



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Studiendepartment Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

**Erstellung eines Gesamtkonzeptes zur neuen,
effizienteren Gestaltung des Sitzeinbauprozesses in eine
Flugzeugkabine am Beispiel der Airbus Single Aisle
Flugzeuge**

Stephan Ludwig

29. Februar 2012

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

EADS Innovation Works
Advanced Design & Visualisation
Neßpriel 1
21129 Hamburg

Verfasser: Stephan Ludwig
Abgabedatum: 29.02.2012

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gordon Konieczny
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Patrick Rollfink

Industrielle Betreuung: Dipl.-Ing. Patrick Rollfink

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass die vorliegende Abschlussarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst wurde und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden sind. Wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

HAW Hamburg
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau
Berliner Tor 9

EADS Innovation Works
Advanced Design & Visualisation
Neßpriel 1

20099 Hamburg

21129 Hamburg

Bachelorarbeit: Erstellung eines Gesamtkonzeptes zur neuen, effizienteren Gestaltung des Sitzeinbauprozesses in eine Flugzeugkabine am Beispiel der Airbus Single Aisle Flugzeuge

Abgabedatum: 29.02.2012

Verfasser: Stephan Ludwig

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gordon Konieczny

2. Prüfer: Dipl.-Ing. Patrick Rollfink

Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. Patrick Rollfink

Kurzreferat:

Aufgrund verschiedener Faktoren traten zuletzt bei diversen neu entwickelten Flugzeugprogrammen Probleme in der Phase des Produktionsanlaufs auf, die zu Verzögerungen bei der Auslieferung der Flugzeuge und somit zu finanziellen Einbußen für die Flugzeughersteller führten.

Durch eine Analyse der Prozessabläufe beim Einbau von Fluggastsitzen in eine Flugzeugkabine werden potenzielle Störfaktoren während des Produktionsanlaufes identifiziert. Hierbei werden die einzelnen Arbeitsschritte untersucht und es erfolgt eine Analyse der verwendeten Sitzmodelle um die vorhandene Vielfalt an unterschiedlichen Varianten innerhalb des Prozesses darzustellen. Im Anschluss an die Prozessuntersuchung werden Anforderungen für die Entwicklung eines technischen Hilfsmittels zur Unterstützung der Prozessabläufe mit den Zielen der Stabilisierung und Standardisierung der Abläufe formuliert.

Anhand dieser Anforderungen werden zwei Konzeptvorschläge zur Erstellung des Hilfsmittels erarbeitet. Diese zwei Vorschläge werden für eine Bewertung sowohl mit dem momentanen Prozessablauf als auch untereinander verglichen um letztendlich ein Konzept für die Umsetzung des Hilfsmittels auszuwählen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufgabenstellung	3
1.3	Ziel	4
1.4	Gliederung	4
2	Untersuchung des Sitzeinbauprozesses	6
2.1	Ablauf der Flugzeugmontage bei Airbus	6
2.2	Beschreibung des Sitzeinbauprozesses	7
2.2.1	Prozessabläufe	8
2.2.2	Vorrichtungen und Hilfsmittel	11
2.2.3	Der Arbeitsbereich	13
2.2.4	Die Prozessbeteiligten	14
2.3	Der Fluggastsitz	15
2.3.1	Allgemeiner Überblick	15
2.3.2	Der Fluggastsitz als Teil des Sitzeinbauprozesses	19
2.4	Die Flugzeugkabine	19
2.4.1	Allgemeiner Überblick	20
2.4.2	Die Flugzeugkabine als Teil des Sitzeinbauprozesses	21
2.5	Analyse des Prozesses	27
2.5.1	Untersuchungsschwerpunkte und Ziele der Prozessanalyse	27
2.5.2	Informationsgenerierung für die Prozessanalyse	28
2.5.3	Ergebnisse der Prozessanalyse	29
2.6	Konsequenzen der Prozessuntersuchung	35
3	Stand der Technik	36
3.1	Variantenreiche Montage	36
3.2	Materialfluss und Transportmittel	39
4	Anforderungsanalyse	52
4.1	Ziele der Prozessoptimierung	52
4.2	Eingrenzung des Anwendungsbereiches	53
4.3	Vorgehen zur Bestimmung der Anforderungen	55
4.4	Anforderungen an ein Hilfsmittel für den Sitzeinbauprozess	58
4.4.1	Funktionale Anforderungen	59
4.4.2	Nicht-funktionale Anforderungen	60
4.4.3	Anforderungen an Arbeitsleistung und Effizienz	61

4.4.4 Anforderungen bezüglich Schnittstellen mit der Umgebung	62
5 Konzeptentwicklung	64
5.1 Vorbereitende Überlegungen	64
5.2 Konzept 1	67
5.2.1 Auswahl eines Szenarios zur Realisierung des Konzeptes	69
5.2.2 Spezifische Anforderungen	72
5.2.3 Ausarbeitung des Konzeptes	75
5.3 Konzept 2	78
5.3.1 Auswahl eines Szenarios zur Realisierung des Konzeptes	80
5.3.2 Spezifische Anforderungen	84
5.3.3 Ausarbeitung des Konzeptes	85
5.4 Vergleich der Konzepte	89
5.5 Umsetzung der Anforderungen und Bewertung der Konzepte	91
6 Zusammenfassung und Ausblick	93
7 Literaturverzeichnis	95
8 Anhang	98
Auswertung der Prozessuntersuchung	98

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Teilprozesse bei der Sitzmontage ab Wareneingang bei Airbus	9
Abbildung 2.2: Prozessabläufe in den Endmontagelinien bei Airbus	11
Abbildung 2.3: Rollwagen	12
Abbildung 2.4: Transportroller	12
Abbildung 2.5: Prozessbeteiligte	14
Abbildung 2.6: Aufbau einer Sitzstruktur	17
Abbildung 2.7: Varianten der hinteren Befestigungselemente eines Sitzfußes	18
Abbildung 2.8: Globales Koordinatensystem der Airbus Single Aisle Flugzeuge	22
Abbildung 2.9: Querschnitt eines Airbus A320 Rumpfes	23
Abbildung 2.10: Türmaße eines Airbus A320	24
Abbildung 2.11: Sitzschienenlayout eines Airbus A320	25
Abbildung 2.12: Schematische Darstellung der Sitzschienengeometrie	25
Abbildung 2.13: Typisches Ein-Klassen-Layout eines Airbus A320	26
Abbildung 2.14: Typisches Zwei-Klassen-Layout eines Airbus A320	26
Abbildung 3.1: Einteilung des Transportwesens (in Anlehnung an Martin)	39
Abbildung 3.2: Einteilung der Transportmittel (nach Martin)	41
Abbildung 3.3: Einteilung der Unstetigförderer (nach Martin)	44
Abbildung 3.4: Mögliche Anordnungen der Räder bei Dreirad- und Vierradbauform	47
Abbildung 3.5: Handgabelhubwagen	48
Abbildung 4.1: Allgemeine Erfolgsfaktoren als Zielgrößen im Anlauf (nach Wildemann)	52
Abbildung 4.2: Gliederung des FAST-Diagramms	58
Abbildung 5.1: Positionen der Gepäckstange und der Schwimmwesten	65
Abbildung 5.2: Unterseite einer Sitzbank	66
Abbildung 5.3: Rückansicht einer Sitzbank	66
Abbildung 5.4: Gelenkbolzen zwischen Sitzbein und Rear Fitting	67
Abbildung 5.5: Schematische Darstellung – Szenario 1 (Konzept 1)	70
Abbildung 5.6: Schematische Darstellung – Szenario 2 (Konzept 1)	71
Abbildung 5.7: Schematische Darstellung – Szenario 3 (Konzept 1)	72
Abbildung 5.8: FAST-Diagramm für das Transporthilfsmittel (Konzept 1)	73
Abbildung 5.9: FAST-Diagramm für die Montagevorrichtung (Konzept 1)	74
Abbildung 5.10: Prozessablauf Konzept 1	75
Abbildung 5.11: Zuführung des Sitzes auf dem Transporthilfsmittel zur Montagevorrichtung	76

Abbildung 5.12: Position des Sitzes nach erfolgter Übernahme durch die Montagevorrichtung	77
Abbildung 5.13: Positionierung des Sitzes in der Sitzschiene durch die Montagevorrichtung	78
Abbildung 5.14: Beispiel für den Freiraum zum Entfernen des Hilfsmittels zwischen zwei Sitzreihen	83
Abbildung 5.15: Darstellung des Positionierungsbereiches des Hilfsmittels unter dem Fluggastsitz	84
Abbildung 5.16: FAST-Diagramm für das Hilfsmittel (Konzept 2)	85
Abbildung 5.17: Prozessablauf – Konzept 2	86
Abbildung 5.18: Hilfsmittel zur rückseitigen Aufnahme der Fluggastsitze	87
Abbildung 5.19: Hilfsmittel zur Aufnahme des Sitzes von der Vorderseite aus	88
Abbildung 5.20: Vergleich der Prozessabläufe	90

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1: Ergebnisse der Prozessuntersuchung - Sitzmodelle	31
Tabelle 2.2: Ergebnisse der Prozessuntersuchung - Kabinenkonfigurationen	32
Tabelle 4.1: Funktionale Anforderungen	59
Tabelle 4.2: Nicht-funktionale Anforderungen	60
Tabelle 4.3: Anforderungen an Arbeitsleistung und Effizienz	61
Tabelle 4.4: Anforderungen bzgl. Schnittstellen mit der Umgebung	62
Tabelle 5.1: Einbauszenarien im heutigen Prozessablauf – Konzept 2	80
Tabelle 5.2: Einbauszenarien in einem alternativen Prozessablauf – Konzept 2	82

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BFE	Buyer Furnished Equipment
DMU	Digital Mock-Up
EADS	European Aeronautic Defence and Space Company
EASA	European Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FAL	Final Assembly Line
FAST	Funktions-Analyse-System-Technik
HoV	Head of Version
IFE	In-Flight Entertainment
LKW	Lastkraftwagen
mm	Millimeter
PSU	Passenger Service Unit
SFE	Seller Furnished Equipment

1 EINLEITUNG

In der folgenden Einleitung sollen kurz die Hintergründe des bearbeiteten Themas sowie die grundlegenden Ziele der Bachelorarbeit dargestellt werden. Außerdem wird ein kurzer Überblick über die Inhalte der einzelnen Kapitel gegeben.

1.1 Motivation

Viele Hersteller von Passagierflugzeugen hatten in den letzten Jahren bei der Einführung neuer Flugzeugprogramme große Probleme beim Erreichen ihrer gesetzten Ziele und bei der Einhaltung der geplanten Termine zur Auslieferung der Flugzeuge an die Kunden. Der europäische Flugzeughersteller Airbus hatte bei seinem durchgehend zweistöckigen Großraumflugzeug A 380 massive Probleme mit der Verlegung der Kabel in der Passagierkabine. Diese Probleme führten zu mehrmonatigen Verzögerungen bei der Auslieferung, was wiederum Strafzahlungen von mehreren Milliarden Euro zur Konsequenz hatte.¹ Ähnlich erging es Airbus mit dem Militärtransporter A 400M, dessen Entwicklung sich um ca. vier Jahre verzögert hat.² Die entstandenen Mehrkosten konnten lediglich durch Zugeständnisse der Käuferstaaten aufgefangen werden, die auf Vertragsstrafen verzichteten und zudem finanzielle Hilfsmittel bereitstellten. Der Grund für die Verzögerungen waren technische Probleme.³

Der US-amerikanische Hersteller Boeing hatte ebenfalls große Schwierigkeiten bei der Produktion seines neuen Langstreckenflugzeuges, der Boeing 787. Auch hier lagen die Probleme in technischen Bereichen wie der Bordelektronik, den Triebwerken oder neuen Technologien wie der Verwendung von Kohlefaser als Material zur Fertigung der Rumpfsegmente.⁴ Einer der Hauptgründe für die mehr als dreijährige Verspätung der Auslieferungen war die Ausgliederung und Fremdvergabe wesentlicher Arbeitsanteile an Partner und Zulieferer. Diese waren mit den neuartigen Technologien überfordert und konnten ihre Liefertermine nicht einhalten. Zudem erschwerte das weltweite Produktionsnetzwerk die Kommunikation erheblich. Auch diese Lieferschwierigkeiten führten zu Vertragsstrafen für Boeing.⁵ Neben den beiden großen und erfahrenen Herstellern von Mittel- und Langstreckenflugzeugen, Airbus und Boeing, haben auch Hersteller von Regionalflugzeugen, wie die russische Firma Suchoi mit ihrem Superjet

¹ (Spiegel Online, 2008)

² (N-TV, 2011)

³ (Focus Online, 2010)

⁴ (Financial Times, 2010)

⁵ (Manager Magazin, 2011)

100, Probleme in der Phase des Produktionsanlaufes. Hier traten Schwierigkeiten mit der Ausrüstung der Flugzeuge auf, die dazu führten dass der Auslieferungstermin verschoben werden musste.⁶

In der Automobilindustrie gibt es bereits diverse Untersuchungen die darauf abzielen, den Produktionsanlauf zu optimieren und mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Um die oben beschriebenen Produktionsprobleme und Verzögerungen bei zukünftigen Flugzeugprogrammen, wie z.B. dem Nachfolger des Airbus A 320, unter dem Namen A 30x bekannt, zu vermeiden wurde bei EADS Deutschland in der Abteilung Innovation Works das Projekt „Anlaufgerechte, produktions- und installationsoptimierte Kabine & Supply Networks im Ramp-Up“ gestartet. Dieses Projekt ist Teil des Vorhabenverbundes „Smart Ramp-Up“ der Spitzenclusterinitiative der Metropolregion Hamburg.

Aufgrund eines verstärkten Bewusstseins bezüglich begrenzter Ressourcen sowie eines zunehmenden Kostendrucks werden hier verstärkt Themen wie die Entwicklung einer fertigungs-, installations- und montageoptimierten, effizienten Flugzeugkabine und einer zeit-, kosten- und rohstoffeffizienten Produktion betrachtet. Folgende Untersuchungsaspekte stehen im Fokus der Betrachtung:

- Reduktion von Einbauzeiten und Montagestationen
- Standardisierung von Bauteilen und Interfaces
- Simplifizierung von Kabinenmodulen und deren Anbindung
- Zusammenfassung bisheriger Einzelelemente
- Integrationskonzepte für Kabinengroßbauteile
- Vereinfachung und Beschleunigung von Montage-, Demontage- und Umrüstungsprozessen
- Konzepte zur Integration von Zulieferern
- Bewertung alternativer Transportmedien

Die Ergebnisse des Projekts sollen kurz- sowie langfristige Optimierungen wie verkürzte Anlaufzeiten und FAL⁷-Zeiten aber auch die gezielte Schonung von Ressourcen herbeiführen. Das Primärziel ist ein robuster, kontrollierter und schneller Produktionsanlauf sowie langfristig eine wettbewerbsfähige Produktion zukünftiger

⁶ (Airliners.de, 2008)

⁷ Engl.: Final Assembly Line; Endmontagelinie beim Flugzeughersteller.

Flugzeugprogramme. Dies soll unter anderem auch durch eine neuartige Planung, Steuerung und Bereitstellung der beteiligten Ressourcen erreicht werden.⁸

1.2 Aufgabenstellung

Aufgrund einer relativ großen Variantenvielfalt bezüglich der Ausstattungsmerkmale, wie Kabinenmonumenten und -komponenten sowie verschiedener Kabinenlayouts von Single Aisle⁹ Flugzeugen wird eine effizientere Prozessgestaltung durch entsprechende Hilfsmittel, wie beispielsweise in der Automobilindustrie, bei der Kabinenausstattung im Flugzeugbau erschwert. Der Einsatz von automatisierten Hilfsmitteln ist zudem aus wirtschaftlicher Sicht fraglich, da die Produktionsraten von Single Aisle Flugzeugen im Bereich von Kleinserien anzusiedeln sind. So ist das Ziel von Airbus die Produktionsrate der A 320 Familie bis Ende 2012 auf 42 Flugzeuge pro Monat zu steigern.¹⁰ Boeing will dieses Ziel bis zur ersten Jahreshälfte 2014 erreicht haben.¹¹ Im Vergleich hierzu liegt die Produktionsrate von Volkswagen allein im Werk in Wolfsburg bei 3000 Fahrzeugen pro Tag, also um ein Vielfaches höher als bei der Flugzeugproduktion.¹²

Zudem kann der Begriff der Serienproduktion nur teilweise auf den Montageprozess angewendet werden, da aufgrund der hohen Variantenvielfalt kaum ein Flugzeug dem anderen gleicht. Die Fluggesellschaften legen großen Wert auf die Kabinenausstattung und haben genaue Vorstellungen wie sie sich von ihren Mitbewerbern abheben können. Der Fluggastsitz übernimmt hierbei eine entscheidende Funktion, da sich der Passagier die längste Zeit des Fluges in ihm aufhält. Durch unterschiedliche Anordnungen der Sitze in der Kabine, sowie unterschiedliche Sitzmodelle, die sich z.B. bei Gewicht oder Komfort unterscheiden, versuchen die Fluggesellschaften die für ihre Strategie am besten geeigneten Konzepte auszuwählen.

Wegen der oben beschriebenen Gegebenheiten sollen Möglichkeiten untersucht werden, wie auf langfristige Sicht der Prozess des Sitzeinbaus beim Produktionsanlauf zukünftiger Flugzeugprogramme effizient und reibungslos zu gestalten ist. Auch um Optimierungspotenziale im momentanen Prozessablauf zu erkennen wurde die folgende Aufgabenstellung formuliert:

⁸ (EADS, 2008)

⁹ Flugzeuge, die nur einen Mittelgang besitzen (z.B. Airbus A 320 oder Boeing 737)

¹⁰ (Handelsblatt, 2011)

¹¹ (Flugrevue, 2011)

¹² (Hamburger Abendblatt, 2011)

„Erstellung eines Gesamtkonzeptes zur neuen, effizienteren Gestaltung des Sitzeinbauprozesses in eine Flugzeugkabine am Beispiel der Airbus Single Aisle Flugzeuge“.

1.3 Ziel

Durch die Untersuchung des Prozessablaufes soll versucht werden die Einbauzeiten und den Vorgang des Zuführens bzw. Bereitstellens der Sitzbänke beim Sitzeinbau in die Flugzeugkabine effizienter und schneller zu gestalten. Hier soll verstärkt ein Augenmerk auf die Untersuchungsaspekte „Vereinfachung und Beschleunigung von Montage-, Demontage- und Umrüstungsprozessen“, „Reduktion von Einbauzeiten und Montagestationen“ und „Bewertung alternativer Transportmedien“ aus dem Smart Ramp-Up Projekt gelegt werden.

Zu diesem Zweck soll betrachtet werden ob sich einzelne, gegenwärtige Prozessschritte vereinfachen oder zusammenführen lassen. Es werden die Transportabläufe im Prozessablauf untersucht.

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit soll die Vorbereitung eines Demonstrators für ein Hilfsmittel im Sitzeinbauprozess sein, welches in zukünftigen Flugzeugprogrammen beim Sitzeinbau verwendet werden kann. Ein mittelfristiger Einsatz bei aktuellen Flugzeugprogrammen ist ebenfalls denkbar. Hierzu sollen Anforderungen erstellt werden, die die wesentlichen Kriterien für die spätere konstruktive Ausarbeitung und Umsetzung des Demonstrators abbilden sollen. Auf Basis dieser Anforderungen werden Konzepte entwickelt und ausgearbeitet. Eines dieser Konzepte soll dann als Vorschlag für den Bau des Demonstrators dienen.

1.4 Gliederung

Um den grundlegenden Aufbau der Bachelorarbeit und das Vorgehen bei der Erarbeitung der Aufgabenstellung darzustellen, soll im Folgenden ein kurzer Überblick über die Inhalte der einzelnen Kapitel gegeben werden.

Zunächst findet in **Kapitel 2** eine Untersuchung der momentanen Prozessabläufe beim Einbau der Fluggastsitze statt. Hierzu werden grundlegende Faktoren und Komponenten, wie die Einbauumgebung und die Fluggastsitze, dargestellt und die Prozesskette von der Sitzherstellung bis zur Montage in der Flugzeugkabine betrachtet. Es werden kurz die am Prozess beteiligten Unternehmen vorgestellt. Anschließend wird der beschriebene

Prozessablauf einer genaueren Analyse unterzogen um mögliche Verbesserungspotenziale aufzudecken. Den Abschluss des zweiten Kapitels bildet die Vorstellung einer Konzeptidee für ein Hilfsmittel, das im Prozess der Sitzmontage eingesetzt werden soll, um Prozessverbesserungen zu erzielen.

Das **3. Kapitel** gibt einen Überblick über den Stand der Wissenschaft im Umgang mit variantenreichen Montageszenarien sowie den Stand der Technik im Bereich der Transport- und Fördersysteme. Es werden wesentliche Verfahren und Komponenten sowie Bauteile vorgestellt, um sie in die spätere Entwicklung einer Konzeptlösung einfließen zu lassen.

Im **4. Kapitel** erfolgt dann die Durchführung einer Anforderungsanalyse für das Hilfsmittel zur Unterstützung des Einbauvorgangs von Fluggastsitzen. Es wird der Anwendungsbereich für die Anforderungsanalyse eingegrenzt und anschließend werden Kriterien zur Erstellung von Anforderungen benannt. An der Analyse soll sich auch die Entwicklung des Demonstrators orientieren. Als wichtiges Hilfsmittel zur Erstellung der Anforderungen kommt hier u.a. eine Funktionsanalyse zum Einsatz.

Nach der erfolgten Anforderungsanalyse erfolgt im **Kapitel 5** anschließend die Beschreibung und Entwicklung zweier Konzepte, welche auf Basis der gefundenen Anforderungen aus Kapitel 4 und unter Einbeziehung der ermittelten technischen Komponenten und Prinzipien aus Kapitel 3 erstellt werden. Im Anschluss daran erfolgen dann Vergleiche der Konzepte untereinander sowie mit den aktuellen Prozessabläufen und eine abschließende Bewertung der Konzeptvorschläge.

Kapitel 6 fasst die erarbeiteten Ergebnisse der Bachelorarbeit zusammen. Es erfolgen eine kritische Betrachtung der entwickelten Konzepte sowie ein Ausblick auf die nächsten durchzuführenden Schritte und Aufgaben hinsichtlich der Entwicklung und Konstruktion des Demonstrators.

2 UNTERSUCHUNG DES SITZEINBAUPROZESSES

Um einen Einblick in den Sitzeinbauprozess zu bekommen, wurden die Abläufe in den Endmontagelinien bei Airbus im Werk Hamburg untersucht. Hierzu wurden die Prozesse durch Beobachtung der Tätigkeiten während der Sitzmontage erfasst und mögliche Risiken und auftretende Probleme durch Gespräche mit den Facharbeitern ermittelt. Zudem wurden die Flugzeuge mit den Seriennummern 4750 bis 5100 der Airbus Single Aisle Familie auf ihre Kabinenlayouts und eingebauten Sitzmodelle überprüft, um einen Überblick über die verwendeten Sitztypen und Sitzanordnungen zu bekommen. Anhand dieser Übersicht soll anschließend geprüft werden, ob eine Klassifizierung der Sitzmodelle bzgl. ihres Einflusses auf den Prozessablauf erfolgen kann.

Dieses Kapitel gibt zunächst einen Überblick über die Arbeitsschritte bei der Flugzeugmontage, um den Sitzeinbauprozess als Teilprozess des Gesamtprozesses besser einordnen zu können. Außerdem wird der Prozessablauf beim Sitzeinbau beschrieben und es werden die verwendeten Hilfsmittel, die betroffenen Arbeitsbereiche sowie die Prozessbeteiligten genannt. Anschließend erfolgen Beschreibungen des Fluggastsitzes und der Flugzeugkabine, sowohl im Allgemeinen als auch in der Funktion als Bestandteil des Sitzeinbauprozesses. Abschließend erfolgt die Analyse der Prozessabläufe.

2.1 Ablauf der Flugzeugmontage bei Airbus

Diese Arbeit befasst sich mit dem Prozess des Sitzeinbaus. Um jedoch diesen Teilprozess bei der Montage eines Flugzeuges besser einordnen zu können, soll an dieser Stelle ein sehr grober Überblick über den gesamten Ablauf der Flugzeugmontage der Airbus Single Aisle Flugzeuge erfolgen.

Am Airbus Standort in Hamburg werden die Flugzeuge zusammengefügt. Das bedeutet, dass einzelne Komponenten und Bauteile in anderen Airbus Werken oder bei Zulieferern hergestellt und dann für die Montage nach Hamburg geliefert werden. Den ersten Schritt bildet die Rumpfmontage. Hier werden die einzelnen Rumpfsegmente zu Rumpftonnen zusammengefügt und anschließend zu sogenannten Sektionen verbunden. Nach der Strukturmontage folgt die Ausrüstung der Sektionen mit den Systemkomponenten, wie z.B. Hydraulik oder Elektrik. Der hintere Teil der Flugzeuge entsteht auf diese Weise in Hamburg, der vordere Teil wird aus Frankreich angeliefert.

Wenn diese Arbeiten verrichtet sind, werden die vordere und hintere Sektion in der Endmontagelinie an der Station 41 zusammengefügt. Hier werden auch die Fußbodenplatten verlegt und die Systemverbindungen zwischen den beiden Rumpfhälften hergestellt. Vor dem Verbinden der beiden Rumpfhälften zu einem geschlossenen Flugzeugrumpf werden noch die Lavatories (Toiletten) und die Galleys (Bordküchen) im Rumpf positioniert. Im Anschluss an diesen Schritt folgt an der Station 40 die Montage der Flügel an den Rumpf, die Montage der Triebwerksaufhängungen sowie der Einbau des Fahrwerks.

An der Station 35 werden anschließend u.a. weitere Komponenten für die Flügel (Landeklappen) und das Fahrwerk (Fahrwerkklappen) installiert sowie das Höhen- und das Seitenleitwerk montiert. In der Kabine werden die Decken- und Seitenverkleidungen, die Gepäckablagen und der Versorgungskanal für die Passagiere eingebaut. Des Weiteren erfolgen an dieser Station auch System- und Funktionstests, wie der Hydrauliktest oder der Kabinendrucktest.

Nach dieser Station wird das Flugzeug weiter in das Dock geschoben. Hier erfolgt die weitere Kabinenausstattung wie das Verlegen des Teppichs, die Ausstattung der Bordküchen und der Einbau der Sitze sowie, falls nötig, die Verkabelung der Sitze. Zudem erfolgen auch hier diverse weitere Tests. Im Anschluss hieran kommt das Flugzeug in die Lackierhalle. Wenn die Lackierung fertig gestellt ist, wird das Flugzeug wieder in die Endmontagelinie geschoben, um dort die Triebwerke zu montieren. Dieser Schritt wird Final Phase genannt. Hier können auch noch Restarbeiten erledigt werden. Konnte der Sitzeinbau nicht am Dock erfolgen, werden die Sitzbänke in der Final Phase installiert. Nach abschließenden Test und Inspektionen wird das Flugzeug in die Flightline gebracht. Dort erfolgen alle Tests der flugrelevanten Systeme sowie der Erstflug. Nachdem alle Tests bestanden wurden, kann das Flugzeug an den Kunden übergeben werden.

2.2 Beschreibung des Sitzeinbauprozesses

Dieser Abschnitt gibt einen Einblick in die Abläufe und Tätigkeiten die beim Prozess der Sitzinstallation in die Flugzeugkabine durchgeführt werden. Außerdem werden die dafür verwendeten Hilfsmittel dargestellt, die Arbeitsbereiche beschrieben und die Prozessbeteiligten genannt.

2.2.1 Prozessabläufe

Die Abläufe des Sitzeinbauprozesses in der Endmontagelinie bei Airbus wurden durch die Abteilung Innovation Works von EADS im Rahmen mehrerer Arbeiten erfasst. Für die Untersuchung des Prozesses in dieser Arbeit wurden die Prozessabläufe beim Sitzeinbau durch Beobachtung der Vorgänge und Gespräche mit den Facharbeitern und Facharbeiterinnen noch einmal validiert und auf Abweichungen überprüft. Um einen Überblick zu geben, soll an dieser Stelle kurz der generelle Prozessablauf, angefangen bei der Herstellung des Sitzes bis hin zur Montage im Flugzeug, abgebildet werden.

Nachdem die Fluggastsitze bei einem der Hersteller gefertigt wurden, werden sie für den anstehenden Transport präpariert und auf ein Transporthilfsmittel geladen. Anschließend werden die Sitzbänke durch ein Logistikunternehmen an die Endmontagelinie bei Airbus geliefert. Dort angekommen, werden sie nach dem Entladen der LKWs in einem Zwischenlager bzw. auf einer Bereitstellfläche abgestellt. Für den Transport der Sitzbänke innerhalb der Werkshallen ist ein weiteres Logistikunternehmen zuständig. Ist das Flugzeug für den Einbau der Fluggastsitze vorbereitet und durch die Qualitätssicherung abgenommen wurden, können die Einbaupositionen an den Sitzschienen markiert und die Sitzbänke in das Flugzeug transportiert und dort montiert werden. Als letzter Schritt erfolgt die Kontrolle der Sitzabstände zusammen mit dem Einbau der Sitzschienenabdeckungen.

Der Prozessablauf auf dem Airbus Werksgelände lässt sich in einige funktionale Teilprozesse gliedern. Diese sind in Abbildung 2.1 abgebildet. An dieser Gliederung soll sich die spätere Analyse des Prozesses orientieren, um einen differenzierteren Überblick über eventuelle Unterschiede in den Prozessabläufen bei verschiedenen Sitzvarianten zu bekommen. Der erste Prozessschritt ist für die Planung und Steuerung des Produktionsprozesses zuständig und wird von der Arbeitsvorbereitung durchgeführt. Hier wird u.a. festgelegt wie und mit welchen Mitteln die Prozesse ausgeführt werden sollen. Der Transport der Fluggastsitze vom Wareneingang an der Werkshalle bis zur Bereitstellfläche fällt nach Lotter und Wiendahl unter den Prozessschritt der Bereitstellung. Anschließend folgt ihrer Definition nach die Zuführung. Diese beschreibt den Transport der Güter zum Einbauort, also beim Sitzeinbauprozess den Weg der Fluggastsitze von der Bereitstellfläche zur Fügeposition in der Flugzeugkabine. Vor diesen beiden Schritten erfolgt nach Lotter und Wiendahl ein weiterer Schritt, die Beschaffung. Dieser Schritt stellt den Transport der Waren vom Wareneingang des Herstellers bis zum Wareneingang des Verbrauchers dar. Im untersuchten Prozessablauf

also den Weg vom Sitzhersteller bis zu Airbus.¹³ Nach dem Erreichen der Fügeposition im Flugzeug erfolgt der letzte Schritt im Prozessablauf, die Montage. Lotter und Wiendahl gliedern die Tätigkeiten und Vorgänge während eines Montageprozesses in die Kategorien Handhaben, Fügen, Justieren, Kontrollieren und die Durchführung von Sonderoperationen.¹⁴

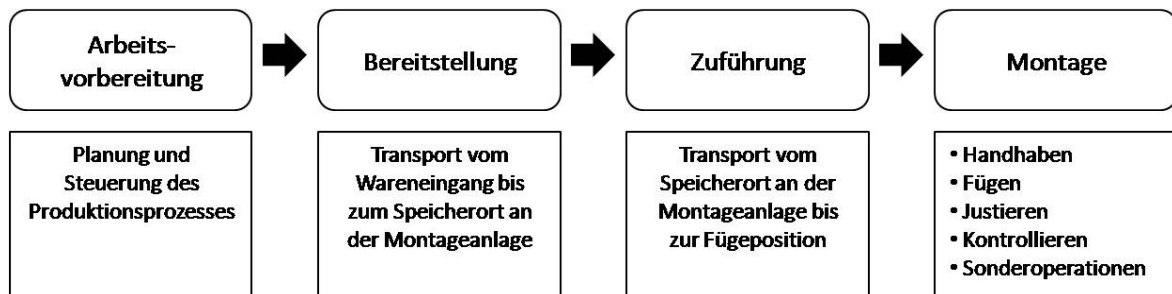


Abbildung 2.1: Teilprozesse bei der Sitzmontage ab Wareneingang bei Airbus

Die Abläufe und einzelnen Tätigkeiten, die während der oben genannten Teilprozesse durchgeführt werden, sollen nun beschrieben werden. Die Fluggastsitze werden zunächst mit einem LKW vor die Halle der Endmontagelinie gefahren. Dort werden sie von einem Gabelstapler aus dem LKW abgeladen und, im Fall der Endmontagelinie in der Werkshalle 14, zum Zwischenlager in der Halle gefahren. Da sich das Zwischenlager nicht auf Fußbodenhöhe, sondern auf einer höher gelegenen Ebene befindet, wird der vertikale Transport entweder durch den Gabelstapler oder mit einem Fahrstuhl durchgeführt. Diese Arbeitsschritte bis zum Zwischenlager fallen unter den Prozess der Bereitstellung. Im Lager werden die Sitzbänke mit Schwimmwesten ausgestattet, es werden die Teilenummern abgeglichen und die Transportablagen werden für die Montage in die richtige Einbaureihenfolge gebracht, damit die Zuführung reibungslos erfolgen kann. Die Bereitstellung in der Endmontagelinie in der Halle 9 erfolgt als sogenannte Direktanlieferung. Das bedeutet, dass die Fluggastsitze direkt aus dem LKW mit dem Gabelstapler auf einer Fläche auf dem Hallenboden am Bauplatz abgestellt werden. Von dort erfolgt dann der weitere Transport in die Flugzeugkabine.

Der Zuführungsprozess wird durch die Anforderung der Fluggastsitze von den Facharbeitern an den Bauplätzen initialisiert. In Halle 14 werden die Sitzreihen dann mit einem Gabelstapler auf ihren Transportablagen zum jeweiligen Bauplatz transportiert. Je nachdem wie viel Platz dort zur Verfügung steht, werden sukzessiv die Sitzbänke in unterschiedlichen Mengen angeliefert. Für den Transport in das Flugzeug müssen die

¹³ Vgl. (Lotter, et al., 2006), S. 323 f.

¹⁴ Vgl. (Lotter, et al., 2006), S. 2

Sitzbänke von den Transportablagen auf einen kleineren Rollwagen umgeladen werden. Dies geschieht meistens durch zwei Facharbeiter bei Sitzreihen der Economy Class. Sitzreihen der First Class müssen aufgrund ihres größeren Gewichts von mehreren, meist vier, Facharbeitern bewegt werden. Bei diesen Sitzen kann auch der Fall auftreten, dass sie nicht auf dem Rollwagen durch die Flugzeugtür passen und somit von den Mitarbeitern getragen werden müssen. Die Sitzbänke müssen dann in eine passende Position gedreht und geneigt werden. Zum Teil müssen die Sitzbänke auch hochkant durch die Tür befördert werden. Die Sitzbänke der Economy Class können durch die vordere Eingangstür des Flugzeuges, über eine kleine Rampe, in die Kabine geschoben werden. Dies wird von einer oder zwei Personen durchgeführt. Die Fluggastsitze für den hinteren Bereich des Flugzeuges werden zuerst zugeführt, um den nachfolgenden Transport der restlichen Sitzbänke nicht zu behindern. In Halle 9 erfolgt die Zuführung von der Bereitstellfläche am Bauplatz in das Flugzeug mit einem Gabelstapler, der die Sitzbänke mit ihren Transportablagen auf eine Arbeitsbühne hebt. Dort werden die Sitze dann auf die Rollwagen zum Transport in die Kabine umgeladen und in das Flugzeug geschoben. Erst wenn alle Sitzbänke an ihrer Einbauposition abgestellt sind, wird mit der Montage begonnen.

Eine Voraussetzung für die Montage ist das Einmessen und Markieren der Einbaupositionen an den Sitzschienen. Dieser Schritt erfolgt ebenfalls vor dem Transport der Sitzbänke in die Flugzeugkabine. Hierzu werden von sogenannten Datumsmaßen ausgehend, die in jedem Flugzeug an der gleichen Position liegen, die einzelnen Abstandmaße der Sitzpositionen markiert. Das Einmessen erfolgt manuell, die Markierungen werden mit einem Filzstift aufgetragen. Zur Montage werden die Fluggastsitze in der Nähe ihrer Einbauposition mit ihren Befestigungszapfen in das Lochmuster der Sitzschienen gehoben und positioniert. Für die Befestigung an der Sitzschiene müssen die Sitzbänke anschließend um einen halben Zoll verschoben werden, damit sie mittels ihrer Befestigungselemente unter dem Stegbereich der Sitzschienen fixiert werden können (siehe hierzu Abbildung 2.12). Sollte der Fluggaststz über elektronische Anschlüsse für In-Flight Entertainment (IFE)¹⁵ verfügen, werden die Anschlüsse des Sitzes mit den Leitungen aus dem Kabelkanal entlang der Sitzschienen verbunden. Abschließend werden die Sitzschienenabdeckungen eingesetzt und die Sitzabstände kontrolliert. Eine zusammenfassende Darstellung der Prozessabläufe bei Airbus in den Endmontagelinien in Halle 14 und Halle 9 zeigt die Abbildung 2.2.

¹⁵ Elektronische Bordunterhaltung, wie z.B. Audio- und Videokomponenten.

