



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt



Technische Universität Berlin

Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur

Masterthesis im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen

Thema

Konzeption eines automatischen
Gepäcktransportsystems für den Bahnhof der Zukunft

Student

Stephan Kintzel

Matrikelnummer: 406965

Kintzel@campus.tu-berlin.de

Erstgutachterin

Frau Prof. Dr.-Ing. Birgit Milius
Technische Universität Berlin
FG für Bahnbetrieb und Infrastruktur
Birgit.Milius@tu-berlin.de

Zweitgutachter

Herr Lasse Hansen
Technische Universität Berlin
FG für Bahnbetrieb und Infrastruktur
L.Hansen@tu-berlin.de

Betriebliche Betreuung

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt:

Herr Mathias Böhm
Institut für Fahrzeugkonzepte
Mathias.Boehm@dlr.de

Herr Andrei Popa
Institut für Verkehrssystemtechnik
Andrei.Popa@dlr.de

Berlin, 17.04.2023

Aufgabenstellung



TU Berlin | FG Bahnbetrieb und Infrastruktur
Sekretariat SG 18 | Salzufer 17 - 19 | D-10587 Berlin

Referat I B Prüfungen
Team 5
- im Hause -

Fakultät V
Verkehrs- und Maschinensysteme
Institut für Land- und Seeverkehr

Fachgebiet Bahnbetrieb und
Infrastruktur

Fachgebietsleitung
Prof. Dr.-Ing. Birgit Milius

Sekretariat SG 18
Salzufer 17 - 19
10587 Berlin

Telefon +49 (0)30 314-25 429
Birgit.Milius@tu-berlin.de

Unser Zeichen: BMI

**Aufgabenstellung zur Masterarbeit
von Stephan Kintzel, Matrikelnummer 406965
Thema: Konzeption eines automatischen Gepäcktransportsystems für
den Bahnhof der Zukunft**

Um dem fortschreitenden Klimawandel entgegenzuwirken, plant die Bundesregierung ihrem Koalitionsvertrag zufolge, die Verkehrsleistung im Schienenpersonenverkehr zu verdoppeln.

Ein wesentliches Entscheidungskriterium zugunsten des PKW ist die Mitnahme von Gepäck. Eine Umfrage aus dem Jahr 2015 ergab, dass sich 82 % der befragten Personen aufgrund von Schwierigkeiten bei der Gepäckmitnahme in den Wintermonaten gegen das Verkehrsmittel Bahn entscheiden (64 % im Sommer). Eine Vielzahl der mit Gepäck Reisenden haben zudem Probleme beim Einstieg (30 %) und der Gepäckverstaung (25 %). Durch die Gepäckmitnahme im Sitzplatzbereich können bis zu 20 % der Sitzplätze aufgrund inkorrekt platzierten Gepäcks nicht besetzt werden. Zudem kann es zu bis zu viermal längeren Fahrgastwechselzeiten und daraus resultierender Unpünktlichkeit kommen.

Die Aufgabe von Herrn Kintzel besteht darin, die bahnhofseitigen Schnittstellen zwischen der Gepäckaufgabe und -abholung sowie dem fahrzeugseitigen Transportsystem für das Gepäckgesamtkonzept zu konzeptionieren. Der Fokus liegt auf dem Transport der Aufgabegepäckstücke zum Zug, der Umladung zu Anschlussverbindungen im Falle von Umstiegen sowie auf der Bereitstellung zur Abholung oder des Weitertransports am Zielbahnhof. Das Transportsystem soll nach Möglichkeit um die Abwicklung der Sendungen von Kurier-, Express- und Paketdiensten (KEP) erweiterbar sein.

Hinsichtlich der Vorgehensweise wird zunächst eine Anforderungsanalyse an das Gesamtkonzept durchgeführt. Die Basis bilden Literaturrecherchen und Experteninterviews, die

> Seite 1/2





der Identifikation der Fahrgastbedürfnisse und möglicher Hemmnisse und Hürden bezüglich der Einführung eines entkoppelten Gepäcksystems dienen. Zusätzliche Erkenntnisse sollen darüber hinaus durch Recherchen zu historischen Gepäcktransporten durch Gepäckwagen etc. und deren Problemen eruiert und dargestellt werden.

Eine Übersicht über den aktuellen Forschungsstand komplettiert den Theorieabschnitt der Ausarbeitung. Darauf aufbauend erfolgt die Definition verschiedener Use Cases für die Gepäckmitnahme. Diese Anwendungsfälle umfassen unter anderem die Bahnfahrt als Flughafenzubringer sowie eine Reise unter ausschließlicher Nutzung des Verkehrsträgers Schiene. Auf Basis der unterschiedlichen Anwendungsfälle erfolgt die schematische Darstellung eines Gesamtkonzeptes zum Reisegepäcktransport. Dieses Gesamtkonzept umfasst verschiedene Optionen hinsichtlich des Gepäcktransfers zum Startbahnhof der Reise sowie Möglichkeiten zur dortigen Gepäckaufgabe. Am Reiseziel (Zielbahnhof, -flughafen, etc.) können Gepäckstücke dem Kundenwunsch entsprechend direkt abgeholt, zwischengelagert oder weitertransportiert werden. Die Gepäckabfertigung zwischen Aufgabe und Abholung soll vollautomatisch und vom Fahrgast separiert erfolgen.

Im ersten Schritt der Konzeptionierung des automatisierten Gepäcksystems wird eine zu verwendende Bahninfrastruktur festgelegt. Auf dieser Basis werden verschiedene Konzeptvarianten erarbeitet und die jeweiligen Gepäckflüsse skizziert. Im Anschluss erfolgt die Definition von Bewertungskriterien, die der Auswahl eines geeigneten Konzepts dienen. Neben einer Kostenabschätzung für die Einführung und den Betrieb der jeweiligen Lösung werden weitere Kriterien zur Beurteilung der Systemperformance bestimmt. Die Auswahl geeigneter Anlagen aus Logistik und Fördertechnik ist ebenfalls Bestandteil der Konzeptionierung. Die detaillierte Visualisierung des gewählten Konzepts erfolgt in Form einer maßstabsgetreuen, technischen Zeichnung. Diese Zeichnung dient der abschließenden, rechnergestützten Verifizierung der Leistungsfähigkeit des Systems.

Die Erkenntnisse sind in einem umfassenden Bericht darzustellen, die Bearbeitungszeit beträgt sechs Monate. Die Masterarbeit soll digital abgegeben werden. Das Fachgebiet erhält zusätzlich ein gedrucktes Exemplar der Arbeit. Methodik und Vorgehen bei der Arbeit sind explizit zu beschreiben und auf eine entsprechende Zitierweise ist zu achten (vorrangig „Deutsche Zitierweise“). In dem Bericht ist hinter dem Deckblatt der originale Wortlaut der Aufgabenstellung der Arbeit einzuordnen.

Der Fortgang der Bearbeitung ist in engem Kontakt mit dem Betreuer regelmäßig abzustimmen. Hierzu zählen insbesondere mindestens alle vier Wochen kurze Statusberichte in mündlicher oder schriftlicher Form.

Berlin, den 29.09.2022

Birgit
Digital
unterschrieben
von Birgit Milius
Milius
Datum: 2022.09.29
21:42:33 +02'00'

Prof. Dr.-Ing. Birgit Milius

Kurzfassung

Die vorliegende Thesis behandelt die Entwicklung eines automatisierten Systems zur bahnhofseitigen Reisegepäckabfertigung im Eisenbahnverkehr. Im Vordergrund steht die Entwicklung der Schnittstelle zwischen der Gepäckaufgabe und dem fahrzeugseitigen Lager- und Sortiersystem inklusive der automatisierten Umladung von Transfergepäck. Das erarbeitete Konzept ist ein Teil des vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt vorangetriebenen Projekts *Next Generation Train* zur Implementierung eines schienengebundenen, europaweiten Fernverkehrsnetzes als klimafreundliche Alternative zum Flugverkehr. Die Wiedereinführung eines vom Fahrgast entkoppelten Reisegepäcktransports beabsichtigt dabei eine Attraktivitätssteigerung der Eisenbahn und Verbesserungen gegenüber der aktuell etablierten Betriebsabläufe. Das Konzept soll im Rahmen des vorausgehend entworfenen Bahnhofs, der *Next Generation Station*, als Grundlage für Gepäckflusssimulationen zur Identifikation potenzieller Probleme dienen und um die Mitnahme der Sendungen von Paketdienstleistern erweiterbar sein.

Eingangs der Arbeit wurden das reisezweckabhängige Gepäckaufkommen und die daraus resultierenden Nutzungspotentiale für eine Gepäckaufgabe für unterschiedliche Anwendungsfälle bestimmt. Darauf aufbauend entstand die Vision eines ganzheitlichen Transportkonzepts für Reisegepäck und Paketsendungen aufgrund des erkannten Potenzials, das durch Passagiere mit umfangreichem Reisegepäck besteht. Basierend auf dem erarbeiteten visionären Gesamtkonzept sowie umfassenden Literaturrecherchen und Experteninterviews wurde eine Anforderungsanalyse hinsichtlich der Fahrgastbedürfnisse und möglicher Herausforderungen und Hürden bei der Gestaltung des Systems durchgeführt. Zur Vorbereitung auf die Konzeptentwicklung erfolgten im nächsten Schritt die Definition der angestrebten Gepäckflüsse, die Bestimmung grundlegender Konzeptionsansätze und projektbezogener Rahmenbedingungen sowie die Zusammenstellung von Kennzahlen und Annahmen zur Konzeption. Auf Basis der erörterten Voraussetzungen erarbeitete Konzeptentwürfe führten zur Erweiterung des Bahnhofs um eine gesonderte Gepäckebene unter den Bahnsteigen. Die finale Ausarbeitung der Vorzugsvariante wurde mithilfe rechnergestützter Konstruktionsmethoden und durch die Auswahl geeigneter Förder- und Sortiertechnologien durchgeführt. Im letzten Arbeitsschritt erfolgte eine kalkulationsbasierte Bewertung der Leistung des Systems.

Das Ergebnis der Arbeit ist ein umfangreiches Gepäckabfertigungssystem für einen Bahnhof, das in der Lage ist, die benötigten Funktionen der Sortierung, Pufferung, Förderung und Ladungsvorbereitung bei einer Gepäckaufgabe bis mindestens 15 Minuten vor der Abfahrt für bis zu 48 Züge pro Stunde automatisiert auszuführen. Das konzeptionierte Teilsystem erfüllt zudem die Anforderung der Schnittstellen zwischen mehreren Teilsystemen und ist somit imstande Transfergepäck automatisiert zu Umsteigeverbindungen zu befördern. Auf der Grundlage der durchgeführten Berechnungen übertrifft das System die benötigte Sortierleistung von rund 18.500 Gepäckstücken pro Stunde und ist in der Lage stündlich bis zu 25.600 Gepäckstücke zu sortieren. Die Thesis legt somit den Grundstein für weiterreichende Untersuchungen und detaillierte Planungen zur Implementierung eines automatischen Gepäcksystems für den Eisenbahnverkehr.

Abstract

This master's thesis deals with the development of an automated system for station-side baggage handling in rail transport. The focus is on the development of the transition between the baggage check-in and the on-board storage and sorting system, including the automated transfer of connecting baggage. The developed concept is part of the *Next Generation Train* project, driven by the German Aerospace Centre, to implement a rail-based, Europe-wide long-distance transport network as a climate-friendly alternative to air travel. The reintroduction of passenger-decoupled luggage transport is intended to increase the attractiveness of the railway and to improve the currently established operating procedures. The concept is to serve as a basis for luggage flow simulations to identify potential problems within the framework of the previously designed station, the *Next Generation Station*. The system is to be expandable to include the transport of consignments from parcel service providers.

At the beginning of the thesis, the purpose-dependent travel luggage volume, and the resulting utilisation potentials for a luggage check-in for different use cases were determined. Based on this, the vision of a holistic transport concept for luggage and parcel shipments was developed due to the recognised potential that exists due to passengers with extensive luggage. Based on the developed visionary overall concept as well as comprehensive literature research and expert interviews, a requirements analysis was conducted regarding passenger needs and possible challenges and hurdles in the design of the system. In preparation for the concept development, the next step was the definition of the targeted baggage flows, the determination of basic conceptual approaches and project-related general conditions as well as the compilation of key figures and assumptions for the concept. The conceptual designs that were developed based on the discussed prerequisites resulted in the extension of the station, which includes a separate baggage level located underneath the upper platform. The final elaboration of the preferred variant was carried out with the help of computer-aided design methods and by selecting suitable conveying and sorting technologies. The final step was a calculation-based evaluation of the system's performance.

The result of the work is a comprehensive baggage handling system for a railway station that is able to automatically perform the required functions of sorting, buffering, conveying and load preparation for a baggage check-in up to at least 15 minutes before departure for up to 48 trains per hour. The conceptualised subsystem also fulfils the requirement of connections between several subsystems and is thus capable of automatically transporting connecting luggage to interchange connections. Based on the calculations carried out, the system exceeds the required sorting capacity of around 18,500 pieces of luggage per hour and is capable of sorting up to 25,600 pieces of luggage items per hour. The thesis thus lays the foundation for further investigations and detailed planning regarding the implementation of an automatic baggage system for rail transport.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
App	Anwendungssoftware (engl. <i>application</i>)
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BIEK	Bundesverband Paket und Expresslogistik
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAD	rechnerunterstütztes Konstruieren (engl. <i>computer-aided design</i>)
CAT	City Airport Train Wien
DB	Deutsche Bahn
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DLZ	Durchlaufzeit
ETCS	European Train Control System
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Fa.	Firma
FG	Fachgebiet
HST	High-Speed Train (Hochgeschwindigkeitszug)
IATA	International Air Transport Association
ICE	Intercity-Express
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicator (Leistungsindikatoren)
NGS	Next Generation Station
NGT	Next Generation Train
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
RFID	Radio-Frequency Identification
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SBD	Self-Bag-Drop (eigenständige Gepäckaufgabe)
St.	Stück
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Personenzug-Gepäckwagen "Berlin 3600", 1908	4
Abbildung 2: links: Gepäckbahnsteig am Hauptbahnhof Frankfurt (Main), 1992	5
Abbildung 3: Gepäckverladung bei Amtrak	8
Abbildung 4: Gepäckverladung beim CAT	9
Abbildung 5: Verladung der Gepäckcontainer (links) und Gepäckwagen (rechts) beim Airport Express Hongkong	10
Abbildung 6: Angetriebene Rollenbahn (links) und Bandförderer (rechts)	12
Abbildung 7: Vertikalfördertechnologien (Spiral- und S-Förderer).....	13
Abbildung 8: Lineare (a), vertikale (b) und horizontale (c) Einschleusung.....	14
Abbildung 9: Parallelwinkeleinschleusung.....	14
Abbildung 10: Linien-, Loop-, und Kreissorter	15
Abbildung 11: Verteilförderer unterschiedlicher Leistungsklassen	16
Abbildung 12: Manuell besetzte und automatisierte Gepäckaufgabe	20
Abbildung 13: Behälterbasierte Gepäckförderung	21
Abbildung 14: Behälterlose Gepäckförderung am Flughafen Zürich	22
Abbildung 15: Gepäckrückgabebänder (links) und bedarfsgesteuerte Gepäckrückgabestationen (rechts) ..	23
Abbildung 16: Doppelstöckiger Ein- und Ausstieg beim NGT-HST.....	24
Abbildung 17: Automatisches System zur Gepäcksortierung und -lagerung im Triebkopf des NGT-HST.....	25
Abbildung 18: Next Generation Station	26
Abbildung 19: Zwischenebene, Bahnsteigebene und Zugangsbereich der 1. Klasse.....	26
Abbildung 20: Gesamtkonzept für den Gepäck- und KEP-Transport im Bahnverkehr	34
Abbildung 21: Nutzungswahrscheinlichkeit eines Gepäckservices unter Familienreisenden	39
Abbildung 22: Relevante Maße der NGS als Zeichnung in der Draufsicht	50
Abbildung 23: Schnittstellen zwischen NGT und NGS zur Einladung (rechts) und Ausladung (links) in der Draufsicht	51
Abbildung 24: Grundsätzlicher Ansatz der Gepäckflüsse innerhalb der NGS	52
Abbildung 25: Beispielhafte Ladekonfigurationen in der Draufsicht eines Triebkopfwagens	59
Abbildung 26: Ankunftsverteilung der Fahrgäste vor Abfahrt des Zuges	62
Abbildung 27: Konzeptionsrahmen innerhalb der NGS	67
Abbildung 28: Erster Entwurf der Vorzugsvariante (Seitenansicht)	68
Abbildung 29: Skizze der Sortierebene der Vorzugsvariante für ein Triebkopflager (Draufsicht)	69
Abbildung 30: Gepäckaufgabe und Vertikalförderung in die Sortierebene.....	71
Abbildung 31: Sortier- und Verteilsystem in der Sortierebene.....	72
Abbildung 32: Quergurtsorter der Fa. Interroll.....	72
Abbildung 33: Weiche, Förderung auf den Bahnsteig, Pufferregale und Entladeanlagen auf einer Zugseite	73
Abbildung 34: Ausschleusung Spiralförderer	73
Abbildung 35: Rückgabestationen und Schnittstelle zur Zwischenlagerung und zum externen Weitertransport.....	74
Abbildung 36: Transferepäckverbindungen	75
Abbildung 37: CAD-Modell des Gepäcksystems für einen Triebkopf (Bahnsteigebene transparent)	75
Abbildung 38: Aufgabeseitiger Gepäckfluss mit Leistungskennzahlen	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gepäckaufkommen pro Fahrgast und Reisezweck nach PLANK.....	30
Tabelle 2: Gepäckaufkommen pro Fahrgast nach Daten von GEPÄCKLOS	30
Tabelle 3: Kennzahlen zur Konzeption bei Betrachtung der Einfachtraktion.....	57
Tabelle 4: Gegenüberstellung der beiden Konzeptansätze	66

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	II
Kurzfassung	IV
Abstract	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Theoretische Grundlagen und Stand der Technik.....	4
2.1 Gepäcktransport im Bahnverkehr	4
2.1.1 Historie des Bahngepäcktransports in Deutschland.....	4
2.1.2 Gepäckaufgabesysteme im Bahnverkehr international	7
2.2 Logistische Systeme	11
2.2.1 Fördertechnik für Stückgüter.....	11
2.2.2 Sortier- und Verteiltechnik für Stückgüter	13
2.2.3 Lagertechnik für Stückgüter	17
2.3 Gepäcklogistik im Flugverkehr	19
2.3.1 Aufgabesysteme	19
2.3.2 Gepäckförderanlagen	21
2.3.3 Gepäckrückgabe	23
2.4 DLR-Konzepte zum Bahngepäcktransport	24
2.4.1 Next Generation Train	24
2.4.2 Next Generation Station.....	26
3 Anwendungsfälle für ein Gepäcktransportsystem	28
3.1 Reiseketten	28
3.2 Gepäckaufkommen nach Reisezweck.....	29
3.3 Sonderfälle	31
3.4 Erweiterung um KEP-Transport	32
4 Gesamtkonzept für den Bahngepäcktransport	33
4.1 Vorstellung des Gesamtkonzepts.....	33
4.2 Abgrenzung zur weiteren Betrachtung	37

5	Anforderungsanalyse	38
5.1	Anforderungen wesentlicher Stakeholder	38
5.1.1	Kundinnen und Kunden	38
5.1.2	Bahnhofbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen	41
5.2	Weitere Stakeholder	43
5.3	Sicherheitsbezogene Anforderungen	45
5.4	Herausforderungen und Hemmnisse.....	46
5.5	Fazit zur Anforderungsanalyse.....	49
6	Rahmenbedingungen zur Konzeptentwicklung.....	50
6.1	Projektbezogene Rahmenbedingungen.....	50
6.2	Definition der Gepäckflüsse und Konzeptionsgrenzen	52
6.3	Grundlegende Ansätze zum Gepäckhandling	53
6.3.1	Ansatz 1: Gepäckhandling auf dem Bahnsteig	53
6.3.2	Ansatz 2: Gepäckübergabe in der Zwischenebene	54
6.3.3	Ökonomische Einordnung der Ansätze	55
6.4	Kennzahlen und Annahmen zur Konzeptentwicklung	57
6.4.1	Gepäckbezogene Kennzahlen.....	58
6.4.2	Systembezogene Kennzahlen	62
7	Konzeptentwicklung und Ausarbeitung.....	66
7.1	Festlegung des Konzeptansatzes	66
7.2	Variantenbildung und Vorzugsentwurf.....	67
7.3	Ausarbeitung und Auswahl geeigneter Technologien	70
7.3.1	Generelle Technologieauswahl	70
7.3.2	Gepäckaufgabe	70
7.3.3	Sortierung	71
7.3.4	Verladung	73
7.3.5	Rückgabe und Transferflüsse.....	74
8	Leistungsfähigkeit des Sortiersystems	76
9	Fazit und Ausblick	80
	Quellenverzeichnis	XI
	Anhang	XVI

1 Einleitung

Zum Entgegenwirken des fortschreitenden Klimawandels erklärt die Bundesregierung in ihrem aktuellen Koalitionsvertrag das Vorhaben einer Verdoppelung der Verkehrsleistung im Schienenpersonenverkehr bis zum Jahr 2030.¹ Bezogen auf die Treibhausgasemissionen einer innerdeutschen Fernreise können auf einer Fahrt mit der Bahn im Vergleich zum PKW bis zu 70 % der Emissionen (in CO₂-Äquivalenten) pro Personenkilometer eingespart werden.² Von den 2020 in Deutschland im motorisierten Verkehr zurückgelegten Personenkilometern entfallen etwa 87 % auf den motorisierten Individualverkehr, wohingegen der Schienenverkehr lediglich einen Anteil von sechs Prozent einnimmt.³ Zur Erreichung der gesteckten Ziele hinsichtlich der Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene bedarf es einer Steigerung der Attraktivität der Bahn und der damit verbundenen, angebotenen Dienstleistungen.

Problemstellung und Zielsetzung

Ein wesentliches Entscheidungskriterium zugunsten des PKW ist die Mitnahme von Gepäck. Umfragen zufolge entscheiden sich 82 % der mit dem PKW in den Winterurlaub reisenden Personen aufgrund von Schwierigkeiten bei der Gepäckmitnahme in den Planungen ihrer Urlaubsreise gegen das Verkehrsmittel Bahn (64 % im Sommer).⁴ Die Reisegepäckmitnahme im selben Zug ist bei der Deutschen Bahn aktuell nur selbstorganisiert durch die Reisenden möglich. Die Verstaung größerer Gepäckstücke ist dabei unter oder zwischen den Sitzen, in Überkopfablagen oder in Gepäckregalen vorgesehen. Offiziell ist die Mitnahme auf ein Hand- und ein weiteres, großes Reisegepäckstück begrenzt.⁵ Eine Kontrolle dieser Bestimmung findet in der Praxis jedoch keine Anwendung und wird seitens der DB aus Kulanzgründen nicht in Erwägung gezogen.⁶

Der eigenhändig durchgeführte Gepäcktransport ist unter bestimmten Bedingungen mit diversen Problemen verbunden. Befragungen aus dem Jahr 2015 zufolge hat eine beträchtliche Anzahl von Personen, die mit Gepäck reisen, Schwierigkeiten beim Einstieg (30 %) und beim Verstauen des Gepäcks (25 %). Aus der Perspektive der Bahnbetreiber können sich die Fahrgastwechselzeiten aufgrund von Einstiegsproblemen bis zu vervierfachen. Dies kann in der Folge Verspätungen und weitere Störungen im Betriebsablauf hervorrufen. Insbesondere bei multimodalen Reisen kann die Mitnahme von Gepäck bei der An- und Abreise zu den Bahnhöfen, während Umstiegen sowie beim Fortbewegen und Verweilen in den Bahnhofsgebäuden diverse Unannehmlichkeiten bereiten.⁷

¹ Vgl. Bundesregierung, 2021, S. 39

² Vgl. Umweltbundesamt, 2023

³ Vgl. BMVI, 2021, S. 215

⁴ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 76

⁵ Vgl. DB Vertrieb GmbH

⁶ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

⁷ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 76

In den Planungen der Fahrzeuginterieurs stehen sich die beiden Ziele der Maximierung der Sitzplatzanzahl und der Schaffung ausreichenden Platzes für die Gepäckablagen oftmals unvereinbar gegenüber.⁸ Als Konsequenz der betriebswirtschaftlich motivierten Fokussierung auf die Sitzplatzmaximierung und der damit verbundenen Unterdimensionierung der Gepäckablagen kann unsachgemäß platziertes Gepäck dazu führen, dass bis zu 20% der Sitzplätze im Fahrgastbereich nicht besetzbar sind. In der Praxis können diese Wirtschaftlichkeitsansätze somit zu einer Verringerung der Rentabilität und des Komfortempfindens der Passagiere⁹ sowie zu betrieblichen Schwierigkeiten führen. In Notfallsituationen können darüber hinaus ernsthafte Sicherheitsrisiken entstehen.¹⁰

In den letzten Jahren haben WissenschaftlerInnen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Projekt *Next Generation Train (NGT)* ein länderübergreifendes, innereuropäisches Eisenbahnfernverkehrskonzept mit dem gleichnamigen Hochgeschwindigkeitszug NGT sowie der dazugehörigen *Next Generation Station (NGS)* entwickelt (siehe Kapitel 2.4). Im NGT-Konzept ist die Aufgabe großer Reisegepäckstücke vor der Fahrt und ein paralleler Transport im selben Zug vorgesehen. Der Next Generation Train verfügt dazu über einen gesonderten Lagerbereich im Zugtriebkopf, der dem Transport von Gepäckstücken sowie deren Vorsortierung während der Fahrt und der automatisierten Ein- und Auslagerung dient. Die Entwicklung des fahrzeugseitigen Systems fand bereits in vorausgehenden Arbeiten statt.

Im Rahmen dieser Thesis sollen für das Gepäckgesamtkonzept die bahnhofseitigen Schnittstellen zwischen der Gepäckaufgabe bzw. -abholung und dem fahrzeugseitigen Transportsystem konzeptioniert werden. Der Fokus liegt auf der Beförderung der Aufgabegepäckstücke von der Gepäckaufgabe bis hin zur Verladung in den Zug. Möglichkeiten zur Umladung hinsichtlich denkbarer Anschlussverbindungen sowie die Vorbereitung zur Abholung oder des Weitertransports am Zielbahnhof gehören ebenfalls zu den Betrachtungsgegenständen. Zusätzlich erfolgt die Erwägung einer Erweiterung des Transportsystems um die Abwicklung der Sendungen von Kurier-, Express- und Paketdienstleistern (KEP). Die finale Konzeption des Gepäcksystems soll in ausreichendem Detail ausgearbeitet werden, um als Grundlage für umfangreiche Gepäckflusssimulationen zur Identifikation potenzieller Probleme zu dienen.

Aufbau und Vorgehensweise

Zum Verständnis des Kontexts und der Hintergründe der Arbeit dient **Kapitel 2** einer grundlegenden Übersicht über bereits existierende Systeme, Technologien und Konzepte. Das erste Grundlagenkapitel ist der Historie des Bahngepäcktransports in Deutschland und der Gründe für dessen Ende gewidmet. Die Erkenntnisgewinne aus der Historie sollen im weiteren Verlauf in die Konzeption miteinfließen. In den Folgeabschnitten werden darauf aufbauend im internationalen Bahnverkehr bestehende Gepäckaufgabesysteme sowie logistische Systeme für Stückgüter im

⁸ Vgl. Ebenfeld, persönliches Interview, 09.12.2022, siehe Anhang 1.4

⁹ Vgl. Plank, 2008, S. 77 f.

¹⁰ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 38 ff.

Allgemeinen, die an Flughäfen eingesetzte Gepäcklogistik und die im vorherigen Absatz erwähnten Konzepte des DLR beleuchtet.

Im methodischen Teil der Arbeit erfolgt in **Kapitel 3** zunächst eine Definition verschiedener Anwendungsfälle für die Gepäckmitnahme im Bahnverkehr. Diese Anwendungsfälle umfassen beispielsweise Reisen unter der ausschließlichen Nutzung des Verkehrsträgers Schiene sowie die Bahnfahrt als Flughafenzubringer. Auf Basis der unterschiedlichen Anwendungsfälle entsteht in **Kapitel 4** der Entwurf einer ganzheitlichen Vision zum Reisegepäck- und KEP-Transport inklusive einer schematischen Darstellung. Das Gesamtkonzept beinhaltet eine Anbindung an Flughäfen und Hafenterminals und bietet unterschiedliche Möglichkeiten für den Gepäcktransfer zum Startbahnhof der Reise, die Gepäckaufgabe vor Ort sowie Rückgabe- und Weitertransportoptionen am Ende der Bahnreisekette. Die Gepäckabfertigung zwischen der Aufgabe und Abholung soll vollautomatisch und vom Fahrgast unabhängig stattfinden.

In der Folge richtet sich der Fokus auf das Gepäcksystem der bahnhofseitigen Infrastruktur. Die in **Kapitel 5** ausgearbeitete Anforderungsanalyse basiert vorrangig auf Literaturrecherchen und Experteninterviews, die unter anderem der Identifikation von Fahrgastbedürfnissen und möglichen Hemmnissen und Hürden bezüglich der Einführung eines von den Reisenden entkoppelten Gepäcksystems dienen. Im Vorfeld der Konzeptionierung werden in **Kapitel 6** die Rahmenbedingungen und angestrebten Gepäckflüsse sowie Kennzahlen und Annahmen für die weitere Betrachtung definiert. Hinzu kommt die Gegenüberstellung zweier grundlegender Ansätze zur Gepäckübergabe. Auf dieser Basis erfolgt in **Kapitel 7** die Festlegung auf einen Konzeptionsansatz sowie die Entwicklung und Ausarbeitung der bevorzugten Konzeptvariante. Darauf folgt die detaillierte Beschreibung der mithilfe von CAD-Software modellierten Ausarbeitung der Vorzugslösung unter der Berücksichtigung der jeweils zur Anwendung kommenden Technologien aus der Logistik und Fördertechnik.

Kapitel 8 bezieht sich auf die letzte inhaltliche Aufgabe: die Verifizierung der Leistungsfähigkeit des Systems. Die an dieser Stelle erläuterten Berechnungen umfassen die kürzeste erreichbare Durchlaufzeit eines Gepäckstücks von der Aufgabe bis zum Start der Verladung, mögliche Engpässe unter den einzelnen Teilprozessen sowie eine Betrachtung der Gesamtkapazität an Gepäckstücken. Das abschließende **Kapitel 9** dient der Zusammenfassung der Arbeit und gleichzeitig als Ausblick über weiterreichende Betrachtungen im Zuge des Gesamtprojekts.

2 Theoretische Grundlagen und Stand der Technik

2.1 Gepäcktransport im Bahnverkehr

Die Grundidee eines gesonderten Reisegepäcktransports im Bahnverkehr ist keineswegs neu. In der deutschen Eisenbahngeschichte existierten derartige Dienstleistungen bereits vor fast zweihundert Jahren. Die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Jahrhunderten werden dabei in die Entwicklung eines modernen Gepäcksystems miteinbezogen.

2.1.1 Historie des Bahngepäcktransports in Deutschland

Bereits kurz nach der Eröffnung der ersten längeren Bahnstrecken in Deutschland in den 1830er Jahren stellte die fahrgastseitige Gepäckmitnahme eine Herausforderung für die Bahnbetreiber dar. Die Beeinträchtigung der pünktlichen Weiterfahrt durch zeitaufwendige Zu-, Aus- und Umstiege von Fahrgästen mit großen Gepäckvolumina sowie die damit verbundene, zunehmende Platzproblematik erforderten Lösungen seitens der Eisenbahngesellschaften. Ab dem Jahr 1839 mussten Fahrgäste der *Leipzig-Dresdner Eisenbahn-Compagnie* Gepäckstücke, die nicht persönlich auf dem eigenen Sitz mitgenommen werden konnten, bereits eine Stunde vor der Zugabfahrt aufgeben. Die Gepäckbeförderung fand von den Reisenden separiert im selben Zug statt. Der Aufbau der Gepäcklogistik hatte einen störungsfreien und kundenfreundlichen Betriebsablauf als Ziel und beeinflusste dabei neben dem eigentlichen Serviceangebot unter anderem die Bereiche der Fahrzeug- und Bahnhofsinfrastruktur sowie das Bahnpersonalwesen.¹¹

Transport im Gepäckwagen

Die aufgegebenen Gepäckstücke wurden zumeist in gesonderten Gepäckwagen, die oftmals auch zur Unterbringung von Zuggerätschaften dienten und zugleich Raum für die Dienstabteile von Zugführer und Gepäck-Kondukteur boten, befördert.¹² Um einen geregelten Ablauf beim Gepäckhandling zu



Abbildung 1: Personenzug-Gepäckwagen "Berlin 3600", 1908
(Quelle: Kirchner)

ermöglichen, wurden Mitte des 19. Jahrhunderts erste rechtliche Rahmenbedingungen zur Gepäckmitnahme geschaffen. Diese Rahmenbedingungen umfassten neben den zur Beförderung zugelassenen Gegenständen unter anderem Haftungsbestimmungen und Regularien bezüglich der

¹¹ Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 163 ff.

¹² Vgl. Röhl et al., 1914, S. 301 f.

Abfertigungsschritte sowie die Unterscheidung zwischen Hand- und Reisegepäck.¹³ Vor dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs – zur Zeit der größten Ausdehnung des deutschen Eisenbahnnetzes – betrug der Anteil der Fernreisenden, die ihr Gepäck aufgaben, durchschnittlich vier bis fünf Prozent. Das Gepäckhandling war dabei für die Bahnbetreiber ein umfangreiches Zusatzgeschäft ohne eine große Bedeutung als Einnahmequelle zu erlangen.¹⁴



Abbildung 2: links: Gepäckbahnsteig am Hauptbahnhof Frankfurt (Main), 1992 (Quelle: Doku des Alltags)

Die Reisegepäckbeförderung orientierte sich auch Mitte des 20. Jahrhunderts noch am Vorbild der Leipzig-Dresdner Eisenbahn und wurde unter anderem in OLDENBURGs Handbuch zum Verkehr mit Post und Eisenbahn für die Öffentlichkeit beschrieben.¹⁵ Zum Reisegepäck zählten neben Koffern, Taschen und Rucksäcken auch andere für den Gebrauch der Reisenden bestimmte Gegenstände wie Rollstühle, Kinderwagen, (Winter-) Sportgeräte und Fahrräder. Mögliche Aufgabegüter waren darüber hinaus

sogar Wasserfahrzeuge bis drei Meter Länge, Motorräder ohne Beiwagen und lebende Tiere in Käfigen. Beschränkungen gab es teilweise hinsichtlich der Anzahl und des Gewichts der zu transportierenden Güter. Die Aufgabe der Gepäckstücke war grundsätzlich bis zu 15 Minuten vor der Zugabfahrt möglich und erforderte die Zahlung des jeweiligen Gepäckentgeltes am Gepäckschalter. Sofern kein gültiger Fahrschein für den jeweiligen Zug vorlag, konnte die Option des Expressgutversandes, die ansonsten für die schnelle Beförderung eiliger Güter genutzt wurde, in Anspruch genommen werden.¹⁶

In der Regel wurden die Gepäckstücke nach der Aufgabe auf Gepäckkarren gesammelt und im Anschluss zu den jeweiligen Zügen befördert. An großen Bahnhöfen existierten für den Gepäckverkehr großflächige Bereiche mit gesonderten Tunneln und eigens für die Gepäckverladung bestimmten, zwischen zwei Zügen gelegenen Bahnsteigen. Die Trennung zwischen den Personen- und Gepäckpfaden diente dabei hauptsächlich der Vermeidung von Verzögerungen und Unfällen. An kleineren Bahnhöfen fand die Gepäckübergabe an das Zugpersonal teilweise auch direkt am Gepäckwagen statt. Neben der Entgegennahme des Gepäcks und der zugehörigen Dokumente gehörte es zur Hauptaufgabe des Gepäck-Kondukteurs, die Gepäckstücke während der Fahrt vorzusortieren und somit eine möglichst reibungslose Ausgabe an den jeweiligen Bahnhöfen der Fahrstrecke zu gewährleisten. Nach der Ankunft wurde das Gepäck entweder zu den Ausgabestellen oder im Falle eines Umstiegs des Reisenden zum Bahnsteig des Folgezuges

¹³ Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 167

¹⁴ Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 163 und Röhl et al., 1914, S. 301

¹⁵ Vgl. Oldenburg et al., 1960, S. 73 f.

¹⁶ Vgl. ebd.

transportiert.¹⁷ Mit dem bei der Aufgabe ausgestellten Gepäckempfangsschein konnte das Gepäck am Zielbahnhof nach wenigen Minuten abgeholt oder bis zu 24 Stunden kostenlos beziehungsweise gegen Entgelt bis zu vier Wochen aufbewahrt werden. Auf Wunsch hatten Fahrgäste zudem an jedem Bahnhof die Möglichkeit, eine Weitersendung des Gepäcks an einen anderen Zielbahnhof oder nach Hause zu veranlassen.¹⁸

Einstellung des Gepäckwagentransports

Bis zum Jahr 1995 wurde der Gepäcktransport im Gepäckwagen bei der Deutschen Bahn nach und nach vollständig eingestellt. Neben betriebswirtschaftlichen Gründen sank auch die Nachfrage nach Gepäcktransportmöglichkeiten seitens der Kundschaft.¹⁹ Einerseits erleichterte unter anderem die Verwendung von Koffern und Taschen mit Rollen die eigenhändige Gepäckbeförderung zum Zug.²⁰ Darüber hinaus stiegen die Marktanteile von privaten Paket- und Logistikdienstleistern, die in erster Linie mit dem Expressgutversand der Bahn konkurrierten. Zum Rückgang der Gepäcktransportangebote trug zudem die beabsichtigte Beschleunigung des Bahnverkehrs mit der Ausweitung des Intercity-Angebote bei. Die Notwendigkeit von kurzen Haltezeiten führte dabei zu Einschränkungen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Verladezeiten.²¹ Spätestens mit der Einführung der ICE-Züge, für die keine Möglichkeit der Integration von Gepäckwagen geschaffen wurde und der Schließung des letzten Gepäckschalters im Jahre 1995 endete der traditionelle Bahngepäckverkehr in Deutschland.²²

AIRail-Flughafenzubringer

In einer Kooperation mit dem Flughafen Frankfurt (Main) und verschiedenen Airlines entstand nach der Jahrtausendwende das Gepäckaufgabesystem *AIRail*. Dabei konnten Fluggäste, die mit der Bahn von Köln bzw. Stuttgart zum Flughafen Frankfurt reisten, ihr Gepäck an Schaltern im Startbahnhof aufgeben und gleichzeitig für den Flug einchecken. Der Transport der aufgegebenen Gepäckstücke erfolgte in einem gesonderten Bereich des Zuges. Am Flughafen fand eine direkte Einschleusung der Gepäckstücke in die Abfertigungsanlage ohne ein zwischenzeitliches Eingreifen der Passagiere statt. Das System funktionierte bidirektional, sodass in Frankfurt ankommende Flugreisende ihre Koffer bis zu den Bahnhöfen in Köln und Stuttgart weiterleiten lassen konnten.²³ Um die Check-in-Zeiten an den entfernten liegenden Bahnhöfen zu reduzieren, wurde die Auf- und Rückgabe von Gepäck im Jahr 2007 zentral an den Fernbahnhof des Frankfurter Flughafens verlegt.

¹⁷ Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 170 f.

¹⁸ Vgl. Oldenburg et al., 1960, S. 73 f.

¹⁹ Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 174

²⁰ Vgl. Selheim, 2010, S. 115

²¹ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

²² Vgl. Ebenfeld, 2010, S. 174

²³ Vgl. International Air Rail Organisation, 2007, S. 18 f.

An den Bahnhöfen konnten Fluggäste ab diesem Zeitpunkt lediglich für den Flug einchecken.²⁴ Die AIRail-Check-in-Station am Fernbahnhof des Flughafens ist bis heute in Betrieb.²⁵

Gepäcktransport per Dienstleister

Der aktuell angebotene Gepäckservice der Deutschen Bahn beschränkt sich auf einen Kofferversand durch den mit der DB kooperierenden Versanddienstleister *Hermes*. Fahrgäste können ihre Gepäckstücke in einem Paketshop aufgeben oder zu Hause abholen lassen und an eine Wunschadresse innerhalb Deutschlands liefern lassen. Davon ausgenommen sind Flughafen- und Hafendressen sowie andere Paketshops. Die Zustellung des Gepäcks erfolgt in der Regel am übernächsten Werktag. Der Transport findet dabei hauptsächlich auf der Straße statt.²⁶

2.1.2 Gepäckaufgabesysteme im Bahnverkehr international

Während in Deutschland zurzeit keine Gepäckaufgabemöglichkeiten mit einem parallelen Transport im selben Zug angeboten werden, existieren im internationalen Vergleich diverse Angebote, von denen eine Auswahl im Folgenden beschrieben wird.

Schweizerische Bundesbahnen

Im Vergleich zur Deutschen Bahn bieten die Schweizerische Bundesbahnen (SBB) eine größere Anzahl an Gepäckdienstleistungen an. Neben einem ähnlichen Tür-zu-Tür-Service bestehen unter anderem Möglichkeiten zum Gepäckversand zwischen ausgewählten Bahnhöfen innerhalb der Schweiz oder auch Tür-zu-Bahnhof-Versandmöglichkeiten, die eine Gepäckabholung am Zielbahnhof ermöglichen. Die Zustellung der Gepäckstücke erfolgt auch beim Versand zwischen zwei Bahnhöfen nicht unmittelbar, sondern mit einer Vorlaufzeit von in der Regel zwei Werktagen. Angaben der SBB zufolge wird der Gepäckversand aktuell angebotsübergreifend zu etwa 70 Prozent auf der Schiene durchgeführt. Die Feinverteilung hingegen erfolgt zumeist auf der Straße.²⁷

Die verfügbaren Produkte der SBB schließen ebenfalls Angebote für Gruppen und Fahrradreisende mit ein. Darüber hinaus kooperieren die SBB mit den Flughäfen Zürich und Genf. Reisende haben die Möglichkeit, ihr Fluggepäck am Vortag des Abflugs zu Hause abholen zu lassen, es bei der Abholung einzuchecken und bis zum Zielflughafen im Ausland weitertransportieren zu lassen. Auf der Rückreise ist der Weitertransport der Gepäckstücke bis zur Haustür ebenfalls möglich.

Zudem steht bei den SBB ein Gepäcktransport zu den Flughäfen von ausgewählten Bahnhöfen ausgehend zur Verfügung. Ein Check-in des Gepäcks wird an den Bahnhöfen jedoch aufgrund

²⁴ Vgl. Lufthansa, 2007

²⁵ Vgl. Frankfurt Airport, o. D.

²⁶ Vgl. DB Vertrieb GmbH, o. D.

²⁷ Vgl. Schweizerische Bundesbahnen, o. D.

strengerer Sicherheitsbestimmungen und sinkender Nachfrage seit 2018 nicht mehr angeboten²⁸, weswegen die Reisenden ihr Gepäck zunächst an einem Schalter am Flughafen abholen und anschließend erneut aufgegeben müssen.²⁹ Unter der Buchung des Expressstarifs kann die Gepäckabgabe zum Transport vom Bahnhof zum Flughafen bei einer Abholung nach 15 Uhr auch am selben Tag erfolgen. Der zu diesem Zeitpunkt noch existierenden Gepäck-Check-in wurde im Jahr 2015 von ca. 1 % der Fluggäste, die mit der Bahn anreisen, in Anspruch genommen. Das Durchchecken des Gepäcks bis zum Zielbahnhof wurde von ca. 0,3 % der im Nachgang die Bahn nutzenden ankommender Fluggäste genutzt.³⁰

Amtrak und VIA Rail Canada

Die Unternehmen *Amtrak* und *VIA Rail Canada*, die einen Großteil des nordamerikanischen Eisenbahnpersonenverkehrs betreiben, bieten auf einigen Strecken die Möglichkeit der Gepäckabgabe an. Bei Amtrak kann jeder Reisende bis zu zwei große Reisegepäckstücke kostenlos vor Fahrtantritt aufgeben. Sollen weitere Gepäckstücke aufgegeben werden oder werden die zulässigen Abmaße überschritten, so kann die Mitnahme gegen einen Aufpreis ermöglicht werden.



