

DIPLOMARBEIT
MASTER'S THESIS

*Fahrgastwechselzeit im
Personenfernverkehr*

AUSGEFÜHRT ZUM ZWECKE DER ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES EINES
DIPLOM-INGENIEURS UNTER DER LEITUNG VON

UNIV.PROF. DIPL.-ING. DR.TECHN.
NORBERT OSTERMANN

UND

UNIV.ASS. DIPL.-ING. DR.TECHN.
BERNHARD RÜGER

E232 - INSTITUT FÜR EISENBAHNWESEN, VERKEHRSWIRTSCHAFT UND SEILBAHNEN
EINGEREICHT AN DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT WIEN
FAKULTÄT FÜR BAUINGENIEURWESEN
VON

DORIS TUNA

MATR.: 0125393

KAISER EBERSDORFERSTRASSE 86/3/31; 1110 WIEN

WIEN, IM JÄNNER 2008

DORIS TUNA

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mir fachlich und persönlich während der Erarbeitung meiner Diplomarbeit beigestanden sind.

Insbesondere möchte ich ein großes Dankeschön an meinen Diplomarbeitsbetreuer Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn Bernhard **Rüger** und Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert **Ostermann** für die Ermöglichung dieser Arbeit weitergeben.

Weiters soll all jenen Stellen gedankt werden, die es ermöglicht haben, die zahlreichen Datenerhebungen problemlos durchzuführen. Da wären die Abteilung Medienbetreuung Fernsehen der Deutschen Bahn, hier sei der Dank besonders Herrn **Büttner** der Abteilung TZF 21 und Herrn **Bingl** ausgesprochen, der Zentralbereich Kommunikation der Schweizerischen Bundesbahnen, besonders gedankt sei Frau **Zahner**, die Immobilien RailCity der Schweizerischen Bundesbahnen, Dankeschön Frau **Elsener** und Herr **Dütsch** und die Betrieb AG der Österreichischen Bundesbahnen mit herzlichen Dank an Herrn **Knoedl**.

Mein Dank gilt auch all den Betrieben, die mir geholfen haben, Daten für meine Diplomarbeit zu beschaffen. Hier möchte ich vor allem **Siemens-Transportation** wegen ihrer außergewöhnlichen Unterstützung nennen.

Natürlich möchte ich mich auch bei meinen Eltern, Roswitha und Wilhelm **Tuna** bedanken, die mir meine ganze Ausbildung ermöglicht haben und die immer versuchten mich zu unterstützen. Sie sind mir all die Jahre mit ihrem Rat beseite gestanden und haben versucht, mir alles zu ermöglichen, wie beispielsweise ein für mich unvergessliches Jahr, in dem ich in Schweden studieren konnte.

In weiterer Folge möchte ich auch ein herzliches Dankeschön meinen Freunden aussprechen, die immer viel Geduld gezeigt haben und mich unterstützten, wo sie konnten. Her-

vorheben möchte ich:

Elisabeth **Mery**, sie hat ein Wochenende in Zürich mit mir verbracht und hat mir bei Datenerhebungen geholfen, außerdem sind wir seit der Schulzeit gute Freundinnen.

Susanne **Blail**, die mich nach Bern begleitet hat, und Martina **Burndorfer** möchte ich danken, weil sie mich seit mehr als einem Jahrzehnt mit persönlicher und fachlicher Kompetenz begleiten und deren Gespräche mir nicht nur helfen, sondern mich auch inspirieren neue Wege einzuschlagen

Allen anderen, die mir während meines Studiums und während des Schreibens meiner Diplomarbeit geholfen haben und die hier nicht namentlich erwähnt wurden,

sei ein **großes herzliches Dankeschön**_

gewidmet.

Kurzfassung

Der Fahrgastwechsel stellt heute in vielen Fällen einen unbefriedigenden Zustand dar. Der wesentlichste Einflussfaktor ist das Fahrgastverhalten, welches durch die Charakteristik des Reisenden, wie Alter und / oder Mobilitätseinschränkungen, die Gepäckmitnahme und die Fahrzeuggestaltung bestimmt wird. Das Fahrgastverhalten spiegelt sich in erster Linie in der Betriebsqualität wider.

An Tagen mit großem Reiseaufkommen haben diese Größen zur Folge, dass sich die Haltezeit erheblich verlängert. Daraus resultieren meist Verspätungen, die sich wiederum auch auf andere Züge auswirken können, und somit entstehen Folgeverspätungen. Jegliche Art der Verspätung besitzt einen negativen Aspekt auf den Kundenkomfort, welcher eine Verschiebung des Modal Splits bewirkt.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung der Fahrgastwechselzeit und soll deren Verbesserungspotenziale aufzeigen. Dafür waren zahlreiche Datenerhebungen auf ausgewählten Bahnhöfen in Deutschland, der Schweiz und Österreich notwendig, welche in den Sommermonaten 2007 durchgeführt wurden. Mittels Videoaufnahmen und deren Analysen konnten der exakte Zeitbedarf der Fahrgäste fürs Aus- und Einsteigen, das Rückstauverhalten und das generelle Fahrgastverhalten ermittelt werden. Es wurden ungefähr 3800 aussteigende und 7400 einsteigende Fahrgäste gezählt. Weitere Daten des Fahrgastwechsel über 700 aus- und 1400 einsteigende Passagiere wurden von RÜGER (2003) übernommen. Der Fahrgastwechsel kann prinzipiell in zwei Bereiche unterschieden werden. Zehn bis fünfzehn Fahrgäste beschreiben den Fahrgastwechsel an einer Einzeltüre und in einem Auffangbereich, da sich bei dieser Anzahl die Rückstauwirkungen entweder direkt an der Einzeltüre oder schon im Auffangbereich entwickeln und nicht aus dem Fahrzeuginneren bilden. In diesen beiden Fällen sind die Haupteinflussfaktoren vor allem die Agilität des Passagiers, dessen Gepäck bezüglich Größe und Gewicht, die zu überwindene Stufenanzahl und die Türbreite. All diese Faktoren werden im Kapitel 5 definiert und anhand von signifikanten Auswertungen quantifiziert.

In Kapitel 6 bezieht sich die Fahrgastwechselzeit auf die Fahrzeuginnenraumgestaltung und daher wird die Personenanzahl nicht weiter eingeschränkt. Auch im Fahrzeuginneren spielt die Gepäckmitnahme eine große Rolle. Diese Größe zeigt, ob beispielsweise die Gangbreiten genügend dimensioniert sind oder ob das Fahrzeug Ausweichmöglichkeiten bietet.

Weiters wird untersucht inwiefern die Bestuhlungsform und die Gepäckunterbringung einen Einfluss auf den Aus- und Einstiegsvorgang haben. Die Türanordnung und auch deren Anzahl ist ein weiterer Faktor, der in dieser Arbeit betrachtet wird.

Die Haltezeit kann im Idealfall auf ein Drittel reduziert werden, wenn folgende Grundsätze beachtet werden: wenig Stufen - am besten ein niveaufreier Einstieg - flache Stufenverhältnisse, breite Türen und eine gute Verteilung dieser, adäquate Auffangbereiche, sowie ausreichende Gepäckunterbringungsmöglichkeiten nahe der einzelnen Sitzplätze und angemessenen Gangbreiten. Daraus resultieren schnelle Fahrgastwechselzeiten, Potenziale für energiesparende Fahrweisen und höhere Pünktlichkeitsraten. All diese Vorteile kommen der Kundenzufriedenheit zu gunsten und erhöhen somit die Betriebsqualität und die Leistungsfähigkeit der Bahn.

Abstract

Today, passenger exchange of trains are mostly insufficiently. The most important factor determining exchange times is passenger behaviour which is influenced by traveller characteristics, like age and / or mobility constrictions, the amount of luggage and finally the vehicle's design.

On days with high passenger-frequencies prolonged passenger exchange time results in extensive stop-over time. This leads to delays, which can also influence other trains and therefore cause further delays. Any delay reduces customer satisfaction, which, on the other hand, shifts modal split to the disadvantage of public transport.

This thesis investigates passenger exchange times and intends to demonstrate potential for improvement.

Multiple data collections were necessary, which were done in summer 2007 at selected train stations in Germany, Switzerland and Austria. Video recording and analysis was used to determine exact passenger's time requirements, behaviour in tailbacks and general behaviour. Approximately 3800 descending and 7400 boarding passengers were evaluated. Data for 700 descending and 1400 boarding travellers were adopted from a previous data collection by RÜGER in September 2004.

Passenger exchange can be divided into two parts. Ten to fifteen persons describe the passenger exchange at a single door and through an entrance area. This number allows to look at the tailback, which arises directly at the single door or the entrance area and does not emerge from the vehicle's interior. The main parameters in both cases are the agility of the passenger, the luggage, the number of steps and the door width. These factors are described and quantified on the basis of significant analysis in chapter 5.

Chapter 6 explains the passenger exchange relating to the coach's interior and therefore the number of travellers is not limited to fifteen. The amount of luggage plays a major role also in the vehicle's interior, because it shows for example if the aisle's width is

dimensioned adequately or if the interior offers enough passing points.

In addition, the influence of seating plans and room for luggages on the passenger exchange procedure is investigated. Arrangement and numbers of doors per coach are also fundamental factors, which are examined in this work.

Stop-over time can be reduced to a third of the present one, when the following principles are used: reduced number of steps, a flat step-ratio - best solution is a level free boarding situation, wide doors in well planned positions, sufficiently dimensioned entrance areas, appropriate aisle widths and satisfactory options for luggage stores close to the passenger's seats.

Observation of these principles results in a fast passenger exchange, potential for energy-saving manner of driving and a higher quota of punctuality, advantages which increase both customer satisfaction and the train operating company's quality and capacity.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Die Betriebsqualität der Eisenbahn	4
2.1	Fahrplankonstruktionen	4
2.2	Pufferzeiten	5
2.3	Wartezeiten	6
2.4	Übergangszeit	7
2.5	Synchronisationszeit	7
2.6	Energieverbrauch - Energie sparen	7
3	Methode	10
3.1	Literaturrecherchen	10
3.2	Internetrecherchen	10
3.3	Eigene Datenerhebung	11
4	Grundlagen des Fahrgastwechsels	12
4.1	Der Fahrgast	12
4.2	Das Gepäck	14
4.3	Das Fahrzeug	14
4.4	Der Bahnhof	19
4.5	Die Haltezeit	21
5	Der Fahrgastwechsel an der Einzeltür	23
5.1	Randbedingungen	24

5.2	Der Parameter Alter	25
5.3	Der Parameter Gepäck	27
5.4	Der Parameter Einstieg	31
5.5	Der Spalt	44
5.6	Der IC2000	47
5.7	Zusammenfassung der Einzeltüre	51
6	Der Fahrgastwechsel bezogen auf den Innenraum	53
6.1	Randbedingungen	53
6.2	Der Parameter Einstiegstyp	56
6.3	Der Parameter Fahrzeuginnenraumgestaltung	65
6.4	Abschätzung der Fahrgastwechselzeit	76
6.5	Zusammenfassung des Fahrgastwechsel bezogen auf den Innenraum	86
7	Konsequenzen	87

Kapitel 1

Einführung

Anfangs führt der Ausbau der Eisenbahn zu einem Anstieg der Mobilität. Längere Strecken waren somit einfacher zu überwinden. Mobilität bedingt also mehr, sie beschränkt sich nicht nur auf die Zurücklegung einer Strecke zwischen den Punkten A und B, sondern ist auf ganz andere Art auszulegen.

Zum einen ist da die geistige Mobilität, die das Wachstum und die Erweiterung des Verstandes und geistigen Verhaltens beschreibt. Zum anderen wird unter Mobilität auch die soziale, berufliche Entwicklung verstanden. Der Begriff Mobilität kann auch mehrere Definitionen in einem tragen, so beschreiben KRUPP und FALKE [1] die Mobilität folgendermaßen:

”Mobilität bedeutet die Möglichkeit zur Nutzung von Gelegenheiten und stellt ein Mittel zur Erledigung von Aktivitäten dar. Der dabei zurückgelegte Weg stellt einen Aufwand und kein Ergebnis dar.”

Wird die Mobilität bei Reisen mit der Eisenbahn betrachtet, dann ist schnell erkennbar, dass es sich nicht nur um die Strecke zwischen Abfahrts- und Ankunftsbahnhof handelt. Der Reisende oder Fahrgast, der bei Bahnreisen das Hauptaugenmerk darstellt, hat schon vor der Abfahrt des Zuges etliche Maßnahmen zu treffen. Daraus bildet sich dann eine so genannte Mobilitätskette [23], welche sich aus folgenden Phasen zusammensetzt:

- Entscheidungsphase (Werbung, Erfahrung, Entscheidungsgründe, Verkehrsmittelwahl, etc.)
- Vorreisephase (Informationen, Reiseunterlagen, Reisevorbereitung, etc.)

- Anreisephase (Transport zum Abfahrtsbahnhof, Zurechtfindung am Bahnhof, Aufenthaltszeit am Bahnhof, etc.)
- Reise- und Umsteigephase (Abfahrt, Bahnfahrt, Umsteigen und Ankunft)
- Abreisephase (Bahnhofsaufenthalt, Verknüpfung mit ÖPNV, Abreise)
- Nachreisephase (Vor-Ort-Information, Kundenzufriedenheit, Vor-Ort-Mobilität)

Im Vordergrund der Mobilitätskette steht die Zufriedenheit des Fahrgastes. Ist der Fahrgast unzufrieden, wird er ein anderes Verkehrsmittel für die nächste Reise wählen. Daher kann auch gesagt werden, dass der Modal Split die Zufriedenheit des Fahrgastes widerspiegelt. Die Kundenzufriedenheit ist von vielen Faktoren abhängig, da ist einerseits der Preis und die dafür gebotene Leistung, bezogen auf Verkehrsmittel ist die Leistung oft mit der Geschwindigkeit bzw. Reisedauer gleichzusetzen. Dann wäre andererseits der Ablauf der Mobilitätskette, wie reibungslos funktioniert diese und auch wie attraktiv ist diese. Ein wichtiger Faktor für Fahrgäste der Bahn ist natürlich auch die Einstiegssituation und die Fahrzeuginnenraumgestaltung. Der Einstieg kann aufgrund von Stufenhöhen bzw. -anzahl und / oder des Spaltes zwischen Bahnsteigkante und erster Stufe erschwert werden und senkt somit die Kundenzufriedenheit. Ist die Gepäckunterbringung im Zug nicht die geeignetste für den Fahrgast, wird auch hier Unbehagen des Fahrgastes auftreten. Ein großes Augenmerk ist auf die Attraktivität zu legen, denn umso attraktiver ein Weg ist, desto eher wird er gewählt.

Schwierigkeiten beim Einstieg beeinflussen nicht nur die Kundenzufriedenheit, sondern auch die betriebliche Qualität. An Tagen mit starkem Reiseaufkommen ist es möglich, dass eine Verspätung aufgrund eines zu langen Fahrgastwechselforgangs zustande kommt. Diese Verspätung wird selten auf der freien Strecke wieder eingeholt und kann sich über die gesamte Strecke aufbauen. Auf eingleisigen Strecken kann der Gegenverkehr durch Verspätungen behindert werden und so entstehen Folgeverspätungen, welche dazu führen können, dass Anschlussmöglichkeiten nicht mehr erreicht werden. Somit kann es dann zwei Möglichkeiten geben: entweder der Anschlussverkehr wartet und übernimmt die Folgeverspätung oder dieser wartet nicht und die Fahrgäste des verspäteten Zuges müssen auf eine neue Verbindung warten, wodurch die Kundenzufriedenheit negativ beeinflusst wird.

Durch Optimierung des Fahrgastwechsels verkürzt sich auch die Haltezeit des Zuges. Die Verkürzung der Haltezeit kann sich auf die Fahrzeit auswirken oder auf eine energiespa-

rende Fahrweise (siehe dazu Abschnitt 2.2 auf Seite 6). Die Kundenzufriedenheit spiegelt sich auch im Modal Split wider, der die Verkehrsmittelwahl darstellt. Daher kann rückgeschlossen werden, um so höher das Wohlbefinden der Fahrgäste ist, desto mehr Reisende verwenden die Bahn als Verkehrsmittel.

Diese Diplomarbeit soll die Fahrgastwechselzeit im Personenfernverkehr genau untersuchen und ihre Auswirkung auf die Fahrzeuggestaltung und -optimierung darstellen. Hinzu kommt auch die Fahrzeuggestaltung bezugnehmend auf die Sitzplatzfindung und Gepäckverstauerung, welche meist eine Behinderung beim Einsteigen darstellt und somit einen Rückstau verursacht, der die Haltezeit wiederum verlängert.

In den folgenden Kapiteln werden die Einflussfaktoren des Fahrgastwechsels dargestellt und die Schwachstellen sowie die Verbesserungspotenziale des heutigen Systems aufgezeigt. Dafür waren Datenerhebungen notwendig, die im Sommer 2007 durchgeführt und anschließend statistisch ausgewertet wurden. Es wurden knapp 8800 Einstiegsvorgänge und 4500 Aussteigevorgänge erhoben. 700 aus- und 1400 einsteigende Fahrgäste wurden jedoch schon 2003 von RÜGER [10] erhoben. Zwecks Übersichtlichkeit und Relevanz werden im Zuge dieser Arbeit manche Faktoren geclustert. Alle Ergebnisse sind auf ihre Signifikanz untersucht.

Kapitel 2

Die Betriebsqualität der Eisenbahn

Die Betriebsqualität bei der Bahn zeichnet sich durch die Planungs- und Fahrplanqualität sowie durch die Stabilität des Fahrplanes aus. Nachstehend werden einige Begriffe bezüglich der Betriebsqualität definiert.

2.1 Fahrplankonstruktionen

Der Fahrplan beinhaltet die Reisezeit sowie alle geplanten Wartezeiten (siehe dazu Abschnitt 2.3 auf Seite 6). So lange sich die Fahrplankonstruktion auf eine Linie beschränkt, ist der Schwierigkeitsgrad der Erstellung noch gering gehalten.