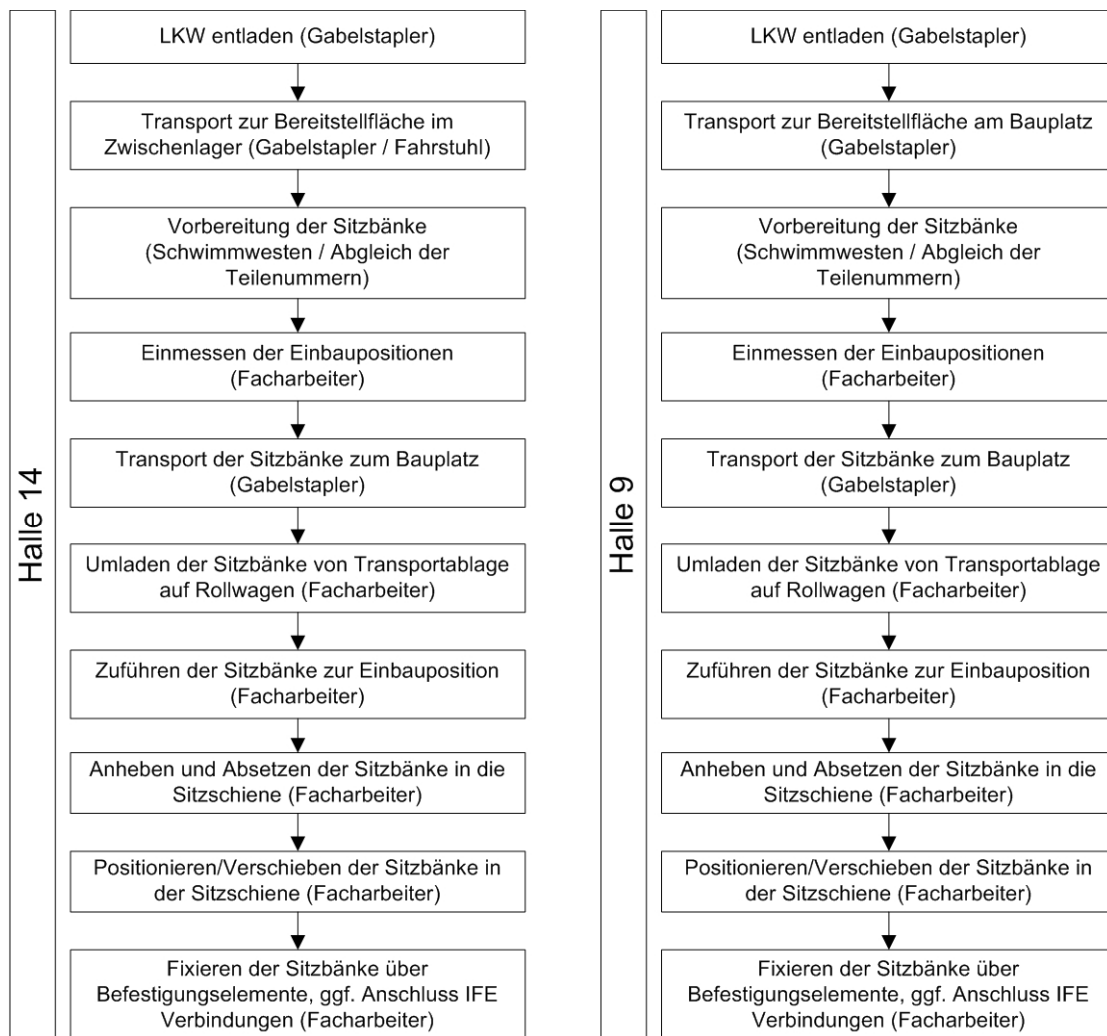


Abbildung 2.2: Prozessabläufe in den Endmontagelinien bei Airbus

2.2.2 Vorrichtungen und Hilfsmittel

Dieser Abschnitt gibt einen Einblick in die während des Prozesses verwendeten Hilfsmittel mit vorwiegender Betrachtung der Transportabläufe innerhalb des Airbus Werksgeländes.

Das primäre Transportmittel für die Beförderung der Fluggastsitze sind Gabelstapler. Sie werden für die Bereitstellung sowie die Zuführung innerhalb und außerhalb der Werkshallen verwendet. Ein großer Vorteil von Gabelstaplern ist ihre Flexibilität. So bieten sie zahlreiche Einsatzmöglichkeiten für Aufgaben aus einer Kombination von horizontalem Stückguttransport mit Stapelarbeiten bzw. vertikalem Transport. Außerdem lassen sie sich durch Variation des Lastaufnahmemittels an eine große Anzahl von Einsatzfällen anpassen.¹⁶

¹⁶ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S.171 f.

Als Transportablagen kommen verschiedene Hilfsmittel zum Einsatz. Zwei davon sind in den nachfolgenden Abbildungen beispielhaft dargestellt. Abgesehen von kleineren Abweichungen entsprechen sie den verwendeten Hilfsmitteln bei Airbus. Abbildung 2.3 zeigt einen Rollwagen, auf dem die Fluggastsitze vom Hersteller zu Airbus transportiert, anschließend in das Zwischenlager und von dort weiter zu den Bauplätzen gebracht werden. Auf diesen Wagen finden je 3 Sitzbänke Platz. Der Gabelstapler kann einen solchen Rollwagen pro Fahrt transportieren und stellt die Wagen am Bauplatz ab. Die Sitzbänke werden dort manuell von den Rollwagen auf kleinere Transportroller umgeladen. Abbildung 2.4 zeigt exemplarisch einen solchen Transportroller. Diese sind im Grunde Rollbretter, deren Grundfläche so groß ist, dass die Sitzbänke mit ihren Sitzfüßen darauf abgestellt werden können. Sie werden umgangssprachlich auch als „Möbelhund“ bezeichnet. Für den Leertransport der Transportroller sind Aussparungen als Tragegriffe in die Ablagefläche eingebracht.

Abbildung 2.3: Rollwagen¹⁷Abbildung 2.4: Transportroller¹⁸

Als alternative Möglichkeit für den Transport vom Sitzhersteller zu Airbus und den anschließenden Weitertransport über das Zwischenlager oder die Bereitstellfläche zu den Bauplätzen stehen spezielle Paletten zur Verfügung. Diese können ebenfalls vom Gabelstapler aufgenommen werden. Auch sie sind für die bessere Handhabung mit vier Rollen ausgestattet. Eine Palette bietet Platz für eine Sitzbank. Pro Fahrt kann der Gabelstapler zwei Paletten transportieren. Am Bauplatz werden die Sitzbänke von den Paletten auf die Transportroller geladen, der Gabelstapler bringt die leeren Paletten in das Lager zurück.

¹⁷ (logismarket.de)

¹⁸ (Jungheinrich)

Zur Montage der Fluggaststühle können aufgrund der verschiedenen Befestigungselemente der Hersteller unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz kommen. Durch Vorgaben seitens Airbus sollen hier bei neu entwickelten Sitzmodellen nur noch Schnellverschlüsse ohne Werkzeugeinsatz oder Inbusschlüssel Verwendung finden.¹⁹ Auf die verwendeten Werkzeuge wird hier nicht näher eingegangen. Um den Prozess des Ausmessens der Sitzpositionen in den Sitzschienen zu beschleunigen, kommen für diesen Zweck hergestellte Zollstöcke zum Einsatz. Diese haben die Längen verschiedener Sitzabstandsmaße, z.B. 29 oder 30 Zoll. So können die Markierungen durch Verschieben des Zollstockes zügig und einfach im Kettenmaß angetragen werden.

2.2.3 Der Arbeitsbereich

Es gibt bei Airbus mehrere Arbeitsbereiche, in denen die Fluggaststühle für die Single Aisle Flugzeuge eingebaut werden. Diese befinden sich in den Hallen der Endmontagelinien. In der Werkshalle 14 stehen bis zu sieben Bauplätze für die Installation der Fluggaststühle zur Verfügung, von denen je nach Auslastung eine unterschiedliche Zahl für die Tätigkeiten in dieser Produktionsphase des Flugzeuges genutzt werden. Ein weiterer Bauplatz für diese Produktionsphase befindet sich in der Werkshalle 9.

Je nach Lage des Bauplatzes sind unterschiedliche Entfernungen vom Zwischenlager der Sitzbänke zurück zu legen. Dabei ist zu beachten, dass sich das Lager ebenfalls in der Werkshalle 14 befindet und der Transport zu den Bauplätzen innerhalb der Halle erfolgt. Bei dem Bauplatz, der sich in Halle 9 befindet, werden die Fluggaststühle als Direktanlieferung direkt am Bauplatz abgestellt. Die Beschaffenheit der Transportwege ist innerhalb der Hallen sehr ähnlich. Es handelt sich um einen festen, ebenen Untergrund mit einer glatten und sauberen Oberfläche. An einigen Stellen sind leichte Steigungen zu bewältigen.

In Halle 14 findet die Zuführung aus dem Zwischenlager zu den Bauplätzen größtenteils auf der gleichen Ebene statt. Das bedeutet, dass der Gabelstapler mit den Sitzen direkt zum Bauplatz fahren kann, wo die Sitzbänke dann auf die Rollwagen umgeladen und weiter in das Flugzeug transportiert werden. An einigen Bauplätzen in Halle 14 wird zusätzlich eine Hebebühne benötigt, um die Höhendifferenz zwischen der Anlieferungsebene des Gabelstaplers und der Ebene auf Höhe der Flugzeugtür zu überwinden. Hier werden die Sitzbänke von ihren Transportablagen manuell auf die Hebebühne getragen und anschließend mithilfe der Bühne um ca. 1,5 Meter abgesenkt.

¹⁹ (Airbus, 2008).

Dann erfolgen das Umladen auf die Rollwagen und der Transport in die Kabine. Da in Halle 14 auf der oberen Ebene wenig Platz zur Verfügung steht, die Wege aus dem Zwischenlager kurz sind und sich auf einer Ebene befinden, richtet sich die Zuführung zu den Bauplätzen nach dem Arbeitsfortschritt der Facharbeiter.

Die Zuführung der Fluggaststühle zum Bauplatz in Halle 9 unterscheidet sich vom Ablauf in Halle 14. Da in Halle 9 auf der Fußbodenebene mehr Platz zur Verfügung steht, können die Sitzbänke dort in der Nähe des Bauplatzes zwischengelagert werden. Um die Sitzbänke in die Flugzeugkabine zu bringen, müssen sie, ebenfalls mit einem Gabelstapler, wieder auf eine Arbeitsbühne in Höhe der Flugzeugtür befördert werden. Dort erfolgen dann das Umladen auf die Rollwagen und die Zuführung zum Einbauort in der Kabine.

2.2.4 Die Prozessbeteiligten

Grundsätzlich lassen sich die am Prozess beteiligten Unternehmen in drei Obergruppen einteilen. Diese Einteilung stellt Abbildung 2.5 dar. Am Anfang der Prozesskette stehen die Sitzhersteller. In Abbildung 2.5 sind hier beispielhaft vier namhafte Sitzhersteller genannt. Diese vier Hersteller sind mit einigen Sitzmodellen im Airbus Kabinenkonfigurationshandbuch vertreten. Die dort aufgelisteten Sitzmodelle sind Empfehlungen von Airbus an die Fluggesellschaften. Das bedeutet, dass die Fluggesellschaften nicht zwangsläufig ein Sitzmodell aus dieser Auswahl aussuchen müssen, wenn sie ein Modell von einem anderen Hersteller bevorzugen. Es können also mehr Sitzhersteller als die vier aufgelisteten als Prozessbeteiligte auftreten, solange sie für die Herstellung von Fluggaststühlen zugelassen und zertifiziert sind. Diese Tatsache führt dazu, dass der Prozess insgesamt komplexer wird, da Liefertermine und Absprachen mit mehreren Zulieferern eingehalten und koordiniert werden müssen.

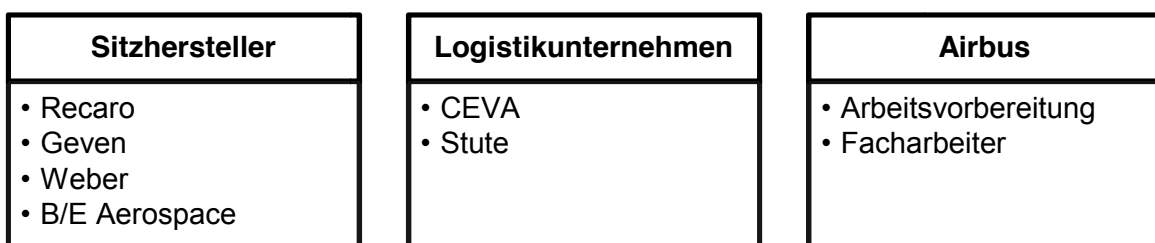


Abbildung 2.5: Prozessbeteiligte

Das Mittelglied in der Prozesskette stellen die Logistikunternehmen dar. Sie liefern im Auftrag der Sitzhersteller die Fluggaststühle vom Warenausgang des Herstellers bis zum

Wareneingang bei Airbus. Diese Aufgabe wird z.B. vom Logistikunternehmen CEVA Logistics ausgeführt. Das Unternehmen transportiert die Fluggastsitze auf LKWs vom Hersteller zur Endmontagelinie bei Airbus. In der Endmontagelinie werden die logistischen Tätigkeiten dann von der Firma Stute Verkehrs GmbH übernommen.

Als letztes am Prozess beteiligtes Unternehmen steht Airbus. Hier spielen hauptsächlich die Abteilung der Arbeitsvorbereitung sowie die Facharbeiter an den Bauplätzen der Endmontagelinien wichtige Rollen. Die Arbeitsvorbereitung, weil sie die Prozesse plant und steuert, und die Facharbeiter, weil sie die Sitzbänke montieren müssen.

2.3 Der Fluggastsitz

In diesem Abschnitt sollen zuerst einige generelle Informationen zum Fluggastsitz gegeben werden. Dazu zählen u.a. Abmessungen, vorhandene Bauteile, zu erfüllende Funktionen sowie unterschiedliche Arten von verwendeten Sitztypen. Anschließend wird der Sitz als Teil des betrachteten Sitzeinbauprozesses untersucht.

2.3.1 Allgemeiner Überblick

An einen Fluggastsitz wird eine Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen gestellt, die bei der Entwicklung und Konstruktion berücksichtigt werden müssen. Neben den Forderungen der Zulassungsbehörden müssen auch die Ansprüche der Fluggesellschaften sowie die Bedürfnisse der Passagiere berücksichtigt werden. Die Hauptfunktionen eines Fluggastsitzes sind die Bereitstellung eines sicheren und komfortablen Sitzplatzes während des Fluges sowie ausreichender passiver Sicherheit in Notfällen.²⁰ Die Zulassungsbehörden definieren über ihre Vorschriften die Gewährleistung eines Mindestmaßes an Sicherheit. Diese Vorschriften werden oftmals noch durch Anforderungen der Flugzeughersteller und der Fluggesellschaften ergänzt.²⁰

Für den Passagier bildet der Fluggastsitz die Schnittstelle zum Flugzeug, da er die meiste Zeit während des Fluges im Sitz verbringt.²⁰ Daher ist es sehr wichtig einen komfortablen Sitz herzustellen, der bestmöglich an die Bedürfnisse des Reisenden angepasst ist. Für die Fluggesellschaften, als Kunden der Sitzhersteller, sind besonders Kriterien von großer Bedeutung, die sich auf den Flugbetrieb auswirken. Den wichtigsten Faktor unter diesen Kriterien bildet das Gewicht des Sitzes, da es sich über den Treibstoffverbrauch negativ auf die Betriebskosten auswirkt oder die Möglichkeit der Nutzlastmitnahme einschränkt.

²⁰ Vgl. (Schoenenberg)

Des Weiteren spielen auch Kriterien wie eine selbsterklärende Bedienung, eine robuste Auslegung der Bauteile sowie eine leichte Reinigung und Reparatur wichtige Rollen.²⁰

Die Flugzeughersteller legen in ihren Spezifikationen Kriterien fest, die zum Teil für die Zulassung der Sitze für bestimmte Flugzeugtypen, z.B. aufgrund höherer auftretender Lasten, notwendig sind. Zu den Vorgaben gehören ebenfalls die Festlegung der maximal in die Sitzschienenstruktur einzuleitenden Lasten und die Definition des zur Verfügung stehenden Bauraumes mit vorgegebenen Mindestabständen zu umliegenden Kabinenkomponenten.²⁰

Grundsätzlich gibt es verschiedene Typen von Fluggastsitzen, die in unterschiedlichen Flugzeugkategorien (gemessen an der möglichen Passagierzahl) zum Einsatz kommen. In dieser Arbeit werden nachfolgend ausschließlich die Fluggastsitze betrachtet, die in Flugzeugen mit einer Anzahl von mehr als 100 Passagieren eingesetzt werden. Diese Sitze lassen sich in ihrer Ausstattung und in ihrem Umfang in weitere Kategorien unterteilen. Generell unterscheidet man sie nach den von den Fluggesellschaften angebotenen Preisklassen in Economy Class Sitze, Business Class Sitze und First Class Sitze.²⁰ Einige Fluggesellschaften tendieren dazu, zwischen diesen Klassenkategorien weitere Preisklassen einzuführen, die dann beispielsweise zwischen der Economy Class und der Business Class liegen und als Premium Economy bezeichnet werden.

Damit für die Fluggesellschaften auch spätere Änderungen des Kabinenlayouts sowie ein Austausch der Fluggastsitze ohne erneute Zertifizierung des gesamten Flugzeuges möglich sind, werden die Flugzeuge meist ohne installierte Sitze zugelassen.²⁰ Das erhöht die Flexibilität der Flugzeuge für spätere Einsatzmöglichkeiten. Diese kann z.B. bei Flugplanumstellungen mit Routen- und Einsatzänderungen gefordert sein, wenn die Art und Kapazität der Sitzplätze neuen Einsatzbedingungen angepasst werden muss. Es führt allerdings auch dazu, dass Hersteller von Fluggastsitzen selbst dafür sorgen müssen ihre Produkte zu zertifizieren bzw. als zertifizierter Herstellbetrieb von Fluggastsitzen anerkannt zu werden, um ihre Produkte auf dem Markt erfolgreich anbieten zu können.

Den Aufbau einer typischen Fluggastsitzstruktur eines Economy Class Sitzes gibt Abbildung 2.6 wieder. Die Struktur besteht im Wesentlichen aus den Hauptkomponenten:

- Sitzfüße,
- Traggestell mit Sitzteilern,
- Sitzboden,
- Rückenlehne mit Esstischen und

- Armlehnen.²⁰

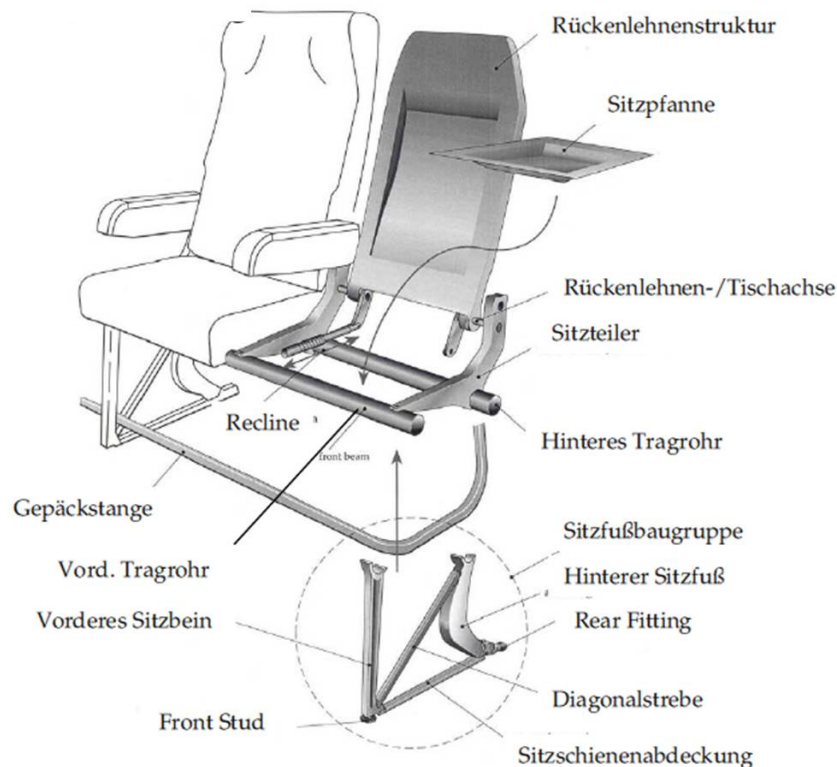


Abbildung 2.6: Aufbau einer Sitzstruktur²¹

Durch unterschiedlichste Anforderungen, je nach Einsatzort auch innerhalb einer Flugzeugkabine, legen die Hersteller großen Wert auf eine modulare Bauweise, damit sie den Sitz ohne große technische Änderungen oder Zusatzbauteile schnell und flexibel anpassen können. So können z.B. die Tragrohre abgeändert oder auch Sitzteiler und Sitzfüße auf den Tragrohren verschoben werden.²⁰ Einige Fluggastsitze können anstelle von einem vorderen und einem hinteren Tragrohr auch nur ein einzelnes Tragrohr besitzen.

Die Bauart kann sich je nach Sitzhersteller unterscheiden. Im Bereich der Sitzfüße gibt es beispielsweise eine Vielzahl an verschiedenen Auslegungsformen und Befestigungsarten. Die Montage der Sitze an der Sitzschienenstruktur des Flugzeuges erfolgt über den sogenannten „Front Stud“ und das „Rear Fitting“. Diese werden mit Hilfe ihrer Befestigungszapfen in der Sitzschiene fixiert. Hierfür gibt es Zapfen, die Bewegungen des Sitzes in vertikaler Richtung (Z-Richtung, siehe Abbildung 2.8) und in horizontaler X-Richtung (siehe ebenfalls Abbildung 2.8) verhindern. Eine Bewegung quer zur Sitzschiene

²¹ Vgl. (Miehlke, 2005)

wird durch alle vorhandenen Befestigungszapfen blockiert. Die Scherzapfen bzw. Scherbolzen zum Verhindern der Bewegung in X-Richtung werden dabei durch einen Spannmechanismus in den Löchern der Sitzschiene gehalten. Die Elemente können von Sitzhersteller zu Sitzhersteller variieren und sind nicht herstellerübergreifend vereinheitlicht. Abbildung 2.7 zeigt drei Beispiele für die unterschiedliche Konstruktion von Befestigungselementen aus dem Bereich der hinteren Sitzfüße. Die Fittings im mittleren und rechten Bild besitzen je drei Zapfen zur Blockierung der Bewegung in Z-Richtung, der Fitting im linken Bild besitzt dagegen vier solcher Zapfen (zu erkennen an den konvexen Elementen an der Unterseite). Zur Vermeidung einer Bewegung in X-Richtung in eingebautem Zustand besitzen die Fittings in den äußeren Darstellungen je zwei, der Fitting im mittleren Bild hingegen nur einen Scherbolzen. Die Fittings links und in der Mitte werden mit einer Innensechskantschraube fixiert, beim Fitting im rechten Bild wird hierfür eine Schraube mit Kreuzschlitz verwendet. Diese drei Befestigungselemente veranschaulichen sehr gut, welche diversen Unterschiede in der Auslegung dieser Elemente auftreten können.



Abbildung 2.7: Varianten der hinteren Befestigungselemente eines Sitzfußes

Die Wahl der verwendeten Materialien richtet sich vorwiegend nach den anfangs genannten Anforderungen und Vorschriften. Daher müssen Materialien gefunden werden, die die Gesamtheit aller Anforderungen bestmöglich erfüllen. Hierzu zählen vor allem die Bestimmungen bzgl. der Brennbarkeit, der Rauchentwicklung und der Giftigkeit von entstehenden Dämpfen sowie die Anforderungen an das Gewicht. Für die tragenden Strukturen werden daher vorwiegend Aluminiumwerkstoffe verwendet, die neben der Erfüllung der oben genannten Kriterien zudem ein gutes Energieabsorptionsverhalten aufweisen und so die Lasten zur Umgebungsstruktur reduzieren.²⁰ Für Sekundärkomponenten wie Rückenlehne, Armlehne oder Sitzpfanne finden vorwiegend Faserverbundmaterialien und Kunststoffe Verwendung.²⁰

2.3.2 Der Fluggastsitz als Teil des Sitzeinbauprozesses

Der Fluggastsitz bildet die Hauptkomponente des Sitzeinbauprozesses. Als Montageobjekt und Transportgut durchläuft er die in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Prozessphasen. Er beeinflusst also in wesentlichem Maße durch seine Eigenschaften wie dem Gewicht, den Abmessungen oder den Befestigungselementen, die am Prozess beteiligten Hilfsmittel und Werkzeuge.

Der Sitz wird von zertifizierten Herstellern für Fluggastsitze produziert und angeboten. Der Flugzeughersteller, im untersuchten Fall Airbus, ist für die Montage der Sitzbänke in die Flugzeugkabine zuständig. Die Fluggesellschaften bestellen ihre ausgewählten Fluggastsitze größtenteils direkt bei den Sitzherstellern und klären mit ihnen auch die weiteren Formalitäten, wie z.B. Liefertermine. Die Verantwortung hierfür liegt demnach nicht beim Flugzeughersteller. Dieser ist in diesem Fall lediglich für die Montage der Sitzbänke zuständig. Wird der Prozess nach diesem Schema durchgeführt, spricht man bei den Sitzen auch von Buyer Furnished Equipment (BFE)²². Eine andere Strategie ist, die Sitze als Seller Furnished Equipment (SFE) zu beziehen. Hierbei wird der Kauf der Fluggastsitze von der Fluggesellschaft über den Flugzeughersteller, also Airbus, abgewickelt. Dieser kümmert sich dann um alle weiteren anfallenden Aufgaben. Die meisten Fluggastsitze werden von den Fluggesellschaften als BFE bezogen.

Die verschiedenen Sitzarten und Varianten sowie ihre Einflüsse und Auswirkungen auf den Prozessablauf für den Sitzeinbau werden in Abschnitt 2.5 beschrieben.

2.4 Die Flugzeugkabine

An die Kabine eines Passagierflugzeuges werden zahlreiche Anforderungen gestellt. Fluggesellschaften und Passagiere stellen Ansprüche, die von den Flugzeugherstellern, wie bei den Fluggastsitzen auch, nach den Vorschriften der Zulassungsbehörden erfüllt werden müssen. Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Einblick in die Komplexität einer Flugzeugkabine im Allgemeinen und als Komponente des betrachteten Sitzeinbauprozesses.

²² Ausstattungskomponenten der Flugzeugkabine (z.B. Sitze), die von der Fluggesellschaft direkt beim jeweiligen Produzenten gekauft werden. Für die weitere Abwicklung (z.B. rechtzeitige Lieferung der Komponenten in die FAL) ist der Käufer, also die Fluggesellschaft, verantwortlich.

2.4.1 Allgemeiner Überblick

Flugzeugkabinen können verschieden ausgelegt sein. Merkmale sind zum Beispiel die Anzahl der Gänge zwischen den Sitzreihen und die Anzahl der nebeneinander in einer Reihe sitzenden Personen. Diese werden vorwiegend durch die Größe des Flugzeuges (Passagieranzahl, Rumpfmaße) und seine geplanten Einsatzzwecke (Kurzstrecke, Langstrecke) bestimmt. Weiterhin kann jede Fluggesellschaft entscheiden, wie sie die Aufteilung der Kabine in bestimmte Bereiche (Economy, Business, First) vornimmt und mit welchen Komponenten sie die Kabine ausstattet. Einige Beispiele für die Verschiedenheit von Flugzeugkabinen sind die Boeing 787 als Langstreckenflugzeug mit zwei Gängen, der Airbus A380 als Langstreckenflugzeug mit zwei Gängen und zwei Passagierdecks oder der Airbus A320 als Kurz- bzw. Mittelstreckenflugzeug mit nur einem Mittelgang.

Trotz dieser unterschiedlichen Kabinenkonfigurationen müssen dennoch alle Flugzeugkabinen das gleiche umfangreiche Spektrum an Anforderungen erfüllen. Die Kabine bietet für viele Menschen unterschiedlicher Kulturen einen Lebensraum mit sehr eingeschränkten Platzverhältnissen. Mit ihren diversen Systemen wie dem Klimasystem oder dem Frisch- und Abwassersystem, schafft sie Verhältnisse, die in einer für den Menschen lebensbedrohlichen Außenumgebung in mehreren 1000 Metern Höhe zum Überleben nötig sind. Zudem muss sie ein soziales Umfeld bieten, in dem sich die Passagiere möglichst wohl fühlen und komfortabel reisen können.

Für die Fluggesellschaften sind darüber hinaus die optische Gestaltung der Kabinenkomponenten sowie die Qualität und Sicherheit aller Systeme und Einbauten von großer Bedeutung. Durch eine einheitliche Gestaltung ihrer Flugzeugflotte entsteht ein Wiedererkennungswert für die Passagiere. Die Fluggesellschaft präsentiert sich in wesentlichem Maße über die Kabinenausstattung und –qualität ihren Kunden, den Passagieren. Eine weitere Anforderung an die Kabine ist die Bereitstellung eines größtmöglichen Maßes an Flexibilität bzgl. der Möglichkeit Komponenten auszutauschen oder Änderungen der gesamten Aufteilung innerhalb der Kabine vorzunehmen, da ein Flugzeugleben deutlich länger dauert als die durchschnittliche Einsatzzeit einer Flugzeugkabine. Nicht zuletzt muss ein wirtschaftlicher und effizienter Betrieb aller Komponenten, Systeme und Bauteile der Kabine möglich sein um die Wartungs- und Betriebskosten so gering wie möglich zu halten und sich im Wettbewerb durchzusetzen.

Außerdem bildet die Kabine nicht nur einen Lebensraum zum Reisen sondern auch ein Arbeitsumfeld für die Kabinen-, Cockpit- und Bodencrews. Auch aus diesen Gründen

muss versucht werden, ein möglichst ergonomisches Umfeld zu erzeugen, das die Arbeitsabläufe in der Luft und am Boden so einfach wie möglich gestaltet und mögliche Fehlerpotenziale von vorn herein ausschließt.

All diese Anforderungen müssen ein schlüssiges Gesamtbild ergeben. Um die Zulassung für ein Flugzeug zu erhalten, bedarf es auch beim Kabinenlayout einer Zertifizierung, die in Europa für Flugzeuge mit der Größe eines Airbus oder eines Boeing Flugzeuges nach den Certification Specifications Part 25 der europäischen Luftfahrt Sicherheitsbehörde EASA erfolgt.

Um die technischen Geräte und elektrischen Leitungen sowie die Isolationsmaterialien zu verdecken und eine angenehme Raumgestaltung zu ermöglichen, kommen in der Kabine verschiedene Verkleidungspaneel zum Einsatz. Hierzu zählen beispielsweise die Decken- und Seitenverkleidungen. Für die Unterbringung des Handgepäcks sind Gepäckfächer, die sogenannten Hatracks, über den Sitzplätzen vorgesehen. An deren Unterseite befinden sich in den meisten Fällen, zumindest in der Economy Class, die Passenger Service Units (PSU), die die Passagiere u.a. mit individueller Frischluft und im Notfall mit Sauerstoff versorgen. Weitere wichtige Komponenten sind natürlich die Fluggastsitze und Flugbegleitersitze sowie die Monumente Galley und Lavatory.

2.4.2 Die Flugzeugkabine als Teil des Sitzeinbauprozesses

Weil in dieser Arbeit der Prozess des Sitzeinbaus am Beispiel der Airbus Single Aisle Flugzeuge, also der Flugzeuge mit nur einem Mittelgang, erfolgt, wird nachfolgend nur noch Bezug auf die Kabine dieser Flugzeugtypen genommen.

Um sich bei der Montage eines Flugzeuges orientieren zu können und beispielsweise die jeweiligen Einbaupositionen zu bestimmen, wurde ein Koordinatensystem für das Flugzeug definiert. Dieses Koordinatensystem hat bei der Single Aisle Familie von Airbus 2540 Millimeter²³ vor dem Flugzeug seinen Ursprung und verläuft in X-Richtung entgegen der Flugrichtung in positiven Koordinaten. Dadurch werden negative Koordinaten in der Längsrichtung vermieden. Der Rumpfquerschnitt ist zudem durch eine vertikale und eine horizontale Mittellinie aufgeteilt. Oberhalb der horizontalen Mittellinie liegen die positiven Z-Koordinaten, darunter die negativen. Negative Y-Koordinaten liegen in Flugrichtung gesehen auf der rechten Seite der vertikalen Rumpfmittellinie, die positiven liegen links davon. Abbildung 2.8 gibt hierzu eine anschauliche Darstellung.

²³ Das entspricht einem Maß von 100 Zoll bzw. 100 Inch (1 Inch = 25,4 mm)

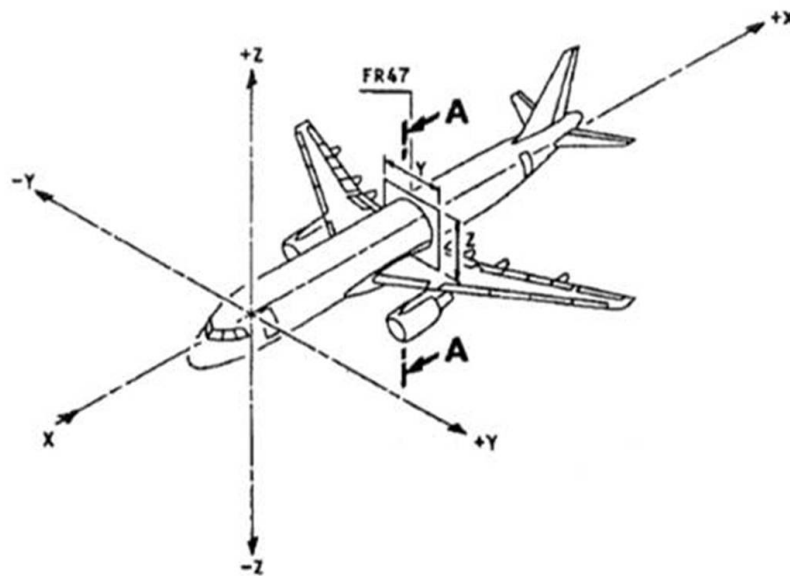
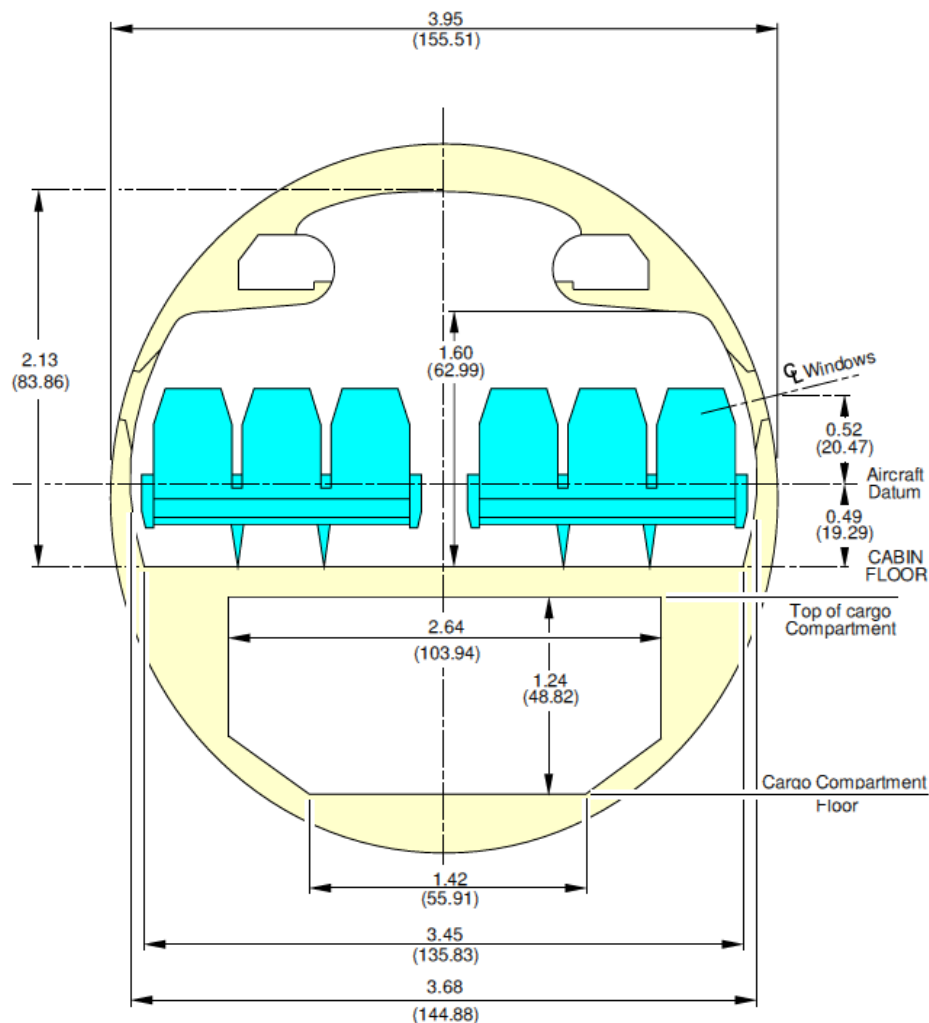


Abbildung 2.8: Globales Koordinatensystem der Airbus Single Aisle Flugzeuge²⁴

Die Abbildung 2.9 zeigt den Rumpfquerschnitt eines Airbus A320. Der Bereich des Frachtraumes in der unteren Hälfte, ist für den Sitzeinbau nicht relevant und wird deswegen nicht betrachtet. Der Bereich oberhalb des Kabinenfußbodens hat jedoch als Arbeitsumgebung und Einbauort für den Sitzeinbauprozess eine Bedeutung. Es wird deutlich, dass der Einbauraum sehr begrenzt ist. In der maximalen Breite misst die Kabine lediglich 3,68 Meter, die Fußbodenfläche ist um weitere 23 Zentimeter schmaler. Die maximale Höhe der Kabine beträgt 2,13 Meter, jedoch wird dieser Raum durch die über den Sitzen eingebauten Gepäckstauflächen noch reduziert, womit sich die Stehhöhe dort auf 1,60 Meter verringert.

²⁴ (Airbus)



NOTE: DIMENSIONS m (in)

Abbildung 2.9: Querschnitt eines Airbus A320 Rumpfes²⁵

Weitere wichtige Maße für den Prozess des Sitzeinbaus sind die Breite sowie die Höhe der Türen, die in Abbildung 2.10 abgebildet sind. Da die Sitzbänke durch die Türen in das Flugzeug transportiert werden, stellen die Türmaße einen limitierenden Faktor für die Größe der in einem Stück in das Flugzeug zu transportierenden Teile dar. Die maximalen lichten Türabmessungen liegen bei 785 Millimetern in der Breite und 1805 Millimetern in der Höhe.²⁶ Der Einbaubereich der Sitzbänke beschränkt sich auf den Fußbodenbereich, in dem Sitzschienen installiert sind. Die Länge dieses Bereiches beträgt beim Airbus A320 ca. 23,5 Meter.²⁷ In den Versionen A318 und A319 ist der Bereich kürzer, beim A321 dagegen etwas länger. Die Anordnung der Sitzschienen zeigt Abbildung 2.11. Die Lage der Sitzschienen in Y-Richtung ist für alle Modelle der Sigle Aisle Familie identisch. Auch

²⁵ (Airbus, 2011)

²⁶ (Airbus, 2008).

der Beginn der installierten Sitzschienen ist für alle Modelle gleich. Er liegt 8077,2 Millimeter vom Nullpunkt des Koordinatensystems entfernt. Die Länge der Sitzschienen variiert bei den Flugzeugmodellen je nach Kabinenlänge. Für Fluggesellschaften besteht zudem die Möglichkeit, bei der Konfiguration des Flugzeuges zusätzliche Sitzschienen installieren zu lassen, um mehr Varianten an Sitzlayouts zu ermöglichen.