Abbildung 3: Gepäckverladung bei Amtrak (Quelle: Amtrak, 2023)

Der Ablauf des Gepäckhandlings ähnelt dem der Deutschen Bahn im 20. Jahrhundert. An den meisten Bahnhöfen muss das Reisegepäck bis spätestens 45 Minuten vor der Zugabfahrt am Schalter abgegeben werden. Die Verladung in die Gepäckwagons erfolgt händisch durch das Bahnpersonal (siehe Abbildung 3). Für den Fall eines Umstiegs empfiehlt Amtrak eine Übergangszeit von mindestens zwei Stunden zur Gewährleistung des Gepäcktransfers einzuplanen. An verschiedenen Stationen des Eisenbahnnetzes kann keine Gepäckaufgabe im Bahnhofsgebäude erfolgen. Die Gepäckstücke müssen dem Bahnpersonal in diesem Fall kurz vor der Abfahrt persönlich am Gepäckwagen übergeben werden.³¹

²⁸ Vgl. Schweizer Radio und Fernsehen, 2018

²⁹ Vgl. Schweizerische Bundesbahnen, o. D.

³⁰ Vgl. Albl et al., 2015, S. 16

³¹ Vgl. Amtrak, 2023

City Airport Train Wien

Der City Airport Train (CAT) verbindet die Wiener Innenstadt mit dem Flughafen Wien. Am Schalter des CAT im Bahnhof Wien Mitte wird der gesamte Check-in-Prozess inklusive der Gepäckaufgabe durchgeführt, sodass die Fluggäste sich am Flughafen sofort zum Gate begeben können. Der Check-in muss dabei immer spätestens 30 Minuten vor dem Schließen der Check-in-Schalter der jeweiligen Airline am Flughafen abgeschlossen sein und wird durch Mitarbeitende der Fluglinien im Bahnhof Mitte durchgeführt.³²

Nach der Gepäckaufgabe am Schalter werden die Gepäckstücke über ein Förderband in einen abgetrennten Gepäckraum transportiert. Dort stapeln Mitarbeitende die Gepäckstücke von Hand auf Gepäckwagen, die nach der Ankunft des Zuges im Ganzen in den Frachtraum im Untergeschoss des Steuerwagens eingeladen und dort fixiert werden. Nach der Ankunft am Flughafen werden die Koffer ebenfalls manuell von den Gepäckwagen auf ein Förderband platziert, das den Bahnsteig



Abbildung 4: Gepäckverladung beim CAT (Quelle: Zinner)

des City Airport Trains mit der Gepäckabfertigungsanlage des Flughafens verbindet. Da es auf der Fahrstrecke des CAT keine Zwischenhalte gibt, sind keine Prozesse zum Umladen oder nachträglichem Zuladen von Gepäckstücken nötig.³³

Der Gepäcktransport im CAT muss nicht zwingend parallel mit der Beförderung der zugehörigen Personen erfolgen. Im Falle einer nicht ausreichenden Verladezeit können die Gepäckstücke im Folgezug nachgesendet werden. Die Sicherheitskontrolle der Gepäckstücke findet am Flughafen statt. Im Gegensatz zum Anfang der 2010er Jahre von der DB angebotenen AIRail-Angebot ist der Gepäcktransport beim CAT nur in eine Reiserichtung möglich. Eine Gepäckabholung für ankommende Fluggäste ist am Bahnhof Wien Mitte nicht möglich. Im Jahr 2019 nutzen ca. 150.000 Passagiere des CAT den angebotenen Gepäck-Check-in. Das entspricht etwa neun Prozent der Fahrgäste.³⁴

³² Vgl. City Airport Train, 2023

³³ Vgl. Rüger, persönliches Interview, 24.11.2022, siehe Anhang 1.2

³⁴ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

Airport Express Hongkong

Bei der Flughafenzubringerbahn in Hongkong haben Reisende seit 1998 die Möglichkeit des sogenannten In-Town-Check-ins an den Bahnhöfen Hongkong und Kowloon.³⁵ Zwischen 24 Stunden und 120 Minuten vor der Abflugzeit können TicketinhaberInnen des Airport Expresses diesen kostenlosen Service nutzen.³⁶ Nach der Aufgabe wird das Gepäck per Förderband zum Ladebereich transportiert und dort händisch in verschiedene Container geladen.



Abbildung 5: Verladung der Gepäckcontainer (links) und Gepäckwagon (rechts) beim Airport Express Hongkong (Quelle: Wong, 2020)

Die Verladung der Container in den Zug geschieht im Regelfall vollautomatisch. Während des einminütigen Zwischenhalts am Bahnhof Kowloon findet dabei sowohl die Einladung voller Container als auch das Ausladen von Leercontainern statt. Am Flughafen werden die Behälter ebenfalls automatisch entladen. Die Gepäckstücke werden im Folgeschritt – ähnlich dem Prozess am Flughafen Wien – manuell durch Mitarbeitende dem Abfertigungssystem zugeführt. Im Jahr 2007 lag die durchschnittliche Nutzung des In-Town-Check-ins unter den Fluggästen, die den Airport Express nutzten, etwa 53 %.³⁷

³⁵ Vgl. International Air Rail Organisation, 2007, S. 19 f.

³⁶ Vgl. MRT, o. D.

³⁷ Vgl. International Air Rail Organisation, 2007, S. 19 f.

2.2 Logistische Systeme

Eine allgemeine Definition der Logistik beschreibt diese als „die Gestaltung logistischer Systeme sowie die Steuerung der darin ablaufenden logistischen Prozesse.“³⁸ Die logistischen Prozesse dienen dabei sowohl dem Transport als auch der Lagerung und Veränderung der Anordnung (Kommissionierung) der behandelten Objekte.³⁹ Die zu handhabenden Güter sind einerseits Stückgüter, die einen festen Aggregatzustand besitzen und als eine Einheit bewegt werden können ohne dabei ihre Gestalt zu verändern und andererseits Schütt- und Flüssiggüter, die die genannten Kriterien nicht erfüllen.⁴⁰ Reisegepäckstücke lassen sich den Stückgütern zuordnen. Die folgenden Unterkapitel beschreiben einen Auszug der aktuell verfügbaren und angewendeten logistischen Technologien zur Stückgutbehandlung.

2.2.1 Fördertechnik für Stückgüter

Die Fördertechnik gehört neben der Verkehrstechnik zur Kategorie der Transporttechnik. Die eingesetzten Fördermaschinen führen grundsätzlich Transportaufgaben aus. Zusätzlich können Aufgaben zum Verteilen, Sammeln, Puffern oder Kommissionieren von Fördermitteln bewerkstelligt werden. Bei den verwendeten Fördermitteln wird allgemein zwischen *Stetig-* und *Unstetigförderern* unterschieden. Unstetigförderer arbeiten diskontinuierlich und führen den Güterumschlag in sich wiederholenden Arbeitsspielen aus. Die Unstetigförderung findet gemeinhin bei der Handhabung weniger schwerer Güter durch beispielsweise Flurfördermittel wie Gabelhubwagen oder Krane Anwendung. Im Gegensatz dazu sind Stetigförderer in der Regel ortsgebunden sowie liniengeführt und befördern die Transportgüter kontinuierlich über größere Zeitspannen hinweg.⁴¹ Die geraden oder gekrümmten Förderstrecken können sowohl waagrecht, geneigt oder senkrecht angeordnet sein. Im Vergleich zu den Unstetigförderern arbeiten Stetigförderer bei gleichem Eigengewicht (energie-)effizienter und können größere Fördermengen bei einer geringeren Antriebsleistung bewegen. Weitere Vorteile sind eine erleichterte Wartung, eine hohe Betriebssicherheit und ein gleichmäßiger Fördergutfluss.⁴²

Die Stetigförderer können nach ihrem Funktionsprinzip in *Mechanische Stetigförderer (mit und ohne Zugmittel)*, *Schwerkraftförderer* und *Strömungsförderer* unterteilt werden. Für jedes Funktionsprinzip existiert eine Vielzahl möglicher Bauarten. Zu den am weitest verbreiteten Fördermitteln für Stückgüter zählen Band- und Rollenförderer.

³⁸ Fleischmann, 2018, S. 2

³⁹ Vgl. Fleischmann, 2018, S. 1

⁴⁰ Vgl. Mecalux S.A., 2023

⁴¹ Vgl. Griemert et al., 2020, S. 2 ff.

⁴² Vgl. Wehking, 2020, S. 524 ff.

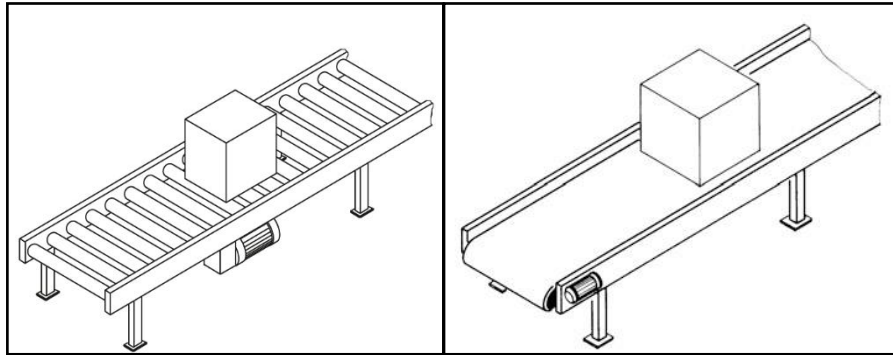


Abbildung 6: Angetriebene Rollenbahn (links) und Bandförderer (rechts)
(Quelle: ten Hompel et al., 2018, S. 137 und 148)

Bandförderer, wie zum Beispiel Gurtbandförderer, zeichnen sich insbesondere durch vergleichsweise hohe Bandgeschwindigkeiten von bis zu 3 m/s und Fördermengen bis zu 20.000 t/h bei relativ geringen Antriebsleistungen sowie einer das Transportgut schonenden Förderung aus. Zudem besitzen Bandförderer im Vergleich zu Rollenförderern generell niedrigere Investitions- und Wartungskosten. Die Grenzen der Bandförderung liegen bei dem Einsatz von geradlinigen und leicht kurvengängigen Bändern sowie maximalen Steigungswinkeln von ca. 18° bis 20°. ⁴³

Rollenförderer sind im Vergleich zu den Bandförderern flexibler gestaltbar. Neben geraden Abschnitten und Kurven können unter anderem Bögen und Weichen zur Ein- und Ausschleusung modular integriert werden. Rollenförderer existieren in verschiedenen Ausführungen sowohl mit angetriebenen Rollen als auch als Schwerkraftförderer, bei denen das Transportgut über geneigte Bahnen abwärts befördert wird. Diese Variante ist stromsparend und weniger wartungsintensiv, wengleich eine geringere Kontrolle der Fördergeschwindigkeiten möglich ist. Angetriebene Rollenbahnen hingegen besitzen eine bessere Kontrollierbarkeit und können durch eine gezielte Ansteuerung der benötigten Streckenabschnitte energieeffizient betrieben werden. ⁴⁴ Die Fördergeschwindigkeiten angetriebener Rollenbahnen liegen mit üblicherweise bis zu 1 m/s unter denen der Gurtbandförderer. Der Einsatz angetriebener Rollenbahnen ermöglicht lediglich einen leicht ansteigenden Transport. Zur Gewährleistung des störungsfreien Ablaufs muss das Fördergut über eine formstabile Auflagefläche verfügen. Neben der Aufgabe als Fördermittel eignen sich Rollenförderer unter dem Einsatz spezieller Antriebe auch zur staudruckarmen und damit gutschonenden Speicherung sowie zu Sortier- und Verteilungsaufgaben. ⁴⁵

Zur Bewältigung größerer vertikaler Differenzen unter möglichst geringer horizontaler Platzbeanspruchung können speziell für die Höhenförderung konzipierte Technologien verwendet

⁴³ Vgl. Griemert et al., 2020, S. 215 ff.

⁴⁴ Vgl. Overhead Conveyor System GmbH, 2019

⁴⁵ Vgl. Griemert et al., 2020, S. 268 f. und Wehking, 2020, S. 532 ff.

werden. Die Bauformen von Vertikalförderern umfassen unter anderem Aufzüge, Paternoster und Spiralen und basieren zum Teil auf etablierten Fördermitteln wie Förderbändern.

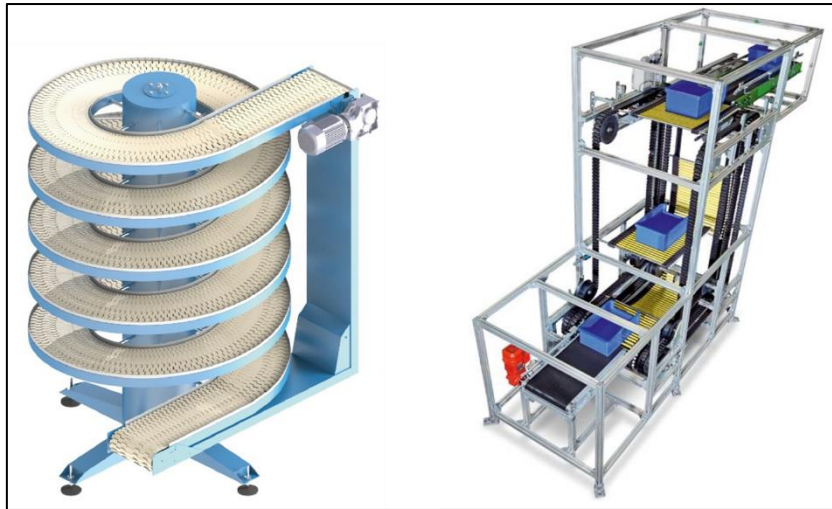


Abbildung 7: Vertikalfördertechnologien (Spiral- und S-Förderer)
(Quellen: NEXUS Engineering Corp. und NERAK GmbH)

2.2.2 Sortier- und Verteiltechnik für Stückgüter

Sortieranlagen sind nach JODIN in fünf Funktionsbereich untergliedert. Die im Folgenden ausgeführten Funktionsbereiche sind in der vom Autor gewählten Reihenfolge beschrieben. In der Praxis können die genannten Funktionen abhängig vom Aufbau der Sortieranlage in anderen Reihenfolgen oder örtlich zusammengefasst organisiert sein.⁴⁶

Die **Zuförderung** bildet die Eingangsschnittstelle zur Sortieranlage und kann kontinuierlich durch Stetigförderer oder pulkförmig durch Unstetigförderer erfolgen. Bestandteile des Zuförderbereiches können systemabhängig variieren und Funktionen zum nachträglichen Codieren, Wiegen, Vermessen und Zuordnen der Transportgüter umfassen.

Im Zuge der **Identifizierung** wird jedes Transportgut erfasst und rechnergestützt einem Ziel (einer sogenannten Endstelle) zugeordnet. Die erfolgt mittels automatischer Identifikationssysteme. Etablierte Technologien sind vor allem die optische Barcodeerfassung sowie die Transpondertechnologie RFID, die kein optisches Scannen erfordert. Die weiteren Prozesse im Verteilförderer erfolgen lediglich zeitgesteuert, weshalb die Reihenfolge der Transportgüter ab dem Zeitpunkt der Zuordnung gewährleistet sein muss.⁴⁷ Bezüglich der Reaktionszeit bei fehlerhafter Guterfassung und der Annahme, dass die Fördergeschwindigkeiten bei der Gutaufgabe geringer als auf der Förderstrecke sind, ist die Identifikation zu einem möglichst frühen Zeitpunkt durchzuführen.⁴⁸

⁴⁶ Vgl. Jodin et al., 2012, S. 25 ff.

⁴⁷ Vgl. Jodin et al., 2012, S. 25 ff.

⁴⁸ Vgl. Wehking, 2020, S. 661

Dem Funktionsbereich der **Vorbereitung** gehören die Prozesse Zusammenführen, Vereinzeln und Ausrichten an. Einzelne Eingangsförderströme müssen gegebenenfalls zusammengeführt und die Güter im Sinne der Identifizierung und Ausschleusung vereinzelt werden. Daher ist es notwendig die Transportgüter in einem festzulegenden Abstand hintereinander anzuordnen. Dabei ist eine Längsausrichtung zu einer stabilen Förderung zu bevorzugen. Das Ausrichten hat zudem die Funktion, die Güter zur weiteren Handhabung durch den Sorter zu orientieren.

Die **Sortierung** besteht der aus der Einschleusung, der Verteilung und der Ausschleusung bzw. Pufferung. Die Einschleusung der Förderströme auf die Hauptförderstrecke oder den Sorter erfolgt zumeist durch die Kombination mehrerer Stetigförderer und kann sowohl manuell als auch teil- oder vollautomatisch sowie in den Anordnungsvarianten *linear*, *vertikal* und *horizontal* realisiert werden. In allen drei Anordnungsfällen sollte die Zuführgeschwindigkeit v_{zu} der Fördergeschwindigkeit v_k entsprechen (vgl. Abbildung 8).

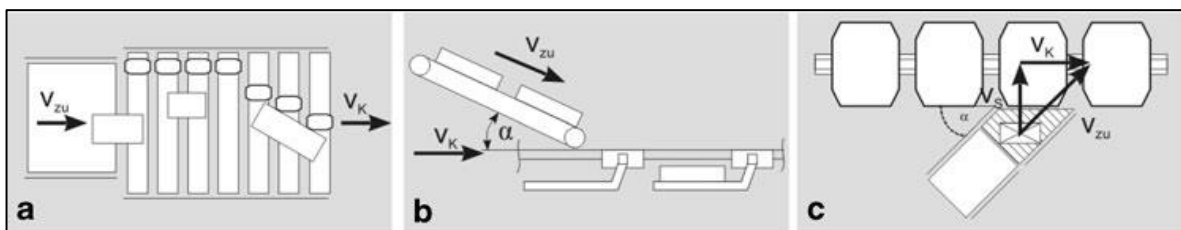


Abbildung 8: Lineare (a), vertikale (b) und horizontale (c) Einschleusung (Quelle: Jodin et al., 2012, S. 36)

Ein etabliertes Einschleuseverfahren ist die Parallelwinkeleinschleusung, bei der mehrere zueinander ausgerichtete Förderbänder zum Einsatz kommen. Die Beförderung auf die Hauptstrecke findet dabei zumeist in einem Winkel zwischen 25° und 45° statt (siehe Abbildung 9).⁴⁹

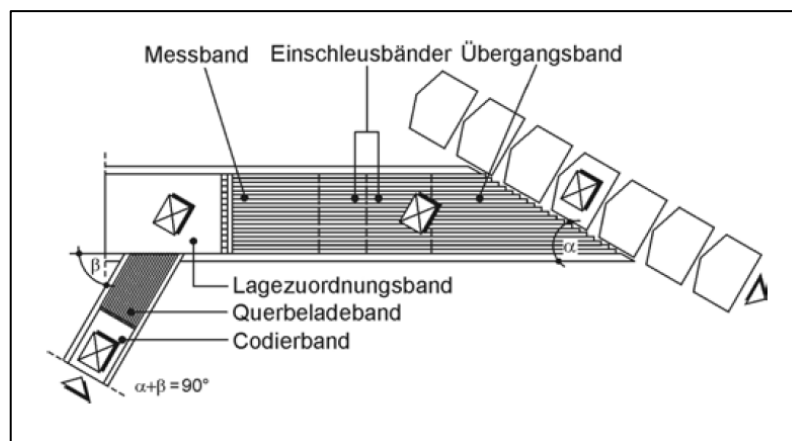


Abbildung 9: Parallelwinkeleinschleusung (Quelle: Jodin et al., 2012, S. 32)

Zur Erreichung der maximalen Leistungsfähigkeit des Sorters muss ein gewisser Transportgutstrom erreicht und jeder Platz auf dem Verteilförderer belegt werden, was in der Praxis bei umlaufenden

⁴⁹ Vgl. Beumer et al., 2019, S. 155

Verteiltörderern häufig nicht möglich ist. Die korrekte Positionierung, Ausrichtung und Beschleunigung unter der Einhaltung von Kipp- und Schlupfbedingungen sind beim Einschleusevorgang von essentieller Bedeutung. Es wird zwischen der schnellen *dynamischen Einschleusung* mit kontinuierlich fließenden Gütern und der technisch einfacheren *Stop-and-Go-Einschleusung* unterschieden.⁵⁰

Der für das Sortiersystem elementare Verteiltörderer besteht aus den Tragmitteln (Gurte, Schalen, etc.), Ausschleusemechanismen (Kippelemente, Fördermittel, Abweiser, etc.) und dem Zugmittel (Band oder Kette). Die Verteiler sind oftmals als *Linien-, Loop-* oder *Kreissorter* aufgebaut.

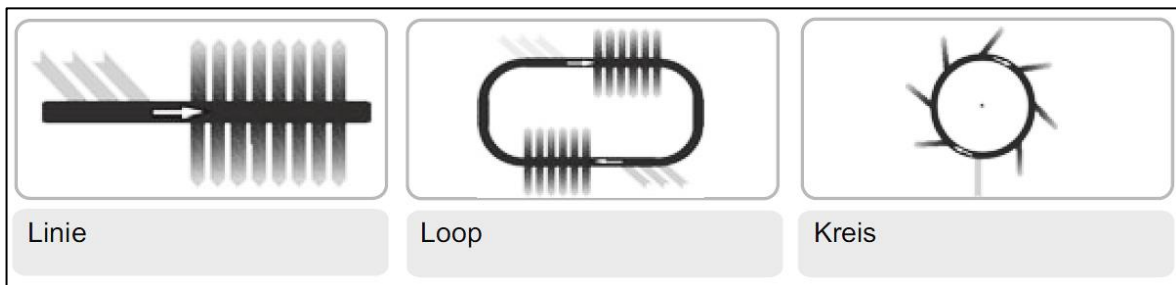


Abbildung 10: Linien-, Loop-, und Kreissorter (Quelle: ten Hompel et al., 2018, S. 269)

Sorter der Linientopologie besitzen im Allgemeinen eine gradlinige Führung und sind häufig durch die Anwendung von Band- oder Rollenförderermitteln umgesetzt. Die lineare Bauart erfordert eine Ausschleusung des Verteilguts bis zur letzten Endstelle. Im Vergleich zu den Loop-Sortern sind der Aufbau und die Organisation der Endstellen in der Regel weniger komplex und daher mit geringeren Investitionskosten verbunden. Loop-Sorter hingegen verlaufen auf einer Ringbahn und ermöglichen dadurch eine Rezirkulation der zu sortierenden Güter. Des Weiteren können mehrere Einschleusepunkte an auf verschiedene Loopabschnitte verteilt und somit die Sortierleistung signifikant auf bis zu 200 % erhöht werden.⁵¹ In Loop-Sortern sind zumeist segmentierte Tragmittel wie Schalen oder Quergurte verbaut.⁵²

Kreissorter zeichnen sich durch eine kinematisch einfache Sortierung in einem rotierenden System aus. Die Anzahl der Endstelle ist jedoch systembedingt begrenzt, wodurch in der Regel keine Hochleistungssortierung möglich ist. Grundsätzlich sind Kombinationsmodelle aus Elementen unterschiedlicher Topologien sowie der Einsatz diverser Verteiltechnologie für verschiedene System möglich, sodass die Entscheidung für eine Topologie nicht zwangsläufig mit einer Entscheidung für eine spezifische Technologie einhergehen muss.⁵³

⁵⁰ Vgl. Beumer et al., 2019, S. 155 ff.

⁵¹ Vgl. ten Hompel et al., 2018, S. 268 ff.

⁵² Vgl. Beumer et al., 2019, S. 160

⁵³ Vgl. ten Hompel et al., 2018, S. 270

Die Ausschleusung des Förderguts in die Endstellen kann mithilfe diverser Techniken und sowohl horizontal als auch vertikal fallend ausgeführt werden. Die Vielfalt der Endstellenausführungen reicht von einfachen Rutschen über angetriebene Rollenbahnen bis hin zu komplexen Fördereinheiten.⁵⁴

Zur Ausschleusung des Transportguts vom Verteilförderer in die Endstellen sind im Bereich der Band- und Rollenförderer diverse Pusher und Abweiser verfügbar. Rollenförderer können darüber hinaus mit rollen- oder schiebergeführten Weichen ausgestattet sein. Im Bereich umlaufender, segmentierter Verteilförderer befindet sich der Ausschleusemechanismus häufig im Transportsegment und fährt mit dem Fördergut mit. Bei Kippschalen- und Quergurtsortern erfolgt die Ausschleusung durch ein Abkippen bzw. eine Querbewegung des Gurtes, während sich der Verteilförderer in Bewegung befindet.

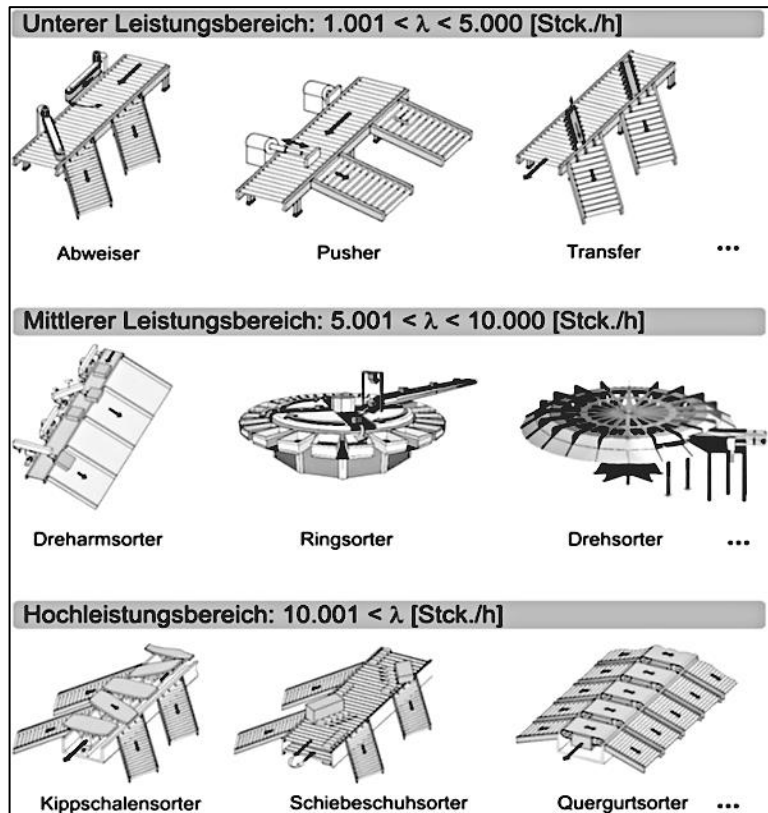


Abbildung 11: Verteilförderer unterschiedlicher Leistungsklassen
(Quelle: Jodin et al., 2012, S. 58)

Technologie- und transportgutabhängig reicht der Sortierdurchsatz λ automatisierter Verteilförderer von 1.000 bis über 10.000 Sortiergüter pro Stunde (siehe Abbildung 11).⁵⁵ Bei der Wahl eines geeigneten Sorters ist die exklusive Betrachtung der erforderlichen Sortierleistung nicht ausreichend. Die Eignung der Technologien für die spezifischen Masse- und Abmessungsanforderungen der Sortiergüter muss ebenso gewährleistet sein.

⁵⁴ Vgl. Beumer et al., 2019, S. 168

⁵⁵ Vgl. Jodin et al., 2012, S. 55 ff.

Die **Abförderung** ist der letzte Funktionsbereich der Sortieranlage. Die sich in den Endstellen befindenden, sortierten Güter werden entweder an manuellen oder automatischen Arbeitsplätzen für die nächsten Schritte der Transportkette verpackt oder zu den Folgeprozessen im Materialfluss weiterbefördert. Anschließende Prozesse gehen über den Definitionsbereich der Sortieranlage hinaus und werden daher an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.⁵⁶

2.2.3 Lagertechnik für Stückgüter

Das Lagern dient der (temporären) Aufbewahrung oder Speicherung von Gütern, ohne eine weitere Bearbeitung oder Behandlung des Lagerguts. Die Aufgaben der Lager sind typenabhängig und zielen vorrangig auf die Überbrückung von Zeitabständen oder einer unterschiedlichen Zusammensetzung der Zu- und Abgänge der Lagergüter ab. Allgemein kann zwischen Vorrats-, Puffer-, und Verteillagern unterschieden werden. Vorratslager dienen in erster Linie der zeitlichen Entkopplung von Materialein- und -ausgängen sowie der damit verbundenen Überbrückung von materialflussbezogenen Unregelmäßigkeiten und Bedarfsschwankungen. Pufferlager fungieren dem Ausgleich von Differenzen zwischen zwei Arbeitsschritten und besitzen in der Regel im Vergleich zu den Vorratslagern relativ konstante Ein- und Auslagerungsraten. Verteillager besitzen darüber hinaus Kommissionierungsaufgaben und dienen zudem der möglichen Umgruppierung der gelagerten Einheiten.⁵⁷

Die verwendeten Lagermittel lassen sich nach WEHKING grundsätzlich drei Kategorien zuordnen. Die *Bodenlagerung* ist eine einfache und kostenminimale Möglichkeit zur Lagerung von stapelfähigen Gütern. Die *Regallagerung* kann statisch und dynamisch gestaltet sein. Statische Regallager umfassen beispielsweise Einfahr- oder Palettenregale. Die dynamische Regallagerung erfolgt unter dem Einsatz von Fördertechnik und zeichnet sich durch die Beweglichkeit der Ladeeinheiten oder der Regale aus (beispielsweise bei Umlaufregalen mit Rollenbahnen). Die *Lagerung auf Fördermitteln* ist dynamisch gestaltet und findet hauptsächlich in Pufferlagern mit kurzen Lagerzeiten Anwendung. Die verwendeten Fördermittel dienen dabei gleichzeitig der Förderung und Lagerung der Ladeeinheiten. Innerhalb der Lager können Fördermittel Aufgaben der Ein- und Auslagerung, der Verteilung und Kommissionierung sowie der Zwischenlagerung übernehmen.⁵⁸

Die Lagerplatzvergabe erfolgt anhand unterschiedlicher Strategien. Bei der Festplatzvergabe erhält jeder Artikel einen vordefinierten Lagerplatz. Dies erhöht die Zugriffssicherheit bei Systemausfällen. Dem gegenüber steht die freie Lagerplatzvergabe, die unter anderem zu einer höheren Lagerkapazitätsausnutzung beitragen kann. Die Organisation der freien Platzvergabe ist entweder als vollständig frei (sogenannte *chaotische Lagerung*) oder innerhalb festgelegter Bereiche definiert. Hinsichtlich erhöhter Umschlagsleistungen können Ladeeinheiten gemäß ihrer

⁵⁶ Vgl. Jodin et al., 2012, S. 51

⁵⁷ Vgl. Wehking, 2020, S. 453 f.

⁵⁸ Vgl. Wehking, 2020, S. 464 ff.

Umschlagshäufigkeit gelagert werden (*Zonung*) oder zur Zugriffssicherheit im Falle eines Fördermittelausfalls über mehrere Reihen verteilt werden (*Querverteilung*).⁵⁹

Zur Realisierung eines günstigen Lagergüterumschlags tragen GRIEMERT zufolge unter anderem ein geringer Personaleinsatz, möglichst gradlinig verlaufende Förderwege ohne Richtungsänderungen sowie eine geringe Anzahl an Umlagerungsprozessen bei. Bezüglich der im Lager eingesetzten Fördermittel sollte der Einsatz von Stetigförderern hinsichtlich eines gleichmäßigen Materialflusses sowie die Verwendung weniger unterschiedlicher Fördermittelarten zur Reduktion des Wartungsaufwands in Erwägung gezogen werden. Zudem sollten die Fördermittel Überlastungen bei einem erhöhtem Güteraufkommen standhalten können.⁶⁰

⁵⁹ Vgl. Wehking, 2020, S. 501

⁶⁰ Vgl. Griemert et al., 2020, S. 319

2.3 Gepäcklogistik im Flugverkehr

2.3.1 Aufgabesysteme

Im Gegensatz zum Handgepäck, das im Flugverkehr persönlich mit in die Flugzeugkabine genommen werden kann, müssen größere Reisegepäckstücke vor dem Flug aufgegeben werden. Grundsätzlich stehen dazu manuell durch Flughafenpersonal besetzte Gepäckaufgabeschalter, die gleichzeitig auch als Check-in-Schalter dienen, zur Verfügung. Des Weiteren hat die Verwendung automatischer, unbesetzter Self-Bag-Drop-Automaten zur Selbstbedienungsabfertigung in den letzten Jahren zugenommen.⁶¹

Im Praxisbetrieb wird zwischen zwei grundlegenden Verfahrensweisen zur Gepäckaufgabe unterschieden: Im klassischen **One-Step-Verfahren** erfüllt ein einziger Schalter die Funktionen des Passagier-Check-ins, des Druckens der Gepäckanhänger (engl. *Bag-Tags*) zur späteren Identifikation sowie der Gepäckstückaufgabe inklusive der Kontrolle von Gepäckgewicht und -abmessungen. Die One-Step-Gepäckaufgabe kann sowohl an manuell besetzten als auch automatisch betriebenen Schaltern durchgeführt werden. Der manuelle Prozess nimmt durchschnittlich etwa 60 Sekunden pro Passagier in Anspruch und variiert zwischen aufwendigeren Verfahren für Überseereisende und zügigeren Abläufen für Passagiere, die innerhalb des Schengenraumes verreisen (Datenbasis: Flughafen Wien). Die automatisierte Gepäckaufgabe mit Check-in im One-Step-Verfahren hingegen dauert im Allgemeinen länger, da unkundige Passagiere den Vorgang in der Regel weniger schneller als geschultes Personal bewerkstelligen können. Im Vergleich zum manuell besetzten Schalter müssen die Reisenden den Bag-Tag beispielsweise selbst anbringen. In modernen One-Step-Verfahren können Fluggäste zu Hause gedruckte oder elektronische Bag-Tags verwenden und ihr Gepäck an einzig für eine schnelle Gepäckaufgabe bestimmten Automaten aufgeben.⁶²

In **Two-Step-Verfahren** werden der Passagier-Check-in und die Gepäckaufgabe voneinander getrennt durchgeführt. Im halbautomatischen Prozess erfolgt der Check-in online oder an einem gesonderten Automaten im Flughafenterminal. Die Gepäckaufgabe geschieht anschließend an einem manuell besetzten Schalter.⁶³ Dort wird die Anbringung des Bag-Tags durch Flughafenmitarbeitende erledigt. Im vollautomatischen Two-Step-Verfahren hingegen wird der Gepäckanhänger an einem Check-in-Automaten ausgedruckt und eigenständig von den Reisenden am Gepäckstück befestigt. Anschließend erfolgt die Gepäckaufgabe ebenfalls eigenständig an automatisierten Gepäckabgabestellen.⁶⁴

Kombinationsmodelle, die beide Verfahren miteinander verbinden, ermöglichen einen flexiblen Einsatz der Automaten. Kombinierte Automatenmodelle bestehen beispielsweise aus einer automatisierten Aufgabestation mit einem integrierten manuellen Schalter. Diese Schalter können in einem Hybridsystem betrieben werden und erlauben dadurch den Wechsel zwischen einem

⁶¹ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

⁶² Vgl. International Air Transport Association, 2016, S. 495

⁶³ Vgl. AIQ Consulting, 2017

⁶⁴ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

manuellen und automatischen Betrieb. Mit diesem System kann im halbautomatischen Betrieb beispielsweise die Prüfung außerordentlicher Dokumente, für die das System nicht programmiert ist, erfolgen.⁶⁵

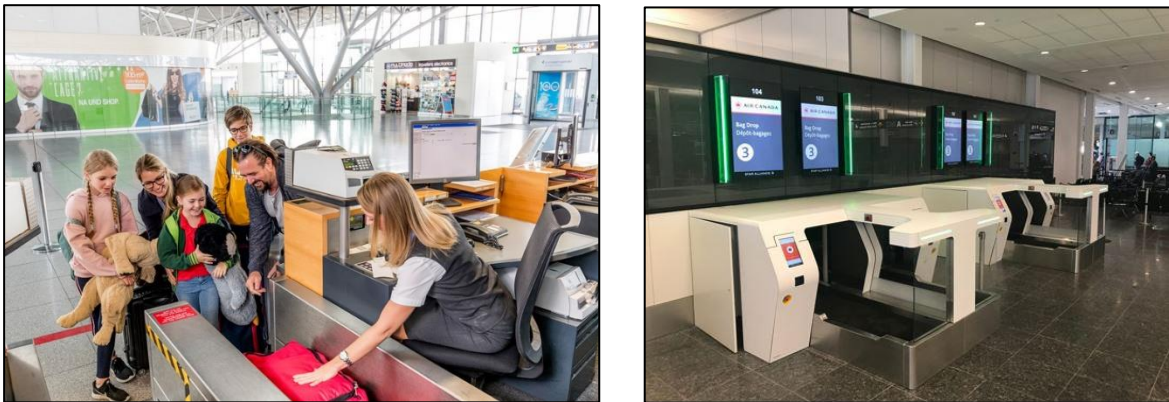


Abbildung 12: Manuell besetzte und automatisierte Gepäckaufgabe (Quellen: Flughafen Stuttgart, 2023 und Materna IPS, 2019)

Aus der Sicht der Flughafenbetreiber sind die Verfahren mit getrennten Check-in- und Gepäckaufgabevorgängen attraktiv, da die reine Gepäckaufgabe an automatisierten Abgabestellen in unter 30 Sekunden möglich ist.⁶⁶ Der Check-in und die Anbringung des Bag-Tags durch die Fluggäste sind hinsichtlich der reinen Aufgabezeit in diesem Verfahren von geringerer Relevanz und werden nicht in die Rechnung miteinbezogen. Zudem sind die Check-in-Automaten zur Selbstbedienung im Vergleich zu Gepäckaufgabeautomaten günstiger im Betrieb und können dezentral im Terminal verteilt werden. Dies reduziert die Warteschlangenbildung.⁶⁷

Automatisierte Gepäckaufgabeprozesse gewinnen in den letzten Jahren stark an Bedeutung. Bis zum Jahr 2024 wollen 94 % der Airlines und 90 % der Flughäfen ein kontaktloses, selbstständiges Bag-Tagging zur Verfügung stellen. Im gleichen Zeitraum planen 90 % der Airlines bzw. 78 % der Flughäfen die Bereitstellung von automatisierten, unbesetzten Gepäckaufgabeautomaten.⁶⁸ Zur Reduktion des fehlerhaften Lesens der auf den Bag-Tags verwendeten Barcodes oder RFID-Transpondern befinden sich aktuell neue Gepäckerkennungsverfahren in der Entwicklung. Mithilfe von Bilderkennungssoftware und KI-Technologie soll ein Gepäcktracking ohne die Notwendigkeit von Gepäckanhängern möglich sein.⁶⁹

⁶⁵ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

⁶⁶ Vgl. Materna IPS, 2023 und Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

⁶⁷ Vgl. AIQ Consulting, 2017

⁶⁸ Vgl. SITA, 2022, S. 9

⁶⁹ Vgl. SITA, 2021, S. 12

2.3.2 Gepäckförderanlagen

Die Aufgabe der Gepäckförderanlagen an Flughäfen ist, das aufgegebene Gepäck vom Check-in zur Verladung ins Flugzeug bzw. vom gelandeten Flugzeug zur Gepäckrückgabe sowie Transfergepäck zu den Anschlussflügen zu befördern. In möglichst kurzen Zeiträumen müssen dabei bis zu mehrere Kilometer lange Strecken zurückgelegt und diverse teils automatische Sicherheitskontrollen durchlaufen werden. Die Gepäckanlage von Terminal 1 des Flughafens in Frankfurt (Main) besitzt beispielsweise eine Länge von ca. 80 km und erreicht eine Sortierleistung von bis zu 20.000 Gepäckstücken pro Stunde. Die Gepäckstücke werden dabei in einzeln codierten Kunststoffwannen abgefertigt.⁷⁰



Abbildung 13: Behälterbasierte Gepäckförderung (Quelle: BEUMER Group)

Diese behälterbasierte Fördermethode erreicht Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 10 m/s und bietet dadurch große Vorteile bei langen Transportstrecken.⁷¹ Die Verwendung von Transportbehältern sorgt für ein gutschonenderes Handling, reduzierte Gepäckstückverluste durch Herunterfallen aus der Anlage und eine bessere Lesbarkeit der Identifikationscodes. Darüber hinaus ist keine spezielle Gepäcksortieranlage notwendig, da die Behälter einzeln ansteuerbar sind und dadurch eine individuell Abzweigung von der Hauptförderstrecke stattfindet.⁷²

Im Gegensatz zur behälterbasierten Gepäckförderung ist ein behälterloses Transportsystem weniger wartungs- und kostenintensiv. Die Förderung erfolgt in der Regel auf Gurtbändern. Diese erreichen im Vergleich zur behälterbasierten Lösung geringere Höchstgeschwindigkeiten zwischen 2 und 3 m/s und sind daher eher für Flughäfen kleinerer Ausmaße geeignet.⁷³ Zum Erreichen der benötigten hohen Sortiergeschwindigkeiten erfolgt die Sortierung häufig durch Kippschaler- oder Quergurtsorter, teilweise auch durch Pusher und Abweiser.

⁷⁰ Vgl. Austrian Wings, 2014

⁷¹ Vgl. z.B. Siemens Logistics, 2023

⁷² Vgl. Beumer et al., 2019, S. 168 f.

⁷³ Vgl. z.B. BEUMER Group

Nach der Sortierung werden die Gepäckstücke größtenteils manuell von Mitarbeitenden auf spezielle Gepäckwagen, die das Gepäck zu den einzelnen Flugzeugen bringen, befördert. Unter anderem aufgrund dieser manuellen Anteile am Gepäckhandling liegen die allgemeinen maximalen Gewichtsgrenzen von Fluggepäck in der EU und den USA aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen bei 32 kg pro Gepäckstück.⁷⁴



Abbildung 14: Behälterlose Gepäckförderung am Flughafen Zürich
(Quelle: Flughafen Zürich, 2023)

Zur Gepäckzwischenlagerung kommen unter anderem sogenannte Frühgepäckspeicher zur Anwendung. Dort können beispielsweise Gepäckstücke von Airlines, die einen Vorabend-Check-in anbieten, zwischengelagert werden. Der Frühgepäckspeicher am Flughafen Wien existiert in Form eines automatischen Lagers, auf dem Gepäck nach dem chaotischen System auf Förderstrecken abgestellt und bei Bedarf einzeln abgerufen wird.

Hinsichtlich der infrastrukturbezogenen Planung von Flughafengepäcksystemen sollten beim Gepäckhandling möglichst wenige Etagenwechsel sowie Steigungswinkel der Förderbänder von maximal 15° vorgesehen werden. Auch sind räumliche Kreuzungen der Gepäckabfertigungsanlage mit Passagier- und Luftfrachtflüssen zu vermeiden.⁷⁵ Zur Vermeidung der Wegüberschneidung von abfliegenden und ankommenden Passagieren besitzen viele Flughafenterminals eine vertikale Trennung der Passagierbereiche. Auf der meist höhergelegenen Abflugebene befindet sich in diesem System die Gepäckaufgabe. Zum meist tiefergelegenen Sortierbereich werden die Gepäckstücke unter anderem mithilfe der Schwerkraft abwärts befördert und anschließend weiterbearbeitet. Im oftmals im Erdgeschoss gelegenen Ankunftsbereich kann das Gepäck nach der Landung ohne die Notwendigkeit einer Beförderung in höhergelegene Stockwerke von den Passagieren entgegengenommen werden.⁷⁶

⁷⁴ Vgl. International Air Transport Association, 2022

⁷⁵ Vgl. Edwards, 2005, S. 110

⁷⁶ Vgl. International Air Transport Association, 2016, S. 282 f.

2.3.3 Gepäckrückgabe

Die Gepäckrückgabe ist zumeist in Form von offenen, rundlaufenden Gepäckausgabebändern verschiedener Anordnungen gestaltet. Oftmals befinden sich die sogenannten Gepäckkarusselle mehrerer Ankünfte ohne eine räumliche Trennung in derselben Halle des Ankunftsgates. Die Entnahme der Gepäckstücke durch die ankommenden Fluggäste geschieht von Hand. Sicherheitsmechanismen zur Verhinderung fälschlicher Entnahmen fremder Gepäckstücke existieren in diesem System nicht.

