlässige Daten für die logistischen und sicherheitstechnischen Aspekte der Flugvorbereitung liefern. Diese Erkenntnisse könnten für die Optimierung der Gepäckabfertigungsprozesse genutzt werden, um die Effizienz und Genauigkeit zu erhöhen, insbesondere in der quantitativen Planung der zu ladenden Stücke.

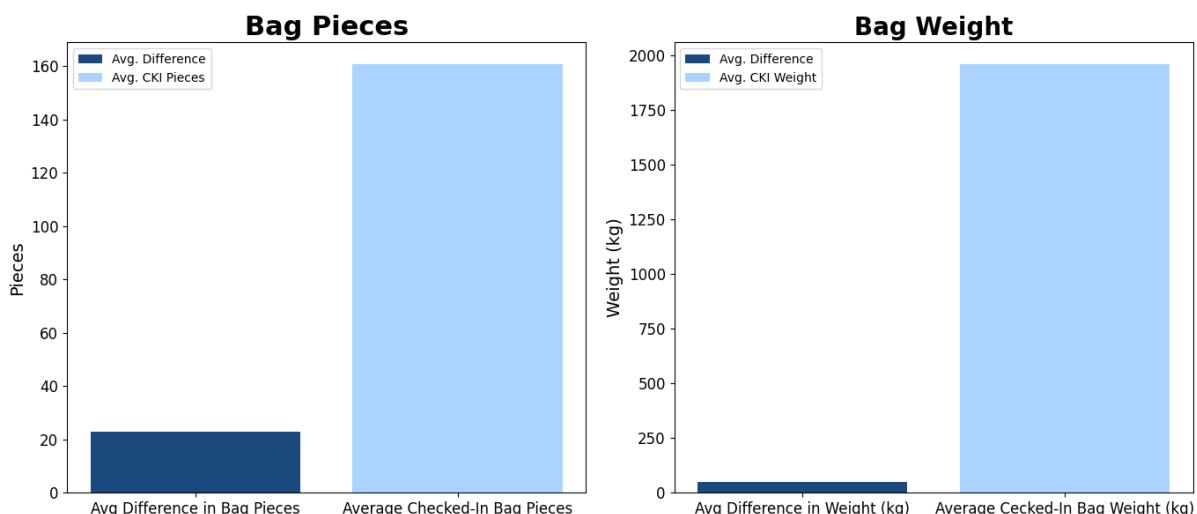


Abbildung 7.8: Columncharts zur Darstellung der durchschnittlichen Gepäckrealwerte und der durchschnittlichen Abweichung von Real- und Planwerten

Diese Abbildung zeigt auf der linken Seite in dunkelblau die durchschnittliche Abweichung zwischen geplanten (Loadtable) und den realen (CKI) Gepäckstücken und in hellblau die durchschnittliche Anzahl an geladenen Gepäckstücken. Auf der rechten Seite ist das gleiche nur für Gewichtswerte dargestellt.

7.3.2 Explizite Unterschiede bei Gepäck

Die Abbildung 7.9 bietet eine detaillierte Visualisierung der Unterschiede zwischen den geplanten und tatsächlichen Werten des Gepäcks pro Flug, basierend auf den Daten aus der Loadtable und den Check-In Werten. Durch diese Analyse erhalten wir wertvolle Einsichten in die Genauigkeit der Gepäckplanung und -abfertigung.

Im linken Teil des Boxplots werden die Abweichungen in der Anzahl der Gepäckstücke dargestellt. Die grafische Darstellung zeigt, dass die Spannweite der Abweichungen zwischen -25 und +30 Gepäckstücken liegt, was eine beträchtliche Variabilität in der Planungsgenauigkeit aufzeigt. Der Interquartilbereich, also der Bereich, in dem die mittleren 75% der Werte liegen, befindet sich zwischen -10 und +10. Dies bedeutet, dass trotz der breiteren Spannweite der Abweichungen, die meisten Werte relativ nahe an der Nullabweichung liegen, was auf eine generelle Zuverlässigkeit in der Schätzung der Anzahl der Gepäckstücke hindeutet, obwohl Ausreißer vorhanden sind.

Der rechte Boxplot fokussiert sich auf die Abweichungen der Gewichtswerte des Gepäcks. Hier beobachten wir eine noch größere Streuung der Daten, mit Extremwerten, die von -350 kg bis zu +400 kg reichen. Diese große Bandbreite unterstreicht die Herausforderungen bei der Gewichtsschätzung von Gepäckstücken. Der Großteil der Datenpunkte gruppiert sich jedoch im Bereich zwischen -100 kg und +150 kg. Dieser zentrale Cluster zeigt, dass, obwohl die Schwankungen beträchtlich sein können, die meisten tatsächlichen Gewichte sich in einem vergleichsweise engen Bereich um die geplanten Werte bewegen.

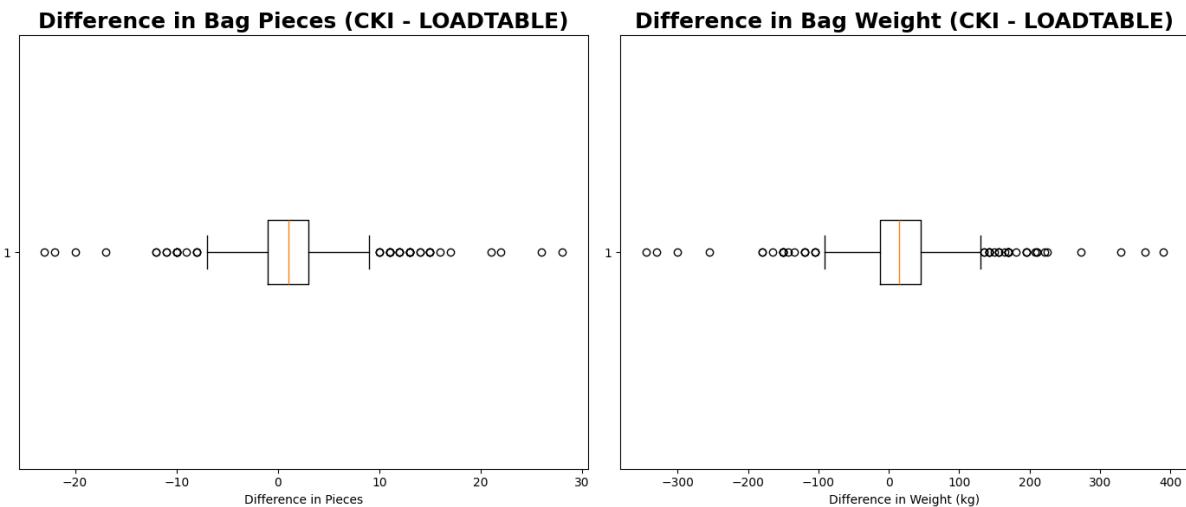


Abbildung 7.9: Boxplots zur Darstellung der Abweichung von Gepäckrealwerten und -planwerten (Stückzahl und Gewicht)

Diese Abbildung zeigt die Verteilung der Unterschiede zwischen den Check-in-Daten und den Loadtable-Daten mittels Boxplots.

7.3.3 Durchschnittliche Unterschiede bei Gepäck nach Abflughafen

Die Grafik 7.10 bietet eine detaillierte Analyse der durchschnittlichen Abweichungen zwischen den geplanten und tatsächlichen Gepäckgewichten, differenziert nach verschiedenen Flughäfen. Diese Visualisierung ist entscheidend, um die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der Gepäckgewichtsplanung an unterschiedlichen Standorten zu bewerten.

In der Darstellung sind die Flughäfen, bei denen die Abweichungen zwischen den geplanten und realen Gepäckgewichten besonders hoch sind, dunkel hervorgehoben. Zu diesen Flughäfen zählen beispielsweise O'Hare International Airport (ORD), Newark Liberty International Airport (EWR) und Orlando International Airport (MCO). An diesen Standorten liegen die Abweichungen im Bereich von 80 kg bis über 110 kg. Diese signifikanten Unterschiede deuten darauf hin, dass die Gewichtsplanung an diesen Flughäfen oft ungenau ist, was zu logistischen Herausforderungen und möglicherweise zu erhöhten Betriebskosten führen kann.

Auf der anderen Seite der Grafik werden Flughäfen wie Philadelphia International Airport (PHL), John F. Kennedy International Airport (JFK) und Dulles International Airport (IAD) mit deutlich besseren Ergebnissen gezeigt. Hier liegen die durchschnittlichen Abweichungen bei unter 30 kg. Diese niedrigen Abweichungswerte zeigen, dass die Gepäckgewichtsplanung an diesen Standorten viel genauer ist, was zu einer effizienteren Handhabung und potenziell geringeren Betriebskosten führt.

Diese Unterschiede in der Planungsgenauigkeit bieten wertvolle Einblicke für das Management der Flughäfen. Insbesondere an den Flughäfen mit hohen Abweichungen sollte der Fokus auf die Verbesserung der Prozesse zur Gewichtsschätzung gelegt werden. Effektive Maßnahmen könnten Schulungen für das Planungspersonal, die Einführung fortschrittlicherer Technologien zur Gewichtsermittlung oder eine detailliertere Analyse der eingehenden Daten umfassen, um die Genauigkeit zu erhöhen und die operativen Abläufe zu optimieren.

Insgesamt unterstreicht die Grafik 7.10 die Notwendigkeit, kontinuierliche Verbesserungen in der Gepäckgewichtsplanung zu implementieren, besonders an den Flughäfen, wo die Diskrepanzen groß sind. Dies wird nicht nur die Effizienz steigern, sondern auch dazu beitragen, die Kundenzufriedenheit durch zuverlässigere Serviceleistungen zu erhöhen.

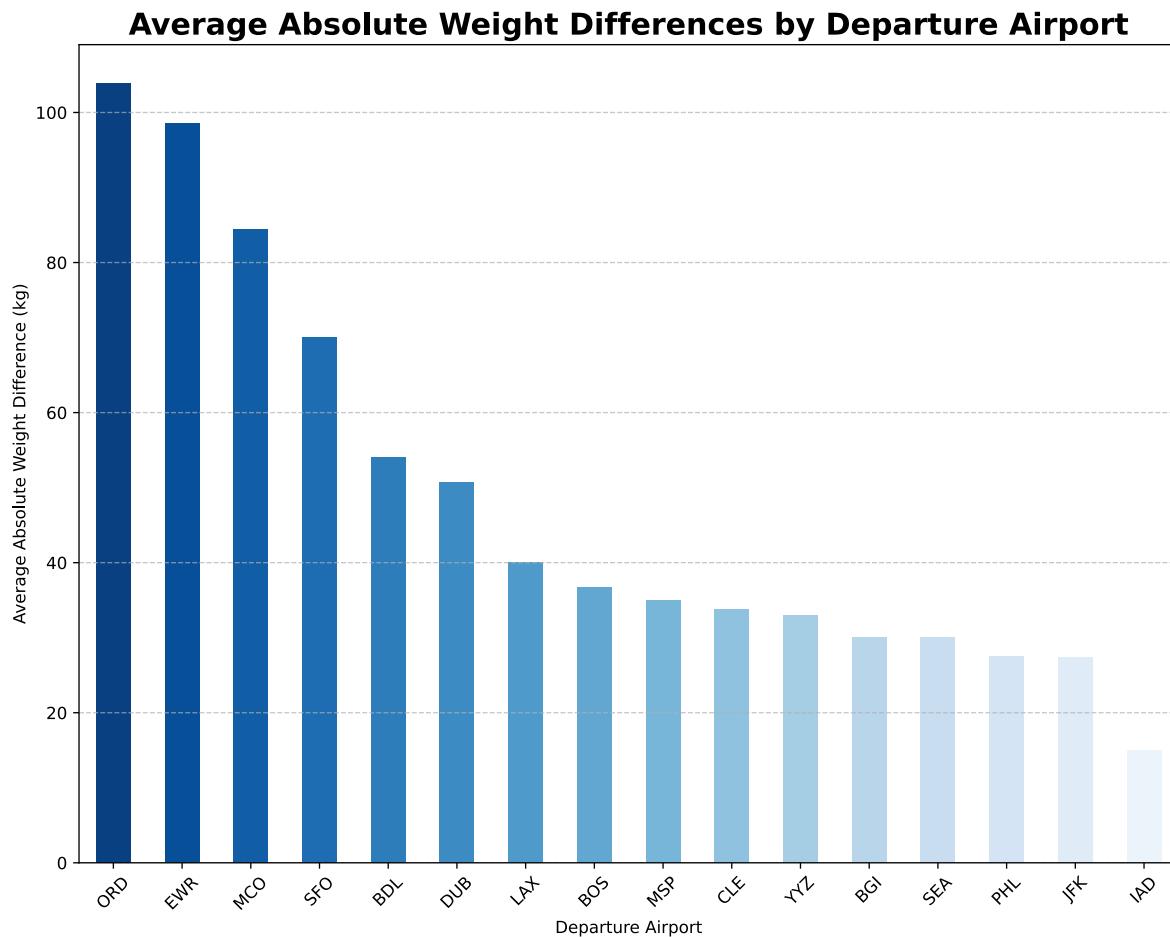


Abbildung 7.10: Columnchart für durchschnittliche Abweichung von Real- und Planwerten des Gepäckgewichts nach Abflughafen

Diese Abbildung zeigt die durchschnittliche Abweichung von Real- und Planwerten des Gepäckgewichts nach Abflughafen

7.4 Cargo

Dieses Unterkapitel konzentriert sich auf die Visualisierung der Gewichtsunterschiede zwischen Plan- und Realwerten für Cargo. Die Analysen basieren ausschließlich auf Daten, die Flüge mit Fracht aus dem europäischen und asiatischen Datenatz betreffen, und beinhalten Balkendiagramme und Boxplots zur Darstellung dieser Diskrepanzen. Die Datenquelle für die Schätzwerte ist die UpdateEstimatesAction und für die Realwerte die UpdateLoadtableAction. Insgesamt wurden Daten aus 933 Flügen für die folgenden Abbildungen ausgewertet.

7.4.1 Durchschnittliche Unterschiede bei Cargo

Die Abbildung 7.11 zeigt die durchschnittlichen Abweichungen zwischen den geplanten und tatsächlichen Gewichtswerten der Fracht auf der rechten Seite und die durchschnittlich ge-

ladene Gewichtsmenge auf der linken Seite. Die Visualisierung auf der rechten Seite illustriert, dass die durchschnittliche Abweichung ungefähr 550 kg beträgt. Das durchschnittlich geladene Gewicht liegt jedoch bei ca. 900 kg. Das zeigt das es teilweise zu drastischen Abweichungen zwischen Plan- und Realwerten kommt. Dies könnte auf Ungenauigkeiten in der Frachtplanung hinweisen.