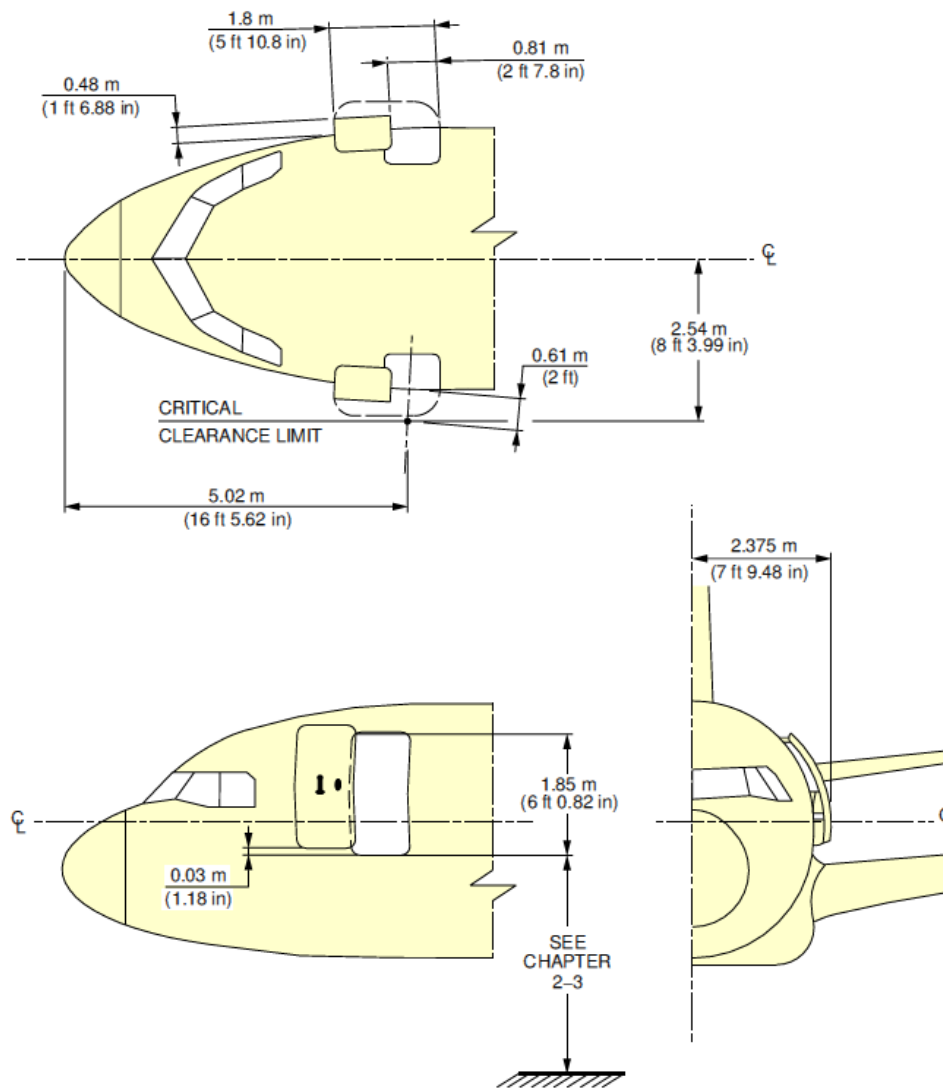


Abbildung 2.10: Türmaße eines Airbus A320²⁵

Die Sitzschiene dient zur Aufnahme und Befestigung der Sitzbänke an der Flugzeugstruktur über die in Abschnitt 2.3.1 genannten Befestigungselemente. Zur Aufnahme dieser verfügt die Sitzschiene über ein Lochmuster mit einem Zoll Abstand zwischen den Lochmittelpunkten. Die Löcher selbst haben einen kleineren Durchmesser als ein Zoll, so dass zwischen ihnen ein Steg entsteht, unter dem die Befestigungszapfen fixiert werden können. Eine schematische Darstellung der Sitzschienegeometrie zeigt

Abbildung 2.12. Auf der linken Seite ist dort ein Querschnitt durch die Sitzschienenstruktur gezeigt. Über das Doppel T-Profil wird die Schiene an die Fußbodenstruktur des Flugzeuges angebunden. Auf der rechten Seite ist ein Querschnitt der Sitzschienenkrone abgebildet, die zur Aufnahme der Sitzbänke dient und in der Mitte ist in einer Draufsicht das beschriebene Lochmuster zu sehen.

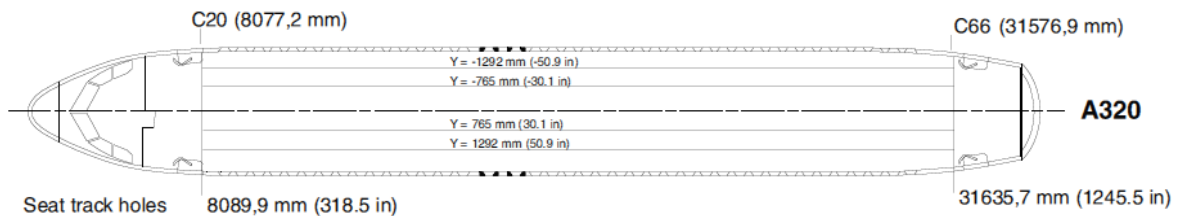


Abbildung 2.11: Sitzschienenlayout eines Airbus A320²⁷

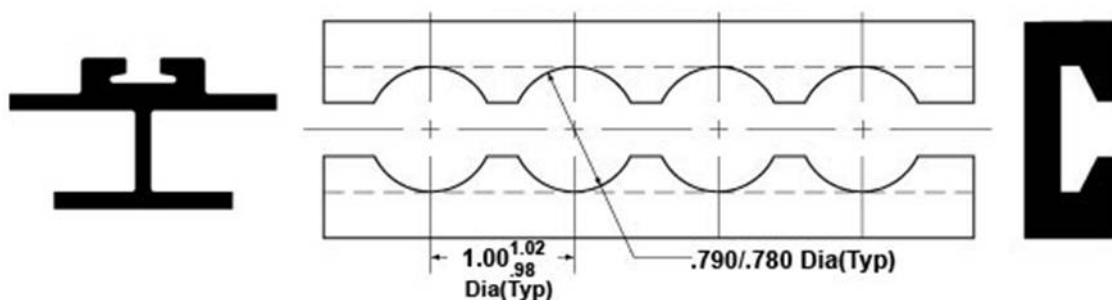


Abbildung 2.12: Schematische Darstellung der Sitzschienengeometrie²⁸

Die Möglichkeiten zur Gestaltung der Flugzeugkabine sind durch gesetzliche Zulassungsvorschriften und den begrenzten Platz relativ eingeschränkt. Für die Fluggesellschaften ist eine individuelle und möglichst komfortable Kabine jedoch einer der wesentlichen Faktoren um sich gegenüber der Konkurrenz abzuheben. Daher legen sie großen Wert auf das Kabinenlayout. Neben unterschiedlichen Ausstattungen, u.a. in Bezug auf die Galleys, Lavatories oder Verkleidungspaneelle, sind es vorwiegend die Fluggastsitze, die das Erscheinungsbild der Kabine prägen. Bezogen auf die Anordnung der Sitze gibt es primär zwei wesentliche Gestaltungsmöglichkeiten. Zum Einen die Aufteilung der Kabine in mehrere Klassen, zum Anderen die Variation des Sitzabstandes.

²⁷ Vgl. (Airbus, 2010)

²⁸ (Premier Metals)

Die Darstellungen in Abbildung 2.13 und Abbildung 2.14 zeigen beispielhaft zwei typische Kabinenkonfigurationen eines Airbus A320 mit unterschiedlichen Sitzlayouts.

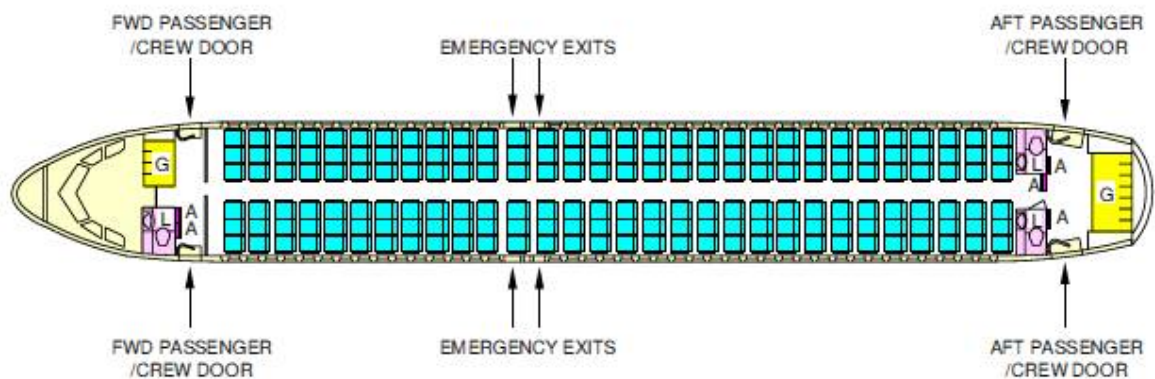


Abbildung 2.13: Typisches Ein-Klassen-Layout eines Airbus A320²⁹

In Abbildung 2.13 ist eine Ein-Klassen-Bestuhlung für 180 Passagiere in der günstigsten Preiskategorie dargestellt. Der Abstand der Sitze ist hier dementsprechend gering, er liegt bei 28 bzw. 29 Zoll. Dieses Layout wird auch als „high density“ Layout bezeichnet, da es die größtmögliche Passagieranzahl für den Typ A320 darstellt. Es sitzen jeweils 6 Passagiere in einer Sitzreihe.²⁹

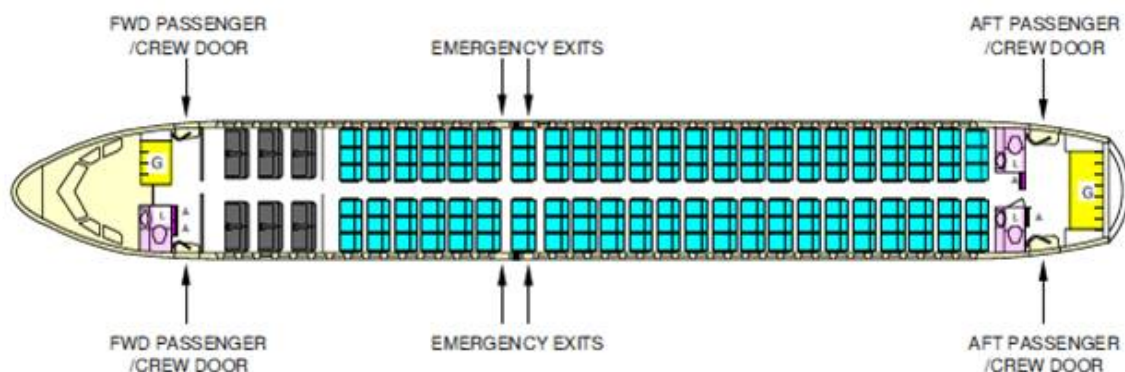


Abbildung 2.14: Typisches Zwei-Klassen-Layout eines Airbus A320²⁹

Die Abbildung 2.14 zeigt dagegen ein typisches Zwei-Klassen-Layout für insgesamt 150 Passagiere. Es hebt sich sowohl durch die zwei unterschiedlichen Preiskategorien der Klassen als auch durch größere Sitzabstände in beiden Klassen vom „high density“ Layout ab. Die Abstände liegen hier in der Economy Class bei 32 Zoll und in der First Class bei 36 Zoll. Zudem sitzen in der First Class nur 4 Passagiere in einer Sitzreihe.²⁹

²⁹ Vgl. (Airbus, 2011)

In der Gestaltung der Sitzabstände sind die Fluggesellschaften relativ frei, es müssen jedoch einige Dinge beachtet werden, z.B. dass vor Notausgängen Sicherheitsbestimmungen für eine Mindestzugangsbreite eingehalten werden oder dass die maximal zugelassene Passagieranzahl nicht überschritten wird. Die aktuelle Sitzschienen- und Fußbodenstruktur der Single Aisle Flugzeuge ist in ihren maximalen Belastungen so ausgelegt, dass ein minimaler Sitzabstand von 28 Zoll nicht unterschritten werden darf.³⁰ Außerdem kann ein zu geringer Sitzabstand Auswirkungen auf die Gesundheit der Passagiere haben, für die Passagiere unkomfortabel sein und ein schlechtes Image für die Fluggesellschaft hervorrufen.

Über diese zwei abgebildeten Kabinenkonfigurationen hinaus gibt es noch etliche weitere Möglichkeiten zur Anordnung von Sitzplätzen und Gestaltung der Layouts in der Flugzeugkabine. Auch innerhalb einer Fluggesellschaft muss sich die Kabinenausstattung beim gleichen Flugzeugmuster nicht zwangsläufig ähneln, da je nach Einsatzzweck und Aktualität der Kabinenkomponenten Unterschiede auftreten können.

2.5 Analyse des Prozesses

In diesem Abschnitt erfolgt die Analyse des Sitzeinbauprozesses. Zu diesem Zweck werden zunächst die Schwerpunkte der Untersuchung sowie die Ziele der Analyse erläutert. Im Anschluss daran wird aufgezeigt wie die Informationen über den Prozess gewonnen wurden und abschließend werden die erzielten Ergebnisse dargeboten.

2.5.1 Untersuchungsschwerpunkte und Ziele der Prozessanalyse

Die Schwerpunkte der Analyse richten sich zum Einen auf die Untersuchung möglicher Unterschiede im Prozessablauf, hervorgerufen durch unterschiedliche Varianten, zum Anderen auf das Aufdecken möglicher Verbesserungspotenziale im gegenwärtigen Prozess.

Durch die Untersuchung auf Unterschiede in den Prozessabläufen soll herausgefunden werden, ob sich durch die diversen verschiedenen Modelle von Fluggastsitzen in einzelnen Teilprozessschritten Abweichungen in den Abläufen ergeben. Ebenfalls soll die Auswirkung abwechselnder Kabinenlayouts auf den Prozess der Sitzinstallation untersucht werden. Hier soll versucht werden folgende Fragen zu beantworten.

- Wenn Unterschiede im Ablauf auftreten, wie wirken sich diese aus?
- In welchen Teilprozessschritten gibt es Unterschiede?

³⁰ Vgl. (Airbus, 2008).

- Welche Teilprozessschritte haben trotz anderer Varianten gleiche Abläufe?
- Werden evtl. unterschiedliche Methoden an verschiedenen Bauplätzen eingesetzt?

Die Untersuchung auf Verbesserungspotenziale soll Hinweise auf mögliche Schwachstellen im Prozessablauf liefern. Deren Optimierung soll dann zu einem schnelleren und stabileren Sitzeinbauprozess beitragen. Hier können u.a. folgende Fragen gestellt werden.

- Können Abläufe vereinfacht werden?
- Können Methoden verbessert werden?
- Können Hilfsmittel verbessert werden?
- Können Arbeitsschritte vermieden werden?

Hierbei kann sich ein Stück weit an einem Fragenkatalog des Toyota Vorschlagwesens orientiert werden, der Anregungen für strukturelle Verbesserungen sowie optimale Arbeitsplatzumgebungen und Arbeitsqualität liefern kann.³¹ Nach Lotter und Wiendahl sollten jegliche Form von Transport, unnötige Bestände sowie Handhabungsvorgänge nach Möglichkeit vermieden werden, da sie keine Wertschöpfung bewirken. Sind solche Vorgänge unvermeidlich, sollten sie zumindest so effizient wie möglich gestaltet und nahtlos in den Produktionsfluss eingefügt werden.³² So ist z.B. auch innerhalb des Lean Production Systems von Airbus der Transport als eine von sieben Arten der Verschwendung aufgeführt. Weitere angeführte Verschwendungsarten sind u.a. eine unnötige Lagerung, unnötige Prozesse, Wartezeiten oder Bewegungen durch ungünstige Anordnungen oder Entfernungen.³³ Alle diese Faktoren können bei der Suche nach Verbesserungspotenzialen im untersuchten Prozessablauf eine Rolle spielen.

2.5.2 Informationsgenerierung für die Prozessanalyse

Um einen Überblick über die Prozessabläufe zu gewinnen, fand eine Beobachtung der Arbeitsabläufe in den Werkshallen der Endmontagelinien bei Airbus statt. Einige der gewonnenen Erkenntnisse wurden bereits in den ersten Abschnitten des zweiten Kapitels beschrieben, u.a. die Beschaffenheit der Arbeitsbereiche und Transportwege, die verwendeten Hilfsmittel und die durchgeführten Arbeitsschritte während des Sitzeinbauprozesses. Diese sind sowohl für die Analyse als auch für die spätere Erstellung von Anforderungen an Prozesshilfsmittel von Bedeutung.

³¹ Vgl. (Krause, 1996), S. 118 ff.

³² Vgl. (Lotter, et al., 2006), S. 324, 339

³³ Vgl. (Airbus, 2009)

Aus den Beobachtungen sowie diversen Gesprächen mit den Facharbeitern und Facharbeiterinnen an den Bauplätzen konnten einige Faktoren ermittelt werden, die sich nachteilig auf den Prozessablauf auswirken. Diese Störfaktoren werden im nachfolgenden Abschnitt beschrieben. Sie sollen auch auf die Möglichkeit hin überprüft werden, als Merkmale für eine Klassifizierung der Sitzmodelle zu dienen.

Um einen generellen Eindruck über die verwendeten Sitzmodelle und Kabinenkonfigurationen zu erhalten, wurden zudem die Zeichnungsunterlagen der Flugzeuge mit den Seriennummern von 4750 bis 5100 der Airbus Single Aisle Familie auf die eingebauten Fluggastsitze und Sitzanordnungen untersucht. Diese bilden aufgrund ihrer Aktualität während der Untersuchung ein gutes Bild für die verwendeten Modelle ab. Die Zusammenstellung der Daten soll als Grundlage dazu dienen, Sitzhersteller und Sitzmodelle zu identifizieren und nach ihrer auftretenden Häufigkeit der Verwendung zu ordnen. Außerdem kann ein Überblick über die Anzahl an Varianten sowohl bei den Fluggastsitzen als auch bei der Gestaltung des Kabinenlayouts gewonnen werden.

2.5.3 Ergebnisse der Prozessanalyse

Aus den Gesprächen mit den Facharbeitern ergaben sich im Wesentlichen zwei Faktoren, die sich für Probleme bzw. Verzögerungen im Prozessablauf verantwortlich zeigen. Zum Einen kamen hier die diversen unterschiedlichen Befestigungselemente der Sitzmodelle zur Sprache. Durch abweichende Konstruktionen sind die Facharbeiter gezwungen verschiedene Werkzeuge zur Montage der Sitzbänke an der Sitzschiene zu benutzen. Außerdem lassen sich die Fittinge nicht alle gleich gut in der Sitzschiene verschieben, um die Sitzbänke in ihre endgültige Position zu bringen. Zum Anderen wurde der größere Aufwand betont, die Sitzbänke beim Einbau zusätzlich zur Befestigung an der Sitzschiene auch an eine Strom- und Datenverbindung anzuschließen. Diese wird entweder für das In-Flight Entertainment oder eine Fluchtwegbeleuchtung direkt am Sitz benötigt.

Aus den technischen Zeichnungen der untersuchten Flugzeuge konnten Informationen über das gewählte Kabinenlayout, also u.a. über die Anordnung der Sitze sowie die installierten Sitzmodelle gewonnen werden. Zudem sind dort Detailansichten der zugehörigen Sitzfüße bzw. Fittinge abgebildet. Die gewonnenen Daten sind im Anhang A in den Tabellen 1 bis 3 zusammen gefasst. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die eingesetzten Sitzmodelle der Economy Class. Es wurden insgesamt 25 Sitzmodelle von sechs Sitzherstellern in den 351 untersuchten Flugzeugen eingebaut. Die Sitze sind in der Tabelle nach der Anzahl des Einbaus absteigend geordnet. Am Häufigsten wählten die

Fluggesellschaften das Modell „Spectrum“ der Firma B/E Aerospace gefolgt von den Modellen „Pinnacle“, ebenfalls von B/E Aerospace, und „5600“ des Unternehmens Weber. Während das Sitzmodell „Spectrum“ 4332 mal in 84 Flugzeugen installiert wurde, gibt es unter den 25 Modellen aber auch weniger häufig verwendete, wie z.B. das Modell „Slim HD“ von der Firma Geven, das lediglich 50 Mal in einem Flugzeug eingebaut wurde. Es ist also eine große Bandbreite an Modellen und ihrer quantitativen Verwendung vorhanden. Die letzte Spalte in Tabelle 1 zeigt, dass außerdem neun Sitzmodelle zusätzlich zu ihrer normalen Auslegung mit drei Sitzplätzen auch in einer Variante mit nur zwei Sitzplätzen eingebaut wurden. Dies kann z.B. im Bereich um die Notausgänge oder im sich verjüngenden hinteren Rumpfbereich notwendig sein, wenn dort Zulassungsvorschriften eingehalten werden müssen. Diese Vorschriften dienen zur Sicherung von Mindestmaßen bzgl. der Durchgangsbreiten bei Notausgängen und Mittelgängen, die bei der Installation einer Sitzbank mit drei Sitzplätzen nicht eingehalten werden können.

Im Bereich der First Class bzw. Business Class Sitze wurden in den untersuchten Flugzeugen insgesamt 12 verschiedene Sitzmodelle von den gleichen sechs Herstellern eingebaut. Die Klassenbezeichnungen First Class und Business Class beziehen sich in diesem Fall bei den Single Aisle Flugzeugen auf dieselbe Klasse. Die Hersteller der verwendeten Fluggastsitze sind B/E Aerospace, Recaro, Weber, Sicma, Geven und Brice. Die beiden, bezüglich der Anzahl des Einbaus, meistverwendeten Modelle kommen hier ebenfalls von B/E Aerospace. Der Unterschied der quantitativen Verwendung zwischen den einzelnen Modellen fällt bei der First Class jedoch nicht so groß aus wie bei der Economy Class. Eine Übersicht über die eingesetzten Sitzmodelle der First Class bietet Tabelle 2 in Anhang A.

Die beiden Tabellen geben außerdem Informationen über die Anzahl der Flugzeuge, die mit dem jeweiligen Sitzmodell bestückt wurden. Für diese Anzahl ist angegeben in wie vielen Flugzeugen die Fluggastsitze einen Anschluss an die Stromversorgung des Flugzeuges benötigten. Außerdem gibt es eine Übersicht über den jeweiligen vorderen und hinteren Sitzfußtyp pro Sitzmodell. Diese Zuordnung erfolgt zur Darstellung der Anzahl unterschiedlicher Sitzfußvarianten sowie zur Darstellung gleicher Sitzfußvarianten bei verschiedenen Sitzmodellen. Die Bezeichnung der verschiedenen Sitzfußtypen wurde frei gewählt und hat keinen Bezug zu den originalen Herstellerbezeichnungen. Eine genauere Betrachtung der Fittinge an den Sitzfüßen in Bezug auf ihre Konstruktion erfolgt hier nicht. Es sollen jedoch kurz die wesentlichsten Unterschiede im Bereich der Befestigungselemente der hinteren Sitzfüße genannt werden. Dies sind die Anzahl der Befestigungszapfen, verschiedene Maße und Größen sowie der Spannmechanismus zur

Fixierung in der Sitzschiene. Die meisten vorderen Sitzfüße besitzen nur einen Befestigungszapfen zur Fixierung in der Sitzschiene. Dieser wird über eine Rändelschraube gespannt. Es gibt jedoch auch hier unterschiedliche Varianten bei den Herstellern. Diese zeichnen sich durch eine größere Anzahl an Befestigungszapfen, einen anderen Mechanismus zum Spannen in der Sitzschiene oder eine abweichende Geometrie aus. Eine abweichende Geometrie am Sitzfuß bzw. Sitzbein muss für den eigentlichen Befestigungsvorgang nicht zwangsläufig zu einer unterschiedlichen Tätigkeit der Facharbeiter führen, sollte jedoch für die spätere Anforderungsanalyse und Konzepterstellung beachtet werden. Insgesamt wurden bei den 37 Sitzmodellen der sechs Hersteller 28 verschiedene Sitzfüße in den technischen Zeichnungen identifiziert. Die Unterscheidungsmerkmale können dabei wie bereits beschrieben in ihrer direkten Auswirkung auf den Prozess variieren. Eine Zusammenfassung der ermittelten Ergebnisse der Prozessuntersuchung in Bezug auf die unterschiedlichen verwendeten Sitzmodelle bietet die Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Ergebnisse der Prozessuntersuchung - Sitzmodelle

	First Class	Economy Class
Anzahl der Sitzmodelle	12	25
Anzahl der Sitzhersteller	6	6
Anzahl der eingebauten Sitzbänke	904	17617
Anzahl der Sitzfußtypen	28 verschiedene Typen (12 vordere und 16 hintere) bei insgesamt 37 Sitzmodellen von 6 Herstellern	

In Bezug auf die Anordnung der Sitzbänke in der Flugzeugkabine konnte ebenfalls eine große Anzahl an Varianten bei den untersuchten Flugzeugen festgestellt werden. Eine Auflistung hierzu, alphabetisch sortiert nach den Fluggesellschaften als Kunden von Airbus, zeigt die Tabelle 3 im Anhang A. Das Kennzeichen für eine neue Variante war bei der Untersuchung die jeweilige Zeichnungsnummer der Kabinenkonfiguration. Eine Zeichnungsnummer stand dabei für eine Variante. Die Zeichnungsnummern werden in der Tabelle zwecks Geheimhaltung nicht genannt. Bei einigen Kunden, z.B. Indigo oder China Eastern, wurde die gleiche Variante mehrmals bestellt, so dass sich bei den betreffenden Flugzeugen kein Unterschied in der Sitzanordnung ergibt. Die Häufigkeit, in der die jeweiligen Varianten vorkommen, ist ebenfalls in der Tabelle abzulesen. Außerdem werden Informationen darüber gegeben, ob es sich um ein 2-Klassen Layout, also mit First Class und Economy Class, handelt, wie viele Sitzbänke jeweils in welcher

Variante eingebaut wurden, ob ein Anschluss an das Stromnetz notwendig war und um welchen Flugzeugtyp es sich dabei handelt. Die Anzahl der Sitzbänke und die Erfordernis eines Anschlusses an die Stromversorgung wurden jeweils noch nach First Class und Economy Class unterschieden. Bei Varianten, die in der Tabelle gleich sind, jedoch als zwei Varianten aufgeführt sind, lag eine unterschiedliche Zeichnungsnummer vor. Hierbei kann es sich z.B. um unterschiedliche Sitzabstände handeln, die in der Tabelle nicht ersichtlich sind. Ein Beispiel hierfür sind zwei A321 Varianten von Sichuan Airlines, in Tabelle 3 unter den Nummern 67 und 68 aufgelistet. Insgesamt konnten bei den 351 überprüften Flugzeugen 90 Varianten identifiziert werden, die zusammen 332 gebaute Flugzeuge abbilden. Zu 19 Flugzeugen lagen keine Informationen vor, so dass diese nicht überprüft werden konnten. Eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse bezüglich der verschiedenen Kabinenkonfigurationen ist in Tabelle 2.2 abgebildet.

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Prozessuntersuchung - Kabinenkonfigurationen

Anzahl der Varianten	90 Layoutvarianten bei 332 Flugzeugen	
Layout	41 Mal 2-Klassen Layout	49 Mal 1-Klassen Layout
Anschluss an Kabelkanal	First Class (Insgesamt: 41)	Economy Class (Insgesamt: 90)
Ja:	34 Mal	45 Mal
Nein:	6 Mal	44 Mal
Keine Info:	1 Mal	1 Mal

Bezogen auf die ermittelten Varianten und Störfaktoren sind einige Unterschiede in den Prozesstätigkeiten zu erkennen. Eingeordnet in die in Abbildung 2.1 dargestellten Teilprozessschritte wird deutlich, dass sich die meisten Unterschiede im letzten Teilprozess, der Montage, feststellen lassen. Hier spielen besonders die zahlreichen Varianten der Sitzfüße sowie der Anschluss an die Stromversorgung über die im Kabelkanal neben der Sitzschiene geführten Leitungen eine entscheidende Rolle. Durch sie werden insbesondere die Tätigkeiten des Absetzens und Positionierens in der Sitzschiene beeinflusst, da sich die Sitzfüße unterschiedlich gut in der Schiene verschieben lassen und bei einem Kabelanschluss oft ein Verschieben in der Sitzschiene nicht mehr möglich ist. Deswegen muss der Sitz exakt an der Einbauposition in die Schiene abgesetzt werden. Ein weiterer Unterschied tritt im Teilprozess der Zuführung zum Einbauort auf. Hier kann zwischen den Sitzmodellen der First bzw. Business Class und den Economy Class Sitzen unterschieden werden. Die Unterschiede entstehen hierbei vor allem durch die größeren Abmessungen und das höhere Gewicht der First

Class Sitze. Diese können unter Umständen nicht auf einem Transportwagen in die Kabine geschoben werden. Sie müssen dann von mehreren Facharbeitern, wie in Abschnitt 2.2.1 beschrieben, durch die Flugzeugtür in die Kabine getragen werden.

Der Bereitstellungsprozess weist bzgl. der unterschiedlichen Sitzvarianten keine Unterschiede auf. Der Teilprozess der Arbeitsvorbereitung wurde nicht näher untersucht. Hier werden jedoch keine grundlegenden Abweichungen für die Planung und Steuerung der Prozesse erwartet, da auch für eine Head of Version³⁴ (HoV) keine zusätzliche Zeit für den Sitzeinbau veranschlagt wird, obwohl eine bestimmte Konfiguration einer Kabine zum ersten Mal auftritt. Die Auftragszeit für den Einbau der Sitze richtet sich lediglich nach der Anzahl der einzubauenden Fluggastsitze pro Flugzeug. Auftretende Unterschiede der Prozessabläufe in Abhängigkeit von den verschiedenen Bauplätzen in den Endmontagelinien wurden bereits in Abschnitt 2.2.1 genannt.

Für die angestrebte Klassifizierung der Sitztypen wurden die Kabinenkonfigurationen auf die folgenden Merkmale hin untersucht:

- Business Class / First Class Sitze und / oder Economy Class Sitze
- Anschluss an den Kabelkanal
- Sitzfußtyp

Von den 90 verschiedenen Layoutvarianten hatten 41, also beinahe die Hälfte, eine Zwei-Klassen Bestuhlung. Was die Anzahl der eingebauten Sitzbänke für jede Klasse angeht ist jedoch ein deutlich anderes Verhältnis zu erkennen. Die Anzahl der eingebauten Sitzbänke liegt in der Economy Class mit 17617 Fluggastsitzen um ein Vielfaches höher als mit 904 Sitzbänken in der First Class. Die Fluggastsitze der Economy Class bilden ca. 95 % aller verwendeten Sitzmodelle bei den überprüften Flugzeugen der Single Aisle Familie ab. Die klassifizierten Fluggastsitze nach dem Kriterium First oder Economy Class sind in den bereits erwähnten Tabellen 1 und 2 im Anhang A aufgelistet. Dort wurde auch dargestellt bei welchen Sitzmodellen ein Kabelanschluss notwendig war und welche Sitzmodelle dieselben Sitzfüße haben.

Es wird deutlich, dass eine Klassifizierung nach den beiden letztgenannten Kriterien nur sehr schwer erfolgen kann, da jeder Hersteller seine eigenen Sitzfüße verwendet und diese auch innerhalb der Modelle eines Herstellers variieren. Zudem ist es nicht vom Sitzmodell abhängig, ob ein Anschluss an den Kabelkanal erfolgt oder nicht. Das

³⁴ Bezeichnung für das erste Flugzeug einer Variante.

bedeutet es gibt Sitzmodelle die sowohl mit als auch ohne Stromversorgung eingebaut werden, je nachdem wie der Fluggastsitz ausgestattet ist.

Generell kann festgestellt werden, dass im Bereich der logistischen Vorgänge noch Verbesserungspotenzial verborgen ist. In wie weit man dieses Potenzial in der Realität tatsächlich umsetzen kann, muss von Fall zu Fall untersucht werden. Für die Effizienz des Gesamtprozesses vom Hersteller der Sitze bis zur Endmontagelinie bei Airbus wäre es nach den Definitionen aus Abschnitt 2.5.1 sinnvoll, die Transportvorgänge sowie auftretende Wartezeiten, z.B. bei der Zwischenlagerung auf der Bereitstellfläche in der Werkshalle 14, abzuschaffen oder zumindest zu verkürzen. Dazu wäre eine räumliche Nähe von Zulieferer und Flugzeugmontage von Vorteil, wie sie beispielsweise bei der Produktion des Smart fortwo im Produktionswerk in Hambach gegeben ist.³⁵

Im Bereich der Methoden, Arbeitsschritte und Hilfsmittel als Ansatz für die Prozessoptimierung fallen die unterschiedlichen Transportmittel für die Fluggastsitze auf. Diese bedingen zum Einen unterschiedliche Arbeitsmethoden und zum Anderen ein erneutes, manuelles Umladen der Sitzbänke vor dem Transport in die Flugzeugkabine. Auch beim Einmessen der Positionen der Sitzbänke in der Sitzschiene könnte ein entsprechendes technisches Hilfsmittel, gerade im Anlauf, das Fehlerpotenzial senken. Zudem wäre ein Hilfsmittel, welches die körperliche Belastung, hervorgerufen durch das Tragen und Umladen der Sitze sowie den begrenzten Bauraum, reduziert, ein Vorteil gegenüber den heutigen Prozessabläufen. Ein anderer sehr hilfreicher Ansatz wäre die Reduzierung der Sitzfußvarianten bis hin zu einer möglichen herstellerübergreifenden Standardisierung. Dies würde die diversen benötigten Werkzeuge reduzieren und die Handhabung für die Facharbeiter stark erleichtern, da sie sich nicht mehr auf die unterschiedlichen Varianten einstellen müssten. Jeder Sitz würde sich in der Sitzschiene gleich gut verschieben lassen und es wäre möglich für jeden Sitz die gleichen Spannmechanismen anzuwenden. Diese hätten dann alle das gleiche Anzugsmoment zum Fixieren der Sitze, was Verwechslungen ausschließen würde. Eine andere Alternative wäre ein Schnellspannverschluss, der direkt ohne zusätzliches Werkzeug betätigt werden könnte.

³⁵ Vgl. (Daimler, 2008).

2.6 Konsequenzen der Prozessuntersuchung

Als Konsequenz der recherchierten und ermittelten Ergebnisse aus der Analyse des Sitzeinbauprozesses sollen bei EADS Innovation Works Konzepte entwickelt werden, die durch ihren Einsatz die genannten Verbesserungspotenziale ausschöpfen und somit zu einer Optimierung des Gesamtprozesses beitragen sollen. Die Grundidee dieser Konzepte soll in diesem Abschnitt kurz beschrieben werden.

Es handelt sich hierbei um die Idee, ein Hilfsmittel zu entwickeln, das durch seinen Einsatz dazu beiträgt, den Prozessablauf beim Sitzeinbau zu beschleunigen und zu stabilisieren. Für die Betrachtung des Produktionsanlaufes ist in besonderem Maße die Prozessstabilität von entscheidender Bedeutung, da sie dazu führt einen definierten Prozessablauf reibungslos durchzuführen und somit die geplanten Durchlaufzeiten einzuhalten.

Die grundlegende Konzeptidee beinhaltet die Entwicklung eines Hilfsmittels zur Montageunterstützung für die Fluggastsitze. Das Hilfsmittel soll dazu beitragen, momentane Prozessschritte zu standardisieren, zu vereinfachen und nach Möglichkeit einzusparen. Durch den Einsatz des Hilfsmittels soll eine Möglichkeit geschaffen werden, den Teilprozess der Sitzmontage durch eine Teilautomatisierung zu unterstützen. Diese Teilautomatisierung soll in der Lage sein, aufgrund der nachgewiesenen hohen Variantenvielfalt im Prozess, mehrere Versionen von Sitzmodellen mit ihren abweichenden, prozessrelevanten Merkmalen zu beherrschen.

3 STAND DER TECHNIK

In diesem Kapitel soll nach der erfolgten Ist-Analyse ein Einblick in die, zur Bearbeitung der Aufgabenstellung und Entwicklung des Konzeptes, relevanten Themenbereiche gegeben werden. Hierzu wird kurz auf die wesentlichen Charakteristika einer variantenreichen Montage eingegangen und es werden aktuelle Vorgehensweisen im Bereich variantenreicher Montagesysteme in der Automobilindustrie dargestellt. Außerdem werden Grundlagen des Materialflusses betrachtet und die Gruppe der für den betrachteten Prozess relevanten Transportmittel vorgestellt.

3.1 Variantenreiche Montage

Bedingt durch die Möglichkeit der Fluggesellschaften, die Fluggastsitze als Buyer Furnished Equipment direkt bei den Sitzherstellern zu beziehen, entsteht in der Endmontage ein variantenreiches Spektrum an Montageszenarien. Mit Rücksicht auf die geltenden Vorschriften der Zulassungsbehörden wie der europäischen Luftfahrtbehörde EASA oder ihrem amerikanischen Pendant, der FAA, besteht zudem die Möglichkeit die Anzahl und Anordnung der Fluggastsitze in verschiedenen Flugzeugen zu variieren. Zudem existieren hinsichtlich verschiedener Flugzeugmodelle, die nacheinander am selben Arbeitsplatz gefertigt werden (bei Airbus beispielweise A 318, A 319, A 320 und A 321), unterschiedliche Voraussetzungen und Vorschriften für die Gestaltung des Kabinenlayouts.