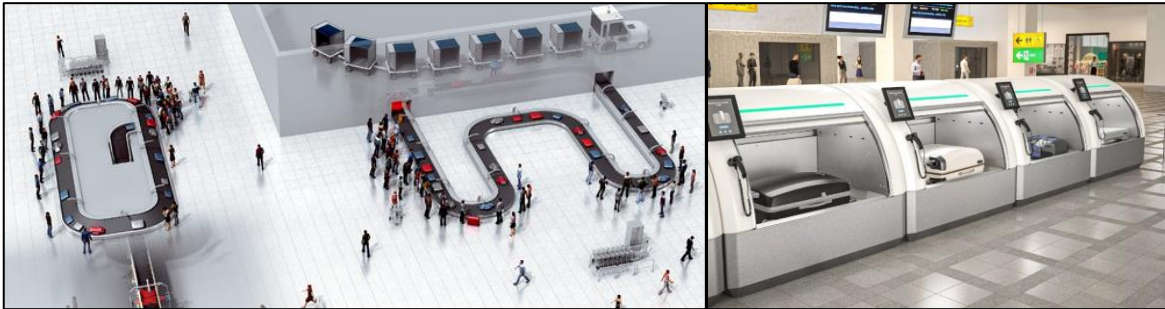


Abbildung 15: Gepäckrückgabebänder (links) und bedarfsgesteuerte Gepäckrückgabestationen (rechts)
(Quellen: SICK AG und BEUMER Group, o. D.)

Seitens des Intralogistiksystemherstellers *BEUMER Group* existieren bereits konzeptionelle Ansätze hinsichtlich einer bedarfsgesteuerten Gepäckrückgabe. Im Konzept *Baggage Claim On Demand* erfolgt die Rückgabe der Gepäckstücke einzeln an verschlossenen Rückgabestationen (siehe Abbildung 15 rechts). Die Passagiere können die gewünschten Rückgabestation per App wählen und werden benachrichtigt, sobald das Gepäckstück zur Abholung bereit ist. Das Öffnen der Entnahmestation wird durch den Scan eines generierten Abholcodes ermöglicht. Die Gepäckrückgabe soll durch dieses System kundenfreundlicher und sicherer werden.⁷⁷

⁷⁷ Vgl. BEUMER Group, o. D.

2.4 DLR-Konzepte zum Bahngepäcktransport

Forschende des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt beschäftigen sich schon länger mit Möglichkeiten des Gepäcktransports im Bahnverkehr. Neuste Forschungen sind im Zuge der Entwicklung des Fernverkehrszuges der Zukunft (*Next Generation Train*) entstanden. Die folgenden Abschnitte dienen der Vorstellung einiger relevanter Teilkonzepte und der damit verbundenen thematischen Einordnung der vorliegenden Arbeit.

2.4.1 Next Generation Train

Die Projektidee des Next Generation Train (NGT) basiert auf dem Grundgedanken einer Reduktion des innereuropäischen Flugverkehrs für Reisedistanzen bis 1.000 km. Das NGT-Konzept umfasst dabei ein europaweites, grenzüberschreitendes Hochgeschwindigkeitsnetz für den Fernverkehr.⁷⁸ Die Hochgeschwindigkeitszüge NGT-HST (für den Personenverkehr) und NGT-Cargo (Güterverkehr) sollen Metropolen und Großstädte miteinander verbinden. Die sogenannten NGT-LINK-Züge fahren auf Mittelstrecken und dienen der Anbindung von Kleinstädten an das Hauptfernverkehrsnetz.

Eines der Projektziele ist die Verkürzung der Reisezeiten im Personenverkehr. Im NGT-Konzept werden neben einer Reduktion der Anzahl an Zwischenhalten möglichst kurze Haltezeiten und Reisegeschwindigkeiten von bis zu 400 km/h angestrebt. So soll beispielsweise die Reisezeit auf der Bahnstrecke von Paris nach Wien von über elf Stunden auf 3 Stunden und 47 Minuten verkürzt werden.⁷⁹ Die vertikale Trennung zwischen der 1. und 2. Passagierklasse dient unter anderem der Verringerung der sich auf die Haltezeiten auswirkenden Fahrgastwechselzeiten. Die Sitzplätze der 2. Klasse befinden sich auf der unteren Ebene, Passagiere der 1. Klasse sitzen im Stockwerk darüber.

Die doppelstöckigen Zu- und Ausstiege erfolgen auf voneinander getrennten Ebenen und unter Anwendung der sogenannten „Spanischen Lösung“. In diesem System dienen Zwillingsbahnsteige jeweils exklusiv dem Ein- oder Ausstieg. Dadurch sollen entgegengerichtete Fahrgastströme ebenso wie die Festlegung einer definierten Laufrichtung vermieden werden. Innerhalb der Wagons sind für die Passagiere keine Treppen zwischen den Ebenen vorgesehen.

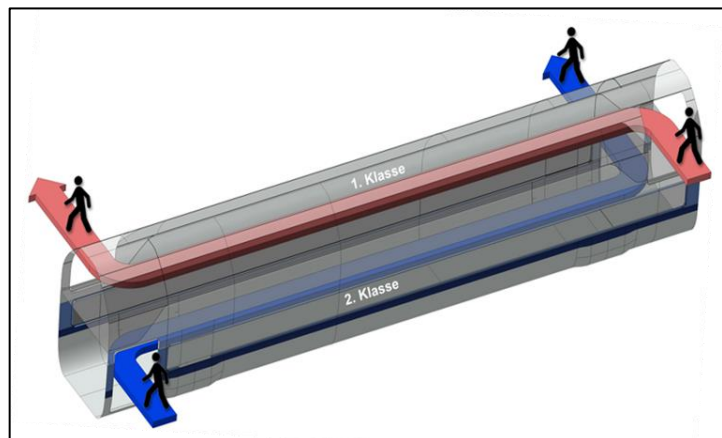


Abbildung 16: Doppelstöckiger Ein- und Ausstieg beim NGT-HST (Quelle: Böhm et al., 2020, S. 33)

⁷⁸ Vgl. Schumann et al., 2013, S. 31 ff.

⁷⁹ Vgl. Schumann, 2014

Ein NGT-HST misst eine Länge von 202 m und kann sowohl einzeln als auch optisch gekoppelt in Doppeltraktion fahren. Die Fahrgastkapazität liegt bei 800 bzw. 1.600 Personen. Zur weiteren Optimierung der Fahrgastwechselzeiten erfolgt die Gepäckmitnahme im NGT-Konzept nicht eigenhändig durch die Fahrgäste, sondern in einem eigens dafür bestimmten Gepäckbereich. Die Trennung von Passagier- und Gepäckbeförderung soll für schnellere Fahrgastwechselzeiten und einer Steigerung der Attraktivität des Bahnverkehrs sorgen.⁸⁰

Die fahrzeugseitige Gepäckbeförderung ist im NGT-Konzept in Form eines automatisierten Sortier- und Lagersystems im Triebkopf des NGT-HST untergebracht (siehe Abbildung 17). Die Transportkapazität des konzipierten Lagers beträgt 346 Gepäckstücke pro Triebkopf (692 St. pro Zug in Einzeltraktion). Die in vergleichbaren Zügen im Triebkopf untergebrachten Passagiersitze, die durch den zusätzlichen Platzbedarf des System entfallen, werden durch eine erhöhte Sitzplatzdichte in den übrigen Wagons ausgeglichen. Gepäckracks und Überkopfablagen für große Reisegepäckstücke sind in den Fahrgasträumen nicht installiert.⁸¹

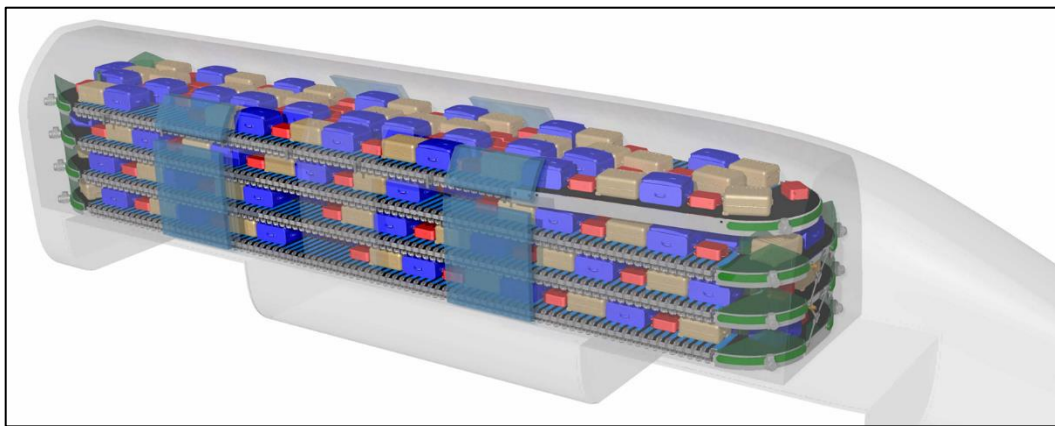


Abbildung 17: Automatisches System zur Gepäcksortierung und -lagerung im Triebkopf des NGT-HST (Quelle: Arendt et al., 2022, S. 47)

Das Gepäcksystem kann Gepäckstücke auf vier übereinanderliegenden Ebenen transportieren. Auf jeder Ebene besteht das vollautomatische Lager aus einem innenliegenden Langzeitlager sowie einem umlaufenden Kurzzeitlager. Durch Interaktionen zwischen dem Kurzzeit- und Langzeitlager können die Gepäckstücke während der Fahrt zur gezielten Entladung am nächsten Bahnhof vorsortiert werden. Die Schnittstelle zwischen dem Triebkopflager und der Bahninfrastruktur erfolgt durch eine mechanische Verbindung des außenliegenden Kurzzeitlagers mit der Infrastruktur. Die Verbindung kann auf allen vier Ebenen und an beiden Zugseiten hergestellt werden.⁸²

⁸⁰ Vgl. Böhm et al., 2020, S. 32 ff.

⁸¹ Vgl. Arendt et al., 2022, S. 47 ff.

⁸² Vgl. ebd.

2.4.2 Next Generation Station

Im Zuge des Gesamtprojekts eines leistungsfähigen Bahnkonzepts wurde neben den NGT-Fahrzeugen auch eine dazugehörige Bahninfrastruktur, die Next Generation Station (NGS), entwickelt. Die NGS-Bahnhöfe fungieren als Verbindungsknoten des Verkehrsnetzes. Die NGS ist als Turmbahnhof mit mehreren übereinanderliegenden Ebenen konzipiert (siehe Abbildung 18). Die Entwürfe sehen die Haltepunkte der NGT-HST-Fernverkehrszüge (blaue Akzentfarbe) auf den zwei Gleisen der obersten Ebene vor. Die Züge können in Doppeltraktion hintereinander auf demselben Gleis stehen. In den darunterliegenden Stockwerken halten die NGT-LINK-Züge (grüne Akzentfarbe). Die Verbindungen zum ÖPNV und Individualverkehr befinden sich in den tiefergelegenen Untergeschossen (in Abbildung 18 nicht dargestellt).⁸³

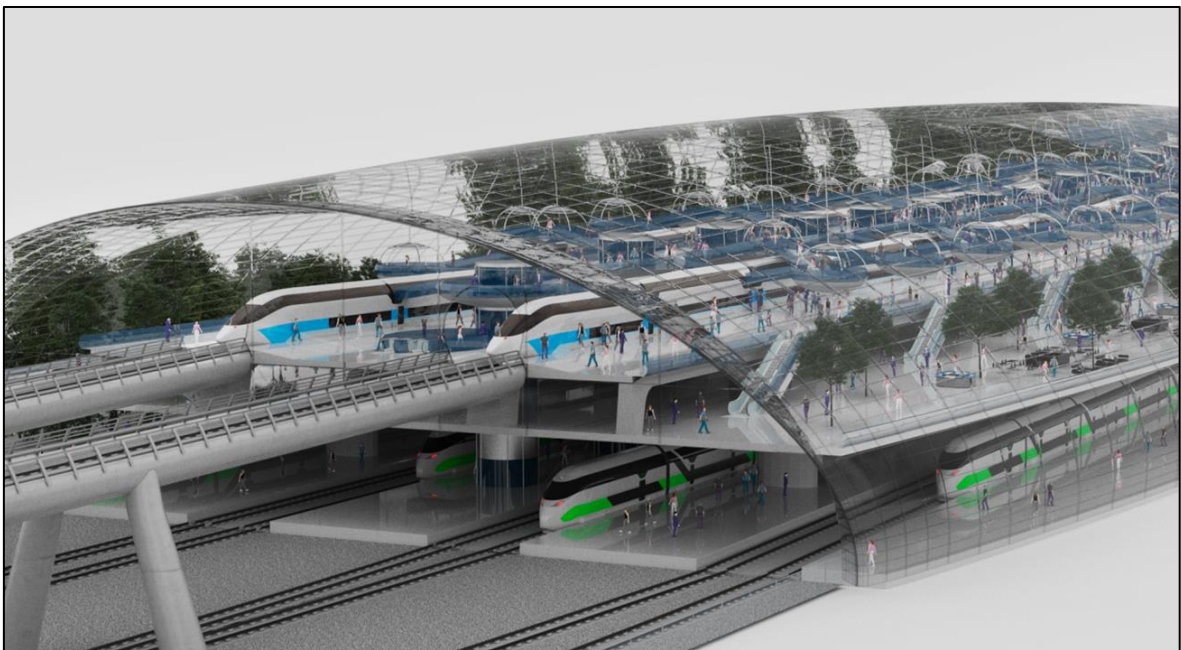


Abbildung 18: Next Generation Station (Quelle: Popa et al., 2022, S. 2)

Zwischen den Bahnsteigebenen der HST- und LINK-Züge befindet sich eine Zwischenebene, die vorrangig die Funktion als Umstiegs- und Transferebene zwischen dem Regional- und Fernverkehr erfüllt und den Fahrgästen zudem diverse Warte- und Einkaufsmöglichkeiten bietet.

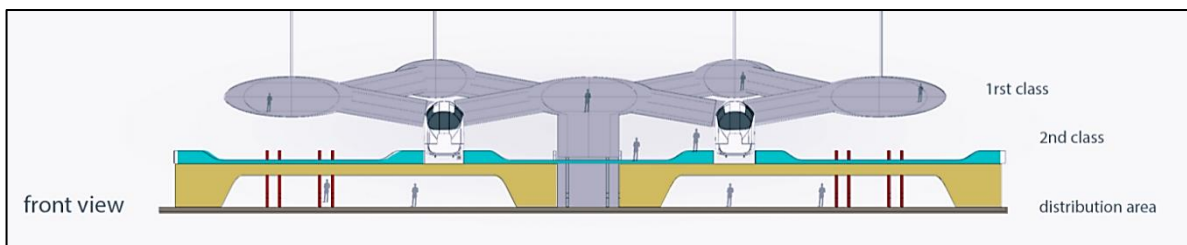


Abbildung 19: Zwischenebene, Bahnsteigebene und Zugangsbereich der 1. Klasse (Quelle: J. Osorio)

⁸³ Vgl. Popa et al., 2022, S. 3 ff.

Auf dem Mittelbahnsteig der obersten Bahnsteigebene befindet sich der Ausstiegsbereich für die Passagiere der 2. Klasse. Der Einstieg erfolgt jeweils auf der Außenseite der Bahnsteigebene. Die zum Ein- und Ausstieg für die 1. Klasse konzipierten Rampen befinden sich über den Bahnsteigen der 2. Klasse und sind durch mittig entlang der Station verteilte Aufzüge erreichbar (siehe Abbildung 19). Über dem Einstiegsbahnsteig der 2. Klasse befinden sich runde Wartelounges mit direkten Zugängen zum oberen Fahrzeuggeschoss.⁸⁴

Hinsichtlich eines Gepäcktransportsystems existieren erste Grundgedanken in Anlehnung an Gepäckabfertigungsanlagen an Flughäfen. Die Passagiere sollen die Möglichkeit haben, Gepäckstücke an Aufgabeschaltern im Bahnhofsgebäude abzugeben. Die Rückgabe soll nach der Ankunft im Zielbahnhof erfolgen. Im Vorlauf der vorliegenden Arbeit wurde die Anzahl benötigter Gepäckautomaten unter anderem auf Basis angenommener Fahrgastzahlen und Ankunftsverteilungen in einer simulationsbasierten Parameterstudie untersucht.⁸⁵ Die Ergebnisse und Annahmen der genannten Studie werden in Kapitel 6 ausführlich beleuchtet und zur Konzeption herangezogen. Anknüpfend an die durchgeführte Studie liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit auf der Konzeption und Ausarbeitung des bahnhofsinfrastrukturseitigen Gepäcksystems. Die folgenden Kapitel dienen zunächst der Anforderungsanalyse an den Gepäcktransport sowie der dafür notwendigen Definition von Anwendungsfällen und der Ausarbeitung eines Gesamtkonzepts für den Gepäck- und KEP-Transport im Eisenbahnfernverkehr.

⁸⁴ Vgl. Popa et al., 2022, S. 3 ff.

⁸⁵ Vgl. Popa et al., 2021, S. 26 ff.

3 Anwendungsfälle für ein Gepäcktransportsystem

Im ersten Schritt des methodischen Abschnitts dieser Arbeit werden in Vorbereitung auf die Konzeption zunächst diverse Anwendungsfälle (Use Cases) für den automatisierten Gepäcktransport im Fernverkehr definiert. Im Vergleich zum Nahverkehr spricht man von Fernverkehr, sobald die Gesamtreisedistanz von 50 Kilometern beziehungsweise die Gesamtreisezeit von einer Stunde überschritten wird. Dies ergibt sich aus dem Umkehrschluss der Definition des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) aus dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG).⁸⁶ Ausführliche Betrachtungen bezogen auf den Gepäcktransport im ÖPNV sind kein elementarer Bestandteil dieser Arbeit, jedoch ist die Möglichkeit der Ausweitung des Transportsystem auf den Zubringerverkehr zum Fernverkehrsbahnhof vorgesehen. Die ausgeführten Anwendungsfälle beschränken sich auf die Mitnahme von Reisegepäckstücken wie Koffern oder größeren Taschen und Rucksäcken. Reisen, die ausschließlich mit Handgepäck bestritten werden, stellen keinen Use Case dar. Handgepäckstücke wie beispielsweise Handtaschen oder kleine Rucksäcke sollen auch bei Bestehen eines automatischen Gepäcksystems ohne vorherige Anmeldung persönlich im Fahrgastraum mitgeführt werden können. Die jeweiligen Anwendungsszenarien zur Nutzung eines Gepäcksystems ergeben sich aus den unterschiedlichen Anlässen zur Bahnnutzung als Element der gesamten Fernreisekette sowie den damit verbundenen Transportmitteln.

3.1 Reiseketten

Bahnreiseketten

Die wesentlichen Anwendungsfälle von Reisen unter ausschließlicher Nutzung des Verkehrsträgers Bahn beziehen sich auf Urlaubs- bzw. Privatreisen und geschäftlich bedingten Fahrten. Für jeden Use Case wird die gesamte Reisekette betrachtet. Umstiege zwischen Teilverbindungen werden demzufolge miteinbezogen. Je nach Zweck der Reise bestehen Unterschiede hinsichtlich der Art des transportierten Gepäcks. Während auf Urlaubsreisen vermehrt große Gepäckstücke mitgenommen werden, tragen geschäftlich Reisende meist weniger Gepäck oder nur Handgepäck mit sich. Darüber hinaus wird angenommen, dass Geschäftsreisende eine eher geringe zeitliche Flexibilität mitbringen und ihr Gepäck demnach möglichst stets verfügbar haben möchten. Gleiches gilt für Berufspendler, die täglich den Fernverkehr nutzen. Da bei Berufspendlern davon auszugehen ist, dass keine größeren Gepäckstücke transportiert werden, stellt diese Personengruppe keinen Anwendungsfall für einen gesonderten Gepäcktransport dar.

Intermodale Reiseketten

Bei einer Nutzung mehrerer verschiedener Verkehrsträger entlang einer Reisekette spricht man von intermodalem Verkehr. Interkontinentale Reisen zum Beispiel können in der Regel nicht vollständig

⁸⁶ § 8 Absatz 1 Satz 1 bis 2 PBefG

mit der Bahn getätigt werden. Die Bahn kann dennoch ein Verkehrsträger der intermodalen Reisekette sein, indem die Bahnfahrt beispielsweise in der Vor- oder Nachreisephase als Zubringer zum Flug- oder Seehafen fungiert. Intermodale Reisen, in denen der Bahnfernverkehr zumindest einen Teil der Reisekette abbildet, stellen somit ebenfalls einen Anwendungsfall für ein Gepäcktransportsystem dar. Hinsichtlich der Gesamtkonzeption für den Bahngepäcktransport sind im Gegensatz zu Reisen unter ausschließlicher Nutzung der Bahn somit nicht nur Umstiege zu weiteren Bahnverbindungen, sondern auch Transferverbindungen zu anderen Schnittstellen wie Flughäfen, Hafenterminals oder Fernbusbahnhöfen zu betrachten. Eine Fernfahrt mit der Bahn kann dabei sowohl am Anfang und Ende der Reisekette stehen oder auch als ein verbindendes Element in der Gesamtreisekette auftreten. Der Bahnhof ist somit nicht zwingend ausschließlich als Startpunkt zu sehen. Hinsichtlich des mitgenommenen Gepäcks wird an dieser Stelle keine Differenzierung zu den ausschließlich mit der Bahn reisenden Personen vorgenommen. Wie auch bei den Bahnreiseketten liegt der Fokus auf Reisenden mit großen Reisegepäckstücken.

3.2 Gepäckaufkommen nach Reisezweck

In der 2008 veröffentlichten Arbeit von PLANK wurden verschiedene Reisezwecke in die sieben Kategorien *Urlaubsreise*, *Privatreise (länger als 5 Tage)*, *Privat-Kurzreise (2 bis 4 Tage)*, *Privat-Tagesreise*, *Dienstreise-mehrtägig*, *Dienstreise-eintägig*, und *Pendlerfahrt* unterteilt. Die Anteile der Reisezwecke wurden anhand der durchgeführten Befragungen ermittelt und jeweils durch einen Reisezweckmix dargestellt.⁸⁷ Wie auch in der Thesis von ARENDT wird der Mix „Deutschland Sommer 07“ herangezogen (siehe Tabelle 1).⁸⁸ Dieser Mix beschreibt den Anteil des jeweiligen Reisezwecks an der Anzahl der erfassten Reisen. Die Daten basieren auf Fahrgastbefragungen an verschiedenen Bahnhöfen und Strecken der Deutschen Bahn sowie durchgeführten Zählungen und Messungen im Sommer 2007.⁸⁹

Tabelle 1 zeigt das erfasste und nach Reisezweck kategorisierte Gepäckaufkommen pro Fahrgast. Die Daten sind nach dem jeweiligen Anteil des Reisezwecks am Reisezweckmix sortiert. Zudem wird zwischen Reise- und Handgepäck unterschieden. Auf die durch PLANK angewendete Untergliederung zwischen großen und mittelgroßen Reisegepäckstücken wird an dieser Stelle verzichtet, da diese Unterscheidung keinen Einfluss auf das Nutzungspotenzial hinsichtlich des Gepäcksystems hat. Des Weiteren sind die Durchschnittswerte und der nach den Anteilen am Reisezweckmix gewichtete Durchschnitt der Gepäckmitnahme pro Fahrgast dargestellt:

⁸⁷ Vgl. Plank, 2008, S. 9

⁸⁸ Vgl. Arendt, 2021, S. 16

⁸⁹ Vgl. Plank, 2008, S. 4 f.

Reisezweck	Reisezweckmix „Deutschland Sommer 07“	Anzahl Reisegepäckstücke pro Fahrgast	Anzahl Handgepäckstücke pro Fahrgast	Summe Gepäckstücke pro Fahrgast
Privat-Kurzreise (2-4 Tage)	29%	0,79	0,38	1,17
Urlaubsreise	24%	0,99	0,30	1,29
Privatreise (5+ Tage)	15%	1,09	0,40	1,49
Dienstreise-mehrtägig	13%	0,93	0,46	1,39
Pendlerfahrt	7%	0,64	0,38	1,02
Privat-Tagesreise	7%	0,43	0,30	0,73
Dienstreise-eintägig	5%	0,59	0,43	1,02
Durchschnitt		0,78	0,38	1,16
gewichteter Durchschnitt		0,86	0,37	1,23

Tabelle 1: Gepäckaufkommen pro Fahrgast und Reisezweck nach PLANK (Vgl. Plank, 2008)

Zum Vergleich dieser 2008 veröffentlichten Daten werden im Jahr 2014 ermittelte Umfragedaten aus dem Projekts GEPÄCKLOS herangezogen. Dieses Projekt wurde von 2014 bis 2015 von der Technischen Universität Wien und weiteren Partnern für das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie durchgeführt. Das Ziel war unter anderem die Identifizierung von Kundenbedürfnissen anhand umfangreicher Kundenbefragungen sowie Experteninterviews und Workshops. Dabei fand im Wesentlichen eine Unterscheidung zwischen Urlaubsreisenden und den übrigen Bahnreisenden statt. Eine weitere Unterkategorisierung der Reisezwecke wurde nicht vorgenommen.⁹⁰

Reisezweck	Anteil der Befragten	Anzahl Reisegepäckstücke pro Fahrgast	Anzahl Handgepäckstücke pro Fahrgast	Summe Gepäckstücke pro Fahrgast
Bahnreise gesamt	100%	0,58	0,63	1,21
Urlaubsreise	33%	0,77	0,57	1,34

Tabelle 2: Gepäckaufkommen pro Fahrgast nach Daten von GEPÄCKLOS (Vgl. Dietrich, 2017, S. 110)

Den im Zuge des Projekts veröffentlichten Daten zufolge führen Reisende im Durchschnitt 1,21 Gepäckstücke mit sich. Dieser Wert ist ähnlich zu den Durchschnittswerten der von PLANK veröffentlichten Daten. Fahrgäste auf Urlaubsreisen nehmen im Mittel mehr Gepäckstücke mit. Die

⁹⁰ Vgl. netwiss OG, 2015

Anzahl des durchschnittlichen Reisegepäcks ist mit 0,77 höher als im Gesamtschnitt, wohingegen die Mitnahme von Handgepäck in den Urlaub geringer ausfällt.⁹¹

Trotz auftretender Unterschiede unterstützen beide Datensätze die Annahme eines tendenziell höheren Reisegepäckaufkommens mit steigender Reisedauer. Dies deutet auf ein erhöhtes Nutzungspotenzial für längere (Urlaubs-)Reisen und damit verbundenen größeren Gepäckstücken hin. Ebenso unterstützen die Daten die Annahme, dass Pendler sowie eintägig Reisende (privat und geschäftlich) ein vergleichsweise geringeres Nutzungspotenzial für ein Gepäcktransportsystem besitzen. Dies wird ebenfalls von den geringen Anteilen am Reisezweckmix unterlegt. Dabei gilt es den Zeitraum der Datenermittlung des Reisezweckmixes zu beachten. In den Sommermonaten kann von einer erhöhten Anzahl Urlaubsreisen und vergleichsweise weniger Geschäftsreisen ausgegangen werden. Daher ist besonders in diesem Zeitraum mit einem erhöhten Gepäckaufkommen zu rechnen. Die herangezogenen Daten sind dennoch hinsichtlich der Anforderungen an ein Gepäcktransportsystems zur qualitativen Betrachtung geeignet, da das System primär für die Abfertigung hohen Gepäckaufkommens in Hauptverkehrszeiten ausgelegt werden soll.

Quantitative Detailbetrachtungen des Gepäckaufkommens und dessen Verteilung im Zeitverlauf sowie des damit verbundenen Nutzungspotenzials für den Transport anderer Güter (z.B. KEP-Sendungen, siehe Folgeabschnitte) gilt es im Zuge von nachfolgenden Arbeiten durchzuführen. Hierzu bedarf es der Erhebung aktueller Daten zu den Reisezwecken im Jahresverlauf und des damit verbundenen Gepäckaufkommens. Zur Kennzahlenbetrachtung in Kapitel 6 wird hinsichtlich der Gepäckmitnahme der Durchschnittswert aus dem Urlaubsreisewert von GEPÄCKLOS (0,77 Gepäckstücke pro Person) und dem gewichteten Durchschnitt von PLANK (0,86 Gepäckstücke pro Person) verwendet. Dieser Wert beträgt 0,82 Gepäckstücke pro Person und entspricht der Berechnung und Auslegung des Gepäcklagers im NGT-Triebkopf von ARENDT. Diesem Konzept zufolge kann 82 % der Reisenden ein gesonderter Gepäcktransport im Zug angeboten werden.⁹²

3.3 Sonderfälle

Unabhängig der betrachteten Reisekette kann es zu Sonderfällen beim Gepäcktransport kommen. Sondergepäck, das aufgrund außerordentlicher Geometrien und Abmaße oder zu hohen Gewichts nicht von einem automatisierten System bearbeitet werden kann, stellt ebenfalls einen Anwendungsfall für das Gesamtgepäcksystem dar. Im Flugverkehr wird zwischen den Gepäckkategorien *In-size* (Normalgröße), *Out-of-Gauge* (OOG, „über das Normalmaß hinausgehend“) und *Oversized* (Übergröße) unterschieden. Während In-Size-Gepäck den Regelprozess durchläuft, kann OOG-Gepäck generell durch das Gepäcksystem prozessiert werden. Für die Maschinen der automatischen Sprengstoffkontrolle EDS (*Explosive Detection System*) ist dieses Gepäck hingegen zu groß. Die Sicherheitskontrolle muss daher manuell durchgeführt und die Gepäckstücke anschließend dem Fördersystem zugeführt werden. Gepäck mit Übergröße kann

⁹¹ Vgl. Dietrich, 2017, S. 110

⁹² Vgl. Arendt, 2021, S. 77

grundsätzlich nicht durch das Hauptgepäckabfertigungssystem bearbeitet werden. Zum Handling dieses Gepäcks ist entweder eine manuelle Abfertigung oder ein speziell auf Übergepäck ausgelegtes Fördersystem sowie unter Umständen eine manuelle Sprengstoffkontrolle ETD (*Explosives Trace Detection*) vonnöten.⁹³ Zum Übergepäck zählen etwa Fahrräder, Sportausrüstung und Koffer für Musikinstrumente.

Sondergepäckstücke müssten demzufolge auch im Bahnverkehr per Einzelfallentscheidung bearbeitet und gesondert behandelt werden. Dies bezieht sich sowohl auf die Gepäckaufgabe und den Transport als auch auf den Gepäcktransfer bei Umsteigeverbindungen und die Gepäckaushandlung am Reiseziel. Eine gesonderte Anmeldung des sperrigen Guts und ein außerordentliches, manuelles Handling von Seiten der Betreiber sind diesbezüglich denkbar. Zudem bräuchte es einen gesonderten Bereich zum Transport im Zug oder darüberhinausgehend die Option eines zeitversetzten Transports in einem geeigneten Fahrzeug. Da es sich um Ausnahmefälle handelt, erfolgt im Sinne der reduzierten Komplexität im Verlauf dieser Arbeit keine weitere Betrachtung von Sondergepäck. Der Fokus liegt auf dem Regelprozess. Für eine detaillierte Planung und Umsetzung des Systems müssen Sonderfälle jedoch Berücksichtigung finden.

3.4 Erweiterung um KEP-Transport

Neben der Beförderung von Reisegepäck soll das automatisierte System zusätzlich als Transportmittel für die Sendungen von **Kurier-, Express und Paketdienstleistern** fungieren können. In einem 2022 veröffentlichten Positionspapier stellen Akteure der deutschen Verkehrs- und Logistikbranche das Erfordernis alternativer Pakettransportmöglichkeiten dar. Dies soll der Bewältigung des steigenden Versandaufkommens und gleichzeitig der Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasemission dienen. Vor diesem Hintergrund wird die Ausweitung des Pakettransports im Schienenverkehr empfohlen. Als konkrete Maßnahme fordern die Verfasser unter anderem eine Kapazitätserweiterung der Langstreckenkorridore des Schienentransports im In- und Ausland.⁹⁴

In Nebenzeiten, in denen das Reisegepäcksystem freie Kapazitäten besitzt, könnten Paketsendungen zusätzlich zu den Gepäckstücken transportiert werden. Dies würde zur Entlastung des Straßengüterverkehrs beitragen. Durch die Mitnutzung von Personenzügen zum KEP-Transport erreichten Lieferungen schneller urbane Zentren. Außerdem ist die Reduktion von Leerfahrten auf stark unidirektional ausgelasteten Transportrouten aufgrund der Gepäckmitnahme durch die Passagiere möglich. Da Pakete gepäckähnlichen Abmaß- und Gewichtsklassen zugeordnet werden können, liegt das Hauptaugenmerk der Erweiterbarkeit des Systems um den Versand von KEP-Gütern auf den Schnittstellen zwischen der Anlieferung bzw. Abholung der Versanddienstleister und der bahnhofsseitigen Gepäckinfrastruktur. Das an dieser Stelle folgende Gesamtkonzept für den Bahngepäcktransport berücksichtigt daher die Integration der Mitnahmemöglichkeiten von KEP-Gütern.

⁹³ Vgl. International Air Transport Association, 2016, S. 494

⁹⁴ Vgl. Allianz pro Schiene, BIEK und VDV, 2022, S. 1-5

4 Gesamtkonzept für den Bahngepäcktransport

Die Erarbeitung eines Gesamtkonzepts dient der Veranschaulichung diverser Möglichkeiten und Teilkonzepte innerhalb eines vernetzten Bahngepäcksystems, das an verschiedenen Stellen über den Transport während der Bahnfahrt hinausgeht und den maximalen Komfort für die Reisenden anstrebt. Aus dem visionären Gesamtkonzept geht im Weiteren die thematische Eingrenzung auf zentrale Elemente zur Betrachtung im Verlauf der Arbeit hervor. Darüberhinausgehende Konzeptideen können perspektivisch als Anregungen zur Ausarbeitung weiterer Teilkonzepte dienen. Dieses Kapitel bezieht sich zunächst nicht auf technische Details und Umsetzungsmöglichkeiten, sondern legt den Fokus auf übergeordnete, visionäre Zusammenhänge.

4.1 Vorstellung des Gesamtkonzepts

Das Gesamtkonzept basiert auf den im vorherigen Kapitel definierten Anwendungsfällen. Die in diesem Kapitel erläuterte Vision geht grundlegend vom privaten Wohnsitz der Reisenden als Startpunkt aus. Zu Beginn der Reise gelangen die Fahrgäste zum Startbahnhof ihrer Reise. Von dort aus fahren sie entweder direkt oder mit Umstiegen zum Zielbahnhof oder zu einem Bahnhof, der mit einem Flug- oder Seehafen verbunden ist. Grundsätzlich kann die Reise auch in der Gegenrichtung verlaufen und beispielsweise von einem Hotel im Urlaubsland starten und über eine Reisekette bestehend aus einem Flughafentransfer, dem anschließenden Flug und einer Bahnreise zum Heimatort führen. Im Sinne der reduzierten Komplexität wird im Folgenden lediglich die erstgenannte Richtung näher beschrieben. Die betrachtete Reisekette wird in Anlehnung an die Untergliederung nach DIETRICH in verschiedene Reisephasen geclustert.⁹⁵ Die erarbeiteten zukunftsorientierten Teilkonzeptideen werden in diesem Kapitel vorgestellt und zunächst auf der folgenden Seite veranschaulicht.

⁹⁵ Vgl. Dietrich, 2017, S. 34 ff.

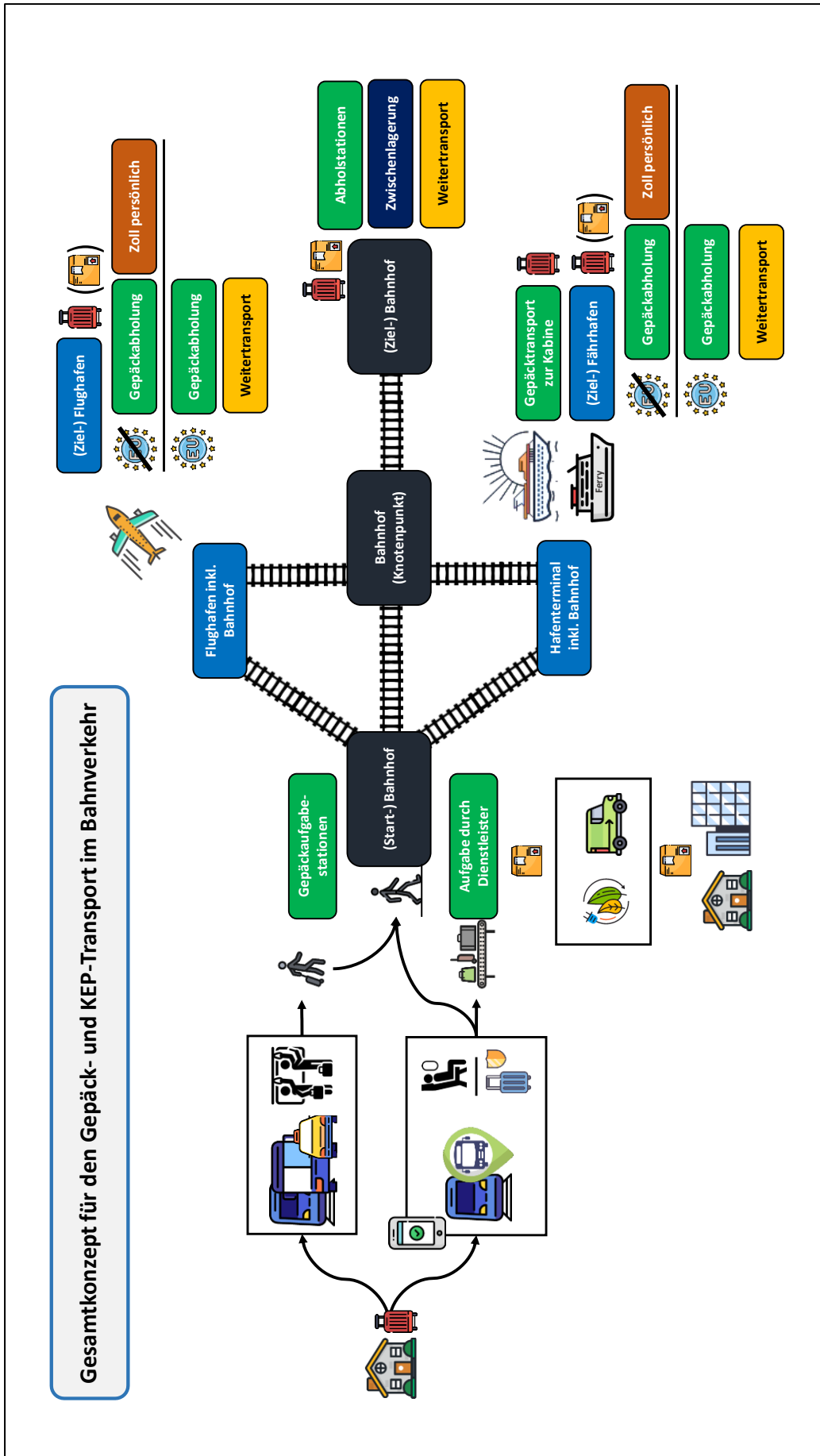


Abbildung 20: Gesamtkonzept für den Gepäck- und KEP-Transport im Bahnverkehr (eigene Darstellung)

Entscheidungsphase

In der Entscheidungsphase treffen die Reisenden die Wahl des Verkehrsmittels. Im Gesamtkonzept für den Bahngepäcktransport wird angenommen, dass sich die Reisenden bereits im Vorfeld für eine Fernfahrt mit der Bahn als einen Teil der Reisekette entschieden haben. Der Ort der Gepäckaufgabe variiert dabei in Abhängigkeit von der Wahl des Transportmittels, das als Zubringer zum ersten Fernverkehrsbahnhof der Reisekette („Startbahnhof“) dient.

Vorreisephase

Die Reisevorbereitungen finden in der Vorreisephase statt und umfassen unter anderem den Kauf der Fahrkarten. Im dargestellten Konzept haben die Reisenden beim Ticketkauf auf der Website oder in der transportmittelübergreifenden Reise-App die Option der Buchung eines optionalen Gepäcktransports für die gesamte Reisekette inklusive der Transportmöglichkeiten zum Startbahnhof. Während des Buchungsvorgangs erfolgt die Auswahl der Anzahl an Gepäckstücken und der jeweiligen Gewichtsklasse. Die zusätzlich anfallenden Gebühren werden beim Ticketkauf entrichtet. Die Reisenden haben die Möglichkeit ihren Gepäckanhänger im Sinne einer erleichterten Handhabung während der Folgeprozesse bereits zu Hause auszudrucken und zu befestigen.

Anreisephase zum Startbahnhof

Die Anreise zum Startbahnhof ist entscheidend für die Gepäckmitnahme. Im Idealfall hat sich der Fahrgast für die Anreise mit dem öffentlichen Nahverkehr oder einem mit anderen Fahrgästen geteilten Verkehrsmittel (wie z.B. einem Ruf- oder Fernbus) entschieden. In Verkehrsmitteln mit einer festen Anbindung an einen Fernverkehrsbahnhof haben die Reisenden bereits die Möglichkeit der Gepäckaufgabe vor oder während der Fahrt. In ländlichen Regionen können Fahrgäste im Vorfeld einen bedarfsgesteuerten Rufbus, der auf einer kalkulierten Route für verschiedene Personen an virtuellen Haltestellen hält, anfordern. Das Gepäck wird durch Mitarbeitende des Verkehrsunternehmens für die weitere Reise eingecheckt und nach der Ankunft am Startbahnhof an einer speziellen Schnittstelle an das Gepäcksystem des Bahnhofs weitergeleitet. Die Voraussetzung für die Nutzung dieses Service ist der zuvor angebrachte Bag-Tag, um eine Gepäckerfassung in der Anreisephase zu gewährleisten.

Gelangen die Reisenden hingegen mit dem PKW, Taxi oder einem anderen Verkehrsmittel ohne eine Gepäckaufgabemöglichkeit zum Startbahnhof, so kann das Gepäck innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters an vorrangig automatisiert betriebenen Schaltern im Bahnhof aufgegeben werden. Zur Unterstützung in Sondersituationen, wie zum Beispiel Systemstörungen und Abgabeproblemen sowie der Aufgabe von im Vorfeld angemeldetem Sondergepäck steht eine geringe Anzahl personengesetzter Schalter zur Verfügung. Die Abgabe von Sondergepäck muss unter Umständen früher als beim regulären Ablauf stattfinden. Bezüglich des Transports von KEP-Gütern gibt es einen gesonderten Anlieferungs- und Abholungsbereich für die beteiligten Versanddienstleister. Von dort aus werden Pakete über eigene Schnittstellen in das Gepäcksystem

gebracht bzw. am Ziel zur weiteren Bearbeitung aus dem System geleitet. Der KEP-Transport zwischen den Bahnhöfen ist dabei mit dem der Reisegepäckstücke identisch.

Im Zuge der elektronischen Erfassung des zuvor gebuchten Gepäcks wird in beiden Fällen eine digitale Beziehung zum vorliegenden Fahrticket geschaffen. Dadurch erfolgt die Übertragung relevanter Informationen zum Bestimmungsort und der Transportroute des Gepäckstücks an das System. Das weitere Handling des Gepäcks läuft ohne die Beteiligung der Reisenden ab.

Reisephase

Der Gepäcktransport erfolgt in der Regel mit demselben Zug, der auch die Reisenden befördert. Sollte aufgrund von freien Kapazitäten der Transport in einem vorausfahrenden Zug derselben Route möglich sein, so wird das Gepäck bereits vorab mitgesendet. Auf Fernreisen ist ein Umstieg der Reisenden auf dem Weg zu ihrem Ziel möglich. In diesem Fall muss auch das Gepäck am Knotenbahnhof weitergeleitet und somit umgeladen werden. Die Umladung wird automatisch im Rahmen der vorgegebenen Umsteigezeit vom Gepäcksystem des Bahnhofs bewerkstelligt, sodass keine Aktion der Reisenden erforderlich ist. Gleiches gilt beim Umstieg der Passagiere von der Bahn in ein Flugzeug oder Schiff. Am Fernbahnhof des Flug- oder Seehafens werden die Gepäckstücke automatisch an das jeweils angeschlossene Gepäcksystem überführt. Das weitere Handling liegt dann nicht mehr in der Verantwortung des EVUs. Während der kompletten Reisedauer haben die Reisenden die Möglichkeit der Gepäcknachverfolgung mithilfe der genannten App. Die Fahrgäste erhalten darin Echtzeitinformation zum Transportstatus und können somit unter anderem den erfolgreichen Transfer bei Umstiegen einsehen.