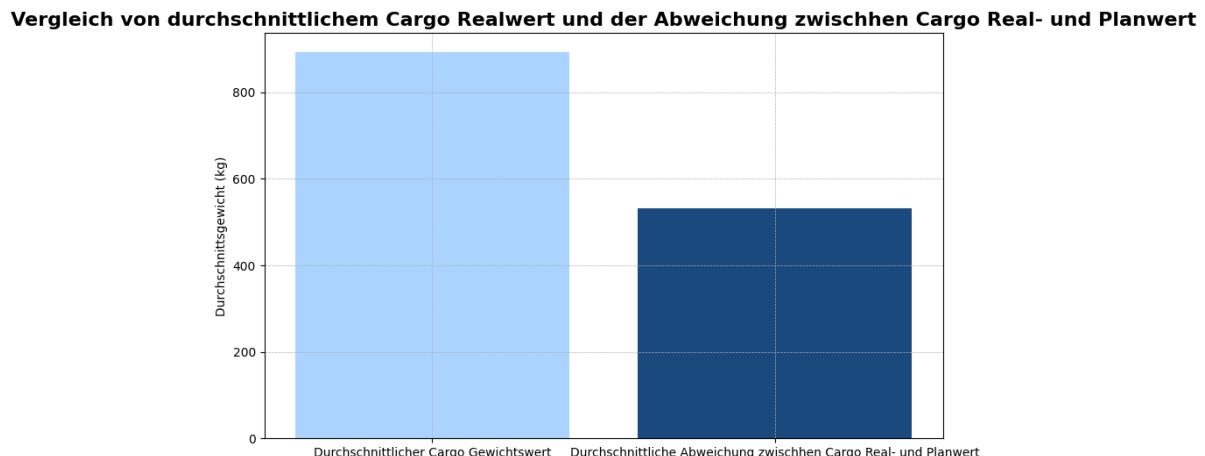


Abbildung 7.11: Columnchart des durchschnittlichen Frachtgewichts und der durchschnittlichen Abweichung des Frachtgewichts von Real- und Planwert

Diese Abbildung zeigt rechts die durchschnittliche Abweichung des tatsächlichen Frachtgewichts von den geplanten Werten und links das durchschnittliche geladene Frachtgewicht.

7.4.2 Explizite Unterschiede bei Cargo

Die Abbildung 7.12 stellt die Gewichtsunterschiede der Fracht pro Flug detailliert dar, basierend auf den Daten von den geplanten zu den tatsächlichen Werten.

Die grafische Darstellung zeigt eine breite Spannweite der Abweichungen, von 2300 kg bis zu -3400 kg. Der Interquartilbereich, der die mittleren 50% der Werte umfasst, liegt zwischen 0 kg und -750 kg. Diese Daten zeigen, dass, obwohl es zu beträchtlichen Abweichungen kommen kann, die meisten Gewichtswerte dennoch nahe an den geplanten Angaben liegen.

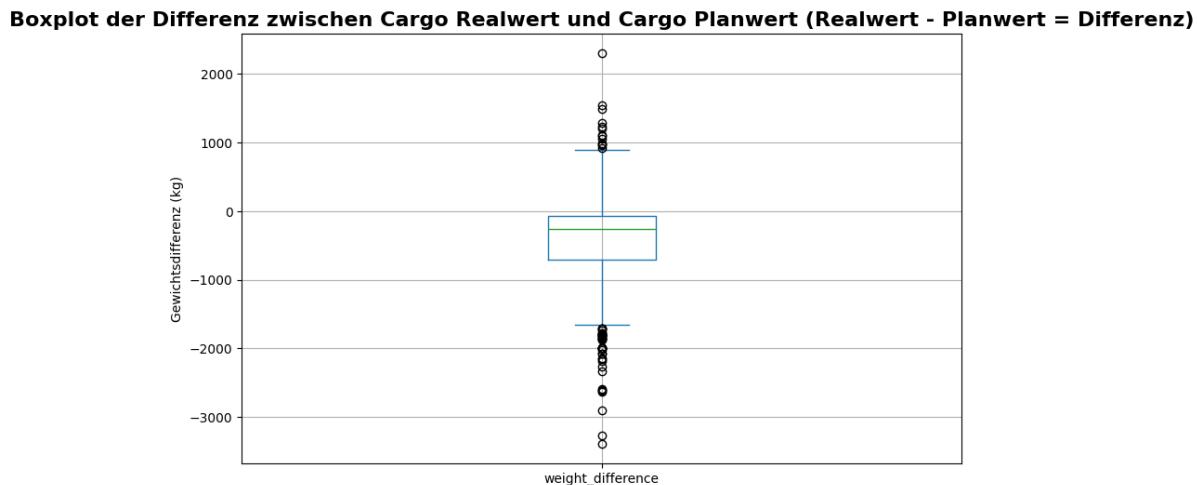


Abbildung 7.12: Boxplot der Abweichung von Real- und Planwerten von Cargo
Diese Abbildung illustriert die Verteilung der Gewichtsabweichungen zwischen den
geplanten und tatsächlichen Frachtgewichten mittels Boxplots.

7.4.3 Durchschnittliche Unterschiede bei Fracht nach Abflughafen

Die Grafik 7.13 analysiert die durchschnittlichen Abweichungen der Frachtgewichte von Real- und Planwert, differenziert nach verschiedenen Abflughäfen. Diese Daten sind entscheidend für die Bewertung der Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der Frachtplanung an unterschiedlichen Standorten.

Flughäfen mit größeren durchschnittlichen Abweichungen im Frachtgewicht, wie beispielsweise der San Francisco International Airport (SFO) und der Toronto Pearson International Airport (YYZ), zeigen mit ca. 2600 kg und 1600 kg signifikante Diskrepanzen, die zu operationalen Herausforderungen führen könnten. Diese Abweichungen sind besonders auffällig und erfordern möglicherweise eine Überprüfung und Verbesserung der Frachtgewichtsprognosen an diesen Standorten.

Andererseits zeigen Flughäfen wie der Gatwick Airport (GWL) in London und der Washington Dulles International Airport (IAD) geringere durchschnittliche Abweichungen von unter 100 kg, was auf eine präzisere Gewichtsplanung hinweist. Diese niedrigeren Abweichungen könnten zu effizienteren Abläufen und potenziell niedrigeren Betriebskosten führen.

Diese grafische Darstellung bietet eine wichtige Grundlage für das Management der Frachtabfertigung an verschiedenen Flughäfen, indem sie aufzeigt, wo Verbesserungen notwendig sind, um die Planungsgenauigkeit zu steigern und die logistischen Abläufe zu optimieren.

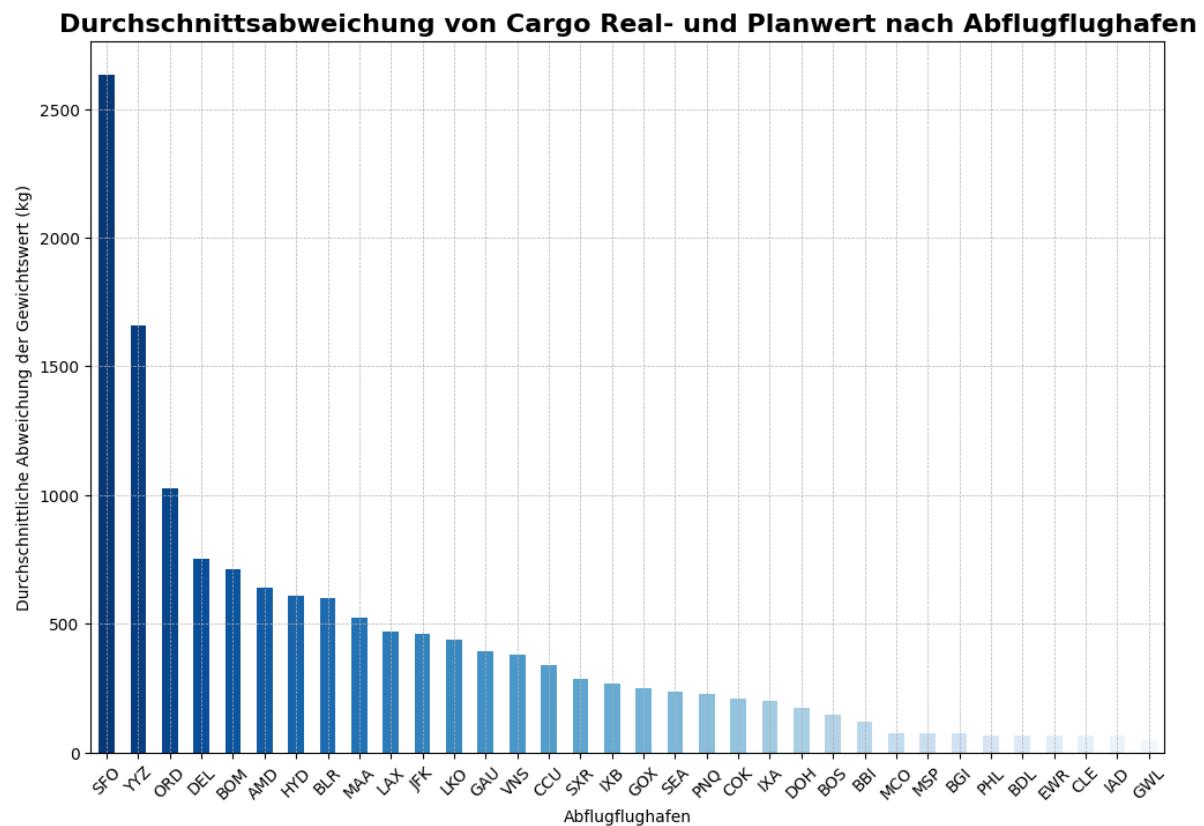


Abbildung 7.13: Columnchart der durchschnittlichen Abweichung des Frachtgewichts nach Abflughafen.

Diese Abbildung zeigt die durchschnittliche Abweichung des Frachtgewichts nach Abflughafen.

Insgesamt verdeutlichen diese Analysen die Bedeutung einer kontinuierlichen Überwachung und Verbesserung der Frachtgewichtsplanung, um die Effizienz im Luftfrachtverkehr zu steigern.

8 Prozessanalyse

In diesem Kapitel wird die Visualisierung des Prozesses und die folgende Prozessanalyse ausführlich beschrieben. Dabei wird auf das Tool eingegangen, das verwendet wurde, um die Visualisierung zu erstellen, sowie wird die eigentliche Visualisierung näher betrachtet, um in dem Bericht eine Interpretation dieser zu erbringen.

8.1 Celonis

Celonis ist ein führendes Unternehmen im Bereich des Process Minings. Die Software ist spezialisiert auf die Analyse und die Visualisierung von Prozessen. Diese können Geschäftsprozesse sein oder auch allgemeine Prozesse, die zum Beispiel den Ablauf einer Aktion zeigen. Die Software bietet die Möglichkeit aus verschiedenen Quellen Daten zu importieren, zu sammeln und zu analysieren. Auf diese Weise können transparente Einblicke in die Abläufe ermöglicht werden.

Um diese detaillierten Visualisierungen von Geschäftsprozessen zu erstellen, bietet Celonis die passende Platform. Diese Visualisierungen können dann einzelne Prozessschritte, Entscheidungspunkte und andere mögliche Variationen innerhalb des Prozesses darstellen. Die Nutzer:innen können dann auch interaktiv diese Visualisierungen bedienen und je nach Bedarf die Visualisierung nach ihren Bedürfnissen anpassen.

Ein weiterer Vorteil von Celonis ist die umfassende Datenintegration. Celonis ist eben in der Lage, Daten aus verschiedenen Quellen zu aggregieren, wodurch eine ganzheitliche Sicht auf die Prozesse entsteht. Durch diese Möglichkeit können dann im Prozess mögliche Verbesserungspotenziale erkannt werden.

Celonis bietet ebenfalls die Möglichkeit von Analysetools, die den Prozessen untersuchen und Anomalien identifizieren und Prognosen zu zukünftigen Prozessverläufen erstellen können. Diese tiefgehenderen Analyse sind wichtig für die Diagnose von Problemen und die darauffolgenden Maßnahmen zur Optimierung.

Unternehmen haben die Möglichkeit ihre Prozesse, die sie in Celonis visualisiert und analysiert haben, mit Best Practices oder anderen internen Prozessen vergleichen zu können. Diese Funktion des Benchmarkings ist sinnvoll, da das Unternehmen kontinuierlich eine Optimierung der Prozesse durchführen kann.

Um diese Optimierungsmaßnahmen bietet Celonis ebenfalls noch die Möglichkeit, dass sie dabei unterstützen. Das bedeutet, dass Celonis zum Beispiel Prozesse automatisieren kann

und zusätzlich noch Handlungsempfehlungen implementieren kann. Somit kann die Effizienz der Prozesse gesteigert und eventuell auch Kosten gesenkt werden.

8.2 Implementierung von Celonis

Die Implementierung von Celonis, einer führenden Plattform für Process Mining und Operational Intelligence, in einem Unternehmen kann mit einer Reihe von Vorteilen einhergehen, ist jedoch auch mit verschiedenen Kosten verbunden. Die Höhe der Kosten ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig, darunter von der Größe des Unternehmens, der Komplexität der Prozesse sowie den spezifischen Anforderungen. Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte sowie die maßgeblichen Kostenfaktoren bei der Implementierung von Celonis erörtert.

Die Implementierung von Celonis in einem Unternehmen ist für die Verwendung des Reports unerlässlich. Jedoch ist die Implementierung auch mit verschiedenen Kosten verbunden. Die Kosten sind dabei von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich, da die Berechnung dieser von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Diese Faktoren sind dann zum Beispiel die Größe des Unternehmens, die Komplexität des Prozesses sowie verschiedene individuelle Anforderungen. Im folgenden werden wesentliche Aspekte, sowie die Kostenfaktoren erläutert.

8.2.1 Lizenzkosten

Die Lizenzkosten von Celonis variieren, wie bereits erwähnt, sehr stark und können pauschal nicht genau beziffert werden. Im folgenden werden aber die gängigen Lizenzmodelle, die Celonis anbietet näher betrachtet und an den Stellen, wo sich Kosten ergeben, diese auch genannt werden:

- Named User Licenses: Diese Lizenzen, die sich an Unternehmen mit einer geringen Anzahl an Benutzern richten, sind benutzergebunden und ermöglichen die Nutzung der lizenzierten Software durch eine festgelegte Anzahl an Nutzern. Die Kosten liegen typischerweise bei etwa 1.000 bis 2.000 Euro pro Benutzer und Jahr.
- Enterprise-Lizenz: Diese Lizenzen bieten eine unbeschränkte Anzahl an Benutzern und sind für größere Unternehmen geeignet, die eine extensive Nutzung der Plattform anstreben. Die Kosten für eine Enterprise-Lizenz können zwischen 100.000 und 500.000 Euro pro Jahr liegen, abhängig von der Unternehmensgröße und den spezifischen Anforderungen.