Beim integralen Taktfahrplan jedoch wird auf eine netzweite, unternehmensunabhängige Verknüpfung zugegriffen. Das bedeutet, dass die Ankunftszeiten eines Zuges in Relation mit anderen Zügen und wenn möglich auch mit dem öffentlichen Nahverkehrsnetz steht, damit ein problemloses Umsteigen für die Fahrgäste gewährleistet wird. Dafür müssen alle Verkehrsmittel eines integralen Verkehrsknotens den selben Grundtakt haben. Der Grundtakt entspricht zum Beispiel 30 oder 60 Minuten und kann je nach Hauptanfragerelationen verdichtet werden.

Ein Nachteil des integralen Taktfahrplanes sind Verspätungen, die eine Auswirkung auf alle Verkehrsmittel des Knotens haben oder eine verlängerte Wartezeit der Fahrgäste mit sich bringt. Beides ist unerwünscht, daher ist die Erhaltung eines integralen Taktfahrplanes schwierig. Außerdem ist ein integraler Taktfahrplan auch etwas unflexibel für Berufstätige und Schüler, die sich an den Takt halten müssen. Wäre es einem Verkehrsmittel möglich, die Fahrzeit zu kürzen, müsste der Hauptknotenpunkt ebenfalls verschoben

werden. Auch birgt die eigentliche Konstruktion eines Taktfahrplans einige Schwierigkeiten. Da meist der öffentliche Personennahverkehr auf die Bahn abgestimmt werden muss, müssen die Fahrpläne der Bahn schon zeitiger fertig sein, damit eine gute Verknüpfung aufgebaut werden kann.[4]

Bei eingleisigen Strecken muss vor allem darauf geachtet werden, dass die Takte im Gegenverkehr immer um eine halbe Takteinheit versetzt zu einander sind, da sich ansonsten Kollisionen ergeben. Doch auch bei zweigleisigen Strecken muss bei Kreuzungen die halbe Takteinheit gewählt werden.

2.2 Pufferzeiten

Die Pufferzeit befindet sich zwischen zwei Sperrzeittreppen. Sie mindert im Allgemeinen die Fortpflanzung von Verspätungen und steigert somit die Betriebsqualität. Sie sollte daher nicht zu knapp bemessen werden. Zu lange Pufferzeiten sind zu vermeiden, da ansonsten die Leistungsfähigkeit der Strecke sinken wird.

Nachdem die erforderliche Pufferzeit berechnet wurde, muss sie in die Fahrplantrasse bzw. zu den Zugfolgefällen zugeordnet werden. Daraus resultieren entweder

- feste Pufferzeiten oder
- es ergibt sich keine fixe Zuordnung, sondern es wird nur darauf geachtet eine Summe der Pufferzeiten in einem bestimmten Zeitraum zu erhalten.

Große Pufferzeiten werden benötigt, wenn der zweite Zug durchfährt oder erheblich schneller ist als der erste Zug. Kleine Pufferzeiten werden eingesetzt, wenn der zweite Zug erheblich langsamer ist oder erst anfährt.

Je zuverlässiger und stabiler das System ist und somit auch die Betriebsqualität, desto weniger Verspätungen treten auf. [3]

Die Pufferzeiten können auch als Reserven der Fahrplankonstruktion angesehen werden und daher ergeben sich zwei verschiedene Fahrweisen [5]:

straffe Fahrweise: während der kürzest möglichen Fahrzeit wird die Höchstgeschwindigkeit so gut wie möglich ausgenutzt und die maximale Zugkraft für die Beschleunigung verwendet. Der Bremsvorgang wird mit einer vorgeschriebenen, konstanten

Bremsverzögerung beschrieben. Bei der straffen Fahrweisen wird auch von der Sollgeschwindigkeit gesprochen.

energiesparende Fahrweise: die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit ist kleiner als die zulässige Höchstgeschwindigkeit und somit kann mit reduzierter bzw. vollständig ausgeschalteten Antriebskräften gefahren werden. Aufgrund der komplexen Berechnung der Randbedingung ist hierfür allerdings ein geeigneter Bordrechner im Triebfahrzeug notwendig.

2.3 Wartezeiten

Wartezeiten werden vom Fahrgast oftmals mit Verspätungen gleichgesetzt, auch wenn sie aus betrieblichen Gründen notwendig sind. Beispielsweise beinhaltet der Fahrplan folgende geplante Wartezeiten [3]:

- Behinderungspunkte
- Kreuzungen
- Überholen lassen von schnelleren Zügen

Diese geplanten Wartezeiten sollen jedoch die erwartete Reisezeit des Fahrgastes nicht beeinflussen und auch dessen Anschlussmöglichkeiten nicht verhindern.

Die ungeplanten Wartezeiten zeichnen sich als Verspätungen aus, die die Reisezeit verlängern und dadurch nicht mehr einem integralen Taktfahrplan entsprechen. Zu diesen ungeplanten Wartezeiten gehören folgende Ereignisse [4]:

- Verkehrsunternehmerische Verspätungen: schadhafte Fahrzeuge, Abwarten von Anschlüssen, längere Einstiegszeit am Bahnhof, etc.
- Infrastrukturelle Verspätungen: Weichen- und Signalstörungen, Gleisschäden und Schäden der Stromversorgung, etc.
- Verspätungen aufgrund von höherer Gewalt: Unwetter, Schmierfilm auf Schienen, etc.
- vorhersehbare Verspätungen: Baustellen auf der Strecke, Baureihenausfall, etc.

Vor allem die ungeplanten Wartezeiten können durch die Pufferzeiten zumindest weitestgehend eliminiert werden, weshalb auch sie die Betriebsqualität der Bahn beschreiben. In dieser Diplomarbeit liegt das Hauptaugenmerk auf der verkehrsunternehmerischen Verspätung der längeren Einstiegszeit am Bahnhof. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen Vorschläge zur Optimierung des Fahrgastwechsels bringen.

2.4 Übergangszeit

Die Übergangszeit beinhaltet die Zeit, die für den Fahrgastwechsel bzw. Personalwechsel notwendig ist. Sie besitzt ebenfalls eine Übergangspufferzeit, welche für Folgeverspätungen aufgebraucht werden kann.[3]

Wie sich die Übergangszeit bezogen auf den Fahrgastwechsel zusammen setzt, wird im Abschnitt 4.5 auf Seite 21 beschrieben.

2.5 Synchronisationszeit

Zur verkehrlichen Abstimmung mehrerer Züge wird eine Synchronisationszeit in den Fahrplan integriert, welche dann auch für Anschlussmöglichkeiten oder Anpassungen an einen Taktfahrplan verwendet werden kann. [3]

2.6 Energieverbrauch - Energie sparen

In Deutschland wurde 1994 eine Senkung des spezifischen Energieverbrauches um 25% weniger als im Jahre 1990 beschlossen. Dieses Ziel wurde 2005 eingehalten.

Auf der Strecke von Hamburg nach Berlin benötigt ein ICE nur die halbe Zeit eines Autos und fährt pro Person mit nur einem Drittel Energieverbrauch des Autos. [6]

Es ist zu erkennen, dass die Bahn in den letzten Jahren ihr Umweltbewusstsein stark geändert hat und trotzdem nicht auf den Komfort der Fahrgäste und eine kurze Reisezeit verzichtet.

Energiesparende Fahrweise der DB[7]

Die Deutsche Bahn hat schon einen Versuch mit einem neuartigen System namens "Energiesparende Fahrweise" (ESF) als Pilotprogramm durchgeführt. Fahrzeuge der ICE1-Flotte wurden mit einem neuen Bordcomputer ausgestattet, welcher unter Berücksichtigung der Streckendaten, wie Neigungen, Bogenradien und Entfernungen zu den nächsten Halten und den Zugeigenschaften, wie Gesamtmasse, Fahrgeschwindigkeit und Länge, die erforderlichen Randbedingungen für eine energiesparende Fahrweise kalkuliert. Etliche Widerstände, die die Fahrdynamik des Zuges beeinflussen, werden automatisch berechnet. Der Computer gibt dem Triebfahrzeugführer an, ob bzw. mit wieviel Antriebskraft zu fahren ist. Dies führt dazu, dass auf Strecken mit Gefälle auf die Antriebskraft verzichtet werden kann. Daraus resultiert ein geringerer Energieverbrauch auf der Strecke, ohne die Pünktlichkeit zu gefährden, da der Computer auch die Entfernung und die Ankunftszeit bei seinen Berechnungen immer als Randbedingungen mit einbezieht.

Machbarkeitsstudie PEFIS [14]

In einer vom BMVIT¹ geförderten Machbarkeitsstudie namens PEFIS werden von den ÖBB in Kooperation mit der TU-Wien und arsenal research Potenziale zur energiesparenden Fahrweise im S-Bahn-Verkehr aufgezeigt. Hauptaugenmerk liegt bei PEFIS auf der Fahrgastwechselzeit, die im Fahrplan als konstante Zeit berücksichtigt wird, die aber im Laufe des Tages schwankt. Kürzere Haltezeiten können für ein langsamerer fahren gewählt werden. Die Fahrgastwechselzeit wurde auf der Wiener Vorortlinie S45 ermittelt und anschließend in ein Simulationsprogramm eingegeben, um die Reservezeit aufgrund kürzerer Stationsaufenthaltszeiten für eine umweltbewusste Fahrweise zu ermitteln.

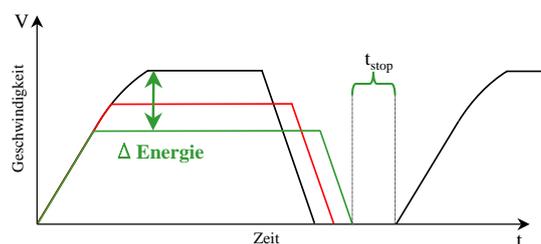


Abbildung 2.1: Mögliche Reduzierung des Energieverbrauchs durch Verkürzung der Haltezeit [15]

¹BMVIT ... Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Die rote Linie in Abb. 2.1 auf der vorherigen Seite zeigt die mögliche geringere Geschwindigkeit aufgrund der Beachtung der tatsächlichen Haltezeit in der Station und die damit verbundenen Einsparungspotenziale. Die grüne Linie weist auf weitere Möglichkeiten zur Energiereduzierung durch zusätzliche Verkürzung der Haltezeit hin.

RENFE tauscht den AVE 100 gegen den AVE 104 [25]

Die spanischen Staatsbahnen fuhren bis 2005 auf der Strecke von Madrid über Ciudad Real nach Puertollano mit der AVE Klasse 100, ein Hochgeschwindigkeitszug, der auf freier Strecke mit 300km/h fährt und nur eine Tür pro Waggon besitzt. Die Dauer des Fahrgastwechsel in Ciudad Real liegt zwischen vier und fünf Minuten.

2005 kaufte RENFE 20 neue AVE 104, welche eine Weiterentwicklung des Pendelino sind. Die Fahrgastwechselzeit ist wegen der höheren Anzahl der Einstiegstüren beim AVE 104 auf zwei bis drei Minuten gesunken und da diese Baureihe ein Mittelstreckenfahrzeug ist, wird mit nur 250 km/h auf der Hochgeschwindigkeitstrasse gefahren. Trotz alle dem beträgt die Zeitdifferenz nur eine Minute, da aufgrund des schnelleren Fahrgastwechsel die energiesparende Fahrweise kaum einen Einfluss auf den Fahrplan hat.

Wie diese drei Konzepte zeigen, kann mit einer geschwindigkeitsbewussten Fahrweise Energie und damit auch Geld gespart werden, ohne die Reisezeit zu verlängern. Weiters kann der Verschleiß reduziert, die Strecken- und Knotenleistungsfähigkeit erhöht, eine Lärmreduzierung erzielt und der Triebführer entlastet werden. [8]

Um diese Vorteile nutzen zu können, müssen Zeiteinsparungen bei der Haltezeit stattfinden. Mit einer optimalen Fahrzeuggestaltung, die auch ein schnelles Verstauen des Gepäcks ermöglicht, kann die Fahrgastwechselzeit verringert und an die Pufferzeiten angehängt werden, wodurch eine energiesparendere Fahrweise ermöglicht wird.

Kapitel 3

Methode

3.1 Literaturrecherchen

Das Thema Fahrgastwechsel wurde in der Literatur bis jetzt nur in geringem Umfang erfasst, insbesondere mit der Relevanz für den Bereich Fernverkehr. U. WEIDMANNs Dissertation [9] beschreibt die theoretischen Grundlagen zum Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr. Obwohl sich die Dissertation auf den Nahverkehr stützt, können Teile der Theorien auf den Fernverkehr umgelegt werden. In der Dissertation von B. RÜGER [10] wird unter anderem der Einfluss von Reisegepäck auf den Fahrgastwechsel beschrieben. W. HEINZ [11] hatte die gleiche Vorgehensweise zur Untersuchung des Fahrgastwechsels, wie in dieser Diplomarbeit beschrieben, jedoch liefern ihre Ergebnisse Vorschläge zur Modellbildung für den Fahrgaststrom und deren Vorhersagen sowohl für den Fern- als auch Nahverkehr. Diverse Fachzeitschriften liefern Informationen über Teilgebiete der Thematik, jedoch ist noch kein Werk bekannt, welches sich mit der quantitativen Erfassung der Fahrgastwechselzeit und deren Auswirkung auf die Fahrweise im Eisenbahnfernverkehr umfangreich befasst.

3.2 Internetrecherchen

Auch die Internetrecherche ergibt keine relevanten Ergebnisse bezüglich der Fahrgastwechselzeit. Für technische Fragen wie zur Fahrzeuggestaltung einiger untersuchter Wagentypen ist das Internet hilfreich.

3.3 Eigene Datenerhebung

Aufgrund des geringen Umfangs an Daten waren eigene Erhebungen notwendig, welche während der Sommermonate 2007 durchgeführt wurden. Hierfür wurden Bahnhöfe in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich ausgewählt um eine ausreichende Datenvielfalt zu ermöglichen.

Die Datenerhebung erfolgte durch Videoaufnahmen auf ausgesuchten Bahnhöfen, die danach EDV-mäßig verarbeitet und statistisch ausgewertet wurden. In der Schweiz wurde am Hauptbahnhof Zürich sowie am Bahnhof Flughafen-Zürich und Hauptbahnhof Bern gefilmt, in Deutschland wurden die Bahnhöfe Frankfurt Flughafen, Hauptbahnhof Köln, Hauptbahnhof Hannover und Hauptbahnhof Hamburg ausgewählt und in Österreich wurden die Erhebungen am Hauptbahnhof Innsbruck durchgeführt. Für die Videoaufnahmen waren in allen Städten Genehmigungen notwendig und vorhanden.¹

Die Aufnahmen wurden vom Bahnsteig aus oder einem höher liegendem Punkt gemacht. Aus den Filmen lassen sich die exakten Ein- und Ausstiegszeiten der Reisenden - auf 1/10 Sekunden genau - in Abhängigkeit von der jeweiligen Einstiegssituation und des mitgeführten Gepäcks erfassen. Weiters sind präzise Informationen über sich bildende Rückstaus enthalten.

Die Auswertungen sind mit Hilfe des SPSS-Statistikprogrammes durchgeführt und sie wurden auf ihre Signifikanz überprüft.

Es wurden ungefähr 7400 einsteigende Fahrgäste und 3800 aussteigende Fahrgäste gefilmt und gezählt. Weiters wurden Daten über ca. 1400 einsteigende und 700 aussteigende Passagiere aus einer früheren Erhebung (2003) von Bernhard RÜGER in die Auswertungen mit einbezogen.

Insgesamt wurden 18 Fahrzeugtypen erfasst, wobei diese zwecks Übersichtlichkeit in weiterer Folge zusammen geclustert werden. Bei der EDV-mäßigen Bearbeitung wurde das Alter, die Gepäckmitnahme und die benötigte Zeit für den Vorgang erfasst.

¹SBB - Hauptbahnhof Bern - Abteilung Zentralbereich Kommunikation; Monika Zahner
SBB - Hauptbahnhof Zürich - Immobilien RailCity; Olivia Elsener
DB - Frankfurt Flughafen, Köln, Hannover und Hamburg - Medienbetreuung Fernsehen; Kurt Bingel
ÖBB - Innsbruck - ÖBB Betrieb AG; Herbert Knoedl

Kapitel 4

Grundlagen des Fahrgastwechsels

Die maßgeblichen Einflussfaktoren für die Fahrgastwechselzeit sind der Fahrgast, sein Gepäck, das Fahrzeug und der Bahnhof, auf dem der Wechsel stattfindet. In den folgenden Unterkapiteln werden diese Größen näher beschrieben und definiert.

4.1 Der Fahrgast

Der Fahrgast wird durch drei wesentliche Merkmale beschrieben; dem Alter, dem Geschlecht und etwaigen Mobilitätseinschränkungen.

In Abb. 4.1 auf der nächsten Seite ist zu erkennen, wie die Leistungsfähigkeit des Menschen im Alter abnimmt. Die STATISTIK AUSTRIA verzeichnet nicht nur einen Bevölkerungszuwachs, sondern auch eine erhebliche Änderung der Altersstruktur. Während der Anteil der 60+ Generation stetig wächst, nimmt die Anzahl der Jugendlichen unter 15 Jahren leicht ab [16]. Somit muss auch in der Verkehrsplanung mehr Rücksicht auf ältere Menschen und deren Mobilitätseinschränkungen genommen werden.