Gepäckrückgabe und Weitertransport

Grundsätzlich kann aufgegebenes Gepäck an den Abholstationen des Zielbahnhofs, Zielflughafens oder Zielseehafens an die Reisenden zurückgegeben werden. Die Fahrgäste haben zudem die Möglichkeit den Ort der Abholung in der Reise-App einzusehen und gegebenenfalls zu ändern. So kann die Rückgabe am Zielbahnhof beispielsweise in der Haupthalle des Bahnhofsgebäudes oder etwa im Übergangsbereich zum Nahverkehr erfolgen. Des Weiteren kann eine zeitlich begrenzte Zwischenlagerung im Bahnhof gewählt werden. Dies hat zum Vorteil, dass die Reisenden sich zunächst gepäcklos an ihrem Reiseziel bewegen können, sofern das Gepäck nicht unmittelbar benötigt wird. Um Verwechslungen und unbefugte Zugriffe auf die Gepäckstücke zu vermeiden, erfolgt die Rückgabe an den Abholstationen ausschließlich unter der Verwendung eines in der Reise-App generierten Abholcodes. Die Abholstationen stehen in Form von nach außen gesicherten Abholräumen oder verschlossenen Gepäck- bzw. Paketboxen zur Verfügung.

Über die Abholung am Bahnhof hinaus ist es möglich, einen Weitertransport des Gepäcks in der Reise-App in Auftrag zu geben. Die Gepäckstücke können dann ohne ein weiteres persönliches Eingreifen der Reisenden an eine beliebige Adresse oder Paketstation im Ankunftsland weitertransportiert werden. Dies ist ebenfalls auf Reiseketten, die eine Nutzung von Flugzeug oder Schiff beinhalten, möglich. Bei Reisen zwischen verschiedenen Zollunionen gilt zu beachten, dass die Gepäckstücke zur Zollerklärung gegebenenfalls persönlich überführt oder nur unter der

Voraussetzung zur Verfügung gestellter Zolldokumente weitertransportiert werden können. Auf Kreuzfahrten erfolgt der Weitertransport bis zur Kabine der Reisenden, sodass keine persönliche Abholung erforderlich ist.

Die genannten Optionen ermöglichen eine durchgängige, gepäcklose Reise von der eigenen Haustür bis zur Zieladresse. Durch den grundsätzlich parallelen Gepäcktransport im selben Verkehrsmittel wird ein zusätzliches Verkehrsaufkommen vermieden und ein für die Fahrgäste zeiteffizienter Gepäcktransport ohne lange Vor- und Nachlaufzeiten ermöglicht.

4.2 Abgrenzung zur weiteren Betrachtung

Hinsichtlich der weiteren, tiefergehenden Überlegungen wird der Betrachtungsrahmen auf die Infrastruktur eines Fernbahnhofs begrenzt. Im Gesamtkonzept können das sowohl der Start- und Endbahnhof als auch der verbindende Knotenpunkt sein. Bei den weiteren Ausführungen gibt es wenige Unterschiede, da jeder Fernbahnhof abhängig von der Reiseroute eine der drei genannten Funktionen erfüllen kann. Nicht miteinbezogen werden die angeschlossenen Bahnhöfe der Flughäfen und Hafenterminals, sowie die Bahnhöfe des Zubringerverkehrs. Ebenfalls erfolgt keine weitere Bearbeitung der Gepäckaufgabemöglichkeiten auf der Anreise zum Startbahnhof und der Anlieferung von KEP-Gütern. Die Schnittstelle zur Anlieferung wird mitberücksichtigt, jedoch nicht detailliert ausgearbeitet. Dies gilt ebenso für den Weitertransport nach der Ankunft am Zielbahnhof und die weitere Bearbeitung von KEP-Gütern.

Der Fokus der Konzeption liegt auf den logistischen Zusammenhängen der Bahnhofsgepäckinfrastruktur inklusive der benötigten Lager- und Fördertechnik. Die Detailbetrachtungen beziehen sich dabei auf Möglichkeiten des Gepäcktransports von der Aufgabe zum Zug sowie der nach der Ankunft durchgeführten Prozesse zur Gepäckrückgabe. Da die vorgelagerten Prozesse nicht betrachtet werden, geht die Konzeption von einer bahnhofsinternen Gepäckaufgabe aus.

Die Einführung eines Gepäcksystems ist ein komplexes Unterfangen, das große Herausforderungen in der Konzeption und Konstruktion mit sich bringt und gleichzeitig den Anspruch kundenfreundlicher Prozesse erfüllen soll. Im anschließenden Kapitel erfolgt eine Analyse der mannigfaltigen Anforderungen diverser an einem Gepäcktransport beteiligter Interessengruppen.

5 Anforderungsanalyse

Im ersten Schritt der Anforderungsanalyse erfolgt die Betrachtung der Anforderungen aus der jeweiligen Sicht der wichtigsten an der Einführung eines Gepäcksystems beteiligten Interessensgruppen (Stakeholdern). Die Bedarfe können sich je nach Stakeholder unterscheiden. Neben den wesentlichen Interessengruppen der Kundinnen und Kunden, der Betreiber der Bahnhöfe und der beteiligten Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVUs) wird auch eine Auswahl an weiteren am Gesamtsystem beteiligten Parteien beleuchtet. Hinsichtlich der Konzeption des automatischen Gepäcksystems für die Bahnhofsinfrastruktur liegt der Fokus auf den Anforderungen der Kundschaft und der EVUs bzw. der Bahnhofbetreiber. Sicherheitsbezogene Anforderungen werden aufgrund der Vielzahl der beteiligten Stakeholder gesondert im Unterkapitel 5.3 behandelt.

5.1 Anforderungen wesentlicher Stakeholder

5.1.1 Kundinnen und Kunden

Zu den wichtigsten Stakeholdern gehören die Passagiere. Diese sollen durch attraktive Angebote zur Nutzung des Gepäcksystems ermutigt werden. Die Angebote werden nur langfristig genutzt, wenn die verfügbaren Dienstleistungen den Anforderungen der Kundschaft entsprechen. Umfangreiche Kundenbefragungen potenzieller NutzerInnen eines Gepäckaufgabensystems für den Bahnverkehr zeigen den vorhandenen Bedarf auf. Dies geht unter anderem aus dem Projekt GEPÄCKLOS hervor. Eine besonders hohe Nachfrage besteht demnach für den Transport von Urlaubsreisegepäck und großen Gepäckstücken im Allgemeinen sowie der Gepäckmitnahme auf Bahnreisen, die zum Anschluss an den Flugverkehr dienen. Zudem gibt es eine erhöhte Nachfrage bei älteren und in ihrer Mobilität eingeschränkten Menschen sowie Personen, die mit Kindern reisen.⁹⁶ Entlang der Reisekette geben Familienreisende mit Kindern nach DIETRICH an, besonders beim Einsteigen (24 % der 506 befragten Personen) sowie bei der Verstauung (24 %) und Platzsuche (22 %) durch ihr mitgenommenes Gepäck beeinträchtigt zu sein.⁹⁷

Nutzungsbereitschaft von Gepäckserviceleistungen

Aufgrund der aktuell mangelnden Verfügbarkeit an Befragungen zur Nutzungswahrscheinlichkeit eines Gepäcksystems mit dem Transport im selben Zug dienen zu Vergleichszwecken zunächst die in Abbildung 21 dargestellte Umfragewerte hinsichtlich der Nutzung eines Tür-zu-Tür-Services, wie beispielsweise dem DB Gepäckservice (siehe Kapitel 2.1.1). Der Nutzung eines Tür-zu-Tür-Gepäckservices bei einer Winterurlaubsreise sind 82 % der befragten Familienreisenden positiv (48 %) oder eher positiv (34 %) gegenüber eingestellt. Die Nutzungsbereitschaft eines solchen Services variiert mit der Art der Gepäckstücke. Lediglich 18 % der Befragten würden Gepäckstücke

⁹⁶ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 78

⁹⁷ Vgl. Dietrich, 2017, S. 113 ff.

bis 10 kg Gewicht gesondert transportieren lassen (Summe der Antworten *ja* und *eher ja*). Eine klare Mehrheit würde einen Gepäckservice für Gepäckstücke zwischen 10 und 23 kg (73%) sowie für Gepäckstücke über 23 kg (86%) nutzen.⁹⁸ Dies entspricht der Annahme einer erhöhten Nutzungswahrscheinlichkeit für größeres und schwereres Gepäck aus Kapitel 3.

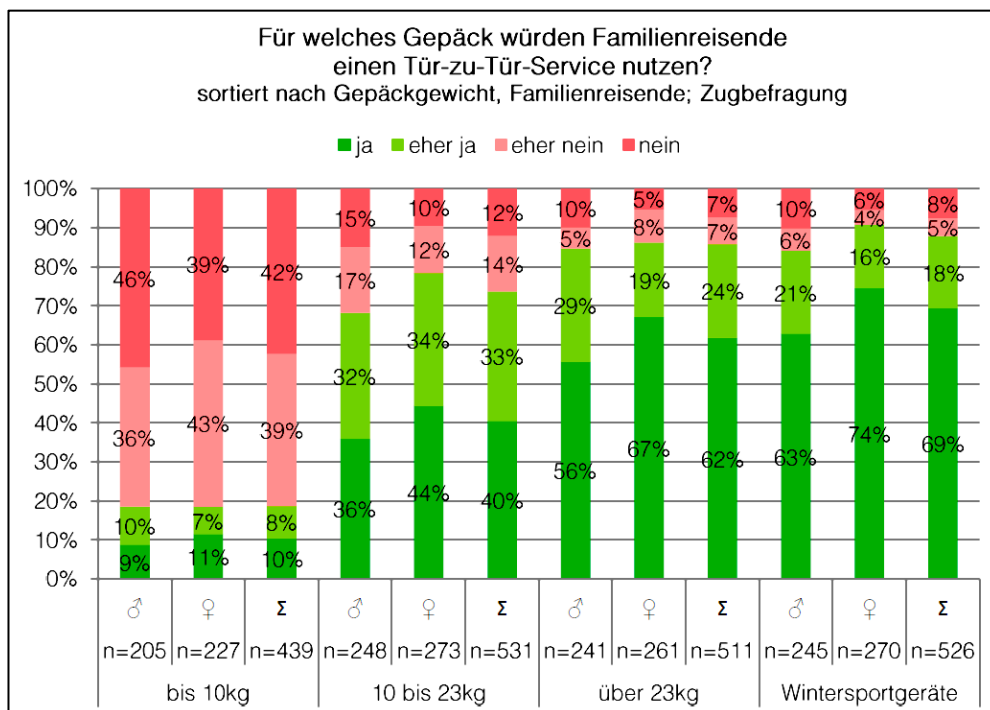


Abbildung 21: Nutzungswahrscheinlichkeit eines Gepäckservices unter Familienreisenden (Quelle: Dietrich, 2017, S. 115)

Grundsätzlich sind die Anforderungen der Kundschaft in allen Gliedern der Servicekette zu betrachten. Die Servicekette reicht nach SELTENHAMMER und dem Projekt EASY TRAVEL von der Bereitstellung von Informationen bezüglich der verfügbaren Angebote über die Buchung und Bezahlung bis hin zum Gepäcktransport. Der Transport schließt dabei sowohl die Abholung und Zustellung als auch die durchgängige Sendungsverfolgungen mit ein. Im Zuge von EASY TRAVEL wurden ca. 11.000 Personen in Österreich nach ihren Wünschen und Anforderungen innerhalb der Mobilitätskette befragt.⁹⁹

Entlang der Mobilitätskette sind alle genannten Aspekte hinsichtlich der Sicherheit und Flexibilität zu betrachten. Die Sicherheit umfasst dabei „die virtuelle Beobachtung des Gepäckstücks und die Sicherheit, dass es am richtigen Weg ist oder das Ziel erreicht hat und muss durch eine Echtzeit-Trackinginformation geschehen.“¹⁰⁰ Für 68 % der befragten Bahnreisenden würde eine angebotene Sendungsverfolgung zur Nutzung einer Gepäckserviceleistung beitragen (Antworten *ja* und

⁹⁸ Vgl. Dietrich, 2017, S. 113 ff.

⁹⁹ Vgl. Easy Travel, 2018; Seltenhammer, 2017, S. 29 ff.

¹⁰⁰ Easy Travel, 2018, S. 1

eher ja).¹⁰¹ Eine solche Trackingfunktion zur transparenten Gepäckverfolgung würde zur Steigerung des subjektiven Sicherheitsgefühls beitragen, indem den Fahrgästen angezeigt wird, dass das Gepäck gleichzeitig mit dem Reisenden auf dem Weg zum richtigen Ziel ist.¹⁰² Insbesondere für Fahrgäste, die während ihrer Reise umsteigen müssen, ist eine Sendungsverfolgung von großer Bedeutung. Des Weiteren wünschen sich nach Daten von EASY TRAVEL ca. zwei Drittel der befragten Fahrgäste eine Funktion zur Buchung von Gepäcktransport bei der Verwendung einer App bzw. Webseite zum Fahrkartenkauf.¹⁰³

Der Flexibilitätsaspekt bezieht sich insbesondere auf anpassungsfähige Möglichkeiten der Abholung und Zustellung an verschiedenen Adressen und Einrichtungen, wie beispielsweise Bahnhöfen oder Zustellboxen. Die Zeitfenstern sollten dabei möglichst frei wählbar sein. Zudem soll der Transport zeitnah erfolgen, sodass die Abholung erst kurz vor der Abreise und die Zustellung möglichst zeitnah nach der Ankunft erfolgt. Bei Anreisen zu Flughäfen besteht zudem ein großes Interesse, das Gepäck bereits im Zug abzugeben.¹⁰⁴ Ebenso sind kurzfristige Änderungen der Buchung, wie beispielsweise eine Anpassung der Anzahl der Gepäckstücke, erwünscht.¹⁰⁵ Bezogen auf flexible Gepäckaufgabemöglichkeiten ist eine personenabhängig variierende Bereitschaft, Zeit am Bahnhof zu verbringen, zu beachten. Es wird angenommen, dass Personen mit einer größeren Anzahl schweren Gepäcks sich im Vergleich zu Reisenden mit leichtem Handgepäck tendenziell früher vor der Abfahrt des Zuges am Bahnhof einfinden.¹⁰⁶ Dies kann unter anderem auf den erhöhten organisatorischen Aufwand zur Gepäckmitnahme und die damit verbundenen einkalkulierten Pufferzeiten auf dem Weg zum Bahnhof zurückgeführt werden.

Über die erleichterte Mitnahme von Gepäck hinaus besteht ein Bedarf an temporären Aufbewahrungsmöglichkeiten innerhalb des Bahnhofs. Im Zuge des Projekts SMARTSTORE fanden Befragungen von am Bahnhof wartende Personen statt. Etwa 40 % der potenziellen NutzerInnen der Angebote im Bahnhof fühlen sich durch ihr Gepäck beeinträchtigt. 80 % der Befragten wünschen sich die Möglichkeit einer kurzfristigen Gepäckabgabe zur leichteren Inanspruchnahme der örtlichen Infrastruktur.¹⁰⁷

Zahlungsbereitschaft der Fahrgäste

Laut Umfragen von GEPÄCKLOS erwarten 36% der Personen, die an einem Gepäckservice interessiert sind, dass der Service im Fahrpreis enthalten ist. Weitere 34% sind bereit, bis zu zehn Euro für den Service zu zahlen, während 19% bis zu 20 Euro zahlen würden. Lediglich 11% der

¹⁰¹ Vgl. Seltenhammer, 2017, S. 83

¹⁰² Vgl. Rüger, persönliches Interview, 24.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹⁰³ Vgl. Dietrich, 2017, S. 56

¹⁰⁴ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 78

¹⁰⁵ Vgl. Rüger et al., 2020, S. 19 f.

¹⁰⁶ Vgl. Ebenfeld, persönliches Interview, 09.12.2022, siehe Anhang 1.4

¹⁰⁷ Vgl. Graf et al., 2012, S. 10 ff.

Befragten gaben an, mehr als 20 Euro für den Service bezahlen zu wollen.¹⁰⁸ CHIAMBARETTO untersuchte die Zahlungsbereitschaft für einen Gepäckservice von intermodalen Zug-Flug-Passagieren. Fluggäste, die die Möglichkeit bekommen, ihr Gepäck am Startbahnhof des Zubringerzuges (hier auf der Strecke Lille-Paris) für ihre Langstreckenflugreise von Frankreich nach Asien aufzugeben, sind bereit, durchschnittlich 32 Euro für diesen Service auszugeben. Die Zahlungsbereitschaft wurde zudem in die Kategorien *Alter*, *Reisegrund* und *Anzahl Flüge im letzten Jahr* unterteilt. Dabei reichen die Werte von 22 Euro bei Geschäftsreisenden bis zu 57 Euro bei Reisenden ab 50 Jahren.¹⁰⁹

5.1.2 Bahnhofbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen

Neben den Kundenanforderungen spielen auch die Anforderungen der Bahnhofsbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVUs) eine elementare Rolle. Diese Erfordernisse sind im Vergleich zu den Kundenbedarfen deutlich weniger in der Fachliteratur thematisiert. Die im Folgenden beschriebenen Aussagen basieren primär auf Experteninterviews, die im Zuge der vorliegenden Arbeit mit Personen aus der Praxis und Forschung geführt wurden (siehe Anhang 1). Inhaltlich beziehen sich die Interviews sowohl auf die Anforderungen an ein automatisches Gepäcksystem als auch auf die Herausforderungen hinsichtlich einer Umsetzung und Einführung.

Mitte der 1990er Jahre hat die Deutsche Bahn den Transport von Gepäck im Gepäckwagen eingestellt. Eine der grundlegenden Faktoren war die Verkehrsbeschleunigung (siehe Abschnitt 2.1.1). Demzufolge ist es eine Grundvoraussetzung, dass der Einsatz eines automatischen Gepäcktransportsystem nicht zu einer erneuten Verlangsamung des Verkehrs führt. Es muss also sichergestellt sein, dass die geplanten Ein- und Auslagerungsvorgänge in der vorgegebenen Zeit ausgeführt werden und es nicht zu Verzögerungen und Zugverspätung aufgrund der Gepäckverladung kommt. So sollte zu spät bereitgestelltes Gepäck nicht zu einer verzögerten Abfahrt des Zuges führen. In einem solchen Fall müsste das Gepäckgut auf einem anderen Wege nachgesendet werden. Zur Vermeidung dieses zusätzlichen Aufwands ergibt sich die Anforderung, das System effizient und leistungsfähig hinsichtlich der Ladevorgänge zu gestalten.¹¹⁰ Effiziente Ladevorgänge werden auch aufgrund der räumlichen Einschränkungen benötigt. Auf den Bahnsteigen aktuell bestehender Bahnhöfe besteht nur wenig Freiraum für das Gepäckhandling. Eigens für das Gepäckhandling vorgesehene Bahnsteige zwischen zwei Zügen sind nur durch große Umbaumaßnahmen realisierbar.

Neben dem mangelnden Platz auf Bestandsbahnsteigen stellt der erwartet große Platzbedarf einer Gepäckanlage in anderen Bahnhofsbereichen ebenfalls eine Herausforderung dar. Viele der nicht von der Bahn genutzten Flächen im Bahnhof sind vermarktet oder verpachtet. Im Jahr 2019 hat die für die Bahnhöfe der Deutschen Bahn zuständige Betreibergesellschaft *DB Station&Service AG* einen Umsatz von 416 Millionen Euro durch Vermietungs- und Verpachtungserlöse erwirtschaftet.

¹⁰⁸ Vgl. Rüger et al., 2015, S. 78

¹⁰⁹ Vgl. Chiambaretto et al., 2013, S. 53

¹¹⁰ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

Dies entspricht laut Geschäftsbericht 30 % des Gesamtjahresumsatzes des Unternehmens.¹¹¹ Die durch die sogenannten „Einkaufsbahnhöfe“ generierten Einnahmen würden durch Einschränkungen des zur Verfügung stehenden Raumes gemindert. Da ein Gepäcktransportsystem aus aktueller Sicht für die Bahn wirtschaftlich rentabel sein soll, müssten diese ausbleibenden Einnahmen etwa durch Gepäckentgelte oder steigende Fahrkartenverkäufe ausgeglichen werden.¹¹² Steigende Umsätze in Folge einer erhöhten Nutzung der Einkaufsmöglichkeiten im Bahnhof könnten ebenfalls einen Ausgleichsfaktor darstellen. Fahrgastbefragungen von HIKADE zufolge, treffen 22 % der Fahrgäste erst spätestens fünf Minuten vor der Abfahrt des Zuges am Bahnhof ein. In dieser Personengruppe nutzen 50 % der Befragten die angebotenen Einkaufsmöglichkeiten und Dienstleistungen im Bahnhof selten bis gar nicht. Darüber hinaus beschränkt sich der Konsum der Personen, die wenig Zeit im Bahnhof verbringen dem Autor zufolge meist auf Zeitungen, Getränke und Kleinigkeiten zum Verzehr. Bei einer Wartezeit von mehr als 30 Minuten würden ca. 35 % der Wartenden die Zeit zum Einkauf im Bahnhof sowie 30 % zum Besuch eines Imbisses oder Restaurants nutzen. Lediglich ein Viertel der Personen, die mehr als 30 Minuten vor Abfahrt vor Ort sind, nutzen die Angebote selten bis gar nicht.¹¹³ Der Autor zeigt, „dass die Benutzung der diversen Angebote am Bahnhof in Korrelation mit der Ankunftszeit der Reisenden am Bahnhof steht. Je früher der Fahrgast am Bahnhof eintrifft, desto mehr Zeit hat er, um diverse Serviceeinrichtungen zu nutzen.“¹¹⁴ Ob die durch eine Gepäckabgabe bedingte längere Verweildauer im Bahnhof tatsächlich zu Umsatzsteigerungen trotz geringerer Verkaufsfläche führen würde, bedarf der Abwägung durch detaillierte Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Auf spezifische Kalkulationen diesbezüglich wird in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen.

Um eine Überladung des Zuges zu vermeiden, ist es unabdingbar die maximal zulässige Traglast der jeweiligen Wagonachsen zu beachten. Demnach ist eine Bestimmung des Gepäckgesamtgewichts zwingend notwendig. Neben einer im Vorfeld von den Reisenden zu tätigen Angabe des Gepäckstückgewichts sind eine Gewichtskontrolle bei der Gepäckaufgabe sowie eine mögliche Nachverrechnung bei der Überschreitung des angegebenen Gepäckgewichts denkbar.¹¹⁵

Der verlustfreie Transport des Gepäcks ist neben einer Kundenanforderung auch hinsichtlich der Gewährleistung eines reibungslosen Ablaufs des Gepäckhandlings im Interesse der Bahnhofsbetreiber. Analysen des in der Luftfahrtindustrie tätigen IT-Unternehmens SITA zufolge kann die Implementierung eines Gepäcktrackings die Gepäckfalschbehandlungsrate¹¹⁶ um bis zu 66 % reduzieren.¹¹⁷

¹¹¹ Vgl. DB Station&Service AG, 2019, S. 9

¹¹² Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹¹³ Vgl. Hikade, 2011, S. 7 ff.

¹¹⁴ Hikade, 2011, S. 16

¹¹⁵ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹¹⁶ Rate verspäteten, beschädigten oder gestohlenen Gepäcks (Quelle: SITA, 2019, S. 7 ff.)

¹¹⁷ Vgl. SITA, 2019, S. 9

Bezüglich des KEP-Transports erfordern Schienenverkehrsanbieter hinsichtlich langfristiger Planungen unter anderem Informationen zum Transportvolumen, erforderlichen Verbindungen und den konkreten Anforderungen seitens der KEP-Dienstleister.¹¹⁸

5.2 Weitere Stakeholder

In diesem Abschnitt werden weitere Interessenvertreter aufgeführt. Diese Zusammenstellung ist keine vollumfängliche Betrachtung aller im Gesamtkonzept involvierten Stakeholder, sondern stellt eine Auswahl einiger weiterer relevanter Interessenparteien dar. Die nachfolgenden Akteure werden demzufolge weniger detailliert beleuchtet. Des Weiteren wird nicht auf alle spezifischen Anforderungen der jeweiligen Akteure eingegangen.

Flughafenbetreiber und Fluggesellschaften

Nach Angaben der internationalen Luftverkehrsvereinigung IATA beträgt das maximale Gepäckgewicht auf Flugreisen in der EU und den USA aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen 32 kg pro Gepäckstück. In der Regel gilt die Summe der Maße von Höhe, Breite und Tiefe von 158 cm als Maximalgröße von Aufgabegepäckstücken. Dies kann jedoch abhängig von der Fluggesellschaft variieren.¹¹⁹ Auf intermodalen Reisen mit der Bahn als Zubringer für Flugreisen ist daher das Feststellen von Gewicht und Abmessungen gemäß den geltenden Bestimmungen der jeweiligen Fluggesellschaft beim Check-in erforderlich. Beim Check-in-Vorgang selbst sind ebenfalls die Vorgaben der Fluggesellschaften zu beachten. Im Falle eines manuellen Check-ins muss der Vorgang nach aktuellen Standards durch einen Mitarbeitenden der Abfertigungsgesellschaft durchgeführt werden. Ebenso ist bei der Systemauslegung zu berücksichtigen, dass sogenannte Off-Airport-Check-ins, zu denen auch Bahnhof-Check-ins gehören, nicht von allen Fluggesellschaften gestattet sind und gegebenenfalls aufgrund von manuell zu prüfenden Dokumenten nicht für alle Flugverbindungen angeboten werden können. Beim City-Check-in des City Airport Train in Wien ist es derzeit nicht möglich, Gepäckstücke von mehreren Fluggesellschaften an demselben manuell besetzten Schalter aufzugeben. Allerdings ist die Möglichkeit einer gemeinsamen Gepäckaufgabe dort derzeit in Arbeit. Bei automatisierten Gepäckaufgabelösungen existiert diese Problematik nicht. Bezogen auf Sonderfälle hinsichtlich des Gepäckstücks oder der zu überprüfenden Dokumente könnte eine ausschließlich automatisiert angebotene Lösung möglicherweise nicht ausreichen, da eine Abwicklung aller von der Fluggesellschaft vorgegebenen Prozesse gewährleistet sein muss.¹²⁰

Eine weitere Anforderung ist der gesicherte Gepäcktransfer vom Zug zur Gepäckanlage des Flughafens. Dieser Bereich muss so abgetrennt sein, dass unbefugte Personen keinen Zugang zu

¹¹⁸ Allianz pro Schiene, BIEK und VDV, 2022, S. 2

¹¹⁹ Vgl. International Air Transport Association, 2022

¹²⁰ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

bereits eingeecktem Gepäck haben.¹²¹ Hinsichtlich des Gepäcktrackings verlangt die IATA-Resolution 753 ab Juni 2018 ein verpflichtendes Erfassen des Gepäcks beim Check-in, bei der Verladung im Flugzeug, beim Gepäcktransfer zwischen zwei Flugverbindungen und bei der Gepäckrückgabe nach der Ankunft.¹²² Dies erfordert eine digitale Erfassung des Gepäcks beim Check-in am Bahnhof.

Weitere Anforderungen seitens der Flughafenbetreiber und Fluggesellschaften sowie die Konzeption der Schnittstelle zwischen dem Gepäcksystem des Zubringerzuges und dem Gepäckinfrastruktur des Flughafens sind im Zuge konkreter Planungen in Kooperation mit den beteiligten Projektpartnern, wie zum Beispiel den EVUs, abzustimmen.

Hafenbetreiber und Reedereien

Im Vergleich zum Flugverkehr gibt es im Schiffverkehr keine allgemeingültigen Vorschriften bezüglich der Mitnahme von Gepäck. Anhand einer durchgeführten Onlinerecherche zu den Gepäckbestimmungen marktführender Kreuzfahrtreedereien existieren keine allgemeingültigen Gewichts- oder Maßrestriktionen für Kreuzfahrtgepäck. Es bestehen jedoch Empfehlungen einiger Reedereien an die Reisenden, das Gepäckvolumen im eigenen Interesse zu begrenzen.¹²³ Auf der Anreise zum Starthafen der Kreuzfahrt sind die Gepäckbestimmungen der genutzten Verkehrsmittel einzuhalten. Kreuzfahrten in Übersee erfordern häufig einen Zubringerflug. Für eine solche Reisekette sollten sich Kreuzfahrtreisende zur Gewährleistung des Gepäcktransports über die gesamte Reisekette hinweg an den jeweils restriktivsten Bestimmungen orientieren. Dies sind zumeist die Regularien der Fluggesellschaften.

Die Gepäckbestimmungen von Fährgesellschaften können ebenfalls je nach Unternehmen variieren. Der ADAC empfiehlt in seinen Tipps zu Fährreisen ohne Automitnahme die genaue Beachtung der jeweils geltenden Bestimmungen. Bei verschiedenen Gesellschaften besteht die Pflicht zum Check-in großer Gepäckstücke. Ein Zugriff auf die aufgegebenen Gepäckstücke ist in diesem Fall während der Fahrt nicht möglich. In den meisten Fällen liegen die Gewichtshöchstgrenzen über denen der von Fluggesellschaften vorgegebenen Grenzwerten.¹²⁴ Zur Vereinfachung werden die Gepäckbestimmungen für Schiffsreisen im weiteren Verlauf dieser Arbeit mit den Bestimmungen von Fluggesellschaften gleichbehandelt und explizit nicht weiter thematisiert.

Logistikdienstleister

Zur Erweiterung des Systems um den Transport von KEP-Gütern müssen die Anforderungen der beteiligten Logistikdienstleister in Betracht gezogen werden. Die spezifischen Anforderungen können sich je nach Unternehmen, Auftraggeber, Mengenbedarfen und weiteren Faktoren

¹²¹ Vgl. Rüter, persönliches Interview, 24.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹²² Vgl. International Air Transport Association (IATA), 2022

¹²³ Vgl. Mein Kreuzfahrttreff, 2022 und weitere Onlinerecherche führender Kreuzfahrtreedereien

¹²⁴ Vgl. ADAC, 2022

unterscheiden. Als generell anzusehende Bedarfe gelten verlässliche Transportzeiten in Bezug auf die Transportdauer, Pünktlichkeit und regelmäßige Abfahrzeiten. Des Weiteren erfordern Logistikdienstleister möglichst kurzfristige Anlieferzeitpunkte. Die Anbindung an digitale Buchungs- und Versandsysteme sowie eine Echtzeitsendungsverfolgung der Pakete gehören ebenfalls zu den Anforderungen. Die Transportangebote sollten zudem unidirektional, das heißt, ohne dass Güter in entgegengesetzter Richtung auf derselben Route transportiert werden müssen, möglich sein.¹²⁵

Hersteller der Systemkomponenten

Aus den Anforderungen der Kundschaft und insbesondere der Betreiber des Transportsystems entstehen diverse Vorgaben für die Fertigung, Umsetzung und Inbetriebnahme sowohl der fahrzeug- als auch der infrastrukturseitigen Anlagen. Diese Spezifikationen ergeben sich zum Großteil im Laufe der detaillierten Konstruktion. Bei einer ersten Konzeption im Zuge dieser Arbeit sollen jedoch bereits Freiräume zum Personalzugang zu Wartungs- und Reparaturarbeiten, sowie für den Fall von Systemstörungen berücksichtigt werden.

5.3 Sicherheitsbezogene Anforderungen

Nach der *Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz* gehören Personenbahnhöfe zur sogenannten Kritischen Infrastruktur¹²⁶ und benötigen demnach laut Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eines besonderen Schutzes zur Versorgung der Bevölkerung.¹²⁷ Die Eisenbahninfrastrukturen und Fahrzeuge müssen zudem nach § 4 des Allgemeinen Eisenbahngesetzes¹²⁸ „den Anforderungen der öffentlichen Sicherheit an den Bau zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens und an den Betrieb genügen.“¹²⁹ Den Anforderungen an eine sichere Betriebsführung sowie an Brandschutz und technische Hilfeleistung unterliegen neben den Betreibern nach § 4 AEG ebenso die beteiligten Hersteller.¹³⁰

Die Zuständigkeit für die Sicherheit auf bundeseigenen Bahnanlagen und Bahnhöfen liegt in Deutschland bei der Bundespolizei. Diese ist neben der Strafverfolgung unter anderem für die Gefahrenabwehr bei gefährlichen Eingriffen in den Bahnverkehr verantwortlich.¹³¹ In Bezug auf Gepäck ist eine der Aufgaben der Bundespolizei die Identifikation von verlorenem oder nicht abgeholtem Gepäck zum Ausschluss einer möglichen Gefahr. Im Flugverkehr gilt die generelle Anforderung, Gepäck im selben Flugzeug mit dem entsprechenden Fluggast zu transportieren. Befindet sich eine Person bei bereits durchgeführter Verladung ihres Gepäcks nicht im Flugzeug, so

¹²⁵ Vgl. Allianz pro Schiene, BIEK und VDV, 2022, S. 2

¹²⁶ Vgl. Anhang 7 BSI-KritisV

¹²⁷ Vgl. BBK, 2022

¹²⁸ Vgl. § 4 AEG

¹²⁹ BMDV, 2021

¹³⁰ Vgl. BMDV, 2021

¹³¹ Vgl. Bundespolizei, 2022

darf der Start nicht erfolgen. Ausnahmen davon bestehen beispielweise bei nach Nachsendung von verspäteten oder zuvor verlorengegangenen Gepäckstücken. Eine solche Anforderung des zwingend simultanen Gepäcktransports besteht aktuell für den Bahnverkehr in Deutschland und Österreich nicht.¹³² Bei einer Ausweitung des Flughafenzubringerverkehrs mit der Option des Vorabcheck-ins müsste die Anforderung im Detail mit den zuständigen Behörden geprüft werden. Des Weiteren bedarf es der Diskussion zur Notwendigkeit einer (automatischen) Sicherheitskontrolle des Gepäcks bei dessen Aufgabe. Der Platz- und Zeitbedarf einer solchen Kontrolle ist bei der Konzeption zu berücksichtigen. Ebenso erfordert ein solches System eine gewisse Tragfähigkeit des Untergrunds sowie den Anschluss an das Lüftungssystem.¹³³

Hinsichtlich der Sicherheit in der Informationstechnik (*Cybersicherheit*) erfordert der § 8a des BSI-Gesetzes die präventive Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen nach dem Stand der Technik und den regelmäßigen Nachweis über die Wirksamkeit der Maßnahmen gegenüber dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI).¹³⁴ Aufgrund der Betrachtung automatisierter Anlagen, sind diese Anforderungen ebenfalls zu berücksichtigen. Eine automatisierte Schnittstelle zum Be- und Entladen eines Zuges bedarf zudem aus Sicherheitsgründen einer räumlichen Trennung zu den Fahrgästen. Das Eisenbahnbundesamt stelle nach Angaben von VOGES die Anforderung einer Umzäunung automatisierter Anlagen.¹³⁵

5.4 Herausforderungen und Hemmnisse

Die wesentlichen Herausforderungen und Hürden hinsichtlich der Einführung eines automatisierten Gepäcksystems basieren vorrangig auf den in den Interviews geäußerten Experteneinschätzungen.

Vermeidung des Verlusts von Zeitvorteil und Flexibilität

Der Vorteil der Bahn gegenüber dem Flugzeug in Bezug auf flexible Gepäckmitnahmemöglichkeiten sollte durch die Einführung eines Gepäcktransportsystem gemindert werden. Da die Bereitschaft der Kunden, Zeit vor der Zugabfahrt im Bahnhof zu verbringen, personenabhängig variiert, sollten sowohl Möglichkeiten einer kurzfristigen Gepäckaufgabe als auch einer frühzeitigen Abgabe zur Nutzung der Angebote im Bahnhof angeboten werden.¹³⁶ Eine ausführliche Analyse der Zeitgebereitschaft der Fahrgäste könnte zu einer genaueren Bestimmung des Aufgabezeitfensters beitragen. Zusätzlich sind sowohl kunden- als auch infrastrukturseitige Zeitpuffer für das Gepäckhandling zu berücksichtigen. Generell sollten Fahrgäste jedoch aufgrund der Gepäckaufgabe nicht zwangsläufig wesentlich früher vor der Abfahrt am Bahnhof sein müssen,

¹³² Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.4

¹³³ Vgl. International Air Transport Association, 2016, S. 496

¹³⁴ Vgl. § 8a BSI-G

¹³⁵ Vgl. Voges, persönliche Kommunikation am Rande des Interviews, 03.11.2022

¹³⁶ Vgl. Voges und Ebenfeld, persönliche Interviews, siehe Anhang 1

als es bisher der Fall ist.¹³⁷ Automatisierte Lösungen könnten dazu beitragen, den Zeitvorteil zu erhalten oder sogar auszubauen. Im Vergleich zu manuell durchgeführten Arbeitsschritten sollten diese einen Zeitgewinn bringen und den Personaleinsatz sowie die damit verbundenen Personalkosten reduzieren.¹³⁸

Hoher Reifegrad der Automatisierungstechnik

Ein automatisiertes System sollte eine sehr geringe Fehleranfälligkeit aufweisen und besonders für die Kunden eine sehr hohe Verlässlichkeit bieten. Somit würden das Vertrauen in das System von Beginn an gestärkt und die Kunden von den neuen Möglichkeiten zur Gepäckmitnahme überzeugt werden. In der Übergangsphase zu einem möglicherweise vollautomatischen Betrieb könnte eine Kombination aus automatischer und manueller Gepäckaufgabe erforderlich sein.¹³⁹ Hinsichtlich der Behandlung von Sondergepäck sollte eine gewisse Anzahl manuell betriebener Schalter in Betracht gezogen werden. Dies kann ebenfalls für den Notbetrieb bei Systemstörungen dienen. Bezogen auf Bahnfahrten als Flughafenzubringer würde ein flächendeckend automatisierter Check-in-Vorgang (inklusive der Prüfung benötigter Dokumente) den Einsatz von Fluglinienmitarbeitern an den Bahnhöfen verzichtbar machen.¹⁴⁰

Integration in bestehende Bahnhofsstrukturen

Die Integration eines automatisierten Gepäcksystems in bestehende Bahnhofsinfrastrukturen gestaltet sich nach der Einschätzung mehrerer Experten als schwierig. Dies ergibt sich zum einen aus dem geringen auf den Bahnsteigen verfügbaren Platz für Gepäcktransport und -verladung. Zum anderen erfordert eine Gepäcksortieranlage innerhalb der Bahnhofsgebäude ebenfalls einen hohen Platzbedarf. Ein erheblicher Teil der verfügbaren Flächen ist beispielsweise an Einzelhandelsunternehmen vermietet. Die Platzinanspruchnahme durch ein Gepäcksystem könnte zu Umsatzeinbußen aus den Vermietungen führen. Große Umbaumaßnahmen könnten in Einzelfällen durch einen vorliegenden Denkmalschutz, wie beispielsweise am Hauptbahnhof in Frankfurt am Main, erschwert werden.¹⁴¹

Bereitschaft zur Finanzierung und politischer Wille

Die Einschätzungen mehrerer Experten ergaben, dass der Betrieb eines automatisierten Gepäcksystems betriebswirtschaftlich nicht rentabel sei und sich nicht allein durch den erhöhten Verkauf von Fahrkarten und möglichen Gebühren für den Gepäcktransport finanzieren lassen würde. Demnach müssten die Einführung und der Betrieb durch einen politischen Willen und die

¹³⁷ Vgl. Rüger, persönliches Interview, 24.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹³⁸ Vgl. Nettel und Rüger, persönliche Interviews, siehe Anhang 1

¹³⁹ Vgl. Ebenfeld, persönliches Interview, 09.12.2022, siehe Anhang 1.4

¹⁴⁰ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.3

¹⁴¹ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

damit verbundene Finanzierungsbereitschaft von Seiten des Staats und der Eisenbahnverkehrsunternehmen gestützt werden.¹⁴²

Weitere Herausforderungen

Zu Steigerung der Attraktivität des Gepäcktransport bedarf es einer transparenten Kommunikation des Gepäckabholungsortes nach der Ankunft der Fahrgäste am Ziel. Aus Betreibersicht sollte dies einen koordinierten und effizienten Ablauf im Bahnhof fördern.¹⁴³ Bezogen auf eine sich automatisch herstellende Verbindung zwischen den Triebkopflagern und den Schnittstellen des Gepäcksystems im Bahnhof ist ein punktgenaues Halten der Züge unabdingbar. Aktuell ist dies im Fernverkehr der Deutschen Bahn nicht möglich. Im internationalen Vergleich findet ein punktgenaues Halten beispielsweise im japanischen Bahnverkehr Anwendung. Dadurch können die Positionen der Türen des Zuges mit den Einstiegsmarkierungen oder den teilweise vorhandenen Bahnsteigtüren übereinstimmen. Dieses System wird auch aufgrund unterschiedlicher Türpositionen der verschiedenen Fernverkehrszugmodelle bei der DB aktuell nicht eingesetzt. Systeme zum punktgenauen Halten werden jedoch im Zusammenhang mit Projekten zum autonomen Bahnverkehr anvisiert und könnten daher in Zukunft auch für den Fernverkehr relevant sein.¹⁴⁴

Bei der Betrachtungen verschiedener Gepäcktypen wie Trolleys und Rucksäcken müssen deren unterschiedliche Formen und Größen berücksichtigt werden. Schlaufen und Tragegurte können sich in einem Gepäcksystem verfangen und dadurch Störungen verursachen. Neben der Überprüfung der Abmessungen und des Gepäckstückgewichts muss bei der Aufgabe auf die ordnungsgemäße Befestigung von losen Elementen geachtet werden. Alternativ könnte ein Verfrachten der Gepäckstücke in dafür geeignete zusätzliche Behältnisse angewendet werden.¹⁴⁵

¹⁴² Vgl. Ebenfeld und Rüger, persönliche Interviews, siehe Anhang 1

¹⁴³ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹⁴⁴ Vgl. Voges, persönliches Interview, 03.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹⁴⁵ Vgl. Rüger, persönliches Interview, 24.11.2022, siehe Anhang 1.2

5.5 Fazit zur Anforderungsanalyse

Ein System zur Aufgabe von großen Reisegepäckstücken kann zur Steigerung des Reisekomforts der Fahrgäste beitragen und gleichzeitig zu einer Verkürzung der Fahrgastwechselzeiten führen. Den Reisenden sollen dazu flexible Möglichkeiten zur Gepäckauf- und -rückgabe ohne lange Vor- und Nachlaufzeiten angeboten werden. Eine bedeutende Anforderung ist die Gestaltung eines effizienten Systems zur Gewährleistung zuverlässiger Abfertigungsprozesse bei gleichzeitig geringem Platzbedarf innerhalb der Bahnhofsinfrastruktur. Durch die geführten Experteninterviews wird deutlich, dass eine Integration eines automatischen Gepäcksystems in bereits bestehende Bahnhofsinfrastrukturen unter anderem aufgrund des nicht zur Verfügung stehenden Platzes höchstens mit großen Umbaumaßnahmen verbundenen Anstrengungen möglich ist. Dabei fallen der Platzbedarf sowohl für Aufgabemöglichkeiten als auch für ein möglicherweise komplexes Logistiksystem ins Gewicht. Bisher wurde noch kein vollautomatisches Gepäcksystem speziell für einen Bahnhof entwickelt. Die Einschätzungen der Experten hinsichtlich der Umsetzungsmöglichkeiten in bestehenden Bahnhöfen sind tendenziell negativ.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen aber gerade innovative Möglichkeiten aufgezeigt werden, auch wenn sie momentan nicht (vollständig) umsetzbar sein sollten. So können diese Konzepte bei der Planung neuer Bahnhöfe bereits getestet und angewendet werden. Bei einem höheren Personenaufkommen und damit verbundenem Gepäckvolumen wird eine Umstrukturierung der Bahnhöfe unabdingbar werden.

Da die Raumproblematik überwiegend als die schwerwiegendste Herausforderung anzusehen ist, liegt der Fokus der Konzeption dieser Arbeit nicht auf den Möglichkeiten einer schnellstmöglichen Implementierung in Bestandssysteme, sondern auf der Untersuchung einer generellen Umsetzbarkeit zukunftsorientierter Ansätze. Als die zu betrachtende Bahnhofsinfrastruktur wird die vom DLR entwickelte Next Generation Station gewählt. Die NGS existiert bislang nur als Konzeption und bietet daher Optionen für notwendige infrastruktureitige Anpassungen, die sich mutmaßlich im Laufe der Entwicklung des Gepäcksystems ergeben. Dennoch befreit die Auswahl der NGS die Konzeption nicht von allen Einschränkungen. Aus der bestehenden Konstruktion ergeben sich einige charakteristische, bauliche Anforderungen, die bei der folgenden Entwicklung zu beachten sind.