Generell führen nach Wiendahl et al. die Internationalisierung des Marktes sowie eine immer stärkere Individualisierung von Kundenbedürfnissen für Unternehmen zu neuen Herausforderungen. Um Kunden nicht zu verlieren und um neue Kunden zu gewinnen, erfolgt bei den Unternehmen zunehmend eine Diversifizierung ihres Produktspektrums zur Wettbewerbssicherung. Die Wünsche der Kunden nach individuellen Produktlösungen resultieren letztendlich in einer zunehmenden Komplexität, hervorgerufen durch eine große Anzahl verschiedener Produktvarianten. Diese entstandene Produktkomplexität führt wiederum zu einer ansteigenden Komplexität in den Produktionsprozessen. Die Folgen dieses nach Wiendahl beschriebenen Komplexitätsanstieges sind vor allem ein Verlust der Transparenz in den Prozessen und ein erhöhter Koordinationsaufwand. Daher kommt der Beherrschung der Komplexität von Produkten und Prozessen eine entscheidende Bedeutung als strategischer Erfolgsfaktor zu.³⁶

³⁶ Vgl. (Wiendahl, et al., 2004), S. 3-15

Die Definition der oben beschriebenen Variantenvielfalt lautet nach Wiendahl et al. wie folgt:

„Variantenvielfalt ist gekennzeichnet durch die Anzahl der unterschiedlichen Ausführungsformen eines Teiles, einer Baugruppe oder eines Produktes.“³⁶

Hierbei kann noch zwischen einer äußeren und einer inneren Variantenvielfalt unterschieden werden. Die äußere Variantenvielfalt wird vom Kunden als Produktvielfalt wahrgenommen. Die innere Vielfalt stellt die auftretende Anzahl unterschiedlicher Baugruppen und Teile in der Produktion dar. Des Weiteren treten unterschiedliche Arten von Varianz auf. Wird ein Produkt im Zeitverlauf nicht regelmäßig produziert spricht man nach Wiendahl von zeitlicher Varianz. Die Artvarianz gilt als entscheidendes Kriterium für die Variantenvielfalt eines Produktes. Hierbei beschreibt die Produktvarianz Unterschiede der Produkt- und Baugruppenstruktur und die Produktionsvarianz definiert unterschiedliche Anforderungen, die durch verschiedene Produktvarianten hervorgerufen werden.³⁶

Vielfältige Produktstrukturen bewirken durch die Variantenentstehung eine unterschiedliche Beanspruchung der Unternehmensbereiche. Als Beispiel hierfür nennt Wiendahl eine Variantenbildung durch die Zuordnung unterschiedlicher Komponenten bei der Montage von Teilen und Baugruppen. Hierdurch entstehen unmittelbar Abweichungen in den Prozessabläufen. Ebenso können Varianten durch die Ergänzung von Teilen oder die Wahl zwischen mehreren Alternativen (wie auch bei der Montage des Fluggastsitzes) entstehen.³⁶

Die Folgen einer entstandenen Variantenvielfalt sind neben Vorteilen wie einer Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb und der Erfüllung individueller Kundenwünsche, nach Wiendahl et al., vor allem eine Erhöhung der Kosten in allen Unternehmensbereichen. Der Fokus dieser Arbeit soll jedoch auf den produktionstechnischen Folgen durch die Erhöhung der Variantenvielfalt liegen. Zum Einen nennt Wiendahl hier die häufigen Produktwechsel. Diese führen zu einer Unterbrechung der Lernkurve der Mitarbeiter und verzögern so den Erfahrungszuwachs. Zum Anderen entstehen Qualitätseinbußen, Häufungen von Fehlern und Störungen in der Produktion sowie längere Durchlauf- und Lieferzeiten.³⁶

Für das Variantenmanagement sehen Wiendahl et al. vier generelle Möglichkeiten:

- Varianz verhindern,

- Varianz verringern,
- Varianz verlagern,
- Varianz beherrschen.

Aus diesen vier Punkten konzentriert sich die Variantenbeherrschung vorwiegend auf das Variantenmanagement in der Produktion. Sie wird hauptsächlich durch Maßnahmen der Produktionsgestaltung, wie Fertigungssegmentierung, logistische oder organisatorische Maßnahmen realisiert.³⁶

Um die zunehmende Anzahl von Varianten wirtschaftlich und produktionstechnisch in den Griff zu bekommen, entstehen laut Wiendahl Anforderungen für neue Konzepte, die mittels modularer, schnell konfigurierbarer Anlagen eine optimale Ausnutzung der eingesetzten Ressourcen auch bei wechselnden Randbedingungen ermöglichen sollen. Des Weiteren entstehen hohe Qualifikationsanforderungen in der Produktion. Dem Werker und der Organisation der Produktion kommen entscheidende Bedeutungen bei der Gestaltung einer effizienten Produktion zu.³⁶

In der Automobilindustrie werden diese Anforderungen durch den Einsatz neuer Produktionskonzepte bereits seit einigen Jahren verstärkt umgesetzt, da gerade bei der Montage von Kraftfahrzeugen eine große Anzahl von Modellvarianten vorherrscht. Der Volkswagen Konzern definiert in seinem Geschäftsbericht 2008 das Ziel eines effizienten Ressourceneinsatzes, das unter anderem durch eine flexible, bedarfsgerechte Belegung der Produktionsstandorte und die Fähigkeit mehrere Modellreihen auf derselben Fertigungslinie herzustellen, gewährleistet werden soll.³⁷ Auch die BMW Group gestaltet ihr Produktionsnetzwerk so flexibel, dass in jedem Werk unterschiedliche Modelle und Varianten produziert werden können. Als wichtigen Aspekt hebt BMW das „variantenneutrale Hauptband“ hervor. Dieses ermöglicht die Montage verschiedener Modelle in beliebiger Reihenfolge. Somit kann flexibel auf Marktschwankungen reagiert und auf individuelle Kundenwünsche eingegangen werden. Zudem ergibt sich die Chance eine optimale Auslastung der Kapazitäten der Produktionsstätten zu erzielen.³⁸

Ein weiteres Beispiel für die neue Ausrichtung hin zu einer flexibleren Produktion im Automobilbau ist die Montage der Opel Modelle Astra und Insignia im Werk Rüsselsheim. Beide Modelle werden hier seit August 2011 auf derselben Fertigungslinie montiert. Der Insignia wird in drei verschiedenen Varianten angeboten, so dass insgesamt vier Modelle,

³⁷ (Volkswagen, 2009)

³⁸ (BMW Group, 2010)

zudem aus verschiedenen Marktsegmenten, vom selben Fertigungsband laufen. Opel betont die steigende Bedeutung der Arbeiter und der Produktionsorganisation, wie sie auch in ähnlicher Art und Weise von Wiendahl beschrieben wird. So musste Opel vorhandene Fertigungsanlagen umbauen, neue Maschinen installieren und die Produktionsroboter neu programmieren. Die Beschäftigten in der Produktion bekamen spezielle Schulungen und die Logistiker müssen deutlich mehr Teile koordinieren und für die Produktion bereitstellen.³⁹

3.2 Materialfluss und Transportmittel

In einer Definition nach Martin kann der **Materialfluss** als die räumliche, zeitliche und organisatorische Verkettung aller Vorgänge bei der Gewinnung, Bearbeitung und Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche beschrieben werden. Er umfasst nach dieser Definition die Vorgänge im betrieblichen Objektfluss, die mit der Beschaffung, Produktion und Distribution zusammenhängen. Hierzu zählen z.B. das Bearbeiten, das Handhaben, das Prüfen, das Transportieren, das Montieren, das Lagern und das Verladen. Nach Martin ist aus Sicht eines Unternehmens zwischen einem externen Güterfluss und einem innerbetrieblichen Materialfluss zu unterscheiden. Wesentliche Aufgaben des Materialflusses sind die Verknüpfung von Fertigungs- und Montageeinheiten sowie die Versorgung und die Entsorgung.⁴⁰ In Abbildung 3.1 ist eine Übersicht über die Bereiche des Transportwesens zur Gewährleistung des Materialflusses dargestellt.

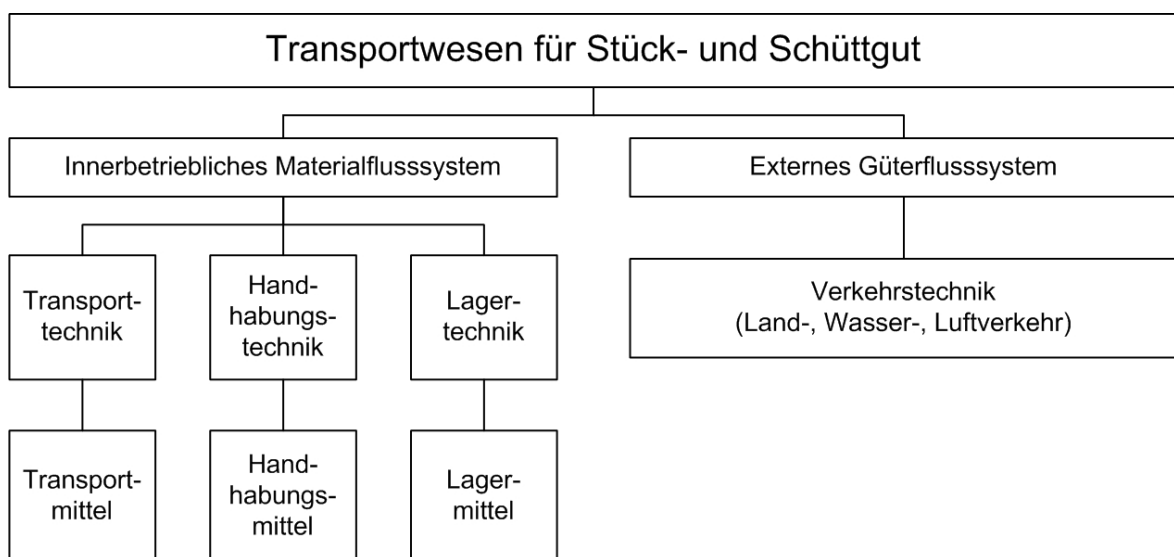


Abbildung 3.1: Einteilung des Transportwesens (in Anlehnung an Martin)⁴⁰

³⁹ (Opel, 2011)

⁴⁰ Vgl. (Martin, 2009), S. 22

Der betrachtete Prozess der Sitzmontage findet bei vollständiger Untersuchung sowohl extern als auch innerbetrieblich statt. Diese Arbeit wird sich primär mit den innerbetrieblichen Prozessabläufen beschäftigen. Daher wird im Folgenden die Transporttechnik des innerbetrieblichen Materialflusses im Fokus der Betrachtung stehen. Die externen Güterflüsse werden nicht näher beschrieben.

Ten Hompel et al. bezeichnen den Transport in einem räumlich begrenzten Gebiet, z.B. innerhalb eines Betriebes, als Fördern. Die Fördertechnik umfasst laut ihrer Definition das Bewegen von Gütern und Personen über relativ kurze Entfernungen einschließlich der dazu notwendigen technischen, organisatorischen und personellen Mittel.⁴¹ Hierzu zählen nach Martin u.a. Werkstücke, Montageteile, Fertigwaren, Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel sowie Hilfsstoffe und Abfälle.⁴² Die Begriffe Transporttechnik und Fördertechnik werden im Folgenden Text synonym verwendet.

Martin teilt den Materialtransport innerhalb eines Betriebsgeländes in drei Bereiche ein. Der betriebsinterne Bereich umfasst dabei u.a. den Transport zwischen Hallen und Gebäuden. Der zweite Bereich ist gebäudeintern. Hierin werden beispielsweise das materialflussgerechte Einrichtungslayout und die erforderlichen Transportsysteme definiert. Im Arbeitsplatzbereich wird auf eine materialflusstechnisch günstige und ergonomische Gestaltung des Arbeitsumfeldes geachtet. Außerdem steht die Optimierung und Humanisierung des Arbeitsplatzes im Vordergrund.⁴³ Der gebäudeinterne Bereich sowie der Arbeitsplatzbereich haben für die Aufgabenstellung dieser Arbeit die größte Relevanz, da die Auswahl des Transportsystems für das Hilfsmittel und die effiziente Gestaltung der Prozessabläufe beim Sitzeinbau in diese Bereiche fallen.

Der Transportvorgang an sich, zu dem nach Martin auch Funktionen wie Umschlagen, Übergeben, Aufnehmen oder Abgeben zählen, kann waagrecht, geneigt oder senkrecht durchgeführt werden. Generell können Transporte durch Personen, mannbediente Techniken oder automatisiert erfolgen.⁴⁴ Folgen mehrere verknüpfte Transportvorgänge aufeinander, spricht man von einer Transportkette. Um die Transportvorgänge durchzuführen, werden Transportmittel benötigt. Wird das Transportmittel innerhalb einer Transportkette gewechselt, spricht Martin von einem mehrgliedrigen Aufbau. Der Wechsel zwischen Transportmitteln sowie der Übergang von Gütern auf bzw. der Abgang von

⁴¹ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 119.

⁴² Vgl. (Martin, 2009), S. 24.

⁴³ Vgl. (Martin, 2009), S. 23 f.

⁴⁴ Vgl. (Martin, 2009), S. 96 f.

Gütern von einem Transportmittel wird als Umschlagen bezeichnet.⁴⁵ Geschieht der Transport die ganze Zeit über mit nur einem Transportmittel, bezeichnet Martin dies als eingliedrige Transportkette. Nach ten Hompel et al. können die Transportmittel noch in aktive und passive Transportmittel unterteilt werden, wobei z.B. ein Kran oder ein Gabelstapler als aktiv gelten, ein Eisenbahnwagen z.B. als passiv. Soll ein Umschlag zwischen zwei passiven Transportmitteln erfolgen, bedingt dies den Einsatz eines dritten, aktiven Transportmittels.⁴⁵

Transportmittel lassen sich nach mehreren Merkmalen wie dem Transportbereich, der Transportrichtung, der Beweglichkeit oder dem Technisierungsgrad einteilen.⁴⁶ Am gängigsten ist die Einteilung nach dem Arbeitsprinzip in Verbindung mit der Angabe der Transportebene. Hier erfolgt die Klassifizierung in Stetigförderer und Unstetigförderer. Stetigförderer arbeiten kontinuierlich und bewegen bei gleichem Eigengewicht größere Fördermengen bei geringerer Antriebsleistung als Unstetigförderer. Diese arbeiten diskontinuierlich und realisieren den Arbeitsumschlag in Arbeitsspielen. In der Regel folgt auf ein Lastspiel ein Leerspiel.⁴⁷ Die Transportebene gliedert sich in Flur, Unterflur und Oberflur. Eine wichtige Rolle übernehmen hierbei die flurgebundenen und die flurfreien Transportmittel. Flurgebundene Transportmittel erfordern für ihren Betrieb eine Fußbodenfläche. Flurfreie Fördermittel sind in der Regel schienengebunden ausgeführt und auf Stützen oder an Decken bzw. Wänden befestigt, z.B. als Deckenkran oder Hängbahn.⁴⁶ Eine Darstellung zur Klassifizierung bietet die Abbildung 3.2.

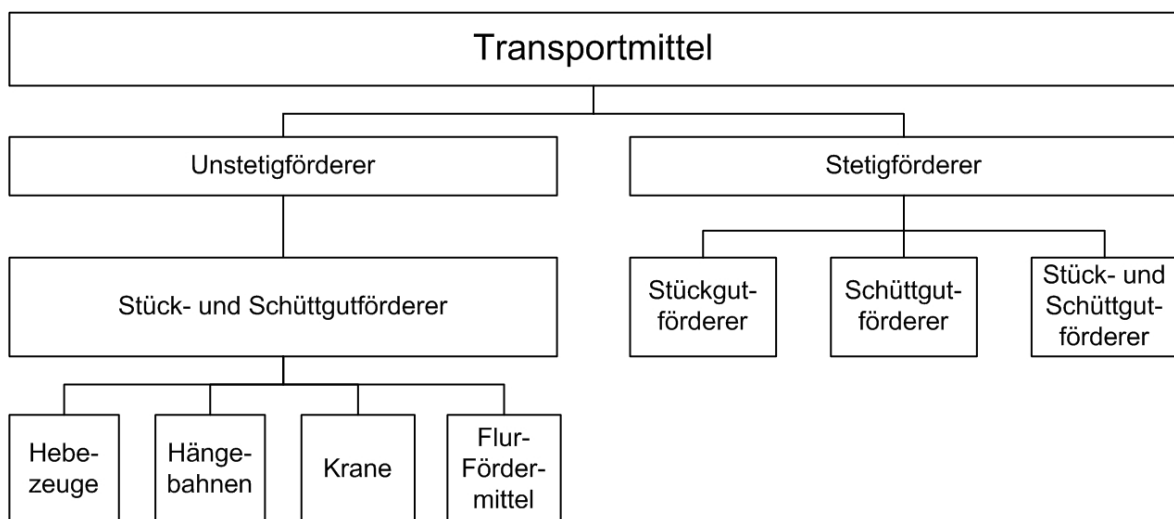


Abbildung 3.2: Einteilung der Transportmittel (nach Martin)⁴⁸

⁴⁵ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 289 f.

⁴⁶ Vgl. (Martin, 2009), S. 98

⁴⁷ Vgl. (Martin, et al., 2008), S. 2

⁴⁸ Vgl. (Martin, 2009), S. 99

Wesentliche Grundsätze für die **Gestaltung und Planung von Transportvorgängen** sowie einige Auswahlkriterien für die Wahl eines geeigneten Transportmittels sollen hier kurz beschrieben werden. Generell gilt für die Materialflussplanung der Grundsatz eine technisch funktionelle, wirtschaftliche und organisatorisch einfache Lösung anzustreben.⁴⁹ Für Martin stellt sich hierbei die Frage, ob eine komplette Neugestaltung oder lediglich eine Umgestaltung eines schon vorhandenen Materialflusses vorgenommen werden soll. Eine Umgestaltung kann bereits mit einer Vielzahl von Randbedingungen und Beschränkungen behaftet sein. Er nennt einige generelle Grundsätze zur Planung. So sollte versucht werden, zweckmäßige Transporteinheiten zu bilden, indem die Fertigungseinheit nach Möglichkeit der Transporteinheit und auch der Lagereinheit entspricht. Es sollten kurze Wege, hohe Transportgeschwindigkeiten und ausgelastete Transportmittel angestrebt werden. Außerdem müssen vor- und nachgeschaltete Vorgänge beachtet, kurze Durchlaufzeiten angestrebt, Lagerflächen vermieden und nach Möglichkeit der Transport mit der Fertigung verknüpft werden.⁴⁹

Für Martin bedarf die Durchführung und Dimensionierung einer Transportaufgabe möglichst ein ganzheitliches logistisches Systemdenken, das nicht ausschließlich funktionsbezogene Aspekte berücksichtigt. Mögliche Planungsgrößen und Randbedingungen für den Entwurf einer Transportaufgabe können für ihn daher

- die Art des Transportgutes und dessen Eigenschaften,
- der Transportgutstrom als Massenstrom sowie die Art und Häufigkeit der Zustellung,
- die Art des Transportweges,
- die Art des Antriebes,
- die Art der Energiezufuhr,
- die Länge der Betriebsdauer,
- die Art der Be- und Entladung,
- die Art und Anzahl der Übergabestellen,
- die Art der Bedienung und Wartung,
- die Art des Umgebungseinflusses,
- die Art der Sicherheitsvorkehrungen,
- die Art der konstruktiven Gestaltung,
- die Höhe der Investitionen, Einsparungen und Betriebskosten,
- die Art des Anschlusses an vorhandene Transportmittel und –systeme und

⁴⁹ Vgl. (Martin, 2009), S. 39 f.

- die einzuhaltenden gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften sein.⁵⁰

Nach ten Hompel et al. spielen zudem die Flexibilität bei einer Layoutänderung und die Flexibilität bei einer Änderung der Förderleistung eine Rolle. Mit diesen Kriterien wird näher betrachtet welcher Aufwand für mögliche Umgebungsänderungen, z.B. Fahrwege, oder Erhöhungen der Förderstückzahl betrieben werden müsste.⁵¹

Da Stetigförderer grundsätzlich mit ortsfesten Einrichtungen wie Führungen oder Ständerwerk versehen sind, ist ihre Flexibilität deutlich eingeschränkt. Außerdem stellen sie für andere Arbeitsmittel häufig ein Hindernis dar. Sie zeichnen sich jedoch durch eine hohe Leistungsfähigkeit und einen größeren Durchsatz als Unstetigförderer aus.⁵² Da jedoch der Bauraum (die Flugzeugkabine) nicht ortsfest ist und die Einbaumengen diskontinuierlich und in eher geringen Mengen geliefert werden, sollen Transportmittel aus dem Bereich der Stetigförderer für den untersuchten Prozess der Sitzmontage nicht weiter betrachtet werden.

Für den dargestellten Anforderungsfall des Sitzeinbauprozesses zeigt die Gruppe der **Unstetigförderer** mit ihrer größeren Flexibilität sowie den weiteren Eigenschaften eine bessere Eignung. Sind sie frei verfahrbar ausgeführt, können sie mehrere unterschiedliche Orte beliefern und stellen keine Hindernisse für andere Aufgaben und Tätigkeiten dar.⁵² Nach ten Hompel zeichnen sie sich zudem durch eine gute Anpassungsfähigkeit an diverse Förderaufgaben aus und sind in der Lage durch entsprechende Dimensionierung und eine geeignete Wahl eines Lastaufnahmemittels eine Vielzahl von Förderaufgaben zu realisieren.⁵³ Weitere Charakteristika beschreibt er folgendermaßen. Die Beförderung größerer Transportmengen lässt sich durch die Bildung größerer Ladeeinheiten oder den erhöhten Einsatz von Fördermitteln gut bewältigen. Durch ihre größtenteils frei verfahrbare Auslegung sind Unstetigförderer selten ortsfest und bieten somit größere Arbeitsräume als Stetigförderer. Oftmals ist ihre Lastaufnahme und –abgabe zudem aktiv ausgeführt was zusätzliche Arbeitsmittel für den Umschlag einspart. Bei der Wartung erweist sich die Möglichkeit als vorteilhaft, einzelne Transportmittel aus dem Betrieb auszusetzen und zu warten ohne dadurch den gesamten Förderbetrieb zu unterbrechen. Außerdem weisen sie durch ihre Mobilität eine geringe Hindernisbildung für andere Prozesse bzw. Tätigkeiten auf. Die Mobilität bedingt allerdings auch den Nachteil möglicher Kollisionen mit der Umgebung. Ein weiterer

⁵⁰ Vgl. (Martin, 2009), S. 122 f.

⁵¹ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 224.

⁵² Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 122 f.

⁵³ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 155 f.

Nachteil ist der steuerungstechnische Aufwand, der zumeist eine relativ große Anzahl an Bedienpersonal bedingt. Eine Automatisierung ist bei den Unstetigförderern zudem schwieriger zu realisieren als bei Stetigförderern.⁵³ Abbildung 3.3 zeigt eine grundlegende Unterteilung der Unstetigförderer. Von den vier genannten Untergruppen sollen im Folgenden ausschließlich die Flurfördermittel, und zwar die schienenfreien bzw. gleislosen Flurfördermittel, betrachtet werden.

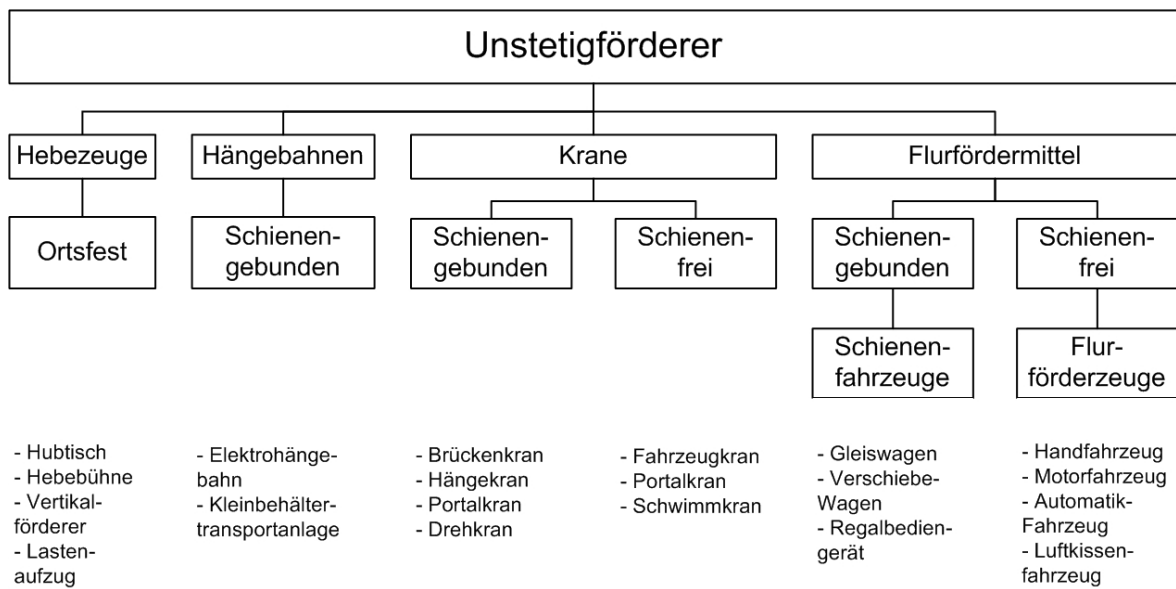


Abbildung 3.3: Einteilung der Unstetigförderer (nach Martin)⁵⁴

Das bevorzugte Einsatzgebiet von **Flurfördermitteln** sind, nach ten Hompel, kleine bis mittlere Entfernungen bei großen Trag- oder Schlepplasten und bei geringem bis mittlerem Durchsatz unterschiedlicher Fördergüter auf Ladehilfsmitteln, wie z.B. Paletten. Sie stellen im innerbetrieblichen Einsatz die am weitesten verbreitete Form der Fördertechnik dar und zeichnen sich durch eine gute Manövrierfähigkeit aus. Ihre Bedienung erfolgt meistens manuell durch geschultes Bedienpersonal.⁵⁵ Sehr wichtig für die Nutzung sind ein geeigneter Fahrbahnbelag und eine robuste Bauweise der Geräte. Zudem muss bei ihrem Einsatz beachtet werden, dass zum Teil erhebliche Flurflächen benötigt werden.⁵⁶

Zur Auswahl eines Flurfördermittels für eine spezielle Transportaufgabe gibt Martin verschiedene Auswahlkriterien an, von denen hier einige genannt werden sollen:

⁵⁴ Vgl. (Martin, 2009), S. 213.

⁵⁵ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 156 f.

⁵⁶ Vgl. (Martin, et al., 2008), S. 161.

- Fahrtrieb (Elektromotor, Verbrennungsmotor, Handbetrieb, etc.)
- Bauform (Drei- oder Vierradbauweise, freitragend oder radunterstützt)
- Lenksystem (Drehschemel- oder Achsschenkellenkung)
- Lenkart (Deichsel, Lenkrad, etc.)
- Bedienart (automatisch, Mitgängerbetrieb, Stand oder Sitz, etc.)
- Bereifung (Luft-, Vollgummi-, Superelastik- oder Kunststoffreifen)
- Tragfähigkeit
- Fahrgeschwindigkeit
- Ergonomie
- Wartung
- Kosten
- Transportgut (Art, Eigenschaften, etc.)
- Einsatzort (Innen- oder Außenbetrieb)
- Arbeitsumgebung (Bodenverhältnisse, Fahrbahn, Durchfahrtshöhen, etc.)
- Auslastung des Flurfördermittels
- Finanzierung (Kauf, Miete, Leasing, etc.)
- Vorschriften (Unfallverhütung, Normen, Richtlinien, etc.)
- Sicherheit (am Fahrzeug, für den Betreiber, beim Fahrer).⁵⁷

Nachfolgend werden einzelne Auslegungsmerkmale genauer dargestellt. Der Antrieb kann grundsätzlich in motorischen und manuellen Antrieb unterschieden werden. Der motorische Antrieb gliedert sich weiter in den verbrennungsmotorischen und den elektromotorischen Antrieb.⁵⁸ Der verbrennungsmotorische Antrieb zeichnet sich unter anderem durch eine schnelle Betriebsbereitschaft, eine hohe Antriebs- und Fahrleistung sowie eine gute Wirtschaftlichkeit aus. Durch das Entstehen von Abgasen und eine relativ hohe Lärmemission wird er vorwiegend außerhalb von Gebäuden eingesetzt.⁵⁸ Elektromotoren können entweder über Stromzuführungen bzw. Stromleitungen aus dem Stromnetz betrieben werden oder ihr Antrieb erfolgt über eine batterieelektrische Antriebseinheit. Obwohl durch das Entladen der Batterie nur eine begrenzte Einsatzzeit zur Verfügung steht, die Ladezyklen Verlustzeiten für die eigentliche Arbeitsaufgabe bedeuten und die Geschwindigkeit eher gering ist, sind batteriebetriebene Elektromotoren für den Einsatz in Gebäuden gut geeignet.⁵⁸ Gegenüber Verbrennungsmotoren sind sie geräuscharm und abgasfrei und durch den Batteriebetrieb trotzdem ortsungebunden. Ihr

⁵⁷ Vgl. (Martin, 2009), S. 227

⁵⁸ Vgl. (Martin, 2009), S. 99 ff.

Einsatz erfolgt bei Umgebungen mit kurzen Strecken, geringen Steigungen und gut befestigten Wegen sowie kleinen bis mittleren Lasten.⁵⁸

Der manuelle Antrieb erfolgt durch das Bedienpersonal per Muskelkraft. Die Fahr- bzw. Hubbewegungen werden über eine Deichsel oder einen Griff gesteuert. Durch den Einsatz von Muskelkraft ist hierbei unbedingt auf begrenzte körperliche Belastung und eine ergonomische Arbeitsumgebung zu achten. Daher ist der Einsatz des manuellen Antriebs nur geeignet für kurze Wegstrecken bei geringen Lasten, unbedeutenden Steigungen, guter Fahrbahn und geringen Einsatzhäufigkeiten.⁵⁸

Der Unterbau von Flurfördermitteln wird meist in Rahmenbauweise aus gekanteten Leichtbauprofilen, Rohren und Blechen zusammengeschweißt. An ihm werden die Antriebs-, Hub- und Lenkeinrichtungen befestigt. Außerdem nimmt er die entstehenden Kräfte durch das Heben oder durch Schwerpunktverlagerungen auf. Die Lagerung der Räder erfolgt meist über Wälzlager.⁵⁹

Als grundsätzliche Bauweisen können die Dreirad- und die Vierradbauweise unterschieden werden. Die Dreiradbauweise zeichnet sich durch einen kürzeren Radstand und somit eine größere Wendigkeit aus. Sie hat jedoch eine relativ geringe Tragfähigkeit und Standsicherheit. Die Vierradbauweise besitzt dagegen eine höhere Tragfähigkeit, aber bedingt durch den größeren Radstand auch einen größeren Wendekreis, was sich letztendlich auf die minimalen Gangbreiten im Arbeitsumfeld auswirkt. Des Weiteren gibt es die freitragende Bauform, bei der die Last außerhalb der Radbasis aufgenommen und transportiert wird und die radunterstützte Bauform. Bei letzterer Bauform wird die Last innerhalb der Radbasis befördert. Bei freitragenden Flurfördermitteln ist die Kippgefahr zu beachten und ggf. ein Gegengewicht vorzusehen.⁶⁰

Die Lenkung kann über eine Drehschemel- oder eine Achsschenkellenkung erfolgen. Die Wahl des Lenksystems muss an die Einsatzbedingungen angepasst werden, da es einen Einfluss auf die Wendigkeit, den Wegeradius, die Ladeflächenhöhe, die Tragfähigkeit und die Arbeitsgangbreite hat. Generell ist der Wenderadius umso größer, je größer der Achsabstand ist. Die Lenkbewegung kann durch manuelles Lenken des Bedieners oder durch automatisches Lenken mit Hilfe von Führungssystemen, ggf. auch durch eine Mischform beider Möglichkeiten, erfolgen. Wird die Lenkung manuell durchgeführt, kann zwischen Mitgänger- und Mitfahrerbetrieb differenziert werden. Beim Mitgängerbetrieb

⁵⁹ Vgl. (Martin, et al., 2008), S. 161

⁶⁰ Vgl. (Martin, 2009), S. 228 ff.; (Martin, et al., 2008), S. 162 f.

werden alle Bedienfunktionen durch eine nebenher gehende Person, in der Regel mit der Deichsel, ausgeführt. Gelenkt und gebremst wird durch eine Veränderung der Deichselstellung. Erfolgt die Lenkung im Mitfahrerbetrieb, ist am Transportmittel ein Fahrerstand oder Fahrersitz mit Lenkung vorzusehen.⁶⁰ Abbildung 3.4 zeigt mögliche Anordnungen der Räder bei einer Dreirad- und Vierradbauform.

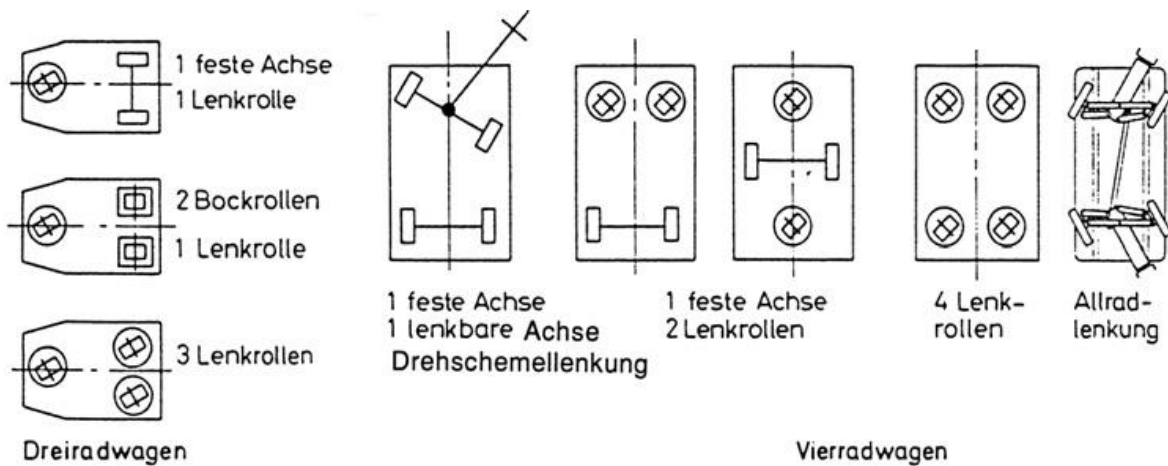


Abbildung 3.4: Mögliche Anordnungen der Räder bei Dreirad- und Vierradbauform⁶¹

Entscheidende Kriterien für die Wahl der richtigen Bereifung sind nach Martin die vorgesehenen Einsatzbedingungen wie beispielsweise die Bodenbeschaffenheit, die Einsatztemperatur, die mögliche Bodenverschmutzung, die Geschwindigkeitsgrößen oder die Frage nach einem Innen- oder Außeneinsatz. Der Reifen muss dabei je nach Einsatzfall eine hohe Tragfähigkeit, eine hohe Elastizität, Federung oder Härte, eine hohe Lebensdauer, einen geringen Rollwiderstand sowie eine hohe Betriebssicherheit gewährleisten.⁶²

Martin nennt vier verschiedene Reifenarten, die hier kurz mit ihren wichtigsten Vor- und Nachteilen genannt werden. Luftreifen weisen gute Federungseigenschaften, eine geringe Bodenpressung sowie die Möglichkeit zur Runderneuerung und Profilierung auf. Ihre Nachteile sind die Pannenanfälligkeit, regelmäßige Kontrollen des Luftdrucks sowie die relativ großen Abmessungen. Der Vollgummireifen hingegen gilt als pannensicher und wartungsfrei. Zudem hat er kleine Abmessungen und eine hohe Tragfähigkeit. Allerdings besitzt er auch eine sehr geringe Federung und eine hohe Punktbelastung, was bei der Bodenbeschaffenheit am Einsatzort zu berücksichtigen ist. Der Superelastikreifen versucht die Vorteile des Vollgummi- und des Luftreifens zu verbinden und weist die

⁶¹ (Martin, 2009), S. 232

⁶² Vgl. (Martin, 2009), S. 109 ff.

wesentlichen Vorteile beider vorher genannten Reifen auf. Diese Tatsache macht ihn jedoch teuer. Er ist eher für den Einsatz in schwierigen Umfeldbedingungen vorgesehen. Der Kunststoffreifen ist besonders für den Einsatz in Gebäuden geeignet. Er weist ebenfalls die Vorteile einer hohen Tragfähigkeit und hohen Lebensdauer sowie Pannensicherheit, Wartungsfreiheit und kleinen Abmessungen auf. Zudem ist er beständig gegen Umwelteinflüsse wie Öle, Fette oder Kraftstoffe.⁶²

Einige Transportmittel sind mit einer Hubeinrichtung zum eigenständigen Anheben und Absetzen von Lasten ausgestattet. Dadurch wird ihr Anwendungsfeld erweitert und sie sind für vielseitigere Aufgaben zu gebrauchen als Transportmittel ohne Hubeinrichtung.⁶³ Nach obiger Definition von ten Hompel gelten sie somit als aktive Transportmittel. Die Hubbewegung wird dabei meist durch eine fuß- oder handbetätigte mechanische oder hydraulische Hubeinrichtung vollzogen. Zum Absenken ist eine Bremse erforderlich, die z.B. bei Hydraulikzylindern durch ein Überströmventil realisiert werden kann.⁶³ Ein einfaches Beispiel für ein Transportmittel mit Hubeinrichtung ist der Handgabelhubwagen, dargestellt in Abbildung 3.5.

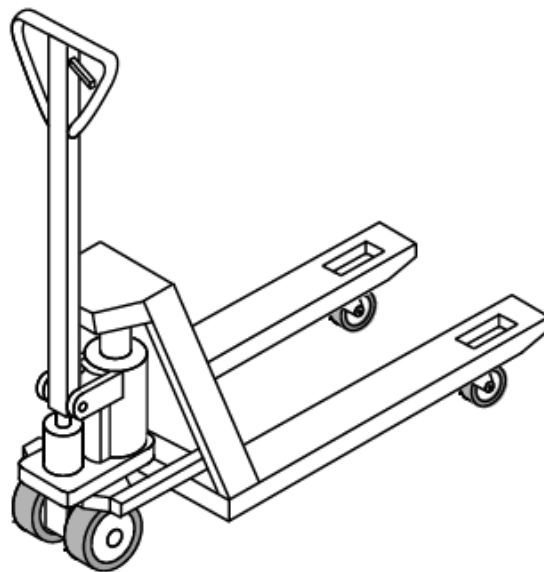


Abbildung 3.5: Handgabelhubwagen⁶⁴

Beim Handgabelhubwagen wird die Last mit Hilfe der Gabeln unterfahren und durch Betätigung der oben beschriebenen Hubeinrichtung zum Transport angehoben. Gabelhubwagen sind im innerbetrieblichen Warentransport weit verbreitet. Sie weisen geringe Investitionskosten und eine große Flexibilität in Einsatzbereichen auf, in denen

⁶³ Vgl. (Martin, et al., 2008), S. 165

⁶⁴ (ten Hompel, et al., 2007), S. 160

einfache und mobile Lösungen gesucht werden.⁶⁵ Ihre Transportaufgaben charakterisieren sich durch kurze Transportwege bei mittlerer Transportfrequenz auf Bodenniveau. Auch bei ihnen nimmt, wie oben beschrieben, der Rahmen die Vorrichtung für den Hubvorgang, den Antrieb, die Lenkung und evtl. die Batterie auf. Sie werden grundsätzlich als Dreiradfahrzeuge hergestellt und transportieren die Last innerhalb ihrer Radbasis.⁶⁵ Ihr Antrieb erfolgt von Hand oder durch batteriebetriebene Elektromotoren und ihre Tragfähigkeit liegt in der Regel zwischen 0,5 und 2 Tonnen.⁶³

Nachdem nun die wesentlichen Grundlagen des Materialflusses und Eigenschaften von Transportmitteln abgebildet wurden, sollen zum Abschluss dieses Kapitels noch einige weitere wichtige Komponenten und Vorgänge für Materialflusssysteme dargestellt werden. Hierzu zählen die Transporthilfsmittel, die Lastaufnahmemittel, die Verpackung und die Bildung von Ladungseinheiten.