- **SaaS! (SaaS!)-Modelle:** Des Weiteren bietet Celonis cloudbasierte Lösungen an, deren Lizenzkosten auf Abonnementbasis verrechnet werden. Je nach Intensivität der Nutzung können die Preise sich jedoch unterscheiden. Typische Kosten für SaaS-Modelle bewegen sich im Bereich von 50.000 bis 200.000 Euro pro Jahr.

8.2.2 Implementierungskosten

Die Implementierung von Celonis in ein Unternehmen kann sehr kompliziert sein und ist mit viel Arbeit verbunden. Um diese Implementierung fachgerecht durchführen zu können, sind Experten und Berater notwendig, damit eine reibungslose Implementierung und Integration von Celonis gewährleistet werden kann. Die Implementierungskosten können unter anderem folgende Elemente umfassen:

- Beratungskosten: Stundensätze für Berater können je nach Erfahrung und Expertise variieren und liegen typischerweise zwischen 150 und 300 Euro pro Stunde. Für ein mittelgroßes Unternehmen können die Gesamtkosten für Beratung und Implementierung zwischen 50.000 und 150.000 Euro liegen. Dies sind aber keine konkreten Zahlen, da diese Zahl natürlich immer je nach Anforderung variiert.
- Integration: Die Integration von Celonis mit bestehenden IT-Systemen kann zusätzliche Kosten verursachen, die je nach Komplexität des Systems variieren. Diese Kosten können zwischen 20.000 und 100.000 Euro liegen.
- Datenaufbereitung: Die Bereinigung und Aufbereitung von Daten, um eine genaue und effektive Analyse zu gewährleisten, kann ebenfalls ressourcenintensiv sein. Diese Kosten werden oft nach Aufwand berechnet und können zwischen 10.000 und 50.000 Euro liegen.

8.2.3 Schulungs- und Weiterbildungskosten

Um eine optimale Nutzung der Potenziale der Celonis-Software durch die Mitarbeitenden zu gewährleisten, sind Schulungen unerlässlich. Auch hier sollen angegebenen nur einen gewissen Raum, in welchem sich die Kosten bewegen könnten. Celonis bietet eine Vielzahl von Schulungsprogrammen an, darunter:

- Grundlagenschulungen: Einführung in die Nutzung und Funktionalitäten der Celonis-Plattform. Die Kosten für diese Schulungen liegen bei etwa 500 bis 1.000 Euro pro Teilnehmer.

- Fortgeschrittenenschulungen: Vertiefte Schulungen für spezifische Analysemethoden und -techniken. Diese Schulungen kosten in der Regel zwischen 1.000 und 2.000 Euro pro Teilnehmer.
- Zertifizierungen: Offizielle Zertifizierungsprogramme, die den Mitarbeitern helfen, ihre Fähigkeiten zu validieren und zu erweitern. Die Kosten für Zertifizierungen können zwischen 1.500 und 3.000 Euro pro Teilnehmer betragen.

8.2.4 Betriebskosten

Die laufenden Betriebskosten umfassen die Wartung der Plattform, regelmäßige Updates sowie gegebenenfalls erforderliche Erweiterungen. Bei cloudbasierten Lösungen sind diese Kosten in der Regel in den Abonnementgebühren enthalten. Bei On-Premise-Lösungen, also Technik, die lokal im Unternehmen installiert wird, ist seitens der Unternehmen die Beschäftigung zusätzlichen IT-Personals zur Verwaltung und Wartung der Infrastruktur erforderlich. Typischerweise können die jährlichen Betriebskosten für On-Premise-Lösungen zwischen 20.000 und 100.000 Euro liegen, abhängig von der Größe und Komplexität der IT-Infrastruktur.

8.2.5 Nutzen und ROI

Die Investition in Celonis ist durch verschiedene Vorteile und einen positiven Return On Invest (ROI) gekennzeichnet, wodurch sich das investierte Kapital zeitnah amortisiert. Für ein Unternehmen sind diese Dinge besonders wichtig, weswegen im folgenden Punkte aufgeführt sind, wodurch sich die Implementierung von Celonis in einem Unternehmen lohnt:

- Prozessoptimierung: Durch die Identifikation und Beseitigung von Engpässen können Prozesse effizienter gestaltet und Kosten reduziert werden.
- Transparenz: Echtzeit-Einblicke in die Geschäftsprozesse ermöglichen fundierte Entscheidungen und eine verbesserte Unternehmenssteuerung.
- Kosteneinsparungen: Automatisierung und Effizienzsteigerungen können zu erheblichen Kosteneinsparungen führen.
- Wettbewerbsvorteil: Unternehmen, die ihre Prozesse kontinuierlich verbessern, können schneller und flexibler auf Marktveränderungen reagieren.

8.3 Process Overview Visualisierung

Der Report ([Link](#)) in Celonis beginnt mit einer Overview Page auf der eine umfassende und detaillierte Darstellung der wichtigsten Prozessmetriken und Aktivitäten zu finden ist. Diese Seite dient dazu einen generellen Überblick über die Geschäftsprozesse zu haben und ermöglicht es den Benutzern, Kennzahlen und Trends auf einen Blick zu erfassen und Einblicke in einzelne Prozessschritte zu gelangen.

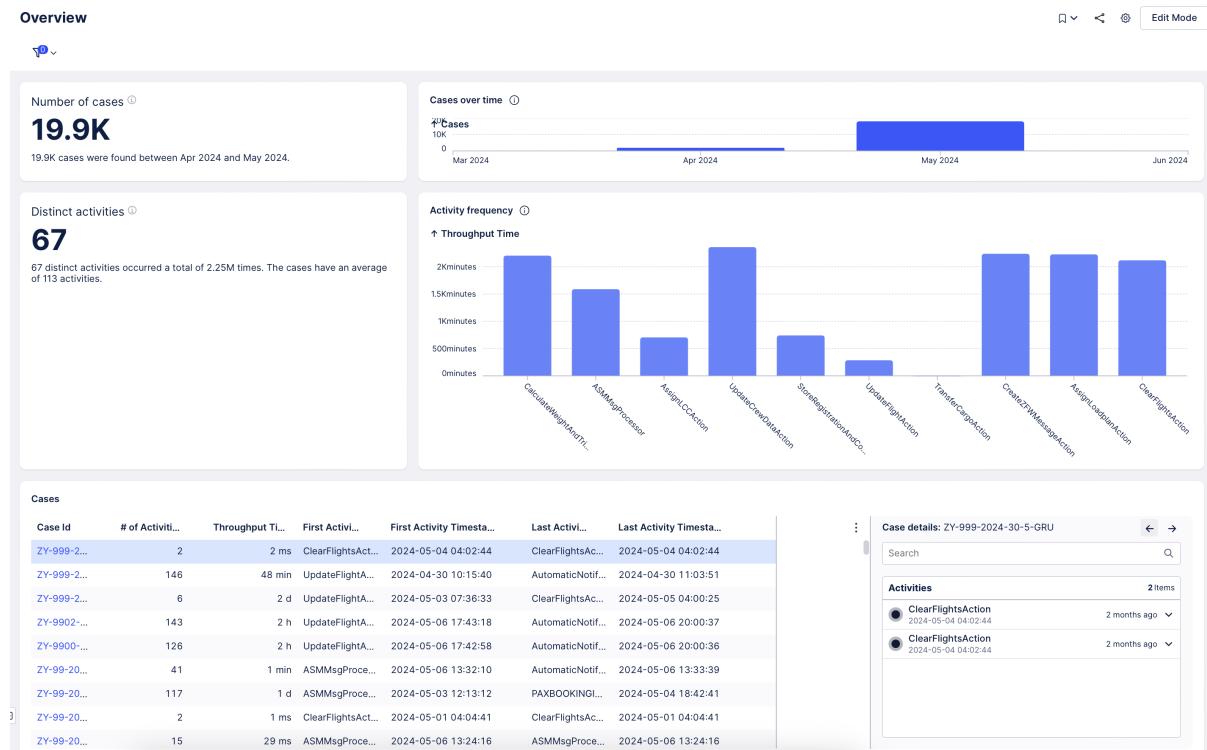


Abbildung 8.1: Screenshot der Overview Page aus Celonis.

8.3.1 Hauptmetriken und Aktivitäten

Im oberen Bereich der Seite wird die Gesamtzahl der erfassten Fälle zwischen April 2024 und Mai 2024 angezeigt. Insgesamt sind 19,9K Fälle in diesem Zeitraum im Datensatz enthalten, was einen ersten Eindruck von der Menge der durchgeföhrten Prozesse vermittelt. Darunter wird die Anzahl der unterschiedlichen Aktivitäten dargestellt, die innerhalb dieser Fälle stattfanden. Insgesamt wurden 67 verschiedene Aktivitäten im Datensatz gefunden, die 2,25 Millionen Mal auftraten. Im Durchschnitt enthält jeder Fall 113 Aktivitäten, was die Komplexität und Vielfalt der Prozessschritte zeigt.

8.3.2 Zeitliche Verteilung der Fälle

Ein Balkendiagramm oben rechts auf der Seite zeigt die zeitliche Verteilung der Fälle. Es wird deutlich, dass die meisten Fälle im Mai 2024 auftraten, während im April 2024 nur wenige Fälle verzeichnet wurden. Dieses Diagramm ist nicht sehr aussagekräftig, dennoch wichtig, um den Datensatz besser verstehen zu können und ein besseres Gefühl für diesen zu bekommen.

8.3.3 Häufigkeit der Aktivitäten

Darunter befindet sich ein Balkendiagramm, das die Häufigkeit der verschiedenen Aktivitäten als Prozentsatz der Fälle darstellt. Die am häufigsten vorkommenden Aktivitäten sind „CalculateWeightAndTrimAction“, „ASMMsgProcessor“, „AssignLCCAction“, „UpdateCrewDataAction“ und „StoreRegistrationAndConfigurationAction“. Diese Aktivitäten treten in mehr als 60% der Fälle auf, was ihre wichtige Bedeutung im Prozessablauf hervorhebt. Diese Visualisierung ermöglicht es, die wichtigsten Schritte im Prozess zu identifizieren und deren Auswirkungen auf den Gesamtprozess besser verstehen zu können.

8.3.4 Detaillierte Fallanalyse

Im unteren Bereich der Seite bietet eine Tabelle detaillierte Informationen zu einzelnen Fällen. Diese Tabelle umfasst Spalten wie die Case ID, die Anzahl der Aktivitäten pro Fall, die Durchlaufzeit, den Zeitstempel der ersten und letzten Aktivität sowie die letzte Aktivität im Fall. Diese detaillierten Informationen sind entscheidend, um spezifische Prozessabläufe zu analysieren und potenzielle Engpässe oder Verzögerungen zu identifizieren.

Rechts neben der Tabelle befindet sich ein Detailfenster, das Informationen zu einem ausgewählten Fall anzeigt. Im Beispiel wird der Fall mit der ID „ZY-999-2024-30-5-GRU“ detailliert beschrieben. Die Aktivitäten innerhalb dieses Falls, in diesem Fall zwei Einträge für „ClearFlightsAction“, werden mit ihren Zeitstempeln aufgelistet. Diese Detailansicht ermöglicht eine tiefgehende Analyse einzelner Fälle und hilft dabei, spezifische Probleme oder Abweichungen im Prozess zu identifizieren.

8.3.5 Nutzen und Vorteile

Die Overview Page in Celonis bietet eine wertvolle Grundlage für die Prozessanalyse und -optimierung. Durch die Kombination aus einer Übersicht der Hauptmetriken, der zeitlichen Verteilung der Fälle und der Häufigkeit der Aktivitäten mit detaillierten Fallanalysen können Unternehmen fundierte Entscheidungen zur Verbesserung ihrer Geschäftsprozesse treffen.

Diese Seite ergänzt die bereits bestehenden Reports und bietet eine gute Übersicht, um die folgenden Seiten des Reports in Celonis besser verstehen zu können.

8.4 Process Flow Visualisierung

Die zweite Seite des Reports ([Link](#)) der Prozessvisualisierung, wie in Abbildung 8.2 abgebildet, zeigt ein komplexes Prozessflussdiagramm, das die Abfolge und Verknüpfungen der Aktivitäten im Detail darstellt. Dieses Diagramm gibt tiefere Einblicke in die Dynamik und Interaktionen innerhalb des Flugprozesses.

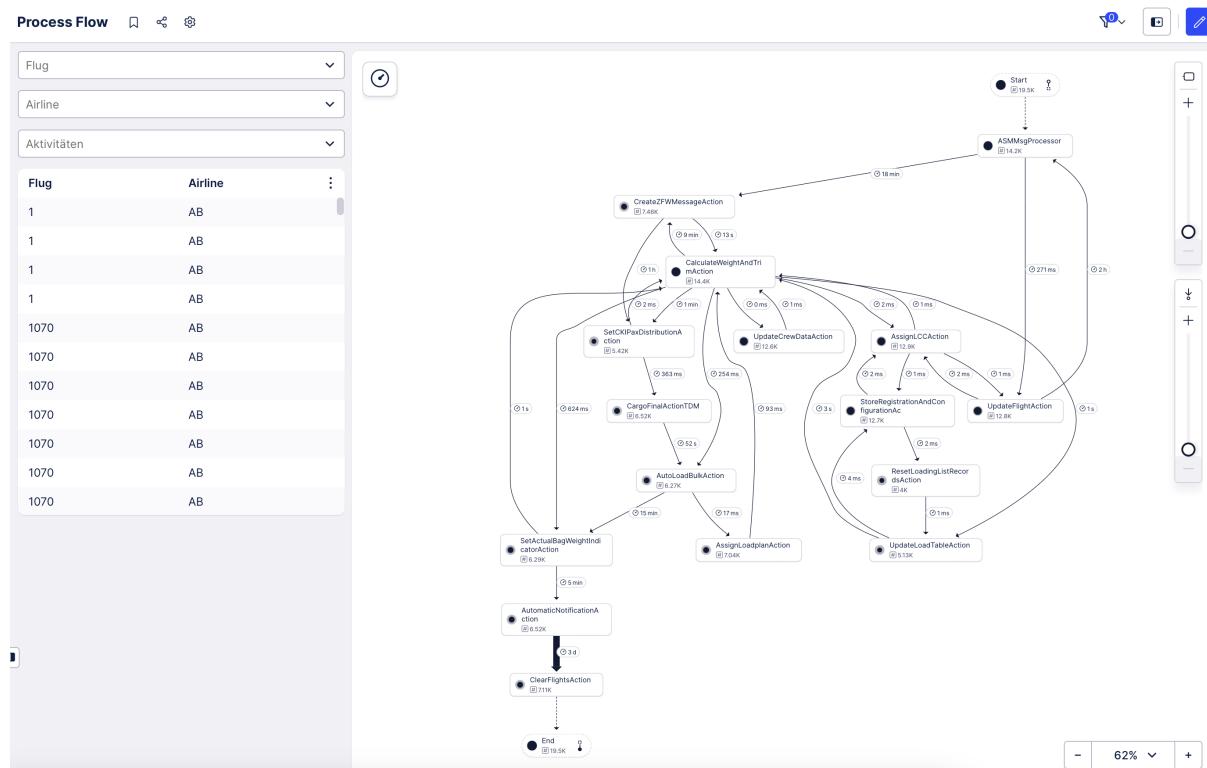


Abbildung 8.2: Screenshot der Process Flow Visualisierung aus Celonis.