6 Rahmenbedingungen zur Konzeptentwicklung

Zur Entwicklung verschiedener Konzeptvarianten werden zunächst die Rahmenbedingungen und Annahmen, die sich aus dem NGT-Projekt ergeben, erläutert. Im darauffolgenden Abschnitt erfolgt die Definition der angestrebten Gepäckflüsse sowie eine Festlegung der Konzeptionsgrenzen hinsichtlich der betrachteten Funktionsbereiche innerhalb der Station. Im Anschluss daran werden zwei aus der Anforderungsanalyse hervorgehende, grundlegende Ansätze zur Konzeption der Abläufe diskutiert sowie die Kennzahlen und Annahmen zur weiteren Ausarbeitung erörtert.

6.1 Projektbezogene Rahmenbedingungen

Architektur der NGS

Wie bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit erläutert, ist die NGS als Turmbahnhof mit mehreren übereinanderliegenden Ebenen konzipiert. Hinsichtlich des zu entwickelnden Gepäcksystems werden zunächst nur die Zwischenebene und die Bahnsteigebene der NGT-Züge betrachtet. Mögliche Systemerweiterungen unter dem Einbezug von Regionalverkehr, ÖPNV und Individualverkehr werden angestrebt, jedoch in dieser Arbeit nicht weiter behandelt. Da die NGT-Züge in Einfach- oder Doppeltraktion fahren können, besteht die generelle Anforderung, Gepäckumladungen zwischen den vier Haltepositionen von in Einzeltraktion fahrenden Zügen bewerkstelligen zu können. Obwohl die Züge auf den beiden Gleisen in die jeweils entgegengesetzte Richtung fahren, besteht auf bestimmten Routen die Möglichkeit von Umstiegen zu Zügen der Gegenrichtung.

Hinsichtlich der baulichen Integration eines Gepäcksystems ermöglicht die ausschließlich konzeptionelle Existenz der NGS großzügige Gestaltungsspielräume. So existieren beispielsweise Möglichkeiten zum Hinzufügen weiterer Ebenen oder Anpassungen der Innenarchitektur. Der grundlegende Aufbau der Station sowie einige Gestaltungsmerkmale und generelle Abmessungen sollen hingegen hinsichtlich der Gepäcksystemkonzeption als Rahmenbedingungen gegeben sein und sind in der nebenstehenden Darstellung eines Gleises der NGS angegeben und im Folgetext beschrieben.

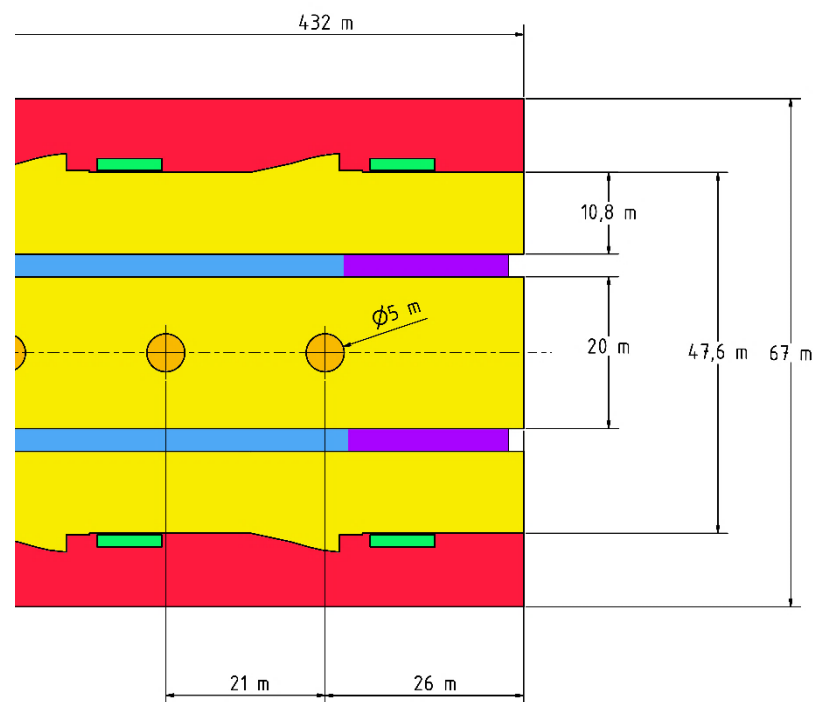


Abbildung 22: Relevante Maße der NGS als Zeichnung in der Draufsicht (Quelle: eigene Darstellung auf der Basis interner CAD-Modelle)

Sowohl die in Gelb dargestellte obere Bahnsteigebene als auch die darunterliegende 67 m breite Zwischenebene (rot) besitzen eine Länge von 432 m, was der Gesamtlänge der Station entspricht. Der Einstiegsbereich der zweiten Klasse ist unter anderem über Rolltreppen (grün) zugänglich. Diese verlaufen von der Zwischenebene zur Außenseite der Bahnsteigebene und grenzen den inneren vom äußeren Bereich der Zwischenebene ab. Die Breite der inneren Zwischenebene ist somit identisch mit der Gesamtbreite der Bahnsteigebene und beträgt 47,6 m. Sowohl die zentralgelegenen Aufzüge (orange) mit Durchmessern von fünf Metern und einem Mittelpunktabstand von 21 m zueinander als auch die Abgrenzung durch die beschriebenen Rolltreppen sollen bei der Konzeption des Gepäcksystems berücksichtigt werden. In den Haltebereichen der Triebköpfe (violetter Bereich) an den Enden und in der Mitte der blau dargestellten Gleise befinden sich keine Aufzüge, sodass die Zentren der jeweils ersten Aufzüge etwa 26 m vom Rand bzw. vom Mittelpunkt der NGS entfernt sind. Ebenso ist vorgesehen, auf der Zwischenebene Durchgangsmöglichkeiten sowohl zwischen dem inneren und äußeren Bereich als auch entlang der gesamten Station zu schaffen. Die in den Entwürfen der NGS platzierten Stützpfeiler sind hingegen nicht final festgelegt und können vorerst außer Acht gelassen werden. Die Deckenhöhe zwischen der Bahnsteig- und Zwischenebene beträgt 4,5 m. Auf der Bahnsteigebene besitzen die Einstiegsplattformen für die 2. Klasse eine Breite von jeweils 10,80 m. Der mittige Ausstiegsbahnsteig für beide Gleise ist 20 m breit.

Schnittstellen zum NGT

Hinsichtlich der Schnittstellen zum Fahrzeug werden die von ARENDT entworfenen Verbindungselemente aufgegriffen. In Abbildung 23 sind die Verbindungselemente in Form eines Einschleusers (rechts) und einer Ausschleuserampe (links) für eine der vier übereinanderliegenden Ebenen dargestellt. Die Zuführung erfolgt dabei parallel zur Lagereinheit, weswegen die Gepäckstücke in Querrichtung auf den Einschleuser gebracht werden müssen. Das Verlassen der Lagereinheit hingegen wird mithilfe eines Abweisers realisiert. Die Gepäckstücke werden dabei entlang der Außenseite der Ausschleuservorrichtung geführt und verlassen das System in Längsrichtung. Die Orientierungen der Gepäckstücke beim Ein- und Ausladevorgang sind bei der Ausarbeitung des bahnhofsseitigen Systems zu berücksichtigen.

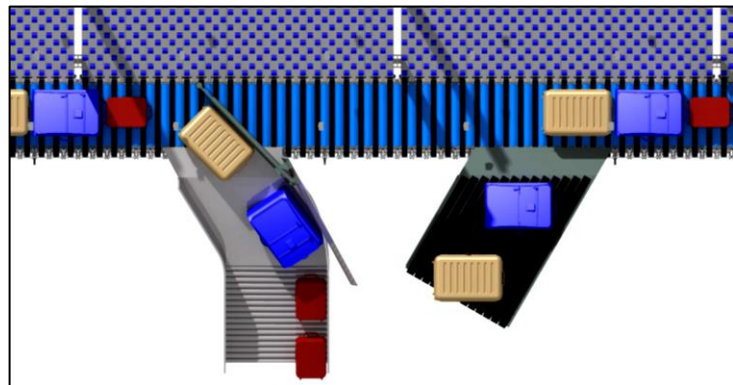


Abbildung 23: Schnittstellen zwischen NGT und NGS zur Einladung (rechts) und Ausladung (links) in der Draufsicht (Quelle: Arendt et al., 2022, S. 50)

6.2 Definition der Gepäckflüsse und Konzeptionsgrenzen

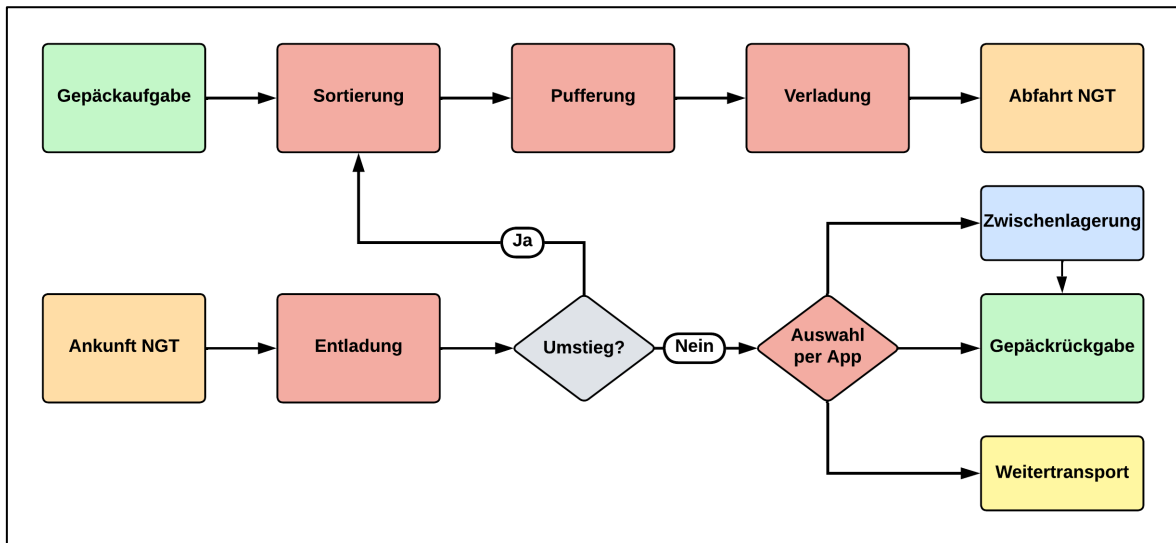


Abbildung 24: Grundsätzlicher Ansatz der Gepäckflüsse innerhalb der NGS (eigene Darstellung)

Zur Festlegung der Gepäckflüsse innerhalb der NGS tragen die Erkenntnisse aus den zum Großteil manuell ausgeführten Prozessen historischer Bahngepäcktransportmodelle sowie aktuelle Gepäckaufgabeabläufe bei. Der im Folgenden beschriebene Ansatz unterscheidet sich in den wesentlichen Bestandteilen nur marginal von den Abläufen traditioneller Gepäckabfertigungsprozesse.

Zu Beginn des Gepäckflusses steht die Gepäckaufgabe. Diese kann in der erweiterten Betrachtung auch beispielsweise in Form der Abgabe durch Dienstleister bestehen. Zur Vereinfachung wird lediglich der Begriff „Gepäckaufgabe“ verwendet. Da die Gepäckaufgabe für mehrere Züge parallel stattfinden kann, sollen die Gepäckstücke analog zu anderen Aufgabesystemen zunächst nach Zügen sortiert und im nächsten Schritt bis zur weiteren Verwendung gepuffert werden. Die Pufferung dient dabei gleichzeitig der Vorbereitung zur Verladung, um im nächsten Schritt einen möglichst reibungslosen Ablauf und damit eine pünktliche Abfahrt des Zuges zu gewährleisten.

Bei ankommenden Zügen ist dem automatisiert ablaufenden System der Bestimmungsort jedes einzelnen ankommenden Gepäckstücks spätestens bei der Entladung bekannt. Im Falle eines Umstieges eines Reisenden sollen die zugehörigen Gepäckstücke in den Sortierprozess des aufgegebenen Gepäcks eingeschleust und somit auf die zuvor beschriebene Weise zur weiteren Verladung bereitgestellt werden. Befindet sich der ankommende Fahrgast hingegen am Reiseziel, so kann dieser im Vorfeld, wie in Kapitel 4 (Gesamtkonzept) beschrieben, über das weitere Vorgehen hinsichtlich seines Gepäcks per App entscheiden. Der Gepäckfluss wird dementsprechend in direkt abzuholende, zwischenzulagernde und zum Weitertransport vorzubereitende Gepäckstücke geteilt und die jeweiligen Koffer gegebenenfalls auf unterschiedliche Routen geleitet.

Hinsichtlich der Konzeptentwicklung sind die Prozesse der Sortierung, Pufferung und Ver- bzw. Entladung sowie die Möglichkeiten der Verbindungen zwischen mehreren Zügen von zentraler

Bedeutung. Optionen zur Zwischenlagerung oder zum Weitertransport werden im weiteren Verlauf der Konzeption in Form von möglichen Schnittstellen, jedoch nicht in detaillierter Ausarbeitung, miteinbezogen. Mögliche Verbindungspunkte zur Anlieferung und Abholung der Sendungen von KEP-Dienstleistern finden im Sinne einer Reduktion der Komplexität ebenfalls keine weitere Berücksichtigung.

Zum aktuellen Zeitpunkt besteht noch keine Gewissheit über Notwendigkeit einer Gepäckkontrolle im Bahnverkehr von Seiten behördlicher Stellen. Sollte sich diese Anforderung hingegen im Zuge einer Implementierung ergeben, muss das System um entsprechende Mechanismen – unter der Berücksichtigung möglicher Beeinträchtigungen der Systemkapazität und des Platzbedarfs – erweitert werden. Dazu können neben den Maschinen zum Durchleuchten des Gepäcks beispielsweise Räumlichkeiten zur persönlichen Nachkontrolle durch Sicherheitspersonal gehören.¹⁴⁶

6.3 Grundlegende Ansätze zum Gepäckhandling

Anhand der geführten Experteninterviews und der Anforderungen an ein möglichst flexibles und zuverlässiges Gepäcksystem können verschiedene Varianten zweier unterschiedlicher grundlegender Ansätze für die Gepäckabfertigung im Bahnhof abgeleitet werden. Während der erste Ansatz das Gepäckhandling primär auf dem Bahnsteig vorsieht und somit eine möglichst kurzfristige Gepäckaufgabe sowie Rückgabe angestrebt wird, umfasst der zweite Ansatz ein größeres System im Bahnhof verteilter Aufgabe- und Rückgabestellen sowie umfangreiche Sortier- und Fördersysteme. An dieser Stelle sei hinzuzufügen, dass die Gepäckrückgabe nicht zwangsläufig mit dem gewählten Ansatz für die Aufgabe einhergehen muss und in beiden Ansätzen grundsätzlich verschiedenartig gewählt werden kann. Zur Vereinfachung werden die Orte für die Abholung und Rückgabe des Gepäcks an dieser Stelle zusammenfassend betrachtet als „Gepäckübergabe“ umschrieben. Grundsätzlich kann das finale Konzept auch als eine Kombination aus Teilelementen beider Ansätze zusammengesetzt sein. Die folgenden Absätze dienen dem Vergleich beider Ansätze anhand von ausgearbeiteten Beispielen. Auf der Grundlage dessen und weiteren in den folgenden Abschnitten beschriebenen Annahmen und Rahmenbedingungen erfolgt zu Beginn des nächsten Kapitels die Auswahl des zu Konzeption gewählten Ansatzes.

6.3.1 Ansatz 1: Gepäckhandling auf dem Bahnsteig

Hinsichtlich eines möglichst unkompliziert umsetzbaren Prozesses könnte die Gepäckaufgabe kurzerhand vor der Abfahrt des Zuges auf dem jeweiligen Bahnsteig stattfinden. Von manuell besetzten oder automatischen Schaltern an den Bahnsteigenden werden die Gepäckstücke unmittelbar in die Fahrzeuglager eingeladen oder bis zur Ankunft des nächsten Zuges in einem

¹⁴⁶ Vgl. AlKheder et al., 2020, S. 687 ff.

Lagerbereich auf dem Bahnsteig zwischengelagert. Die Rückgabe erfolgt dabei ebenfalls direkt nach der Ankunft auf dem Mittelbahnsteig des ankommenden Zuges.¹⁴⁷

Ein Vorteil dieses Konzepts besteht darin, dass nur wenig Förder- und Sortiertechnik benötigt wird. Die Betreiber der Bahnhöfe würden davon profitieren, dass aufwendige Sortieraufgaben vermieden werden, da das Gepäck von den Fahrgästen direkt zum Bahnsteig des richtigen Zuges gebracht wird und die Passagiere selbst die Sortierung durchführen. Aus diesem Grund ist dieser Ansatz für die Fahrgäste wiederum mit Einbußen beim Komfort verbunden, denn bei Umstiegen muss das Gepäck zusätzlich nach der Ankunft erst abgeholt und dann am Anschlusszug erneut aufgegeben werden. Im Vergleich zum aktuellen Verfahren, bei dem die Passagiere ihr Gepäck selbst mitnehmen, würden lediglich das Heben des Gepäcks in den Zug sowie die Verstauung und der Transport während der Fahrt entfallen. Die kurzen Aufgabezeitfenster vor Abfahrt führen zudem zu weniger Flexibilität für die Passagiere.

Beim Ansatz einer kurzfristigen Gepäckübergabe können Engpässe hinsichtlich nicht ausreichender Verladezeiten entstehen. Für mögliche Zwischenlagerungen zum Ermöglichen schnellerer Verladezeiten steht hingegen nur ein sehr begrenzter Platz auf dem Bahnsteig zur Verfügung. Durch die Gepäckübergabe an den Zugenden könnten zusätzliche, ungewollte Fahrgastströme sowie Warteschlangen auf den Bahnsteigen entstehen. Hinsichtlich der Fahrgastsicherheit müssten auf Bahnsteigen gemäß der DB-Richtlinie 81302 („Bahnsteige und ihre Zugänge planen“) größere Sicherheitsabstände zu den Gleisen aufgrund der vorgesehenen Anlagen berücksichtigt werden.¹⁴⁸ Aufgrund des höhergelegenen und nicht linear durchgängigen Einstiegsbereiches der 1. Klasse stellt die Gepäckaufgabe der Passagiere 1. Klasse einen aufwendigen Planungsfaktor dar.

6.3.2 Ansatz 2: Gepäckübergabe in der Zwischenebene

Im zweiten Ansatz findet so wenig Gepäckhandling wie möglich auf dem Bahnsteig statt. Die Gepäckübergabe wird in der unter dem Bahnsteig gelegenen Zwischenebene an automatischen oder manuell besetzten Stationen durchgeführt. Aufgrund des vorhandenen Platzes in der Zwischenebene ist eine dezentrale Verteilung der Übergabestationen auf einer größeren Fläche denkbar, was zu einer Entlastung der einzelnen Stationen beitragen und für eine Entzerrung der Personenströme in der Zwischenebene sorgen würde. Die Verladung der Gepäckstücke in den Zug muss auch in diesem Ansatz auf dem Bahnsteig vollzogen werden. Im Gegensatz zum ersten Ansatz sind jedoch weniger Anlagen auf den Bahnsteigen selbst zu installieren. Die Anlagen würden sich zudem auf den Haltebereich der Triebköpfe beschränken. Unter der Anwendung eines umfangreichen Sortier- und Verteilsystems lassen sich im Vergleich zum ersten Ansatz in diesem Prozess die Gepäckaufgabe für mehrere Züge an denselben Stationen und der automatische Gepäcktransfer bei Umstiegen realisieren.

Die Einrichtung von anspruchsvoller Förder- und Sortieranlagen erfordert eine gründliche Planung des Gepäcksystems einschließlich der sorgfältigen Abstimmung der Materialflussprozesse.

¹⁴⁷ Siehe Skizze möglicher Gepäckflüsse auf dem Bahnsteig in Anhang 2.1

¹⁴⁸ Vgl. DB Station&Service AG, o. D.

Angesichts der möglichen Komplexität eines solchen Sortier- und Verteilsystems könnte der verfügbare Platz in der Zwischenebene nicht ausreichen, insbesondere auch unter der Berücksichtigung von Einzelhandels- und Serviceangeboten. Die Planung einer weiteren Ebene – beispielsweise zwischen der Bahnsteig- und Zwischenebene – oder die Verlagerung einzelner Sortier- oder Pufferprozesse auf die Bahnsteigebene könnten daher erforderlich sein. Da sich das System des zweiten Ansatzes in jedem Fall über mindestens zwei Ebenen erstreckt, erfordert diese Variante zwangsläufig eine vertikale Förderung der Gepäckstücke.

6.3.3 Ökonomische Einordnung der Ansätze

Die Umsetzung des zweiten Ansatzes erfordert eine umfangreiche Infrastruktur für die Förderanlagen, das Sortier- und Verteilsystem sowie für die Planung der Materialflüsse und IT-Systeme zur Steuerung und Koordination des Gesamtsystems. Deshalb ist bei diesem Ansatz mit deutlich höheren Investitionskosten zu rechnen. Die alleinige Betrachtung der Kosten zur Implementierung ist jedoch nicht ausreichend.

Ein weiterer Aspekt, der bei der Kostenbetrachtung berücksichtigt werden muss, ist die Effizienz des Systems. Ein effizientes Gepäcksystem soll zu einem schnelleren Ein- und Ausstieg der Passagiere führen und dazu beitragen, Verzögerungen im Bahnverkehr zu vermeiden. Die damit verbundenen Einsparungen würden einen Teil der Investitionskosten ausgleichen. Da davon auszugehen ist, dass in Ansatz 1 weniger Zeit zur Gepäckaufgabe und Verladungsvorbereitung zur Verfügung steht, ist der erfolgreiche Betrieb bei dieser Option besonders auf eine hohe Effizienz angewiesen. Aufgrund der kurzfristigen Gepäckaufgabe besteht im Vergleich zu einem System mit abgestimmten Materialflüssen wenig Spielraum zum Ausgleich von Verzögerungen, die beispielsweise bei der Gepäckabgabe auftreten. Zur Gewährleistung eines möglichst störungsfreien Ablaufes bei der Gepäckaufgabe am Bahnsteig besteht die Möglichkeit unterstützendes Personal einzusetzen. Dies steht hingegen im Widerspruch zu dem Ansatz der Einführung eines automatisierten Systems, das zur Verringerung des manuellen Personaleinsatzes beitragen soll. Die damit verbundenen Personalkosten hätten negative Auswirkungen auf die Gesamtkosten.

Wie bereits in Abschnitt 6.1 beschrieben, besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer größeren Auslegung der Next Generation Station, um somit mehr Platz für das Gepäckhandling auf dem Bahnsteig zu schaffen. Eine flächenbezogene Vergrößerung der Station ist hingegen auch mit höheren Bau- und Grundstückskosten verbunden.

Bei der im zweiten Ansatz gewählten Gepäckübergabe in der Zwischenebene sind aufgrund der größeren Vorlaufzeit zwischen der Aufgabe und Verladung größere Pufferzeiten zur Stabilisierung des Systems möglich. Aufgrund der frühzeitigeren Gepäckaufgabe trägt diese Variante darüber hinaus zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit bei, da die Passagiere nach der Gepäckaufgabe Zeit zur Nutzung der Serviceangebote in der Zwischenebene haben und sich nicht bis unmittelbar zur Zugabfahrt mit der Gepäckaufgabe beschäftigen müssen. Dies würde eventuell aus Gesamtkostensicht zu höheren Einnahmen aus dem Bahnhofsgeschäft führen, die im Falle einer Gepäckaufgabe auf dem Bahnsteig womöglich niedriger ausfielen.

Insgesamt hängen die Kosten für die Einführung und den Betrieb eines automatisierten Gepäcksystems von verschiedenen Faktoren ab. Daher gestaltet sich ein pauschaler Kostenvergleich hinsichtlich der beiden grundlegenden Ansätze schwierig. Zur detaillierten Betrachtung der Gesamtkosten ist eine umfangreiche Analyse erforderlich, die sowohl die kostenseitigen Differenzen zwischen den beiden genannten Ansätzen als auch die grundsätzliche Wirtschaftlichkeit der Einführung eines Gepäcksystems im Rahmen der NGS untersucht.

6.4 Kennzahlen und Annahmen zur Konzeptentwicklung

Die Konzeption eines Transportsystems erfordert die Festlegung quantitativer Leistungskennzahlen (KPIs) zur Auslegung der bahnhofseitigen Gepäckinfrastruktur und darüberhinausgehend die spätere Validierung der Systemleistungsfähigkeit. Im Flugverkehr dokumentiert die internationale Luftverkehrsvereinigung IATA eine Vielzahl solcher Designparameter zur Auslegung von Gepäckförderanlagen an Flughäfen in einem Flughafenentwicklungshandbuch. Diese Parameter können aufgrund vergleichbaren Transportguts (Gepäckstücke) und möglicher Ähnlichkeiten im Ablauf ebenso zur Konzeption im Zuge dieser Arbeit herangezogen werden.¹⁴⁹ Verschiedene Designparameter wurden bereits in vorangegangenen Arbeiten festgelegt. Einige dieser Kenngrößen werden im Folgenden zur Konzeption aufgegriffen. Die Herleitung der Kennzahlen wird im Anschluss näher erläutert.

Anforderung		Wert	Einheit	Bemerkung
Sitzplatzkapazität NGS-HST		800	St.	
Reisegepäckmitnahme pro Fahrgast		0,82	St.	
Fahrgastwechselquote pro Halt		50	%	
Gepäckkapazität pro Triebkopflager		346	St.	
Anzahl ein- und auszuladender Gepäckstücke pro Halt pro Triebkopflager	Max.	193	St.	je Triebkopflager
Mindesthaltezeit		120	s	
Verfügbare Verladezeit	Min.	100	s	
Verladezeit pro Gepäckstück	Max.	4,15	s/St.	beidseitige Ladung
Ladegeschwindigkeit pro Gepäckstück	Min.	0,24	St./s	beidseitige Ladung
Verladezeit pro Gepäckstück	Max.	2,08	s/St.	einseitige Ladung
Ladegeschwindigkeit pro Gepäckstück	Min.	0,48	St./s	einseitig Ladung
Gepäckgewicht zur Systemauslegung	Max.	32	kg	
Gepäckhöchstabmessungen	Max.	950*600*400	mm	Länge*Breite*Höhe
Gepäckabmessungen (Durchschnitt)	∅	675*410*295	mm	Länge*Breite*Höhe
Beanspruchte Fläche pro Gepäckstück	∅	0,28	m ²	exkl. Toleranzen zur Lagerung und Beförderung
Rückgabezeit des letzten Gepäckstücks	Max.	15	min.	Rückgabe im Bahnhofsgebäude
Übergangszeit bei Umstiegen	Min.	10	min.	
Anzahl benötigter Gepäckaufgabeautomaten	Min.	32	St.	

Tabelle 3: Kennzahlen zur Konzeption bei Betrachtung der Einfachtraktion (Datenquellen: siehe Text)

¹⁴⁹ Vgl. International Air Transport Association, 2016, S. 492

6.4.1 Gepäckbezogene Kennzahlen

Gepäckaufkommen

Zu den wichtigsten Kennzahlen gehört das erwartete Gepäckaufkommen von sowohl aufgegebenem und ankommendem Gepäck als auch von Transfergepäck, das am betreffenden Bahnhof in einen anderen Zug umgeladen wird. Unter dem Miteinbezug verschiedener weiterer Parameter kann die erforderliche Verladegeschwindigkeit kalkuliert werden:

Der NGT-HST besitzt in Einfachtraktion eine Kapazität von 800 Sitzplätzen. Bei einer angenommenen Fahrgastwechselquote von 50 % ergibt sich somit ein Erwartungswert von 400 Ein- und Ausstiegen pro Halt. Um Schwankungen im Tagesverlauf zu berücksichtigen, wurde dieser Erwartungswert in der Arbeit von POPA um eine Standardabweichung von 150 Ein- bzw. Ausstiegen ergänzt.¹⁵⁰ Für die durchschnittliche Reisegepäckmitnahme werden 0,82 Gepäckstücke pro Fahrgast angenommen (siehe Kapitel 3).

Die Reisenden eines zu 100 % ausgelasteter NGT-HST haben somit einen Transportbedarf von durchschnittlich 656 Reisegepäckstücken.¹⁵¹ Handgepäckstücke werden im Fahrgastraum mitgenommen und daher nicht weiter berücksichtigt. Fahrzeugseitig kann dieser Bedarf durch die Gesamtkapazität von 692 Reisegepäckstücken (346 pro Triebkopflager) erfüllt werden.¹⁵² Unter der erwähnten Fahrgastwechselquote von 50 % ergibt sich somit die Anforderung eines durchschnittlichen Austauschs von 328 Gepäckstücken pro Halt. Aus der *Studie zur Optimierung der Anzahl von Gepäckaufgabeautomaten am Beispiel der Next Generation Station* von POPA geht unter anderem eine Fahrgastsimulation hinsichtlich der zu erwartenden Einstiege hervor. Die dabei verwendeten Parameter stehen mit den zuvor genannten Annahmen im Einklang. Ein Ergebnis der Simulation ist die Verteilung der pro Zug zusteigenden Fahrgäste im Tagesverlauf. Die Anzahl der Einsteiger mit einem Reisegepäckstück variiert zwischen 116 und 385 Personen.¹⁵³ Dies ergibt einen Höchstwert von jeweils 193 ein- und auszulagernden Gepäckstücken pro Triebkopflager. Dieser Höchstwert des Reisegepäckaufkommen pro Einstieg wird für die weiteren Berechnungen als Zielwert zur Verladung angenommen.

Im NGT-Konzept ist die Ankunft der NGT-HST in Abständen von fünf Minuten pro Fahrtrichtung bzw. Gleis vorgesehen.¹⁵⁴ Das bedeutet ein Aufkommen von zwölf in Einzeltraktion fahrenden Zügen pro Stunde und Gleis. Hinsichtlich der weiteren Berechnungen ergibt sich daraus je Gleis ein maximaler Gepäckdurchsatz von 4.620 Gepäckstücken pro Stunde:

$$385 \text{ St.} \times 12 \frac{\text{NGT}}{\text{h}} = 4620 \text{ St./h}$$

¹⁵⁰ Vgl. Popa et al., 2021, S. 28

¹⁵¹ Vgl. Arendt, 2021, S. 45

¹⁵² Vgl. Arendt, 2021, S. 75

¹⁵³ Vgl. Popa et al., 2021, S. 28

¹⁵⁴ Vgl. Popa et al., 2021, S. 27

Bei in Doppeltraktion fahrenden Zügen verdoppelt sich dieser Gepäkdurchsatz pro Gleis. In diesem Fall wird jedoch auch die doppelte Länge des Gleisabschnitts in Anspruch genommen. Unter der Annahme, dass die Gepäckabfertigungssysteme in beiden Hälften der NGS identisch aufgebaut sind, beziehen sich die weiteren Berechnungen auf Züge in Einfachtraktion respektive auf die Hälfte eines Gleises.

Verladegeschwindigkeit

Die Ein- und Ausladung des Gepäcks kann grundsätzlich beidseitig auf jeweils vier Ebenen erfolgen. Pro Triebkopflager ergeben sich somit acht Be- und acht Entladepunkte. Im Falle einer nur einseitig verfügbaren Verlaadeschnittstelle halbiert sich dieser Wert auf vier Be- bzw. Entladestellen. Die einseitige Verladung kann sich auf das Ein- und Ausladen an nur einer Seite des Zuges oder auf eine getrennte Ein- und Ausladung auf jeweils vier Ladeebenen pro Zugseite beziehen (siehe Abbildung 25). Zur Veranschaulichung ist in der Abbildung nur eine von vier Ebenen dargestellt. Im Fall der einseitigen Verladung können alternativ auch jeweils die beiden nicht verbundenen Schnittstellen unter der Berücksichtigung der möglichen Verladerichtungen verwendet werden.

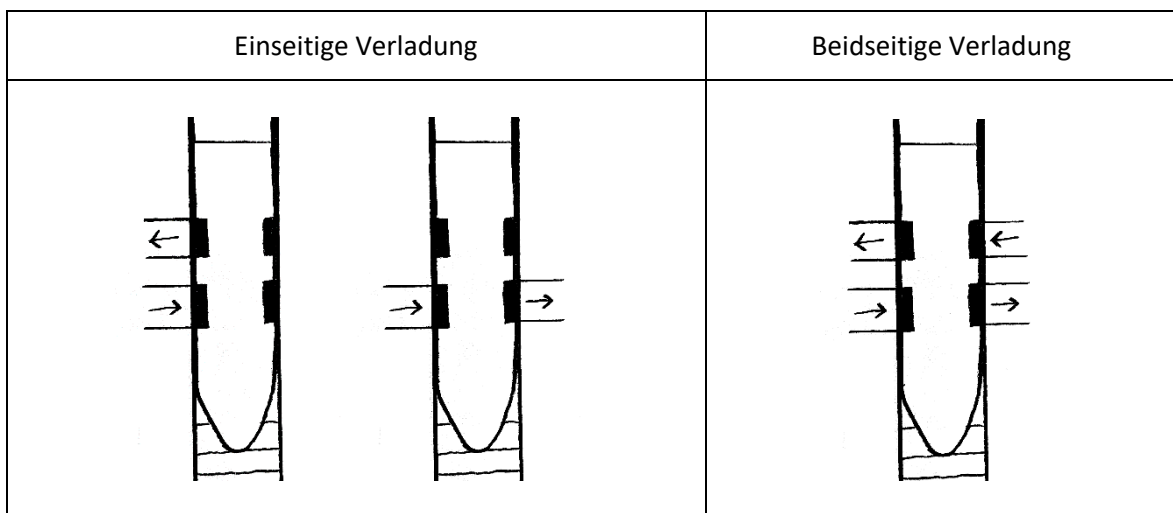


Abbildung 25: Beispielhafte Ladekonfigurationen in der Draufsicht eines Triebkopfwagens (eigene Darstellung)

Gemäß der DB-Richtlinie zum Trassenmanagement ist im Fernverkehr grundsätzlich eine Mindesthaltezeit von zwei Minuten vorgeschrieben.¹⁵⁵ Wie bereits durch ARENDT ausgeführt, reduziert sich die zum Verladevorgang verfügbare Zeit ausgehend von der Mindesthaltezeit auf voraussichtlich 100 Sekunden. Der Grund dafür ist die benötigte Zeit zum automatischen Öffnen der Türen des fahrzeugzeitigen Lagers und der ebenfalls automatisiert ablaufenden mechanischen Verbindungsherstellung zur Infrastruktur.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Vgl. DB Netz AG, 2022, S. 4 f.

¹⁵⁶ Vgl. Arendt, 2021, S. 47

Unter der Berücksichtigung dieser Restriktionen ergibt sich für die Peak-Gepäckverladeleistung von 385 Gepäckstücken innerhalb der Zeitspanne von 100 Sekunden eine benötigte Ladegeschwindigkeit von 0,24 Gepäckstücken pro Sekunde bei einer beidseitigen Verladung auf vier Ebenen. Das entspricht einer verfügbaren Verladezeit von 4,15 Sekunden pro Gepäckstück. Im Falle einer einseitigen Verladung verdoppelt sich die benötigte Geschwindigkeit auf 0,48 Gepäckstücke pro Sekunde. Die zur Verfügung stehende Verladezeit verringert sich dementsprechend um die Hälfte auf 2,08 Sekunden pro Gepäckstück. Die genannten Werte gelten sowohl für die Ein- als auch für die Ausladung an den voneinander unabhängigen Schnittstellen zur Infrastruktur.

Gepäckgewicht

Aus einer 2022 im Flugverkehr durchgeführten Datenerfassung von fast zwei Millionen Aufgabegepäckstücken geht ein durchschnittliches Gewicht von 15,9 kg pro Gepäckstück und eine Standardabweichung von 5,6 kg hervor. Die jahreszeitlichen Unterschiede sind marginal (16,0 kg im Sommer zu 15,9 kg im Winter) und daher vernachlässigbar. Die herangezogenen Vergleichsdaten aus 2008/2009 zeigen ein Durchschnittsgewicht von 16,7 kg. Die Daten sind jedoch aufgrund der Beobachtungsmenge von lediglich ca. 12.000 Gepäckstücken als weniger verlässlich anzusehen.¹⁵⁷

Im Zuge der Konzeption des im NGT-Triebkopf verbauten Gepäcklagers wurden die Gewichtsanforderungen eines voll ausgelasteten Lagers für ein durchschnittliches Gepäckgewicht von 14,5 kg erfüllt. Die Berechnungen der Lagereinheiten basieren auf einer bewusst konservativen und als grob eingeordneten Gewichtabschätzung. Die Abschätzungen reichen von „mindestens zwei Tonnen“ bis zu maximal 12,24 t pro Lagereinheit. Der Verfasser ARENDT sieht ein großes Potenzial zur Gewichtseinsparung im Rahmen der eingehenderen Konstruktion, sodass von einem höheren durchschnittlichen Gepäckstückgewicht ausgegangen werden kann.¹⁵⁸

Im Vergleich des mittleren Aufgabegepäckgewichts im Flugverkehr zu dem zur Konzeption der Triebkopflager verwendeten Durchschnittsgewicht ergibt sich eine Differenz von 1,4 kg pro Gepäckstück. Bei einer Kapazität von 346 Gepäckstücken pro Lagereinheit erhält man somit ein Mehrgewicht von ca. 485 kg gegenüber der von ARENDT verwendeten Werte. Dementsprechend wäre eine Gewichtseinsparung bei der Konstruktion des Lagers um ca. 4 % von 12,24 t auf 11,76 t nötig. Dies ist basierend auf dem von ARENDT gesehenen großen Potenzial zur Gewichtsreduktion plausibel.¹⁵⁹ Bezogen auf die im Flugverkehr übliche Gewichtsgrenze von 23 kg ergäbe sich analog zur vorherigen Rechnung ein Mehrgewicht von 2,94 t und somit eine benötigte Gewichtseinsparung um ca. 24 % auf 9,33 t pro Triebkopflager. Unter der Annahme eines durchschnittlichen Gepäckgewichts an der maximalen Gewichtsgrenze von Fluggepäck (32 kg) müsste eine Gewichtseinsparung um rund 50 % erfolgen. Zur Einordnung der Machbarkeit dieser

¹⁵⁷ Vgl. Lufthansa Consulting, 2022, S. 40

¹⁵⁸ Vgl. Arendt, 2021, S. 46 und 73

¹⁵⁹ Vgl. Arendt, 2021, S. 73

Gewichtsreduktionen bedarf es tiefergreifender Berechnungen und Analysen der Triebkopflagerkonstruktion, die über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen.

Zur Konstruktion der Gepäckinfrastruktur wird das absolute Maximalgewicht pro Gepäckstück analog zum Flugverkehr auf 32 kg festgelegt. Dieser Wert dient der Auslegung der maximalen Belastbarkeit der Infrastruktur. Für die Reisenden sollen hingegen ähnliche Gewichtsbestimmungen wie im Flugverkehr gelten. Das maximale Gepäckgewicht pro Gepäckstück wird demnach auf 23 kg festgelegt. Preisstaffelungen nach Gewicht des gebuchten Gepäcks könnten zu einer Reduzierung der gesamten Gepäckmasse beitragen. Eine Überschreitung des angegebenen Gewichts soll bis zu einem Gewicht von 32 kg mit Nachzahlungen verbunden sein. Gepäck, das über diese Gewichtsgrenze hinaus geht, wird von der Mitnahme ausgeschlossen. Das Maximalgewicht aller Gepäckstücke in Summe ist abhängig von der finalen Masse der Triebkopflager.

Gepäckabmessungen

Basierend auf den Datenerhebungen und Größenmessungen von PLANK wurden die beiden Größenkategorien *mittel* und *groß* durch ARENDT definiert. Die Kategorisierung ermöglicht eine zusammengefasste Betrachtung der verschiedenen Gepäcktypen wie z.B. Trolleys, Reisetaschen und Rucksäcke und legt für beide Kategorien die maximalen Abmaße der Gepäckstücke fest. Die Maximalmaße der Kategorie *mittel* betragen 700 x 500 x 350 mm – als *groß* definierte Gepäckstücke besitzen Abmessungen von bis zu 950 x 600 x 400 mm. Die Unterscheidung zwischen *mittel* und *groß* ist erforderlich, da aufgrund der abgerundeten Dachkonstruktion des NGT-HST auf der obersten Ebene der Triebkopflager nur Gepäckstücke der Kategorie *mittel* transportiert werden können. Im Reisezweckmix „Deutschland Sommer 07“ beträgt die Aufteilung zwischen mittleren und großen Gepäckstücken etwa 70 % zu 30 %.¹⁶⁰ Da sich die Restriktion hinsichtlich der Gepäckgröße lediglich auf die oberste der vier Ebenen des Triebkopflagers bezieht, sind keine Engpässe aufgrund einer zu hohen Menge an großen Gepäckstücken zu erwarten. Die allgemeinen Maximalabmessungen zur Reisegepäckmitnahme werden demnach auf 950 x 600 x 400 mm festgelegt. Dieser Wert wird als Restriktion zur Mitnahme seitens der Kunden sowie zur konstruktiven Auslegung der Systemkomponenten verwendet. Systemseitig muss darüber hinaus sichergestellt werden, dass in die oberste Ebene nur Gepäckstücke mit Abmessungen von bis zu 700 x 500 x 350 mm verladen werden.

Hinsichtlich der Kapazitätsberechnungen werden die aus den Messungen von PLANK hervorgehenden durchschnittlichen Gepäckabmessungen herangezogen. Die gewichteten, mittleren Außenmaße der in den Kategorien *mittel* und *groß* vermessenen Gepäckstücke (insgesamt 624 Stück) betragen 675 x 410 x 295 mm.¹⁶¹

¹⁶⁰ Vgl. Arendt, 2021, S. 44 f.

¹⁶¹ Vgl. Plank, 2008, S. 45

6.4.2 Systembezogene Kennzahlen

Aufgabezeitraum

Das Ziel dieser Betrachtung ist die Bestimmung eines Zeitfensters zur Gepäckaufgabe, das anschließend transparent an die Reisenden kommuniziert wird. Hinsichtlich der möglichen Zeitintervalle zur Gepäckaufgabe müssen entsprechende Szenarien erarbeitet werden. Diese beziehen sich sowohl auf vorzeitige als auch auf kurzfristige Gepäckaufgaben (*early arrival* bzw. *late arrival*). Dabei gilt es, benötigte Vorlaufzeiten beim Gepäckhandling und gegebenenfalls vorhandene Lagerkapazitäten miteinzubeziehen. Ein Einfluss auf die Vorlaufzeit ist die Ankunftsverteilung der Fahrgäste. In der zuvor erwähnten Studie von POPA wird die Gepäckaufgabe in der Zwischenebene betrachtet und simuliert. Die Ankunftsverteilung wird dabei normalverteilt mit einer mittleren Ankunftszeit von 30 Minuten vor der Zugabfahrt sowie einer Standardabweichung von vier Minuten angenommen. Für die weitere Betrachtung wird diese mittlere Ankunftszeit mit dem mittleren Gepäckaufgabezeitpunkt gleichgesetzt. Der Autor geht des Weiteren von einer festen Pufferzeit von 15 Minuten aus. Dadurch wird die Verteilung um 15 Minuten horizontal verschoben. Die generierten Ankunftszeiten liegen somit zwischen 15 und 45 Minuten vor der Abfahrt (siehe Abbildung 26).