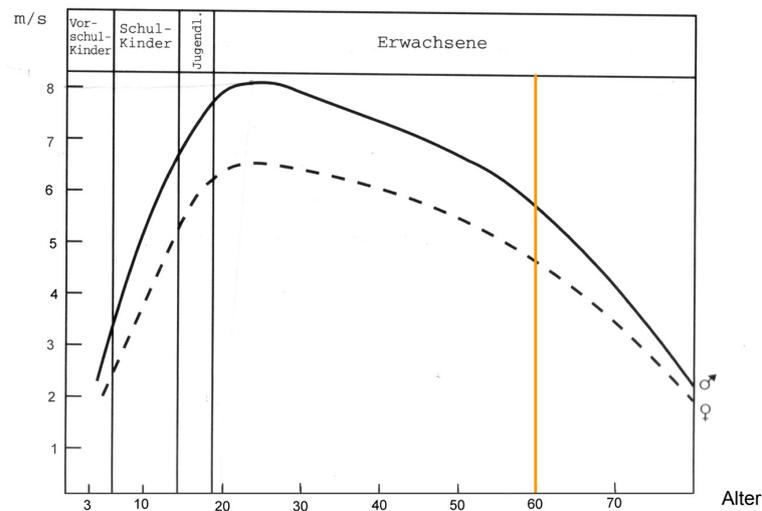


Abbildung 4.1: Leistungs-fähigkeit des Menschen bezogen auf das Alter am Beispiel der möglichen Fortbewegungsgeschwindigkeit [17]

Für die Auswertung der erhobenen Daten werden die Fahrgäste getrennt nach ihrem Geschlecht erfasst und auch das Alter subjektiv eingeschätzt. Folgende Altersklassen werden für diese Arbeit definiert:

- Kinder 0-10 Jahre
- Jugendliche 10-20 Jahre
- Erwachsene 20-40 Jahre bzw. 40-65 Jahre
- ältere Menschen >65 Jahre

Aufgrund des teilweise ähnlichen Verhaltens der Fahrgäste scheint es sinnvoll, die Alterskategorien im Zuge der Auswertungen zu neuen Klassen zusammen zu fassen.

Die Mobilitätseinschränkungen lassen sich in folgende drei Gruppen einteilen [9, 10],[10]:

Reisebehinderungen: das häufigste Vorkommen der Behinderung im Bahnverkehr durch Gepäck, Orts- und Systemunkundigkeit.

eigentliche Behinderungen: sind individuelle Einschränkungen der Funktionen des Menschen, verursacht durch eine Krankheit, einen Unfall oder von Geburt an. Darunter fallen körper-, seh-, hör- und geistig behinderte Menschen, die beim Einsteigen häufig Hilfe benötigen.

Altersbehinderungen: sind individuelle Einschränkungen der Funktion des Menschen aufgrund des Alters. Zu dieser Kategorie gehören jedoch nicht nur alte Menschen, sondern auch Kinder, da wegen ihrer Körpergröße gewisse Höhenunterschiede nicht ohne Hilfe überwinden können.

Diese drei Gruppen haben einen großen Einfluss auf die Haltezeit. Ein barrierefreier Einstieg ist somit für alle von Vorteil. Die TSI PRM¹ unterscheidet zwischen Rollstuhlfahrer-Einstieg (pro Zug und Seite) und dem regulären Einstiegen. Meist ist der Rollstuhlfahrer-Einstieg, vor allem im Fernverkehr nicht ohne personelle Hilfe ausführbar, da dieser entweder Rampen oder Hebebühnen voraussetzt [18].

4.2 Das Gepäck

Beim Gepäck der Fahrgäste wird nach Art und Größe, sowie nach der Art des Tragens unterschieden:

- Art des Gepäcks: Koffer, Trolley, Reisetasche, Rucksack, Handgepäck, Sonstiges
- Größe des Gepäcks: groß - mittel - klein
- Art des Tragens: umgehängt - in der Hand

Zwecks Übersichtlichkeit werden teilweise Gepäcksarten, die ein ähnliches Verhalten hervorrufen, zusammengefasst.

4.3 Das Fahrzeug

Die Datenerhebungen wurden in Österreich, Deutschland und der Schweiz durchgeführt und bieten somit eine Vielfalt an Fahrzeugtypen. Abb. 4.2 auf der nächsten Seite und 4.3 auf der nächsten Seite zeigen zu welchen Anteilen die Einstiege der unterschiedlichen Wagengattungen erhoben wurden.

¹TSI PRM ... Technical Specification for Interoperability for Conventional Rail, Aspect: People with Reduced Mobility (AEIF-Arbeitsentwurf, Stand 11.11.2005)

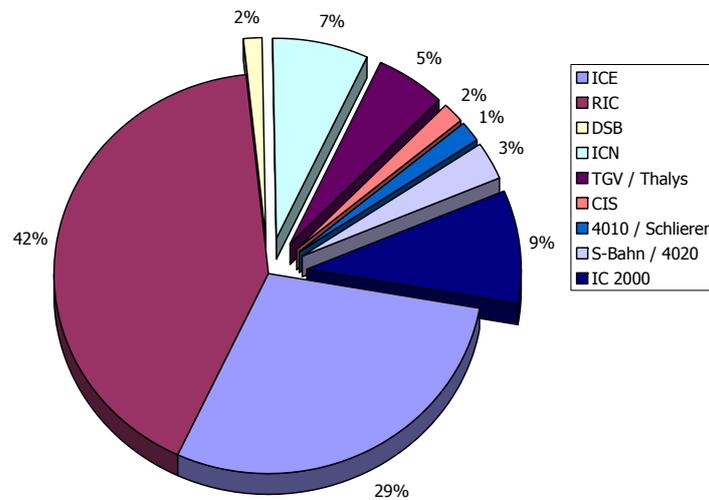


Abbildung 4.2: Verteilung der erhobenen Waggontypen bezüglich der Einstiegsvorgänge [19]

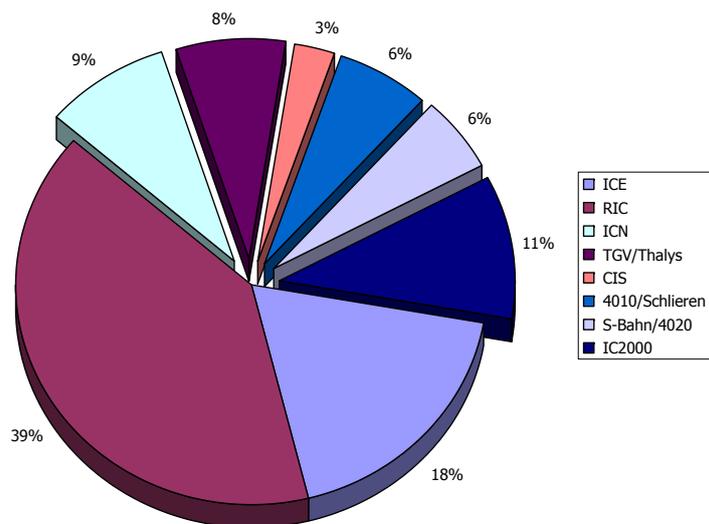


Abbildung 4.3: Verteilung der erhobenen Waggontypen bezüglich der Ausstiegsvorgänge [19]

Es sind bei den Ausstiegsvorgängen weniger Fahrzeugtypen erfasst worden als bei den Einstiegsvorgängen, das resultiert daraus, dass meist auf sehr großen Bahnhöfen erhoben wurde, auf denen manche ausländische Bahnbetreiber ihren End- bzw. Anfangsbahnhof haben².

²DSB und TGV

Fahrzeuge in österreichischen Bahnhöfen

Bei den ÖBB-Fahrzeugen wurden 2. Klasse Großraum- und Abteilwagen erfasst³. Bis auf die so genannten Schlierenwagen gehören alle anderen Typen der RIC-Gattung an. Bei einer Bahnsteigkante von 55cm über SOK müssen 3 Stufen überwunden werden. Weiters wurden auch italienische EuroCityZüge aufgenommen und ausgewertet⁴

Die ÖBB RIC Reisezugwagen haben alle eine lichte Türweite von 80cm, jedoch beträgt die Breite der innersten Stufe nur noch 65cm. Das Stufenverhältnis ist 23:20 [cm] = h:b, daraus ergibt sich ein Verhältnis von 1,15 : 1. Die Gangbreiten sind in den Großraumwagen nur 50cm und in den Abteilwagen zwischen 75-78cm breit.



Abbildung 4.4: rechts: RIC - Einstiegsituation links: Schlieren [10]

Fahrzeuge in deutschen Bahnhöfen

In Deutschland wurden alle ICE-Typen⁵, sowie die klassischen IC-Fahrzeuge⁶ und ausländische Fahrzeuge wie der IC3⁷ der DSB⁸, tschechische EuroCity-Züge und TGVs bzw. Thalys aufgenommen. Bei einem ICE sind bei einer Bahnsteighöhe von 55cm über SOK 3

³Typen:

Bmz 73 ... 2. Klasse Abteilwagen

Bpmz 73 ... 2. Klasse Großraumwagen mit 2 Fahrradhaken

Bmpz 70 ... 2. Klasse Großraumwagen "Modularwagen"

BDmpsz 73 ... 2. Klasse Großraumwagen, behindertengerecht und Gepäckabteil

Schlierenwagen

⁴FS ... 2. Klasse Abteilwagen

⁵ICE 1 alt; ICE 1 neu; ICE 2; ICE 3; ICE-T

⁶Avmz ... 1. Klasse Abteilwagen; Apmz ... 1. Klasse Großraumwagen; ARkimbz ... BordBistro-Wagen kombiniert mit 1. Klasse; Bvmsz ... 2. Klasse Servicewagen (Großraum- und Abteilwagen); Bpmbz ... 2. Klasse Großraumwagen behindertengerecht; Bpmz ... 2. Klasse Großraumwagen; Bpmbdzf ... 2. Klasse Sommerausstattung mit 16 Fahrradabstellplätzen, behindertengerecht; Bim ... 2. Klasse Mischbauweise; Bimdz ... 2. Klasse mit 8 Fahrradstellplätzen

⁷1. und 2. Klasse

⁸Danske Statsbaner / Dänische Staatsbahnen

Stufen zu überwinden. Da in Deutschland beim Fernverkehr die Bahnsteige im Regelfall 76cm über der SOK liegen, sind nur 2 Stufen zu überwinden. Dies gilt zwar auch für die RIC-Waggons, jedoch ergibt sich aufgrund des flacheren Stufenneigungsverhältnisses bei ICE ein bequemerer Einstieg.

Die Türbreiten der ICEs liegen bei 90cm und das Stufenverhältnis ist 21:23 [cm] = h:b, daraus ergibt sich ein flacheres Verhältnis als bei RIC-Einstiegen. Aufgrund dessen, dass die RIC-Waggons für eine Bahnsteighöhe mit 55cm über SOK konzipiert wurden, ergibt sich bei einer Bahnsteigkante von 76cm ein Spalt zwischen erster Stufe und Bahnsteigrand. (siehe Abb. 4.5) Die Gangbreiten der ICE 1 schwanken zwischen 64-85cm; bei ICE 2 sind es 54cm (2.Klasse) bis 76cm (1.Klasse); die ICE 3 weisen Breiten von 70-77cm und die ICE Ts befinden sich bei 55-64cm. Die der ICs reichen in der 1. Klasse von 57,9-94,2cm und in der 2. Klasse von 53,5-77,8cm.



Abbildung 4.5: links: IC der DB; Mitte: ICE; rechts: TGV [19]

Fahrzeuge in schweizer Bahnhöfen

In Zürich wurden sowohl IC2000, ICNs, die Einheitswagen EW IV der schweizerischen Bundesbahnen, sowie CISalpinos, TGVs und ICEs aufgenommen. Die IC2000 sind seit Mai 1997 im Einsatz und zeichnen sich vor allem durch ihren niveaufreien Ein- und Ausstieg bei Bahnsteigkanten der Höhe 55cm über SOK aus. Die Doppelstockwaggons besitzen einflügelige Außenschwenschiebetüren mit automatischer Öffnung und Schließung. Die lichte Türweite beträgt 140cm und die lichte Höhe 195cm. Ein Schiebetritt mit 10cm Länge reduziert die Spaltbreite zwischen Bahnsteig und Fahrzeug. Die Gangbreiten bewegen sich zwischen 50cm (2.Klasse) und 75cm (1.Klasse).

Seit 1999 sind die ICN der SBB im Einsatz. Bei einer Bahnsteighöhe von 55cm über SOK weist der ICN eine Stufenanzahl von drei auf. Die lichten Türbreiten sind mit 80cm bemessen.

Beim Einheitswagen der SBB, dem EW IV, haben die Außentüren eine Breite von 80cm und die Innentüren von 67-80cm. Die Gangbreiten bieten einen Spielraum von 52,1cm (2.Klasse) und 66,5cm (1.Klasse) und die Stufenanzahl bei einer Bahnsteigkante mit 55cm über SOK beträgt drei.



Abbildung 4.6: von links nach rechts: IC2000; ICN; SBB-EW IV; CIS [19]

Die CISalpini sind seit 1996 auf der Strecke Mailand-Genf und Mailand-Basel im Einsatz und seit 1997 Mailand-Zürich. Eine gesamte Zugfolge besteht aus zwei Triebköpfen und sieben Mittelwagen, wobei eine Gesamtlänge von 236,6m zustande kommt. Der Zug setzt sich aus drei 1. Klasse-Wagen, fünf 2. Klasse-Wagen und einem Restaurantwagen zusammen und bietet insgesamt 151 Sitzplätze in der 1. Klasse, 322 Sitzplätze in der 2. Klasse und 24 Sitzplätze im Restaurant an [21]. Bei der Datenerhebung wurden nur CISalpini der Baureihe ETR 470, speziell die Wagentypen BB und BAC der 2. Klasse, aufgenommen. Die Türbreiten sind 75cm und die Gänge haben eine Breite von 45cm.

4.4 Der Bahnhof

Es kann in grundsätzlich zwei Typen von Personenbahnhöfen - den Kopf- und Durchgangsbahnhof - unterschieden werden.

Der Kopfbahnhof bietet den Fahrgästen ein niveaufreies Umsteigen und ist meist nahe dem Stadtzentrum angesiedelt.

Beim Durchgangsbahnhof ist ein Wechsel der Fahrtrichtung, sowie ein "Umfahren" der Stadt nicht notwendig, da er von beiden Seiten zugänglich ist. Die Fahrgäste müssen jedoch häufig die Gleisebene verlassen um umzusteigen oder um den Bahnhof zu verlassen.[4]

Weiters hat die Verteilung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig eine erhebliche Auswirkung auf die Fahrgastwechselzeit. Wie schon B. RÜGER und A. SCHÖBEL bemerken, wirkt sich eine ausgewogene Verteilung der Sitzplatzreservierung positiv auf die Wechselzeit aus [22]. Prinzipiell können sich vier Verteilungsfunktionen am Bahnsteig abzeichnen [11].

Gleichmäßige Verteilung: ist eher eine ungewöhnliche Verteilung; entsteht wenn der Bahnsteig seine Kapazität erreicht bzw. die Sitzplatzreservierung gleichmäßig entlang des Zuges verteilt werden.

Glockenförmige Verteilung: die Fahrgäste beziehen sich auf einen zentralen Punkt am Bahnsteig aufgrund von Sicherheitsgefühl und / oder Wartemöglichkeiten.

Einseitige Verteilung: entsteht häufig bei Kopfbahnhöfen, da die Fahrgäste aus einer Richtung kommen

Zweiseitige Verteilung: ist vor allem dann vorhanden, wenn ein Bahnsteig von zwei Seiten gut zugänglich ist - Durchgangsbahnhof.

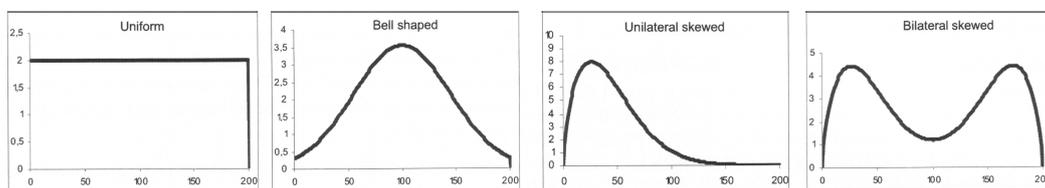


Abbildung 4.7: Fahrgastverteilung auf einem Bahnsteig [11]

Die erhobenen Bahnhöfe

Innsbruck Hauptbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 55cm über SOK. Auf den Bahnsteigen gibt es bis auf die zwei Stiegen, die den Fahrgast zu anderen Bahnsteigen oder aus dem Bahnhof hinaus führen und Sitzgelegenheiten keine Hindernisse.

Zürich Hauptbahnhof: ist ein Kopfbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 55cm über SOK. Im vorderen Bereich der Bahnsteige sind Sitzgelegenheiten und Steher der Dachkonstruktion, im Hinteren, freien Bereich kommt eine Stiege als Hindernis zum Tragen.

Bern Hauptbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 38cm über SOK. Auch hier sind nur die Zu- bzw. Abgänge vom Bahnsteig als Hindernis zu definieren.

Bahnhof Zürich Flughafen: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 55cm über SOK. Zwei Stiegenaufgänge reduzieren die Bahnsteigbreite.

Flughafen Frankfurt Fernbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 76cm über SOK. Die Stiegen und das Diensthäuschen des Fahrdienstleiters stellen einen Hindernisfaktor dar.

Köln Hauptbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 76cm über SOK. Neben den Stiegenauf- und -abgängen sind auch noch Lichtschächte auf den Bahnsteigen situiert, welche die Bahnsteigbreite schmälern und somit ein weiteres Hindernis darstellen.

Hannover Hauptbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 76cm über SOK. Die Bahnsteige werden von Zu- und Abgängen eingeengt.

Hamburg Hauptbahnhof: ist ein Durchgangsbahnhof mit Bahnsteigkantenhöhe von 76cm über SOK. Sowohl Stiegenaufgänge als auch Diensthäuschen der Fahrdienstleitung verringern die Breite des Bahnsteigs.

4.5 Die Haltezeit

Die Fahrgastwechselzeit ist vollständig in der Haltezeit integriert und dient dem Aus- und Einsteigen der Fahrgäste. Grob zusammengefasst setzt sich die Haltezeit aus folgenden abhängigen Teilprozessen zusammen:

- Öffnen der Tür
- Fahrgastwechsel
- Schließen der Tür
- Feststellen der Abfahrbereitschaft, Einleiten des Abfahrvorganges

Diese Teilprozesse lassen sich, wie in Abb. 4.8 ⁹dargestellt, feiner gliedern [9].