Transport- bzw. Förderhilfsmittel dienen der Vereinfachung des Transports und der Lagerung von Gütern.⁶⁶ Sie bilden eine standardisierte Schnittstelle zwischen dem Transportgut und den Transportmitteln. Dadurch lässt sich eine relativ einfache Anpassung der Güter an die Transportmittel erreichen und kostspielige Sonderkonstruktionen können in den meisten Fällen vermieden werden.⁶⁷ Transporthilfsmittel erleichtern den Transport, das Handhaben und die Lagerung, indem sie z.B. Umladevorgänge einsparen oder gute Greifmöglichkeiten für Fördermittel bieten. Zudem schützen sie das Fördergut vor Beschädigungen und Umwelteinflüssen und sind Träger von Produktinformationen wie beispielsweise Identifikationsnummern.⁶⁶ Einige Beispiele für Förderhilfsmittel sind Paletten, Behälter oder Container. Weil Transporthilfsmittel das Fördergut oft während des gesamten Materialflusses begleiten, sind ihre Anforderungen je nach durchlaufenem Prozessbereich äußerst unterschiedlich. Die Logistik braucht starke Vereinheitlichungen für einen einfachen Transport, für die Qualitätssicherung spielen Sicherheitsaspekte eine große Rolle und die Fertigung legt großen Wert auf eine einfache Handhabung.⁶⁶ Daher sind bei der Wahl eines geeigneten Transporthilfsmittels einige Dinge zu beachten. Martin zählt hierzu

- die benötigten Eigenschaften des Transporthilfsmittels (zerlegbar, stapelbar, offen/geschlossen, luftdicht, wasserdicht, etc.),
- das benötigte Material des Transporthilfsmittels,

⁶⁵ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 160 f.

⁶⁶ Vgl. (Koether, 2001), S. 129 ff.

⁶⁷ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 23 f.

- die Art und die Maße des Transporthilfsmittels (Behälter, Palette, Volumen, Ladehöhe, Ladegewicht, etc.),
- die Art der Aufnahme des Transporthilfsmittels durch das Transportmittel (längs, quer, von oben, von unten, von beiden Seiten),
- die einwirkenden Umwelteinflüsse (Temperatur, Staub, Feuchtigkeit, etc.) sowie
- die Möglichkeit der Reinigung des Transporthilfsmittels.⁶⁸

Transporthilfsmittel gibt es in tragender (z.B. Palette), umschließender (z.B. Behälter und Boxen) und abschließender (z.B. Container) Form, wobei umschließende und abschließende Hilfsmittel zusätzlich zur unterstützenden Funktion von unten auch eine Schutzfunktion und eine Sicherung von den Seiten her bieten. Die meisten Transporthilfsmittel sind unterfahrbar ausgeführt, so dass sie möglichst einfach bewegt werden können.⁶⁷ Zu unterscheiden ist außerdem noch die Auslegung als Einweg- oder Mehrwegsystem, wobei die Auslegung als Mehrwegsystem eine organisierte Form der Rückgabe der Hilfsmittel erfordert. Ein weit verbreitetes und bekanntes Mehrwegsystem ist beispielsweise die Euro-Palette.⁶⁶

Lastaufnahmemittel dienen bei aktiven Transportmitteln dazu, eigenständig Lasten aufzunehmen und abzugeben. Eine wichtige Anforderung an Lastaufnahmemittel ist eine schnelle Aufnahme und Abgabe der Last zur Beschleunigung des Güterumschlags unter Berücksichtigung eines schonenden Umgangs mit dem Transportgut. Dabei sollten sie zudem ein möglichst geringes Eigengewicht aufweisen, um eine große Nutzlast zu erreichen. Ihre Handhabung kann manuell, selbsttätig oder ferngesteuert geschehen. Einige Ausführungsformen von Lastaufnahmemitteln sind Lashaftgeräte, kraft- und formschlüssige Geräte, Körbe, Ladenetze und Ladegeschirre sowie Traversen. Im innerbetrieblichen Materialfluss ist die Kombination aus Kranhaken und Anschlagmittel ein häufig verwendetes Lastaufnahmemittel.⁶⁹ Auch die Gabel eines Gabelstaplers stellt ein Lastaufnahmemittel dar.

Auf die **Verpackung** soll an dieser Stelle nur kurz eingegangen werden. Die Transportverpackung dient vorwiegend dem Schutz der Güter und kann aus verschiedenen Materialien, wie beispielsweise Pappe, Papier, Holz, Kunststoff oder Metall bestehen.⁷⁰ Weitere Funktionen der Verpackung können Transport- und Lagerfunktionen,

⁶⁸ Vgl. (Martin, 2009), S. 84 f.

⁶⁹ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 290 ff.

⁷⁰ Vgl. (Martin, 2009), S. 71 f.

Identifikations- und Informationsfunktionen und Verwendungsfunktionen sein.⁷¹ Dadurch entstehen viele Anforderungen, die bei der Auswahl und Herstellung einer Verpackung berücksichtigt werden müssen.

Die Bildung von **Ladeeinheiten** beinhaltet das Zusammenfassen der Güter für eine bessere und effizientere Handhabung, Lagerung und Beförderung. Bei der Gestaltung von Ladeeinheiten sollte die grundlegende Richtlinie gelten, dass die Ladeeinheit gleich der Produktionseinheit, der Lagereinheit, der Transporteinheit und der Verkaufseinheit ist.⁷² Die Bildung von Ladeeinheiten gilt als sinnvoll, wenn die Abmessungen oder Gewichte der einzelnen Stückgüter gering sind oder die Anzahl der Stückgüter sehr groß ist.⁷³ Unterstützt wird die Bildung von Ladeeinheiten durch die oben beschriebenen Transporthilfsmittel. Durch das Zusammenfassen mehrerer Güter zu einer Einheit können Umladevorgänge eingespart, das Transportgut geschont, Kosten gespart und die Zeiten für Lagerbestandsaufnahmen reduziert werden, um nur einige Vorteile zu nennen. Das Transportgut hat den größten Einfluss auf die Bildung der Ladeeinheiten. Es bestimmt durch seine Eigenschaften wie die Abmessungen und seine Form auch das Aussehen der Ladeeinheit. Weiterhin zu berücksichtigen sind die Transporthilfsmittel sowie die Größe und Form des Laderaumes für Transporte.⁷⁴

⁷¹ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 5 ff.

⁷² Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 8

⁷³ Vgl. (ten Hompel, et al., 2007), S. 23

⁷⁴ Vgl. (Martin, 2009), S. 74 f.

4 ANFORDERUNGSANALYSE

In diesem Kapitel sollen Anforderungen an ein Hilfsmittel für den Sitzeinbauprozess formuliert werden. Hierfür werden zunächst die generellen Ziele der Prozessoptimierung genannt, die der Anforderungsfindung als wichtige Zielgrößen zu Grunde liegen. Danach wird der Anwendungsbereich für das Hilfsmittel eingegrenzt, um einen Rahmen für die Anforderungsfindung zu erstellen. Vor der Anforderungsformulierung werden noch allgemeine Grundsätze und Kriterien zur Erstellung von Produkthanforderungen erläutert.

4.1 Ziele der Prozessoptimierung

Die generellen Zielgrößen im Anlauf von Produkten beziehen sich nach Wildemann, wie in der Abbildung 4.1 dargestellt, auf die allgemeinen Erfolgsfaktoren Kosten, Zeit und Qualität.⁷⁵ Er präzisiert diese Ziele weitergehend in die Reduzierung der Anlaufkosten, die Qualität des Endproduktes sowie die Reduzierung der Anlaufdauer. Weitere Ziele lassen sich diesen generellen, übergeordneten Zielgrößen zuordnen.

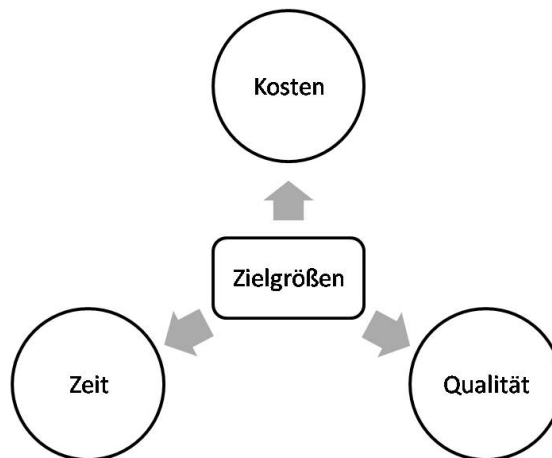


Abbildung 4.1: Allgemeine Erfolgsfaktoren als Zielgrößen im Anlauf (nach Wildemann)⁷⁵

Da die Untersuchung des Sitzeinbauprozesses in dieser Arbeit auf die Prozessoptimierung der Anlaufphase bei zukünftigen Flugzeugprogrammen abzielt, soll versucht werden die Optimierung des Prozesses an den oben genannten Zielen auszurichten. Als Grundlage für die Entwicklung eines Konzeptes zur Umsetzung der gewünschten Zielgrößen dienen hierbei die heutigen Prozessabläufe bei den Airbus Single Aisle Flugzeugen. Durch die Applizierung der Zielgrößen auf die heutigen

⁷⁵ Vgl. (Wildemann, 2009), S. 70.

Prozesse soll versucht werden, eine langfristige Zielerreichung für zukünftige Programme sowie eine mittelfristige Optimierung der heutigen Prozesse zu erreichen.

Im Folgenden sollen die Inhalte, die zum Erreichen der Ziele beitragen können, genauer beschrieben werden. Die Reduzierung der Anlaufdauer bzw. der Durchlaufzeit kann durch einen steileren Anstieg der Lernkurve der Facharbeiter erreicht werden. Eine Unterstützung der Lernkurve führt im Allgemeinen zu einer schnelleren und hochwertigeren Zielerreichung in den Prozessen. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung von Durchlaufzeiten ist die Einsparung von Prozessschritten, wie im untersuchten Prozess z.B. das Umladen der Sitzbänke vom Rollwagen auf den kleineren Transportwagen zum Transport in die Flugzeugkabine. Durch eine Vereinfachung und Standardisierung der Prozessabläufe soll versucht werden, eine gleichbleibende, hohe Qualität der Ergebnisse zu erzielen und dadurch eine größere Prozessstabilität zu gewinnen. Eine weitere Konsequenz der Optimierung soll ein verbesserter Einsatz von Ressourcen sein. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz von Facharbeitern in parallelisierten Arbeitsschritten bzw. bei weiteren Tätigkeiten erreicht werden, wenn z.B. durch eine Prozessvereinfachung bestimmte Abläufe, die vorher zwei Facharbeiter beanspruchten, von einem Facharbeiter durchgeführt werden können.

Obwohl eine Standardisierung der Prozesse von großem Vorteil sein kann, ist es wichtig dadurch nur so wenig wie möglich an Flexibilität einzubüßen. Wie bereits bei der Untersuchung des Sitzeinbauprozesses in Kapitel 2 aufgezeigt wurde, kommen im Bereich des Sitzeinbauprozesses eine Vielzahl unterschiedlicher Varianten von Sitzmodellen zur Anwendung. Eine Anwendung standardisierter Prozessabläufe sollte daher flexibel genug sein auf diverse Varianten zu reagieren.

Die Umsetzung der genannten Ziele soll durch die Entwicklung eines Hilfsmittels erreicht werden, das zur Optimierung des Prozesses durch die Anwendung der oben beschriebenen Inhalte beitragen soll.

4.2 Eingrenzung des Anwendungsbereiches

Um einen Rahmen für die Anforderungsanalyse festzulegen, soll in diesem Abschnitt der Anwendungsbereich für das Hilfsmittel definiert werden. In der Untersuchung des Sitzeinbauprozesses in Kapitel 2 wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen Varianten identifiziert. Für den Prozessablauf entscheidend sind vor allem die Unterschiede bzgl. der Kategorie des Fluggastsitzes, also ob es sich um einen First Class oder um einen

Economy Class Sitz handelt. Des Weiteren spielen die diversen Varianten der Sitzfüße, vornehmlich der hinteren Befestigungselemente, eine entscheidende Rolle bei der Durchführung des letzten Teilprozessschrittes, der Sitzmontage.

Wie bereits in Abschnitt 2.5.3 beschrieben, bilden die Economy Class Sitze ungefähr 95 % der installierten Fluggastsitze bei den überprüften Flugzeugen ab. Die 5 % der First Class Sitze spielen mengenmäßig eindeutig eine untergeordnete Rolle. Zudem weichen sie durch ihre größeren Abmessungen, höheren Gewichte und ggf. angebrachte Sitzverkleidungen von den hauptsächlich verwendeten Economy Class Sitzen in ihrer Handhabung ab. Aufgrund ihrer relativ geringen Anzahl pro Flugzeug, meist nicht mehr als vier bis sechs Sitzbänke, haben sie zudem einen geringen Einfluss auf die Durchlaufzeiten.

Da es auch bei Airbus Bestrebungen gibt, die Anzahl an unterschiedlichen Varianten im Bereich der Sitzfüße einzugrenzen bzw. zu reduzieren und es daher für Neukonstruktionen bestimmte Vorgaben bezüglich der Befestigungselemente an die Sitzhersteller gibt, sollen für das Hilfsmittel nur einige Befestigungselemente der am häufigsten verwendeten Sitzmodelle betrachtet werden. Somit soll die angestrebte Standardisierung des Prozesses vorangetrieben werden. Durch die Betrachtung mehrerer Varianten kann dennoch ein ausreichendes Maß an Flexibilität bzgl. auftretender Differenzen bei den Sitzmodellen berücksichtigt werden. Bei Betrachtung der Sitzfußvarianten in Tabelle 1 im Anhang A wird ersichtlich, dass jeweils vier Varianten der vorderen und hinteren Sitzfüße mit ihren Befestigungselementen einen Großteil der insgesamt eingebauten Sitzmodelle abdecken. Im Falle der vorderen Sitzfüße decken die vier Typen BE1v, BE2v, W1v und R1v annähernd 80 % der untersuchten Sitzmodelle ab. Im Bereich der hinteren Sitzfüße ist die Variantenanzahl etwas größer, jedoch bilden hier ebenfalls vier Modelle (BE1h, BE2h, W1h, R1h) 75 % der insgesamt untersuchten Sitzmodelle ab.

Die Anwendung des Hilfsmittels soll sich deswegen primär auf den Bereich der Economy Class Sitze mit den am häufigsten eingesetzten Befestigungselementen fokussieren. Die First bzw. Business Class Sitze sollen für die Erstellung der Anforderungen des Hilfsmittels eher von sekundärer Bedeutung sein.

4.3 Vorgehen zur Bestimmung der Anforderungen

Zur Bestimmung der Anforderungen, die an das zu entwickelnde Hilfsmittel für den Sitzeinbauprozess gestellt werden müssen, wird eine Funktionsanalyse durchgeführt. Diese soll dazu dienen, die wesentlichen funktionalen Anforderungen an das Hilfsmittel zu identifizieren, auf deren Basis dann im fünften Kapitel Konzepte erstellt werden können. Zusätzlich zu der Funktionsanalyse fließen Erfahrungen aus der Beobachtung des Sitzeinbauprozesses sowie Hinweise der prozessbeteiligten Facharbeiter in die Anforderungsgenerierung mit ein. Dieser Abschnitt wird dazu genutzt, unterschiedliche Arten von Anforderungen zu erläutern und Kriterien für die Erstellung von adäquaten Anforderungen zu beschreiben. Zudem soll das Vorgehen zur Anfertigung einer Funktionsanalyse aufgezeigt werden.

Zuerst werden an dieser Stelle verschiedene Anforderungsarten genannt und kurz inhaltlich erklärt. Es gibt sowohl funktionale als auch nicht-funktionale Anforderungen. Die funktionalen Anforderungen dienen zur Beschreibung und Definition der gewünschten Funktionen, die von einem Produkt oder einem System erfüllt werden sollen. Die nicht-funktionalen Anforderungen beschreiben z.B. Ansprüche bzgl. der Benutzbarkeit, der Zuverlässigkeit, der Sicherheit oder auch der Instandhaltung. Eine weitere Kategorie von Anforderungen bezieht sich auf die Arbeitsleistung bzw. die Effizienz des Produktes oder Systems. Hier wird vorrangig beschrieben wie gut ein Produkt oder System in qualitativer und quantitativer Hinsicht die ermittelten Funktionen erfüllen können soll. Die vierte Gruppe der Anforderungen dient zur Definition von erforderlichen Schnittstellen bzw. Interaktionspunkten mit anderen Produkten, Systemen oder Umgebungen. Diese können physikalischer, logischer oder funktioneller Art sein.⁷⁶

Bei der Erstellung von Anforderungen ist auf eine eindeutige Formulierung sowie eine konsistente Darstellung zu achten. Anforderungen sollten immer in vollständigen Sätzen formuliert werden, in denen das Subjekt beispielsweise das zu entwickelnde Produkt darstellt und sich die Satzaussage auf einen Zustand, eine Handlung oder ein zu erzielendes Ergebnis bezieht. Außerdem sollten sie ein Erfüllungskriterium bzw. einen messbaren Indikator für die zu erzielende Qualität beinhalten. Sie können außer in Textform auch in graphischer Form oder in Form von Tabellen bestehen.⁷⁶ Die Beschreibung zwingend erforderlicher Anforderungen wird im englischen Sprachgebrauch mit den Verben „shall“, „will“ oder „must“ beschrieben. Im deutschen Sprachgebrauch können diese Verben mit „sollen“ bzw. „müssen“ übersetzt werden. Bei optionalen

⁷⁶ Vgl. (Schulze, 2010).

Anforderungen, also solchen die nicht zwangsläufig erreicht werden müssen, kommen im Englischen die Verben „should“ oder „may“ zum Einsatz, deren deutsche Bedeutung mit den Verben „sollte“ und „können/dürfen“ übersetzt werden kann.⁷⁶

Folgende Charakteristiken sind bei der Erstellung und Formulierung von den oben beschriebenen Anforderungen zu berücksichtigen:

- Korrektheit,
- Vollständigkeit,
- klare, eindeutige Formulierung,
- Konsistenz innerhalb der Anforderungen,
- Verifizierbarkeit,
- Möglichkeit der eindeutigen Zuordnung/Identifizierbarkeit,
- Umsetzbarkeit (Kosten und Zeit),
- Lösungsneutralität.⁷⁶

Nachdem nun die wesentlichen Charakteristika und Kriterien zur Erstellung von Anforderungen genannt wurden, soll im Folgenden ein Vorgehen zur Anfertigung einer Funktionsanalyse beschrieben werden. Die Zielsetzung einer Funktionsanalyse besteht darin, die Wirkungen eines Objektes darzulegen, um sich auf den wesentlichen Inhalt des Problems bzw. der Aufgabe zu konzentrieren. Um Wirkungen und nicht Lösungen zu definieren, werden Funktionen zur Beschreibung benutzt. Sie werden durch ein Substantiv und ein Verb gebildet und sollten in ihrer Formulierung möglichst knapp, lösungsneutral und zielführend formuliert werden.⁷⁷

Funktionen lassen sich in verschiedene Funktionsarten und Funktionsklassen unterscheiden. Die Funktionsarten werden dabei in Gebrauchsfunktionen und Geltungsfunktionen unterschieden, wobei erstere zur technischen und wirtschaftlichen Nutzung des Objektes erforderlich sind und letztere eher ästhetische und prestigeorientierte Ansprüche erfüllen.⁷⁷ Die Funktionsklassen gliedern sich in Haupt- und Nebenfunktionen. Hauptfunktionen beschreiben den Verwendungszweck und sind zu dessen Erfüllung unerlässlich. Nebenfunktionen definieren weitere notwendige Aufgaben die zur Umsetzung der Hauptfunktionen erforderlich sind. Des Weiteren können noch unerwünschte Funktionen auftreten, die entweder eine vermeidbare oder eine unvermeidbare Wirkung des Produktes darstellen können.⁷⁷

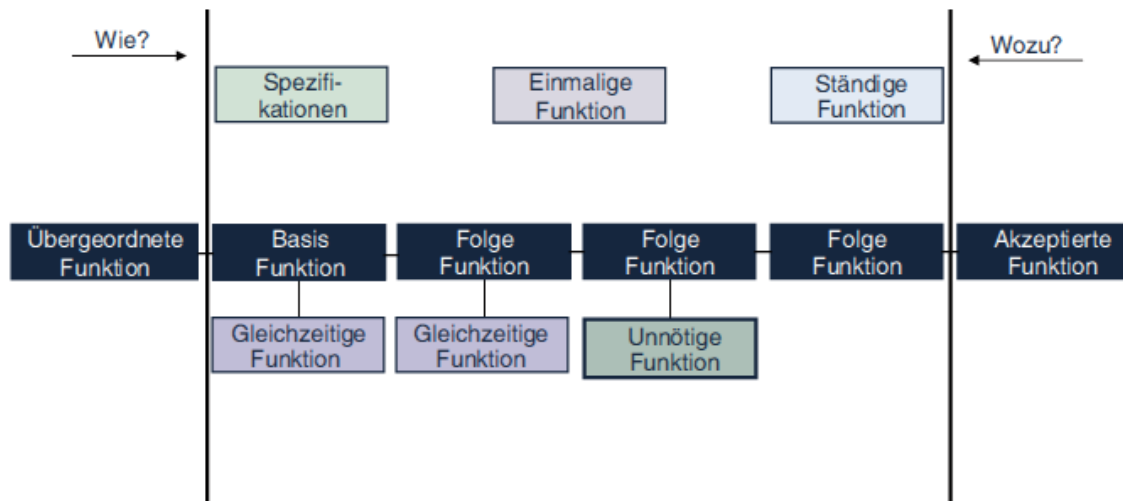
⁷⁷ Vgl. (VDI, 2011), S.57 ff.

Der erste Schritt innerhalb einer Funktionsanalyse ist die Definition der Aufgaben des geplanten Produktes. Es muss geklärt werden, welche Ziele erreicht werden sollen und welche Aufgaben zur Erfüllung der Ziele verrichtet werden müssen. Anschließend müssen diese Aufgaben in Funktionsbeschreibungen umgesetzt werden, welche daraufhin in Haupt- und Nebenfunktionen klassifiziert werden müssen.⁷⁷ Die Abgrenzung der Funktionsklassen kann durch die Fragestellungen „Warum wird diese Funktion erfüllt?“ und „Wie wird diese Funktion erfüllt?“ unterstützt werden. Die Frage warum eine Funktion erfüllt wird zielt dabei auf eine höherrangige Funktion ab, die Frage wie sie erfüllt wird weist auf die nächste rangniedere Funktion hin.⁷⁸

Um die Beziehungen und Abhängigkeiten unterhalb der einzelnen Funktionen aufzuzeigen, kann die Funktionenstruktur mit Hilfe eines FAST-Diagramms dargestellt werden. Zu diesem Zweck wird der Untersuchungsrahmen abgesteckt und definiert welche Funktionen außerhalb und innerhalb seiner Grenzen liegen. Wie in Abbildung 4.2 abgebildet, stellt die übergeordnete Funktion die generelle Zielsetzung dar. Ebenso wie die akzeptierten Funktionen, die als vorausgesetzt angenommen werden, liegt die übergeordnete Funktion außerhalb des Untersuchungsrahmens. Die Haupt- bzw. Basisfunktionen sowie die Neben- bzw. Folgefunktionen liegen hingegen innerhalb des Untersuchungsrahmens. Die Basisfunktionen beschreiben die grundlegenden Funktionen, für die das Produkt entwickelt und ausgelegt werden soll. Die Folgefunktionen sind notwendig, um vorangegangene Funktionen oder nachfolgende Funktionen, wie z.B. die Basisfunktionen, zu erfüllen.⁷⁷ Es kann durchaus möglich sein, dass ein Produkt mehrere Basisfunktionen erfüllen muss. Daraus resultieren dann unter Umständen gleichzeitige Funktionen, die parallel zu anderen Basis- oder Folgefunktionen ablaufen. Randbedingungen wie Spezifikationen oder bestimmte zu beachtende Vorschriften, einmalige und dauerhafte Funktionen werden im FAST-Diagramm oberhalb der gebildeten Funktionszusammenhänge notiert.⁷⁹ Die Darstellung der FAST-Diagramme für die zu entwickelnden Konzepte sind in den Abschnitten 5.2.2 und 5.3.2 abgebildet.

⁷⁸ Vgl. (Klein, 2010), S. 29.

⁷⁹ Vgl. (Klein, 2010), S. 31.

Abbildung 4.2: Gliederung des FAST-Diagramms⁸⁰

4.4 Anforderungen an ein Hilfsmittel für den Sitzeinbauprozess

In diesem Abschnitt werden Anforderungen beschrieben, die als grundlegende Voraussetzungen für die Konzeptentwicklungen gelten sollen. Sollten während der späteren Ausarbeitung der Konzepte weitere Anforderungen entstehen, werden diese bei den jeweiligen Konzeptdarstellungen im nächsten Kapitel genannt.

Für die Entwicklung des Demonstrators hat die Gruppe der funktionalen Anforderungen eine hervorgehobene Bedeutung, da es in besonderem Maße darauf ankommt die gewünschten Funktionen sicherzustellen. Jedoch müssen auch die anderen Anforderungsarten berücksichtigt werden, um beispielsweise eine angemessene Benutzbarkeit, ein zuverlässiges und sicheres Arbeitsverhalten des Hilfsmittels oder einen effizienten Prozessablauf zu gewährleisten. Auch die besondere Beachtung von Kontaktpunkten bzw. Schnittstellen mit der Einbaumgebung und dem Fluggastsitz als einzubauendem Objekt ist von großer Relevanz. Wie bereits beschrieben gibt es unter den Sitzmodellen diverse Varianten, für die das Hilfsmittel, zumindest für den größten Teil, eine Unterstützung bieten soll. Zudem ist die Einbaumgebung begrenzt und in einigen Bereichen nicht variabel, so dass bestimmte Maße eingehalten werden müssen. Ein Beispiel hierfür ist der Abstand der Sitzschienen, an den das Hilfsmittel angepasst werden muss. Außerdem muss es möglich sein, das Hilfsmittel in gewünschter Position

⁸⁰ (VDI, 2011), S. 64.

durch die Flugzeuggür zu bewegen und auch die Beweglichkeit in der Flugzeugkabine soll gewährleistet sein.

4.4.1 Funktionale Anforderungen

Die Tabelle 4.1 listet wichtige Anforderungen an die Funktionalität des Hilfsmittels auf. Diese betreffen besonders die Mobilität bzw. Beweglichkeit sowie grundlegende Voraussetzungen zur Erfüllung der angestrebten Aufgabe der Montageunterstützung (siehe Abschnitt 2.6).

Tabelle 4.1: Funktionale Anforderungen

FA-1	Das Hilfsmittel muss so gestaltet sein, dass es Fluggaststühle aufnehmen kann.
FA-2	Das Hilfsmittel muss so gestaltet sein, dass die Fluggaststühle gegen unerwünschte Bewegungen abgesichert sind.
FA-3	Das Hilfsmittel soll frei beweglich sein.
FA-4	Das Hilfsmittel muss eine Möglichkeit bieten, die Fluggaststühle in die Sitzschiene abzusetzen.
FA-5	Das Hilfsmittel muss die Fluggaststühle in der Sitzschiene um 0,5 Zoll in horizontaler Richtung bewegen können.
FA-6	Es soll möglich sein die Bewegung des Hilfsmittels zu verhindern.
FA-7	Die Bewegung des Hilfsmittels soll ohne Änderung seiner Lage im Raum in alle Richtungen (360°) möglich sein.

FA – Funktionale Anforderung

Hierzu soll das Hilfsmittel in der Lage sein Fluggaststühle aufzunehmen. Um sie anschließend an die gewünschte Position in der Flugzeugkabine zu befördern, muss das Hilfsmittel einige Kriterien in Bezug auf seine Beweglichkeit und Wendigkeit erfüllen. Des Weiteren müssen Funktionalitäten vorgesehen werden, mit deren Hilfe es möglich ist, den Sitz in die Sitzschiene abzusetzen und anschließend zu verschieben um ihn endgültig an seinem Einbauort zu positionieren.

4.4.2 Nicht-funktionale Anforderungen

Die Tabelle 4.2 listet einige formulierte Anforderungen aus der Kategorie der nicht-funktionalen Produkthanforderungen an das Hilfsmittel auf. Es gibt weitere nicht-funktionale Anforderungen, die bei der Entwicklung berücksichtigt werden müssen, jedoch nur schwierig in ihren Kriterien zu quantifizieren sind. Diese Anforderungen sollen deswegen an dieser Stelle in qualitativer Form wiedergegeben werden.

Tabelle 4.2: Nicht-funktionale Anforderungen

NFA-1	Das Hilfsmittel muss so konstruiert sein, dass ein Kippen, mit und ohne Beladung, ausgeschlossen ist.
NFA-2	Das Hilfsmittel soll so konstruiert sein, dass Verletzungen bei sachgerechter Anwendung nicht auftreten können.
NFA-3	Die Instandhaltung des Hilfsmittels soll ohne den Einsatz von Spezialwerkzeugen erfolgen können.
NFA-4	Das Hilfsmittel muss in der Lage sein, Fluggastsitze mit einem Gewicht bis zu 50 kg aufzunehmen.
NFA-5	Das Hilfsmittel soll von einer Person zu bedienen sein.
NFA-6	Das Hilfsmittel soll so konstruiert sein, dass es Personen mit Körpermaßen im Bereich des 5. Perzentils der japanischen Frau und des 95. Perzentils des amerikanischen Mannes benutzen können. ⁸¹
NFA-7	Das Hilfsmittel muss in seinen Grundabmaßen so ausgelegt sein, dass es in den Freiraum zwischen den beiden Sitzfußbaugruppen des Fluggastsitzes passt. (Ausmaße des Kabelkanals beachten!)

NFA – Nicht-funktionale Anforderung

Ein wesentlicher zu beachtender Faktor in der Entwicklung und Planung liegt in den entstehenden Kosten. Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen, muss der Wartungsaufwand so gering wie möglich gehalten werden. Hieraus resultieren Anforderungen an die Auswahl der Materialien zur Herstellung des Hilfsmittels. Bei den Materialien ist wiederum auf eine gute, einfache Handhabung und Verarbeitung zu achten. Sie sollten entsprechend stabil und robust, leicht zu beschaffen und technologisch gut zu verarbeiten sein. Über das Material und die Herstellungskosten definieren sich entsprechend die Anschaffungskosten für das Hilfsmittel, die möglichst niedrig gehalten werden sollten. Im Sinne eines wirtschaftlichen Betriebes sollte hier jedoch auf eine

⁸¹ Nach DIN 33402 gibt der Perzentilwert an, wie viel Prozent der Menschen in einer untersuchten Gruppe in Bezug auf ein bestimmtes Körpermaß kleiner sind. (Konieczny, 2008)

entsprechende Qualität geachtet werden, damit die laufenden Betriebskosten ebenfalls gering ausfallen. Eine möglichst unkomplizierte und einfache Konstruktion des Hilfsmittels bzw. Demonstrators, z.B. die Verarbeitung möglichst weniger Einzelteile und die Beachtung einer guten Demontierbarkeit einzelner Komponenten, kann zudem dazu beitragen den Wartungsaufwand zu reduzieren. Es muss ein zuverlässiges Produkt entwickelt werden, das sich durch geringe Ausfallraten (MTBF)⁸² und geringe Reparaturzeiten (MTTR)⁸³ auszeichnet.

Ein weiterer zu beachtender Punkt bei der Auslegung und Konstruktion sind ergonomische Aspekte. Es sollte darauf geachtet werden, dass für eine möglichst große Zahl an Anwendern eine ergonomische Bedienung des Hilfsmittels möglich ist. Hiermit sind u.a. die zur Bedienung des Produktes benötigten Kräfte sowie die Positionierung von Griffen und Hebeln für eine günstige Körperhaltung gemeint. Die Produkthanforderung NFA-6 wurde deswegen so formuliert, dass weltweit eine möglichst große Anzahl an Personen berücksichtigt wird.

4.4.3 Anforderungen an Arbeitsleistung und Effizienz

Im Bereich der Anforderungen an die Arbeitsleistung und Effizienz der Arbeitsabläufe gilt vor allen Dingen das ursprünglich gesetzte Ziel, den gesamten Prozessablauf effizienter zu gestalten. Daraus resultiert unter anderem die Anforderung an eine dauerhafte Einsatzbereitschaft des Hilfsmittels. Sollte ein Hilfsmittel nicht zur Verfügung stehen, muss dementsprechend für Redundanz gesorgt werden. Das bedeutet, dass mehrere Hilfsmittel bereit gestellt werden müssen.

Tabelle 4.3: Anforderungen an Arbeitsleistung und Effizienz

AAE-1	Das Hilfsmittel muss in der Lage sein, die Arbeitsschritte in gleichbleibender Qualität dauerhaft zu wiederholen.
--------------	---

AAE – Anforderung an Arbeitsleistung und Effizienz

Exakte Anforderungsformulierungen bezüglich der Arbeitsleistung sind an dieser Stelle nur schwierig zu treffen, da hierfür eine genaue Bestimmung der zeitlichen Dauer der einzelnen Arbeitsschritte während des Sitzeinbaus nötig ist, um verifizierbare und eindeutige Anforderungen zu formulieren, mit denen eine Prozessoptimierung

⁸² Mean Time Between Failures: Maß für die mittlere Dauer zwischen zwei Ausfällen eines Systems oder Produktes.

⁸³ Mean Time To Repair: Maß für die mittlere Dauer der Reparatur eines Systems oder Produktes.

beschrieben werden kann. Die grundlegenden Leistungsziele, gerade im Bereich der Vorbereitung zum Bau eines Demonstrators für das Hilfsmittel, sollen deshalb in der Darstellung der geforderten Funktionalität liegen. Für eine spätere Anwendung in Produktionsanläufen oder evtl. in einer Serienfertigung gilt als Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Produkt, die in der Aufgabenstellung dieser Arbeit definierten Ziele zu erfüllen. Das bedeutet, es muss eine Verbesserung des beschriebenen Prozesses erreicht werden, z.B. durch eine erhöhte Stabilität in den Prozessabläufen und einen schnelleren Einbau der Fluggastsitze im Vergleich zum heutigen Einbauprozess. Die Anforderung AAE-1 in Tabelle 4.3 zielt daher auf eine gleichbleibende, stabile Prozessqualität ab.

4.4.4 Anforderungen bezüglich Schnittstellen mit der Umgebung

Ein wichtiger Bestandteil der Analyse ist die Beachtung der Anforderungen an die Schnittstellen mit der Umgebung. Das zukünftige Einsatzumfeld muss bei der Entwicklung von Produkten unbedingt berücksichtigt werden, um notwendige Anpassungen an die Einsatzumgebung vornehmen zu können damit eine optimale Funktionalität gewährleistet werden kann.

Tabelle 4.4: Anforderungen bzgl. Schnittstellen mit der Umgebung

ASU-1	Das Hilfsmittel muss in der Lage sein mehrere verschiedene Varianten von Sitzmodellen aufzunehmen.
ASU-2	Das Hilfsmittel muss so konstruiert sein, dass bei der Aufnahme der Fluggastsitze keine Beschädigungen an den Sitzen auftreten können.
ASU-3	Das Hilfsmittel muss so konstruiert sein, dass es mit aufgenommenem Fluggaststz durch eine Flugzeugtür (lichte Maße: Höhe 1805 mm, Breite 785 mm) passt.
ASU-4	Das Hilfsmittel muss so gestaltet sein, dass es im Flugzeug keine Beschädigungen am Fußboden, den Sitzschienen, dem Kabelkanal und den daraus herausführenden Kabeln verursachen kann.
ASU-5	Das Hilfsmittel muss in der Lage sein, mehrere Varianten an Sitzfußtypen bzw. Befestigungselementen aufnehmen zu können.
ASU-6	Das Hilfsmittel soll mit aufgenommenem Fluggaststz eine maximale Höhe von 150 Zentimetern besitzen.

ASU – Anforderung bzgl. Schnittstellen mit der Umgebung

In der Tabelle 4.4 sind daher Anforderungen zusammen gestellt, durch die die auftretenden Umgebungsbedingungen des Einsatzbereiches für das Hilfsmittel in die Entwicklung mit einbezogen werden sollen. Hierzu zählen zum Einen limitierende

Umgebungsmaße, wie die Kabinenhöhe oder die Türmaße, und zum Anderen die Berücksichtigung von anderen Kabinenkomponenten, die einen Einfluss auf die Tätigkeiten in Verbindung mit dem Hilfsmittel haben können (siehe Anforderung ASU-4). Außerdem muss das Potenzial vorhanden sein, mehrere Varianten an Sitzmodellen mit ihren unterschiedlichen Merkmalen aufzunehmen, da der betrachtete Prozess, wie in Abschnitt 2.5.3 aufgezeigt, eine hohe Variantenvielfalt beinhaltet. Ferner muss das Hilfsmittel so ausgelegt werden, dass jegliche Art von Beschädigungen an den Fluggastsitzen oder anderen Umgebungskomponenten vermieden werden.

5 KONZEPTENTWICKLUNG

In diesem Kapitel sollen zwei Konzeptideen vorgestellt und Möglichkeiten ihrer Umsetzung entwickelt werden. Zu diesem Zweck werden zunächst einige vorbereitende Überlegungen getätigt, die für die Entwicklung der Konzepte notwendig sind. Im Anschluss daran werden die Konzepte vorgestellt, Wege ihrer Realisierung entwickelt und spezifische Anforderungen an das jeweilige Konzept zusammengefasst. Zum Abschluss erfolgen ein Vergleich der beiden Konzeptvorschläge, eine kurze Diskussion der Umsetzung der gestellten Anforderungen an das jeweilige Konzept und eine zusammenfassende Bewertung der entwickelten Lösungen.

5.1 Vorbereitende Überlegungen

Dieser Abschnitt soll dazu genutzt werden, einige Überlegungen und Untersuchungen durchzuführen, die für die Ausarbeitung der Konzepte berücksichtigt werden müssen. Dazu soll die Konstruktion des unteren Sitzbereiches der verschiedenen Sitzmodelle auf mögliche Übereinstimmungen in Bezug auf die Auslegung und die Position ihrer Bestandteile überprüft werden.

Wie bereits gezeigt wurde, gibt es im Bereich der Befestigungselemente, also der „Front Studs“ und „Rear Fittings“, eine große Vielzahl an Varianten. Da sich diese Variantenvielfalt nicht ausschließlich auf die Befestigungselemente der verschiedenen Sitzmodelle beschränkt, sondern auch bei der Auslegung und Formgebung der gesamten Sitzfußbaugruppen Unterschiede auftreten, soll in diesem Abschnitt nach einheitlichen Auslegungsmerkmalen der unteren Sitzstruktur gesucht werden. Diese können dann unter Umständen als Schnittstellen zwischen dem Hilfsmittel und den Fluggastsitzen genutzt werden.