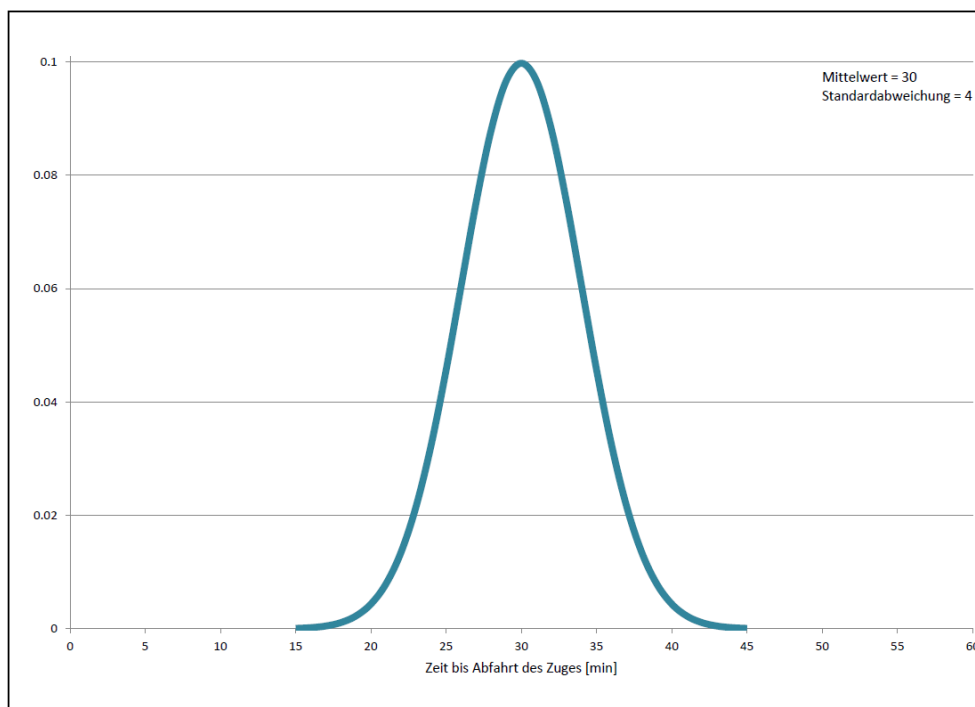


Abbildung 26: Ankunftsverteilung der Fahrgäste vor Abfahrt des Zuges
(Quelle: Popa et al., 2021, S. 28)

POPA trifft darüber hinaus die Annahme einer Gepäckaufgabefrist (*Latest Check-in Acceptance Time, LAT*) von zehn Minuten vor der Zugabfahrt.¹⁶² Da sich die Studie ausschließlich auf den Prozess

¹⁶² Vgl. Popa et al., 2021, S. 28 f.

der Gepäckaufgabe fokussiert und keine Parameter der noch zu konzipierenden Infrastruktur miteinbezieht, gilt es die getroffenen Annahmen hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zu evaluieren.

Systemkapazität und Platzbedarf

Die maximal benötigte aufgabeseitige Systemkapazität pro Zug (in Einzeltraktion) kann basierend auf den zuvor getroffenen Annahmen basierend auf der Studie von POPA und unter der Einbeziehung der dabei frühestmöglichen Gepäckaufgabe kalkuliert werden:

$$385 \text{ St.} \times 45 \text{ min} \times 12 \frac{\text{NGT}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 3465 \text{ St.}$$

Die errechnete Kapazität von 3.465 Gepäckstücken wird über den gesamten Betriebsablauf vorausgesetzt, da durchgehend Gepäck für die nachfolgenden Züge aufgegeben wird. Bei der Betrachtung beider Gleise und der Annahme von in Doppeltraktion fahrenden Zügen ergibt sich eine benötigte aufgabeseitige Gesamtkapazität von 13.860 Gepäckstücken für die gesamte NGS. Für jedes der acht Zugenden wird somit eine vorgelagerte Transport-, Sortier- und Lagerkapazität von 1.733 Gepäckstücken benötigt. Die Systemkapazität ermöglicht dadurch, dass sich jedes Gepäckstück garantiert bis zu 45 Minuten im System befinden kann. Mögliche Schwankungen bei der Gepäckaufgabe, die sich aus den um jeweils fünf Minuten versetzten Öffnungszeiten der Aufgabestellen ergeben, müssen demzufolge nicht berücksichtigt werden.

Basierend auf der Länge und Breite der durchschnittlichen Gepäckabmessungen von 675 x 410 x 295 mm (Länge x Breite x Höhe) ergibt sich aus dem Produkt aus der Länge und Breite ein benötigter Platzbedarf von durchschnittlich 0,28 m² pro Gepäckstück. Demzufolge hat das gesamte Gepäcksystem der NGS einen rein auf die Gepäckstücke bezogenen Platzbedarf von 3.891 m². Dies entspricht ca. 486 m² pro Triebkopflager. Hinsichtlich der Lagerung und des Transports innerhalb des Systems sollten jedoch ein gewisser Abstand zwischen den einzelnen Gepäckstücken berücksichtigt werden. Die benötigten Spielräume können sich abhängig von der Förder- bzw. Lagertechnologie unterscheiden und werden aufgrund dessen an dieser Stelle nicht pauschal festgelegt. Die Werte werden im Zuge der Konzeption für die jeweiligen Anwendungen definiert.

Eine rückgabeseitige Abschätzung der Systemkapazität gestaltet sich schwierig, da bisher keine Betrachtungen von Rückgabemöglichkeiten und damit verbundener Ankunftsverteilungen der Fahrgäste an den Rückgabeorten vorhanden sind. Im Gegensatz zum Start der Bahnreise müssen Passagiere keine Pufferzeiten hinsichtlich möglicher Verzögerungen bei der Anreise miteinkalkulieren, sondern können sich im hier betrachteten Regelfall unverzüglich zum Abholungsort im Bahnhof begeben. Um innerhalb der Bahninfrastruktur möglichst wenig Platz zu beanspruchen, sollen die Gepäckstücke schnellstmöglich ohne Zwischenpuffer an die Reisenden zurückgegeben werden.

Zielrückgabezeit

Zur Erhaltung der Flexibilität im Vergleich zum Flugverkehr sollte die Rückgabezeit des Gepäcks an die Fahrgäste im Falle einer direkten Gepäckrückgabe im Bahnhof kürzer als in den Empfangshallen von Flughäfen sein. Da ein genauer Zielwert im Vorfeld schwer abzuschätzen ist, dient als Orientierungswert die allgemeine Zielrückgabezeit am Flughafen Wien. Diese beträgt im Durchschnitt 25 Minuten und schwankt abhängig von der Fluglinie, dem Flugzeugtyp, dem Verladetyp (Containerverladung, offene Verladung, etc.) und der Distanz zwischen dem Flugzeug und dem Terminalgebäude zwischen 15 und 45 Minuten.¹⁶³ Zur Konzeption der Bahnhofinfrastruktur wird ein Zielwert von 15 Minuten bis zur Rückgabe des letzten Gepäckstücks definiert, um kürzere Rückgabezeiten als im Flugverkehr anzustreben. Der festgelegte Zielwert gilt für die Abholung an einer der zentralen Rückgabestellen im Bahnhofgebäude. Zielzeiten für alternative Rückgabemöglichkeiten oder den Weiterversand werden im Zuge der Feinplanungen festgelegt.

Mindestübergangszeit

Die Minimum Connection Time (MCT) beschreibt die kürzeste Verbindungszeit zwischen zwei Zügen und gilt als Übergangszeit sowohl für den Umstieg der Fahrgäste als auch für die Umladung der Gepäckstücke umsteigender Personen vom ankommenden Zug in den abfahrenden Folgezug. Die MCT ist in der Regel bahnhofsabhängig und wird anhand der DB-Richtlinie für *Übergangszeiten im Netzfahrplan* bestimmt. Für Umstiege zwischen zwei NGT-Fernverkehrszügen ergibt sich anhand der genannten Richtlinie eine Mindestumstiegszeit von zehn Minuten.¹⁶⁴ Mögliche Übergangszeiten von und zu Bahnhofszubringerzügen wie dem NGT-LINK oder dem ÖPNV gilt es in Folgebetrachtungen zu berücksichtigen. Die Identifikation und Vorhersage der verschiedenen Zuflüsse der Gepäckstücke im Sinne eines ganzheitlichen Betriebskonzepts wird in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt.

Anzahl der Gepäckaufgabeautomaten

Der dieser Arbeit vorangegangenen simulativen Studie von POPA zufolge bräuchte es pro Zug in Einfachtraktion 140 Gepäckaufgabeautomaten, um eine mittlere Wartezeit von unter fünf Minuten pro Fahrgast zu erreichen.¹⁶⁵ Eine grundlegende Annahme der Studie ist die mittlere Aufgabedauer von 2,23 Minuten, die auf 2010 veröffentlichten Studiendaten bezüglich durchschnittlicher Gepäckaufgabezeiten an manuell besetzten Schaltern im Flugverkehr basiert.¹⁶⁶ Wie in Abschnitt 2.3.1 beschrieben, sind an automatisierten Gepäckaufgabestationen im Two-Step-Verfahren bereits Aufgabezeiten von 30 Sekunden und weniger möglich. Hinsichtlich der weiteren

¹⁶³ Vgl. Nettel, persönliches Interview, 29.11.2022, siehe Anhang 1.2

¹⁶⁴ Vgl. Popa et al., 2022, S. 4

¹⁶⁵ Vgl. Popa et al., 2021, S. 28

¹⁶⁶ Vgl. Abdelaziz et al., 2010, S. 24

Betrachtung ist somit eine Anpassung der Aufgabeautomatenanzahl sinnvoll. Unter der Annahme einer Aufgabezeit von 30 Sekunden kann die benötigte Anzahl von Gepäckaufgabeautomaten auf 32 Stück pro NGT bzw. 128 pro Bahnhof korrigiert werden. Um sicherzustellen, ob diese Anzahl in der Praxis ausreichend ist, bedarf es tiefergehender Untersuchungen zur tatsächlich durch die Reisenden benötigten Aufgabezeit.

Unter der Annahme der deutlich kürzeren Gepäckaufgabezeiten im Two-Step-Verfahren muss bei der Gestaltung der Zwischenebene hingegen die Installation der für den vor der Gepäckabgabe durchzuführenden Check-in vorgesehenen Automaten berücksichtigt werden. Neben der Zwischenebene folgt im nächsten Abschnitt eine Übersicht über die zur weiteren Konzeption zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen aus der Architektur der Next Generation Station.

7 Konzeptentwicklung und Ausarbeitung

Unter der Berücksichtigung der im letzten Kapitel aufgestellten Rahmenbedingungen erfolgt an dieser Stelle zunächst die Festlegung des gewählten Konzeptansatzes. Auf dessen Basis beruht die Entwicklung verschiedener Konzeptvarianten sowie die Entscheidung bezüglich einer bevorzugten Lösung inklusive eines schematischen Entwurfs. Darauf aufbauend erfolgt die grafische Ausarbeitung der Förder-, Sortier- und Lagereinheiten mithilfe von CAD-Software inklusive der Auswahl geeigneter Technologien. Das CAD-Modell dient zudem als Visualisierung des konzipierten Systems.

7.1 Festlegung des Konzeptansatzes

Aus den im Abschnitt 6.3 beschriebenen Konzeptansätzen und deren Kostenbetrachtung sowie der weiteren Annahmen und Bedingungen zur Konzeptentwicklung ergeben sich diverse Vor- und Nachteile, die für oder gegen eine Anwendung des jeweiligen Ansatzes sprechen. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

	Ansatz 1: Gepäckübergabe auf dem Bahnsteig	Ansatz 2: Gepäckübergabe in der Zwischenebene
Gepäckaufgabe	direkt am Zug; sehr kurze Aufgabezeiten erforderlich	räumlich flexibel; großzügige Aufgabezeitfenster
Reisekomfort	eingeschränkt	hoch
Sortieraufwand	niedrig	hoch
Automatisierter Gepäcktransfer	schwer realisierbar	ja
Platzbedarf der Anlagen	grundsätzlich: niedrig auf Bahnsteig: hoch	grundsätzlich: hoch auf Bahnsteig: niedrig
Investitionskosten	niedriger	höher
Weiteres	zusätzliche Passagierströme und Warteschlangen auf Bahnsteigen; Integration der 1. Klasse ist planungsaufwendig	großer Koordinationsaufwand der Materialflüsse und IT-Infrastruktur

Tabelle 4: Gegenüberstellung der beiden Konzeptansätze

Hinsichtlich verschiedener Aspekte, die zu berücksichtigen sind, wie zum Beispiel die Notwendigkeit umfangreicher technischer Förder- und Sortieranlagen, die zu analysierenden Kostenlage und die Abwägung zwischen einer umfassenderen Inanspruchnahme der Bahnsteige oder der Planung weiterer Gebäudeebenen, gibt es für beide Ansätze eine gewisse Rechtfertigung.

An dieser Stelle wird die Konzeptentwicklung im Rahmen des **Ansatzes 2** unter der Prämisse der Gepäckübergabe in der Zwischenebene fortgesetzt. Zu den ausschlaggebenden Faktoren für die getroffene Festlegung gehören die Erfüllbarkeit der Anforderung einer automatisierten Gepäckumladung bei Umstiegen sowie die Bestrebung, möglichst wenige zusätzliche, sich im ungünstigsten Fall kreuzende Passagierströme zu verursachen. Des Weiteren soll das Gepäcksystem einen möglichst großen Komfort für die Fahrgäste bieten. Unter der Berücksichtigung der in Absatz 6.4 erörterten Kennzahl der benötigten Verladung von bis zu 193 Gepäckstücken je Triebkopf ergäbe sich im Falle einer kurzfristigen Gepäckaufgabe im Intervall von fünf Minuten zwischen der Abfahrt zweier Züge eine nicht durchführbare Gepäckabgabezeit von 1,55 Sekunden pro Gepäckstück. Würde die Aufgabezeit am Bahnsteig weiter vorgezogen werden, so erfordert dies ein Puffersystem auf dem Bahnsteig und würde gleichzeitig die Anzahl der sich auf dem Bahnsteig befindenden Personen erhöhen, was aus den zuvor genannten Gründen nicht anzustreben ist. Daher wird der Ansatz eines umfangreichen Sortier- und Verteilsystems gewählt.

7.2 Variantenbildung und Vorzugsentwurf

Bezugsrahmen

Die weitere Konzeption und Ausarbeitung wird zunächst im Rahmen eines ausgewählten Teilbereiches der NGS (siehe Abbildung 27: Konzeptionsrahmen innerhalb der NGS (eigene Darstellung anhand interner CAD-Modelle)) durchgeführt. Dieser bildet ein Achtel der Gesamtstation und somit den Gepäckbereich für einen Triebkopf ab. Diese Auswahl reduziert die Komplexität der Ausarbeitung. Da die NGS hinsichtlich mehrerer Achsen symmetrisch ist, wird das entworfene System durch Spiegelungen auf die restlichen Teilbereiche übertragen. Die Auswahl ist auf einen mittig gelegenen Teilbereich gefallen, da an dieser Stelle potentielle Verbindungen zu mindestens drei seitlich angrenzenden Teilbereichen zu berücksichtigen sind.

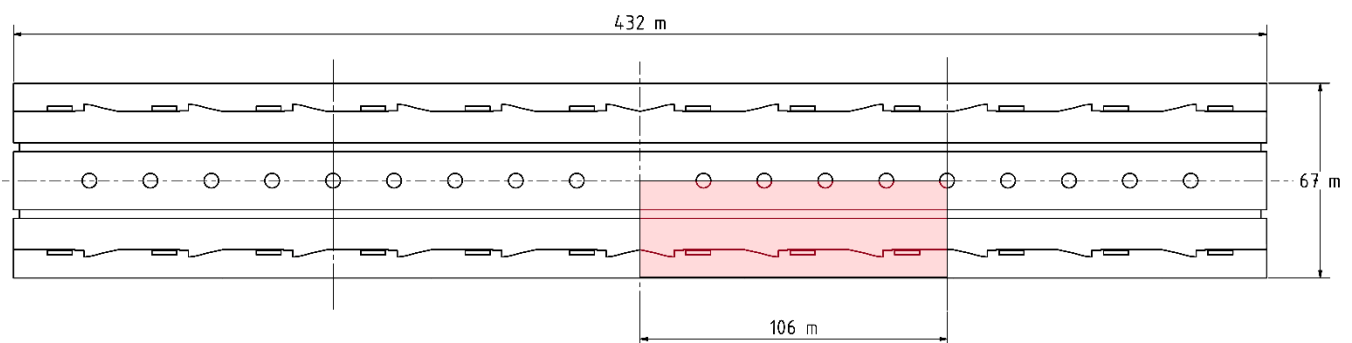


Abbildung 27: Konzeptionsrahmen innerhalb der NGS (eigene Darstellung anhand interner CAD-Modelle)

Variantenbildung

Der Ausgangspunkt für die Variantenbildung ist die Gepäckaufgabe in der Zwischenebene. Rückgabemöglichkeiten werden an dieser Stelle außer Acht gelassen und abhängig von dem gewählten Entwurf der Sortierung und Verladungsvorbereitung im Abschnitt 7.3.5 wieder berücksichtigt. Die Entwicklung verschiedener Entwürfe ist aufeinander aufbauend. Herausforderungen, die im Zuge eines Entwurfes auftreten, können durch die Weiterentwicklung in einem neuen Entwurf aufgegriffen und beseitigt werden. Über die Gesamtentwicklung hinweg findet somit eine kontinuierliche Verbesserung statt, die final in einem präferierten Vorzugsentwurf mündet. Während der Entwicklungsphase entstanden beispielsweise Entwürfe eines *mehrgeschossigen Hochregallagers* oder einer direkten vertikalen Gepäckförderung von der Zwischenebene auf den Bahnsteig mit der anschließenden *Sortierung und Ladungsvorbereitung auf dem Bahnsteig*.¹⁶⁷

Zu den ausschlaggebenden Hürden, aufgrund derer diese Entwürfe nicht weiterentwickelt wurden, gehören der auf dem Bahnsteig benötigte Platz, der angesichts der vorhandenen Skizzen der NGS als nicht ausreichend angesehen wird. Dieser bezieht sich neben den benötigten Pufferflächen für die Gepäckstücke auch auf die Förderbahnen für die Entladung nach der Ankunft und die Verknüpfung zu anderen Teilsystemen im Bahnhof sowie auf mögliche Zugänge zu Wartungszwecken. Darüber hinaus gestaltet sich die Ladungsvorbereitung aufgrund der direkt nebeneinanderliegenden Türen zur Be- und Entladung des Zuges als schwierig, da die Zu- und Abfuhrfördertechnik auf engstem Raum zu organisieren wäre. Wie bereits in den vorherigen Kapiteln angerissen, soll möglichst wenig Platz auf dem Bahnsteig in Anspruch genommen werden.

Vorzugsentwurf

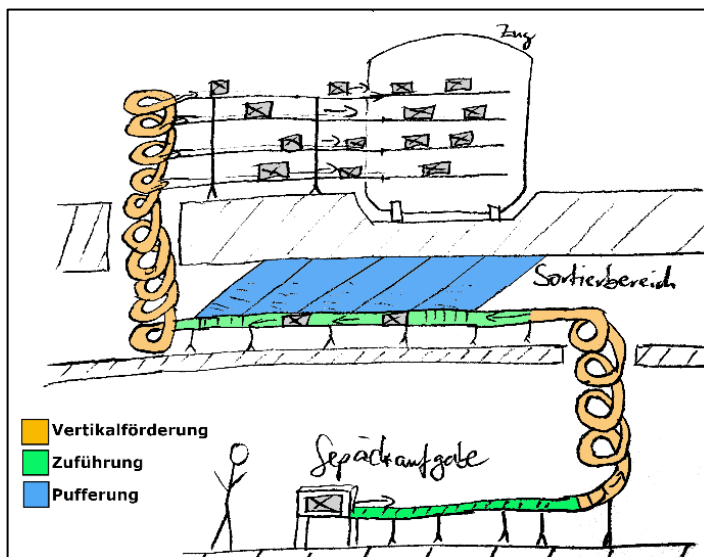


Abbildung 28: Erster Entwurf der Vorzugsvariante (Seitenansicht)

Im Anschluss an die Gepäckaufgabe in der Zwischenebene erfolgt eine vertikale Förderung in die Sortierebene (hier als Spirale

Der finale Entwurf sieht zur Bewältigung der Platzproblematik lediglich die Ladungsvorbereitung für den nächsten ankommenden Zug auf dem Bahnsteig vor. Der Vorsortierung des Gepäcks dient dabei eine zwischen der Bahnsteig- und Zwischenebene eingefügte, zusätzliche Sortierebene. Dadurch werden die viel Platz beanspruchenden Sortier- und Verteilprozesse ähnlich wie in der historischen Gepäckabfertigung von den Passagierbereichen separiert.

¹⁶⁷ Siehe Entwurfsskizzen in Anhang 2.2

dargestellt). Dort wird das Gepäck auf den quer zur Zuführungsbahn liegenden Pufferbahnen sortenrein zwischengelagert. Das heißt es dürfen sich keine Gepäckstücke für mehrere verschiedene Züge in einer Bahn befinden. Werden die Gepäckstücke zur Ladungsvorbereitung benötigt, erfolgt die Zuführung zum zweiten Vertikalförderer. Dieser transportiert die Koffer auf das zur Ladungsvorbereitung vorgesehene, vierstöckige Pufferregal auf dem Bahnsteig.

Die neue Sortierebene bietet einen großen Raum für die Pufferung. Abbildung 29 bezieht sich auf die Sortier- und Förderanlagen für ein Triebkopflager – die Position des Zugtriebkopfes auf dem darüberliegenden Bahnsteig ist im linken Bildbereich angedeutet.

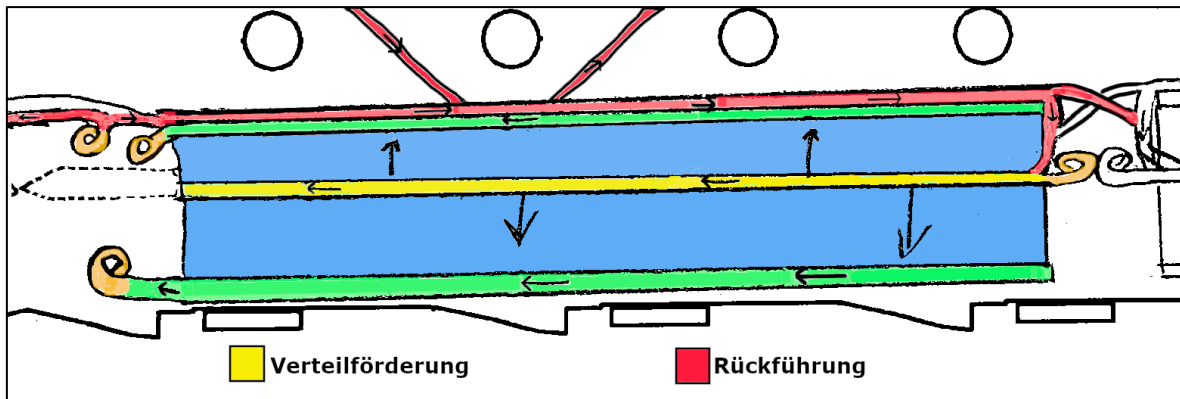


Abbildung 29: Skizze der Sortierebene der Vorzugsvariante für ein Triebkopflager (Draufsicht)

In der weiter ausgearbeiteten Vorzugslösung befindet sich nach der Beförderung in die Sortierebene zunächst ein mittig zwischen den Pufferbahnen gelegenen Verteilförderer (Gelb). Die Pufferbahnen fungieren in der Folge als Durchlaufträger, in denen die Gepäckstücke sortenrein für jeweils einen Zug je Pufferbahn vorsortiert werden. Die Belegung der einzelnen Bahnen erfolgt nach dem chaotischen System. Werden die Gepäckstücke einer Bahn zur Ladungsvorbereitung benötigt, so erfolgt die Auslagerung der ganzen Bahn auf die an den Enden der Pufferbahnen befindlichen Zuführbahnen. Diese befördern die Koffer zu den Vertikalförderern, die die Sortier- mit der Bahnsteigebene verbindet. Es erfolgt somit zunächst ein *Push-Fluss* des aufgegebenen Gepäcks in die Pufferlager. Vom eintreffenden Zug ausgehend werden die Gepäckstücke dann bedarfsorientiert aus den Lagern angefordert (*Pull-Fluss*).

Ergänzend zur ersten Skizze sind hier die Gepäckflüsse für die Rückführung in den Sortierprozess dargestellt (Rot). Von der abwärts gerichteten Vertikalförderung (links im Bild) wird das Transfergepäck über den nach rechts verlaufenden Förderer zurück zum Startpunkt des Verteilförderers transportiert. Des Weiteren sind die Verbindungen zur den Sortieranlagen für die anderen Triebköpfe am linken, rechten und oberen Rand der Skizze angedeutet. Die Vorrichtungen zur unmittelbare Gepäckrückgabe nach der Ankunft befinden sich lediglich auf der Bahnsteig- und Zwischenebene und sind daher in dieser Skizze nicht dargestellt.

7.3 Ausarbeitung und Auswahl geeigneter Technologien

Zur weiteren Ausarbeitung des Gepäcksystems unter der detaillierten Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Platzes kommen CAD-Anwendungen zum Einsatz. Im Zuge dieser Konstruktion findet ein fortlaufendes Auswahlverfahren der jeweils für die Teilprozesse geeigneten Technologien statt. Der Fokus der Auswahl liegt auf dem Ziel, einen möglichst reibungslosen Gepäckfluss zu ermöglichen sowie auf der Eignung zum Handling von Gepäckstücken.

Da sich die Konzeption im Wesentlichen auf die Sortierung und Verladevorbereitung konzentriert, sind die Gepäckaufgabe- und Rückgabestationen in der folgenden Ausarbeitung lediglich angedeutet. Zur Auslegung und Verteilung der Übergabestationen muss darüber zunächst ein Betriebskonzept auf Basis der benötigten Automatenanzahl und deren Verteilung definiert werden. Dies ist kein Bestandteil der vorliegenden Konzeption. Da die zentral gelegenen Personenaufzüge eine elementare Begrenzung des zur Verfügung stehenden Raumes auf allen Ebenen darstellen, sind diese durchgängig durch gelbe Säulen visualisiert.

7.3.1 Generelle Technologieauswahl

Das Gepäckhandling erfolgt generell behälterlos, da diese Lösung grundlegend wartungs- und kostengünstiger als die behälterbasierte Option ist (siehe Absatz 2.3.2). Die Vorteile der behälterbasierten Technologie hinsichtlich eines schnellen Transports über weite Strecken und einer Vielzahl an über eine große Fläche verteilte Senken besitzen im Kontext der NGS keine Relevanz.

Im System werden hauptsächlich Gurtbandförderer eingesetzt. Im Vergleich zu Rollenförderern erreichen Gurtbandförderer vergleichsweise hohe Geschwindigkeiten von bis zu 3 m/s und zeichnen sich darüber hinaus durch geringere benötigte Antriebsleistungen sowie niedrigere Investitions- und Wartungskosten aus. Zur Konzeption wird die Geschwindigkeit der Gurtbänder auf grundsätzlich 2 m/s festgelegt. Des Weiteren schonen Bandförderer die Gepäckstücke und können Kurven und Steigungen bewältigen (siehe Absatz 2.2.1). Hinsichtlich der definierten maximalen Gepäckabmessungen und der bevorzugten längs ausgerichteten Gutförderung wird die grundsätzliche Gurtbandbreite auf 800 mm festgelegt.¹⁶⁸ Seitenführungen und Fangvorrichtungen sowie weitere Sicherheitseinrichtungen werden in der Ausarbeitung zur Reduzierung der Komplexität und zur besseren Übersicht nicht berücksichtigt. Bei einer Umsetzung des Systems sind diese hingegen von den Anlagenherstellern miteinzuplanen. Bei der Auswahl jeder einzelnen Technologie wurde das maximale Gepäckgewicht von 32 kg berücksichtigt.

7.3.2 Gepäckaufgabe

Die Gepäckaufgabe erfolgt grundsätzlich an Gepäckaufgabeautomaten. Die sind als verschlossene Boxen, die sich für die Abgabe unter Scannen des Abgabecodes öffnen, dargestellt. In der Konzeption sind vorerst zwei Aufgabebereiche mit je acht Automaten beispielhaft verbaut. Die

¹⁶⁸ T. Frank, Fa. BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, persönliche Kommunikation, 14.03.2023

Gepäckstücke werden nach der Aufgabe über Förderbänder seitlich auf die beiden mittig gelegenen Hauptförderbänder geschleust. Auf diese Hauptförderbänder soll im Zuge weiterer Planungen auch die Zuführung von KEP-Gütern oder an anderen Stellen aufgegebenen Gepäcks möglich sein. Eine Platzierung der der Bänder unter dem Boden würde darüber hinaus Platz sparen. Zur Vereinfachung wird diese Option ausgelassen.



Abbildung 30: Gepäckaufgabe und Vertikalförderung in die Sortierebene

Am Ende des Hauptförderbands befindet sich ein Spiralförderer mit zwei Förderbahnen. Die Verwendung eines Spiralförderers ist platzsparend und ermöglicht im Gegensatz zu anderen Senkrechtförderern einen durchgängigen Gepäckfluss. In Abstimmung mit einem der weltweit führenden Hersteller von Spiralförderern ist die Umsetzung mit einem Innenradius von 500 mm und einer Windungshöhe von mindestens 700 mm für die festgelegten Gepäckrestriktionen möglich. Die maximale Fördergeschwindigkeit beträgt auf jeder Bahn 0,8 m/s.¹⁶⁹

7.3.3 Sortierung

Nach der vertikalen Förderung in die Sortierebene führen die beiden Bahnen des Spiralförderers auf einen mehrspurigen Zusammenführer. Dort werden die Gepäckstücke mithilfe der Technologie angetriebener Rollen während der Vorwärtsbewegung in Querrichtung sortiert und auf das einspurige Einschleuseband des Sorters gebracht. Die Bandgeschwindigkeit des Zusammenführers beträgt 1,5 m/s.¹⁷⁰ Das Zuführband besitzt zudem eine dritte Zuführung, die der Einschleusung von Transfergepäck ankommender Züge aus mehreren Teilbereichen der NGS dient.

¹⁶⁹ L. Horeman, Fa. AmbaFlex B.V., persönliche Kommunikation, 17.02.2023

¹⁷⁰ Vgl. Bastian Solutions LLC

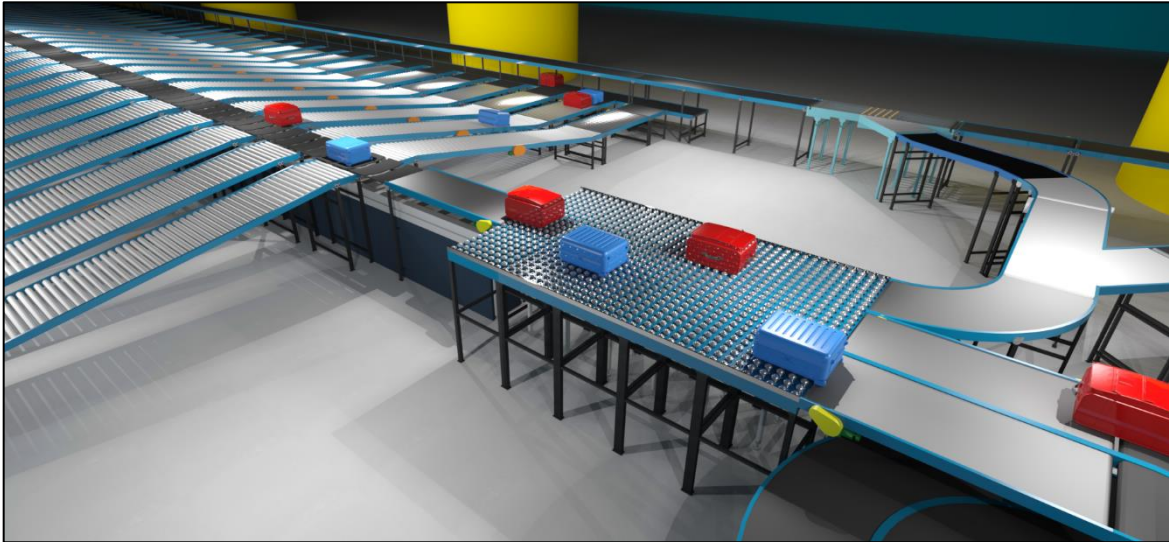


Abbildung 31: Sortier- und Verteilsystem in der Sortierebene

Nachdem die Gepäckstücke auf den in der Linientopologie ausgelegten Quergurtsorter befördert wurden, verlaufen diese entlang des Sorters mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s bis zur durch das System bestimmten Endstelle. Lange Gepäckstücke können auf mehrere Tragmittel des Sorters verteilt werden, wodurch es sich annähernd um ein durchgehendes Tragmittel handelt. An den Endstellen erfolgt eine Ausschleusung im 90°-Winkel zur Laufrichtung des Sorter, wodurch die Gepäckstücke in Querrichtung auf die

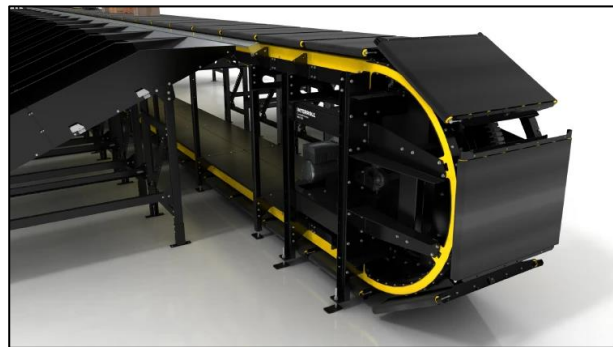


Abbildung 32: Quergurtsorter der Fa. Interroll
(Quelle: Interroll AG, 2021)

1200 mm breiten Bahnen laufen. Auf jeder Seite des 81 m langen Sorters (inkl. Zuführung) sind 46 Bahnen installiert. Am Ende des Sorters befindet sich eine Vorrichtung zum Auffangen von Gepäckstücken, die aufgrund von Lesefehlern nicht zugeordnet werden konnten. Die Endstellen besitzen einen Abstand von 500 mm zueinander und bestehen aus angetriebenen Rollenbahnen, die zunächst leicht abfallend und dann horizontal verlaufen.¹⁷¹

Auf diesen Bahnen erfolgt die staudruckarme und raumeffiziente Pufferung des Gepäcks. An den unteren Enden der Pufferbahnen verlaufen die Zuführbänder zu den Spiralförderern, die das Gepäckgut auf die Bahnsteigebene befördern. Durch die seitliche Einschleusung auf die Zuführbahnen erfolgt erneut eine Drehung um 90°, wodurch das Gepäck in Längsrichtung zu den Spiralförderern läuft. Auf beiden Seiten des Sorters wird der Gepäckfluss mithilfe einer Weiche getrennt, um den Übergang vom einspurigen Zuführband auf den doppelspurigen Spiralförderer zu

¹⁷¹ T. Frank, Fa. BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, persönliche Kommunikation, 14.03.2023

ermöglichen. Hierzu kommen Schwenkrollensorter mit einer Sortierleistung von 2 m/s zum Einsatz (siehe rechts in der Sortierebene in Abbildung 33).¹⁷² Die Sortierleistung entspricht somit der Geschwindigkeit des Zuführbands.

7.3.4 Verladung



Abbildung 33: Weiche, Förderung auf den Bahnsteig, Pufferregale und Entladeanlagen auf einer Zugseite

Analog der Senkrechtförderung von der Zwischen- in die Sortierebene bewegen sich die Spiralbänder mit 0,8 m/s. Auf der Bahnsteigebene erfolgt die Ausschleusung aus dem Spiralförderer jedoch auf jeweils zwei übereinanderliegenden Ebenen je Spirale. Auf jeder jeweils tiefergelegenen Spiralwindung kommen hierzu Abweiser zur Anwendung (in Abbildung 33 nicht dargestellt). Dadurch reduziert sich die Förderkapazität der Spiralen um 50 %.¹⁷³ Durch die Ausschleusung auf der innenliegenden Spirale wird zusätzlich garantiert, dass keine zu großen Gepäckstücke mit Abmessungen über 700 x 500 x 350 mm auf die oberste Ebene geleitet werden.

Nach der Ausschleusung werden die Gepäckstücke am Ende des Bandes auf ein um 90° gedrehtes Band, um die korrekte Ausrichtung zur Verladung in Querrichtung vorzubereiten (vergleiche Absatz 6.1). Auf den angeschlossenen Rollenbahnen werden die Gepäckstücke dann bis zur Ankunft des Folgezuges

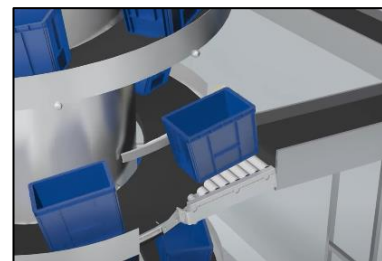


Abbildung 34: Ausschleusung Spiralförderer (Quelle: AmbaFlex)

¹⁷² Vgl. BOWE Intralogistics, o. D.

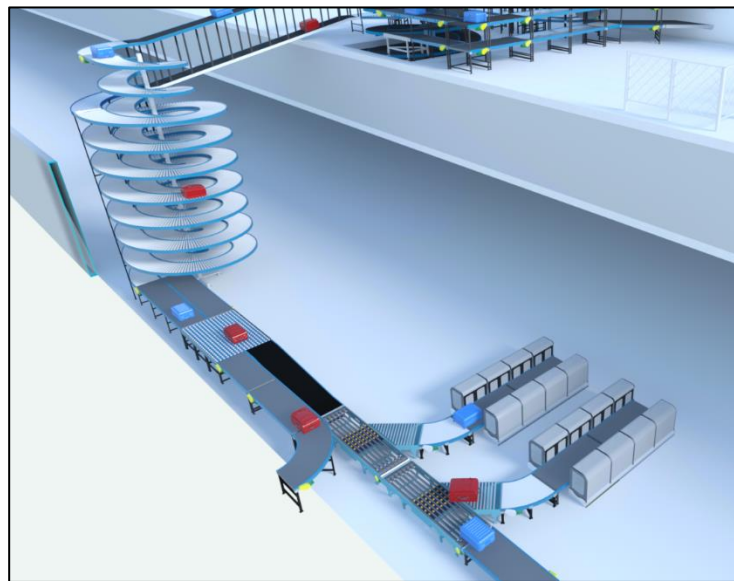
¹⁷³ L. Horeman, Fa. AmbaFlex B.V., persönliche Kommunikation, 17.02.2023

gepuffert, um eine reibungslose Verladung zu garantieren. Am Ende der Rollenbahnen befinden sich die um 45° nach rechts gedrehten Einschleuser zur Einladung in den Zug. Die Verbindung zum Fahrzeug wird automatisch hergestellt. Aufgrund des benötigten Abstands zum einfahrenden Zug sind die Schnittstellen drehbar. Die genauen Verbindungsmechanismen sind in Folgearbeiten zu entwickeln.

Die Entladung auf der zur Außenseite der NGS gerichteten Seite erfolgt zunächst auf vier übereinanderliegenden Rollenbahnen. Durch die Verwendung von Rollenbahnen werden die Gepäckstücke eng hintereinander und gleichzeitig leicht nach unten geneigt und dadurch energiesparend befördert. Noch auf dem Bahnsteig erfolgt eine Zusammenführung der ersten und dritten Ebene (von oben gesehen). Dazu werden die Gepäckstücke zunächst auf einem um 11° geneigten Gurtband nach unten gefördert und dann seitlich der zuvor tiefergelegenen Rollenbahn zugeführt. Die beiden verbleibenden Förderbahnen verlaufen in der Folge ebenfalls um 11° nach unten geneigt in Richtung der Gepäckrückgabe. Für die schräg verlaufenden Bahnen werden aufgrund der günstigeren Reibeigenschaften Gurtbänder bevorzugt.

7.3.5 Rückgabe und Transferflüsse

Der weitere Transfer in die Zwischenebene ist zur minimalen Platzbeanspruchung mit einem abwärtsverlaufenden, doppelspurigen Spiralförderer realisiert. Durch die Abwärtsbewegung arbeitet dieser Förderer energiesparender als die anderen Spiralförderer. In der Zwischenebene werden die Gepäckstücke zunächst durch einem Mehrbahnverteiler von den beiden ankommenden Bahnen des Spiralförderers auf zwei weitere



Bahnen verteilt. Der Mehrbahnverteiler arbeitet ebenso, wie der

Abbildung 35: Rückgabestationen und Schnittstelle zur Zwischenlagerung und zum externen Weitertransport

Zusammenführer vor dem Quergurtsorter nach dem Funktionsprinzip einzeln angetriebener Rollen. Eine der beiden Ausgangsbahnen führt zum Zwischenlager und den Schnittstelleninfrastruktur der externen KEP-Dienstleister und damit zum Gepäckweitertransport. Die andere Ausgangsbahn führt zu den Rückgabestationen, an denen die Gepäckstücke mithilfe der in der App generierten Abholcodes von den Reisenden entnommen werden können. Die Anzahl der Automaten sowie die räumliche Verteilung und der exakte Ablauf der Gepäckrückgabe werden in Folgearbeiten festgelegt.

Im Umstiegsfall wird das Transfergepäck nicht über das beschriebene Teilsystem, sondern auf dem Mittelbahnsteig entladen und über andere Wege ins Sortiersystem eingeschleust. Die Gepäckstücke werden nach der Entladung zunächst über einen doppelspurigen Spiralförderer von der Bahnsteig- in die Sortierebene überführt.

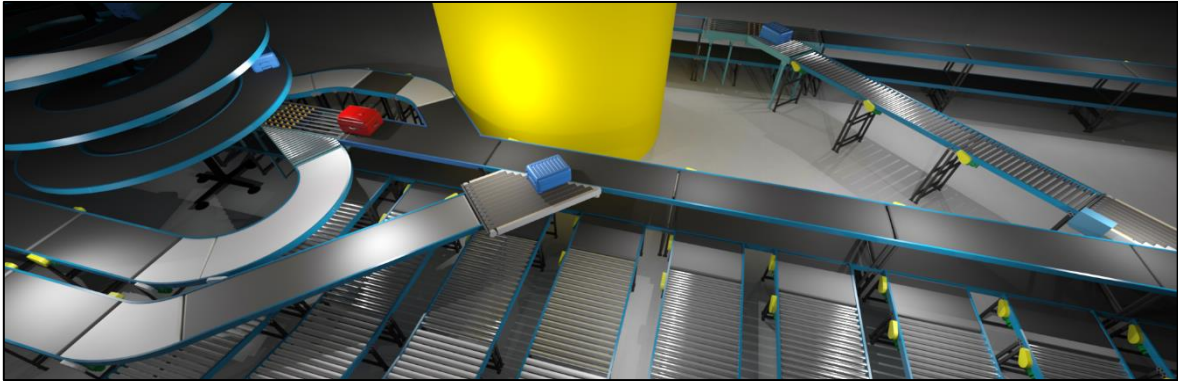


Abbildung 36: Transfergepäckverbindungen

Auf dem in Abbildung 36 von links nach rechts verlaufenden Förderer erfolgt die Rückführung des Gepäcks zum Sorter (vergleiche Abbildung 31 rechts). Darunter gelegen verläuft eines der beiden Zuführbänder zur Verladung in entgegengesetzter Richtung. In Abbildung 36 sind außerdem Schnittstellen und Verbindungsbahnen mit den danebengelegenen Sortiersystemen der anderen Bahnhofsbereiche dargestellt. Über die hinter dem Spiralförderer platzierte Weiche gelangen Gepäckstücke in das Sortiersystem links des abgebildeten Bereiches und kommen ebenso von diesem über die danebenliegende Förderbahn zurück. Die in der rechten Bildhälfte dargestellte Förderstrecke dient der Verbindung zur nebenliegende Rückfuhrbahn. Außerhalb des Bildausschnitts befindet sich die Bahn zum Transfer in umgekehrter Richtung.

Die folgende Abbildung zeigt das gesamte Sortier- und Verteilsystem für einen Triebkopf. In der Darstellung sind die Bahnsteigebene und einige Seitenwände zur Veranschaulichung ausgeblendet.