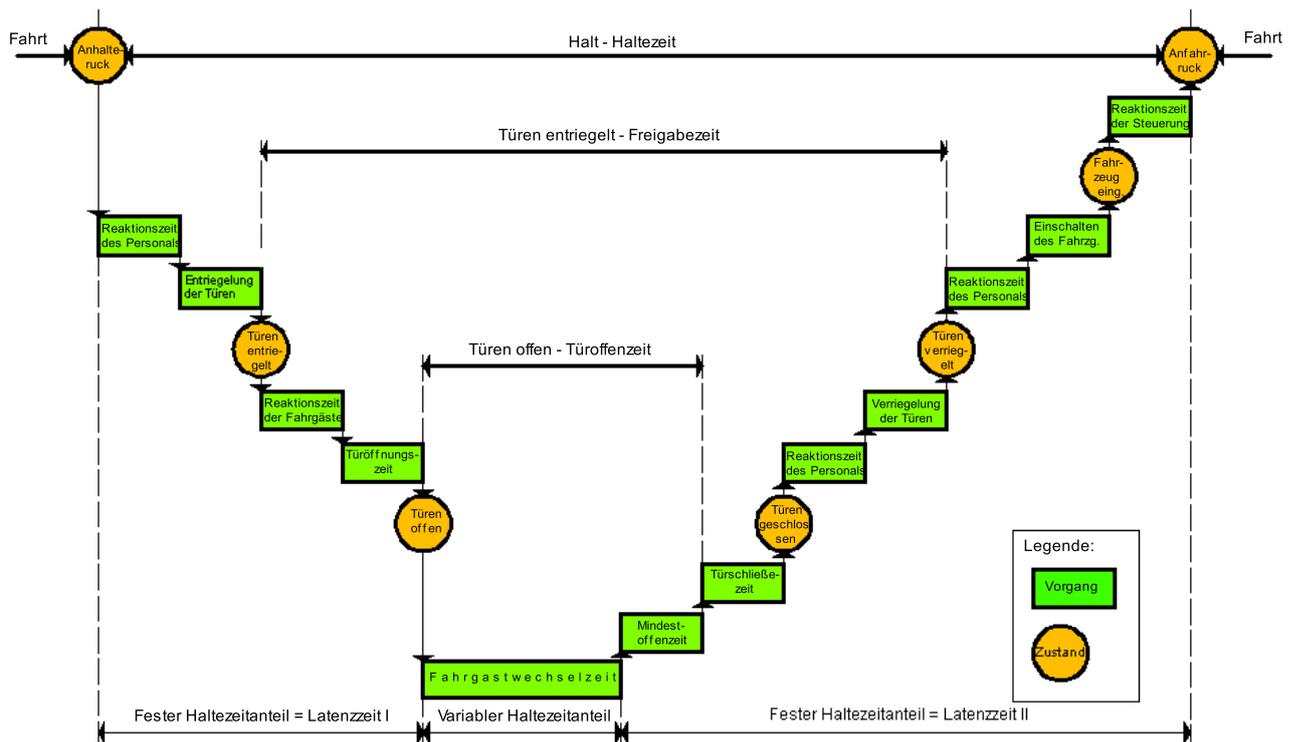


Abbildung 4.8: abhängige Prozesse der Haltezeit

⁹Grafik in Anlehnung an [9]

WEIDMANN [9] erklärt weiters, dass sich drei Betrachtungsstufen der Fahrgastwechselzeit unterscheiden lassen. Als erstes ist eine einzelne Tür zu betrachten, daraus folgend kann der ganze Kurs angeschaut werden und als Letztes bietet sich noch an die gesamte Fahrt zu überprüfen. Diese Diplomarbeit begrenzt sich auf die einzelne Tür. Es wird jedoch unterschieden zwischen dem Einzelein- bzw. -ausstieg¹⁰ und dem gesamten Ein- und Aussteigevorgang¹¹. Die Differenzierung der beiden Vorgänge soll zeigen, dass sich beim Einzelein- bzw. -ausstieg die Fahrzeuginnenraumgestaltung nicht sonderlich auf das Verhalten der Fahrgäste auswirkt, doch sehr wohl der Einstiegsbereich der Fahrzeuge. Der Einstiegsbereich umfasst die Türen, die Stufen und die Bahnsteigkante.

Beim gesamten Ein- bzw. Ausstieg wird die Qualität der Fahrzeuginnenraumgestaltung mit eingeschlossen, da diese eine erhebliche Wirkung auf den Rückstau hat. Bei beiden Abläufen werden auch die Charakteristika des Fahrgastes einbezogen, die sich auf das Alter und vor allem auf das Reisegepäck beziehen.

¹⁰Ein- und Ausstiegsverhalten der einzelnen Fahrgäste

¹¹Ein- und Ausstiegsverhalten aller Fahrgäste an einer Tür

Kapitel 5

Der Fahrgastwechsel an der Einzeltür

Das Gebot der Höflichkeit und eine logische Handlungsweise setzt voraus, dass die aussteigenden Fahrgäste den Einsteigenden nur dann Platz frei machen können, wenn diese ihren Vorgang als erstes abschließen können.

Der Ausstiegsvorgang benötigt meist weniger Zeit als der Einstiegsvorgang. Das liegt daran, dass die Fahrgäste oft schon vor der Ankunft mit ihrem Gepäck an der Türe oder im Gang stehen und somit die Wahl der Tür während der Fahrt treffen. Außerdem ist die Kapazitätenrestriktion auf dem Bahnsteig eine geringere als im Fahrzeug. Die Reisenden können sich schneller verteilen und schaffen somit schneller Platz für nachfolgende Aussteigende.

Die Einstiegszeit hängt vor allem von der Verteilung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig ab. Die einsteigenden Reisenden müssen sich auch für eine Tür entscheiden. Diese Entscheidungskriterien setzen sich unter anderem aus folgenden Punkten zusammen:

- Abmessungen des Bahnsteigs: Verteilung auf dem Bahnsteig
- Ausrüstung und Einbauten des Bahnsteigs: Warteflächen, Sitzmöglichkeiten, Kioske, etc.
- Waggonklasse bzw. Waggonnummer: ist ein Zugbildungsplan vorhanden, können sich die Fahrgäste danach richten.

5.1 Randbedingungen

Aufgrund der unterschiedlichen Datenmengen bezogen auf die Fahrzeuggestaltung (siehe dazu Abb. 4.2 auf Seite 15 und 4.3 auf Seite 15) unterliegen die Auswertungen der Einzelein- und -ausstiege gewissen Randbedingungen. Pro Fahrgastwechselfall werden für die Einzelauswertungen nur die ersten 15 Fahrgäste betrachtet, da bei dieser Anzahl die Rückstauwirkung noch nicht sehr ausgeprägt ist und somit Ergebnisse erhalten werden, die darauf schließen lassen, wie sich ein einzelner Fahrgast bei den diversen Einstiegstypen verhält.

Es werden nur Einzelzeiten zwischen 0,5-20 Sekunden berücksichtigt um extreme Ausreißer ausschließen zu können.

Bei manchen Vorgängen werden große Gepäckstücke und/oder die äußeren Altersgruppen ausgeschlossen.

Unter Berücksichtigung der Datenmenge wurden für diverse Fragestellungen folgende Referenzfahrzeuge gewählt:

- ICE - Bahnsteigkante 76cm
- RIC - Bahnsteigkante 55cm
- RIC - Bahnsteigkante 76cm (Beeinflussung des Spaltes auf das Fahrgastverhalten)
- IC2000 - Bahnsteigkante 55cm (niveaufreier Wechsel möglich)

Im Laufe diverser Auswertungen werden neue Cluster gebildet um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Die jedoch beziehen sich auf spezielle Ergebnisse und werden daher kurz vor Vorstellung des Ergebnisses erklärt.

In den weiteren Kapitel wird zuerst der Fahrgastwechsel an einer Einzeltür (Kapitel 5 auf der vorherigen Seite) und danach der Fahrgastwechsel in Abhängigkeit des Innendesigns (Kapitel 6 auf Seite 53) behandelt. In diesen Kapiteln werden sowohl der Aus- als auch der Einstieg vorgestellt und miteinander verglichen.

5.2 Der Parameter Alter

Die Auswertung des Fahrgastsalters zielt auf die Einzeltüre ab, wobei störende Einflussfaktoren, wie zu großes oder zu viel Gepäck, Rückstauwirkungen aufgrund des Fahrzeugsinnerens, etc. in eigenen Kapitel berücksichtigt werden und begrenzt sich auf die vier Referenzfahrzeuge (siehe dazu 5.1 auf der vorherigen Seite).

Die Abbildungen 5.1 und 5.2 zeigen den Zeitbedarf für den Fahrgastwechsel bezogen auf die fünf Altersgruppen (siehe dazu 4.1 auf Seite 12). Es ist bei allen Referenztypen sowohl beim Aus- als auch beim Einsteigen eine Zunahme des Zeitaufwandes bei den Kindern und bei den älteren Menschen bemerkbar, welche sich auf die Mobilitätseinschränkungen dieser Alterskategorien zurückführen lässt.

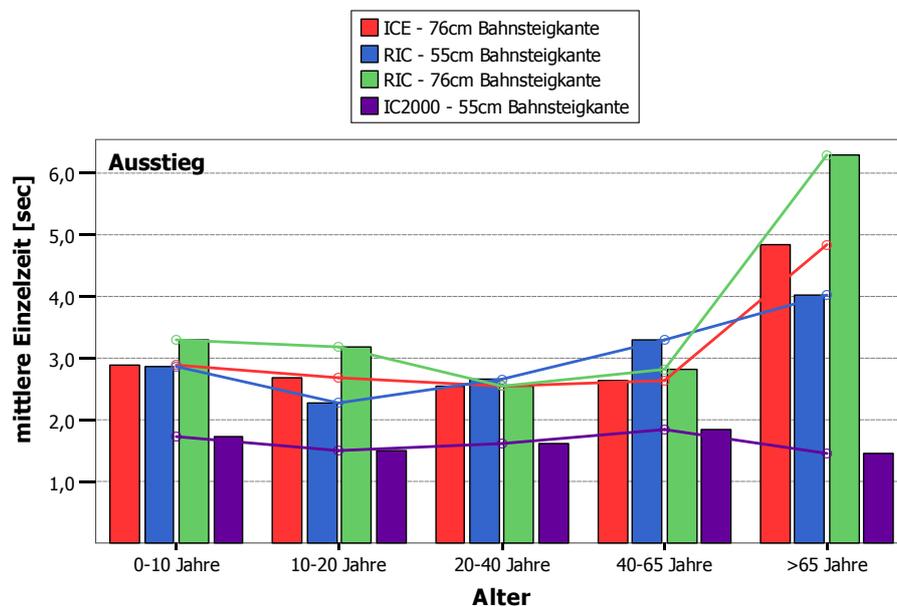


Abbildung 5.1: Einfluss des Alters auf den Zeitaufwand der Aussteigenden [19]
RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck

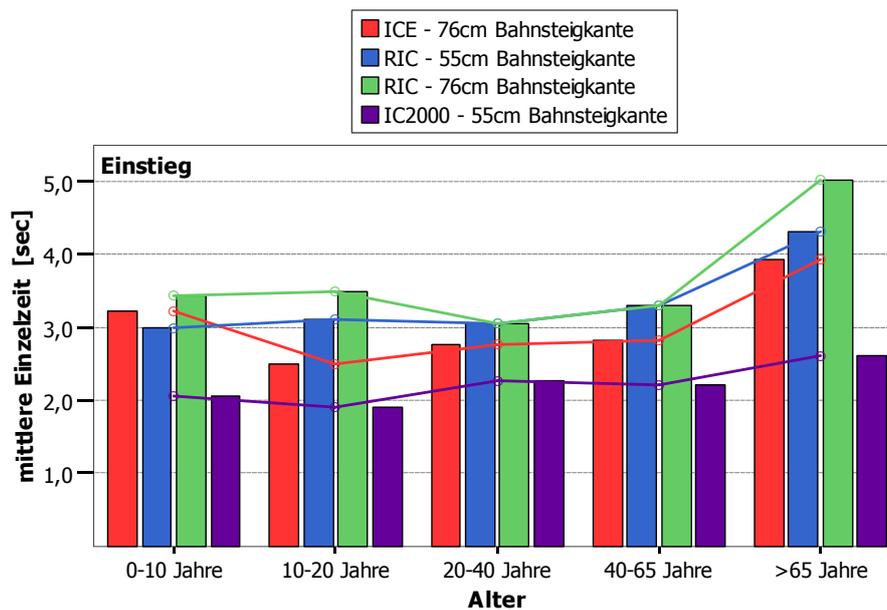


Abbildung 5.2: Einfluss des Alters auf den Zeitaufwand der Einsteigenden [19]
 RB: ohne bis gering hinderndes Gepäck

Prinzipiell ist ersichtlich, dass sich das Ausstiegs- und das Einstiegsverhalten ähnlich zu einander verhalten, daher beziehen sich die weiteren Erklärungen auf beide Vorgänge.

Es zeigt sich deutlich, dass der IC2000 mit seinem niveaugleichen Einstieg die beste Option bietet um schnell einzusteigen. Hier weisen alle Altersgruppen ein ähnliches Verhalten auf. Die ICEs an einem Bahnsteig von 76cm erlauben durchschnittlich einen schnelleren Fahrgastwechsel als die RIC-Waggonen. Das ist darauf zurückzuführen, dass die ICEs ein flacheres Stufenverhältnis und breitere Türen haben. Bei RIC-Wagen an Bahnsteigen mit 76cm Höhe kann daraus geschlossen werden, dass sich der Spalt zwischen Fahrzeug und Bahnsteigkante auf den Zeitaufwand auswirkt, dieses Verhalten wird in Abschnitt 5.5 auf Seite 44 erläutert.

Aufgrund des ähnlichen Zeitbedarfs der Altersgruppen 10-20 Jahre, 20-40 Jahre und 40-60 Jahre und zwecks besserer Übersicht, werden diese für weiter Auswertungen in einem neuen Cluster zusammengefasst.

5.3 Der Parameter Gepäck

Das Gepäck hat einen großen Einfluss auf das Ein- und Aussteigeverhalten. Bei zu viel und zu sperrigem Gepäck kann dieses bewegungseinschränkend wirken. Dadurch verlängert sich die Fahrgastwechselzeit.

Die Wahl des Gepäcks ist zwangsläufig mit dem Reisezweck verbunden, diese Zusammenhänge hat RÜGER [10] in seiner Dissertation gezeigt. Da in dieser Arbeit das Hauptaugenmerk auf dem Fernverkehr liegt, ist sehr häufig mittleres bis großes Gepäck vorhanden. In der folgenden Abb. 5.3 wird auf die Gepäckverteilung der Reisenden beim Fahrgastwechsel in Abhängigkeit deren Alters eingegangen.

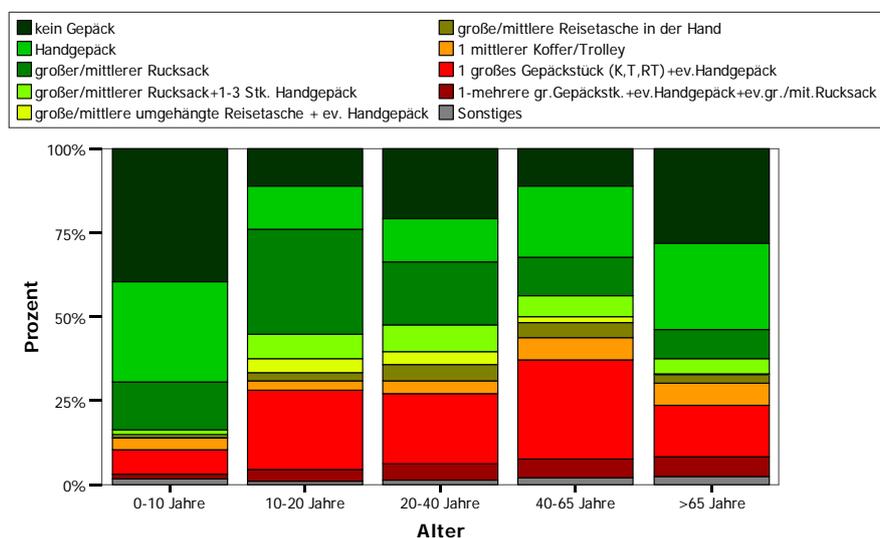


Abbildung 5.3: Gepäckaufteilung [19]

Es ist ersichtlich, dass Kinder von 0-10 Jahren vorzugsweise ohne bzw. mit nur wenig Gepäck einsteigen. Ein Rucksack eignet sich für Kinder insofern sehr gut, da er nicht ihre Bewegung einschränkt. Aufgrund eigener Beobachtungen kann darauf geschlossen werden, dass ältere Menschen Rucksäcke vor allem bei Wanderausflügen vorziehen.

Bei Jugendlichen und Erwachsenen dominiert vor allem der große bis mittlere Rucksack oder ein großes Gepäckstück (Koffer, Trolley, Reisetasche). Die Beobachtungen lassen auf die Annahme schließen, dass jüngere Erwachsene den Rucksack ebenfalls wegen der Bewegungsfreiheit dem Koffer oder Trolley vorziehen. Bei älteren Erwachsenen könnte der Gebrauch von Koffer und Trolleys auf die "Packgewohnheiten" zurück geführt werden,

der Rucksack wäre ihnen vermutlich zu "unordentlich". Auch RÜGER [10] zeigt, dass mit zunehmendem Alter vermehrt "klassische" Gepäckstücke wie Koffer, Trolleys oder Reisetaschen verwendet werden.

Die Boxplots-Darstellung zeigt nicht nur einen Wert, sondern fasst verschiedene zentrale Tendenzen zusammen. Die Box selber umfasst den Bereich von 25-75% der Fälle je Kategorie, in der Box liegt der Median, dessen Lage die Schiefe¹ angibt. Schlussendlich geben noch die zwei Extremwerte über die restlichen 90 Prozent Auskunft. Als Referenzalter wird sich in der Grafik 5.5 auf die Gruppe Jugendliche / Erwachsenen bezogen.