Neben der eigentlichen Sitzstruktur müssen im unteren Bereich der Fluggastsitze weitere Komponenten berücksichtigt werden. Hierzu zählen zum Beispiel Vorrichtungen für In-Flight Entertainment, Fußstützen oder auch die Positionierung der Schwimmwesten. Airbus fasst einige Kriterien zur Auslegung der Sitzstruktur in einer Rahmenspezifikation zusammen, nach der sich die Sitzhersteller bei der Konstruktion ihrer Sitzmodelle richten müssen. In dieser Spezifikation wird zudem auch festgelegt, dass alle Sitze in einbaufertigem Zustand angeliefert werden müssen.⁸⁴ Sitze in der Economy Class für den Kurz- bis Mittelstreckenbereich besitzen in der Regel keine Fußstützen, so dass diese für

⁸⁴ Vgl. (Airbus, 2008).

die Auslegung des Hilfsmittels keinen Ausschlag geben sollen. IFE-Komponenten wie benötigte Hardware und Stromversorgung, sollen so angeordnet werden, dass sie keine Gefahr für die Passagiere darstellen.⁸⁴ Zudem sollte der verbleibende Fußraum für die Passagiere nicht zu stark eingeschränkt werden. Zum Teil werden diese Elemente daher im Bereich der Sitzbeine angebracht. Die Position der Schwimmwesten soll laut Spezifikation unter der Sitzfläche liegen und für die angeschnallten Passagiere im Sitzen von der Vorderseite des Sitzes aus erreichbar sein. Hierfür wird ein Stauraum mit den Maßen 240 mal 240 mal 90 Millimeter unter jedem einzelnen Sitz vorgesehen.⁸⁴

Die Rahmenspezifikation definiert weiter, dass Sitze, unter denen Gepäck verstaut werden darf, eine Vorrichtung aufweisen müssen, die ein Verrutschen der verstauten Gegenstände nach vorne und zur Seite verhindert. Dadurch sollen Ausgangsbereiche und der Mittelgang frei gehalten werden.⁸⁴ Diese Funktion wird im Grunde bei allen Sitzmodellen durch eine Gepäckstange übernommen. Sie ist an den vorderen Sitzbeinen im unteren Bereich befestigt und wird an der zum Mittelgang gewandten Seite des Sitzes im Bereich der unteren Sitzflächenstruktur fixiert. Laut Spezifikation sollte die Vorrichtung, also die Gepäckstange, in der Lage sein, Gegenstände ab einer Größe von 76,2 mm in der Breite und 63,5 mm in der Höhe vor ungewolltem Verrutschen zurück zu halten.⁸⁴ Die Positionen der Gepäckstange und der Schwimmwesten unter den Sitzen sind in der Abbildung 5.1 dargestellt.

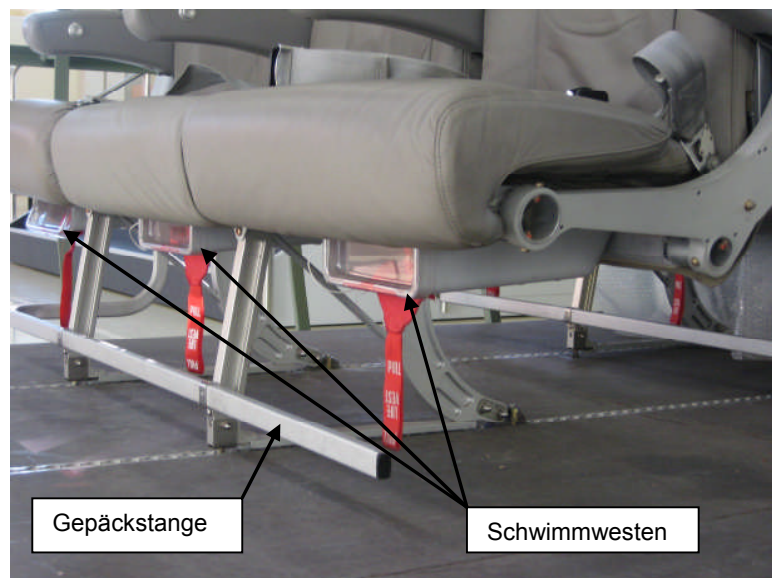


Abbildung 5.1: Positionen der Gepäckstange und der Schwimmwesten

Des Weiteren gibt die Rahmenspezifikation verschiedene Maße am Sitz sowie zwischen Teilen des Sitzes und der Flugzeugstruktur vor. Diese Maße wurden in Abbildung 5.3

dargestellt. Die Unterseite der Sitzflächen sollte einen minimalen Abstand von 254 Millimetern zum Fußboden der Kabine aufweisen (Maß A, Abbildung 5.3).⁸⁴ Ein Maß, das durch die Gestaltung der Flugzeugstruktur vorgegeben wird, ist der Abstand zwischen den beiden Sitzfüßen. Er liegt, bedingt durch den Sitzschienenabstand, bei 527 Millimetern und ist bei allen Sitzmodellen identisch (Maß B, Abbildung 5.3). Die Abbildung 5.2 zeigt die gesamte Unterseite einer Economy Class Sitzbank. Auch hier sind die Positionen der Schwimmwesten gut zu erkennen.



Abbildung 5.2: Unterseite einer Sitzbank

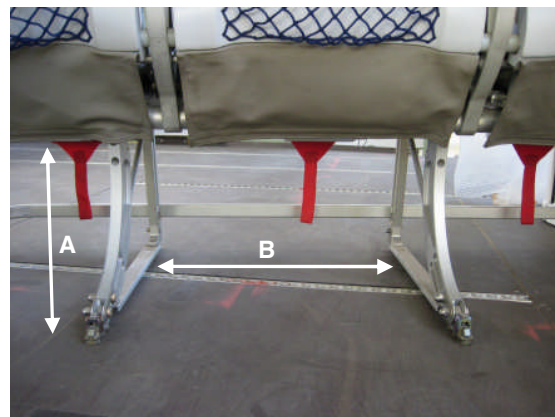


Abbildung 5.3: Rückansicht einer Sitzbank

Ein weiteres Maß, das in der Rahmenspezifikation genannt wird, betrifft den Abstand zwischen dem Gelenkbolzen im Bereich des hinteren, unteren Sitzbeins und der Bodenplatte des hinteren Sitzfittings. Dieser Gelenkbolzen ist in Abbildung 5.4 zu sehen. Der Abstand liegt typischerweise bei einem Zoll, also 25,4 Millimetern (Abstand A, Abbildung 5.4).⁸⁴ Zudem gibt es eine Vorgabe bezüglich des Minimalabstandes zwischen den äußersten Befestigungszapfen der vorderen und hinteren Befestigungselemente. Dieser Abstand ist mit 482,6 Millimetern (19 Zoll) vorgegeben. Sollte in der Kabine ein Layout mit dem minimal möglichen Sitzabstand von 28 Zoll gewählt werden, kann sich dieser Abstand unter Einhaltung einer Voraussetzung auf 431,8 Millimeter (17 Zoll) reduzieren. Die zu erfüllende Voraussetzung hierfür ist ein maximaler Abstand von 650 Millimetern vom Schwerpunkt der sitzenden Person bis zur Sitzschiene.⁸⁴

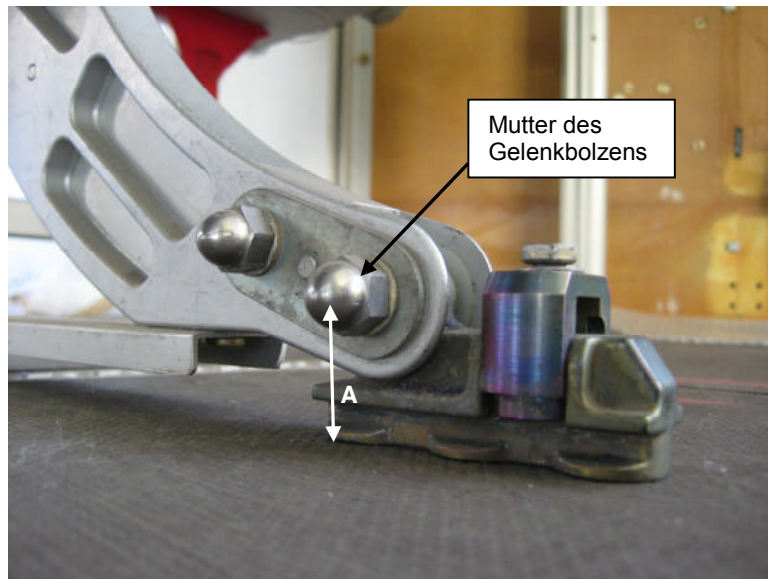


Abbildung 5.4: Gelenkbolzen zwischen Sitzbein und Rear Fitting

Es gibt also einige Merkmale im Bereich der unteren Sitzstruktur, die bei den diversen Sitzmodellen gleichermaßen auftreten. Im Falle der Schwimmwesten kann dies voraussichtlich nicht als mögliche Schnittstelle zwischen der Sitzbank und dem Hilfsmittel dienen. Dennoch sollten sie bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Ob die Gepäckstange in ihrer heutigen strukturellen Auslegung als mögliche Kontaktfläche genutzt werden kann, müsste genauer überprüft werden. Eine Verwendung als gemeinsame Schnittstelle der Sitzbänke als Kontaktpunkt für das Hilfsmittel wäre aber denkbar. Ein möglicher weiterer Ansatzpunkt für eine gemeinsame Schnittstelle ist der Gelenkbolzen, der die hinteren Befestigungselemente mit dem Sitzbein verbindet. Er befindet sich bei allen Sitzmodellen an der gleichen Stelle (zwischen „Rear Fitting“ und hinterem Sitzbein) und weist zudem typischerweise einen einheitlichen Abstand zum untersten Punkt des Fluggastsitzes, der Bodenplatte des Fittings, auf.

5.2 Konzept 1

Das Erste der beiden zu entwickelnden Konzepte, dessen grundlegende Idee bei EADS Innovation Works entstand, beinhaltet zwei Komponenten. Eine dieser Komponenten dient lediglich als Transportablage für die Fluggastsitze. Sie soll die vorhandene Vielzahl an Transporthilfsmitteln im Laufe des Prozesses reduzieren, indem die Fluggastsitze den gesamten Weg vom Sitzhersteller bis zur Endmontagelinie bei Airbus auf ihr gelagert und transportiert werden. Somit entstünde eine einheitliche Transportablage für alle Sitzmodelle und ein Umladen im Prozessablauf würde entfallen. Der technisch funktionale Umfang dieser ersten Komponente soll begrenzt sein, da sie in einer großen Stückzahl

vorkommen muss, um genügend Transporthilfsmittel für sämtliche Fluggaststühle zur Verfügung zu stellen.

Die zweite Komponente stellt eine Montagevorrichtung dar, die in der Flugzeugkabine positioniert wird, und einen Teil des Montageprozesses der Fluggaststühle übernehmen soll. Die Vorrichtung ist vom Umfang ihrer technischen Ausstattung her deutlich anspruchsvoller als das Transporthilfsmittel. Diese technisch hochwertige Komponente würde pro Bauplatz bei parallelem Einbau der Sitzreihen beidseitig des Mittelgangs zweimal benötigt. Die Stückzahl dieser aufwendigeren Vorrichtung wird also, auch im Sinne der entstehenden Kosten, klein gehalten. Die Montagevorrichtung hat die Aufgaben, die Sitzbank vom Transporthilfsmittel zu übernehmen und anschließend in der Sitzschiene abzusetzen und an die exakte Einbauposition zu verschieben.

Die Positionierung der Montagevorrichtung an der richtigen Einbauposition in der Kabine erfolgt durch das Einmessen der Position an der Sitzschiene mit Hilfe einer computergestützten Laserdistanzmessung. Hierfür wird ein Laser beispielsweise am Anfang der Sitzschiene im vorderen Kabinenbereich in der Sitzschiene befestigt. Mit Hilfe dieses Lasers und einem Reflektor an der Montagevorrichtung kann über die Software an einem mobilen Computer die vorgegebene Distanz ermittelt und die Vorrichtung positioniert werden. Eine Information über den Status der Positionierung, die für den Facharbeiter als Rückmeldung dient, könnte als akustisches Signal erfolgen. Durch dieses zusätzliche Hilfsmittel wird der Prozessschritt des Einmessens der Sitzpositionen direkt in den Montagevorgang integriert und erfolgt praktisch während des Zuführungsprozesses zur Einbauposition in der Kabine.

Auf der mobilen Computereinheit können zusätzlich DMU⁸⁵ Daten der Flugzeugkabine dargestellt werden. Bei einer Kopplung dieser DMU Daten mit den Informationen der Laserdistanzmessung bestünde die Möglichkeit, die genauen Einbaupositionen der Fluggaststühle über den Bildschirm anzeigen zu lassen. Dies würde den Einbauprozess zusätzlich unterstützen. Zudem würde hierdurch einerseits eine Plattform geboten, um schnell einbaurelevante Informationen für die Facharbeiter bereit zu stellen. Andererseits entstünde durch diese digitale Prozessunterstützung zusätzlich die Möglichkeit, auftretende Probleme beim Sitzeinbau direkt über die Computereinheit an die entsprechenden zuständigen Abteilungen bei Airbus oder an die entsprechenden Sitzhersteller als Zulieferer weiterzuleiten. Hierdurch können zeitnah

⁸⁵ Digital Mock-Up: Digitale, computergestützte Darstellung einer Umgebung, z.B. der Flugzeugkabine.

Verbesserungsprozesse angestoßen und zukünftige Fehler vermieden werden. Gemachte Erfahrungen der Prozessbeteiligten könnten schnell verbreitet und für alle relevanten Mitarbeiter zugänglich gemacht werden um ein effektives Wissensmanagement zu fördern.

Als weitere technische Komponenten müssten für die Darstellung der „Mixed Reality“⁸⁶-Daten über die Computereinheit Kameras zur Orientierung auf der Montagevorrichtung installiert werden. Die Vorrichtung ist also neben den technischen Funktionen zur Montage der Fluggaststühle auch mit hochempfindlichen Messinstrumenten ausgestattet und bedarf daher eines umsichtigen Umgangs.

Das Konzept sieht vor, dass zwischen dem Transporthilfsmittel und der Montagevorrichtung eine Übergabe des Fluggaststuhles stattfindet. Nach der Anlieferung des Stuhles am Bauplatz soll dieser direkt, ohne erneutes Umladen, auf der Transportablage in die Flugzeugkabine befördert werden. Anschließend würde der Stuhl auf seiner Transportablage direkt an die Montagevorrichtung geschoben werden, um dort die Übergabe zwischen den beiden Komponenten erfolgen zu lassen. Hierfür übernimmt die bereits positionierte Montagevorrichtung den Fluggaststuhl vom Transporthilfsmittel. Nach dessen Entfernung kann der Stuhl in die Sitzschiene abgesetzt und um einen halben Zoll an die Endposition verschoben werden. Danach können die Befestigungselemente des Stuhles von einem Facharbeiter fixiert werden.

5.2.1 Auswahl eines Szenarios zur Realisierung des Konzeptes

An dieser Stelle sollen drei mögliche Szenarien zur Umsetzung des Konzeptes beschrieben werden. Aus diesen drei Szenarien soll am Ende eines für eine Weiterentwicklung des hier erstellten Grundkonzeptes ausgewählt werden.

Das erste Szenario geht von einer Zuführung der Fluggaststühle in die Kabine durch die vordere Flugzeugtür aus. Daraus resultiert eine Montagereihenfolge der Sitzbänke, die im Heck der Kabine beginnt. Eine schematische Darstellung der beiden Komponenten ist in Abbildung 5.5 zu sehen. Der Stuhl wird auf dem Transporthilfsmittel bis an die Montagevorrichtung geschoben und dort von dieser übernommen. Als Schnittstellen bzw. Aufnahmepunkte des Stuhles durch die Montagevorrichtung dienen hierbei die Gelenkbolzen und die Struktur an der Sitzflächenunterseite. Bei der Auslegung wäre hierbei insbesondere darauf zu achten, dass sich der Stuhl mit seinem Schwerpunkt nah an

⁸⁶ Mixed Reality: Computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung, z.B. durch Einblendung umgebungsbezogener Informationen auf einem Kameradisplay.

der Vorrichtung befindet, um einem Kippen entgegen zu wirken. Da die jeweils hintere Sitzreihe bereits installiert ist, muss zusätzlich der eingeschränkte Freiraum (in Abbildung 5.5 grün dargestellt) zwischen den Sitzreihen beachtet werden. Das bedeutet, die Montagevorrichtung muss in ihren Abmessungen so ausgelegt sein, dass sie zwischen zwei Sitzreihen entfernt werden kann. Die Transportablage der Sitze kann nach Übernahme durch die Montagevorrichtung seitlich oder zur Sitzvorderseite hin entfernt werden.

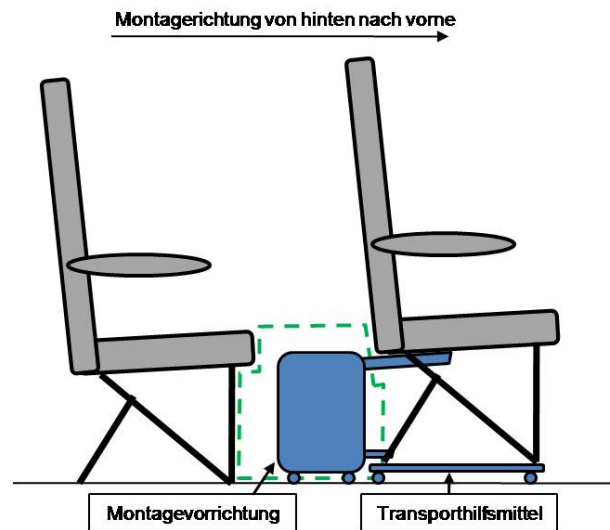


Abbildung 5.5: Schematische Darstellung – Szenario 1 (Konzept 1)

Die Nachteile dieser Lösung sind zum Einen der manuelle Einbau der hintersten Sitzreihe in der Kabine aufgrund des Platzmangels zur Positionierung der Montagevorrichtung wegen bereits installierter Kabinenmonumente und zum Anderen das manuelle Entfernen sowie das erneute Ausrichten der Vorrichtung für jede neue Sitzbank, da ein Verschieben der Montagevorrichtung entlang der Sitzschiene bei diesem Szenario durch die eingebauten Sitzbänke behindert wird.

Das zweite Szenario bedient sich der gleichen Komponenten, die auch im ersten Szenario eingesetzt werden. Hier soll die Zuführung jedoch durch die hintere Tür des Flugzeugs erfolgen. Das führt wiederum zu einem Montagebeginn im vorderen Kabinenbereich. Eine Darstellung hierzu bietet die Abbildung 5.6. Die Vorteile dieser Lösung gegenüber der vorher beschriebenen liegen im größeren Bewegungsfreiraum der Montagevorrichtung. Sie kann zudem entlang der Sitzschiene verschoben werden, was den Prozess deutlich vereinfacht. Das Transporthilfsmittel müsste in diesem Fall in Richtung des Mittelgangs zugeführt und entfernt werden. Eine Zuführung von der Seite wird jedoch aufgrund des Platzmangels in der Kabine vermutlich sehr schwer zu realisieren sein. Auch bei dieser

Lösung müsste zudem die letzte Sitzreihe in der Kabine manuell in die Schiene gehoben und dort positioniert werden, da ebenfalls zu wenig Platz für die Montagevorrichtung vorhanden wäre.

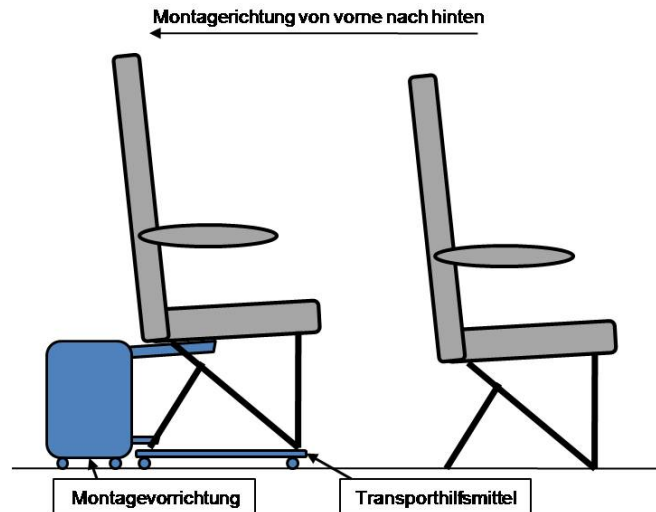


Abbildung 5.6: Schematische Darstellung – Szenario 2 (Konzept 1)

Im dritten Szenario sollen die Montagevorrichtung und das Transporthilfsmittel so gestaltet werden, dass sie zum Einen ineinander geschoben und zum Anderen beide in die gleiche Richtung entfernt bzw. verschoben werden können. Die Zuführung soll hier, wie im ersten Szenario, durch die vordere Flugzeugtür erfolgen. Die Montagevorrichtung muss sich in diesem Fall vor allem durch eine sehr flache Bauweise auszeichnen, damit sie unter dem installierten Sitz zur Sitzvorderseite verschoben werden kann ohne zwischen den Sitzschienen entfernt werden zu müssen.

Zudem sollen die beiden Komponenten in ihrer Formgebung so gestaltet werden, dass sie zur Übergabe der Sitzbank ineinander geschoben werden können. Um die Montagevorrichtung möglichst flach zu gestalten, soll bei dieser Lösung die Gepäckstange anstelle der Sitzflächenunterseite als Schnittstelle zwischen Fluggastsitz und Vorrichtung fungieren. Zu diesem Zweck müsste überprüft werden, ob die strukturelle Anbindung der Gepäckstange an der Sitzstruktur für diesen Zweck ausreicht oder ob eine stabilere Auslegung erfolgen muss. Als zweite Schnittstelle werden, wie bei den beiden anderen Lösungen auch, die Gelenkbolzen an der Sitzfußstruktur genutzt. Eine schematische Darstellung dieser dritten Lösung ist in Abbildung 5.7 zu sehen. Der Fluggastsitz wird auf der Transportablage in die Montagevorrichtung geschoben, wo anschließend die Übernahme des Sitzes erfolgt. Hierzu muss der Sitz von der Montagevorrichtung angehoben werden, um die Transportablage entfernen zu können.

Anschließend setzt die Vorrichtung den Sitz in der Sitzschiene ab und verschiebt ihn um einen halben Zoll in die Endposition.

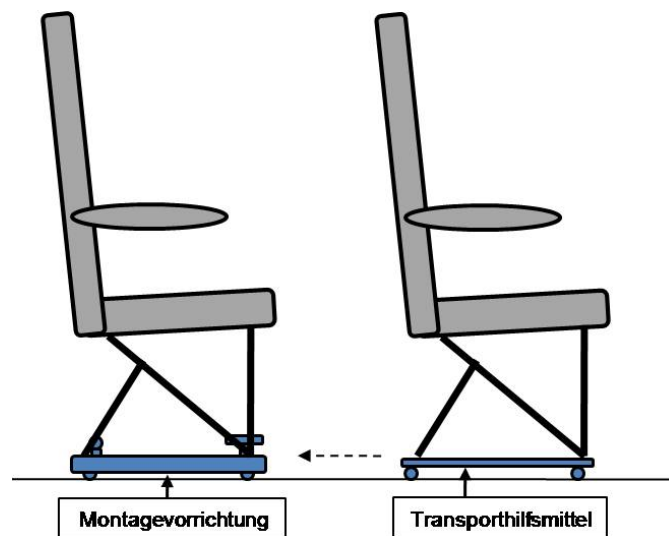


Abbildung 5.7: Schematische Darstellung – Szenario 3 (Konzept 1)

Die Vorteile dieser Lösung liegen darin, beide Komponenten in die gleiche Richtung entfernen bzw. verschieben zu können ohne dabei zusätzliche Prozessschritte, wie z.B. beim ersten Szenario, zu erzeugen. Außerdem können alle Sitze mit der Montagevorrichtung montiert werden, das heißt es entfällt die manuelle Positionierung der letzten Sitzreihe. Nachteile können die schwierigere Konstruktion der Montagevorrichtung aufgrund der flachen Bauweise sowie evtl. eine ungünstige Arbeitsposition aufgrund der erschwerten Erreichbarkeit der Hilfsmittel am Kabinenfußboden sein.

Von diesen drei Szenarien soll in der nachfolgenden Betrachtung das letzte, also das dritte Szenario, weiter bearbeitet werden, da es gegenüber den ersten beiden Szenarien die größeren Vorteile aufweist. Im anschließenden Abschnitt sollen zunächst noch einige spezifische Anforderungen an diese Lösung und ihre Komponenten genannt werden, um darauf basierend die Entwicklung der Hilfsmittel durchzuführen.

5.2.2 Spezifische Anforderungen

Zur Veranschaulichung der spezifischen funktionalen Anforderungen an die Komponenten des Hilfsmittels aus Konzept 1 wurden nach den in Abschnitt 4.3 beschriebenen Richtlinien zwei FAST-Diagramme erstellt. Das Diagramm für das Transporthilfsmittel ist in Abbildung 5.8 dargestellt. Die notwendige, akzeptierte Nebenfunktion außerhalb des Untersuchungsrahmens für das Transporthilfsmittel ist das Aufstellen des Sitzes durch die

Facharbeiter. Die zu erfüllende Basisfunktion besteht aus dem Transport der Sitzbank. Zur Erfüllung dieser Funktion muss das Hilfsmittel den Sitz aufnehmen und fixieren können. Zudem sollte der Sitz dauerhaft geschützt werden, um Beschädigungen zu vermeiden. Um den Transport zu unterstützen, sollte das Transporthilfsmittel bewegt werden können. Außerdem sollen die Möglichkeit der Bewegungseinschränkung zur Positionierung an einem gewünschten Ort gegeben sein und Aufnahmepunkte als Schnittstellen zum Transport durch Transportmittel, wie z.B. Gabelstapler vorgesehen werden.

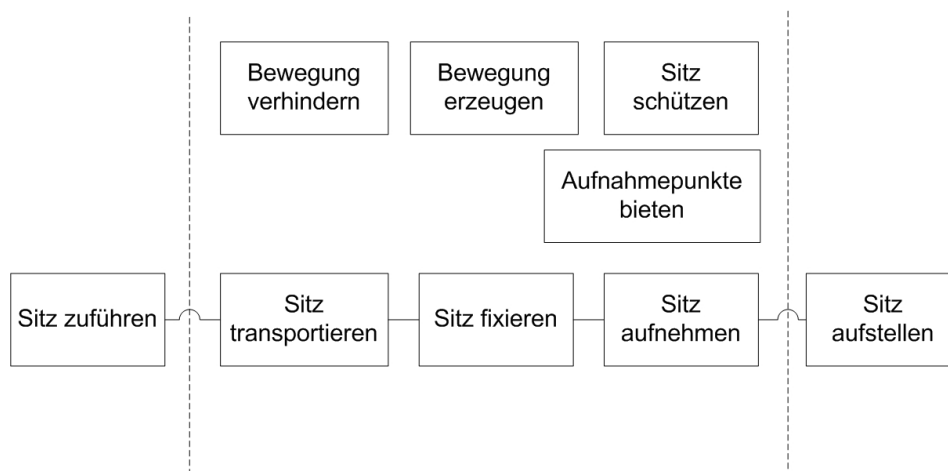


Abbildung 5.8: FAST-Diagramm für das Transporthilfsmittel (Konzept 1)

Als übergeordnete Funktion wurde die Zuführung des Sitzes gewählt. Diese Funktion bildet die Schnittstelle zwischen dem Transporthilfsmittel und der Montagevorrichtung. Daher findet sich die Sitzzuführung auch als akzeptierte Nebenfunktion im FAST-Diagramm für die Montagevorrichtung, das in Abbildung 5.9 gezeigt ist, wieder. Die übergeordnete Funktion, also die generelle Zielsetzung, ist die Montage des Fluggastsitzes. Um dieses Ziel zu erreichen, soll die Montagevorrichtung als zweiter Bestandteil des Hilfsmittels die Sitzpositionierung übernehmen. Dazu muss sie zuerst die Sitzübernahme durchführen, daran anschließend den Sitz in der Sitzschiene absetzen und ihn dann um einen halben Zoll in seine Einbauposition verschieben.

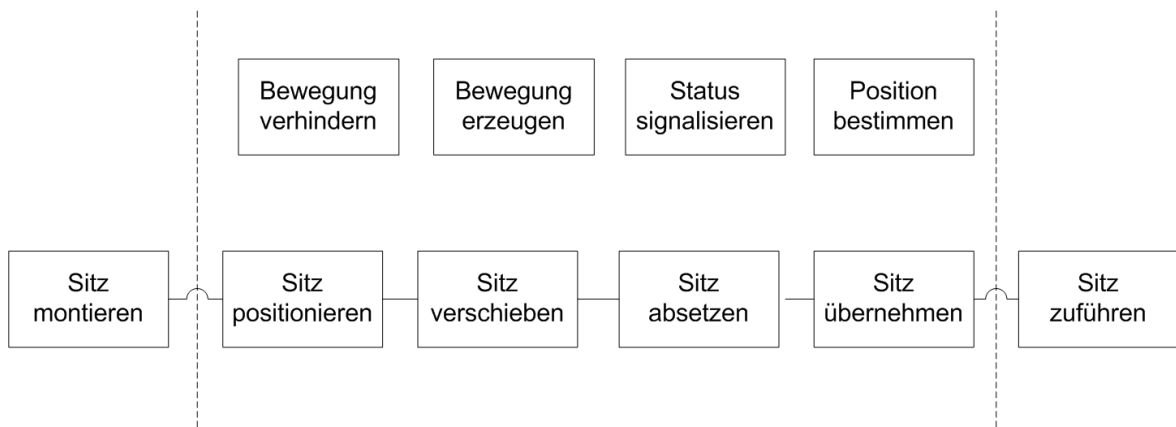


Abbildung 5.9: FAST-Diagramm für die Montagevorrichtung (Konzept 1)

Zusätzlich muss auch die Montagevorrichtung beweglich und fixierbar sein. Für die in der Konzeptvorstellung beschriebenen Positionierungsmethoden muss die Vorrichtung hierfür notwendige Komponenten bereitstellen. Diese sollten eine ausreichende Positionierungsgenauigkeit gewährleisten und durch die entsprechende Software sämtliche vorkommenden Kabinenkonfigurationen abdecken können.

Da diese Lösung aus zwei Komponenten besteht, die über die Schnittstelle der Sitzübergabe miteinander verbunden sind, kommt dieser Funktion in Bezug auf die Präzision der Umsetzung eine besondere Bedeutung zu. Bei der Entwicklung der Komponenten sollte zusätzlich beachtet werden, dass das Transporthilfsmittel in einer großen Anzahl benötigt wird und somit auch die Kosten für die Anschaffung und Wartung schnell mit zunehmender Anzahl steigen. Deshalb sollte es so einfach wie möglich gestaltet werden. Die notwendigen technischen Funktionen sollten, wie in den FAST-Diagrammen dargestellt, komplett von der Montagevorrichtung übernommen werden.

Bei der Gestaltung des Transporthilfsmittels sollte zudem auf entsprechende Aufnahmemöglichkeiten zum Transport durch Gabelstapler oder ähnliche Transportmittel geachtet werden. Auch der Transport vom Zulieferer zur Endmontagelinie im LKW sollte bei der Auslegung nicht unberücksichtigt bleiben. Generell muss die Integration der Zulieferer, also der Sitzhersteller, bedacht werden, da auch diese mit den Transportablagen der Fluggastsitze arbeiten müssen. Da die Transportablage an diversen Einsatzorten mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen zum Einsatz kommt, sollte Wert auf eine robuste Gestaltung gelegt werden um häufige Ausfälle und Reparaturen so gering wie Möglich zu halten.

5.2.3 Ausarbeitung des Konzeptes

Um einen Überblick über den angedachten Prozessablauf des ersten Konzeptes zu geben, fasst die Abbildung 5.10 die einzelnen Arbeitsschritte in der auftretenden Reihenfolge noch einmal zusammen. Die Umsetzung der geforderten technischen Funktionalitäten aus dem voran gegangenen Abschnitt sollen im Folgenden näher erläutert werden.

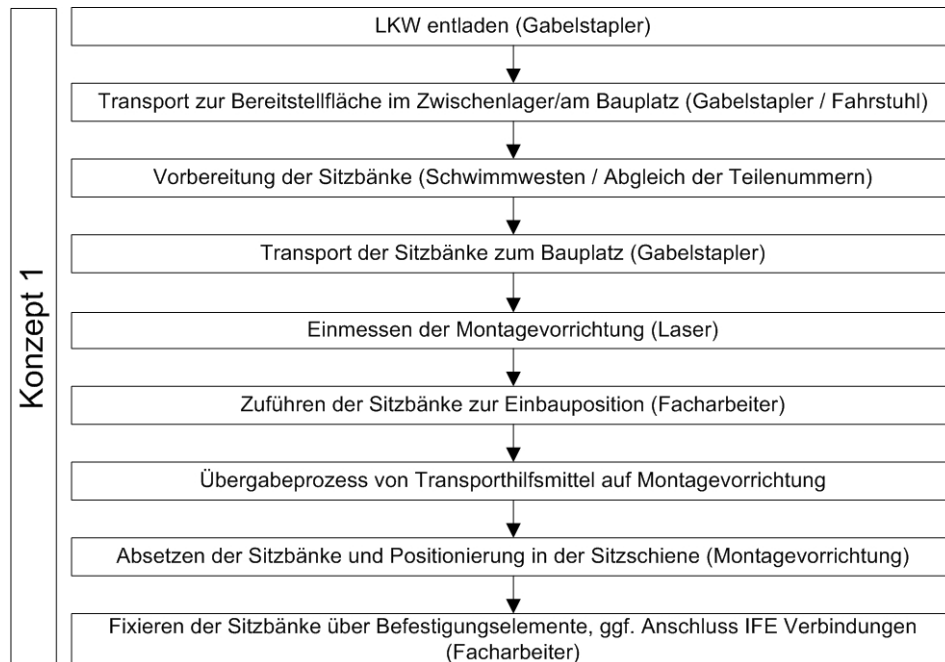


Abbildung 5.10: Prozessablauf Konzept 1

Da sowohl das Transporthilfsmittel als auch die Montagevorrichtung sehr beweglich sein müssen, um sich in der engen Flugzeugkabine gut verschieben zu lassen, sollen beide mit vier Lenkrollen ausgestattet werden (siehe Abbildung 3.4). Die Vierradbauweise wird aufgrund ihrer größeren Tragfähigkeit und Standsicherheit gegenüber der Dreiradbauweise bevorzugt. Die Lastaufnahme der beiden Komponenten erfolgt zudem in der radunterstützten Bauform, was die Kippgefahr bei Beladung mit den Fluggastsitzen verringern soll. Ein Vorschlag zur konstruktiven Gestaltung der beiden Komponenten für das erste Konzept ist in Abbildung 5.11 zu sehen.

Für die Montagevorrichtung sollen Kunststoffreifen eingesetzt werden und für das Transporthilfsmittel können Vollgummireifen zum Einsatz kommen. Beide zeichnen sich, wie in Kapitel 3 beschrieben, u.a. durch geringe Reifendurchmesser, eine hohe Tragfähigkeit und eine gute Pannensicherheit aus. Der Kunststoffreifen ist eher für den

Inneneinsatz konzipiert, weswegen er für die Montagevorrichtung, die nur in der Flugzeugkabine zum Einsatz kommt, ausgewählt wird. Der Vollgummireifen wird für die Bereifung der Transportablage verwendet, da diese in verschiedenen Umgebungen mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen eingesetzt wird.

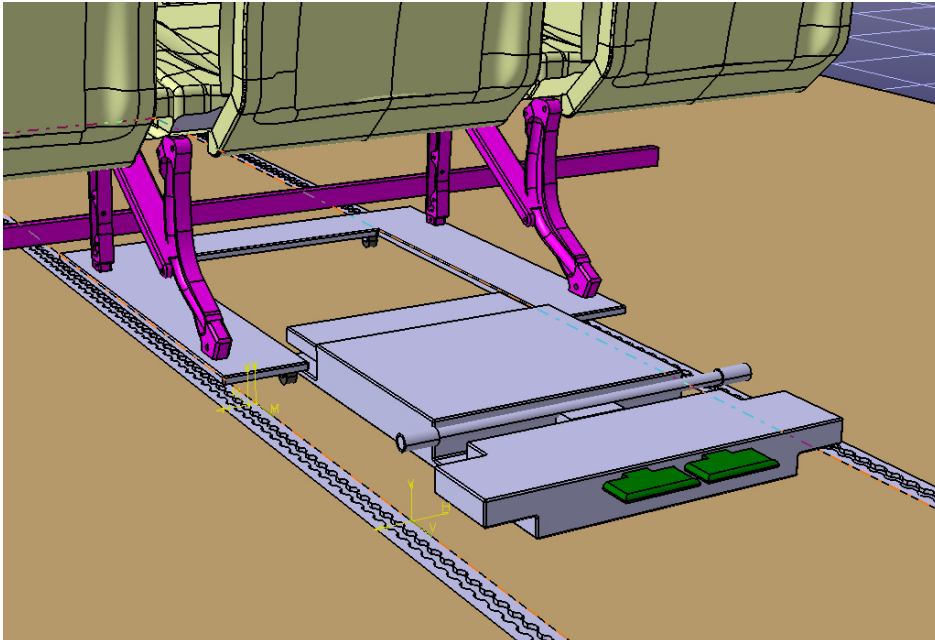


Abbildung 5.11: Zuführung des Sitzes auf dem Transporthilfsmittel zur Montagevorrichtung

Der Antrieb der beiden Komponenten erfolgt manuell durch die Handkraft der Facharbeiter, da keine langen Wegstrecken zurück zu legen sind und auch die zu bewegenden Lasten, also das Gewicht der Fluggaststühle, nicht zu groß sind um sie samt Hilfsmittel zu verschieben. Daher bewegt sich auch die auftretende körperliche Belastung der Facharbeiter in einem akzeptablen Rahmen. Durch die Ausführung der Hilfsmittel mit vier lenkbaren Rollen erfolgt die Lenkung des Transporthilfsmittels, wie im momentanen Prozess auch, durch das Greifen der Sitzbank an der Rücken- oder Armlehne. Die Positionierung eines Griffes an der Montagevorrichtung erweist sich in der dargestellten Bauweise als schwierig, weil die Beweglichkeit der Vorrichtung unterhalb des Fluggaststuhls stark eingeschränkt würde. Die Positionierung bzw. Lenkung der Montagevorrichtung muss daher direkt an der Vorrichtung erfolgen. Dies kann entweder durch ein Verschieben per Hand oder durch eine technisch aufwendigere Lösung, z.B. über einen Elektromotor, erfolgen.