8.4.1 Start und Endpunkte

Der Prozess beginnt mit dem „ASMMsgProcessor“ und endet mit der „ClearFlightsAction“. Der „ASMMsgProcessor“ als Startpunkt sagt aus, dass die Initialisierung und Verarbeitung von Nachrichten der erste Schritt im Prozess ist. Dies beinhaltet die Kommunikation von Flugplänen, Ladeinformationen oder anderen kritischen Daten.

8.4.2 Wichtige Übergänge und Häufigkeiten

Das Diagramm zeigt, dass die „CalculateWeightAndTrimAction“ eine zentrale Rolle im Prozessfluss einnimmt, da sie mit mehreren anderen Aktivitäten verbunden ist und häufig auftritt. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung dieser Berechnungen für den gesamten Ablauf. Übergänge wie von „CreateZFWMessageAction“ zu „CalculateWeightAndTrimAction“ verdeutlichen, dass die Erstellung von Nachrichten zum Zero Fuel Weight (ZFW) eine Vorstufe zu den Gewichtstrimmungsberechnungen darstellt.

8.4.3 Zeitangaben und Effizienz

Die in den Übergangslinien angegebenen Zeiten, wie Minuten und Millisekunden, bieten Informationen zur Effizienz der einzelnen Prozessschritte. Aktivitäten, die länger dauern, könnten mögliche Engpässe darstellen und bieten Ansatzpunkte für Prozessoptimierungen. Beispielsweise zeigt die durchschnittliche Dauer von „CargoFinalActionTDM“ mit 52 Sekunden, dass hier möglicherweise Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Prozessgeschwindigkeit besteht. Die Dicke der Verbindungslien zeigt die Dauer der einzelnen Aktivitäten. Je dicker die Verbindungslien, desto länger ist der Zeitraum.

8.4.4 Komplexität und Verzweigungen

Das Diagramm illustriert die Komplexität des Prozesses durch die zahlreichen Verzweigungen und Rückkopplungsschleifen. Diese Komplexität ist typisch für operationelle Prozesse in der Luftfahrt, wo viele Entscheidungen und Berechnungen ineinander greifen. Das Verständnis dieser Verzweigungen ist essenziell, um den Prozessfluss zu optimieren und eine reibungslose Abwicklung sicherzustellen.

8.4.5 Optimierungsmöglichkeiten

Durch die Identifikation der am häufigsten auftretenden Aktivitäten und deren Verbindungen können gezielte Maßnahmen zur Prozessverbesserung entwickelt werden. Beispielsweise könnte die Automatisierung oder Verbesserung der „CalculateWeightAndTrimAction“ erheblich zur Gesamtoptimierung beitragen. Ebenso könnten seltene und zeitraubende Aktivitäten wie „AutoLoadBulkAction“ genauer analysiert und optimiert werden, um die Effizienz zu steigern. Das sind aber nur einige Möglichkeiten, um den Prozess weiter zu verbessern.

8.5 Process Information Visualisierung

Die dritte Seite des Reports ([Link](#)) der Prozessvisualisierung, wie in Abbildung 8.3 dargestellt, zeigt die Häufigkeit verschiedener Aktivitäten innerhalb des Flugprozesses. Ziel ist es, die wichtigsten Schritte und ihre absolute Häufigkeit darzustellen, um einen Einblick in die betrieblichen Abläufe zu erhalten.

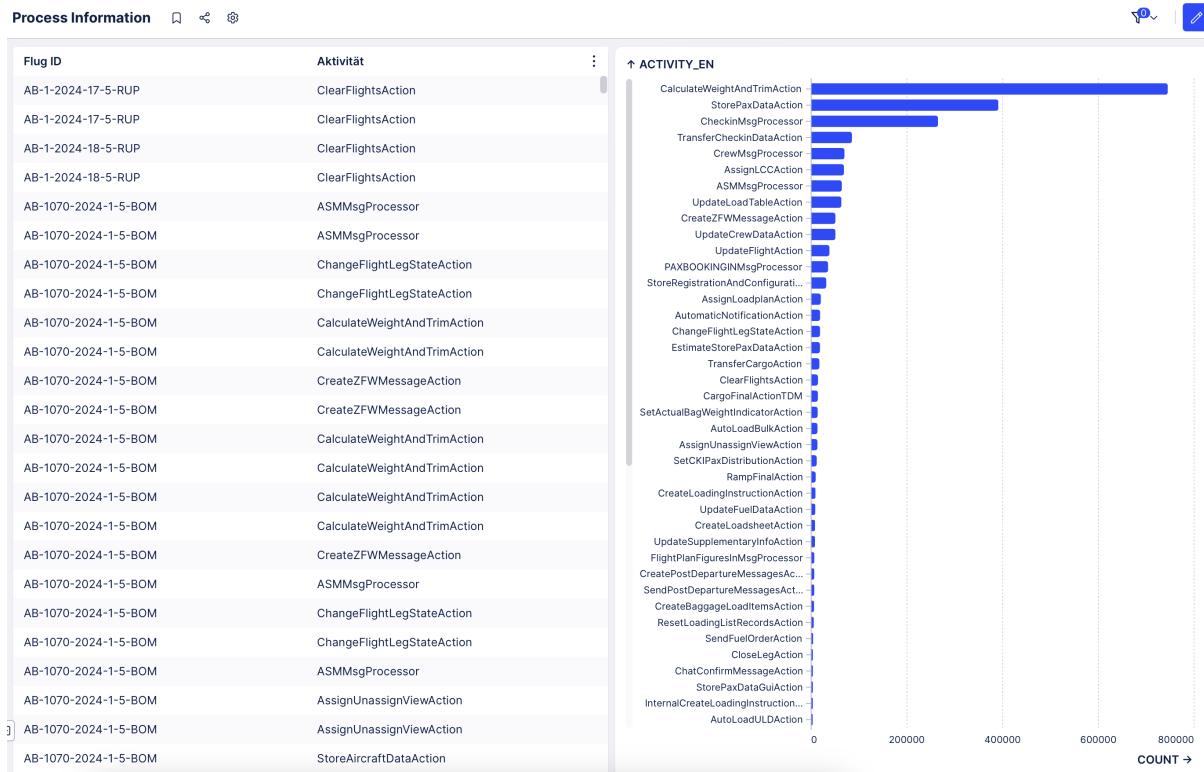


Abbildung 8.3: Screenshot der Process Information Visualisierung aus Celonis.

8.5.1 Tabelle der Aktivitäten

Die linke Tabellenspalte Activity listet eine Vielzahl von Aktivitäten auf, die durch eindeutige Case IDs identifiziert werden. Diese Case IDs ermöglichen es, den Ablauf und die Reihenfolge der Aktivitäten innerhalb der einzelnen Fälle nachzuvollziehen. Durch die Auflistung der Aktivitäten wird deutlich, welche Aufgaben regelmäßig wiederkehren und möglicherweise kritische Punkte im Prozess darstellen.

8.5.2 Balkendiagramm der Aktivitätshäufigkeit

Das Balkendiagramm auf der rechten Seite zeigt die Häufigkeit, mit der jede Aktivität im gesamten Datensatz auftritt. Es ist sofort ersichtlich, dass einige Aktivitäten wie „CalculateWeightAndTrimAction“ und „ASMMsMsgProcessor“ besonders häufig auftreten. Diese Ak-

tivitäten sind zentrale Bestandteile des Prozesses und spielen eine Schlüsselrolle bei der Abwicklung des Flugbetriebs.

8.5.3 Schlüsselaktivitäten

Die häufigsten Aktivitäten wie „CalculateWeightAndTrimAction“ zeigen, dass die Berechnung von Gewicht und Trimmung des Flugzeugs ein kritischer und wiederkehrender Schritt ist. Dies ist zu erwarten, da diese Berechnungen für die Sicherheit und Effizienz eines Fluges unerlässlich sind. Der „ASMMsMsgProcessor“ spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, wahrscheinlich bei der Verarbeitung und Übermittlung wichtiger Nachrichten und Informationen während des Fluges.

8.5.4 Implikationen für das Prozessmanagement

Durch die Visualisierung können potenzielle Engpässe und Verbesserungsbereiche identifiziert werden. Häufige Aktivitäten können automatisiert oder optimiert werden, um die Effizienz zu steigern. Seltene Aktivitäten sollten genauer untersucht werden, um ihre Notwendigkeit und Effizienz zu bewerten.

8.6 Herausforderungen

Die Erstellung der drei Report-Seiten „Process Flow Visualization“ und „Process Information Visualization“ in Celonis brachte verschiedene technische und organisatorische Herausforderungen mit sich. Um diese erfolgreich zu meistern, waren eine sorgfältige Planung, ein tiefes Verständnis der Daten und eine enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Abteilungen des Unternehmens notwendig.

8.6.1 Datenqualität und -integration

Zu den ersten und wichtigsten Herausforderungen gehörten die Sicherstellung der Datenqualität und die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen. Die Flugzeugdaten stammten aus verschiedenen Systemen, darunter das Flugmanagementsystem, das Reservierungssystem und das Crewmanagementsystem. Diese Systeme basierten auf unterschiedlichen Datenformaten und hatten unterschiedliche Aktualisierungszyklen, was die Konsolidierung der Daten erheblich erschwerte.

Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, waren umfangreiche Datenbereinigungen und -transformationen erforderlich. Dubletten mussten entfernt, Inkonsistenzen korrigiert und fehlende Daten ergänzt werden. Dies erforderte nicht nur technisches Know-how, sondern auch eine enge Zusammenarbeit mit den jeweiligen Datenverantwortlichen, um die Korrektheit und Zuverlässigkeit der transformierten Daten sicherzustellen.

8.6.2 Komplexität der Prozessmodellierung

Die Modellierung des gesamten Prozessflusses stellte eine signifikante Herausforderung dar. Die Prozesse in der Luftfahrtindustrie sind von einer hohen Komplexität geprägt, die sich aus zahlreichen Abhängigkeiten sowie Entscheidungspunkten ergibt. Die Herausforderung bestand darin, die Komplexität des Prozesses in einem verständlichen und gleichzeitig detaillierten Prozessflussdiagramm abzubilden.

Die Identifikation der Start- und Endpunkte des Prozesses sowie der Hauptübergänge und Schleifen bedingte eine gründliche Analyse der Daten sowie ein tiefes Verständnis der Geschäftsprozesse. Um sicherzustellen, dass das Prozessflussdiagramm alle relevanten Aktivitäten und deren Beziehungen korrekt darstellt, waren mehrere Iterationen erforderlich. Dies beinhaltete regelmäßige Abstimmungen mit Prozessverantwortlichen und Fachexperten, um sicherzustellen, dass alle wichtigen Aspekte berücksichtigt wurden.

8.6.3 Performance und Skalierbarkeit

Die Visualisierung großer Datenmengen stellte für Celonis eine erhebliche Herausforderung dar, da die Performance gelegentlich an ihre Grenzen stieß. Die „Process Flow Visualization“, welche eine Vielzahl von Datenpunkten und Verbindungen darstellt, führte zu langen Ladezeiten und einer Beeinträchtigung der Interaktivität.

Die Behebung der Performanceprobleme erforderte die Anwendung diverser Optimierungsstrategien. Dazu zählte die Aggregation von Daten, um die Menge der gleichzeitig dargestellten Informationen zu reduzieren, sowie die Implementierung von Caching-Mechanismen zur Beschleunigung wiederholter Abfragen.

8.6.4 Iterative Verbesserung und Feedback

Die Erstellung der Report-Seiten erfolgte in einem iterativen Prozess, wobei regelmäßiges Feedback und kontinuierliche Anpassungen erforderlich waren. Die initialen Versionen der Visualisierungen erfüllten die Anforderungen der Stakeholder nicht und mussten mehrfach überarbeitet werden, um die gewünschten Informationen klar und präzise darzustellen.

Die Durchführung regelmäßiger Feedbackrunden mit den Nutzern erwies sich als außerordentlich vorteilhaft, um eine kontinuierliche Verbesserung der Reports zu erreichen und sie an die spezifischen Anforderungen anzupassen. Dabei war es von entscheidender Bedeutung, eine ausgewogene Balance zwischen Detailtiefe und Übersichtlichkeit zu finden, um sowohl strategische als auch operative Einblicke zu ermöglichen.

9 Zusammenfassung

Dieses Kapitel enthält die Zusammenfassung der Arbeit mit Fazit, Ausblick und Lessons Learned.

9.1 Fazit

Das Projekt zur Datenanalyse und Prozessoptimierung im Bereich der Flugzeugladeplanung hat gezeigt, dass eine strukturierte Herangehensweise und die Nutzung moderner Analysetools wesentliche Erfolgsfaktoren sind. Die Integration von Celonis ermöglichte detaillierte Einblicke in die Prozesse und identifizierte Optimierungspotenziale, die zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung beitragen können.

Die Analyse offenbarte auch Herausforderungen, insbesondere bei der Datenintegration und der Handhabung großer Datenmengen. Die Implementierung geeigneter technischer Lösungen und eine sorgfältige Datenvorbereitung erwiesen sich als entscheidend, um valide Ergebnisse zu erzielen und die Performance der Analysetools sicherzustellen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Bedeutung eines effektiven Projektmanagements. Realistische Zeitpläne, regelmäßige Meilensteine und eine klare Kommunikationsstrategie trugen wesentlich zum Projekterfolg bei und minimierten das Risiko von Verzögerungen und Missverständnissen.

Die Erkenntnisse und Methoden, die im Rahmen dieses Projekts entwickelt wurden, bieten eine solide Grundlage für zukünftige Projekte. Die Möglichkeit, das entwickelte Repository für weitere Analysen zu nutzen, stellt einen zusätzlichen Vorteil dar und fördert die kontinuierliche Verbesserung und Anpassung der Analysemethoden.