Beim Aussteigen ist die Stufenanzahl nicht so ausgeprägt dargestellt wie beim Einsteigen. Beim IC2000 hat die Gepäckgröße kaum einen Einfluss auf den Zeitbedarf der Aussteigenden. Aus einem ICE an einer Bahnsteigkante von 76cm wird weniger Zeit benötigt als aus RIC-Fahrzeugen. Fahrgästen mit größeren Gepäckstücken verhalten sich bei den konventionellen Zugarten in etwa gleich, dies zeigt die Lage des Medians.

Nur Reisende mit Reisetaschen scheinen die Stufenanzahl beim Aussteigen zu bemerken und benötigen mehr Zeit als die restlichen Passagiere.

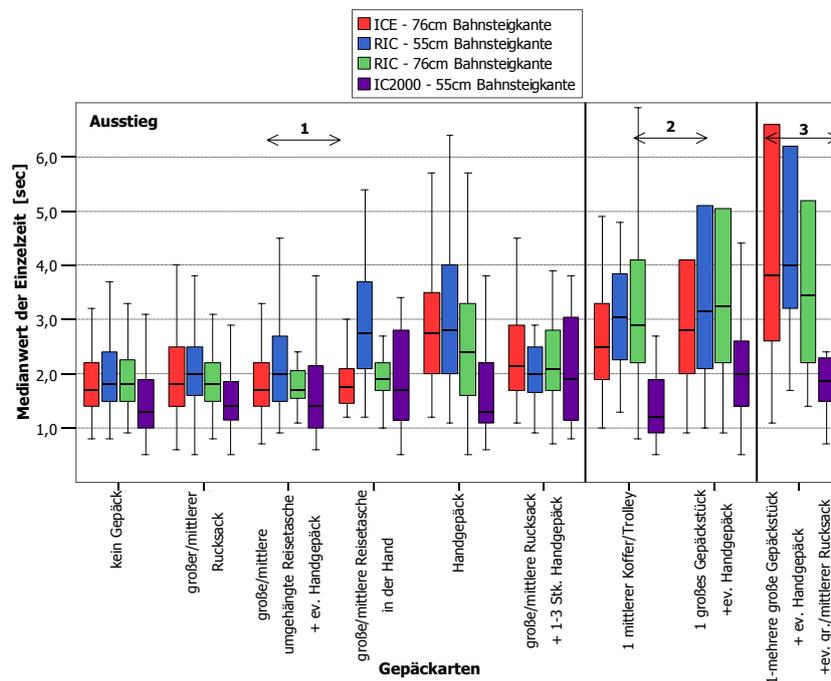


Abbildung 5.4: Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Referenzeinstiegstypen [19]

¹Neigungsstärke der statischen Verteilung [24]

Das Einstiegsverhalten bei IC2000-Fahrzeugen ist bei allen Gepäckarten sehr ähnlich, nur mit großen bzw. mehreren Gepäckstücken ist ein gering höherer Zeitaufwand der Fahrgäste erforderlich. Allerdings bleibt der Zeitbedarf der Reisenden bei IC2000-Wagen durchwegs unterhalb der Einstiegsmuster der restlichen Referenzfahrzeuge.

Das Einsteigen in einen ICE an einer Bahnsteigkante mit 76cm besitzt einen ansteigenden Zeitbedarf in Abhängigkeit der Gepäckmenge. Bei den RIC-Reisezügen benötigen die Fahrgäste mit mehr Gepäck einen erhöhten Zeitbedarf bezüglich der Stufenanzahl. Im Gegensatz dazu scheint die Spaltbildung nicht so einen ausgeprägten Einfluss auf das Verhalten der Jugendlichen / Erwachsenen zu nehmen. RIC-Wagen an einer Bahnsteigkante von 55cm erfordern drei Stufen, an einer 76cm hohen Bahnsteigkante nur zwei Stufen. Anhand der Abb. 5.5 ist zu erkennen, dass drei Höhenunterschiede sich vor allem bei größeren oder mehreren Gepäckstücken im Zeitbedarf auswirken.

Generell nimmt die Schiefe der Medianlage mit dem Gepäck zu, daraus folgt, dass mehr Gepäckstücke und -größen zu einem längeren Einstiegsvorgang führen.

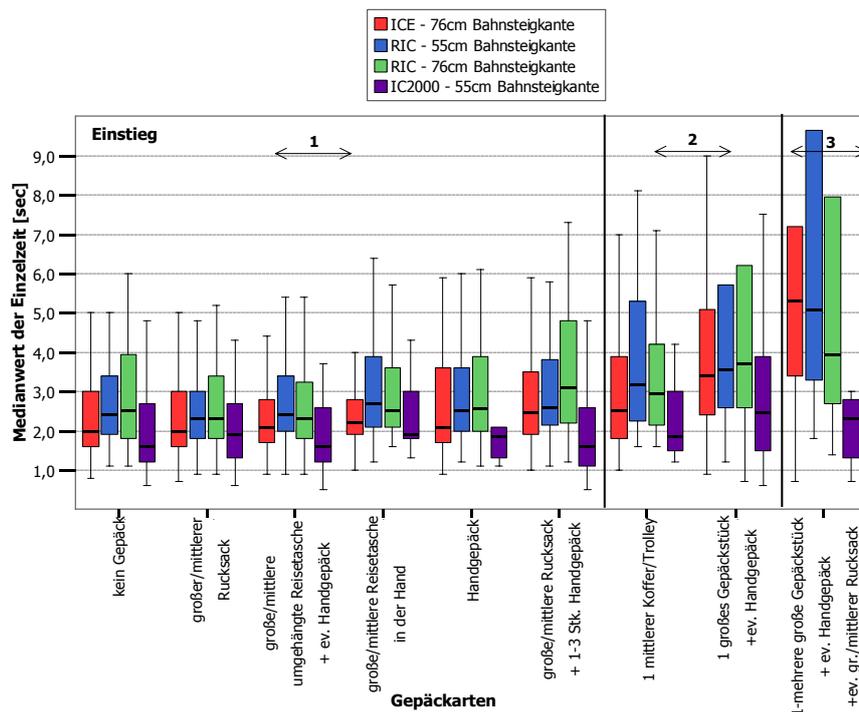


Abbildung 5.5: Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Referenzeinstiegstypen [19]

Es besteht eine ähnliche Proportionalität des Zeitbedarfs der Fahrgäste bezogen auf das

Gepäck zwischen den dargestellten Fahrzeugen. Der Zeitbedarf der Fahrgäste mit mittleren Trolleys/Koffer, einem großen Gepäckstück oder mehreren Gepäckstücken ist signifikant höher, als bei Fahrgästen mit den restlichen Gepäckarten. Dies erlaubt die Bildung eines neuen Gepäcksclusters. Einige Auswertungen werden mit folgenden geclusterten Gepäckarten durchgeführt:

- ohne oder nur gering behinderndes Gepäck
- ein großes Gepäckstück + ev. Handgepäck (darunter fällt aufgrund des ähnlichen Zeitaufwandes auch der mittlere Koffer/Trolley)
- ein oder mehrere große Gepäckstücke + ev. Handgepäck + ev. Rucksack

Wird der Zeitaufwand der Fahrgäste geschlechtsspezifisch und bezogen auf das Gepäck betrachtet, stellt sich heraus, dass keine relevanten Unterschiede vorhanden sind. Der Zeitbedarf von Mann und Frau unterscheidet sich nur bei mehreren großen Gepäckstücken, wobei in diesem Fall Frauen offensichtlich die größeren Schwierigkeiten haben als Männer. (Abb. 5.7 auf der nächsten Seite).

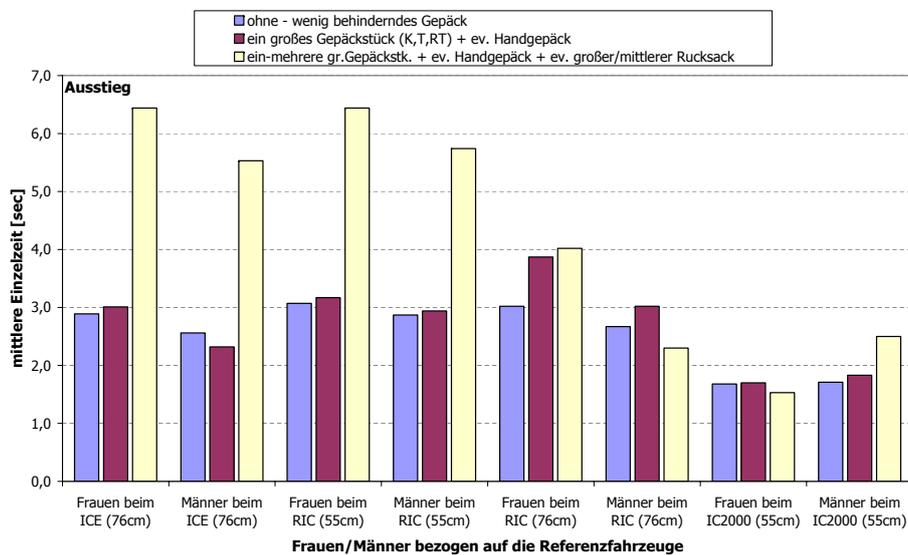


Abbildung 5.6: Mittlerer Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf das Gepäck und unterteilt nach dem Geschlecht [19]

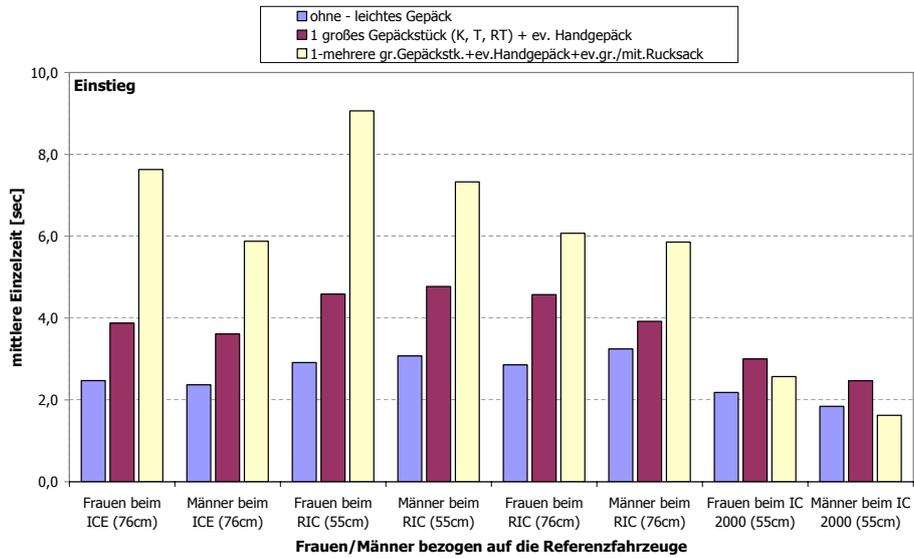


Abbildung 5.7: Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf das Gepäck und unterteilt nach dem Geschlecht [19]

5.4 Der Parameter Einstieg

Der Fahrzeugeinstieg beeinflusst die Haltezeit insofern, weil dieser, in Kombination mit der Bahnsteighöhe, positive oder auch negative Auswirkungen haben kann. Daher werden in dieser Arbeit nicht nur die verschiedenen Fahrzeuge auf ihrer Einstiegssituation untersucht, sondern diese auch kombiniert mit den drei Bahnsteighöhen (38cm, 55cm und 76cm) dargestellt.

Im günstigsten Fall wäre der Ein- oder auch Ausstieg der Reisenden in Form eines Gänsemarschs. Dies ergibt laut WEIDMANN [9] das einfachste Modell ohne Kapazitätenrestriktionen. Die Fahrgäste hätten untereinander die selbe Horizontalgeschwindigkeit und einen konstanten Horizontalabstand, so ließe sich die Fahrgastwechselzeit schnell berechnen. Dieses Idealbild widerspiegelt sich allerdings nicht im realen Fahrgastverhalten.

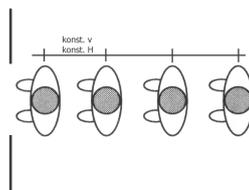


Abbildung 5.8: Fahrgastwechsellvorgang ohne Kapazitätenrestriktionen

Die folgende Abb. 5.11 zeigt alle Einstiegstypen bezogen auf das Alter Jugendliche / Erwachsene. Die 4010 / Schlieren wurden größtenteils im Regionalverkehr erhoben und weisen damit große Ähnlichkeit mit der S-Bahn auf. Im öffentlichen Personennahverkehr besitzt das Einsteigen andere Randbedingungen. Es fällt das große, sperrige Gepäck weg, die Leute fahren zur oder kommen von der Arbeit und haben es daher eiliger und, ein wichtiger Aspekt, sie wissen wo sie hin müssen. Dies erklärt, warum die 4010 / Schlieren bei der Altersgruppe Jugendliche / Erwachsene an erster Stelle stehen.

Bei den aussteigenden Fahrgästen ist zu verzeichnen, dass sie durchschnittlich einen geringeren Zeitbedarf beanspruchen als die einsteigenden Fahrgäste. Ein Vergleich der Abbildungen 5.9 und 5.11 zeigt, dass die kürzeste Einstiegszeit bei etwa 1,7 Sekunden und die kürzeste Ausstiegszeit bei ungefähr 1,4 Sekunden liegt, das sind etwa 20% Unterschied.

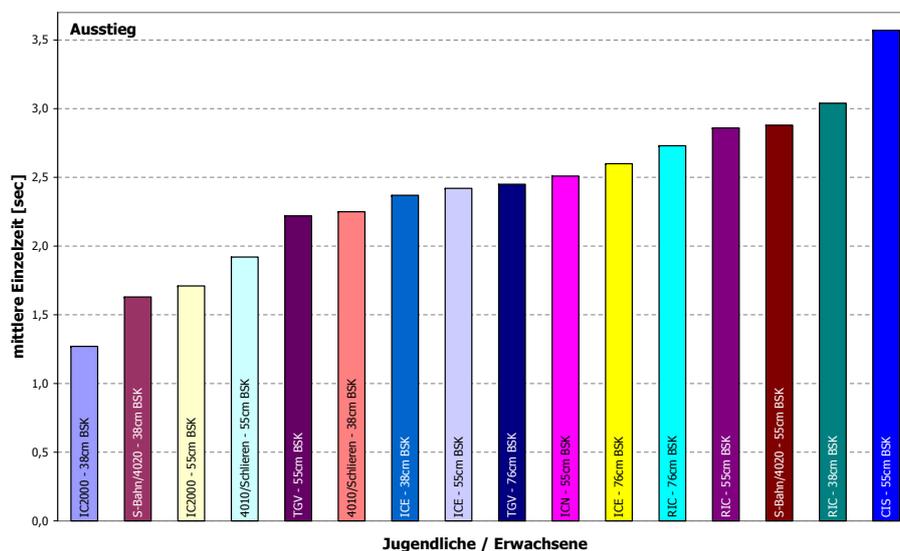


Abbildung 5.9: Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf die Einstiegstypen RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]

Es ist anscheinend generell so, dass die Stufenanzahl den Zeitbedarf der aussteigenden Reisenden nur im geringen Maße beeinflusst. Allerdings ist schon zu beachten, dass der Ausstiegsvorgang beim CIS an einer Bahnsteigkante von 55cm beinahe dreimal so lange dauert wie der Ausstiegsvorgang beim IC2000 an einer Bahnsteighöhe von 38cm.



Abbildung 5.10: ein- und aussteigende Fahrgäste bei einem IC2000 an einer Bahnsteigkante von 38cm [19]

Dass das Einsteigen beim IC2000 am 38cm hohem Bahnsteig geringfügig schneller abläuft, als am 55cm Bahnsteig, lässt sich damit begründen, dass sich diese Auswertung auf die Gepäckkategorie "ohne bis gering behinderndes Gepäck" bezieht und daher quasi gleiche Verhältnisse vorherrschen. Die Stufenhöhe beim IC2000 an einer 38cm hohen Bahnsteigkante beträgt lediglich 17cm und stellt somit keine große Hürde dar. Daher kann der ebene Einstieg mit einer Stufe praktisch gleich gesetzt werden.

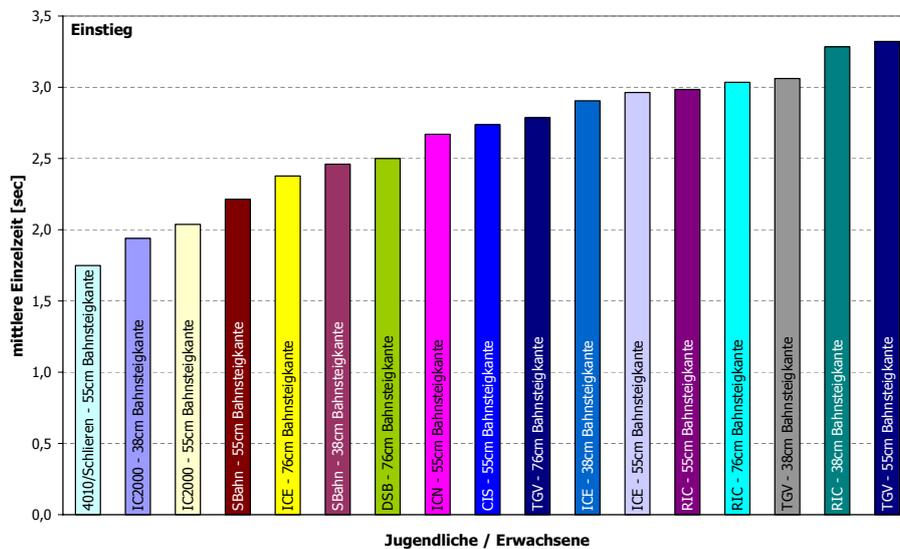


Abbildung 5.11: Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Einstiegstypen RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck[19]

Es ist aber auch gut erkennbar, dass von den konventionellen Fahrzeugtypen die ICEs am 76cm hohen Bahnsteig die besten Ergebnisse bezüglich des Zeitaufwandes ergeben. Daraus lässt sich schließen, dass das Einstiegskonzept der ICEs eine gute Lösung darstellt. Bei

den anderen Zugarten wirken sich die Proportionen von Bahnsteighöhe, erster Stufenhöhe, Stufenverhältnis und Türbreite offenbar ungünstiger aus.