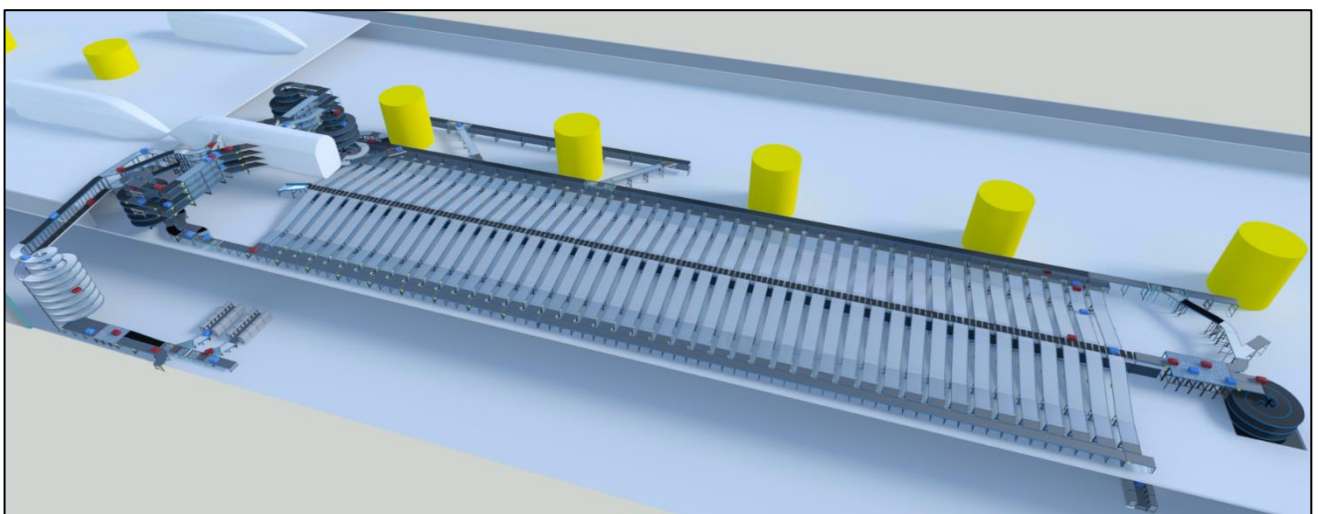


Abbildung 37: CAD-Modell des Gepäcksystems für einen Triebkopf (Bahnsteigebene transparent)

8 Leistungsfähigkeit des Sortiersystems

Dieses abschließende Kapitel dient der Verifikation der Leistungsfähigkeit des Sortier- und Verteilsystems. Die Berechnungen beschränken sich dabei auf das aufgabeseitige Gepäcksystem. Die Entladung, Weiterverteilung und Gepäckrückgabe sind ebenso wie die Erfüllbarkeit der Anforderungen an die Zielrückgabezeit und Mindestübergangszeit keine Bestandteile, da diese stark auf den jeweiligen zu erwartenden Gepäckrückflüssen beruhen. Die folgende Abbildung zeigt die aufgabeseitigen Gepäckflüsse inklusive der für die Kalkulationen benötigten Kennzahlen hinsichtlich der Fördergeschwindigkeiten und Bahnlängen der einzelnen Prozesse. Der Aufbau der Darstellung orientiert sich an der räumlichen Verteilung der Prozesse. Der Gepäckfluss startet bei der Gepäckaufgabe in der linken unteren Ecke.

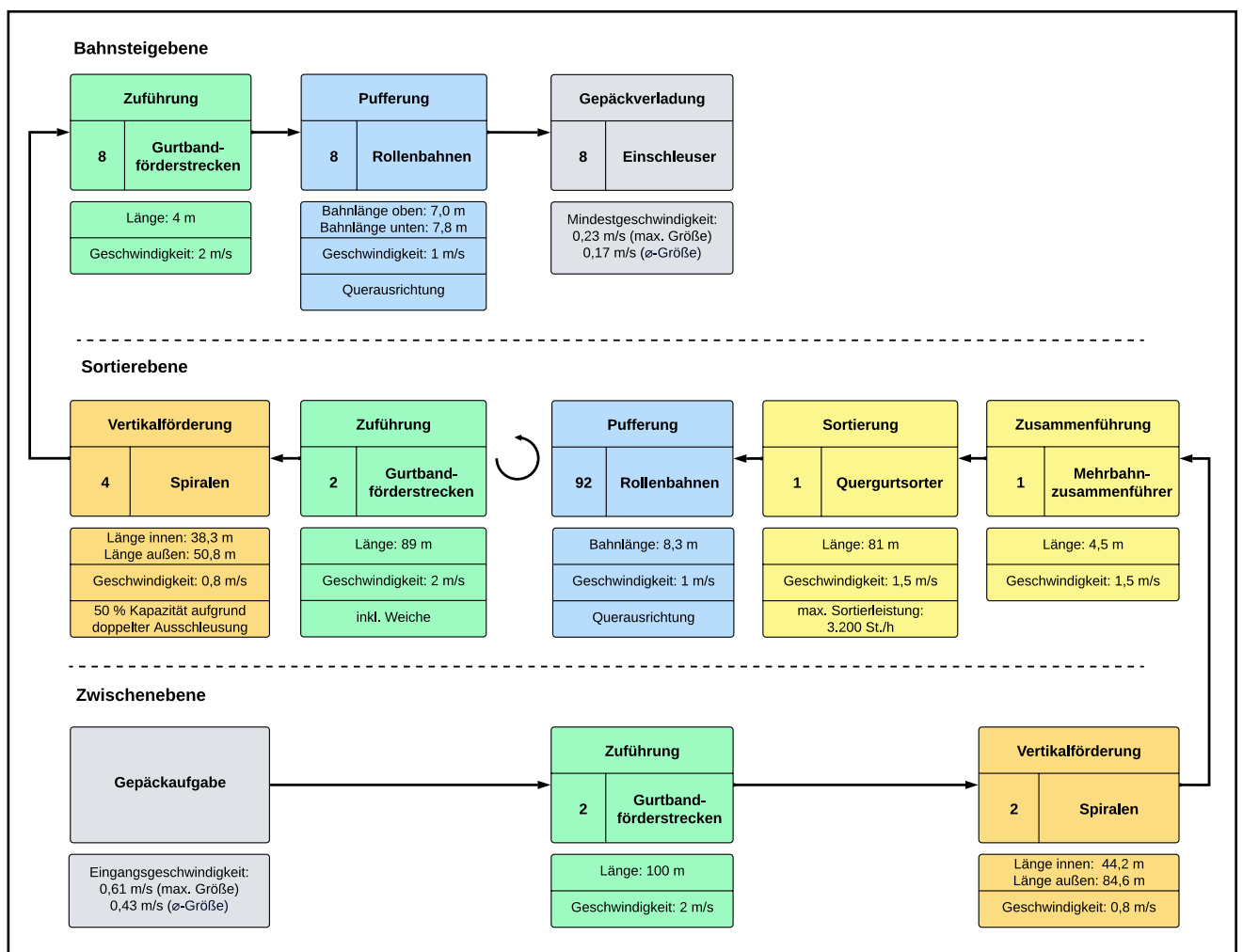


Abbildung 38: Aufgabeseitiger Gepäckfluss mit Leistungskennzahlen

Durchlaufzeit des Gepäcks

Im ersten Schritt der Verifikation der Systemleistungsfähigkeit erfolgt die Berechnung der Durchlaufzeit eines einzelnen Gepäckstückes durch das entleerte System. Hierzu werden die Quotienten aus der Bahnlängen und -geschwindigkeiten der einzelnen Prozesse summiert. Für die Zuführstrecke auf der Zwischenebene wird die Länge von 100 m für eine weit vom Vertikalförderer entfernten Aufgabestation bzw. die externe Zuführung angenommen. Für die Bandlänge der Vertikalförderer wird jeweils die längere, äußere Bahn betrachtet. Da der Hauptsorter und die Zuführbahnen der Sortierebene parallel laufen, wird zunächst von einer Gepäckförderung bis zum Ende des langsamer laufenden Sorters ausgegangen.

Die Berechnung führt zu einer Durchlaufzeit von 296 Sekunden für die insgesamt fast 350 Meter lange Förderdistanz (siehe Anhang 3). Anhand dieser Durchlaufzeit von etwa fünf Minuten ist der angestrebte späteste Zeitpunkt zur Gepäckaufgabe von 15 Minuten vor der Abfahrt ausreichend und bietet gleichzeitig Spielraum bei auftretenden Verzögerungen.

Sortierleistung und Engpässe

Der Abschätzung der Sortierleistung dient zunächst die Identifikation der Engpassprozesse. Die Kapazität der Einzelprozesse ergibt sich aus dem Produkt der jeweiligen Prozessgeschwindigkeit und der Anzahl paralleler Teilprozesse. Da die Anzahl der Gepäckautomaten von der zu ermittelnden tatsächlich benötigten Gepäckaufgabedauer abhängig ist, basieren die Berechnungen auf dem in Kapitel 6.4 festgelegten maximalen stündlichen Gepäckaufkommen von 2.310 Gepäckstücken je Triebkopf. Dieses Aufkommen wird als gleichverteilt angenommen und dient als Soll-Wert für die stündliche Gepäckabfertigung für jedes der acht Teilsysteme.

Als weitere Ausgangsgrößen sind die maximalen und durchschnittlichen Gepäckabmessungen bekannt. Da die Gepäckstücke voranging in Längsrichtung befördert werden, ergibt sich aus dem Gepäckaufkommen und den Abmessungen die durchschnittliche Eingangsgeschwindigkeit. Für Gepäckstücke der Durchschnittslänge von 0,675 m beträgt diese 0,43 m/s. Gepäckstücke der maximalen Länge von 0,95 m besitzen eine Eingangsgeschwindigkeit von 0,61 m/s:

$$2310 \text{ St./h} \times 0,95 \text{ m} \times \frac{1}{3600} \text{ h/s} = 0,61 \text{ m/s}$$

Die benötigte Mindestgeschwindigkeit zur Gepäckverladung in den Zug errechnet sich aus dem maximalen Verladeaufkommen von 193 Gepäckstücken und acht Ladungsebenen je Triebkopf sowie der zur Verfügung stehenden Verladezeit von 100 Sekunden. Gepäckstücke der Durchschnittsgröße müssen mit mindestens 0,17 m/s eingeladen werden. Koffer der Maximallänge erfordern eine Mindestverladegeschwindigkeit von 0,23 m/s:

$$\frac{193 \text{ St.} \times 0,95 \text{ m}}{8 \times 100 \text{ s}} = 0,23 \text{ m/s}$$

Die Spiralförderer besitzen mit 0,8 m/s die langsamsten Bandgeschwindigkeiten im System. Die Bandgeschwindigkeit liegt zwar über der mittleren Eingangsgeschwindigkeit, jedoch bedarf es einer höheren Kapazität, um auf Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf zu reagieren. Aufgrund der Verwendung zweier paralleler Spuren verdoppelt sich die Kapazität. Da zur Vertikalförderung auf den Bahnsteig zwei doppelspurige Spiralen eingesetzt werden, besitzt der Prozess trotz der Kapazitätshalbierung aufgrund der doppelten Ausschleusung die gleiche Kapazität. Die geringsten Fördergeschwindigkeiten besitzen der Sorter und der Zusammenführer mit einer jeweiligen Bandgeschwindigkeit von 1,5 m/s. Diese beiden Prozesse sind die Engpässe des Systems und beeinflussen die Systemkapazität entscheidend.

Zur Bestimmung des erreichbaren Gepäckdurchsatzes werden die durchschnittlichen und maximalen Gepäckabmessungen herangezogen. Auf den Förderstrecken, auf denen das Gepäck in Längsrichtung läuft, wird ein Gutabstand von 30 % analog dem zur Vertikalförderung benötigten Abstand eingerechnet.¹⁷⁴ Ein durchschnittlich langes Gepäckstück nimmt somit einen Bandabschnitt von 0,88 m in Anspruch, ein Gepäckstück der Maximallänge 1,235 m. Daraus ergeben sich Gutdichten von 1,14 bzw. 0,81 Gepäckstücken pro Meter. Multipliziert mit der Fördergeschwindigkeit ergibt sich eine maximale Sortierleistung von 6.156 bzw. 4.374 Gepäckstücken pro Stunde als technischer Grenzdurchsatz:

$$1,5 \text{ m/s} \times 0,81 \text{ St./m} \times 3600 \text{ s/h} = 4374 \text{ St./h}$$

Der Grenzdurchsatz setzt voraus, dass jeder Platz und jedes Tragmittel im Einschleusebereich während der gesamten Betriebszeit ständig neu belegt werden kann. In der Praxis ist es jedoch nicht realistisch, diese idealen Bedingungen zu erreichen, sodass der Grenzdurchsatz nicht immer erzielt werden kann.¹⁷⁵ Nach Angaben des Anlagenherstellers *BEUMER* besitzt der in dieser Arbeit verwendete lineare Quergurtsorter für Gepäckstücke der Länge 0,95 m einen betrieblichen Durchsatz von 3.200 Gepäckstücken pro Stunde und erreicht damit etwa 73 % des technischen Grenzdurchsatzes.¹⁷⁶ Der betriebliche Durchsatz des Sorters liegt deutlich über dem durchschnittlichen Gepäckaufkommen von 2.310 Stück pro Stunde. Da der vorliegende Durchsatz für die maximale Gepäckstücklänge von 0,95 m kalkuliert wurde, kann von einer noch höheren Sortierleistung für kleinere Gepäckstücke ausgegangen werden. Die benötigte Sortierleistung ist somit seitens des Sorters gegeben. Daher wird auch die angegebene Fördergeschwindigkeit des Zusammenführers als ausreichend angesehen. Dies ist im Zuge der Feinplanung mit den Anlagenherstellern abzustimmen. Basierend auf der betrieblichen Sortierleistung von 3.200 Gepäckstücken pro Stunde ergibt sich für die gesamte NGS ein stündlicher Gepäckdurchsatz von 25.600 Gepäckstücken.

¹⁷⁴ L. Horeman, Fa. AmbaFlex B.V., persönliche Kommunikation, 17.02.2023

¹⁷⁵ Vgl. Beumer et al., 2019, S. 171

¹⁷⁶ T. Frank, Fa. BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, persönliche Kommunikation, 14.03.2023

Pufferkapazität

Zur Gepäckaufgabe ist ein Zeitfenster von 45 bis 15 Minuten vor der Zugabfahrt festgelegt. Demzufolge befindet sich jedes Gepäckstück bis zu 45 Minuten im System. Dies ergibt einen benötigten Platzbedarf für bis zu 1.733 Gepäckstücke (siehe Absatz 6.4.2).

Zunächst wird die Kapazität der Pufferbahnen untersucht. Dort ist das Gepäck in Querrichtung ausgerichtet und befindet sich auf angetriebenen Rollenbahnen. Dadurch kann eine dichte Pufferung ohne große Abstände ermöglicht werden. Zur vereinfachten Berechnung wird daher auf den Pufferbahnen kein Zwischenraum berücksichtigt. Auf einer Länge von 8,3 m können in jeder Pufferbahn auf der Sortierebene bis zu 13 Gepäckstücke der Maximalbreite beziehungsweise 20 Gepäckstücke durchschnittlicher Abmessungen gespeichert werden. Die Gesamtkapazität der 92 Pufferbahnen beträgt 1.196 bzw. 1.840 Gepäckstücke. Hinzu kommt die Kapazität der Pufferregale zur Ladungsvorbereitung auf dem Bahnsteig, die weitere 96 bzw. 144 Koffer umfasst. Für Gepäckstücke durchschnittlicher Größe erfüllt die vorhandene Kapazität von 1.984 Lagerplätzen den benötigten Bedarf. Auf die gesamte NGS bezogen, ergibt sich somit ein verfügbarer Lagerplatz für 15.872 Gepäckstücke.

Für den außerordentlichen Fall eines stark erhöhten Aufkommens maximal großer Gepäckstücke wird die Berechnung auf die weiteren Förder- und Sortieranlagen ausgeweitet, um die gesamte Systemkapazität unter der Annahme der vollen Belegung aller Prozesse zu betrachten. Auf den Förderstrecken wird der Gepäckstückabstand von 30 % miteinbezogen. Das Ergebnis ist eine Systemkapazität für 1.941 Gepäckstücken der Maximalabmessungen. Die Pufferbahnen machen dabei einen Anteil von etwa zwei Dritteln aus. Für Gepäckstücke der durchschnittlichen Länge und Breite beträgt diese Systemkapazität 2.895 Gepäckstücke.

9 Fazit und Ausblick

In dieser Masterthesis wurde ein Konzept eines automatischen Gepäckaufgabesystems für zukünftige Bahnhöfe entwickelt. Das Ziel der Arbeit war die Konzeptionierung der bahnhofseitigen Schnittstellen zwischen der Gepäckaufgabe und dem fahrzeugseitigen Transportsystem im Rahmen der *Next Generation Station*. Dabei lag der Fokus auf der Beförderung und Sortierung des Reisegepäcks, der Integration von automatisierten Umlademöglichkeiten und der Bereitstellung zur Abholung oder zum Weitertransport am Zielbahnhof. Auch die Erweiterung des Transportsystems um die Abwicklung von Paketsendungen gehörte zu den Betrachtungsgegenständen. Die Ergebnisse der Arbeit sollten als Teilkonzept eines ganzheitlichen Gepäcktransportsystems zur Steigerung der Attraktivität des Eisenbahnverkehrs durch Komfortverbesserungen beitragen und derzeit bestehenden Problemen durch die eigenständige Gepäckmitnahme entgegenwirken.

Die Arbeit begann mit der Bestimmung des voraussichtlichen Gepäckaufkommens und des Nutzungspotentials für eine Gepäckaufgabe. Dabei ergab sich ein erhöhtes Nutzungspotential für die Aufgabe von großen Reisegepäckstücken auf mehrtägigen Reisen. Darauf aufbauend wurde ein ganzheitliches Transportkonzept für Reisegepäck und Paketsendungen von der Haustür bis zum Reiseziel entwickelt. Dieses Gesamtkonzept umfasst zudem eine Eingliederung von Flughäfen und Hafenterminals in die Gepäcktransportkette. Die darauf aufbauende Anforderungsanalyse ergab, dass ein System zur Aufgabe von großen Reisegepäckstücken den Reisekomfort der Fahrgäste verbessern und Fahrgastwechselzeiten verkürzen kann. Eine Herausforderung besteht darin, ein effizientes System zu gestalten, das zuverlässige Abfertigungsprozesse gewährleistet und dabei wenig Platz benötigt.

Das Ergebnis der Konzeptentwicklung ist ein Förder- und Sortiersystem, das sich an den Abläufen historischer Gepäcktransportsysteme orientiert. Der Gepäckfluss von der Abgabe über die Sortierung und Pufferung bis hin zur Verladungsvorbereitung entspricht grundsätzlich den vormaligen Abläufen. Durch die Automatisierung der bisher manuell durchgeführten Arbeitsschritte im neu entwickelten System können diese nun effizienter und mit einem geringeren Personaleinsatz ausgeführt werden. Die Sortierung und Zwischenlagerung werden auch im entwickelten System in einem von den Fahrgästen getrennten Bereich vollzogen. Hierzu wird das Gepäck schnellstmöglich nach der Aufgabe in die unterhalb der Bahnsteigebene gelegene Sortierebene befördert und dort von einem linearen Quergurtsorter verteilt und bis zur Verladungsvorbereitung zwischengepuffert. Aus diesem Pufferbereich erfolgt eine bedarfsgesteuerte Auslagerung mit einer anschließenden vertikalen Förderung in den Wartebereich am jeweiligen Triebkopf. Auf der mehr als 20.000 m² großen Sortierebene befinden sich acht miteinander verbundene Teilsysteme, die jeweils der Sortierung der Gepäckstücke für einen Triebkopf dienen. Die Verbindung der Teilsysteme ermöglicht eine automatisierte Umladung im Falle eines Umstiegs der Reisenden. Unter der Berücksichtigung aller Teilsysteme kann das Gepäcksystem der NGS den durchgeführten Kalkulationen zufolge bis zu 25.000 Gepäckstücke pro Stunde abgefertigen und bietet eine Zwischenlagerungsmöglichkeit für fast 16.000 Gepäckstücke. Die geringe Durchlaufzeit eines Gepäckstücks von unter fünf Minuten ermöglicht darüber hinaus das im Vorfeld anvisierten Aufgabzeitfenster von 45 bis 15 Minuten vor der Abfahrt des Zuges und gewährt einen Spielraum im Falle auftretender Verzögerungen.

Die durchgeführten Berechnungen bestätigen die Leistungsfähigkeit des Gepäcksystems hinsichtlich der Durchlaufzeit, Sortierleistung und Speicherkapazität. Diese Berechnungen dienen als Grundlage für zwingend notwendige Gepäckflusssimulationen zur Identifikation potenzieller Probleme im Vorfeld weitergehender Planungen. Außerdem sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen erforderlich, um festzustellen, ob das System selbstfinanzierbar ist oder finanzielle Unterstützung benötigt. Technische Aspekte wie die Funktionsfähigkeit des Systems und die Ausgereiftheit der Technik müssen vor einer Implementierung gewährleistet sein. Daher können längere Probe- und Entwicklungsphasen erforderlich sein, die in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern durchgeführt werden sollten.

Um das Gepäcksystem effizient zu planen, ist es darüber hinaus von großer Bedeutung, Analysen der ein- und ausgehenden Gepäckflüsse durchzuführen. Auf dieser Grundlage können anschließend die Anzahl und Verteilung der Auf- und Rückgabeautomaten sowie der Schnittstellen zum Zwischenlager und dem KEP-Bereich geplant werden. Ziel dieser Analysen ist es, ein ganzheitliches Betriebskonzept für das Gepäcksystem der NGS zu entwickeln. Das Betriebskonzept sollte auch die entstehenden Gepäckflüsse aus anderen Bereichen der NGS wie zum Beispiel vom angeschlossenen ÖPNV oder dem NGT-LINK berücksichtigen. Hierzu sind zusätzliche Einschleusungen auf die Spiralförderer sowie die Erweiterung dieser auf die unteren Ebenen vorstellbar. Um das Vertrauen der Fahrgäste in das Gepäcksystem aufzubauen, ist es wichtig, klare Vorgaben bezüglich der Zeitpunkte und Orte für die Gepäckübergabe zu definieren und die verfügbaren Optionen transparent zu kommunizieren. Zur Transformation der Vision eines ganzheitlichen Gepäcktransportsystems ist es notwendig, Schnittstellen zu Flug- und Seehäfen auszuarbeiten und Konzepte für die Anreisephase zu entwickeln. Darüber hinaus müssen sicherheitsrelevante Anforderungen aller Interessengruppen miteinbezogen werden. Obwohl der Konzeptionsansatz der Gepäckaufgabe am Bahnsteig im Entwicklungsprozess verworfen wurde, könnte dieser zur Anbindung kleinerer Bahnhöfe sinnvoll sein. Es wäre denkbar, an kleineren Bahnhöfen nur Gepäckaufgabe- und Abholstationen einzusetzen und lediglich größere Bahnhöfe, die häufig als Umsteigepunkte genutzt werden, mit vollständigen Gepäcksystemen auszustatten. Diese Strategie könnte insbesondere bei einem geringeren Gepäckaufkommen an kleineren Bahnhöfen effektiv sein. Obwohl noch einige Herausforderungen zur Realisierung eines ganzheitlichen Gepäcktransportsystems für den Eisenbahnverkehr zu bewältigen sind, legt die Entwicklung eines fahrzeug- und bahnhofseitigen Gepäcksystems den Grundstein dafür.

Quellenverzeichnis

- Abdelaziz, Shady G.; Hegazy, Abdelfatah A. und Elabbassy, Ahmed. 2010.** Study of Airport Self-service Technology within Experimental Research of Check-in Techniques Case Study and Concept. *International Journal of Computer Science Issues*. Kairo : s.n., 2010.
- ADAC. 2022.** *Ohne Auto auf die Fähre: Tipps und Tücken*. [Online] Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, 16. Februar 2022. [Zitat vom: 6. Dezember 2022.] <https://www.adac.de/reise-freizeit/ratgeber/reisetipps/faehre-fusspassagier/>.
- AIQ Consulting. 2017.** Automated Bag Drop: How Do One-Step and Two-Step Bag Drop Systems Impact On Airports. [Online] 17. August 2017. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.aiqconsulting.com/blog/automated-bag-drop-how-do-one-step-and-two-step-bag-drop-systems-impact-on-airports-part-one/>.
- Albl, Christian und Rüger, Bernhard. 2015.** Flughafenzubringerverkehr auf der Eisenbahn - Grundlegendes und Anforderungen. *Eisenbahntechnische Rundschau*. 1. September 2015.
- AlKheder, Sharaf; Alomair, Abdullah und Aladwani, Bader. 2020.** Hold baggage security screening system in Kuwait International Airport using Arena software. *Ain Shams Engineering Journal*. 2020, 11.
- Allianz pro Schiene, BIEK und VDV. 2022.** Website Allianz pro Schiene. *Gute Schienenverkehrsangebote für mehr Güter auf der Schiene*. [Online] 22. November 2022. [Zitat vom: 23. November 2022.] https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2022/11/Allianz-pro-Schiene_BIEK_VDV_MoU_Schienenverkehr.pdf.
- AmbaFlex.** SpiralVeyor ML-Konfiguration. [Online] [Zitat vom: 12. April 2023.] <https://www.ambaflex.com/de/produkte/spiralveyor-ml-konfiguration>.
- Amtrak. 2023.** Amtrak. *Checked Baggage*. [Online] National Railroad Passenger Corporation, 2023. [Zitat vom: 29. März 2023.] <https://www.amtrak.com/onboard/baggage-policy/checked-baggage.html>.
- Arendt, Marc. 2021.** *Konzeptionierung eines automatischen Gepäcksystems für den Next Generation Train*. Hochschule München. München : s.n., 2021. Masterarbeit.
- Arendt, Marc; Böhm, Mathias; Malzacher, Gregor und Eursch, Andreas. 2022.** Flexibles, automatisches Gepäcksystem für komfortable Zugreisen. *Der Eisenbahningenieur*. Januar 2022, Januar 2022, S. 47-50.
- Austrian Wings. 2014.** 40 Jahre Gepäckförderanlage am Flughafen Frankfurt. [Online] 27. Juni 2014. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.austrianwings.info/2014/06/40-jahre-gepaeckfoerderanlage-am-flughafen-frankfurt/>.
- Bastian Solutions LLC. o. D..** Activated Roller Belt. *ARB Switching Conveyor*. [Online] o. D. [Zitat vom: 15. April 2023.] <https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/sortation/conveyor/activated-roller-belt/>.
- BBK. 2022.** Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. *Kritische Infrastrukturen*. [Online] 2022. [Zitat vom: 6. Dezember 2022.] https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/kritische-infrastrukturen_node.html.
- BEUMER Group. o. D..** Baggage Claim On Demand: What's In Store For The Future? [Online] o. D. [Zitat vom: 15. Februar 2023.] <https://www.beumergroup.com/knowledge/airport/baggage-claim-demand/>.
- , Gepäckförderanlagen. [Online] [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.beumergroup.com/de/pd/gepaeckfoederungs-technik/>.

- Beumer, Christoph und Jodin, Dirk. 2019.** Sortier- und Verteilsysteme. [Hrsg.] Thorsten Schmidt. *Innerbetriebliche Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2019, S. 153–173.
- BMDV. 2021.** Bundesministerium für Digitales und Verkehr. *Sicherheit im Schienenverkehr*. [Online] 29. Juli 2021. [Zitat vom: 6. Dezember 2022.] <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/sicherheit-im-eisenbahnbetrieb.html>.
- BMVI. 2021.** *Verkehr in Zahlen 2021/2022*. s.l. : Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021.
- Böhm, Mathias; Popa, Andrei; Malzacher, Gregor und Winter, Joachim. 2020.** Next Generation Station Konzept für einen leistungsfähigen Bahnhof. *Internationales Verkehrswesen*. Februar 2020, S. 32-37.
- BOWE Intralogistics. o. D.** Swivel Wheel Sorter. *Sortieranlagen*. [Online] o. D. [Zitat vom: 12. April 2023.] <https://bowe.com/intralogistics/de/p/sortieranlagen/swivel-wheel-sorter/>.
- Bundespolizei. 2022.** Schutz vor Angriffen auf die Sicherheit des Bahnverkehrs. [Online] 2022. [Zitat vom: 6. Dezember 2022.] https://www.bundespolizei.de/Web/DE/03Unsere-Aufgaben/02Bahnpolizei/bahnpolizei_node.html.
- Bundesregierung. 2021.** Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. 2021.
- Chiambaretto, Paul; Baudelaire, Clément und Lavril, Thibaut. 2013.** Measuring the willingness-to-pay of air-rail intermodal passengers. *Journal of Air Transport Management*. Januar 2013, 26, S. 50-54.
- City Airport Train. 2023.** City Check-In. [Online] 2023. [Zitat vom: 15. Juli 2022.] <https://www.cityairporttrain.com/de/home>.
- DB Netz AG. 2022.** Richtlinie 402.0202. *Trassenmanagement*. [Online] 31. August 2022. [Zitat vom: 12. Dezember 2022.] Abschnitt 2 Absätze 2 bis 5. https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/5761978/0f72754a9ccaa801db67d9ccaae4de4a/rw2022_402-0202-ab-12-12-2021-data.pdf.
- DB Station&Service AG. 2019.** *Geschäftsbericht 2019*. Berlin : s.n., 2019.
- . o. D.. Regelwerke und Unterlagen für den Bau und die Planung von Personenbahnhöfen. *Richtlinie 813 „Personenbahnhöfe planen“*. o. D.
- DB Vertrieb GmbH.** Hilfe Privatkunden. [Online] [Zitat vom: 28. März 2023.] <https://www.bahn.de/hilfe?faq-search-term=gep%C3%A4ck&show-all=no>.
- . o. D.. Koffer verschicken mit dem DB Gepäckservice. [Online] o. D. [Zitat vom: 24. März 2023.] <https://www.bahn.de/angebot/zusatzticket/gepaeck>.
- Dietrich, Bernhard. 2017.** *Bahnanreise im Urlaubsverkehr - Anforderungen an die Mobilitätskette aus Sicht von Familien*. Technischen Universität Wien. Wien : s.n., 2017. Diplomarbeit.
- Doku des Alltags. 1992.** *Strecken und Bahnhöfe*. [Prod.] Georg Sattler. Mai 1992.
- Easy Travel. 2018.** *Easy Travel – New Mobility Concepts in Tourism*. Universität Innsbruck. Innsbruck : s.n., 2018. Endbericht.
- Ebenfeld, Stefan. 2010.** Gepäckverkehr – Die Koffer bei der Eisenbahn. *Reisebegleiter – mehr als nur Gepäck*. Nürnberg : Verlag des Germanischen Nationalmuseums, 2010, S. 163-179.
- Edwards, Brian. 2005.** *The Modern Airport Terminal - New approaches to airport architecture*. 2. Edition. New York : Spon Press, 2005. ISBN 0-203-64687-8.

- Fleischmann, Bernhard. 2018.** *Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse.* [Hrsg.] Horst Tempelmeier. Köln : Springer-Verlag, 2018. ISBN 978-3-662-57768-4.
- Flughafen Stuttgart. 2023.** Check-in. [Online] 2023. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.flughafen-stuttgart.de/rund-um-den-flug/check-in/>.
- Flughafen Zürich. 2023.** Swissport - der Weg des Gepäcks. [Online] 2023. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.flughafen-zuerich.ch/de/passagiere/erleben/erlebnisse/rundfahrten-und-fuehrungen/swissport-tour-der-weg-des-gepaecks>.
- Frankfurt Airport. o. D.** AiRail Check-in. [Online] o. D. [Zitat vom: 29. März 2023.] <https://www.frankfurt-airport.com/de/reisevorbereitung/check-in-gepaeck-und-kontrollen/airrail-check-in.html>.
- Graf, Hans-Christian und Rürger, Bernhard. 2012.** *smartSTORE - A SYSTEM FOR INNOVATIVE LUGGAGE STORAGE SERVICES AT RAILWAY STATIONS.* [Konferenzpräsentation] 18. April 2012.
- Griemert, Rudolf und Römisch, Peter. 2020.** *Fördertechnik.* 13. Auflage. Dresden : Springer-Verlag, 2020. ISBN 978-3-658-31127-8.
- Hikade, Patrick. 2011.** *Aufenthaltszeit von Fernreisenden am Bahnhof.* Fachhochschule St. Pölten. St. Pölten : s.n., 2011. Bachelorarbeit.
- International Air Rail Organisation. 2007.** *IARO Report 10.07: Check-in on airport railways.* International Air Rail Organisation. 2007. ISBN 1 903108 08 10.
- International Air Transport Association (IATA). 2022.** Baggage Tracking. [Online] 2022. [Zitat vom: 28. November 2022.] <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/baggage-tracking/>.
- International Air Transport Association. 2016.** Airport Development Reference Manual. 10. Edition Oktober 2016. 4. Ausgabe. ISBN 978-92-9252-947-5.
- , 2022. Passenger Baggage Rules. [Online] 2022. [Zitat vom: 28. November 2022.] <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/check-bag/>.
- Interroll AG. 2021.** PresseBox. *Interroll stellt neuen vertikalen Quergurtsorter vor.* [Online] 24. Juni 2021. [Zitat vom: 12. April 2023.] <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/interroll-holding-ag/Interroll-stellt-neuen-vertikalen-Quergurtsorter-vor/boxid/1065057>.
- Jodin, Dirk und Hompel, Michael ten. 2012.** *Sortier- und Verteilsysteme.* 2. Auflage. Dortmund : Springer-Verlag, 2012. ISBN 978-3-642-31289-2.
- Kirchner, Clemens. 1908.** Personenzug-Gepäckwagen "Berlin 3600", Modell im Maßstab 1:5 Personenzug-Gepäckwagen. Darmstadt : s.n., 1908. © SDTB / Photo: C. Kirchner.
- Lufthansa. 2007.** *airliners.de. AIRail mit kürzeren Check-in Zeiten ab Köln und Stuttgart - künftig auch ab Siegburg/Bonn.* [Online] 24. Oktober 2007. [Zitat vom: 29. März 2023.] <https://www.airliners.de/airrail-check-zeiten-koeln-stuttgart-siegburg-bonn/13409>.
- Lufthansa Consulting. 2022.** *Review of Standard Passenger Weights.* European Union Aviation Safety Agency (EASA). Frankfurt am Main : s.n., 2022. Abschlussbericht.
- Materna IPS. 2019.** New self bag drop installation in Montréal-Trudeau. [Online] 31. Januar 2019. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.materna-ips.com/new-self-bag-drop-installation-in-montreal-trudeau/>.
- , 2023. Self bag drop solutions for airports and airlines. [Online] 2023. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.materna-ips.com/self-bag-drop/>.

- Mecalux S.A. 2023.** Technisches Handbuch der Lagerlogistik und Lagerhaltung. *Was ist Stückgut und wie wird es in der Logistik gehandhabt?* [Online] 2023. [Zitat vom: 7. Februar 2023.] <https://www.mecalux.de/handbuch-lagerlogistik/stueckgut>.
- Mein Kreuzfahrttreff. 2022.** Kreuzfahrt Ratgeber. *Wie viel Gepäck darf ich mit auf Kreuzfahrt nehmen?* [Online] 2022. [Zitat vom: 6. Dezember 2022.] <https://mein-kreuzfahrttreff.de/wie-viel-gepaeck-darf-ich-mit-auf-kreuzfahrt-nehmen/>.
- MRT. o. D..** Free In-town Check-in Service. *Services and Facilities.* [Online] o. D. [Zitat vom: 15. Juli 2022.] https://www.mtr.com.hk/en/customer/services/complom_checkin.html.
- NERAK GmbH.** NERAK S-Förderer und C-Förderer. [Online] [Zitat vom: 10. Februar 2023.] <https://www.nerak.com/de/produkte/stueckgut/senkrechtfoerderer>.
- netwiss OG. 2015.** GepäckLoS. [Online] 2015. [Zitat vom: 13. Dezember 2022.] <https://www.netwiss.at/gepaecklos/>.
- NEXUS Engineering Corp.** NEXUS Engineering Corp. [Online] [Zitat vom: 10. Februar 2023.] <https://nexus-spiral.com/>.
- Oldenburg, Heinrich; Naumann, Hans und Seitz, Johann. 1960.** *Wie verkehre ich mit Post und Eisenbahn? - Handbuch für Schule und Büro.* 14. Auflage. Lübeck : Hans Oldenburg Verlag, 1960.
- Overhead Conveyor System GmbH. 2019.** OCS Fördertechnik Fachwissen. *Vor- und Nachteile verschiedener Fördersysteme.* [Online] 24. September 2019. [Zitat vom: 9. Februar 2023.] <https://ocssysteme.de/foerdertechnik-fachwissen/vor-und-nachteile-verschiedener-foerdersysteme/>.
- Plank, Viktor. 2008.** *Dimensionierung von Gepäckablagen in Reisezügen.* Technische Universität Wien. Wien : s.n., 2008. Diplomarbeit.
- Popa, Andrei; Böhm, Mathias; Milbredt, Olaf und Deutschmann, Andreas. 2021.** Automatische Gepäckaufgabe am Bahnhof. *Internationales Verkehrswesen.* Februar 2021, S. 26-31.
- Popa, Andrei; Milbredt, Olaf; Glaser, Florian und Böhm, Mathias. 2022.** Zügige, komfortable Umstiege an einem leistungsstarken Bahnhof. *Der Eisenbahningenieur.* August 2022, August 2022.
- Röll, Victor Freiherr von und et al. 1914.** *Gepäckverkehr. Enzyklopädie des Eisenbahnwesens.* 2. Auflage. Berlin/Wien : Urban & Schwarzenberg, 1914, Bd. 5.
- Rüger, Bernhard und Mailer, Markus. 2020.** Autofreie Anreise in Urlaubsregionen – Maßnahmen zur Stärkung der Bahn. *Eisenbahntechnische Rundschau.* August 2020, Juli/August 2020.
- Rüger, Bernhard und Ostermann, Norbert. 2015.** Der Innenraum von Reisezugwagen - Gratwanderung zwischen Sinn und Effizienz. *Eisenbahntechnische Rundschau.* März 2015, 3, S. 38-44.
- Rüger, Bernhard; Matzenberger, Petra und Benz, Volker. 2015.** KundInnengerechte Reisegepäckbeförderung. *Eisenbahntechnische Rundschau.* Juli & August 2015, S. 75-79.
- Schumann, Tilo. 2014.** *Betriebskonzepte für den Next Generation Train (NGT).* Institut für Verkehrssystemtechnik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Braunschweig : s.n., 2014. Vortrag.
- Schumann, Tilo und Lemmer, Karsten. 2013.** Next Generation Train - neue Potenziale für den europäischen HG. *Eisenbahntechnische Rundschau.* 2013, Januar/Februar 2013.
- Schweizer Radio und Fernsehen. 2018.** Jetzt kommt das Check-in an der Haustüre. [Online] 28. März 2018. [Zitat vom: 30. März 2023.] <https://www.srf.ch/sendungen/kassensturz-espresso/jetzt-kommt-das-check-in-an-der-haustuere>.

Schweizerische Bundesbahnen. o. D. Reise- und Fluggepäck. *Produkte*. [Online] o. D. [Zitat vom: 30. März 2023.] <https://www.sbb.ch/de/bahnhof-services/vor-der-reise/reise-und-fluggepaeck.html>.

Selheim, Claudia. 2010. Vom „großen Apparat“ zum Rollkoffer. *Reisebegleiter – mehr als nur Gepäck*. Nürnberg : Verlag des Germanischen Nationalmuseums, 2010, S. 86-120.

Seltenhammer, Klara Maria. 2017. *KundInnenanforderungen an Gepäckserviceleistungen im Urlaubsreiseverkehr*. Technische Universität Wien. Wien : s.n., 2017. Diplomarbeit.

SICK AG. Gepäckrückgabe. *Transport von Fluggepäck*. [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2023.] <https://www.sick.com/de/de/branchen/flughafen/transport-von-fluggepaeck/gepaeckrueckgabe/c/g357283>.

Siemens Logistics. 2023. Gepäckförderanlagen. *VarioTray*. [Online] 2023. [Zitat vom: 13. Februar 2023.] <https://www.siemens-logistics.com/de/flughafenlogistik/gepaeckfoerderanlagen/variotray>.

SITA. 2019. Baggage IT Insights 2019. [Online] 2019. [Zitat vom: 28. November 2022.] <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/baggage-it-insights-2019/>.

— **2021.** Baggage IT Insights 2021. [Online] 2021. [Zitat vom: 27. März 2023.] <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/baggage-it-insights-2021/>.

— **2022.** Baggage IT Insights 2022. [Online] 2022. [Zitat vom: 27. März 2023.] <https://www.sita.aero/resources/surveys-reports/baggage-it-insights-2022/>.

ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten und Dregger, Johannes. 2018. *Materialflusssysteme*. 4. Auflage. Dortmund : Springer-Verlag, 2018. ISBN 978-3-662-56180-5.

Umweltbundesamt. 2023. Emissionsdaten. [Online] 7. Februar 2023. [Zitat vom: 31. März 2023.] https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr_grafik.

Wehking, Karl-Heinz. 2020. *Technisches Handbuch Logistik 1*. Stuttgart : Springer-Verlag, 2020. ISBN 978-3-662-60866-1.

Wong, Marcus. 2020. Checkerboard Hill. *Baggage handling on the MTR Airport Express*. [Online] 19. August 2020. [Zitat vom: 30. März 2023.] <https://www.checkerboardhill.com/2020/08/mtr-airport-express-baggage-handling/>.

Zinner, Johannes. stadt-wien.at. *Mit dem City Airport Train-CAT zum Flughafen Wien*. [Online] [Zitat vom: 29. März 2023.] <https://www.stadt-wien.at/wien/flughafen/mit-dem-city-airport-train-cat-zum-flughafen-wien.html>.

Anhang

Anhang 1: Interviewtranskripte

1.1 Experteninterview Dr. Wolfgang Voges

Interviewpartner:

Dr. Wolfgang Voges

Leiter Innovation, Gremienarbeit und Service Technik Schienenfahrzeuge

Deutsche Bahn AG

Datum: 03.11.2022**Ort:** online**Länge:** 57 Minuten

Transkription: Zusammenfassende, stichpunktartige Transkription der Gesprächsinhalte bezüglich zuvor abgestimmter Leitfragen

Frage 1: Wo besteht aus Ihrer Sicht der größte Bedarf für Verbesserungen bei der Gepäckmitnahme?

Antwort:

- Der Einstieg in die Fahrzeuge müsste problemfreier bzw. niveaugleich sein.
- Reisende steigen oft in die falsche Tür ein.
- Viele Reisende nehmen Gepäckstücke mit, die sie selbst kaum tragen können. Aufgrund der Rollkoffer unterschätzen Reisende das Gepäckgewicht und haben Probleme beim Hineintragen in den Zug.
- Große Gepäckstücke stehen häufig im Weg. Reisende stellen Gepäckstücke ungern in Gepäckracks direkt an der Tür ab, sondern wollen das Gepäck möglichst nah am Sitzplatz haben.
- In die Gepäckracks passen nicht genügend Gepäckstücke hinein. Eine gewisse Mindestanzahl an Personen muss die Überkopfanalagen nutzen.
- Eine Limitierung der Gepäckstückanzahl ist nicht gewünscht, um einen Vorteil gegenüber dem Flugverkehr zu haben.
- Die offizielle Vorgabe von einem Gepäckstück pro Person wird aus Kulanzgründen nicht kontrolliert und geahndet.
- Das Hauptproblem des Gepäcktransports durch die Dienstleister ist die frühe Gepäckabholung. Fahrgäste müssen eine gepäcklose Zeit einkalkulieren.

Frage 2: Wie groß ist aus Ihrer Sicht der Einfluss der Gepäckmitnahme auf erhöhte Fahrgastwechselzeiten und damit verbundene Verzögerungen im Betriebsablauf?

Antwort:

- Die Ein- und Ausstiege sind durch die Stufen behindert.

- Große und schwere Koffer stehen häufig im Weg. Die Reisenden müssten schneller ihren Platz finden und das Gepäck aus dem Gang räumen.
- Es müsste eine Reihenfolge bzw. Priorisierung beim Einstieg geben. Das würde allerdings wohl zu einem Chaos führen. Im Flugverkehr ist i.d.R. mehr Zeit zum Boarden verfügbar und die Fahrgastanzahl ist im Bahnverkehr oftmals höher.
- Einstiege mit Familien und Kinderwagen sind i.d.R. nicht das Problem, weil Familienabteile konzentriert in einem Wagen sind, dort Zugbegleiter zur Hilfe bereitstehen und Familienreisende allgemein besser organisiert sind.
- Unerfahrene Reisende, die nicht gut organisiert sind und zu viel oder zu schweres Gepäck mit sich führen, haben häufiger Probleme beim Ein- und Ausstieg.

Frage 3: Welches Feedback haben Sie von der Kundschaft bzgl. der Gepäckmitnahme bekommen? Gibt es diesbezüglich Umfragen seitens DB?

Antwort:

- Umfragedaten hat Hr. Voges nicht vorliegen.
- Bzgl. Umfragen empfiehlt Hr. Voges die Betrachtung der Veröffentlichungen von Prof. Rürger von der TU Wien.