9.2 Lessons Learned

Die Durchführung des Projekts offenbarte eine Vielzahl von Erkenntnissen, die für den zukünftigen Projekterfolg von entscheidender Bedeutung sind. Zunächst zeigte sich, dass die Komplexität des Projekts ein striktes Projektmanagement sowie eine realistische Zeitplanung erforderte. Die Integration von Pufferzeiten und regelmäßigen Meilensteinen erwies sich als essenziell, um Verzögerungen zu minimieren und den Überblick über den Projektfortschritt

zu behalten. Unrealistische Zeitpläne und die Vernachlässigung von Pufferzeiten führten hingegen zu erheblichen Zeitdruck und Stress. Daher sind realistische Zeitpläne, die auch unvorhergesehene Verzögerungen einplanen, sowie regelmäßige Meilensteine zur Fortschrittsüberprüfung unerlässlich für den Projekterfolg.

Ein weiteres Problem stellte die Kommunikation und Koordination zwischen den verschiedenen Teammitgliedern dar, die gelegentlich ineffizient war und zu Missverständnissen und Verzögerungen führte. Hier zeigte sich, dass eine klare und strukturierte Kommunikationstrategie notwendig ist, um diese Probleme zu beheben und eine effiziente Zusammenarbeit zu gewährleisten.

Die Verarbeitung großer Datenmengen führte zu Performance-Problemen, was die Notwendigkeit aufzeigte, geeignete technische Lösungen und Infrastrukturen frühzeitig einzuplanen. Die Nutzung der Pull-Request-Funktion von GitHub erwies sich als äußerst vorteilhaft, da sie den Teammitgliedern ermöglichte, Änderungen vorzuschlagen, die dann von anderen überprüft und kommentiert werden konnten. Dies führte zu qualitativ hochwertigerem Code durch regelmäßige Peer-Reviews und verbesserte die Zusammenarbeit innerhalb des Teams erheblich.

Zusätzlich bot GitHub eine robuste Plattform für die Versionskontrolle, die es ermöglichte, Änderungen am Code effizient zu verfolgen und ältere Versionen bei Bedarf wiederherzustellen. Dies minimierte das Risiko von Datenverlust und erleichterte die Nachverfolgung von Änderungen, was sich als äußerst wertvoll für das Projektmanagement erwies.

Besondere Bedeutung hatten die regelmäßigen wöchentlichen Meetings mit den Stakeholdern. Diese Meetings förderten eine offene Kommunikation, ermöglichten es dem Team, Fragen zu stellen und sofortiges Feedback zu erhalten, und sorgten dafür, dass alle Beteiligten stets über den aktuellen Projektfortschritt informiert waren. Durch diese regelmäßige Abstimmung konnten Missverständnisse vermieden, Risiken frühzeitig identifiziert und gemeinsame Lösungen entwickelt werden. Insgesamt trugen die Meetings wesentlich zur Transparenz, Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung im Projekt bei.

9.2.1 Data Engineering

Die Analyse und Verarbeitung der Projektdaten führte zu einer Reihe von wertvollen Erkenntnissen, die für künftige Projekte von entscheidender Bedeutung sind. Ein zentrales Thema war die Wahl des geeigneten Dateiformats. Obwohl CSV als Dateiformat weit verbreitet und mit verschiedenen Tools wie Celonis kompatibel ist, erwies es sich aufgrund großer Datengrößen und fehlender Unterstützung für Schema/Datentypen als ineffizient für die Speicherung. Daher wurde Parquet als zwischenzeitliche Lösung genutzt, um die Effizienz zu steigern. Die

finalen Ergebnisse wurden jedoch wieder in CSV konvertiert, um die Kompatibilität mit Celonis zu gewährleisten.

Ein weiteres bedeutendes Problem war die Datengröße von etwa 3,5 GB, die nicht in GitHub speicherbar war. Aufgrund des 100 MB File-Upload-Limits von GitHub wurde eine Parquetierung und eine chunkweise Speicherung der Daten durchgeführt, um dieses Problem zu umgehen. Diese Strategie erwies sich als effektiv, um die Daten innerhalb der GitHub-Beschränkungen zu handhaben.

Bei der Datenvorverarbeitung traten erhebliche Runtime-Probleme auf, da Informationen zeilenweise aus den Entry Details extrahiert werden mussten. Dies führte zu ineffizienten Laufzeiten. Die Lösung bestand in der Implementierung von Multiprocessing, um die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Zudem waren verschachtelte For-Loops in den Funktionen zur Extraktion der Daten zwingend notwendig, was jedoch die Performance weiter beeinträchtigte.

Die Daten lagen zunächst lediglich als ein großer String vor, was die Nutzung von Regular Expressions (RegEx) zur Extraktion der relevanten Informationen erforderlich machte. Das Verständnis und die Anwendung von RegEx waren zu Beginn eine Herausforderung, konnten aber letztlich erfolgreich bewältigt werden.

Ein weiteres Problem bestand in semantisch fehlerhaften Daten, die nicht zur Zeithistorie passten und daher gefiltert werden mussten. Dies war notwendig, um die Datenqualität sicherzustellen und verlässliche Analysen durchführen zu können. Ein eindeutiger Schlüssel (flight_id) wurde erstellt, um die Daten eindeutig zu identifizieren und zu verknüpfen. Außerdem wurden bedeutende Aktionen ausgewählt, um den Fokus der Analyse zu schärfen.

Die Integration der Implementierungen beider Data Engineers stellte eine weitere Herausforderung dar, die jedoch durch sorgfältige Koordination und Zusammenarbeit erfolgreich gemeistert wurde. Eine besondere Schwierigkeit war, dass Millisekunden nicht in der creation_time vorhanden waren und aus der header_line extrahiert werden mussten. Diese zusätzliche Datenextraktion war notwendig, um die Genauigkeit der Zeitstempel zu gewährleisten.

9.2.2 Prozessanalyse

Während der Durchführung der Prozessanalyse wurden einige Punkte sichtbar, die man für zukünftige Projekte nutzen kann. Zunächst stellte sich heraus, dass Celonis deutlich komplexer ist als ursprünglich gedacht. Um die notwendigen Kenntnisse zu erwerben, wurden Tutorials über YouTube angeschaut.

Das Process Mining gestaltete sich als sehr schwierig bei dem vorliegenden Datensatz. Die Komplexität und Variabilität der Daten machten es schwer, klare und aussagekräftige Analysen durchzuführen. Diese Erfahrung zeigte, dass die Aufbereitung der Daten von entscheiden-

der Bedeutung für die Weiterverarbeitung in Celonis ist. Eine sorgfältige Bereinigung, Strukturierung und Formatierung der Daten ist unerlässlich, um valide und nützliche Ergebnisse zu erzielen.

Ein weiterer kritischer Punkt war die Integration der Daten. Die komplexe Integration der Daten aus verschiedenen Quellen stellte eine erhebliche Herausforderung dar. Unterschiedliche Formate machten den Integrationsprozess äußerst kompliziert.

9.3 Ausblick

Der Bericht hat die Herausforderungen und Lösungen im Rahmen der Projektrealisierung detailliert analysiert und dokumentiert. Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen bieten wertvolle Einblicke für zukünftige Projekte, insbesondere im Bereich der Datenanalyse und Prozessoptimierung.

Zukünftig wird es wichtig sein, die im Rahmen dieses Projekts entwickelten Methoden und Werkzeuge weiter zu verfeinern und an neue Herausforderungen anzupassen. Ein Schwerpunkt sollte dabei auf der kontinuierlichen Verbesserung der Datenqualität und -integration liegen. Hierbei sind insbesondere fortlaufende Schulungen und Weiterbildungen der Mitarbeiter von Bedeutung, um die Handhabung komplexer Analysetools wie Celonis zu optimieren.

Ein weiterer zentraler Punkt für die Zukunft ist die verstärkte Nutzung von Automatisierungs-technologien. Durch die Automatisierung von Routineprozessen können Ressourcen effizienter genutzt und Fehlerquellen minimiert werden. Zudem bietet die Implementierung von Machine Learning und Künstlicher Intelligenz Potenzial zur Verbesserung der Prozessanalysen und -prognosen.

Ein zusätzlicher Vorteil dieses Projekts ist die Möglichkeit, das entwickelte Repository für weitere Projekte innerhalb des Unternehmens zu nutzen. Das Repository kann als zentrale Plattform für zukünftige Datenanalysen dienen, wodurch redundante Arbeiten vermieden und bestehende Daten und Analysen effizient wiederverwendet werden können.

Ein regelmäßiger Austausch mit anderen Unternehmen und Experten im Bereich der Datenanalyse und Prozessoptimierung wird ebenfalls empfohlen. Dies ermöglicht es, von den Erfahrungen und Best Practices anderer zu profitieren und eigene Prozesse kontinuierlich zu hinterfragen und zu verbessern.

10 Beispiel-Anhang: Testanhang

10.1 Meta Daten der Actions

actions_meta_data

Action Name	Kurzbeschreibung
AcceptTransitDataAction	Empfang von Transit-Daten
AcceptTransitLoadAction	Empfang von Transit-Daten
AcceptTransitNotocAction	Empfang von Transit-Daten
ASMMsgProcessor	Verarbeitung einer ASM Message
AssignLCCAction	Zuweisung eines LoadControlCenters
AssignLoadplanAction	Zuordnung eines Flug(legs) an einen Loadcontroller
AssignUnassignViewAction	Anzeige der Zuordnung eines Flug(legs) an einen Loadcontroller
AutoLoadBulkAction	automatische Ladeplanung (Bulk = Palette)
AutoLoadULDAction	automatische Ladeplanung (ULD = Container)
AutomaticNotificationAction	automatische Benachrichtigung
CalculateWeightAndTrimAction	Berechnung der Gewichtsverteilung
CargoFinalAction	Mitteilung der aktuellen Fracht-Daten
CargoFinalActionTDM	Datenbanktransaktion
ChangeFlightLegStateAction	Änderung des Flugleg-Status
ChatConfirmMessageAction	Empfang einer Nachricht zwischen Loadcontroller und Pilot
ChatSendMessageAction	Senden einer Nachricht zwischen Loadcontroller und Pilot
CheckinMsgProcessor	Verarbeitung einer Check-in Message
ClearFlightsAction	Datenbanktransaktion
CloseLegAction	Schließen eines Fluglegs
CopyCargoTableAction	Datenbanktransaktion
CopyLoadItemsAction	Datenbanktransaktion
CopyPaxDataAction	Datenbanktransaktion
CopyPaxLoadDataAction	Datenbanktransaktion
CreateAndSendFuelOrderAction	Erstellen und Senden der Treibstoffbestellung
CreateAndSendUldOrdMessageAction	Erstellen und Senden der Containerbestellung
CreateBaggageLoadItemsAction	Erstellen der Gepäck-Ladeanweisung
CreateLoadingInstructionAction	Erstellen der Loading Instruction
CreateLoadsheetsAction	Erstellen des Loadsheets
CreatePostDepartureMessagesAction	Erstellen einer Information nach Abflug
CreateZFWMessageAction	Erstellen der Gewichtsschätzung
CrewMsgProcessor	Verarbeitung einer Crew Message
EstimateStorePaxDataAction	Erstellen und Speichern einer Passagierdaten-Schätzung
FlightPlanFiguresInMsgProcessor	Verarbeitung einer Flugplandaten-Message
FuelDataInitializer	Initialisieren von Treibstoffdaten
GetCabinConfigurationsAction	Abfragen der Kabinen-Konfiguration eines Fluges

InternalCreateLoadingInstructionAct	Datenbanktransaktion
InternalCreateLoadsheetAction	Datenbanktransaktion
PAXBOOKINGINMsgProcessor	Verarbeitung von Passierdaten
RampFinalAction	Schließen eines Fluges durch den Ramp Agent
ReopenLegAction	Wiedereröffnung eines Fluges
ResetLoadingListRecordsAction	Datenbanktransaktion
SelectFuelOrderAction	Datenbanktransaktion
SendFuelOrderAction	Senden der Treibstoffbestellung
SendLoadingInstructionAction	Senden der Loading Instruction an den Loadcontroller
SendLoadsheetAction	Senden des Loadsheets
SendPostDepartureMessagesAction	Senden einer Information nach Abflug
SetActualBagWeightIndicatorAction	Festlegen des Gepäckindikators
SetCKIPaxDistributionAction	Festlegen der Passagierverteilung nach Check-in
SpecialPaxWeightAction	Meldung von speziellen passagierbezogenen Gewichten
StoreAircraftDataAction	Speichern von durchschnittlichen Check-In-Werten
StoreCKIAverageWeightAction	Speichern von Flugzeugdaten
StorePaxDataAction	Speichern von Passagierdaten (Schnittstelle)
StorePaxDataGuiAction	Speichern von Passagierdaten (GUI)
StoreRegistrationAndConfigurationAc	Speichern der Flugzeugregistration und Konfiguration
TdmCreateLoadingInstructionAction	Datenbanktransaktion
TransferCargoAction	Übermitteln von Frachtdaten
TransferCheckinDataAction	Übermitteln von Check-In Daten
UpdateCargoMailEstimatesAction	Update der Fracht- und Post-Daten
UpdateCrewDataAction	Update der Crew-Daten
UpdateEstimatesAction	Update der Schätzwerte
UpdateFlightAction	Update von Flugdaten
UpdateFuelDataAction	Update von Treibstoffdaten
UpdateHistoricalFlightLegInfoAction	Update historischer Flugdaten
UpdateLastEzfwSentAction	Update der letzten Schätzwerte (EZFW)
UpdateLoadTableAction	Datenbanktransaktion
UpdateSupplementaryInfoAction	Update von Zusatzinformationen
UpdateTransitLoadTableAction	Datenbanktransaktion

10.2 Projektauftrag

Projektauftrag

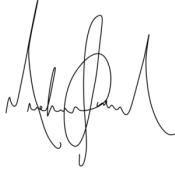
Projektname:	Flugzeugladeplanung - Datenanalyse
Projektnummer:	P01FLP34
Auftraggeber:	Flugladeplaner24
Erstellungsdatum:	10.05.2024
Projektausrichtung:	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Verbesserung der Genauigkeit der Flugzeugladeplanung. • Fokus: Analyse von Plan- und Ist-Gewichten zur Optimierung der Auslastung. • Vorgehensweise: Datenaufbereitung und -visualisierung, Prozessanalyse. • Erwartetes Ergebnis: Effizienzsteigerung und Umsatzoptimierung durch verbesserte Ladeplanung.
Ausgangslage:	Das Auftragsunternehmen ist verantwortlich für die Ladeplanung von Flugzeugen. Dies geschieht mithilfe von vorausschauender Planung mit Planwerten und resultierenden finalen Werten. Das Ziel ist es, mit den Gewichtsplanwerten möglichst genau an die finalen Gewichtswerte heranzukommen, um das Maximalgewicht eines Fluges möglichst optimal auszunutzen. Teile des Prozesses laufen automatisiert ab und Teile manuell. Der Ablauf dieses Prozesses wird in tabellarischer Form in einer CSV-Datei festgehalten.
Priorität:	Die Priorität des Projekts liegt in der Analyse der Planwerte und finalen Gewichtswerte, um zu verstehen, ob in diesem Prozess Verbesserungsbedarf besteht. Durch bessere Planung kann der Umsatz gesteigert werden.
Projektabgrenzung:	<ul style="list-style-type: none"> • Die Analyse von Ladeprozessen für andere Transportmittel, wie z.B. LKWs und Schiffe, ist nicht im Projekt enthalten. • Es erfolgt keine Entwicklung oder Implementierung neuer Softwaresysteme zur Ladeplanung. • Es erfolgt keine Erhebung neuer Daten; es werden ausschließlich vorhandene CSV-Daten genutzt. • Es erfolgt kein Eingriff in die operative Durchführung der Ladeplanung; die Tätigkeit beschränkt sich auf Analyse und Empfehlungen.