Bahnsteighöhe

Die Bahnsteighöhe kann sich bei den verschiedenen Fahrzeugtypen sowohl positiv als auch negativ auswirken. Abhängig von der Bahnsteighöhe ist die Stufenanzahl. Die ICEs, TGVs und die IC3s sind für eine Bahnsteigkante von 76cm konzipiert. Die Trittstufe liegt auf der selben Höhe wie der Bahnsteig, somit ist nur noch ein Nennspalt vorhanden.

Die RIC-Waggons, ICNs und CISalspinos sind auf Bahnsteighöhen von 55cm geplant. Auf Grund der tiefer liegenden Trittstufe bildet sich an einer Bahnsteigkante von 76cm bei diesen Zügen ein großer Spalt aus (siehe dazu Abschnitt 5.5)

Die IC2000 sind für eine Bahnsteigkante von 55cm gebaut und benötigen hier keine Stufen. Der Nachteil dabei ist, dass sie nicht auf einer Bahnsteighöhe von 76cm stehen können, da es ansonsten beim Einsteigen eine hohe Stufe nach unten geben würde.

Beim Ausstiegsvorgang ist hervorzuheben, dass die Fahrgäste auf einer Bahnsteigkante von 76cm im Mittel in etwa gleich lange benötigen wie bei den anderen Wagentypen. Daraus lässt sich schließen, dass die Stufenanzahl wenig Einfluss auf das Ausstiegsverhalten ausübt (siehe dazu Abb. 5.16).

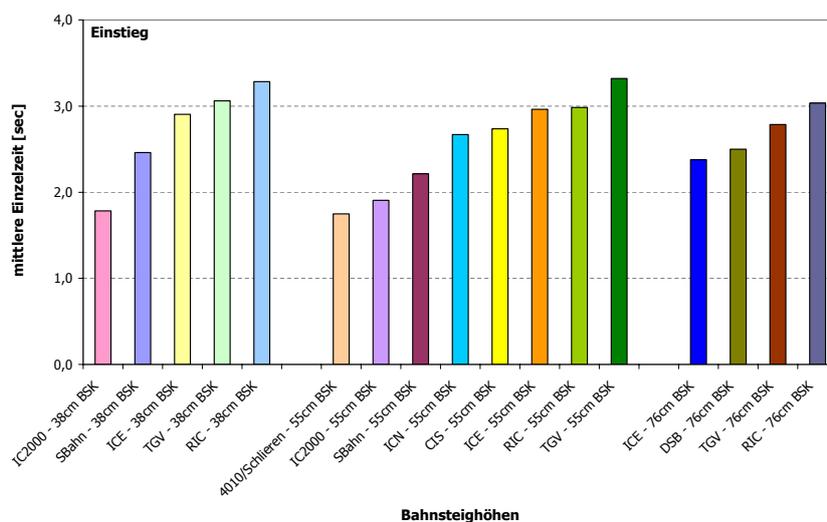


Abbildung 5.12: Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Bahnsteighöhen RB: Jugendlichen / Erwachsene; ohne bis wenig hinderndes Gepäck [19]

Wird der Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Bahnsteighöhen verglichen, stellt sich heraus, dass der IC2000 an einer Bahnsteigkante von 38cm kaum einen Unterschied zur Bahnsteighöhe von 55cm hat, da diese 17cm Differenz offensichtlich keine größere Hürde für die Fahrgäste darstellt.

Weiters ist erkennbar, dass bei den ICEs und TGVs an einer Bahnsteighöhe von 38cm auch Jugendliche / Erwachsene ohne behinderenden Gepäck für die erste Stufe von 38cm auf 76cm einen Mehraufwand an Energie und Zeit benötigen. Bei den RIC-Wagen erklärt das steilere Stufenverhältnis und der große Höhenunterschied an einer Bahnsteigkante von 38cm den größeren Zeitbedarf der Reisenden.



Abbildung 5.13: Fahrgäste bei ICEs und TGVs an einer Bahnsteigkante von 38cm [19]

An einer Bahnsteigkante von 55cm verhalten sich die einzelnen Zeiten der Reisegäste bei IC2000 wie beim Regionalverkehr (4010/Schlieren und S-Bahn), daher ist bei diesen drei Einstiegstypen ein zügiger Fahrgastwechsel zu vermerken.

Wird die Stufenanzahl von ICNs und CISalpinos der von ICEs und TGVs gegenübergestellt, ist ersichtlich, dass diese an einer Bahnsteighöhe von 55cm dieselbe ist, allerdings zeigt sich im Zeitaufwand der Passagiere, dass es ein Unterschied ist, ob die Fahrgäste zuerst auf eine Stufe im Fahrzeuge steigen können (ICN und CISalpino) oder ob sie die Trittstufe des Fahrzeuges verwenden müssen (ICE und TGV) (siehe Abb. 5.14)



Abbildung 5.14: links: ICN an einer Bahnsteigkante von 55cm
 mitte: ICE an einer Bahnsteigkante von 55cm
 rechts: TGV an einer Bahnsteigkante von 55cm
 Hauptbahnhof Zürich [19]

Weiters wird im Regelfall die Trittstufe, sofern sie auf gleicher Höhe wieder der Bahnsteig liegt, kaum benutzt. In so einem Fall führt der Nennspalt alleine nicht zu einer Veränderung des Fahrgastverhaltens und der horizontale Abstand zur ersten Stufe ist von der Bahnsteigkante aus in einer Schrittlänge inkludiert.



Abbildung 5.15: Aus- und einsteigende Fahrgäste lassen oft die Trittstufe aus, wenn diese auf selber Bahnsteighöhe liegt [19]

Es besitzen die Waggons der ICE-Reihe und der IC3-Reihe anscheinend einen ungefähr gleich guten und bequemen Einstiegstyp. Die Spaltbildung zwischen Bahnsteigkante und

Fahrzeug bei RIC-Wagen macht sich nur bedingt bemerkbar bei Jugendlichen / Erwachsenen ohne behindernden Gepäck (siehe dazu Abb. 5.12).

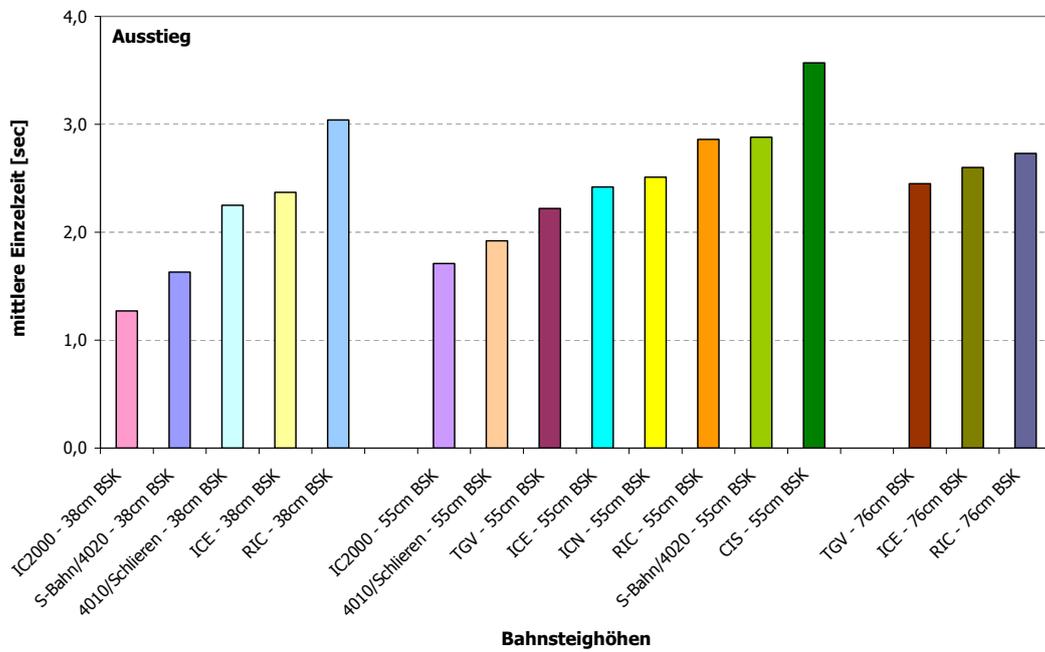


Abbildung 5.16: Mittlerer Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf die Bahnsteighöhe RB: Jugendliche / Erwachsene; ohne bis wenig behinderndes Gepäck [19]

Stufenanzahl

Werden die Fahrgäste bezüglich ihres Alters ohne viel Gepäck bezogen auf die Stufenanzahl miteinander verglichen, stellt sich beim Aussteigen heraus, dass die Jugendlichen / Erwachsenen ab zwei Stufen einen leicht zunehmenden Zeitbedarf benötigen. Das liegt daran, dass beim Hinabsteigen von Stufen der Höhenunterschied sichtbar ist und daher auch die Angst vor dem Hinunterfallen größer ist, als beim Hinaufsteigen von Stufen.

Die Medianwerte der Kinder verhalten sich proportional zu den Werten der Jugendlichen / Erwachsenen, jedoch immer etwas höher. Ausnahme stellt hier nur eine Stufe dar. Der Grund des geringen Zeitbedarfs der Kinder bei einer Stufe liegt darin, dass sie hier vermehrt gemeinsam mit den Eltern aussteigen und die Türbreite von 1,40m ausnützen. Dadurch ergibt sich nur eine geringe Verzögerung.

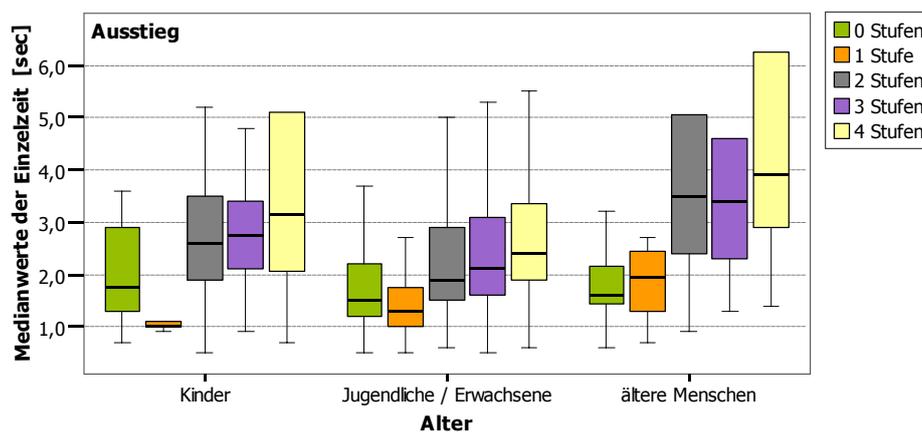


Abbildung 5.17: Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Stufenanzahl RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]

Bei älteren Menschen ist schon anhand des Medians erkennbar, dass sie beim Aussteigen mehr Probleme haben als die anderen Alterskategorien. Obwohl die 25% Grenze sehr ähnlich ist, ab zwei Stufen verschieben sich die gesamten Boxplots deutlich nach oben.



Abbildung 5.18: Aussteigendes Kind und aussteigende ältere Person [19]

Bei den einsteigenden Passagieren ist zwar ein leichter Anstieg des Zeitbedarfes der Jugendlichen / Erwachsenen zu verzeichnen, allerdings liegen sogar die Streuungen bei allen Stufen ungefähr im gleichen Bereich.

Die Mediane der Kinder liegen meist etwas höher als die der Jugendlichen / Erwachsenen. Beim Einsteigen der Kinder ergeben sich bei einer, zwei und drei Stufen ungefähr gleiche Schwierigkeiten. Vier Stufen sind für Kinder am schwersten zu überwinden.

Die Medianwerte der älteren Menschen liegt immer höher als die Werte der Jugendlichen / Erwachsenen. Auffallend ist der Sprung des Medians der letzten Alterskategorie bei vier Stufen. Vier Stufen sind nur bei ICE und TGV Fahrzeugen an einer Bahnsteigkante von 38cm vorhanden, daher lässt sich darauf schließen, dass die erste Stufenhöhe sehr problematisch für ältere Menschen ist.

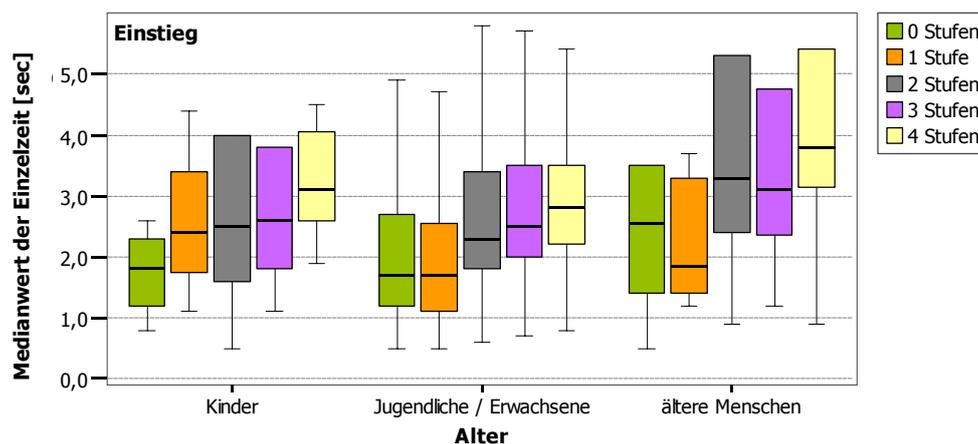


Abbildung 5.19: Mittlerer Zeitbedarf der Einsteigenden bezogen auf die Stufenanzahl RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]

Auch bei wenig behinderndem Gepäck ist ab einer Stufenanzahl von zwei eine geringe Zeiterhöhung der Fahrgäste beim Aussteigen zu erkennen. Allerdings verschieben sich die gesamten Boxplots um ungefähr die selbe Anzahl von Sekunden, somit kann daraus geschlossen werden, dass sich der Zeitbedarf pro Stufe in etwa um die gleiche Zeitdifferenz erhöht.

Bei einem großen Gepäckstück liegen die Medianwerte beim Aussteigen auf ungefähr der gleichen Höhe. Hier scheint nur der Umstand, dass Gepäck Stufen hinunter gehievt werden muss, ausschlaggebend zu sein, jedoch nicht die Anzahl der Stufen.

Dieses Phänomen tritt ebenfalls bei mehreren großen Gepäckstücken auf, mit dem Unterschied, dass die Medianwerte generell um mehr als zwei Sekunden höher liegen. Bei null und einer Stufe ist der Ausstiegsvorgang mit jeder Art von Gepäck quasi unproblematisch.

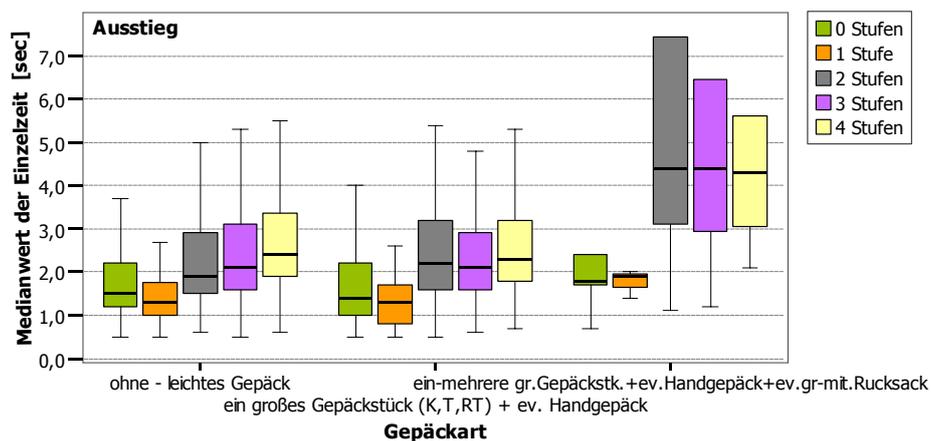


Abbildung 5.20: Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Stufenanzahl und das Gepäck

RB: Alterskategorie = Jugendliche / Erwachsene [19]

Beim Einsteigen zeigen die Passagiere bei null und einer Stufe ein ähnliches Verhalten wie beim Aussteigen, allerdings nur bei wenig hinderndem und einem großen Gepäckstück. Mit mehreren großen Gepäckstücken erhöht sich der Zeitbedarf schon bei einer Stufe erheblich.

Bei mehreren Stufen stellt sich ebenfalls ein in etwa gleiches Verhalten der Fahrgäste ein. Mehrere große Gepäckstücke stellen prinzipiell eine größere Herausforderung beim Einsteigen dar.

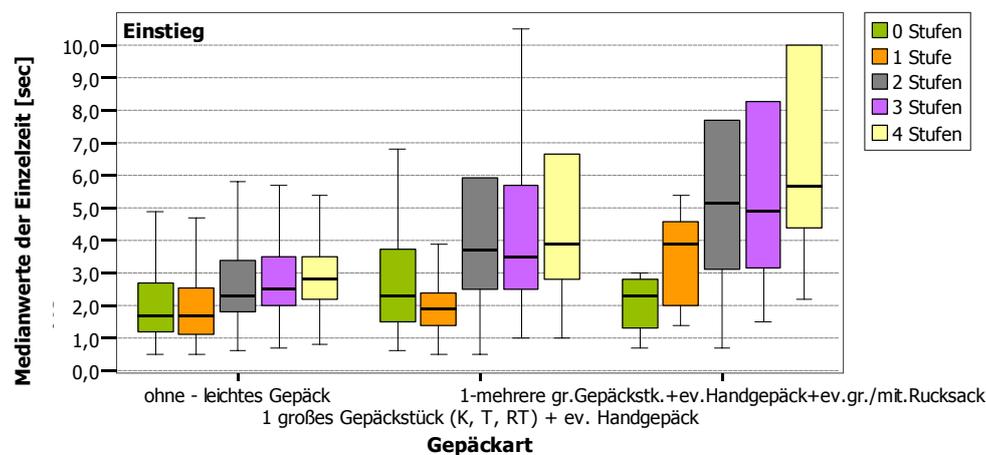


Abbildung 5.21: Mittlerer Zeitbedarf der Einsteigenden bezogen auf die Stufenanzahl und das Gepäck

RB: Alterskategorie = Jugendliche / Erwachsene [19]

Kinder und älteren Menschen haben beim ICE am 38cm hohen Bahnsteig eine große Hürde zu überwinden. Da die unterste Stufe des ICEs mit dem 76cm hohen Bahnsteig auf einer Ebene liegt, beträgt der erste Höhenunterschied am 38er-Bahnsteig 38cm. Es wurde beobachtet, dass flinke, kleine Kinder auf allen Vieren hinein geklettert sind, und dass ältere Menschen es in Kauf nahmen zu warten, bis Hilfe kam.