Bis Mitte der 1990er-Jahre konnte Gepäck bei der Deutschen Bahn abgegeben und im Gepäckwagen transportiert werden:

Frage 4: Gibt es Bestrebungen zur Wiedereinführung eines Services mit Gepäcktransport im Zug?

Antwort:

- Mit der Einführung des klassenübergreifenden Intercity-Verkehrs ab Anfang der 1980er-Jahre wurden i.d.R. keine Post- und Gepäckwagen mehr mitgeführt. Auf speziellen Urlaubsstrecken gab es vereinzelt noch Gepäckwagen.
- Die 1991 eingeführten ICE-Züge haben keine Möglichkeit zum Anhängen von Gepäckwagen.
- Generell wird die Gepäckmitnahme DB-intern immer wieder diskutiert. Es gibt allerdings keine Bestrebungen zur Wiedereinführung von Gepäckwagen. Die DB setzt auf den Gepäcktransport durch Dienstleister. Der Fokus gepäckbezogener Planungen liegt auf Gepäckracks und breiteren Türen. In den aktuellen Fahrzeugplanungen werden niveaufreie Zugänge berücksichtigt.
- Die eigenverantwortliche Gepäckmitnahme durch die Fahrgäste war eine grundlegende Idee zur Beschleunigung des Verkehrs. Zu Beginn, als Reisende ihr Gepäck noch tragen mussten (anstatt es zu rollen), hat das System noch besser funktioniert.
- Das DB-Stückgut-Angebot gibt es als Bahn-Angebot auch aufgrund der Zunahme von Versandmöglichkeit auf der Straße nicht mehr.
- Zur Wiedereinführung eines Gepäcktransports müsste es einen Willen aus Politik und Führungsebene geben. Dies ist jedoch nicht abzusehen.

Der Gepäcktransport im Gepäckwagen war mit großem manuellem Aufwand verbunden:

Frage 5: Könnte ein System zum automatisierten Gepäcktransport unter Zuhilfenahme von Automatisierungstechnik eine Wiedereinführung denkbar machen?

Antwort:

- Eine Gepäckaufgabe in der Eingangshalle im Erdgeschoss wäre die Wunschvorstellung.
- In den aktuell einstöckig konzipierten Fernverkehrszügen wäre ein Gepäcktransport nur unter Sitzplatzverlust möglich. Das ist nicht gewollt.
- Die Gepäcklogistik auf dem Bahnstieg könnte aus Platzgründen schwierig sein. Man könnte darüber nachdenken, wieder separate Gepäckbahnsteige einzuführen. Viele Bahnsteige (wie z.B. am Frankfurter Hauptbahnhof) sind aktuell schon sehr eng. In vielen Bestandsbahnhöfen wäre die Realisierung von Gepäckbahnsteigen schwierig. Es müssten enorme Umbaumaßnahmen geben.
- Für das NGT-Konzept wäre in Bestandsbahnhöfen wohl kein Platz verfügbar.
- Idee: NGT-Züge halten außerhalb der Ballungszentren und fahren nicht in die Ballungszentren. Die Bahnhöfe würden dann auf der „grünen Wiese“ gebaut werden. Dazu müsste ein Wille zu staatlichen Investitionen nötig sein.
- Das Ein- und Ausladen muss schnell gehen.
- Es müsste eine flexible Schnittstelle zwischen Zug und Bahnsteiginfrastruktur geben.
- Aktuell ist ein punktgenaues Halten unter anderem aufgrund unterschiedlicher Türpositionen der Fahrzeugmodelle keine Anforderung im Fernverkehr der DB. Im Zuge der Forschung zum autonomen Fahren werden die Technologien allerdings betrachtet. Im japanischen Fernverkehr ist ein punktgenaues Halten bezüglich der teilweise vorhandenen Bahnsteigtüren bereits im Einsatz.
- Sicherheitsbezogene Anforderungen müssen betrachtet werden. Die Kontrolle von Gepäck ist ein Zeit- und Kostenfaktor. Ein Sicherheitsscan des Gepäcks könnte eine Anforderung werden. Aktuell ist dies noch nicht benötigt.

Frage 6: Welches sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen zur Einführung eines (automatischen) Gepäcktransportsystems bezüglich der Fahrzeuge und der Bahnhofsinfrastruktur?

Antwort:

- Der Zeitfaktor für die Reisenden ist entscheidend.
- Wenn eine Person ihr Gepäck zu spät aufgibt, muss es eine Möglichkeit zur Nachsendung geben.
- Systemseitig würde das Gepäckgewicht wohl keine Probleme verursachen. Eine Gewichtskontrolle sollte dennoch durchgeführt werden.
- Die maschinenbautechnische Konstruktion des Gepäcksystems wäre kein großes Hindernis.
- Der „Einkaufsbahnhof“ bringt der Deutschen Bahn große Einnahmen durch Vermietungen und Vermarktungen. Diese Einnahmen könnten sich verringern oder ganz wegfallen. Es müssten Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit des Gepäcktransport durchgeführt werden.

1.2 Experteninterview Dr. Bernhard Rüger

Interviewpartner:

DI Dr. Bernhard Rüger
netwiss OG (Geschäftsführer)
Technische Universität Wien (Projektassistent)
Fachhochschule St. Pölten (FH-Dozent)

Datum: 24.11.2022

Ort: online

Länge: 50 Minuten

Transkription: Zusammenfassende, stichpunktartige Transkription der Gesprächsinhalte bezüglich zuvor abgestimmter Leitfragen

Im Herbst 2021 wurde bei Austrian Airlines die AIRail-Gepäckaufgabe im Zug getestet – meines Wissens im Zuge des Projekts *TerminalAufSchiene2*:

Frage 1: Gibt es bereits Ergebnisse bzw. Erkenntnisse aus diesem Testlauf? (ÖBB-Website: „Der Check-in des Reisegepäckes kann aus Sicherheitsgründen nur am Flughafen Wien erfolgen.“)

Antwort:

- Der Testlauf fand außerhalb des Forschungsprojekts statt.
- Vermutlich gab es aufgrund der pandemiebedingten Reisebeschränkungen eine geringe Nachfrage während des Tests.
- Dr. Rüger besitzt keine konkreten Informationen über die Erkenntnisse.
- Die Gepäckaufgabe im Zug basiert auf Dr. Rügers Idee.
- Die Gepäckaufgabe erfolgt im Zug. Das Gepäck wird dabei in reißfeste Plastiksäcke eingeschweißt. Die mag für den Test ausreichen, wobei es für den langfristigen Einsatz nicht zielführend ist. Der Transport des Gepäcks erfolgt in gewöhnlichen Gepäckracks.
- Hinsichtlich Sicherheit: Unbefugten Personen sollen keinen Zugriff auf das Gepäck erhalten. Der Sicherheitsscan wird erst im Flughafen durchgeführt. Es gibt keinen Grund, dies im Zug zu tun.
- Eine große Herausforderung ist das Wiegen des Gepäcks sowie die Nachverrechnung von Strafzahlungen bei Überschreitung des angegebenen Gepäckgewichts. Grundsätzlich darf das Gepäckgewicht aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen nicht über 32 kg liegen. Die Gewichtskontrolle im Zug ist schwierig. Der Einsatz einer einfachen Kofferwaage ist denkbar.

Frage 2: Welche Hürden bzw. Schwierigkeiten wurden durch den Testlauf erkannt? Was sind die größten Herausforderungen?

Antwort:

- Die genannten Herausforderungen basieren auf den theoretischen Konzepten.

- Das Gepäck muss am Flughafen schnell und zuverlässig ausgeladen werden können, ohne große Umbaumaßnahmen am Zug durchführen zu müssen.
- Beim „Railjet“ der ÖBB fungiert ein umfunktioniertes Fenster als Ladeluke.
- Bewusst wurde keine automatisierte Lösung favorisiert. Personal im Zug ist kundenfreundlicher und zur Bearbeitung von Sondersituationen (z.B. Sondergepäck) besser geeignet. Automatisierte Systeme haben eine höhere Störanfälligkeit aufgrund dynamischer Bewegungen.
- Das Personal kann während der Zugfahrt flexibel für andere Aufgaben eingesetzt werden.
- Im genannten Konzept werden Gepäckstücke in Schließfächern transportiert. Zum Öffnen der Schließfachtür wird das Bahnticket gescannt.
- Abschätzung: Ein automatisiertes System würde auf die gesamte Lebensdauer gerechnet wohl nicht wirtschaftlich rentabel sein.
- Eine Anforderung ist der gesicherte Transport vom Zug zur Gepäckanlage des Flughafens.
- Am Flughafen Wien gibt es ein Förderband der Gepäckanlage bis zum Bahnsteig. Dieses verbindet die Anlage aktuell nur mit den City Airport Train. Die Möglichkeit der Nachrüstung für andere Bahnsteige ist allerdings gegeben.
- Beim Testlauf war der Gepäcktransfer am Flughafen wohl wegen der geringen Gepäckmenge weniger problematisch.

Frage 3: Wie bewerten Sie die Möglichkeit dieses Gepäck-Check-ins in der Bahn im Vergleich zum Ablauf beim City Airport Train (bzw. der Abgabe am Bahnhof generell)?

Antwort:

- Das Gepäckabteil des CAT befindet sich im Untergeschoss des Steuerwagens.
- Der Zug fährt so weit vor, dass die erste Tür des Steuerwagens, die als Gepäckladeluke dient, in einem abgegrenzten Bereich zum Stehen kommt.
- Das Gepäck wird im Zug auf gewöhnlichen Gepäckwagen gestapelt.
- Im Bahnhof Wien Mitte wird das Gepäck am Schalter aufgegeben, dann per Förderband in einen geschlossenen Bereich befördert und dort von Mitarbeitern manuell auf die Gepäckwagen gestapelt.
- Die Gepäckwagen werden im Ganzen verfrachtet und am Flughafen in dem abgegrenzten Bereich entladen. Dort wird das Gepäck manuell auf das Förderband der Gepäckanlage gelegt.
- Vorteile der Abgabe im Zug:
 - Es gibt weniger Infrastrukturbedarf im Bahnhof (Umsetzung in Bestandsbahnhöfen schwierig).
 - Die Umsetzung gestaltet sich leichter, da nur die Züge umgerüstet werden müssen. Die Aufgabe im Zug kann theoretisch von jedem Bahnhof ausgehend (bei geeignetem Zug) genutzt werden. Dies kann zu einer besseren Anbindung von Kleinstädten führen.
 - Der Zeitvorteil geht bei der Gepäckaufgabe im Bahnhof verloren. (Es werden Zeitpuffer für die Gepäckaufgabe (seitens der Kunden) und für den Gepäcktransfer zum Zug (seitens der Infrastruktur) benötigt).
 - Zeiten können bei der Aufgabe während der Fahrt überlagert werden.

- Die Ausweitung der Gepäckaufgabe auf andere Flughafenzubringerzüge (z.B. U-Bahnen) ist generell möglich.
- Die Umsetzung bei reinen Flughafenzubringerzügen gestaltet sich schwieriger im Vergleich zum Fernverkehrszug, da dort das Fluggepäckaufkommen höher ist.
- Im Vor- und Nachlauf sollte nicht zu viel Zeit durch die Gepäckaufgabe verloren werden, um den Zeitvorteil gegenüber anderen Verkehrsmitteln nicht einzubüßen.
- Früher als 10 bis 15 Minuten vor der Abfahrt sollten Fahrgäste nicht am Bahnhof sein müssen.
- Eine Idee wäre, mit Gepäck zum Bahnsteig zu gehen und das Gepäck erst kurz vor der Abfahrt abzugeben. Dadurch hätte man kürzere Wege für das Gepäck, eine kurzfristigere Abgabe des Gepäcks und weniger Infrastrukturbedarf. Eine Vorsortierung des Gepäcks wäre vor der Abfahrt möglich.
- Fahrgäste wollen ihr Gepäck bei sich tragen und somit die Möglichkeit des spontanen Zugriffs auf ihr Gepäck haben. Gerade auf Langstrecken planen viele Fahrgäste nicht genug voraus. Bei Flugreisen muss die Gepäckaufteilung jedoch auch im Vorfeld geplant werden.
- Der Vorteil des Bahnverkehrs, einen sicheren Gepäcktransport zu gewährleisten, sollte nicht verloren gehen.
- Es muss eine Gewährleistung geben, dass das Gepäck am Ziel ankommt. Das Fehlen dessen ist auch ein Hemmnis für Tür-zu-Tür-Gepäcktransporte. Das subjektive Sicherheitsgefühl der Fahrgäste sollten gegeben sein. Eine Trackingfunktion zur Verfolgung des Gepäcks würden zur Steigerung des Sicherheitsgefühls beitragen.

Frage 4: Gibt es Ihres Wissens aktuell weitere Überlegungen oder Projekte hinsichtlich der Gepäckaufgabe am Bahnhof?

Antwort:

- Darüber ist Dr. Rüger ist nichts bekannt.
- Möglichkeiten zur Gepäckaufgabe in Flughafenzubringerzügen gibt es Dr. Rügers Wissen nur in Wien, bei der SBB und in zwei Städten in Asien. Bei der SBB beläuft sich die Nutzung der Gepäckaufgabe auf Flughafenzubringerstrecken auf ca. 1 %. Das bestehende System kann jedoch ohne großen Mehraufwand weiter angeboten werden. Die Vorlaufzeit zur Gepäckaufgabe beträgt mindestens 6 bis 24 Stunden.
- Die Suche nach Gepäckablagen im Zug sollte definitiv vermieden werden. Wie genau das Gepäck ansonsten im Zug transportiert wird, ist nicht entscheidend, solange es funktioniert.

Früher konnte Gepäck bei der Deutschen Bahn im Gepäckwagen transportiert werden. Das war mit großem manuellem Aufwand verbunden:

Frage 5: Unter welchen Rahmenbedingungen könnte die Zuhilfenahme von Automatisierungstechnik die Wiedereinführung von Gepäcktransport denkbar machen?

Antwort:

- Siehe vorherige Antworten.

- In der Schweiz wurde das System weiter aufrechtgehalten, denn es wurde und wird dort auch anderweitig genutzt (z.B. für Kleinguttransport).
- In Österreich hat der Transport im Gepäckwagen trotz großem manuellem Aufwand gut funktioniert.

Frage 6: Was sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen zur Einführung eines (automatischen) Gepäcktransportsystems?

Antwort:

- Der Platzbedarf für ein automatisiertes System ist an Bestandsbahnhöfen nicht gegeben. Bei Bestandsbahnhöfen könnte eine Abgabe am Bahnsteig sinnvoll sein.
- Der Weitertransport von einer Gepäckaufgabe in der Eingangshalle zum Zug könnte wohl noch kritischer sein als die Aufgabe an sich.
- Bei Bahnhofsneuplanungen könnte ein Gepäcksystem in Zwischengeschossen denkbar sein (Betrachtung des Gepäcklagers am Hauptbahnhof Köln).
- Fahrzeugseitig könnten die Sortierung sowie die Ein- und Auslagerung auf vier Ebenen Schwierigkeiten bereiten.
- Unterschiedliche Gepäckformen könnten eine effiziente Lagerung erschweren. (z.B. Rucksäcke mit Tragegurten oder Skiausrüstung, etc.)

1.3 Experteninterview Oliver Nettel

Interviewpartner:

Oliver Nettel

Head of OTA – Airline and Terminal Operation Development

Flughafen Wien AG

Datum: 29.11.2022**Ort:** online**Länge:** 51 Minuten

Transkription: Zusammenfassende, stichpunktartige Transkription der Gesprächsinhalte bezüglich zuvor abgestimmter Leitfragen

Frage 1: Wie wird die Gepäckaufgabe am Bahnhof des City Airport Train angenommen? Wie viele Fahrgäste nutzen diesen Service?

Antwort:

- 2019 war ein Rekordjahr für den Flughafen Wien. Bezogen auf den CAT haben 155.296 Passagiere die Check-in-Möglichkeit in Wien Mitte genutzt. (ca. 13.000 pro Monat); *Nachträgliche Ergänzung: 1,7 Mio. Fluggäste haben 2019 den CAT genutzt. (ca. 9 % Nutzung des City-Check-ins)*
- Der CAT ist nach der pandemiebedingten Pause erst seit März 2022 wieder in Betrieb.
- Aktuell (Herbst 2022) nutzen die Gepäckaufgabe am Bahnhof ca. 3.000 Passagiere pro Monat.
- Die aktuell größten Herausforderungen sind:
 - Energiekrise
 - Aus Kostengründen wird aktuell wenig Personal für den Check-in seitens der Airlines bereitgestellt. Derzeit gibt es nur eine Abfertigungsgesellschaft (Handling-Agent) zur Abfertigung des Gepäcks am Bahnhof Wien Mitte bereit. Im Moment kann nur die automatisierte Gepäckaufgabe angeboten werden. Diese kann allerdings nicht für alle Flüge angeboten werden (für Flüge in die USA z.B. muss ein Agent bestimmte Dokumente freigeben).
- Derzeit wird an Lösungen zur Abfertigung Gepäcks mehrerer Fluglinien durch denselben Handling-Agent gearbeitet.
- Off-Airport-Schalter erfordert einen zusätzlichen Personaleinsatz durch die Fluggesellschaft. Personal zum Bahnhof Wien Mitte abzustellen, rechnet sich erst ab einem gewissem Gepäckaufkommen.

Frage 2: Welches Feedback haben Sie von der Kundschaft bzgl. des Gepäck-Check-ins bekommen?

Antwort:

- Grundsätzlich gibt es nur gutes Feedback seitens der Kundschaft.

- Aktuell häufen sich die Beschwerden, da der Service aufgrund fehlenden Personals von Austrian Airlines oft nicht angeboten werden kann.

Frage 3: Wie genau läuft das Handling des aufgegebenen Gepäcks ab?

Antwort:

- Im Bahnhof wird der komplette Check-in-Prozess durchgeführt. Die Passagiere können am Flughafen sofort zum Gate gehen.
- Es gibt zwei grundsätzliche Verfahren für die Gepäckaufgabe:
 - 1-Step-Verfahren:
 - ein Automat/Schalter für den Check-in, das Drucken und Anbringen des Gepäckanhängers (engl. baggage tag) und zur Gepäckaufgabe
 - Die Bearbeitungszeit der Gepäckaufgabe an manuell bedienten Schaltern dauert im Tagesschnitt 60s pro Abgabe (bei Überseereisen dauert es in der Regel länger, bei Reisen im Schengenraum kürzer)
 - Eine automatisierte 1-Step-Aufgabe würde länger dauern, da die Passagiere i.d.R. mehr Zeit als das geschulte Personal benötigen.
 - 2-Step-Verfahren:
 - ein Automat/Schalter für den Check-in und das Drucken des Gepäckanhängers
 - ein zweiter Automat/Schalter für reine Gepäckaufgabe
 - Die Check-in-Automaten sind im Betrieb günstiger als die Gepäckaufgabeautomaten.
 - Am Schalter muss es schnell gehen (so wenige Bildschirmabfragen wie möglich)
 - Der Zeitverlust für die Kunden durch die Anbringung des Baggage-Tags wird vom Flughafen nicht berücksichtigt.
 - Abgabezeit am Gepäckaufgabeautomat: durchschnittlich 20s
- Am Bahnhof Wien Mitte gibt es sechs manuelle Schalter. Davon ist aktuell nur einer in Betrieb.
- Die automatisierten Schalter sind identisch zu den Automaten am Flughafen:
 - Am ersten Automaten kann der Kunde den Sitzplatz auswählen und seine Bordkarte sowie den Baggage-Tag ausdrucken.
 - Die Gepäckaufgabeautomaten (SBD, Self-baggage-drop-Automaten) sind in manuelle Schalter integriert. Es wird in einem Hybridsysteme gearbeitet, sodass stets zwischen dem manuellen und dem automatisierten Betrieb des Schalters gewählt werden kann.
 - Die Nutzung dieser Hybridlösung war eine sehr gute Entscheidung. Während der Pandemie konnte die manuelle Kontrolle der pandemiebezogenen Dokumente gut durchgeführt werden.
- Nach der Aufgabe des Gepäcks wird dieses über Förderbänder in einen abgetrennten Verladerraum am Bahnsteig befördert.
- Dort findet eine manuelle Beladung der Transportcontainer durch einen Flughafenmitarbeiter statt.
- Die Container werden im Ganzen in den Zug eingeladen und fixiert.
- Das Gepäck ist dabei unter ständiger Beobachtung des Mitarbeiters.

- Der Flughafen stellt die Anforderung, dass nach dem Check-in niemand Änderungen am Gepäckstück und dessen Inhalt durchführen darf (auch nicht die Besitzer des Gepäcks).
- Manche Fluglinien untersagen generell einen Off-Airport-Check-in.
- Die Ein- und Ausladung erfolgt sehr schnell, da die Container bereits vor Ankunft des Zuges beladen werden. Es besteht nur sehr bedingt ein zeitliches Problem beim Verladevorgang.
- Es ist möglich, dass das Gepäck in anderem Zug als der zugehörige Passagier transportiert wird.
- Der Abschluss des Check-ins in Wien Mitte ist genau 30 Minuten vor dem Schließen des Gepäckschalters der jeweiligen Fluggesellschaft am Flughafen.
- Im Flugverkehr muss Gepäck mit dem Fluggast im selben Flieger sein (es sei denn es handelt sich um verspätetes oder verlorengegangenes Gepäck, das nachgesendet wird). Diese Anforderung gibt es beim CAT und der ÖBB nicht.
- Zur Ausladung am Flughafen führt eine Förderstrecke direkt vom Bahnsteig des CAT zur Gepäckanlage des Flughafens. Das Gepäck wird nach dem Ausladen des Containers (in einem abgetrennten Bereich) vom zuständigen Mitarbeiter manuell auf das Förderband gelegt.
- Der Sicherheitsscan des Gepäcks erfolgt am Flughafen im Zuge des regulären Prozesses.
- Die Gepäckaufgabe und Abholung ist nur in einer Reiserichtung möglich, das heißt es ist keine Gepäckabholung in Wien Mitte möglich.
 - Es besteht keine Infrastruktur für einen Inbound-Gepäcktransport zum Bahnsteig des CAT am Flughafen sowie keine Infrastruktur für die Gepäckrückgabe in Wien Mitte.
 - Dieser Prozess wurde bisher nicht betrachtet, da er als zu aufwendig angesehen wird. Seitens der Betreiber wird kein Mehrwert aus dieser Möglichkeit gesehen.

Frage 4: Wie sind die Kapazitäten des Gepäcktransports? Wie viele Gepäckstücke können transportiert bzw. zwischengelagert werden?

Antwort:

- Pro Container können acht bis zehn Gepäckstücke transportiert werden. Der Wagon des CAT besitzt eine Kapazität für zehn Container. In Summe ergibt sich somit eine Gesamtkapazität von ca. 90 Gepäckstücken pro Fahrt.
- Das System kommt selten an seine Kapazitätsgrenze.

Frage 5: Wie sind Ihre Erfahrungen aus dem Gepäcktransport im CAT? An welchen Stellen besteht ggf. Verbesserungspotential?

Antwort:

- Es besteht großen Potenzial bei der Datenerfassung.
- Aktuell hat der Flughafenbetreiber keinen Zugriff auf die Systeme der Fluglinien. Er stellt lediglich die Plattform, auf der die Systeme der Fluglinien laufen, bereit.
- Es wird an einem zusätzlichen Scanpunkt am Bahnhof Wien Mitte zur Erfassung für das Flughafensystem gearbeitet. Dies soll der Gepäcknachverfolgung und der Verfügbarkeit von zusätzlichen Zeitstempeln dienen.

Frage 6: Sehen Sie einen Bedarf, gewisse Abläufe beim Gepäcktransport zu automatisieren?

Antwort:

- Es wird an der Ausweitung der Automatisierung beim Check-in-Vorgang in Wien Mitte gearbeitet. Dies soll mehr Fluglinien zur Nutzung des Check-in bewegen. Es sollen mehr automatisierte Automaten bereitgestellt werden.
- Derzeit gibt es keine Überlegungen zur Automatisierung der Verladung.

Frage 7: Unter welchen Voraussetzungen könnte sich eine Automatisierung des Gepäckhandlings lohnen? Gibt es bereits Betrachtungen diesbezüglich?

Antwort:

- Diesbezüglich wird kein Bedarf gesehen.

Frage 8: Welches sind aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen zur Einführung eines automatisierten Transportsystems? (Bzgl. Flughafen- und Bahnhofsinfrastruktur)

Antwort:

- Die Automatisierung muss einen Zeitgewinn bringen.
- Andere Flughafenzubringerbahnen mit mehreren Stationen haben größere Zeitprobleme als der CAT (besonders beim Ein- und Aussteigen der Passagiere).

Frage 9: Wie ist die Konzeption des Gepäcktransportsystems beim CAT abgelaufen? An welchen Stellen gab es die größten Herausforderungen?

Antwort:

- Die Gepäckaufgabe beim CAT ist stark an die Konzepte am Flughafen angelehnt. Es werden die gleichen Komponenten für die Infrastruktur verwendet.
- Eine aktuelle Herausforderung ist die Verbesserung der Station in Wien Mitte:
 - Voranging soll es bessere Instruktionen zur Benutzung der automatisierten Automaten geben.
 - Die rein personenbesetzten Check-ins werden aus Kostengründen wohl nicht mehr im vorpandemischen Umfang angeboten werden.

Frage 10: Wie gestaltet sich die Zwischenlagerung von zu früh abgegebenem Gepäck am Flughafen?

Antwort:

- Es gibt einen Frühgepäckspeicher. Dort werden beispielsweise Gepäckstücke von Airlines, die einen Vorabend-Check-in anbieten, zwischengelagert.
- Es handelt sich um ein automatisches Lager, in dem das Gepäck auf Förderstrecken „geparkt“ und von dort bei Bedarf für einen bestimmten Flug abgerufen wird.

- Auf einer Strecke können Koffer für mehrere Flüge liegen.

Frage 11: Wie läuft die Gepäcknachkontrolle nach Auffälligkeiten beim Sicherheitsscan am Flughafen ab?

Antwort:

- Der Sicherheitsscan des Aufgabepäckes läuft automatisiert (mit manuellen Stichproben) ab.
- Es gibt vier sog. HBS-Stufen (Hold Baggage Screening) bei der Kontrolle. Im Falle von Auffälligkeiten wird das Gepäckstück in der nächsthöheren Stufe untersucht:
 1. Automatisierte Kontrolle auf Sprengstoff durch EDS-Scanner (Explosive Detection Systems)
 2. Bildgestützte Kontrolle durch Personal (generell hier auch stichprobenartig)
 3. Spezielle persönliche Kontrolle (z.B. mit Sprengstoffsuchgeräten)
 4. Gepäckzusammenführung mit Passagier zur Öffnung des Gepäcks

Frage 12: Wie lange dauert es, bis Gepäckstücke nach der Landung für die Kunden zur Verfügung stehen?

Antwort:

- Die angestrebten Rückgabezeiten liegen im Schnitt bei 25 Minuten und variieren zwischen 15 und 45 Minuten.
- Dies ist abhängig von der Fluglinie, dem Flugzeugtyp, dem Verladetyp (Containerverladung, offene Verladung, etc.) und der Distanz vom Flugzeug zum Gebäude.

1.4 Experteninterview Stefan Ebenfeld

Interviewpartner:

Stefan Ebenfeld

Leiter Sammlungen und Bibliothek

DB Museum

Deutsche Bahn Stiftung gGmbH

Datum: 09.12.2022**Ort:** online**Länge:** 82 Minuten

Transkription: Zusammenfassende, stichpunktartige Transkription der Gesprächsinhalte bezüglich zuvor abgestimmter Leitfragen

Frage 1: Inwieweit war die Beschleunigung des Verkehrs ein Faktor zur Abschaffung des Gepäcktransport im Gepäckwagen bei der Deutschen Bahn?

Antwort:

- Aufgrund des getakteten Verkehrs konnte aus zeitlichen Gründen keine Gepäckumladung mehr durchgeführt werden. Gepäcktransport wurde zum Problem als Gepäck nicht mehr mit dem Fahrgast „umsteigen“ konnte.
- Bei der Fahrt im Kurswagen wurde der ganze Wagon umgehängt und man musste nicht umsteigen. Dort konnte Gepäck noch gut umgeladen werden.
- Später konnte Gepäck in einem langsameren, hinterherfahrenden Zug transportiert werden. Die Voraussetzung dafür war eine frühzeitige Gepäckaufgabe.
- Das Geschwindigkeitsproblem trat mit der Reduzierung der Aufenthaltszeiten und der Einführung moderner Intercity-Triebzüge ohne Gepäckwagen.
- Selbst bei Schnellzügen mit Gepäckwagen konnte Gepäck noch rechtzeitig umgeladen werden (mit hohem manuellen Mitarbeiterinsatz).
- Die Gepäckschaffner haben das Gepäck während der Fahrt sortiert.

Frage 2: Was waren aus Ihrer Sicht die größten Herausforderungen bzw. Nachteile beim gesonderten Gepäcktransport?

Antwort:

- Die größte Herausforderung ist der logistische Aufwand.
- Der Zeitfaktor für die Reisenden ist eine weitere große Herausforderung. Entscheidend ist unter anderem die Zeitgebereitschaft der Kunden.
- Es eine Bereitschaft zur Finanzierung des Systems muss vorhanden sein.
- Auch ein automatisiertes System bräuchte aktuell wohl noch einen recht großen manuellen Personeneinsatz. Die höchsten Kosten sind immer Personalkosten.

- Technisch sollten abgesehen von dem Einbau in die Infrastruktur keine zu großen Herausforderungen bestehen.

Frage 3: Was sind die größten Erkenntnisse aus der Geschichte des Gepäcktransports? Welche Lehren wurden retrospektiv aus der Abschaffung gezogen?

Antwort:

- Eine allgemeine Aussage aus Sicht des DB-Konzern kann Hr. Ebenfeld nicht tätigen.
- Anscheinend gibt es wieder ein Bedürfnis zur Bedienung des Gepäcktransports mit anderen Ansätzen.
- Viele Faktoren spielen eine Rolle: Bspw. hat sich die Entwicklung des Rollkoffers stark auf den Gepäcktransport ausgewirkt, ohne dass diese Erfindung in erster Linie mit der Bahn in Verbindung gestanden hat.
- Eine wichtige Erkenntnis ist das Vorhandensein vieler sich widersprechender Aspekte (z.B. Marketing/Service vs. Betriebswirtschaft oder Platzbedarf für Gepäck im Zug vs. Maximierung der Anzahl Sitzplätze). Es gibt für alle Aspekte dafürsprechende Argumente; es muss jedoch ein Wille zur Umsetzung vorhanden sein.
- Die damalige Einführung des Gepäcktransports war nötig, da in den Eisenbahncoupe/-abteilen kein Platz für Gepäck war.
- Das System muss alltagsgerecht und flexibel sein.
- Die Mitarbeiter mit den Gepäckkarren waren sehr flexibel. Aufgrund der gesonderten Gepäckbahnsteige konnte Kontakt mit den Fahrgästen vermieden werden.
- Fazit zur Frage: Man landet wieder beim Gepäcktransport. Es ist jedoch eine politische Entscheidung, ob dies wieder eingeführt werden soll.

Frage 4: Welche Vorteile würde eine Wiedereinführung von Gepäcktransport aus Ihrer Sicht für den Bahnverkehr bringen?

Antwort:

- Das würde die Attraktivität des Verkehrsmittels Bahn steigern. Das Ziel muss es sein, die Fahrgastzahlen zu erhöhen und im Zuge dessen einen höheren Komfort für Reisende zu bieten.
- Die Form des Gepäcktransport ist nicht entscheidend. Ob das Gepäck am Bahnhof aufgegeben oder zu Haus abgeholt wird, spielt für die meisten Menschen keine entscheidende Rolle.
- Entscheidend für Fahrgäste ist aktuell die Bequemlichkeit im Inneren des Zuges und wäre bei der Nutzung eines Gepäcksystems die Bequemlichkeit der Fahrt (ohne Gepäck). Eine Grundvoraussetzung dafür ist die Verlässlichkeit des Systems.
- Hinsichtlich Bequemlichkeit können bspw. Rollkoffer den Komfort auf dem Weg zum Zug steigern. Im Inneren des Wagens bieten diese jedoch keine großen Vorteile mehr, da die Gepäckstücke trotzdem über die Stufen und in die Überkopfgepäckablage gehoben werden müssen.
- Die vermehrte Nutzung der Bahn bringt ökologische Vorteile, Sicherheit und im weiteren Sinne eine Art Entspannung der Gesellschaft.

Frage 5: Unter welchen Voraussetzungen halten Sie eine Wiedereinführung für möglich?

Antwort:

- Es bräuchte zwingend eine hohe Automatisierungsquote.
- Die Technik muss sehr ausgereift sein. Das System muss unbedingt funktionieren.
- Früher gab es Zentralämter der Bundesbahn. Dort wurden die Vorgaben für den Bau der Eisenbahnen an die Industrie definiert und die Entwicklung fand in enger Zusammenarbeit mit den Herstellern statt. Es gab lange Probe- und Entwicklungsphasen.
- Anfang der 1990er-Jahre wurden die Zentralämter geschlossen. In der Folgezeit waren technische Lösungen oft nicht ausgereift, als die Produkte an den Kunden DB übergeben wurden.
- Es muss ein konkreter politischer Wille zur Umsetzung vorhanden sein. Das System könnte wohl nie rentabel betrieben werden. Die Preise für Kunden wären viel zu hoch.
- Vermutung: Aus Sicht von Marketing wäre ein Gepäcktransportsystem eine gute Idee. Betriebswirtschaftlich würde sich das System wohl aufgrund der hohen Kosten nicht rechnen.
- Die Vorgaben zur Gepäckaufgabe müssen klar, transparent und einfach kommuniziert werden. Es soll möglichst kein Gepäck bei der Aufgabe abgelehnt werden, um Frustration bei den Fahrgästen zu verhindern.
- Preise könnten ggf. nach Gewicht abgerechnet werden. Die Größen sollen möglichst einfach kategorisiert sein.
- Der Vorteil der Bahn als flexibles Transportmittel darf durch Gepäckaufgabe nicht verloren gehen. Es soll nicht zu einem stark erhöhten Vorbereitungsaufwand kommen. Eine spontane Buchung des Gepäcks sollte möglich sein.
- Das System Bahn als umweltfreundliches und sicheres Transportsystem ist teuer. Die Idee, die Bahn als rein rentables Transportmittel zu betreiben, ist gescheitert. Die Bahn kann nicht allein durch die Fahrpreise finanziert werden. Für ein gutes Bahnsystem müsste die Gesellschaft bereit sein zu zahlen (durch Steuergelder).
- Beim Auto werden z.B. Infrastrukturkosten aus Kundensicht nicht berücksichtigt. Dies wird beim Vergleich von Bahn zu Auto häufig nicht beachtet.

Frage 6: Wie könnte heutzutage aus Ihrer Sicht ein Gepäcktransportsystem aussehen?

Antwort:

- Eine Gepäckaufgabe erfordert Zeit. Es bedarf einer Analyse dessen, wie viele Fahrgäste welche Zeit mitbringen. Manche Fahrgäste kommen lieber kurz vor der Abfahrt, manche eher früher.
- Manche Fahrgäste wollen das Gepäck gar nicht abgeben. Es muss einen Mix aus automatischen Aufgabemöglichkeiten und der persönlichen Mitnahme geben.
- Für Sonderfälle (Faltboote, Fahrräder, etc.) muss es auch noch einen manuell bedienten Schalter geben. Ein „händisches Parallelsystem“ könnte für die (undefinierbare) Übergangszeit oder dauerhaft nötig sein.
- Idee: Sondergepäck könnte alternativ als Speditionsgut aufgegeben werden. Bspw. könnten Dienstleister einen Schalter neben den automatischen Aufgabeautomaten haben.

- Eine Frage ist, ob eine automatisierte Lösung dauerhaft Sinn ergibt. Zu Stoßzeiten in der Feriensaison wird mehr großes Gepäck transportiert.
- Die Gepäckrückgabe am Bahnsteig wäre vermutlich einfacher, da weniger Intrastruktur gebaut werden müsste. Das würde den Gesamtprozess beschleunigen. Der Komfort der Gepäckaufgabe in der Eingangshalle würde verloren gehen.
- Wie flexibel muss die Ein- und Ausladung sein? Würde das System auch funktionieren, wenn sich z.B. die Wagenreihung ändert oder ein Zug kürzer ist.
- Das System muss alltagsgerecht und flexibel sein.
- Idee: An einem autonomen Bahnsteig fährt ein Gepäckwagen/-roboter genau zu zur Schnittstelle für die Gepäckeinladung. Die Gepäcklager sind dezentral am oder unter dem Bahnsteig. Die Gepäckaufgabe ist nah zum Zug. Die baulichen Maßnahmen müssten sich nicht auf den kompletten Bahnhof auswirken, da es keine kilometerlangen Förderbänder (wie am Flughafen) gäbe.
- Idee: Vielleicht ist es günstiger die Gepäckaufgabe per Dienstleister attraktiver zu machen.
- Idee: Kleinere System könnten günstiger und praktischer sein (z.B. ein Raum zur Abgabe am Gleis).
- Idee: Gepäckaufgabe im Zug (ähnlich wie bei Rügen). Dies könnte problematisch bei hohen Fahrgastzahlen sein.

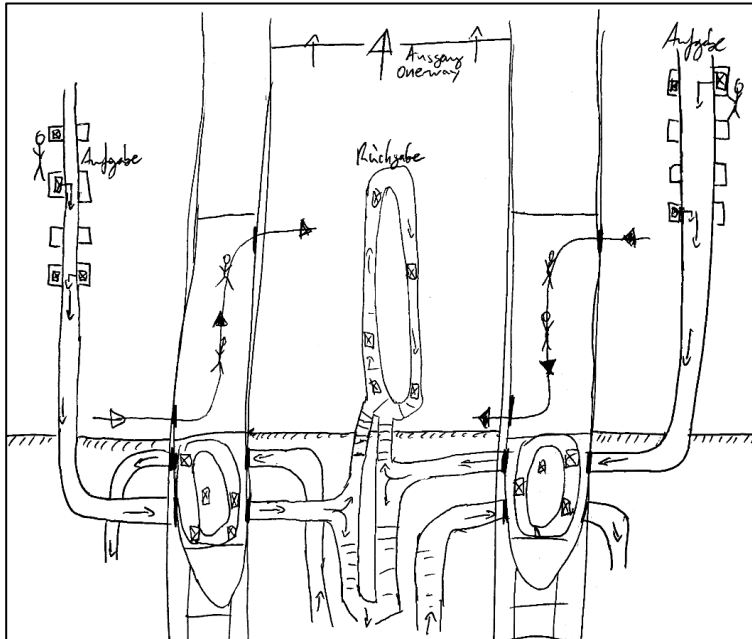
Frage 7: Können Sie weitere aktuelle Literatur zur Historie des Gepäcktransports empfehlen?

Antwort:

- Aktuelle Eisenbahnfachzeitschriften
- Methodische Empfehlung: „Übersetzung“ des Ablaufs ins technisch-digitale Zeitalter (Betrachtung der Abläufe vom Gepäcktransport bei der Reichsbahn und Überlegungen zur Automatisierung dieser Prozesse)
- Ablaufbeschreibung: „Pionier des Gepäckverkehrs: Die Leipzig-Dresdner Eisenbahn“

Anhang 2: Skizzen der Teilkonzeptentwürfe

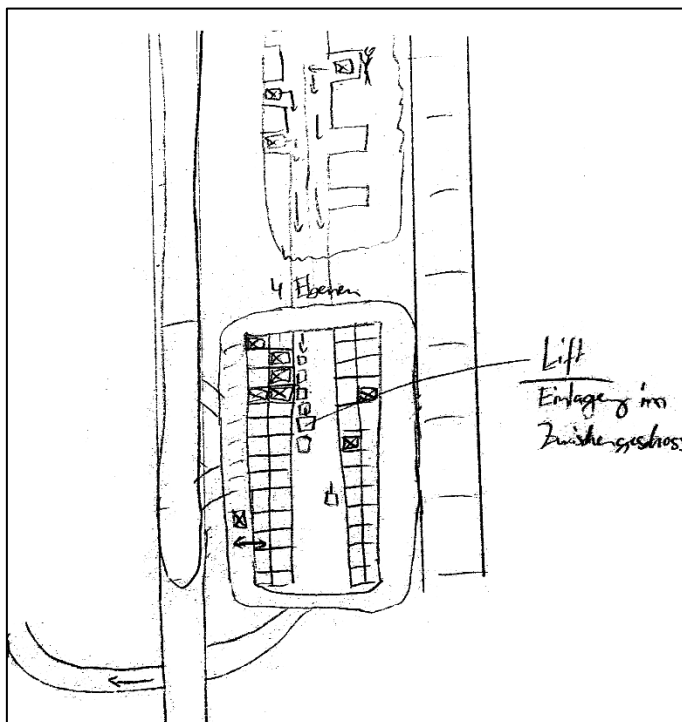
2.1 Gepäckhandling auf dem Bahnsteig



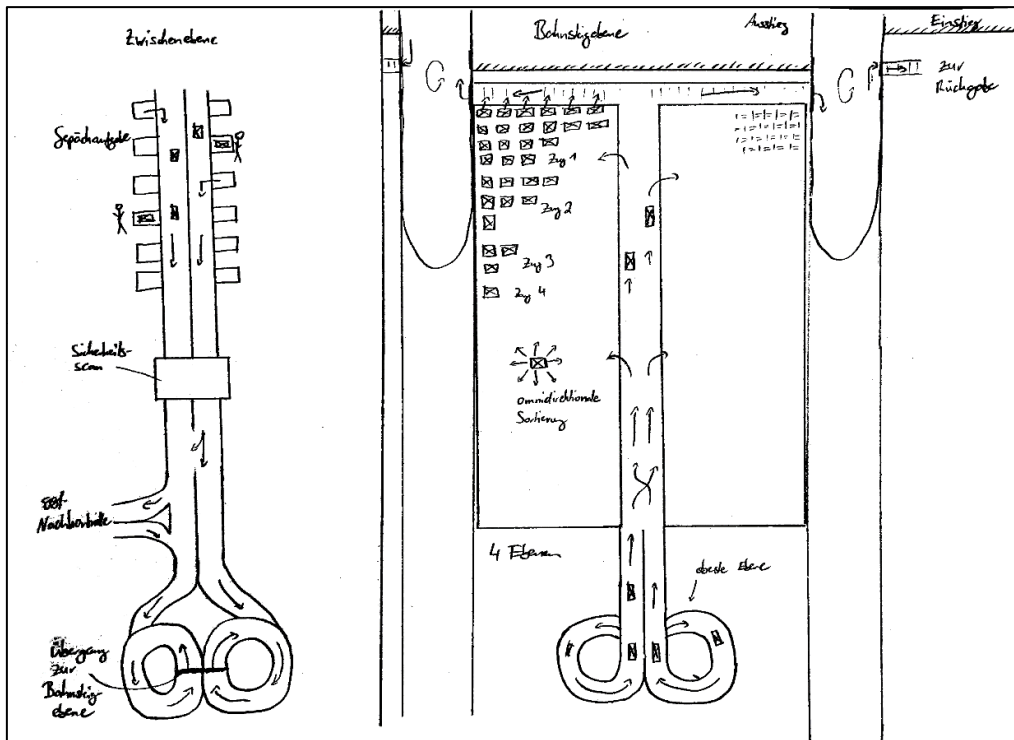
Gepäckhandling auf dem Bahnsteig

Gepäckhandling auf dem Bahnsteig

2.2 Gepäckhandling ausgehend von der Zwischenebene



Mehrgeschossiges Hochregallager



Sortierung und Verladevorbereitung auf dem Bahnsteig

Anhang 3: Berechnungen zur Leistungsfähigkeit

Prozess	Länge [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Dauer [s]
Zuführung	100	2	50
Vertikalförderung	84,6	0,8	105
Quersortierung	4,5	1,5	3
Sorter	81	1,5	54
Pufferung	8,3	1	8
Zuführung (Rest)	8 (89-81)	2	4
Vertikalförderung	50,8	0,8	63
Zuführung	4	2	2
Pufferung	7,4	1	7
Summe	348,6		296

Durchlaufzeit eines Gepäckstücks

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich

1. meine Masterthesis ohne fremde Hilfe angefertigt habe,
2. die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung von Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und
3. meine Masterthesis keiner anderen Prüfungsstelle vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung zum Nichtbestehen der Masterthesis führt.



Stephan Kintzel

Berlin, 17.04.2023