Projektziele:	Das Hauptziel der Analyse im Bereich der Flug-Ladeplanung besteht darin, die relevanten Daten sorgfältig aufzubereiten und anschaulich in einem spezialisierten Datenvisualisierungsprogramm (z.B. Tableau) darzustellen. Diese aufbereiteten Erkenntnisse sollen den Abteilungsleitern der Ladeplanung klar und verständlich präsentiert werden, um ihnen fundierte Einsichten zu bieten, die zur Optimierung des Planungsprozesses beitragen können. Zwei zentrale Aspekte dieser Analyse sind zum einen die detaillierte Gewichtsanalyse, die Planwerte mit den tatsächlichen Realwerten vergleicht, und zum anderen die Untersuchung des Prozessablaufs. Diese umfasst das Erkennen von Abweichungen und die Visualisierung des Automatisierungsgrades, um potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen.
Qualitativer Nutzen:	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Entscheidungsgrundlage: Bereitstellung fundierter Datenanalysen, die den Abteilungsleitern der Ladeplanung bessere Einsichten und Entscheidungsgrundlagen bieten. • Erhöhte Prozessqualität: Erkennung und Behebung von Schwachstellen im Ladeplanungsprozess, was zu effizienteren Abläufen führt. • Wettbewerbsvorteil: Stärkung der Marktposition durch verbesserte Planungsgenauigkeit und Effizienz, die das Unternehmen gegenüber Wettbewerbern abhebt. • Transparenz: Schaffung von mehr Transparenz im Ladeplanungsprozess durch detaillierte Visualisierungen und Berichte.
Quantitativer Nutzen:	<ul style="list-style-type: none"> • Umsatzsteigerung: Erhöhung des Umsatzes um ca. 3% durch verbesserte Ladeplanung, was bei einem jährlichen Umsatz von 10 Millionen Euro etwa 300.000 € mehr pro Jahr entspricht. • Kostenreduktion: Einsparungen von ca. 50.000 € jährlich durch effizientere Nutzung des Flugzeugmaximalgewichts und Reduktion von Überlastungsgebühren. • Zeitersparnis: Reduktion der Planungszeit um 20%, was einer Einsparung von ca. 80 Arbeitsstunden pro Monat entspricht (bei einem Stundensatz von 50 € etwa 4.000 € pro Monat).
Risiken:	<ul style="list-style-type: none"> • Es besteht die Möglichkeit, dass aus den analysierten Daten keine eindeutigen Verbesserungsvorschläge für den Kunden abgeleitet werden können.

	<ul style="list-style-type: none"> • Es besteht das Risiko einer Überschreitung der Zeitbeschränkung, falls mehr Aufwand benötigt wird, als ursprünglich eingeplant war.
Risiken bei Nichtdurchführung:	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Nichtdurchführung besteht das Risiko, dass durch eine nicht optimale Ladungsplanung möglicher Umsatz verloren geht. • Wenn die Durchführung des Projekts nicht stattfindet, besteht die Möglichkeit, dass konkurrierende Unternehmen durch tiefere Prozesseinblicke eine bessere Ladeplanung anbieten.
Gegenmaßnahmen:	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Gegenmaßnahme, um zu verhindern, dass kein Verbesserungspotenzial aus den Daten herausgelesen werden kann, ist die Beschaffung möglichst vieler verschiedener Daten vom Kunden. Dadurch erhöhen sich die Chancen, Verbesserungspotenziale zu entdecken. • Um das Risiko einer Überschreitung der Zeitbeschränkung zu minimieren, wird der Projektaufwand ausführlich geplant.
Sachmittel:	<ul style="list-style-type: none"> • Hardware: Computer für Datenanalyse und Speicherung. • Software: Datenanalyse- und Visualisierungsprogramme (z.B. Tableau, Excel), Programmierools (z.B. Python). • Datenquellen: Zugang zu vorhandenen CSV-Dateien. • Arbeitsplätze: Büroausstattung wie Schreibtische, Stühle, Monitore für das Projektteam. • Kommunikation: Telefon, E-Mail, Videokonferenzsysteme für die interne und externe Kommunikation. • Literatur und Dokumentation: Handbücher, Leitfäden, und technische Dokumentationen zur Unterstützung der Datenanalyse.
Kosten:	<ul style="list-style-type: none"> • Personalkosten: Gehälter für Projektleiter und Projektmitglieder. (50.000 € (5 Mitarbeiter x 5.000 € pro Monat x 2 Monate)). Überstundenvergütungen (ca. 5.000 € (geschätzt)). • Hardwarekosten: Wartung und Reparaturen vorhandener Hardware (ca. 2.000 €). • Softwarekosten: Lizenzgebühren für Datenanalyse- und Visualisierungsprogramme (z.B. Tableau). Kosten für spezielle Programmierools und Software-Updates (ca. 2.000 € (für 2 Monate)). • Bürokosten: Miete für Büoräume (ca. 4.000 € (2 Monate)). Kosten für Büroausstattung und

	-materialien (Schreibtische, Stühle, Monitore, Drucker) (ca. 2.000 €). <ul style="list-style-type: none"> Sonstige Kosten: Unvorhergesehene Ausgaben und Risikopuffer (ca. 2.000 €). <p>Gesamt: ca. 67.000 €</p>
Teilnehmer:	Projektauftraggeber: Flugladeplaner24
	Projektleiter: Aref Hasan (arefhasanx@gmail.com)
	Projektmitglieder: Christian Schmid, Niklas Scholz, Luca Mohr, Nik Yakovlev
	Sonstige Beteiligte: -
Projekttermine:	Startdatum: 08.05.2024 Enddatum: 18.07.2024
Projektphasen:	Meilensteine: Datum:
	Projektauftrag: Der Projektauftrag besteht aus dem Scope-Dokument, in dem ein grundlegender Überblick über das Projekt (Scope) gegeben wird. Außerdem werden hier das Lastenheft und das Pflichtenheft erstellt, in denen detailliert beschrieben wird, wie das Ergebnis aussehen soll und welche Aspekte der Report abdeckt. Der letzte Punkt im Projektauftrag ist die Festlegung eines groben Projektstrukturplans, in dem festgehalten wird, wie das Projekt aufgebaut ist.

	Zwischenstand: Im Zwischenstands-Meeting wird ein detaillierter Projektstrukturplan vorgestellt. Dieser wird ergänzt durch einen Netzplan oder einen Gantt-Chart.	21.06.2024
	Abschlusspräsentation: In der Abschlusspräsentation werden der Report und der Projektabchlussbericht vorgestellt. Der Report wird in Form einer Systemdemo präsentiert, bei der die Ergebnisse Schritt für Schritt erklärt werden, um alles möglichst verständlich darzustellen. Der Projektabchlussbericht sollte Folgendes enthalten: Lessons Learned, Reflexion, erfüllte/nicht erfüllte Kriterien aus dem Pflichtenheft sowie einen Ausblick.	18.07.2024
Umgang mit Change-Requests	<ul style="list-style-type: none"> Bei Change-Requests wird ein Meeting mit dem Kunden aufgesetzt, in welchem das Lasten- und Pflichtenheft in Zusammenarbeit überarbeitet werden und auch der Projektstrukturplan angepasst wird. Bei Change-Requests bitte eine E-Mail an den Projektleiter senden. 	
Wesentliche beteiligte Abteilungen	<ul style="list-style-type: none"> Abteilung, welche die Planwerte für die Ladeplanung ermittelt (Auftraggeber) Abteilung, welche für den Prozessablauf verantwortlich ist (Auftraggeber) 	

	• Data Analysis Abteilung (Auftragnehmer)	
Unterschriften:	 Projektleiter	 Projektauftraggeber

10.3 Lastenheft



Lastenheft

Lastenheft - Flugzeugladeplanung

Version 0.2

Autor des Dokuments	Sina Bauer	Erstellt am	17.05.2024
Dateiname	Lastenheft		
Seitenanzahl	9	© 2024 Flugladeplanung24	Vertraulich!

Lastenheft**Historie der Dokumentversionen**

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
0.1	17.05.2024	Sina Bauer	Ersterstellung
0.2	20.05.2024	Sina Bauer	Allgemeine Änderungen

Inhaltsverzeichnis

Historie der Dokumentversionen	2
Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	4
1.1 Allgemeines	4
1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments	4
1.1.2 Projektbezug	4
1.1.3 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten	4
1.2 Verteiler und Freigabe	4
1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft	4
1.3 Reviewvermerke und Meeting-Protokolle	4
1.3.1 Erstes bis n-tes Review	4
2 Konzept und Rahmenbedingungen	5
2.1 Ist-Zustand	5
2.2 Ziele	5
2.3 Nutzen	5
2.4 Benutzer / Zielgruppen	5
2.5 Systemvoraussetzungen	5
2.6 Ressourcen	5
3 Beschreibung der Anforderungen	6
3.1 Anforderung 1	6
3.1.1 Beschreibung	6
3.1.2 Wechselwirkungen	6
3.1.3 Risiken	6
3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen	6
3.1.5 Grobschätzung des Aufwands	6
3.2 Anforderung 2	7
3.2.1 Beschreibung	7
3.2.2 Wechselwirkungen	7
3.2.3 Risiken	7
3.2.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen	7
3.2.5 Grobschätzung des Aufwands	7
3.3 Anforderung 3	7
3.3.1 Beschreibung	7
3.3.2 Wechselwirkungen	8
3.3.3 Risiken	8
3.3.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen	8
3.3.5 Grobschätzung des Aufwands	8
3.4 Anforderung 4	8

Lastenheft

3.4.1	Beschreibung	8
3.4.2	Wechselwirkungen	8
3.4.3	Risiken	8
3.4.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	8
3.4.5	Grobschätzung des Aufwands	8
4	Freigabe / Genehmigung	9

Lastenheft

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments

Dieses Lastenheft beschreibt die Anforderungen und Ziele des Projekts zur Analyse, Visualisierung und Auswertung von Flugladegewichtsdaten verschiedener Airlines sowie zur Untersuchung des allgemeinen Prozessablaufs.

1.1.2 Projektbezug

Das Projekt bezieht sich auf die Flug-Ladeplanung und hat das Ziel, relevante Daten sorgfältig aufzubereiten und anschaulich darzustellen, um fundierte Einsichten zur Optimierung des Planungsprozesses zu bieten.

1.1.3 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten

- Dient als Grundlage für die Ausarbeitung des Pflichtenheftes und das Angebot.

1.2 Verteiler und Freigabe

1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle / Rollen	Name	Telefon	E-Mail	Bemerkungen
Abteilungsleiter	Peter Smith	015266857522	peter.smith@flugladeplaner24.com	
Teamleiter	Maximilian Günther	017135847532	maximilian.guenther1@flugladeplaner24.com	Ansprechpartner in Fachabteilung
Business Process Engineer	Sina Bauer	017245877512	sina.bauer@flugladeplaner24.com	Ansprechpartner in Fachabteilung

1.3 Review Vermerke und Meeting-Protokolle

1.3.1 Erstes bis n-tes Review

- Datum und Uhrzeit des Meetings: 17. Mai 2024, 14:00 Uhr
- Teilnehmer:
 - Peter Smith
 - Sina Bauer
 - Maximilian Günther
- Agenda:
 - Besprechung der Anforderungen
 - Festlegung der Prioritäten
 - Planung der nächsten Schritte
- Diskussionen und Entscheidungen:
 - Einigung auf die hohe Priorität der Gewichtsanalyse und des Vergleichs.
- To-Dos:
 - Maximilian Günther: Bereitstellung der Datenquellen bis zum 12. Mai 2024

Lastenheft

2 Konzept und Rahmenbedingungen

2.1 Ist-Zustand

Derzeit erfolgt die Ladeplanung der Flugzeuge manuell und teilweise automatisiert, wobei unterschiedliche Systeme und Methoden von verschiedenen Airlines und Flughäfen genutzt werden. Die Datenqualität und -verfügbarkeit sind inkonsistent, was die Analyse und Optimierung erschwert. Bestehende Systeme bieten keine umfassende Visualisierung der Ladeprozesse und Automatisierungsgrade, was die Übersicht über den Prozess einschränkt.

2.2 Ziele

- Verbesserung der Ladeplanung durch detaillierte Gewichtsanalyse und Untersuchung des Prozessablaufs.
- Identifizierung von Abweichungen und Visualisierung des Automatisierungsgrades.
- Bereitstellung fundierter Einsichten zur Optimierung des Planungsprozesses.

2.3 Nutzen

- Sorgfältige Aufbereitung und anschauliche Darstellung der Flugladegewichtsdaten erleichtern die Interpretation der Daten.
- Analyse des Automatisierungsgrades je Fluggesellschaft ermöglicht gezielte Optimierungsmaßnahmen.
- Effizienzsteigerung und Prozessverbesserungen durch fundierte Datenanalysen.

2.4 Benutzer / Zielgruppe

- Abteilungsleiter der Ladeplanung
- Mitarbeiter der Ladeplanung
- Prozessoptimierer

2.5 Systemvoraussetzungen

- Cloud-Zugang: Um auf die Reports und Analyseergebnisse zugreifen zu können, wird ein gesicherter Cloud-Zugang benötigt.
- Sicherheitsprotokolle: Einhaltung von Datensicherheits- und Datenschutzstandards, um die Vertraulichkeit und Integrität der Daten zu gewährleisten.