Die Übernahme des Fluggaststuhls vom Transporthilfsmittel erfolgt nachdem beide Komponenten ineinander geschoben wurden durch ein Anheben der Sitzbank in vertikaler Richtung. Der Hub der Montagevorrichtung wird dabei durch eine Hydraulik bewerkstelligt.

Die Schnittstellen zwischen dem Sitz und der Vorrichtung bilden dabei die Gelenkbolzen an den hinteren Sitzbeinen und die Gepäckstange an den vorderen Sitzbeinen. Die Gepäckstange wird von einer Auflagefläche angehoben, der Kontakt an den Gelenkbolzen wird über bewegliche Aufsätze an einer Führungsstange zur Aufnahme der Gelenkbolzenköpfe bzw. Gelenkbolzenmutter hergestellt. Diese Aufsätze müssen entweder so gestaltet sein, dass sie die verschiedenen Sitzmodelle aufnehmen können oder sie müssen auswechselbar sein, um für jeden Sitzfuß den entsprechenden Aufsatz nutzen zu können. Das Verschieben der Aufsätze entlang der Führungsstange könnte ebenfalls durch die installierte Hydraulik gesteuert werden. Vorstellbar wäre auch eine mechanische Lösung, bei der die Aufsätze von Hand auf der Stange verschoben und fixiert werden. Die Bedienung der Hubhydraulik erfolgt durch Fußpedale an der Montagevorrichtung, über die sich durch Pumpbewegungen der Sitz anheben und die Abwärtsbewegung zum Absetzen des Fluggastsitzes in der Sitzschiene über ein Überströmventil abbremsen lässt. Nach der erfolgten Übernahme des Sitzes durch die Montagevorrichtung wird der Sitz angehoben und das Transporthilfsmittel kann entfernt werden. Dieser Vorgang ist in Abbildung 5.12 dargestellt.

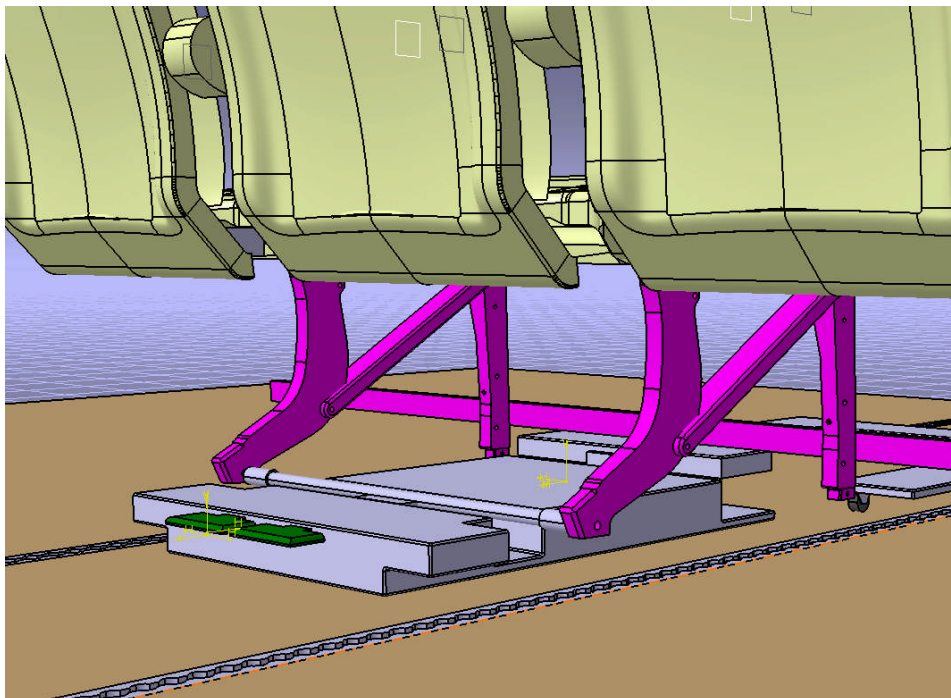


Abbildung 5.12: Position des Sitzes nach erfolgter Übernahme durch die Montagevorrichtung

Wenn das Transporthilfsmittel entfernt wurde, kann durch Betätigen des Fußpedals der Fluggastsitz abgesenkt und in der Sitzschiene abgesetzt werden. Zur endgültigen Positionierung wird der Sitz dann durch eine simultane Bewegung der Führungsstange

und der Auflagefläche um einen halben Zoll in der Sitzschiene verschoben. Der Sitz in abgesenktem Zustand ist in Abbildung 5.13 abgebildet. Die horizontale Bewegung um einen halben Zoll kann dabei ebenfalls mit Hilfe der eingebauten Hydraulik erzeugt werden. Nach der fertigen Positionierung werden die beweglichen Aufsätze an der Führungsstange verschoben, so dass die Gelenkbolzen frei sind. Die Montagevorrichtung kann dann zur nächsten Einbauposition verfahren werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich die beweglichen Komponenten alle in einer Grundstellung befinden, die es ermöglicht die Montagevorrichtung unterhalb der Gepäckstange zu verschieben.

Für die computergestützte Positionierung durch den Laser müssen zudem die entsprechenden Vorrichtungen eingeplant werden. Dies betrifft zum Beispiel die Einbindung einer Reflektorfläche als Referenz für den Laser. Die Statusrückmeldungen bzgl. der Annäherung an die gewünschte Position können durch ein akustisches Signal an der Bedieneinheit für die Software erfolgen.

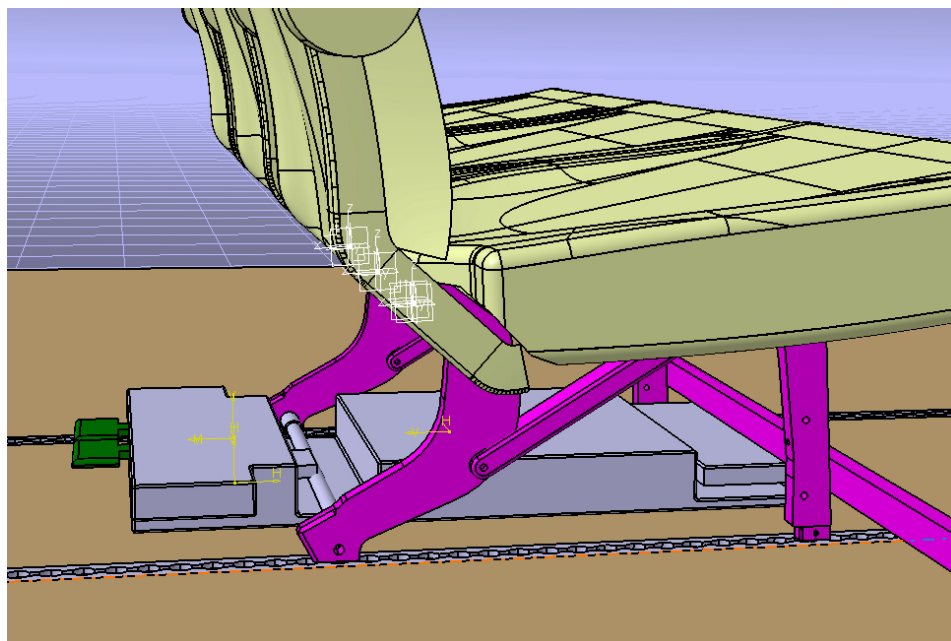


Abbildung 5.13: Positionierung des Sitzes in der Sitzschiene durch die Montagevorrichtung

5.3 Konzept 2

Das zweite Konzept verfolgt im Vergleich zum vorher beschriebenen ersten Konzept einen unterschiedlichen Ansatz. Hier soll nur eine Komponente entwickelt werden. Diese Komponente soll den Rollwagen („Möbelhund“) zum Transport der Sitzbänke in die Flugzeugkabine ersetzen. Das bedeutet, die Sitzbänke müssen nach wie vor von den

Transportablagen, auf denen sie vom Sitzhersteller angeliefert werden, manuell auf das Hilfsmittel umgeladen werden. Zusätzlich zur Transportfunktion soll das Hilfsmittel aber auch technische Funktionen, ähnlich jener der Montagevorrichtung aus dem ersten Konzept, bieten. Es soll also möglich sein, mit dem Hilfsmittel zur Einbauposition der Sitzbank in der Kabine zu fahren, um den Sitz dort mit Hilfe der technischen Ausstattung des Hilfsmittels in die Sitzschiene abzusetzen und anschließend um einen halben Zoll an seine Endposition zu verschieben. Das Fixieren der Befestigungselemente erfolgt dann wie beim ersten Konzept durch einen Facharbeiter.

Dieses Hilfsmittel könnte bei parallelem Einbau der Sitzreihen, beidseitig des Mittelgangs, sechs Mal pro Bauplatz vorhanden sein. Dadurch wäre ein stetiger Prozessablauf gewährleistet. Während mit zwei Hilfsmitteln die Montage durchgeführt wird, könnten zwei weitere außerhalb des Flugzeuges beladen werden und mit den zwei übrigen Hilfsmitteln könnten bereits die nächsten Fluggastsitze zu ihrer Einbauposition zugeführt werden. Die genannte Anzahl soll hier nur als Richtwert verstanden werden.

Die Positionierung der Hilfsmittel erfolgt über dieselbe technische Realisierung wie beim ersten Konzept. Es wird ein Laser in der Sitzschiene positioniert und über einen Reflektor an den Hilfsmitteln wird die Distanz zwischen Laser und Hilfsmittel durch eine angeschlossene Computereinheit berechnet. Der Positionierungsstatus kann wieder über ein akustisches Signal bereit gestellt werden. Somit kann die Position der Fluggastsitze in X-Koordinatenrichtung bestimmt werden. Damit die Hilfsmittel die richtige Position in Y-Koordinatenrichtung behalten, sich also in korrektem Abstand zwischen den Sitzschiene bewegen, soll hierfür eine Vorrichtung vorgesehen werden, die das Hilfsmittel in dieser Richtung in der gewünschten Position hält.

Die „Mixed Reality“ Komponenten sollen hier nicht dauerhaft zum Einsatz gebracht werden, sondern nur bei Bedarf als zusätzliche technische Unterstützung installiert werden können. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn Abweichungen zu den Bauunterlagen auftreten oder fehlerhafte bzw. beschädigte Komponenten angeliefert werden. Diese Abweichungen können dann entsprechend dokumentiert und an die zuständigen Abteilungen oder Partner weitergeleitet werden, um zügig Lösungsvorschläge für auftretende Probleme zu entwickeln und bereit zu stellen.

5.3.1 Auswahl eines Szenarios zur Realisierung des Konzeptes

An dieser Stelle sollen mehrere mögliche Einbauszenarien dargestellt und bewertet werden, um daraus eines auszuwählen, das für die Umsetzung des Konzeptes als Grundlage dienen soll. Die Grundannahme für alle Szenarien des zweiten Konzeptes besteht in einer Zuführung der Fluggastsitze durch eine der Flugzeugtüren. Im Fall des aktuellen Prozessablaufes bedeutet dies eine Zuführung der Sitzbänke durch die vordere Flugzeugtür. Der Einbau der Sitzbänke beginnt damit im hinteren Teil der Kabine, das heißt die hinterste Sitzreihe im Flugzeug wird zuerst installiert. Als Annahme für eine alternative Prozessgestaltung soll die Zuführung der Sitze durch die hintere Flugzeugtür erfolgen. Hierdurch würde die vorderste Sitzreihe in der Kabine zuerst eingebaut. Von dort aus würde die Installation in Richtung Heck fortgesetzt werden.

Als mögliche Varianten der Anwendung des Hilfsmittels sollen jeweils eine Aufnahme der Sitzbänke durch das Hilfsmittel von der Sitzvorderseite und von der Rückseite der Sitzbänke betrachtet werden. Eine Auflistung von Vor- und Nachteilen der jeweiligen Szenarien bietet die Tabelle 5.1 für die Zuführung der Sitzbänke durch die vordere Flugzeugtür und die Tabelle 5.2 für die alternative Zuführung durch die hintere Flugzeugtür.

Tabelle 5.1: Einbauszenarien im heutigen Prozessablauf – Konzept 2

Einbauszenarien im heutigen Prozessablauf (Sitzzuführung durch die vordere Flugzeugtür)		
Szenarien	Vorteile	Nachteile
Sitzaufnahme von der Vorderseite des Sitzes aus	Gute Zugänglichkeit beim Einbau (bereits installierte Sitze behindern den Einbau nicht)	Eingeschränkte Unterfahrbarkeit für das Hilfsmittel durch die Gepäckstange
	Gute Arbeitsposition für die Facharbeiter (keine Einschränkung des Freiraums)	Größerer Abstand zwischen Sitzschwerpunkt und Schwerpunkt des Hilfsmittels (Kippgefahr muss konstruktiv entgegen gewirkt werden)
Sitzaufnahme von der Rückseite des Sitzes aus	Uneingeschränkte Unterfahrbarkeit des Sitzes (im unteren Bereich keine störenden Komponenten wie Gepäckstange)	Eingeschränkte Zugänglichkeit für die Facharbeiter beim Einbau (durch bereits installierte Sitzreihen)
	Ermöglicht eine kompakte Bauweise des Hilfsmittels	Probleme beim Einbau der hintersten Sitzreihe wg. Abstand zu Monumenten (Platzmangel zum Entfernen des Hilfsmittels)
	Leichter Zugang zu den Gelenkbolzen	Keine optimale Arbeitsposition durch eingeschränkten Freiraum zwischen den Sitzbänken
	Geringer Abstand zwischen Sitzschwerpunkt und Schwerpunkt des Hilfsmittels (Verringerung d. Kippgefahr)	Hilfsmittel muss in seinen Abmessungen so konstruiert werden, dass es zwischen 2 Sitzbänken entfernt werden kann (minimaler Sitzabstand: 28 Zoll)

Für die Auslegung des Hilfsmittels ergeben sich sowohl für den heutigen als auch für den alternativen Zuführungsvorgang Vorteile, wenn die Aufnahme der Sitzbänke von der Rückseite aus erfolgen kann. Hierdurch kann die Gepäckstange als Hindernis zum Unterfahren des Sitzes umgangen werden und es wird somit eine kompakte Bauweise des Hilfsmittels ermöglicht. Diese kompakte Bauweise ist auch notwendig, um im heutigen Prozessablauf das Entfernen des Hilfsmittels unter dem Sitz zu ermöglichen, da zwischen den installierten Sitzreihen nur ein sehr begrenzter Platz vorherrscht. Ein Beispiel hierzu bietet die Abbildung 5.14. Der Freiraum zwischen den Sitzreihen variiert in Abhängigkeit von der Auslegung des jeweiligen Sitzmodelles und vom gewählten Sitzabstand. Wird beispielsweise das Sitzmodell „5600“ der Firma Weber in einem Layout mit dem minimalem Sitzabstand von 28 Zoll installiert, blieben für den grün markierten Freiraum in Abbildung 5.14 auf Fußbodenniveau noch zehn Zoll übrig. Der Sitzabstand wird dabei zwischen zwei identischen Referenzpunkten an den Sitzen gemessen, beispielsweise vom Front Stud des vorderen Sitzes bis zum Front Stud des hinteren Sitzes. Von diesem Abstand müssen dann für das Modell „5600“ 18 Zoll subtrahiert werden, da dieser Abstand zwischen Front Stud und Rear Fitting liegt. Der Abstand von der Sitzflächenunterseite zum Fußboden beträgt 11,8 Zoll.⁸⁷ Das Hilfsmittel sollte sich demnach, wenn es die Sitzbänke von ihrer Rückseite her aufnimmt, in seinen Abmessungen in einem Bereich von 254 mm Länge und 299 mm in der Höhe bewegen. Die Breite sollte so gewählt werden, dass das Hilfsmittel zwischen die Sitzschienen mit installiertem Kabelkanal passt. Bei einer Breite des Kabelkanals von 75 Millimetern zu einer Seite der Sitzschiene reduziert sich die Breite des Hilfsmittels somit auf 452 Millimeter, wenn der Kabelkanal an einer der beiden Sitzschienen verläuft. Der Kabelkanal weist eine Höhe von ca. 17 mm auf.⁸⁸ Diese Höhe sollte bei der Auslegung beachtet werden, damit der Kabelkanal die Mobilität des Hilfsmittels nicht ungewollt einschränkt. Der gegebene Freiraum vergrößert sich in seiner Länge, je größer der Sitzabstand der eingebauten Sitze ist.

Ein weiterer Vorteil der Aufnahme der Fluggastsitze von der Rückseite aus, ist die bessere Erreichbarkeit der Gelenkbolzen sowie ein kürzerer Weg weiterer möglicher Auflagepunkte, z.B. unter der Sitzfläche oder an den Tragrohren (Tragrohre siehe Abbildung 2.6), zum Sitzschwerpunkt. Dies würde ebenfalls eine kompakte Bauweise begünstigen. Denkbar wäre auch bei diesem Konzept eine Aufnahme der Sitzbänke durch einen Auflagepunkt an der Gepäckstange. Bei Aufnahme von der Rückseite würde

⁸⁷ Vgl. (Weber Aircraft).

⁸⁸ Vgl. (Airbus, 2008).

sich jedoch die Länge des Hilfsmittels vergrößern was, bei heutigem Prozessablauf, zu Problemen beim Entfernen zwischen den Sitzreihen führen kann.

Tabelle 5.2: Einbauszenarien in einem alternativen Prozessablauf – Konzept 2

Einbauszenarien in einem alternativen Prozessablauf (Sitzzuführung durch die hintere Flugzeugtür)			
Szenarien	Vorteile	Nachteile	
Sitzaufnahme von der Vorderseite des Sitzes aus	Bei kompakter Konstruktion können alle Sitzbänke mit dem Hilfsmittel installiert werden	Eingeschränkte Zugänglichkeit beim Einbau durch bereits installierte Sitzreihen	
		Keine optimale Arbeitsposition durch eingeschränkten Freiraum zwischen den Sitzbänken	
		Größerer Abstand zwischen Sitzschwerpunkt und Schwerpunkt des Hilfsmittels (Kippgefahr muss konstruktiv entgegen gewirkt werden)	
		Hilfsmittel muss in seinen Abmessungen so konstruiert werden, dass es zwischen 2 Sitzbänken entfernt werden kann (minimaler Sitzabstand: 28 Zoll)	
		Eingeschränkte Unterfahrbarkeit für das Hilfsmittel durch die Gepäckstange	
Sitzaufnahme von der Rückseite des Sitzes aus	Gute Zugänglichkeit beim Einbau (bereits installierte Sitze behindern den Einbau nicht)	Bei bereits installierten Monumenten muss die hinterste Sitzreihe ohne Hilfsmittel eingebaut werden (Platzmangel zum Entfernen des Hilfsmittels)	
			Gute Arbeitsposition für die Facharbeiter (keine Einschränkung des Freiraums)
			Uneingeschränkte Unterfahrbarkeit des Sitzes (im unteren Bereich keine störenden Komponenten wie Gepäckstange)
			Ermöglicht eine kompakte Bauweise des Hilfsmittels
			Leichter Zugang zu den Gelenkbolzen
			Geringer Abstand zwischen Sitzschwerpunkt und Schwerpunkt des Hilfsmittels (Verringerung d. Kippgefahr)

Ein Einbau mit geringen Freiräumen zum Bedienen und Entfernen des Hilfsmittels, wie er im heutigen Prozessablauf bei Aufnahme der Sitze durch das Hilfsmittel von der Rückseite aus vorliegen würde, wirkt sich jedoch negativ auf eine ergonomische Arbeitshaltung der Facharbeiter aus. Hier könnte eine Neugestaltung der Abläufe eine Verbesserung bewirken. Würden die Sitze durch die hintere Flugzeugtür in die Kabine befördert werden, könnte der Einbauprozess im vorderen Kabinenbereich starten und es gäbe genügend Freiraum zur Installation der Fluggastsitze durch das Hilfsmittel. Lediglich die letzte Sitzreihe würde durch die bereits installierten Monumente im hinteren Eingangsbereich vermutlich nicht genügend Platz zur Montage mit dem Hilfsmittel bieten. Diese Sitzbank müsste dann von Hand eingebaut werden. Allgemein ist bei der alternativen Variante der Zuführung durch den hinteren Eingangsbereich zu bemerken, dass durch die bereits installierten Monumente, wie Lavatories oder Galleys, eine

Einschränkung des Bewegungsfreiraumes im Vergleich zum vorderen Eingangsbereich zu erwarten ist.

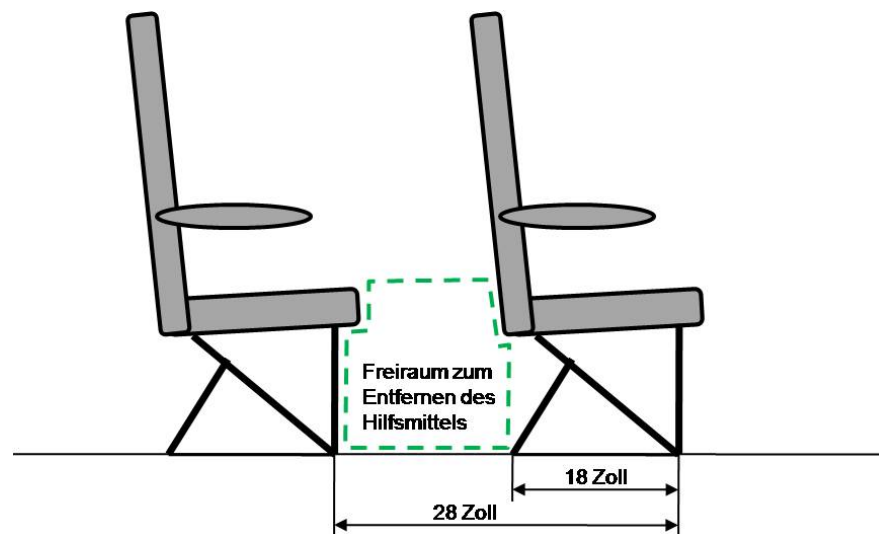


Abbildung 5.14: Beispiel für den Freiraum zum Entfernen des Hilfsmittels zwischen zwei Sitzreihen

Die Vorteile der Aufnahme der Sitzbänke von der Vorderseite aus lägen beim heutigen Prozessablauf in einer besseren Arbeitshaltung der Facharbeiter und einer guten Zugänglichkeit zum Hilfsmittel an der Einbauposition, da der Einbau nicht durch bereits installierte Sitzbänke behindert würde. Die Konstruktion des Hilfsmittels müsste durch die Aufnahme von der Vorderseite wegen des eingeschränkten Freiraums bzw. der eingeschränkten Unterfahrbarkeit, bedingt durch die Gepäckstange, ähnlich wie bei der Montagevorrichtung des erstens Konzeptes, sehr flach ausgelegt werden. Zudem muss die Auslegung lang genug sein, um einen sicheren Stand durch eine radunterstützte Bauweise zu gewährleisten.

Zusammenfassend können folgende Fakten festgehalten werden. Eine Aufnahme der Sitzbänke von ihrer Rückseite aus würde die Auslegung des Hilfsmittels für beide dargestellten Szenarien vereinfachen. Durch die Möglichkeit, das Hilfsmittel direkt unter den Fluggastsitz zu schieben, würde sich auch die Breite des Hilfsmittels samt aufgenommenener Sitzbank nicht vergrößern, was für den Transport durch die Flugzeugtür und die Mobilität in der Flugzeugkabine ein deutlicher Vorteil ist. Die zweite Variante der Aufnahme des Fluggastsitzes von seiner Vorderseite aus zeichnet sich bei heutigem Prozessablauf insbesondere durch die bessere Zugänglichkeit und somit einem ergonomischeren Arbeitsablauf für die Facharbeiter aus. Aufgrund der beschriebenen Vor- und Nachteile soll nachfolgend je ein Hilfsmittel für eine rückseitige Aufnahme der

Sitzbänke und ein Hilfsmittel für eine frontale Aufnahme der Fluggaststühle konzipiert werden.

Der Bereich zur Positionierung des Hilfsmittels bei rückseitiger Sitzaufnahme während des Prozessablaufes wird demnach durch den Abstand zwischen den Sitzbeinen, die Höhe der Sitzflächenunterseite bzw. der Schwimmwesten bis zum Fußboden und dem Abstand zwischen den vorderen und hinteren Befestigungselementen bestimmt. Eine anschauliche Darstellung des eingegrenzten Bereiches liefert die Abbildung 5.15. Für eine Aufnahme des Fluggaststuhles an der Gepäckstange wäre die Entfernung der Stange bis zum Fußboden ebenfalls von Bedeutung.

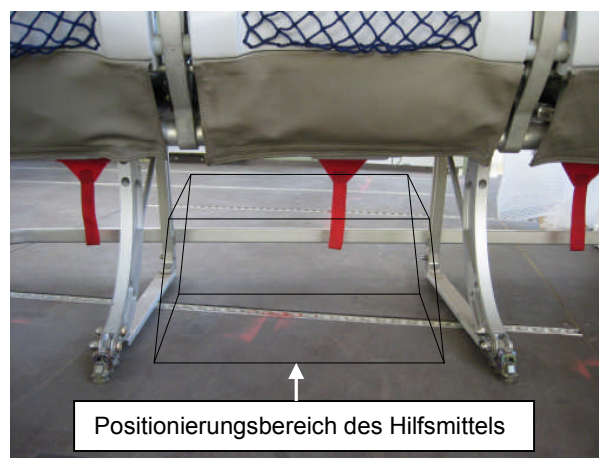


Abbildung 5.15: Darstellung des Positionierungsbereiches des Hilfsmittels unter dem Fluggaststuhl

5.3.2 Spezifische Anforderungen

Zur Veranschaulichung der spezifischen funktionalen Anforderungen an das Hilfsmittel aus Konzept 2 wurde nach den in Abschnitt 4.3 beschriebenen Richtlinien ein FAST-Diagramm erstellt. Dieses Diagramm ist in Abbildung 5.16 dargestellt. Als übergeordnete Funktion, also als letztendlich angestrebtes Ziel, wurde die Montage des Stuhles definiert. Zur Funktionserfüllung muss der Fluggaststuhl von den Facharbeitern auf das Hilfsmittel gestellt werden. Dies wird als eine notwendige Voraussetzung zur akzeptierten Nebenfunktion deklariert. Innerhalb dieser beiden beschriebenen Funktionen befindet sich der Untersuchungsrahmen für das Hilfsmittel mit der Basisfunktion der Sitzpositionierung. Zur Erfüllung dieser Haupt- bzw. Basisfunktion ist es notwendig, dass das Hilfsmittel den Stuhl aufnehmen kann. Für die endgültige Positionierung müssen dann noch die Folgefunktionen „Stuhl absetzen“ und „Stuhl verschieben“ erfüllt werden.

Damit das Hilfsmittel mobil ist und sich bewegen lässt, muss die ständige Funktion der Bewegungserzeugung vorhanden sein. Um bei Bedarf die Bewegung einzuschränken, z.B. wenn die gewünschte Position erreicht ist oder wenn das Hilfsmittel mit den Sitzen beladen wird, muss ebenfalls eine Möglichkeit vorhanden sein, die Bewegung zu verhindern.

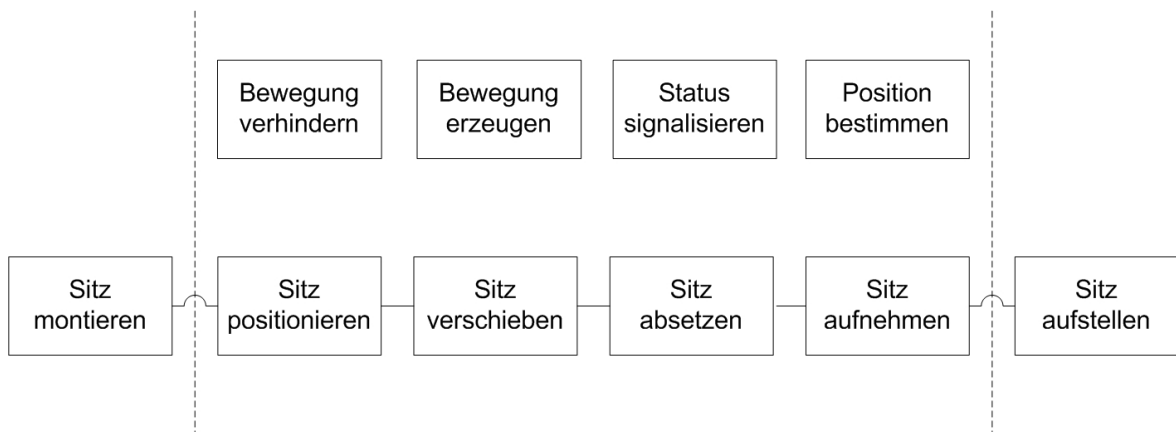


Abbildung 5.16: FAST-Diagramm für das Hilfsmittel (Konzept 2)

Die technische Umsetzung der weiteren Funktionen soll im nächsten Abschnitt entwickelt werden. Sollten zusätzliche Anforderungen durch ausgewählte Lösungen entstehen, werden diese ebenfalls im folgenden Abschnitt erläutert.

5.3.3 Ausarbeitung des Konzeptes

Zuerst sollen auch für das zweite Konzept noch einmal die auftretenden Prozessschritte in einer Grafik (Abbildung 5.17) dargestellt werden, um den Prozessablauf innerhalb der Endmontagelinie zu veranschaulichen.

Der wesentlichste Unterschied zum ersten Konzept ist die Reduzierung des Hilfsmittels auf lediglich eine Komponente. Dadurch verändern sich zwangsläufig auch die Abläufe im Prozess, z.B. fällt der Übergabevorgang des ersten Konzeptes weg. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, sollen nachfolgend zwei mögliche Varianten des Hilfsmittels entwickelt werden. Zum Einen die Variante der rückseitigen Sitzaufnahme und zum Anderen ein Hilfsmittel, das die Fluggastsitze von ihrer Vorderseite her aufnimmt.

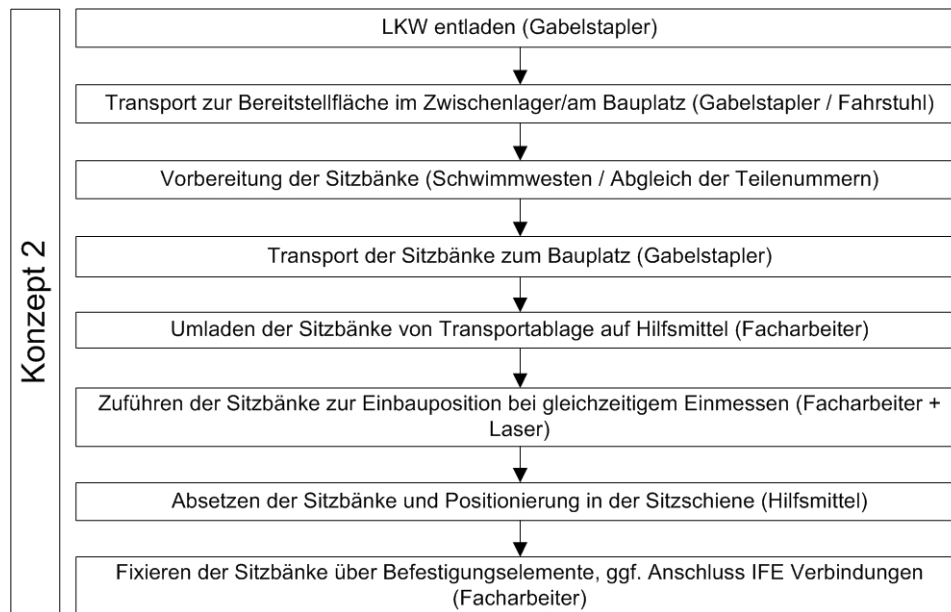


Abbildung 5.17: Prozessablauf – Konzept 2

Die technische Umsetzung der beiden Varianten weist in einigen Bereichen Gemeinsamkeiten auf. So soll z.B. die Hubfunktion zur Erzeugung der vertikalen Bewegung bei beiden Hilfsmitteln, wie auch im ersten Konzept, durch eine Hydraulik erzeugt werden. Außerdem werden beide Varianten in einer radunterstützten Vierradbauweise ausgelegt, um die Tragfähigkeit und Standsicherheit zu erhöhen. Zudem sollen beide Varianten mit jeweils vier Lenkrollen für eine optimale Wendigkeit ausgestattet werden. Der Antrieb wird ebenfalls bei beiden Hilfsmitteln manuell durch die Handkraft der Facharbeiter erzeugt. Die Bereifung kann durch Kunststoffreifen realisiert werden, da beide Varianten des Hilfsmittels im Innenbereich eingesetzt werden und ein geringer Reifendurchmesser von Vorteil ist. Einen Konstruktionsvorschlag für das Hilfsmittel zur Aufnahme der Sitzbänke von ihrer Rückseite aus zeigt die Abbildung 5.18.

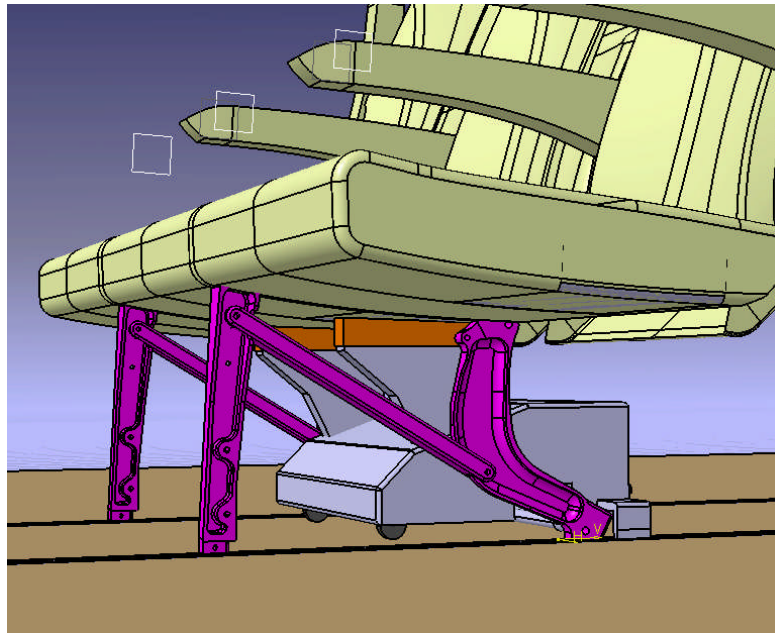


Abbildung 5.18: Hilfsmittel zur rückseitigen Aufnahme der Fluggaststühle

Die Auflagepunkte für den Sitz befinden sich unterhalb der Sitzfläche und an den Gelenkbolzen der hinteren Sitzfüße. Der Hub wird auch hier durch eine Pumpbewegung über Fußpedale an der Hilfsmittelrückseite realisiert. Dadurch lassen sich die Auflageflächen (in Abbildung 5.18 orange dargestellt) sowie die Führungsstange zur Aufnahme der Gelenkbolzen in vertikaler Richtung bewegen. Der Sitz kann somit während der Zuführung zum Einbauort in angehobener Stellung transportiert werden, um einen ungewünschten Kontakt mit dem Kabinenfußboden zu vermeiden. An der Einbauposition wird er dann in die Sitzschiene abgesetzt und in Endposition verschoben. Durch die Position des Hilfsmittels unterhalb des Sitzes und den eingeschränkten Freiraum zum Entfernen zwischen den Sitzreihen kann hier kein Griff zur Lenkung angebracht werden. Daher muss die Steuerung über das Greifen an Arm- und Rückenlehne erfolgen. Zur Positionierung in Y-Koordinatenrichtung, also zum Einhalten des korrekten Abstandes zu den Sitzschienen, wird ein höhenverstellbarer Anschlag installiert. Dieser wird in der Kabine in die Sitzschiene herab gelassen um die gewünschte Position beim Verfahren an den Einbauort beizubehalten.

Die Variante der Sitzaufnahme von der Vorderseite des Fluggaststuhls aus wird in Abbildung 5.19 gezeigt. Als Auflagepunkt dient hier neben den Gelenkbolzen der hinteren Sitzfüße die Gepäckstange. Die Vorteile dieser Auslegung liegen in einer besseren Bedienung durch den angebrachten Griff sowie in der ungehinderten Entfernung des Hilfsmittels zur Sitzvorderseite. Auf dieser sind bei Zuführung durch die vordere Flugzeugtür noch keine Sitzbänke installiert. Wenn der Sitz nur in Richtung seiner

längsten Ausdehnung verfahren werden kann, z.B. beim Transport durch die Flugzeugtür, muss die Lenkung bei dieser Auslegung ebenfalls an der Armlehne erfolgen. Bei dieser Variante ist besonders darauf zu achten, die Breite des Hilfsmittels bei aufgestelltem Sitz (Maß A, Abbildung 5.19) so auszulegen, dass der einwandfreie Transport durch die Flugzeugtür möglich bleibt (siehe ASU-3, Tabelle 4.4).

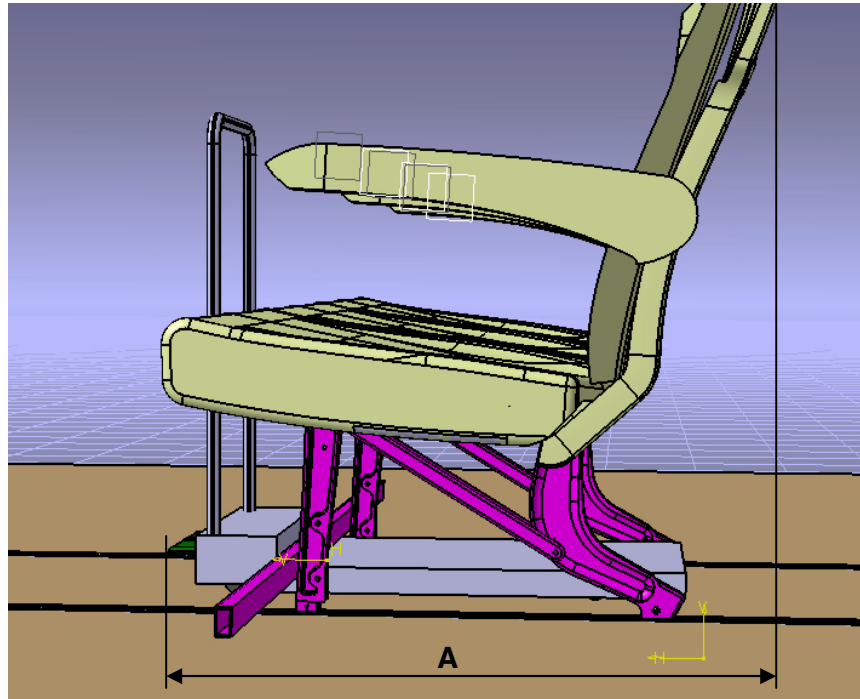


Abbildung 5.19: Hilfsmittel zur Aufnahme des Sitzes von der Vorderseite aus

Diese Auslegung weist Charakteristika des Handgabelhubwagens aus Abbildung 3.5 auf. Beide Transportmittel müssen ähnliche funktionale Anforderungen erfüllen, weswegen sich die Auslegung des Hilfsmittels an den Merkmalen des Hubwagens orientieren kann. Zum Transport der Sitzbank wird die Plattform, auf der die Gepäckstange und die Gelenkbolzen aufliegen, über die Hydraulik mit Hilfe der Fußpedale empor gehoben. Somit steht genügend Abstand zum Untergrund zur Verfügung, um Unebenheiten am Kabinenfußboden zu überfahren. An der Einbauposition wird die Plattform dann herab gelassen, um den Sitz in der Sitzschiene abzusetzen. Ein Unterschied zum Handgabelhubwagen besteht in der für das Hilfsmittel zusätzlich geforderten Funktion der horizontalen Sitzverschiebung. Diese kann ebenfalls über eine hydraulische Ansteuerung übernommen werden. Auch bei dieser Variante des Hilfsmittels erfolgt die Positionierung in Y-Koordinatenrichtung mit Hilfe eines beweglichen Anschlages wie bei der vorherigen Variante des zweiten Konzeptes.