Abbildung 5.22: Kind und ältere Damen beim Einsteigen in einen ICE an einer Bahnsteigkante von 38cm Höhe [19]

Hilfestellung

Manche Fahrgäste können nicht ohne Hilfestellung aus- bzw. einsteigen. Darunter fallen behinderte Personen, jedoch auch Reisende mit viel Gepäck. Behinderte Personen benötigen im Gegensatz zu Reisenden mit viel Gepäck meist personelle Hilfe. Passagiere mit viel Gepäck hingegen sind auf die Hilfsbereitschaft der anderen Fahrgäste angewiesen. Vor allem älteren Personen kann der Aus- bzw. Einstieg besonders schwer fallen und ohne Hilfestellung wäre ihnen dieser nicht zu mutbar.



Abbildung 5.23: Die Fahrgäste benötigen oft Hilfe der anderen Reisenden ICE an einer Bahnsteigkante 38cm [19]

Die nachstehende Abbildung zeigt bei welchen Stufenverhältnissen die Fahrgäste sowohl beim Aus- als auch beim Einsteigen Hilfe benötigen. Null und eine Stufen werden in dieser Grafik zusammen gefasst, da sich kaum ein unterschiedliches Verhalten einstellt. Wie das Diagramm auch zeigt, benötigen die Fahrgäste beim IC2000 am wenigsten Hilfe in Anspruch nehmen, wenn dann nur weil die Passagiere eine größere Stückzahl an Gepäck mit sich führen. Bei zwei bis drei Stufen ist die Hilfestellung annähernd gleich. Die aussteigenden Fahrgäste benötigen mehr Hilfe, da das Hinunterheben problematischer ist. Bei vier Stufen sind die meisten Einsteigenden auf Hilfe angewiesen, dass ist daraus zu schließen, dass die erste Stufenhöhe 38cm misst. (siehe dazu Abb. 5.23)

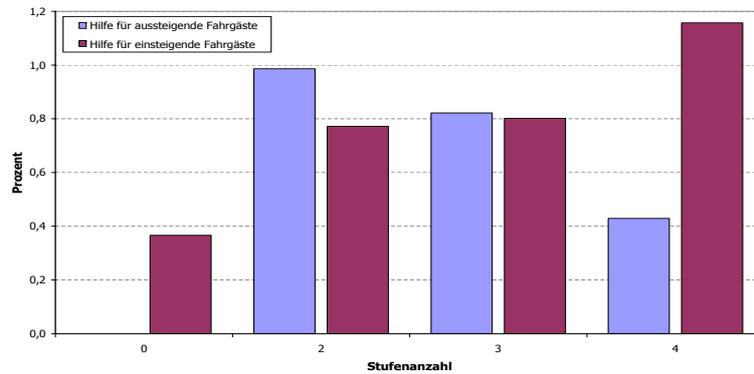


Abbildung 5.24: Fahrgäste, die Hilfe benötigen [19]

Türbreite

RÜGER hat in seiner Dissertation sowohl die Türbreiten als auch die Stufenanzahl beim Aus- und Einsteigen verglichen. Seine Resultat besagen demnach, dass eine um 10cm breitere Türe die Fahrgastwechselzeit an der Einzeltüre um 10-15% beeinflusst. Somit bieten die ICE-Waggons mit ihrem flacheren Stufenverhältnis und breiteren Türen einen günstigeren Einstiegsbereich als die RIC-Fahrzeuge.

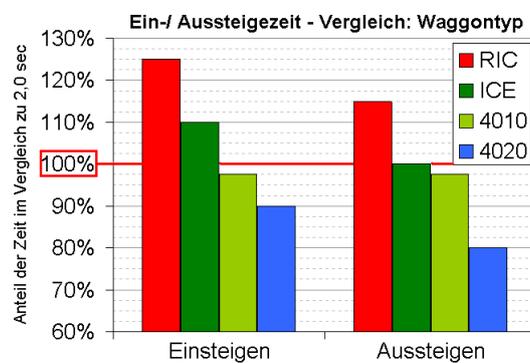


Abbildung 5.25: Vergleich der Ein- und Ausstiegszeiten nach Waggontypen; Basis 2sec [10]

5.5 Der Spalt

Die Literaturrecherchen ergeben zur Beeinflussung des Spaltes zwischen Fahrzeug und Bahnsteigkante ähnliche Ergebnisse. HEINZ [11] bemerkt, dass ein Spalt kleiner fünf Zentimeter kaum erwähnenswert ist, da er nicht wahrgenommen wird. Jedoch bei einer Zwischenraumbreite von mehr als fünf Zentimeter wird der freie Gang beschränkt, der Fahrgast überlegt, wo er hin treten soll.

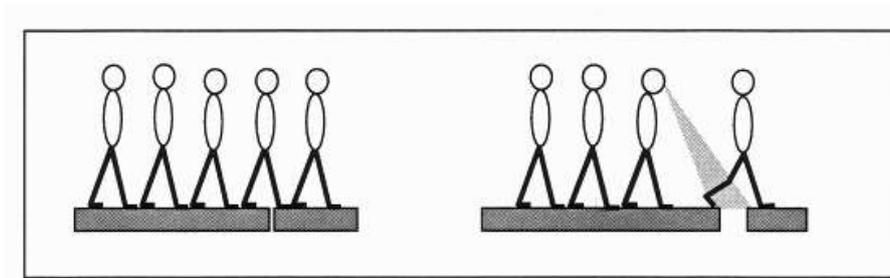


Abbildung 5.26: Fahrgastverhalten bei einem Spalt [11]

ERNST und KIEFFER [18] weisen darauf hin, dass für ein barrierefreies Reisen eine Verringerung des Spaltes notwendig ist. Vorhandene Fahrzeuge können einen Nennspalt im Bogen von 40-50cm aufzeigen. Bei optimierten Fahrzeugen ergibt sich ein Nennspalt von 5-15cm in der Geraden und 7-25cm im Bogen. Daraus folgt, dass Bahnsteige in der Geraden oder in einem Mindestradius von 500m angeordnet werden sollen.

Die Spaltausbildung bei den erhobenen Fahrzeugen ist bei RIC-Wagen an einer 76cm hohen Bahnsteigkante am ausgeprägtesten. Es entsteht eine Spaltbreite von mehr als 25cm und eine Absenkung der Trittstufe von 21cm. An allen anderen Bahnsteigkanten ist bei den vorhandenen Waggontypen nur der Nennspalt vorhanden.

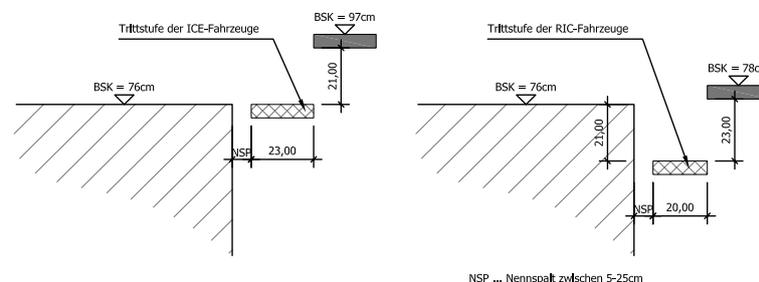


Abbildung 5.27: Der Spalt zwischen RIC-Fahrzeugen an einer Bahnsteigkante von 76cm [19]

Der Spalt macht sich, wie in Abb. 4.5 dargestellt, durchaus bemerkbar, speziell bei Kindern und älteren Menschen. Die gewohnte Schrittfolge kann nicht mehr eingehalten werden, es kommt eventuell die Angst vor dem Hinunterfallen bzw. Fallen lassen von Gegenständen dazu und ein oder mehrere Gepäckstücke über einen Spalt zu heben, kostet nicht nur Energie sondern auch Zeit. Jugendliche / Erwachsene scheint der Spalt weniger auszumachen, ein geringer Anstieg des Zeitbedarfs ist nur bei mehreren großen Gepäckstücken ersichtlich.

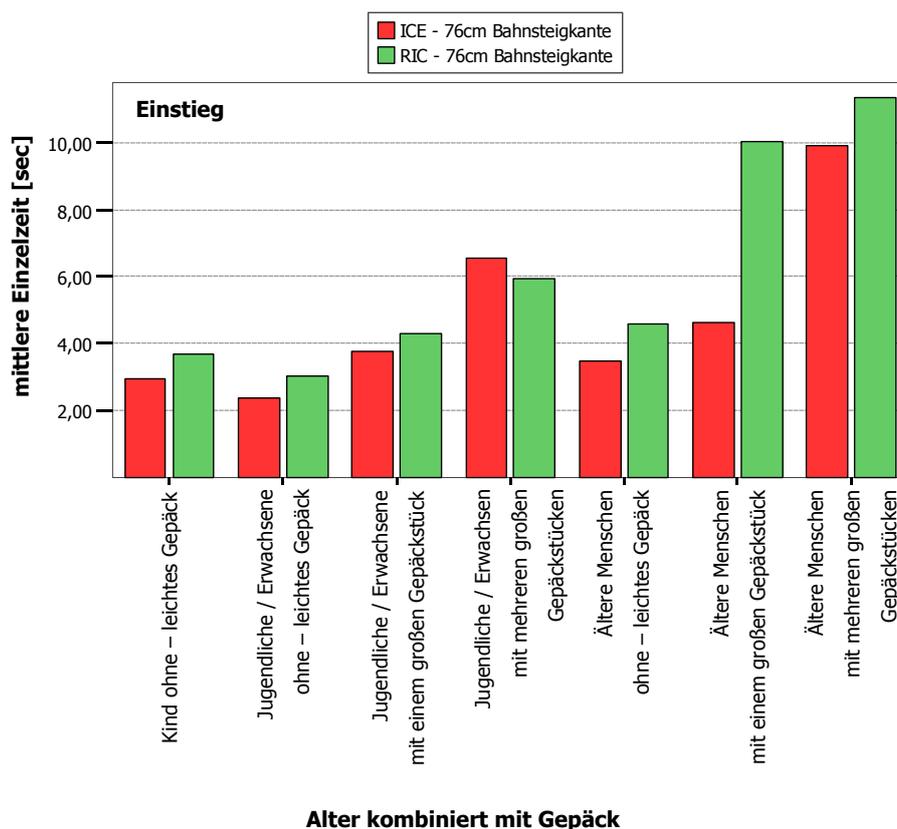


Abbildung 5.28: Beeinflussung des Spaltes der einsteigenden Fahrgäste [19]

Bei den aussteigenden Fahrgästen macht sich der Spalt vor allem bei mehreren Gepäckstücken deutlich bemerkbar. Das ist darauf zurück zu führen, dass das Gepäck nicht, wie beim Einsteigen, kurz abgestellt werden kann. Mit mehreren Gepäckstücken ist auch das Sichtfeld des Passagieres eingeschränkt und somit ist eine zusätzliche Mobilitätsbehinderung vorhanden, die das Aussteigen erschweren.

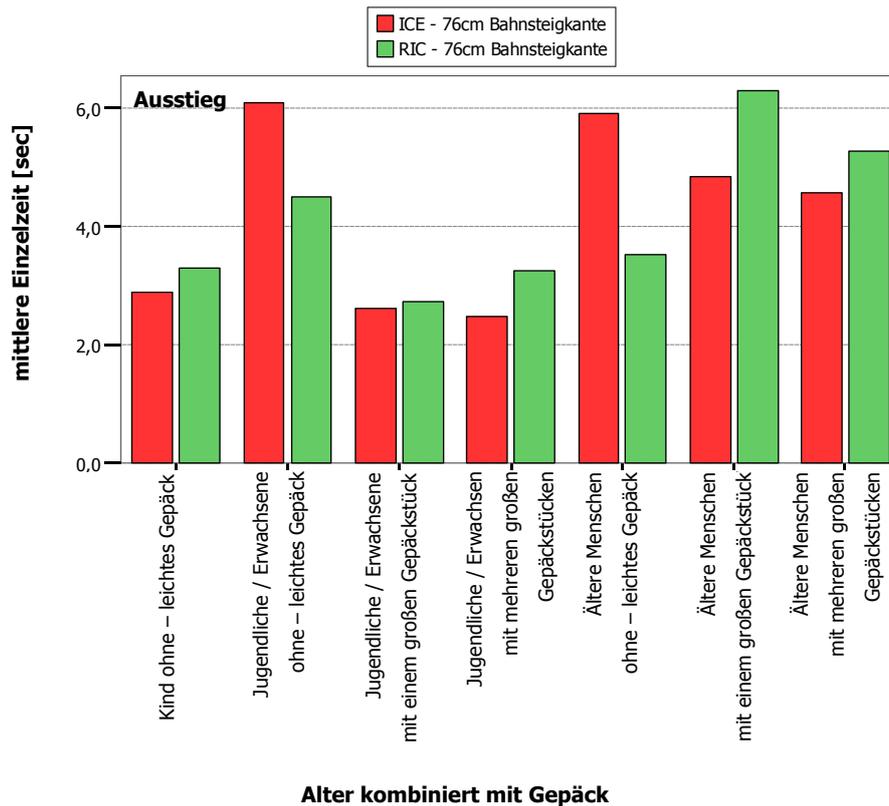


Abbildung 5.29: Beeinflussung des Spaltes der aussteigenden Fahrgäste [19]

5.6 Der IC2000

Der IC2000 der Schweizerischen Bundesbahnen an 55cm hohen Bahnsteigen sticht im Zuge dieser Datenerhebung hervor, da er der einzige Zugtyp ist, der einen niveaufreien Aus- und Einstieg bietet. Daher werden manche Auswertungen gesondert für diese Einstiegsart gemacht.

Anhand des Zeitaufwandes der Fahrgäste bezogen auf das Gepäck (Abb. 5.30) ist erkennbar, dass trotz des stufenlosen Aus- und Einsteigens ein größeres Gepäckstück oder auch mehrere einen höheren Zeitbedarf mit sich bringen können, da dennoch eine bestimmte Spaltbreite über bleibt und das "rollende Gepäck" wie Trolleys über den Spalt gehoben werden muss.

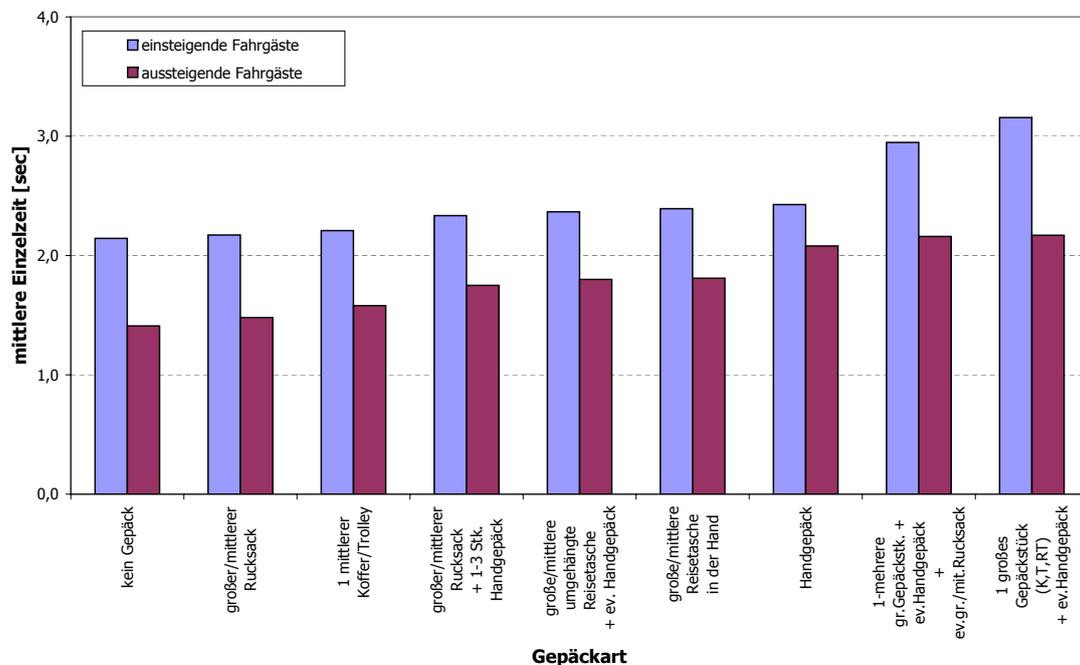


Abbildung 5.30: mittlerer Zeitaufwand der Fahrgäste bezogen auf das Gepäck beim IC2000 - 55cm Bahnsteigkante

RB: Altersgruppe = Jugendliche / Erwachsene [19]

Da die aussteigenden Reisenden im Auffangbereich schon dicht gedrängt auf das Öffnen der Tür warten, ist hier die Wahrscheinlichkeit höher, dass sie nebeneinander oder versetzt zueinander aussteigen und sich erst am Bahnsteig verteilen. Die einsteigenden Fahrgäste stehen in Trauben neben dem Eingang und warten darauf, einsteigen zu können, hier bildet

sich daher eher eine Reihe aus hintereinander einsteigenden Passagiere. Dieser Grund führt dazu, dass der Ausstiegsvorgang schneller abläuft, als der Einstiegsvorgang.



Abbildung 5.31: Ein- und aussteigende Fahrgäste beim IC2000 am Hauptbahnhof Zürich [19]

Jedoch zeichnet sich der IC2000 nicht nur durch seinen ebenen Einstieg an einer Bahnsteigkante von 55cm aus, sondern auch aufgrund seiner breiten Türen mit 140cm. Die Türbreiten der restlichen erhobenen Fahrzeugen liegen zwischen 80 und 90cm.