2.6 Ressourcen

Als Auftraggeber stellen wir eine umfassende Cloud-Umgebung zur Verfügung, in der Entwicklungsumgebungen initialisiert und auf unseren Servern betrieben werden können. Diese Entwicklungsumgebungen werden innerhalb von virtuellen Maschinen betrieben, die auf unseren Servern laufen. Dadurch kann ausreichende Rechenkapazität zur Verfügung gestellt werden, sodass das Entwicklerteam genügend Rechenkapazität zur freien Verfügung hat.

Lastenheft

3 Beschreibung der Anforderungen

Im Rahmen des Projekts wurden vier Anforderungen definiert, um die Prozesse und Analysen in der Flugzeug-Ladeplanung zu verbessern. Die erste Anforderung (ID A_01) betrifft die Gewichtsanalyse. Gewichtswerte sollen zu verschiedenen Zeitpunkten ermittelt und mit dem finalen Gewicht verglichen werden. Risiken bestehen in Datenqualität und -integration. Die zweite Anforderung (ID A_02) fokussiert sich auf die Prozessablaufanalyse und Visualisierung. Ziel ist es, Prozessschritte und den Automatisierungsgrad zu analysieren, um Optimierungspotenziale zu erkennen. Herausforderungen liegen in der Datenintegration und -qualität. Die dritte Anforderung (ID A_04) umfasst die Fehler- und Risikoanalyse im Planungsprozess. Es sollen Fehler und Risiken identifiziert und bewertet werden. Risiken bestehen in der Datenvollständigkeit und -genauigkeit. Die vierte Anforderung (ID A_05) betrifft die Bereitstellung eines Reports mit allen Analyseergebnissen und Optimierungsvorschlägen. Integration in bestehende Berichtsvorlagen ist notwendig, wobei Datensicherheit eine wichtige Rolle spielt.

3.1 Anforderung 1

Nr. / ID	A_01	Nichttechnischer Titel	Gewichtsanalyse
Quelle	Projektauftrag	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft

3.1.1 Beschreibung

- Ermitteln von Gewichtswerten zu verschiedenen Zeitpunkten im Planungsprozess aus den unterschiedlichen Messagetypen.
- Ermitteln des finalen Gewichtswerts und auf welchem System dieser basiert.
- Vergleich der Gewichte zu den verschiedenen Zeitpunkten (Planwerte) mit dem finalen Wert.
- Darstellung der Differenz zum finalen Gewichtswert im Zeitverlauf.

3.1.2 Wechselwirkungen

- Diese Anforderung muss vom Entwicklerteam nahtlos in die bestehenden Systeme der Airlines und Flughäfen integriert werden.
- Die Implementierung sollte keine bestehenden Prozesse unterbrechen oder signifikante Änderungen an der Systemarchitektur erfordern.

3.1.3 Risiken

- Ein mögliches Risiko für das Entwicklerteam könnte zum einen die fehlende Datenqualität und -verfügbarkeit sein.
- Außerdem können Zeitbeschränkungen ein Problem für das Entwicklerteam darstellen.
- Die Komplexität der Datenintegration kann ebenfalls ein erhebliches Risiko darstellen.

3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Vergleich bestehender Visualisierungen und Analysen von Ladeplanungs- und Gewichtsdaten mit dem Ergebnis des Entwicklerteams.
- Untersuchen, ob bestehende Lösungen modular erweitert oder angepasst werden können, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

3.1.5 Grobschätzung des Aufwands

- Der Aufwand dieser Anforderung ist vermutlich für das Entwicklerteam sehr hoch, da die Gewichtsanalyse und der Vergleich die höchste Priorität haben.
- Es wird voraussichtlich umfangreiche Tests und Validierungen erfordern, um sicherzustellen, dass die Gewichtsdaten korrekt und konsistent über alle Zeitpunkte hinweg erfasst und verglichen werden können.

Lastenheft

3.2 Anforderung 2

Nr. / ID	A_02	Nichttechnischer Titel	Prozessablaufanalyse und -visualisierung		
Quelle	Projektauftrag	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Hoch

3.2.1 Beschreibung

Unser Ziel ist es, die Prozessabläufe bei der Flugzeugladeplanung detailliert zu analysieren und visuell darzustellen. Dies umfasst das Ermitteln der verschiedenen Schritte im Prozess anhand der vorliegenden Daten und die Unterscheidung zwischen automatisierten und manuellen Aktionen. Besonders wichtig ist dabei die Analyse des Automatisierungsgrades, um zu verstehen, wie effizient die Prozesse ablaufen und wo Optimierungspotenzial besteht.

3.2.2 Wechselwirkungen

- Verbesserte Effizienz: Durch die detaillierte Analyse und Visualisierung der Prozessabläufe können wir Schwachstellen und Ineffizienzen identifizieren und gezielt Maßnahmen zur Prozessoptimierung ergreifen.
- Automatisierungsgrad erkennen: Die Unterscheidung zwischen manuellen und automatisierten Prozessen hilft uns, Bereiche zu identifizieren, die durch Automatisierung verbessert werden könnten, was zu einer Reduzierung der Fehlerquote und einer Beschleunigung der Abläufe führen kann.
- Bessere Entscheidungsfindung: Fundierte Einblicke in die Prozesse ermöglichen es uns, datengestützte Entscheidungen zu treffen, die die Lagegenauigkeit und die Gesamteffizienz verbessern.

3.2.3 Risiken

- Datenqualität: Mögliche Schwierigkeiten bei der Sicherstellung der Datenqualität und der genauen Erfassung der Prozessdaten.
- Komplexität der Datenintegration: Die Integration und Analyse der Daten aus unterschiedlichen Quellen kann komplex und zeitaufwendig sein.

3.2.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Die bestehende Standardpraxis bei der Analyse und Visualisierung von Prozessabläufen in der Luftfahrtindustrie wird als Orientierung herangezogen.

3.2.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Umsetzung dieser Anforderung ist mit einem hohen Aufwand verbunden, da sie eine detaillierte Analyse und komplexe Integration der Daten erfordert. Dies ist jedoch notwendig, um die gewünschten Erkenntnisse zur Optimierung der Prozessabläufe zu gewinnen.

3.3 Anforderung 3

Nr. / ID	A_03	Nichttechnischer Titel	Detaillierte Fehler- und Risikoanalyse		
Quelle	Projektauftrag	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Mittel

3.3.1 Beschreibung

- Eine umfassende Analyse der Daten zur Identifizierung und Bewertung von Fehlern und Risiken im Planungsprozess, gegebenenfalls über verschiedene Zeiträume und Airlines hinweg.

Lastenheft**3.3.2 Wechselwirkungen**

- Die Lösung sollte sich gut in die bestehende Systemlandschaft integrieren lassen und relevante Datenquellen nutzen können.

3.3.3 Risiken

- Es besteht die Möglichkeit, dass die verfügbaren Daten unvollständig oder ungenau sind, was die Analyse erschweren könnte. Zudem können Schwierigkeiten bei der Kategorisierung und Analyse der Fehlerursachen auftreten.

3.3.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Evaluierung bestehender Methoden zur Fehler- und Risikoanalyse in der Flugladeplanung.

3.3.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Umsetzung dieser Anforderung stellt einen erheblichen Aufwand für das Entwicklerteam dar, da verschiedene Fehler untersucht werden müssen.

3.4 Anforderung 4

Nr. / ID	A_04	Nichttechnischer Titel	Bereitstellung der Analyseergebnisse als Report		
Quelle	Projektauftrag	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Mittel

3.4.1 Beschreibung

- Es wird ein Report mit sämtlichen Ergebnissen der Analyse und Vorschläge für mögliche Änderungen vom Entwicklerteam verlangt, um dann schlussendlich Prozesse und den Ressourcenbedarf zu optimieren.

3.4.2 Wechselwirkungen

- Abhängigkeit von der Verfügbarkeit und Qualität der Daten.
- Der Bericht soll an alle am Prozess beteiligten Abteilungen gesendet und anhand einer Präsentation erklärt werden.

3.4.3 Risiken

- Sicherstellung der Datensicherheit und -vertraulichkeit in dem Report, da dieser sensible Daten enthält, die für das Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil bieten und daher nicht für jeden zugänglich sein sollten.

3.4.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Analyse bestehender Dashboard- und Reportlösungen in der Branche, um diese Lösungen innerhalb des Unternehmens zu optimieren.

3.4.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Umsetzung dieser Anforderung stellt einen mittleren Aufwand für das Entwicklerteam dar, da die Datengrundlage bereits über die vorherigen Anforderungen abgedeckt ist und somit die Ergebnisse lediglich visualisiert werden müssen.

Lastenheft

4 Freigabe / Genehmigung

Die Genehmigung erfolgt durch den Projektleiter mit Zustimmung des Auftraggebers.

Datum:	20.05.2024
Unterschrift Auftraggeber:	
Unterschrift Projektleiter:	

10.4 Pflichtenheft



DATAFLY

Pflichtenheft

Pflichtenheft - Flugzeugladeplanung

Version 0.2

Autor des Dokuments	AH, CS, NY, NS, LM	Erstellt am	21.05.2024
Dateiname	Pflichtenheft_P01FLP34.doc		
Seitenanzahl	11	© 2024 DataFly	Vertraulich!

Pflichtenheft**Historie der Dokumentversionen**

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
0.1	21.05.2024	AH, CS, NY, NS, LM	Ersterstellung
0.2	23.05.2024	AH, CS, NY, NS, LM	Anforderungen überarbeitet

Inhaltsverzeichnis

Historie der Dokumentversionen	2
Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	4
1.1 Allgemeines	4
1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments	4
1.1.2 Projektbezug	4
1.1.3 Abkürzungen	4
1.1.4 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten	4
1.2 Verteiler und Freigabe	4
1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft	4
1.3 Reviewvermerke und Meeting-Protokolle	4
1.3.1 Erstes bis n-tes Review	4
2 Konzept und Rahmenbedingungen	5
2.1 Ziele des Anbieters	5
2.2 Ziele und Nutzen des Anwenders	5
2.3 Benutzer / Zielgruppe	5
2.4 Systemvoraussetzungen	5
2.5 Ressourcen	5
2.6 Übersicht der Meilensteine	5
3 Beschreibung der Anforderungen	6
3.1 Anforderung 1	6
3.1.1 Beschreibung	6
3.1.2 Wechselwirkungen	6
3.1.3 Risiken	6
3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen	6
3.1.5 Testhinweise	6
3.1.6 Vergleich mit bestehenden Lösungen	6
3.1.7 Grobschätzung des Aufwands	7
3.2 Anforderung 2	7
3.2.1 Beschreibung	7
3.2.2 Wechselwirkungen	7
3.2.3 Risiken	7
3.2.4 Testhinweise	8
3.2.5 Vergleich mit bestehenden Lösungen	8
3.2.6 Grobschätzung des Aufwands	8
3.3 Anforderung 3	8
3.3.1 Beschreibung	8

Pflichtenheft

3.3.2	Wechselwirkungen	8
3.3.3	Risiken	8
3.3.4	Testhinweise	8
3.3.5	Vergleich mit bestehenden Lösungen	9
3.3.6	Grobschätzung des Aufwands	9
3.4	Anforderung 4	9
3.4.1	Beschreibung	9
3.4.2	Wechselwirkungen	9
3.4.3	Risiken	9
3.4.4	Testhinweise	9
3.4.5	Vergleich mit bestehenden Lösungen	9
3.4.6	Grobschätzung des Aufwands	9
4	Freigabe / Genehmigung	10

Pflichtenheft

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments

Dieses Pflichtenheft beschreibt die detaillierten technischen und funktionalen Spezifikationen für die Umsetzung des Projekts zur Analyse, Visualisierung und Auswertung von Flugladegewichtsdaten verschiedener Airlines sowie zur Untersuchung des allgemeinen Prozessablaufs. Es dient als Grundlage für die Entwicklung und Implementierung der erforderlichen Systeme und Prozesse und stellt sicher, dass alle Anforderungen des Lastenheftes erfüllt werden.

1.1.2 Projektbezug

Das Projekt zur Flugladeplanung zielt darauf ab, relevante Daten sorgfältig aufzubereiten und anschaulich darzustellen, um fundierte Einsichten zur Optimierung des Planungsprozesses zu bieten. Im Rahmen dieses Pflichtenhefts werden die spezifischen Anforderungen detailliert beschrieben, die notwendig sind, um die im Lastenheft definierten Ziele zu erreichen.

1.1.3 Abkürzungen

- Dev: Development
- PM: Projektmanagement

1.1.4 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten

Dieses Pflichtenheft wird zentral im Projektmanagementsystem des Unternehmens abgelegt und ist ab dem Datum der Genehmigung durch den Projektleiter bis zum erfolgreichen Abschluss des Projekts oder bis zur Freigabe einer überarbeiteten Version gültig. Änderungen bedürfen der Zustimmung aller Projektbeteiligten und müssen dokumentiert werden. Das Pflichtenheft bezieht sich auf das zugehörige Lastenheft, welches die grundlegenden Anforderungen und Ziele des Projekts definiert.

1.2 Verteiler und Freigabe

1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle / Rollen	Name	Telefon	E-Mail
Project Leader	Aref Hasan	015256856888	arefhasanx@gmail.com
Data Scientist	Christian Schmid	017662867296	chrisi.schmid112@gmail.com
Data Scientist	Nik Yakovlev	017234517289	nik.yakovlev@gmx.de
Data Visualization & UI Engineer	Luca Mohr	01527893455	luca_mohr@icloud.com
Data Engineer	Niklas Scholz	015245678345	scholz-niklas@gmx.de

1.3 Review Vermerke und Meeting-Protokolle

1.3.1 Erstes bis n-tes Review

- Datum und Uhrzeit des Meetings: 23. Mai 2024, 9:30 Uhr
- Teilnehmer: Niklas Scholz, Christian Schmid, Luca Mohr, Nik Yakovlev
- Agenda:
 - Besprechung der Anforderungen
 - Festlegung der Prioritäten
 - Planung der nächsten Schritte

Pflichtenheft

2 Konzept und Rahmenbedingungen

2.1 Ziele des Anbieters

- Entwicklung einer optimierten Ladeplanungslösung: Bereitstellung eines Systems zur detaillierten Gewichtsanalyse und Untersuchung des Ladeprozessablaufs.
- Identifizierung und Visualisierung von Abweichungen: Schaffung eines Werkzeugs zur Identifizierung von Abweichungen in den Ladeprozessen und zur Visualisierung des Automatisierungsgrades.
- Fundierte Datenanalyse: Bereitstellung von fundierten Einsichten zur Optimierung des Ladeplanungsprozesses, um die Effizienz zu steigern und die Prozesse zu verbessern.