Die Funktionen zur Positionsbestimmung und Statussignalisierung des Hilfsmittels sollen bei diesen Hilfsmitteln ebenfalls durch die bereits erwähnte Technik der Laserdistanzmessung mit akustischer Statusrückmeldung erfüllt werden. Hier ist bei der Auslegung der Hilfsmittel die Integration des Reflektors als Referenzfläche für die Distanzmessung zu berücksichtigen. Weiterhin sind Anforderungen in Bezug auf die Positionierungsgenauigkeit der Messungen zu beachten. Zudem muss die Computersoftware zur Steuerung der Lasermessung so ausgelegt sein, dass sämtliche möglichen Kabinenlayouts angewendet werden können. Weitere spezielle Anforderungen bezüglich der Lasermesstechnik sowie der Komponenten zur Umsetzung der „Mixed Reality“ Unterstützung des Prozesses sollen an dieser Stelle nicht weiter betrachtet werden.

Aufgrund der besseren Zugänglichkeit während des Sitzeinbaus sowie der deutlich besseren Bedienungsmöglichkeiten für die Facharbeiter soll die zweite Variante an dieser Stelle gegenüber der Ersten bevorzugt werden. Der Sitz wird also bei Zuführung durch die vordere Flugzeugtür von seiner Vorderseite unterfahren.

5.4 Vergleich der Konzepte

In diesem Abschnitt sollen die beiden neu erstellten Konzepte untereinander und mit dem momentanen Prozessablauf verglichen werden. Um alle drei Prozesse auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu überprüfen, wurden die einzelnen Arbeitsschritte des jeweiligen Prozesses in Abbildung 5.20 nebeneinander dargestellt. Beide neuen Konzepte reduzieren die Anzahl der Arbeitsschritte gegenüber dem heutigen Prozessablauf. Die ersten drei sowie der letzte Arbeitsschritt sind im Grunde bei allen drei Abläufen identisch. Das zweite Konzept zeichnet sich besonders durch das simultane Einmessen der Position des Sitzes während der Zuführung und das Einsparen einer Übergabe zwischen zwei Komponenten aus. Allerdings muss hier nach wie vor das Umladen der Sitzbänke von der Transportablage auf das Hilfsmittel manuell durchgeführt werden. Hier bietet Konzept 1 einen Vorteil, da die Sitzbänke direkt auf ihrer Transportablage in die Kabine geschoben werden können. Der Schritt des manuellen Umladens wird hierbei durch die Übergabe zwischen den beiden Komponenten innerhalb der Flugzeugkabine übernommen.

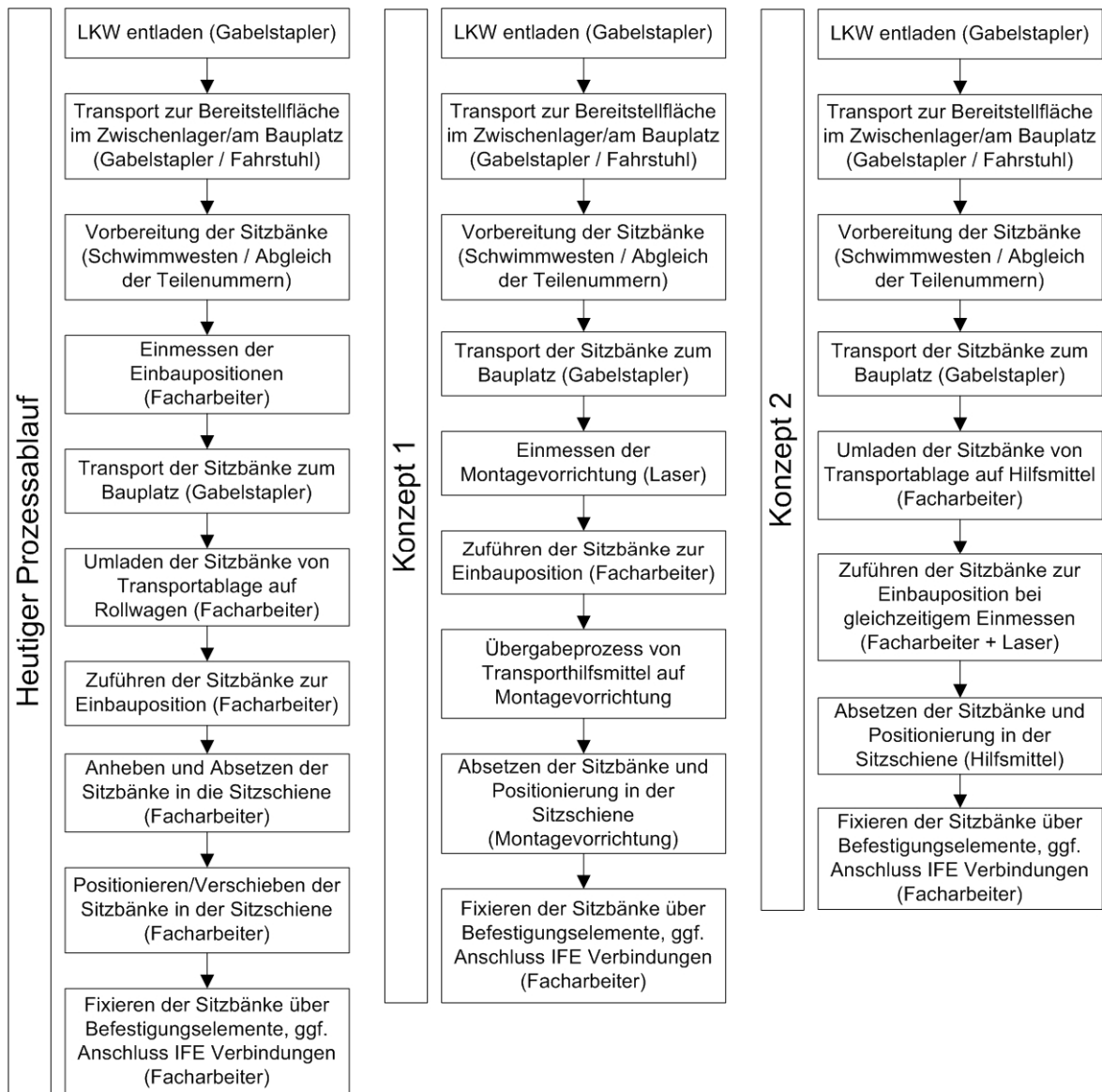


Abbildung 5.20: Vergleich der Prozessabläufe

Ein weiterer Unterschied zum zweiten Konzept ist der separate Arbeitsschritt des Einmessens der Montagevorrichtung, der vor der Zuführung der Fluggaststühle in die Kabine erfolgt. Der grundlegendste Unterschied zwischen den beiden neuen Konzepten und dem heutigen Prozessablauf ist der Einsatz der Hilfsmittel, die dazu führen sollen, den Prozess zu vereinfachen und zu stabilisieren.

Betrachtet man die beiden neuen Konzepte, kann festgestellt werden, dass sie sich in ihrer Umsetzung in Bezug auf die Komplexität und die entstehenden Kosten unterscheiden. Während das erste Konzept mit großer Wahrscheinlichkeit die Integration der Zulieferer, also der Sitzhersteller, erfordert, um die Auslegung, Handhabung und Finanzierung der Transporthilfsmittel zu diskutieren, bedarf die Planung des zweiten

Konzeptes keiner weiteren beteiligten Parteien und könnte sich auf die internen Prozessabläufe bei Airbus konzentrieren. Zudem unterscheiden sich die entstehenden Kosten der beiden Konzepte. Während die Anzahl der Montagevorrichtungen des ersten Konzeptes und die Anzahl der Hilfsmittel des zweiten Konzeptes in einer ähnlichen Größenordnung auftreten werden, kommt für das erste Konzept zusätzlich noch eine große Anzahl an Transporthilfsmitteln hinzu. Auch wenn diese Transportablagen robust und einfach gestaltet werden, steigen durch die große Anzahl die Anschaffungs- und Wartungskosten.

Die technische Umsetzung der Hilfsmittel ist in beiden neuen Konzepten ähnlich und weist aufgrund der geringen Anzahl möglicher Kontaktflächen zwischen Fluggastsitz und Hilfsmittel lediglich geringe Unterschiede auf.

5.5 Umsetzung der Anforderungen und Bewertung der Konzepte

In diesem Abschnitt soll zum Abschluss des fünften Kapitels dargestellt werden, in wie weit die Umsetzung der gefundenen Anforderungen möglich war und in welcher Form diese bei den Konzepten realisiert wurden. Anschließend werden die beiden Konzepte bewertet und es wird eine Empfehlung für die Konzeptauswahl zur Umsetzung des Demonstrators für das Hilfsmittel gegeben.

Einige der in Abschnitt 4.4 erstellten Anforderungen lassen sich in der frühen Entwurfsphase der beiden erstellten Konzepte noch nicht ausreichend verifizieren. Hierzu zählt beispielsweise die gleichbleibende Qualität der Arbeitsschritte (AAE-1, Tabelle 4.3), die erst mit der Durchführung von Tests überprüft werden kann.

Bei der Entwicklung der Konzepte wurde zunächst primär darauf geachtet, die wesentlichen Kriterien und Randbedingungen der Einbauumgebung zu berücksichtigen und anhand dieser Vorgaben Vorschläge für einige Konstruktionsmerkmale und die Auswahl von technischen Komponenten zu entwickeln. Hierzu zählen z.B. die Anforderungen an die Beweglichkeit, die durch die Wahl der Bauform, Lenkart und Bereifung erfüllt werden, sowie die funktionalen Anforderungen aus den FAST-Diagrammen (Abbildung 5.8, Abbildung 5.9, Abbildung 5.16), deren Umsetzung in den jeweiligen Ausarbeitungen der Konzepte beschrieben wird. Hier wurde besonders auf die vorgegebenen Umgebungsmaße Rücksicht genommen, die die Konstruktion der Hilfsmittel und die Auslegung ihrer Abmessungen bestimmen. Zudem wurden Vorschläge

für die technische Umsetzung der geforderten horizontalen und vertikalen Bewegungsmöglichkeiten zur Positionierung des Fluggastsitzes in der Sitzschiene unterbreitet, die über eine hydraulische Betätigung, ähnlich dem Prinzip des Handgabelhubwagens, gesteuert werden könnten.

Die digitale Prozessunterstützung, die vorwiegend in Konzept 1 verwendet werden soll, kann zudem zu einer Stabilisierung und Optimierung der Prozessabläufe beitragen, indem notwendige Informationen direkt am Einbauort bereit gestellt sowie Erfahrungen der Mitarbeiter im Sinne eines effektiven Wissensmanagements schnell verbreitet werden können. So können eventuell notwendige technische Änderungen, hervorgerufen durch gerade in der Anlaufphase vermehrt auftretende Probleme oder Komplikationen im Prozessablauf, schnell an alle relevanten Prozessbeteiligten weitergeleitet werden, um Folgefehler zu vermeiden.

Beide Konzepte können eine Stabilisierung und Standardisierung des Sitzeinbauprozesses bewirken, indem sie durch die Hilfsmittel eine technische Unterstützung der Prozessschritte bieten. Zudem reduziert sich durch den Einsatz der Hilfsmittel die formale Anzahl an Arbeitsschritten, wie in Abbildung 5.20 dargestellt ist. Ob sich durch die Reduzierung der Arbeitsschritte auch die gesamte benötigte Zeit des Sitzeinbaus verringert, muss durch Erprobung und Anwendungstests mit Hilfe des Demonstrators nachgewiesen werden. In jedem Fall können die Konzepte dazu beitragen, die durch die hohe Variantenvielfalt der Sitzmodelle hervorgerufenen Störungen während der Sitzinstallation zu reduzieren. Ein weiterer positiver Aspekt der Standardisierung von Prozessschritten könnte der Einsatz des Hilfsmittels in Montageprozessen verschiedener Flugzeugprogramme sein, um somit eine Kommonalität des Sitzeinbauprozesses zu erzeugen. Diese kann zu einer Erweiterung der Wissensbasis führen, Komplexitäten reduzieren und somit letztendlich den Sitzeinbauprozess während des Produktionsanlaufes stabilisieren.

Aufgrund des im vorherigen Kapitel beschriebenen größeren Aufwandes und der höheren Komplexität sowie der zu erwartenden höheren Kosten des ersten Konzeptes soll für die Auslegung des Demonstrators das zweite Konzept als Vorlage vorgeschlagen werden. Das Hilfsmittel des zweiten Konzeptes lässt sich bei einer Aufnahme des Sitzes von der Vorderseite einfacher in den heutigen Prozessablauf integrieren und eignet sich zudem gut für den Einsatz bei Produktionsanläufen zukünftiger Flugzeugprogramme.

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Für die Bearbeitung der Aufgabenstellung der Entwicklung eines neuen und effizienten Konzeptes für den Sitzeinbauprozess in die Flugzeugkabine wurden zunächst die Abläufe des Sitzeinbauprozesses in den Endmontagelinien der Single Aisle Flugzeuge bei Airbus in Hamburg untersucht. Die Analyse wurde insbesondere auf die eingebauten Modelle der Fluggastsitze und die verschiedenen Kabinenlayouts ausgerichtet, um die angewendeten Varianten sowie die Anzahl ihrer Installationen zu erarbeiten.

Die Analyse von 351 Flugzeugen der Airbus Single Aisle Familie ergab, dass insgesamt 37 verschiedene Sitzmodelle von sechs Herstellern in den Flugzeugen eingebaut wurden. Hiervon waren zwölf Modelle der Kategorie der First Class Sitze und 25 Modelle der Kategorie der Economy Class Sitze zuzuordnen. Des Weiteren wurde die Variantenvielfalt der Elemente zur Befestigung der Sitzfüße an den Sitzschienen untersucht. Hier ergaben sich für die 37 Sitzmodelle insgesamt 28 unterschiedliche Elemente, von denen sich zwölf an den vorderen und 16 an den hinteren Sitzbeinen befinden. Insgesamt wurden in den untersuchten Flugzeugen 18521 Fluggastsitze eingebaut. Der Anteil der installierten Economy Class Sitzbänke an dieser Gesamtanzahl betrug ca. 95 %. Daher wurden diese für die nachfolgende Konzeptentwicklung der Hilfsmittel als Grundlage benutzt.

Zur Ausarbeitung der Konzepte wurde zunächst der Stand der Wissenschaft im Bereich der variantenreichen Montage sowie der Technikstand aus dem Bereich der Transportmittel erarbeitet, um eine fundierte Wissensgrundlage zu schaffen. Anschließend wurden Anforderungen an die Hilfsmittel bzw. den zu erstellenden Demonstrator für das Hilfsmittel erstellt, die ebenfalls in die Konzeptentwicklung einfließen.

Auf Basis der erarbeiteten Grundlagen wurden zwei Konzepte entworfen. Für diese Konzepte wurden die jeweiligen Prozessabläufe sowie Vorschläge für die vorgesehenen technischen Hilfsmittel dargestellt. Das erste Konzept besteht aus zwei Komponenten, einem Transporthilfsmittel und einer Montagevorrichtung. Das zweite Konzept beinhaltet den Einsatz von lediglich einem Hilfsmittel als technische Prozessunterstützung. Beide Konzepte können zur Standardisierung und Stabilisierung der Prozessabläufe während der Anlaufphase beitragen sowie eine Optimierung der momentanen Prozessabläufe bewirken. Hierzu ist zusätzlich der Einsatz von digitalen technischen Hilfsmitteln wie einer Laserdistanzmessung und Anwendungen aus dem Bereich der „Mixed Reality“

angedacht. Im Vergleich beider Konzepte wird deutlich, dass das erste Konzept in seiner Auslegung und Durchführung eine größere Komplexität beinhaltet und auch die entstehenden Kosten höher ausfallen werden als bei dem zweiten Konzept.

Aus diesen Gründen wird das zweite Konzept als Vorschlag zur Weiterentwicklung für den Bau eines Demonstrators als Vorstufe für das endgültige Hilfsmittel ausgewählt. Ob sich durch das Hilfsmittel tatsächlich eine effektive Prozessoptimierung einstellt, muss durch Erprobungen und funktionale Tests mit Hilfe des Demonstrators gezeigt werden. Auch die Frage nach einer Beschleunigung der Prozessabläufe durch den Einsatz des Hilfsmittels kann erst durch praktische Anwendungstests festgestellt werden.

Für die detaillierte Ausarbeitung des vorgeschlagenen Konzeptes sind weitere Arbeits- und Untersuchungsschritte notwendig, um die gestellten Anforderungen und Kriterien zu erfüllen. Hierzu zählt u.a. die exakte Ermittlung der Abmessungen verschiedener Economy Class Sitzmodelle im unteren Sitzbereich, um die gewählten Schnittstellen zwischen Sitz und Hilfsmittel zu verifizieren und das Hilfsmittel entsprechend genau konstruieren zu können.

Eventuell ergeben sich hierdurch auch neue Anforderungen an die Auslegung der Fluggastsitze, die als Empfehlungen an die Sitzhersteller und an Airbus weitergeleitet werden können, um die Prozessabläufe bei zukünftigen Flugzeugprogrammen zu vereinfachen.

Vorstellbar ist auch die Übertragung der generellen Konzeptidee der Prozessunterstützung durch technische und computergestützte Hilfsmittel auf andere Komponenten im Bereich der Flugzeugkabine. Dies könnte zum Beispiel Vorteile im Bereich der Positionsbestimmung von Kabinenkomponenten oder der Zuordnung von Bauteilen zu ihren jeweiligen Einbaupositionen beim Einbau liefern. Denkbar wäre die Anwendung technischer Hilfsmittel zur Optimierung der Prozessabläufe bei der Montage u.U. bei Komponenten wie den Gepäckstauflächen oder Seiten- bzw. Deckenverkleidungen. Die Adaptierung der Konzeptidee auf andere Anwendungsmöglichkeiten kann ebenfalls ein Anstoß für weitere Untersuchungen sowie die Weiterentwicklung der in dieser Arbeit entwickelten Konzepte sein.

7 LITERATURVERZEICHNIS

Airbus. *Abteilung Berufsausbildung - Auftrags- und Zeichnungssystematik.*

Airbus. 2009. *Airbus Lean Production System - Newsletter 01/2009.* Hamburg : Airbus Werk Hamburg, 2009.

Airbus. 2010. *Cabin Configuration Guide A320 Family.* 2010.

Airbus. 2008. *Passenger Seats Installation - Frame Specification.* s.l. : Airbus, 2008.

Airbus. 2011. www.airbus.com. *Airplane Characteristics for Airport Planning - Airbus A320.* [Online] 01. 05 2011. [Zitat vom: 17. 01 2012.]
<http://www.airbus.com/support/maintenance-engineering/technical-data/aircraft-characteristics/>.

Airliners.de. 2008. www.airliners.de. [Online] 11. 07 2008. [Zitat vom: 14. 12 2011.]
<http://www.airliners.de/wirtschaft/bestellungenundauslieferungen/auslieferung-des-sukhoi-superjet-100-verzoegert-sich-um-ein-jahr/15719>.

BMW Group. 2010. www.bmwgroup.com. *Informationsbroschüre Produktion.* [Online] 12 2010. [Zitat vom: 05. 01 2012.]
http://www.bmwgroup.com/d/nav/index.html?http://www.bmwgroup.com/d/0_0_www_bmw_group_com/produktion/produktion.html.

Daimler. 2008. <http://media.daimler.com>. [Online] 03. 09 2008. [Zitat vom: 21. 12 2011.]
<http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-1123523-49-1123917-1-0-1-1123935-0-1-12637-854934-0-1-0-0-0-0-0.html?TS=1324469144951>.

EADS. 2008. *"Anlaufgerechte, produktions- und installationsoptimierte Kabine & Supply Networks im Ramp-Up" im Vorhabenverbund Smart Ramp-Up der Spitzenclusterinitiative 2009-2013 des BMBF.* Hamburg : EADS Deutschland, 2008.

Financial Times. 2010. www.ftd.de. [Online] 24. 12 2010. [Zitat vom: 14. 12 2011.]
<http://www.ftd.de/unternehmen/industrie/technische-probleme-boeing-verschiebt-neue-787-lieferprognose/50208771.html>.

Flugrevue. 2011. www.flugrevue.de. [Online] 19. 10 2011. [Zitat vom: 14. 12 2011.]
<http://www.flugrevue.de/de/zivilluftfahrt/fluggeraete/boeing-steigert-737-produktionsrate.69953.htm>.

Focus Online. 2010. www.focus.de. [Online] 15. 03 2010. [Zitat vom: 14. 12 2011.]
http://www.focus.de/finanzen/news/unternehmen/luftfahrt/militaertransporter-a400m-airbus-will-2010-produktion-starten_aid_489767.html.

Hamburger Abendblatt. 2011. www.abendblatt.de. [Online] 26. 01 2011. [Zitat vom: 14. 12 2011.] <http://www.abendblatt.de/wirtschaft/article1768999/Lieferengpass-stoppt-VW-Produktion-in-Wolfsburg.html>.

Handelsblatt. 2011. www.handelsblatt.com. [Online] 18. 05 2011. [Zitat vom: 14. 12 2011.] <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/airbus-erhoeht-die-schlagfrequenz/4189934.html>.

Jungheinrich. 2011. www.jh-profishop.de. [Online] [Zitat vom: 24. 01 2012.] http://www.jh-profishop.de/Transport/Transportroller/Transportroller_Universal/Transportroller_Tragkraft_500kg_800x600x175mm/.

Klein, Bernd. 2010. *Wertanalyse-Praxis für Konstrukteure - Ein effizientes Werkzeug in der Produktentwicklung.* Renningen : expert verlag, 2010.

Koether, Reinhard. 2001. *Technische Logistik.* München : Hanser Verlag, 2001.

Konieczny, Gordon. 2008. *Unterlagen zur Vorlesung "Architektur der Flugzeugkabine".* HAW Hamburg : s.n., 2008.

Krause, Reinhard. 1996. *Unternehmensressource Kreativität.* Köln : Wirtschaftsverlag Bachem, 1996.

logismarket.de. 2011. www.logismarket.de. [Online] [Zitat vom: 24. 01 2012.] <http://www.logismarket.de/ip/cordes-rollbox-standard-corlette-528625-FGR.jpg>.

Lotter, Bruno und Wiendahl, Hans-Peter. 2006. *Montage in der industriellen Produktion.* Heidelberg : Springer Verlag, 2006.

Manager Magazin. 2011. www.manager-magazin.de. [Online] 25. 09 2011. [Zitat vom: 14. 12 2011.] <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/industrie/0,2828,788256,00.html>.

Martin, Heinrich. 2009. *Transport- und Lagerlogistik.* Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2009.

Martin, Heinrich, Römisch, Peter und Weidlich, Andreas. 2008. *Materialflusstechnik.* Wiesbaden : Vieweg Verlag, 2008.

Miehlke, Peter. 2005. www.mp.haw-hamburg.de. *Der Fluggastsitz - Vom Konzept zum Produkt.* [Online] 13. 10 2005. [Zitat vom: 16. 01 2012.] http://www.mp.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2005_10_13_Fluggastsitz.pdf.

N-TV. 2011. www.n-tv.de. [Online] 19. 06 2011. [Zitat vom: 14. 12 2011.] <http://www.n-tv.de/wirtschaft/Getriebeschaden-verhindert-Debuet-article3611641.html>.

Opel. 2011. <http://media.gm.com>. [Online] 31. 08 2011. [Zitat vom: 20. 12 2011.]
http://media.gm.com/content/media/de/de/opel/news.detail.html/content/Pages/news/de/de/2011/OPEL/08_31_ruesselsheim_astra_produktion.

Premier Metals. www.premier-metals.com. [Online] [Zitat vom: 19. 01 2012.]
<http://www.premier-metals.com/products/seattrack.asp>.

Schoenenberg, Frank-H. www.mp.haw-hamburg.de. [Online] [Zitat vom: 16. 01 2012.]
<http://www.mp.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dgIrb/bericht0101/Schoenenberg.pdf>.

Schulze, Sven-Olaf. 2010. *Unterlagen zur Vorlesung "Systems Engineering"*. HAW Hamburg : s.n., 2010.

Spiegel Online. 2008. www.spiegel.de. [Online] 13. 05 2008. [Zitat vom: 14. 12 2011.]
<http://www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,552962,00.html>.

ten Hompel, Michael, Schmidt, Thorsten und Nagel, Lars. 2007. *Materialflusssysteme*. Heidelberg : Springer-Verlag, 2007.

VDI. 2011. *Wertanalyse - das Tool im Value Management*. Heidelberg : Springer Verlag, 2011.

Volkswagen. 2009. www.volkswagen-media-services.com. *Geschäftsbericht 2008*. [Online] 12. 03 2009. [Zitat vom: 05. 01 2012.] S. 154. https://www.volkswagen-media-services.com/medias_publish/ms/content/de/broschueren/2009/03/12/geschaeftsbericht_2008___volkswagen_ag.standard.gid-oeffentlichkeit.html.

Weber Aircraft. www.weberair.com. [Online] [Zitat vom: 10. 02 2012.]
<http://www.weberair.com/seating-systems/documents/5600.pdf>.

Wiendahl, Hans-Peter, Gerst, Detlef und Keunecke, Lars. 2004. *Variantenbeherrschung in der Montage*. Heidelberg : Springer-Verlag, 2004. S. 3-15.

Wildemann, Horst. 2009. *Anlaufmanagement - Leitfaden zur Verkürzung der Hochlaufzeit und Optimierung der An- und Auslaufphase von Produkten*. München : TCW Verlag, 2009.

8 ANHANG

Auswertung der Prozessuntersuchung

Im Anhang sind die Auswertungen der Prozessuntersuchung bzgl. der verwendeten Sitzmodelle und Kabinenkonfigurationen in drei Tabellen dargestellt.

- Tabelle 1 zeigt die verwendeten Sitzmodelle der Economy Class, geordnet nach der Anzahl des Einbaus je Sitzmodell.
- Tabelle 2 zeigt die verwendeten Sitzmodelle der First Class, geordnet nach der Anzahl des Einbaus je Sitzmodell.
- Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die verwendeten Varianten von Kabinenkonfigurationen, alphabetisch geordnet nach den Namen der Fluggesellschaften.

Tabelle 1: Verwendete Sitzmodelle der Economy Class

Nr.	Hersteller	Sitzmodell	Anzahl des Einbaus je Sitzmodell	Anzahl bestückte Flugzeuge je Sitzmodell	Kabelanschluss: Ja	Kabelanschluss: Nein	Kabelanschluss: keine Info	Sitzfußtyp vorne	Sitzfußtyp hinten	Anmerkung
1	B/E Aerospace	Spectrum	4332	84	59	23	2	BE1v	BE1h	26x2er Sitzbank
2	B/E Aerospace	Pinnacle	2246	42	30	12		BE2v	BE2h	
3	Weber	5600	2122	37		37		W1v	W1h	
4	Recaro	BL 3510	1563	34	17	16	1	R1v	R1h	8x2er Sitzbank
5	Recaro	3510	1273	23	20	3		R1v	R1h	6x2er Sitzbank
6	Recaro	BL 3520	1004	16		16		R2v	R3h	50x2er Sitzbank
7	Geven	Pluma	881	15	7	8		G1v	G1h	3x2er Sitzbank
8	Weber	5750	536	11	11			W1v	W1h / W3h	3x2er Sitzbank
9	Recaro	CL 3620	484	11	11			R2v	R2h	2x2er Sitzbank
10	Weber	AI 1000	360	6		6		W1v	W1h	
11	Brice	B3100/B3100ER	290	5		5		B1v	B1h	
12	Weber	5751	280	5	5			W1v	W4h	20x2er Sitzbank
13	Weber	AI 1000I-CAA	260	5		5		W1v	---	
14	Brice	B1000S	250	5	4	1		B1v	B2h	
15	Recaro	3510 SL	240	4		4		R1v	R2h	
16	Geven	Slim Premium	200	5	3	2		G1v	G1h	
17	Recaro	CL 3510	190	4	4			R1v	R1h	8x2er Sitzbank
18	Sigma	Oxygen	158	3		3		S2v	S3h	
19	Weber	5700	132	3	3			W1v	W1h	
20	Recaro	BV 3510	120	6		6		R1v	R1h	
21	Sigma	CVS/VC Seat	72	1	1			S2v	S2h	
22	Geven	Slim HD	50	1	1			G1v	G1h	
23	Recaro	3510 D	40	1	1			R1v	R1h	
24	Sigma	Airgonomic FX	34	1	1			S1v	S1h	
25	Brice	B1000C	18	1	1			B1v	B2h	

Tabelle 2: Verwendete Sitzmodelle der First Class

Nr.	Hersteller	Sitzmodell	Anzahl des Einbaus je Sitzmodell	Anzahl bestückte Flugzeuge je Sitzmodell	Kabelan- schluss: Ja	Kabelan- schluss: Nein	Kabelanschluss: keine Info	Sitzfußtyp vorne	Sitzfußtyp hinten
1	B/E Aerospace	Millennium	332	67	66		1	BE3v	BE1h
2	B/E Aerospace	Spectrum First	108	14	14			BE1v	BE1h
3	Weber	7070	98	20	12	8		W2v	W2h
4	Recaro	CL 4400	74	9	8		1	R1v	R1h
5	Recaro	CL 4420	72	11	11			R1v	R1h
6	Recaro	BL 4400	60	12	9	3		R1v	R1h
7	Recaro	4420 B	60	7	7			R1v	R1h
8	Sigma	Serenity	42	4	4			S2v	S3h
9	Geven	Breeze	26	6	3	2	1	G2v	G2h
10	Recaro	4420	16	2	2			R1v	R1h
11	Brice	B 2057	10	5		5		B1v	B1h
12	Recaro	4400	6	1	1			R1v	R1h

Tabelle 3: Varianten der Kabinenkonfiguration (1)

Nr.	Fluggesellschaft	Flugzeugtyp	Häufigkeit der Variante	2-Klassen Layout	Anzahl Sitzbänke F/C pro Flugzeug	Anzahl Sitzbänke E/C pro Flugzeug	Kabelanschluss:F/C	Kabelanschluss: E/C
1	Aeroflot	A320	1	Ja	10	40	Ja	Nein
2	Air Arabia	A320	5	Nein	---	56	---	Nein
3	Air Asia	A320	9	Nein	---	60	---	Nein
4	Air Berlin	A320	5	Nein	---	58	---	Ja
5	Air Berlin	A321	1	Nein	---	72	---	Ja
6	Air China	A320	3	Ja	4	50	Ja	Ja
7	Air China	A320	8	Ja	4	50	Ja	Ja
8	Air China	A321	5	Ja	6	59	Ja	Ja
9	Air France	A320	4	Nein	---	60	---	Nein
10	Air France	A321	1	Nein	---	72	---	Ja
11	Air New Zealand	A320	2	Nein	---	57	---	Nein
12	Alitalia	A319	6	Nein	---	46	---	Nein
13	Asiana Airlines	A321	1	Ja	6	54	Ja	Ja
14	Atlantic Airways	A319	1	Nein	---	48	---	Nein
15	Avianca	A319	1	Ja	6	36	Ja	Ja
16	Avianca	A320	5	Ja	6	46	Ja	Ja
17	Avianca	A320	4	Nein	---	54	---	Ja
18	Boc Aviation	A320	5	Nein	---	60	---	Nein
19	Boc Aviation	A320	1	Ja	6	46	keine Info	keine Info
20	British Airways	A320	2	Nein	---	54	---	Nein
21	Cebu Pacific Airlines	A320	5	Nein	---	60	---	Nein
22	China Aviation	A319	2	Ja	4	40	Nein	Nein
23	China Eastern	A320	18	Ja	4	50	Ja	Ja
24	China Southern	A320	12	Ja	4	48	Ja	Ja
25	EasyJet	A319	5	Nein	---	52	---	Nein
26	EasyJet	A320	6	Nein	---	60	---	Nein
27	Etihad Airways	A320	2	Ja	8	40	Ja	Ja
28	Free Bird Airlines	A320	1	Nein	---	60	---	Nein
29	Gecas	A320	3	Nein	---	60	---	Nein
30	Gecas/Spring	A320	2	Nein	---	60	---	Nein

Tabelle 3: Varianten der Kabinenkonfiguration (2)

Nr.	Fluggesellschaft	Flugzeugtyp	Häufigkeit der Variante	2-Klassen Layout	Anzahl Sitzbänke F/C pro Flugzeug	Anzahl Sitzbänke E/C pro Flugzeug	Kabelanschluss:F/C	Kabelanschluss: E/C
31	Germania	A319	1	Nein	---	50	---	Ja
32	Germanwings	A319	2	Nein	---	50	---	Nein
33	Go Air	A320	1	Nein	---	60	---	Nein
34	Gulf Air	A320	4	Ja	8	40	Ja	Ja
35	Gulf Air	A321	2	Nein	---	55	---	Ja
36	Hainan Airlines	A319	1	Nein	---	48	---	Nein
37	Hainan Airlines	A320	1	Nein	---	58	---	Nein
38	Indigo	A320	17	Nein	---	60	---	Nein
39	Interjet	A320	2	Nein	---	50	---	Ja
40	Jazeera Airways	A320	1	Nein	---	55	---	Ja
41	JetBlue	A320	2	Nein	---	50	---	Nein
42	JetStar	A320	1	Nein	---	60	---	Ja
43	JetStar	A320	5	Nein	---	60	---	Nein
44	JetStar Pacific	A320	2	Nein	---	60	---	Nein
45	Juneyao Airlines	A320	1	Ja	4	50	Nein	Nein
46	Juneyao Airlines	A320	5	Ja	4	0	Nein	Nein
47	LAN Chile	A319	3	Nein	---	48	---	Ja
48	LAN Chile	A320	9	Nein	---	58	---	Ja
49	Lufthansa	A319	2	Nein	---	46	---	Nein
50	Lufthansa	A321	10	Nein	---	70	---	Nein
51	Middle East Airlines	A320	1	Ja	12	34	Ja	Ja
52	Niki	A320	1	Nein	---	60	---	Ja
53	Philippine Airlines	A320	5	Nein	---	60	---	Nein
54	Philippine Airlines	A320	1	Ja	6	48	Ja	Ja
55	Qatar Airways	A320	9	Ja	6	44	Ja	Ja
56	Royal Air Force of Oman	A320	1	Nein	---	53	---	Nein
57	Royal Jordanian	A320	2	Ja	8	40	Ja	Ja
58	Royal Jordanian	A321	1	Ja	10	48	Ja	Ja
59	Russian International	A321	2	Ja	14	48	Ja	Ja
60	Saudi Arabian Airlines	A320	1	Ja	6	40	Ja	Ja

Tabelle 3: Varianten der Kabinenkonfiguration (3)

Nr.	Fluggesellschaft	Flugzeugtyp	Häufigkeit der Variante	2-Klassen Layout	Anzahl Sitzbänke F/C pro Flugzeug	Anzahl Sitzbänke E/C pro Flugzeug	Kabelanschluss:F/C	Kabelanschluss: E/C
61	Saudi Arabian Airlines	A320	1	Ja	10	32	Ja	Ja
62	Saudi Arabian Airlines	A321	6	Ja	10	50	Ja	Ja
63	Shenzhen Airlines	A320	10	Ja	4	50	Ja	Ja
64	Siberia Airlines	A320	3	Ja	4	50	Nein	Nein
65	Sichuan Airlines	A320	1	Ja	4	52	Ja	Nein
66	Sichuan Airlines	A320	2	Ja	4	52	Ja	Nein
67	Sichuan Airlines	A321	2	Ja	4	63	Ja	Nein
68	Sichuan Airlines	A321	2	Ja	4	63	Ja	Nein
69	Silkair	A320	2	Ja	6	46	Nein	Nein
70	Spirit Airlines	A320	5	Ja	2	58	Nein	Nein
71	Spring Airlines	A320	7	Nein	---	60	---	Ja
72	SriLankan Airlines	A320	3	Ja	10	40	Ja	Ja
73	Swiss international Airlines	A320	2	Nein	---	56	---	Nein
74	Taca International Airlines	A320	3	Ja	6	46	Ja	Ja
75	TAM-Linhas Aeras	A319	2	Nein	---	48	---	Ja
76	TAM-Linhas Aeras	A320	3	Nein	---	58	---	Ja
77	Tibet Airlines	A319	3	Ja	4	40	Ja	Ja
78	Turkish Airlines	A319	3	Nein	---	44	---	Ja
79	Turkish Airlines	A321	5	Ja	8	56	Ja	Ja
80	US Airways	A321	12	Ja	8	56	Ja	Ja
81	Uzbekistan Airways	A320	2	Ja	6	46	Ja	Ja
82	Vietnam Airlines	A321	2	Ja	8	57	Ja	Ja
83	Vietnam Airlines	A321	3	Ja	8	57	Ja	Ja
84	Volaris	A320	5	Nein	---	58	---	Ja
85	Vueling	A320	3	Nein	---	60	---	Nein
86	Wizz Air	A320	2	Nein	---	60	---	Nein
87	Keine Information	A320	8	Nein	---	60	---	Nein
88	Keine Information	A320	2	Nein	---	60	---	Nein
89	Keine Information	A320	5	Ja	4	48	Ja	Nein
90	Keine Information	A319	1	Nein	---	47	---	Nein
		Summe:	332	41xJa / 49xNein	904	17617	34xJa / 6xNein / 1x keine Info	45xJa / 44xNein / 1x keine Info

Zu 19 Flugzeugen waren keine Angaben vorhanden.