2.2 Ziele und Nutzen des Anwenders

- Verbesserte Dateninterpretation: sorgfältige Aufbereitung und anschauliche Darstellung der Flugladegewichtsdaten erleichtern die Interpretation und Nutzung der Daten.
- Gezielte Optimierungsmaßnahmen: Analyse des Automatisierungsgrades je Fluggesellschaft ermöglicht gezielte Optimierungsmaßnahmen und Effizienzsteigerungen.
- Prozessverbesserungen: Durch fundierte Datenanalysen können Prozesse optimiert und die Ladeplanung insgesamt verbessert werden.

2.3 Benutzer / Zielgruppe

- Abteilungsleiter der Ladeplanung: Nutzen die Lösung für strategische Entscheidungen und zur Prozessoptimierung.
- Mitarbeiter der Ladeplanung: Verwenden das System für die tägliche Planung und Durchführung der Ladeprozesse.
- Prozessoptimierer: Analysieren die Daten zur Identifikation und Implementierung von Optimierungsmaßnahmen.

2.4 Systemvoraussetzungen

- Cloud-Zugang: Sicherter Cloud-Zugang für den Zugriff auf Reports und Analyseergebnisse.
- Sicherheitsprotokolle: Einhaltung von Datensicherheits- und Datenschutzstandards zur Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität der Daten.

2.5 Ressourcen

- Cloud-Umgebung: Der Auftraggeber stellt eine umfassende Cloud-Umgebung zur Verfügung, in der Entwicklungsumgebungen initialisiert und auf den Servern des Auftraggebers betrieben werden können. Diese virtuellen Maschinen bieten ausreichende Rechenkapazität für das Entwicklerteam, um die nötigen Berechnungen und Analysen durchzuführen.

2.6 Übersicht der Meilensteine

Start	
Projektstart (Kick-off)	08.05.2024
Vorbereitungsphase	
Erstellung des Projektauftrags	10.05.2024
Erstellung und Genehmigung des Lastenheftes	Erste Version: 17.05.2024 Letzte Version: 20.05.2024
Erstellung und Genehmigung des Pflichtenhefts	Start: 21.05.2024

Seite 5 von 10

Pflichtenheft

	Letzte Version: 23.05.2024
Erstellung des Projektstrukturplans	Start: 21.05.2024
Erstellung des Gantt-Charts	Start: 21.05.2024
Präsentation	24.05.2024
Data Engineering	
Datenimport & Datenqualitätsprüfung	24.05.2024 - 25.05.2024
Datenbereinigung & Datenintegration	26.05.2024 - 28.05.2024
Datenreduzierung & Datentransformation, etc.	29.05.2024 - 31.05.2024
Analyse und Implementierung	
Explorative Datenanalyse	01.06.2024 - 03.06.2024
Modellierung	04.06.2024 - 08.06.2024
Implementierung der Anforderungen	09.06.2024 - 18.06.2024
Vorbereitung und Erstellung der Präsentation	19.06.2024 - 20.06.2024
Zwischenstand Präsentation	21.06.2024
Projektabchlussphase	
Evaluierung und Verbesserung	22.06.2024 - 07.07.2024
Interpretation der Analyseergebnisse	08.07.2024 - 10.07.2024
Erstellung der Berichte	11.07.2024 - 14.07.2024
Erstellung der Abschlusspräsentation	15.07.2024 - 17.07.2024
Präsentation der Ergebnisse	18.07.2024
Ende	
Feedback und ggf. Support	19.07.2024 - 31.07.2024
Projektabchluss	01.08.2024

3 Beschreibung der Anforderungen

3.1 Anforderung 1

Nr. / ID	A_01	Nichttechnischer Titel			Gewichtsanalyse
Quelle	Lastenheft	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Hoch

3.1.2 Beschreibung

- Ermitteln von Gewichtswerten zu verschiedenen Zeitpunkten im Planungsprozess aus den unterschiedlichen Messagetypen.
- Ermitteln des finalen Gewichtswerts und auf welchem System der finale Wert basiert.
- Vergleich der Gewichte zu den verschiedenen Zeitpunkten (Planwerte) mit dem finalen Wert.
- Darstellung der Differenz zum finalen Gewichtswert im Zeitverlauf.

3.1.3 Wechselwirkungen

- Die Analyse wird in die bestehenden Systeme der Fluggesellschaften und der Flughäfen integriert, damit diese optimal genutzt werden können.

Pflichtenheft

- Auf der Grundlage des Lastenheftes werden keine bestehenden Prozesse unterbrochen und ebenfalls keine signifikanten Änderungen an der Systemarchitektur des Unternehmens vorgenommen.

3.1.4 Risiken

- Ein Risiko ist die fehlende Datenqualität des Datensatzes, die, bevor die Analysen durchgeführt werden, erstmal korrigiert werden müssen.
- Eine Zeitbeschränkung ist ebenfalls ein Risiko, da unvorhersehbare Ereignisse schnell viel Arbeit nach sich ziehen können.
- Die Datenintegration ist auch ein Risiko, da hier vorher nicht bekannte Probleme auftreten können.

3.1.5 Testhinweise

- Sicherstellen, dass Gewichtswerte korrekt aus den verschiedenen Messagetypen zu den entsprechenden Zeitpunkten im Planungsprozess ermittelt werden.
- Überprüfen, ob der finale Gewichtswert genau berechnet und korrekt im entsprechenden System gespeichert wird.

3.1.6 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Vergleich bestehender Visualisierungen und Analysen von Ladeplanungs- und Gewichtsdaten mit dem Ergebnis des Projektes.
- Untersuchen, ob bestehende Lösungen modular erweitert oder angepasst werden können, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

3.1.7 Grobschätzung des Aufwands

- Der Aufwand dieser Anforderung ist vermutlich für das Entwicklerteam sehr hoch, da die Gewichtsanalyse und der Vergleich die höchste Priorität haben.
- Es wird voraussichtlich umfangreiche Tests und Validierungen erfordern, um sicherzustellen, dass die Gewichtsdaten korrekt und konsistent über alle Zeitpunkte hinweg erfasst und verglichen werden können.

3.2 Anforderung 2

Nr. / ID	A_02	Nichttechnischer Titel	Prozessablaufanalyse und -visualisierung		
Quelle	Lastenheft	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Hoch

3.2.1 Beschreibung

Unser Ziel ist es, die Prozessabläufe bei der Flugzeugladeplanung detailliert zu analysieren und visuell darzustellen. Dies umfasst:

- Ermittlung der verschiedenen Schritte im Ladeplanungsprozess anhand der vorliegenden Daten.
- Unterscheidung zwischen automatisierten und manuellen Aktionen.
- Analyse des Automatisierungsgrades zur Bewertung der Prozesseffizienz und Identifikation von Optimierungspotenzialen.

Detaillierte Anforderungen:

- Erfassung und Aggregation der Prozessdaten aus verschiedenen Quellen, die die einzelnen Schritte der Flugzeugladeplanung detailliert abbilden.
- Automatische Erkennung und Klassifizierung der Schritte als manuell oder automatisiert.

Pflichtenheft

- Berechnung des Anteils der automatisierten Prozesse und Identifikation von Bereichen mit hohem manuellem Aufwand.
- Entwicklung einer Darstellung zur Visualisierung der gesamten Prozesskette der Flugzeugladeplanung.
- Der Report muss eine benutzerfreundliche Erklärung der Ergebnisse bieten, die auch von nicht-technischen Benutzern einfach verstanden werden kann.

3.2.2 Wechselwirkungen

- Verbesserte Effizienz: Durch die detaillierte Analyse und Visualisierung der Prozessabläufe können Schwachstellen und Ineffizienzen identifiziert werden. Dies ermöglicht gezielte Maßnahmen zur Prozessoptimierung und Steigerung der Gesamtproduktivität.
- Erhöhung des Automatisierungsgrades: Die Identifikation von Bereichen mit hohem manuellen Aufwand bietet das Potenzial zur weiteren Automatisierung. Dies kann die Prozessgeschwindigkeit erhöhen.
- Fundierte Entscheidungsfindung: Detaillierte Einblicke in die Prozesse ermöglichen datengestützte Entscheidungen zur Verbesserung der Ladegenauigkeit und Gesamteffizienz.

3.2.3 Risiken

- Dateninkonsistenzen: Unterschiedliche Datenquellen können die Genauigkeit der Analyse beeinträchtigen.
- Implementierungsaufwand: Die Entwicklung der automatisierten Erkennung und Klassifizierung ist komplex und zeitaufwendig.
- Benutzerakzeptanz: Es kann Widerstand bei Benutzern geben, die an manuelle Prozesse gewöhnt sind.
- Datenschutz und Sicherheit: Alle Daten müssen den Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen entsprechen, um rechtliche Probleme zu vermeiden.

3.2.4 Testhinweise

- Datenintegritätstests: Sicherstellen, dass die erfassten Daten korrekt und vollständig sind.
- Funktionalitätstests: Überprüfung, ob alle beschriebenen Funktionalitäten, wie die Erkennung und Klassifizierung von Prozessschritten, korrekt umgesetzt sind.
- Leistungstests: Testen der Systemleistung, um sicherzustellen, dass Daten in Echtzeit verarbeitet und angezeigt werden können.
- Benutzerakzeptanztests: Durchführung von Tests mit Endbenutzern, um sicherzustellen, dass das Dashboard benutzerfreundlich und anpassbar ist.

3.2.5 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Begrenzte Visualisierungsmöglichkeiten
- Fokussierung auf einzelne Prozessaspekte
- Unsere Lösung bietet eine umfassende Prozessanalyse

3.2.6 Grobschätzung des Aufwands

- Hoch: Detaillierte Datenanalyse und Visualisierung
- Mittel: Entwicklung automatisierter Erkennung und Klassifizierung
- Mittel: Benutzerfreundliche Darstellung der Ergebnisse

3.3 Anforderung 3

Nr. / ID	A_03	Nichttechnischer Titel	Detaillierte Fehler- und Risikoanalyse		
Quelle	Lastenheft	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Mittel

Pflichtenheft

3.3.1 Beschreibung

- Implementierung eines Moduls zur systematischen Ermittlung und Klassifizierung von Fehlern und Risiken im Planungsprozess.
- Unterstützung der Analyse von Daten über verschiedene Zeiträume und Airlines hinweg.
- Integration von Mechanismen zur Datenvalidierung und -bereinigung, um unvollständige oder ungenaue Daten zu handhaben.

3.3.2 Wechselwirkungen

Die Analyse muss auf verschiedene interne und externe Datenquellen zugreifen können, um umfassende und akkurate Ergebnisse zu gewährleisten.

3.3.3 Risiken

- Es besteht die Möglichkeit, dass die verfügbaren Daten unvollständig oder ungenau sind, was die Analyse erschweren könnte.
- Komplexität der Analyse: Schwierigkeiten bei der Kategorisierung und Analyse der Fehlerursachen könnten auftreten. Robuste Mechanismen zur Bewältigung dieser Komplexität sind erforderlich.

3.3.4 Testhinweise

Falls in der Zukunft neue Daten vom Kunden zur Verfügung gestellt werden, kann sowohl die Analyse als auch die gesamte Analyse-Lösung auf Funktionalität, Vollständigkeit und Performance überprüft werden. Die neuen Daten ermöglichen eine erneute Validierung der Algorithmen und Systeme. Zudem kann Feedback von den Hauptanwendern des Auftraggebers eingeholt werden, um die Lösung kontinuierlich zu verbessern und sicherzustellen, dass sie den Anforderungen entspricht.

3.3.5 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Da das Unternehmen noch keine datenbasierten Fehler- und Risikoanalyse-Tools verwendet, gibt es keine internen Lösungen, mit denen verglichen werden kann. Während des Projekts wird untersucht, welche bestehenden Lösungen und Methoden zur Erkennung von Fehlern und Risiken verfügbar sind. Anschließend wird die am besten geeignete Lösung oder Methode für diesen Anwendungsfall ausgewählt und implementiert, um den spezifischen Anforderungen des Auftraggebers gerecht zu werden.

3.3.6 Grobschätzung des Aufwands

Die Umsetzung dieser Anforderung erfordert einen erheblichen Aufwand, da umfangreiche Datenanalysen und die Erstellung detaillierter Berichte notwendig sind. Es werden Ressourcen für die Entwicklung und Integration der Analyse-Module sowie für umfassende Tests und Validierungen benötigt, um die Korrektheit und Konsistenz der Ergebnisse sicherzustellen.

3.4 Anforderung 4

Nr. / ID	A_04	Nichttechnischer Titel	Bereitstellung der Analyseergebnisse als Report		
Quelle	Lastenheft	Verweise	Lasten- und Pflichtenheft	Priorität	Mittel

3.4.1 Beschreibung

Es wird ein Report mit sämtlichen Ergebnissen der Analyse und Vorschläge für mögliche Änderungen bereitgestellt, um dann schlussendlich Prozesse und den Ressourcenbedarf zu optimieren und die Ergebnisse für den Kunden zu dokumentieren.

3.4.2 Wechselwirkungen

- Abhängigkeit von der Verfügbarkeit und Qualität der Daten.

Pflichtenheft

- Der Bericht soll an alle am Prozess beteiligten Abteilungen gesendet und anhand einer Präsentation erklärt werden.

3.4.3 Risiken

- Sicherstellung der Datensicherheit und -vertraulichkeit in dem Report, da dieser sensible Daten enthält, die für den Kunden einen vermutlichen Wettbewerbsvorteil bieten und daher nicht für jeden zugänglich sein sollten.

3.4.4 Testhinweise

- Es kann getestet werden, ob die Berechtigungskonzepte greifen, indem verschiedene User mit unterschiedlichen Berechtigungen den Report abrufen.
- Es wird in Absprache mit dem Kunden festgelegt, ob alle besprochenen Ziele erreicht worden sind.

3.4.5 Vergleich mit bestehenden Lösungen

- Analyse und auch ein Hands-On von bestehenden Reportlösungen in der Branche, um diese Lösungen innerhalb des Unternehmens zu optimieren.

3.4.6 Grobschätzung des Aufwands

- Die Umsetzung dieser Anforderung stellt einen mittleren Aufwand dar, da die Datengrundlage bereits über die vorherigen Anforderungen abgedeckt ist und somit die Ergebnisse lediglich visualisiert werden müssen.

Pflichtenheft

4 Freigabe/Genehmigung

Die Genehmigung des Pflichtenhefts erfolgt durch den Projektleiter mit Zustimmung des Entwicklungsteams und des Auftraggebers.

Datum:	21.05.2024
Unterschrift Auftraggeber:	
Unterschrift Projektleiter:	