Es ist zu vermuten, dass die Fahrgäste diese Türbreiten ausnützen und neben einander oder "mit Gegenverkehr" aus- bzw. einsteigen. Jedoch haben die Beobachtungen ergeben, dass die Passagiere sich im Regelfall an das Gebot der Höflichkeit halten und zuerst aussteigen lassen. Die folgende Abbildung zeigt, in welchem Verhältnis die Reisenden den Zug verlassen bzw. betreten.

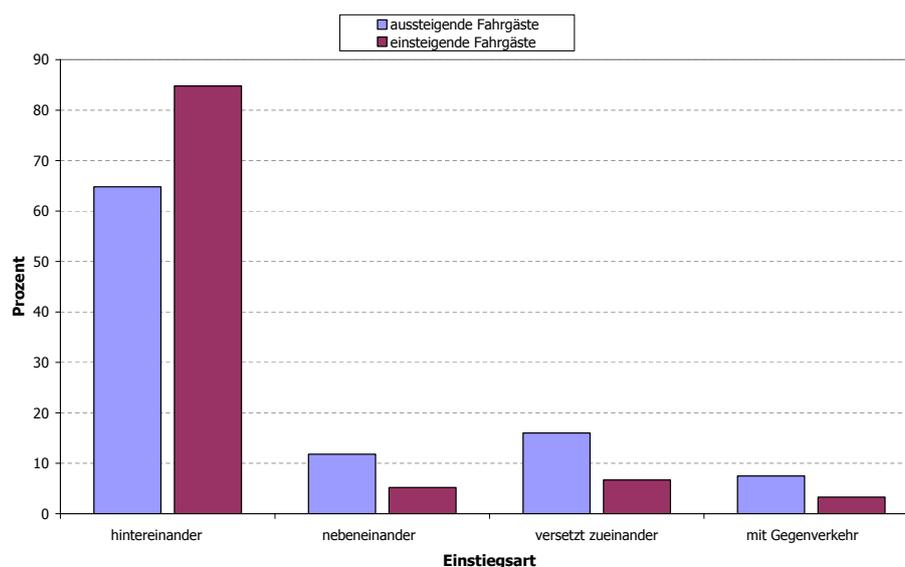


Abbildung 5.32: Fahrgastverhalten beim Aus- bzw. Einsteigen beim IC2000 [19]

Es ist erkennbar, dass die aussteigenden Fahrgäste die Türbreite eher ausnützen als die einsteigenden. Aus diesem Grund kann vermerkt werden, dass die aussteigenden Reisenden meist schon wissen, wohin sie gehen wollen oder müssen und ihre Tür schon gewählt haben und somit im Auffangbereich auf engerem Raum miteinander stehen. Die einsteigenden Passagiere können sich im Auffangbereich noch entscheiden, ob sie lieber hinauf gehen oder unten bleiben.

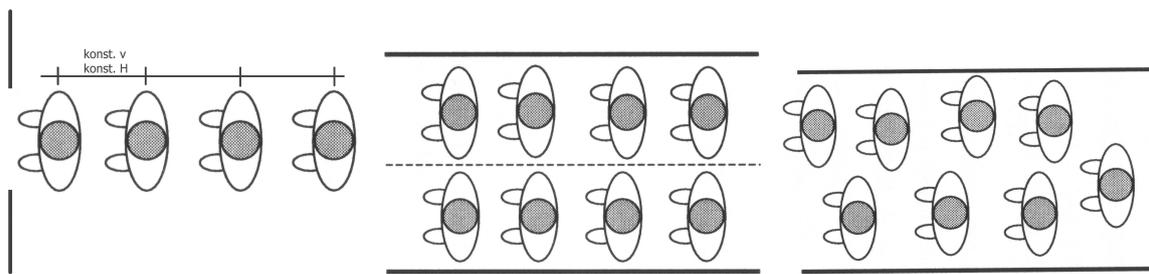


Abbildung 5.33: Fahrgastwechselverhalten

links: hintereinander

mitte: nebeneinander

rechts: versetzt zueinander [11]

Dass aussteigende Fahrgäste mit mehr "Gegenverkehr" als Einsteigende rechnen müssen, ist dadurch begründbar, dass beim Aussteigen sich die Reisenden enger bei einander stehen und somit können beispielsweise fünf Passagiere aussteigen während in dieser Zeit nur ein oder zwei wieder einsteigen.



Abbildung 5.34: aus- und einsteigende Fahrgäste beim IC2000 [19]

Ein nebeneinander Aus- oder Einsteigen bedeutet bei 140cm trotz alle dem Berührung der Reisenden, vor allem wenn Gepäck mitgeführt wird. Daher liegt dieser Prozentsatz unter den versetzt zueinander Aus- und Einsteigenden. Daraus ist abzuleiten, dass eine

versetzte Reihenbildung eher die Privatsphäre der Fahrgäste bewahrt und das Aus- oder Einsteigen dennoch schneller abläuft.

Wäre der Türbereich mechanisch getrennt durch ein Geländer, so wäre das neben einander Aus- bzw. Einsteigen im Regelfall vorhanden, da damit ein Schutz der persönlichen Zone (0,46-1,2m) [29] gewährleistet wäre. Vergleichbar ist diese Situation auch mit der Baureihe 4020 der ÖBB, die ebenso 140cm breite Türen hat, jedoch der Einstiegsbereich mechanisch getrennt ist. Hier ist ein zweireihiger Fahrgastwechsel möglich.



Abbildung 5.35: Türe bei der Baureihe 4020 der ÖBB [26]

5.7 Zusammenfassung der Einzeltüre

Sowohl beim Aus- als auch beim Einstieg sind Verbesserungspotenziale vorhanden. Der Ausstieg verläuft schneller als der Einstieg. Dies liegt daran, dass die Fahrgäste noch während der Fahrt Entscheidungen treffen, die die einsteigenden Passagiere erst beim stehenden Fahrzeug treffen können. Das wichtigste Ermessen liegt in der Türwahl. Es stellt sich immer die Frage, ob die gewählte Tür eine *kritische Türe* ist bzw. ob der Fahrgastwechsel zügig verläuft. Die *kritische Türe* beschreibt jene Tür, die die meisten Fahrgäste versorgt. Im Fahrzeuginneren als aussteigender Reisender ist diese Wahl schon dadurch eingeschränkt, dass die meisten erhobenen Waggonen zwei Türen besitzen und somit häufig die nähere gewählt wird.

Dass aussteigende Passagiere ihr Gepäck schon bereit stellen, sprich von den Gepäckablagen herunter heben, ist ein weiterer Zeitsparfaktor. Jedoch ist der Zeitbedarf der Aussteigenden durch die Gangbreiten, die Größe des Auffangbereiches, das Stufenverhältnis und die Türbreiten beschränkt. Positiv auf den Zeitaufwand fürs Aussteigen wirkt sich jedoch der Bahnsteig aus, da dieser viel Kapazität bietet, sofern diese nicht durch Diensthäuschen, Zugänge oder dergleichen eingeengt ist. Daher ist auch die Situierung der Türen auf dem Bahnsteig ein wichtiger Faktor.

Einsteigende Reisende sind durch den Bahnsteig schon im Vorfeld negativ beeinflusst. Ein Zugbildeplan liefert eventuell eine Hilfestellung. Dieser beschreibt die Aufstellung der Waggonen und somit können Fahrgäste, welche reserviert haben sich schon im Vorhinein richtig auf dem Bahnsteig verteilen. Also auch hier ist die Türaufteilung eine wichtige Größe.

Fahrgäste, die keinen Sitzplatz gebucht haben, müssen vor dem Einsteigen immer eine Türe wählen. Diese Wahl ist von einigen Faktoren abhängig, welche schon zu Beginn dieses Kapitels definiert wurden.

Bei der *kritischen Tür* besteht die Gefahr, dass sich ein Rückstau bilden kann. Die Fahrgäste in dem Stau müssen dann beurteilen, wie schnell der Stau sich wieder auflöst, oder ob sie doch eine andere Türe wählen. Diese Entscheidung hängt allerdings auch von der noch verbleibenden Haltezeit ab.



Abbildung 5.36: Klassische Rückstaubildung an einer kritischen Tür [19]

Nachdem der einsteigende Fahrgast sich für eine Türe entschieden hat, ist der weitere Verlauf des Zeitbedarfs von dem Stufenverhältnis, der Türbreite und dem Auffangbereich sowie dem Fahrzeuginnenraum abhängig. Weiters besitzt auch das Gepäck einen großen Einflussfaktor. In Zukunft sollte durch das Setzen geeigneter Maßnahmen das Gepäck nur einen positiven Einfluss auf den Modal Split bezugnehmend auf die Bahn haben.

Kapitel 6

Der Fahrgastwechsel bezogen auf den Innenraum

6.1 Randbedingungen

Die Videoanalysen geben Aufschluss über eine Türe, manchmal auch zwei Türen neben einander. Eine Türe bezieht sich im Regelfall auf einen halben Waggon, daher beschränkt sich der gesamte Fahrgastwechsel meist auf ein halbes Fahrzeug.

Um die *ideale Zeit* ermitteln zu können, wird jedem Fahrgast der Medianwert der Einzelzeit des Fahrgastwechselfalls unter Berücksichtigung des Gepäcks, Alters und des Einstiegstypen (Wageneinstieg, Bahnsteighöhe) zugeordnet. Ist dieser Medianwert höher als die tatsächlich beanspruchte Zeit des Fahrgastes, wird dem Passagier der benötigte Zeitbedarf zugewiesen. Somit kann der tatsächlich benötigte Zeitbedarf unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen im Fahrzeug dem theoretisch erforderlichen gegenüber gestellt werden. Die Beeinflussung des Innenraumes wird dadurch quantifizierbar.

Die erste Clusterung für den gesamten Fahrgastwechsel bezieht sich auf den Einstiegstyp. Dieser ist in 7 Kategorien unterteilt (siehe dazu Abb. 6.1)

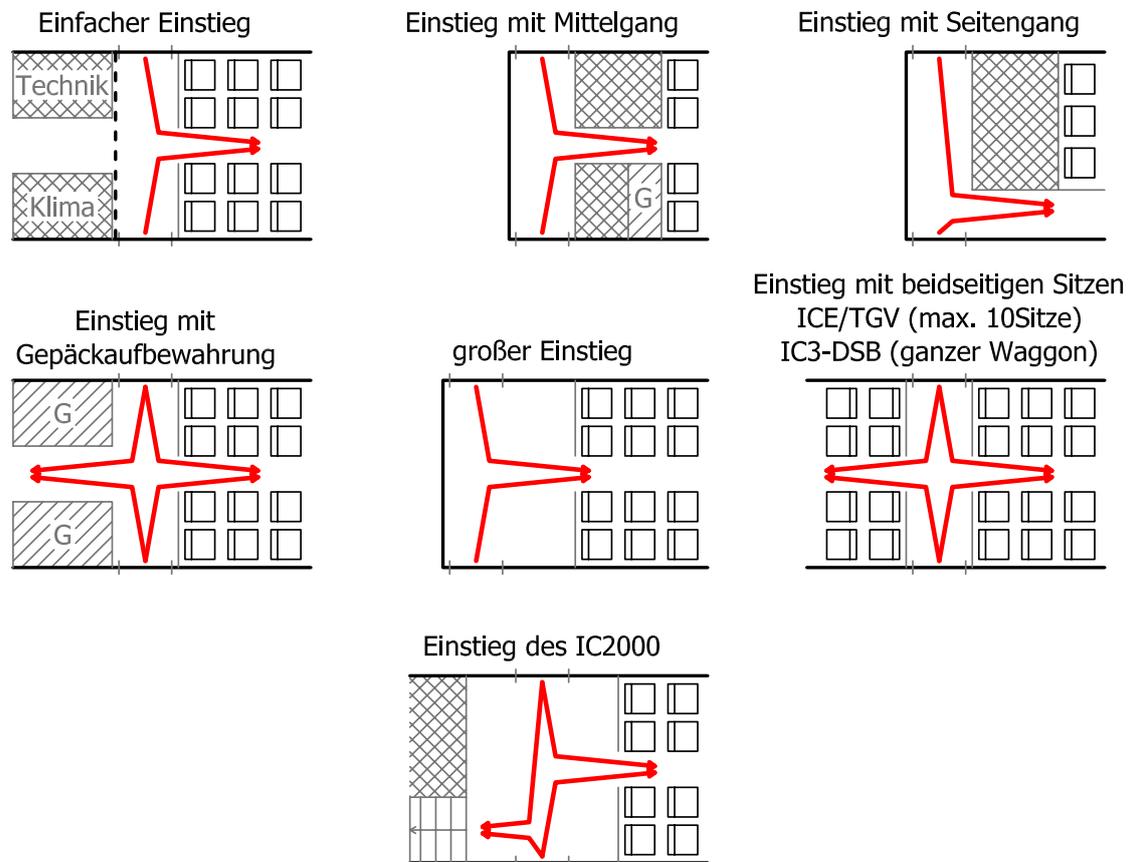


Abbildung 6.1: Einteilung der Fahrzeugauffangbereiche [19]

Diese Gruppen zeigen, inwiefern sich der Auffangbereich des Fahrzeuges auf die Aus- bzw. Einstiegszeit auswirkt. In weiterer Folge wird auch der erste Bezug auf die Innenraumgestaltung des Waggons genommen.

Aufgrund der speziellen Konzeption des IC2000 wird dieser auch bezüglich der gesamten Fahrgastwechselzeit gesondert behandelt.

Für den Einstiegsbereich wird die Personenanzahl auf 10 beschränkt, da sich in diesem Fall ein Rückstau des Innenraums nicht auf die Auswertungen für den Einstiegstypen auswirkt.

Im nächsten Schritt werden verschiedene Fahrzeuginnenraumkonzepte mit einander verglichen. Hierfür sind folgende Clusterungen entstanden (siehe dazu Abb.6.2)

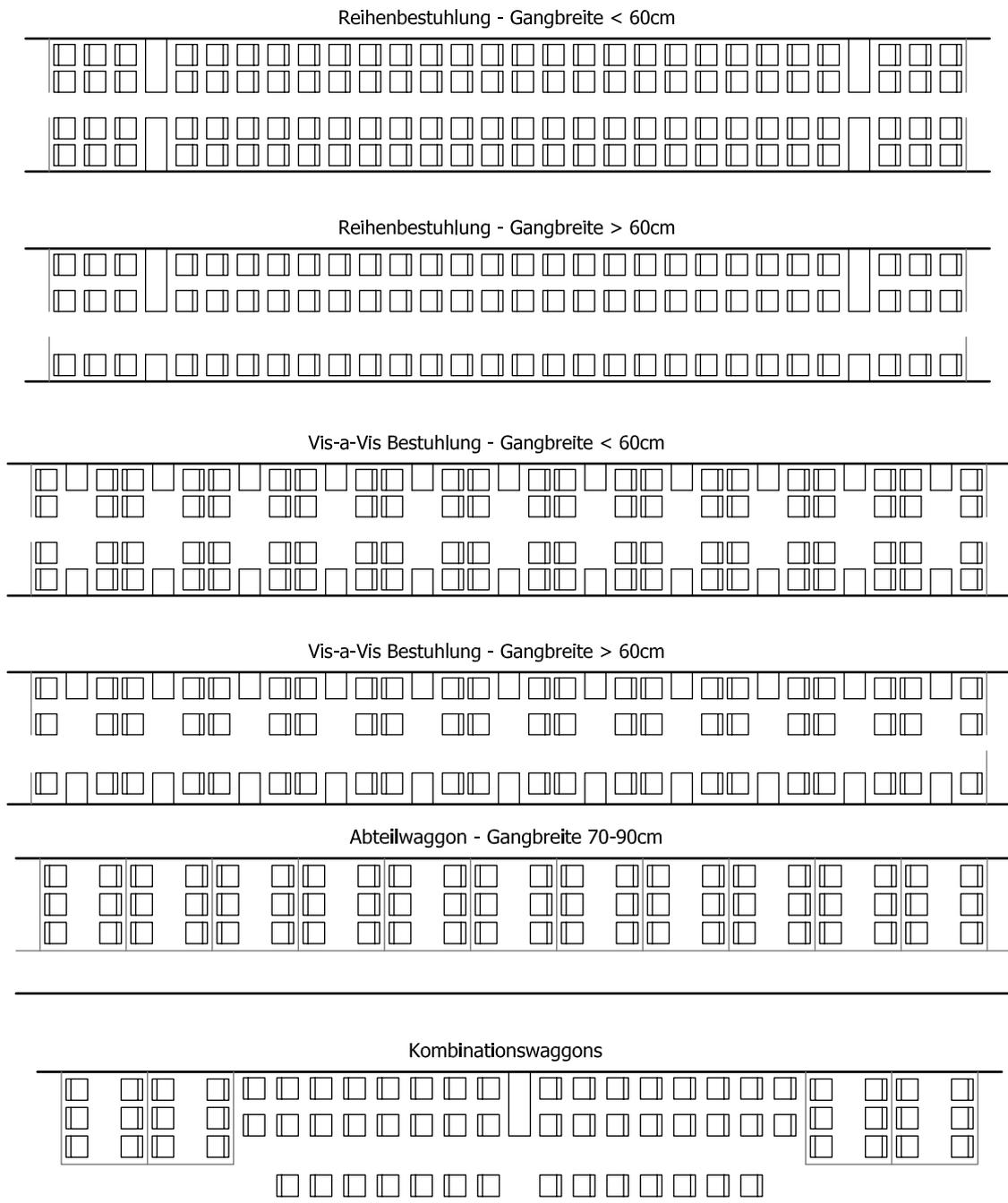


Abbildung 6.2: Einteilung des Fahrzeuginnenraums [19]

Die Fahrzeuge sind bezüglich ihrer Gangbreiten, Bestuhlung und Gepäckaufbewahrungssituierungen geclustert. Bei der Auswertung der Fahrzeugtypen wurden die Daten uneingeschränkt verwendet.

6.2 Der Parameter Einstiegstyp

Als Einstiegsbereich bzw. Auffangraum wird der Raum bezeichnet, welcher sich unmittelbar nach der Einstiegstüre und vor der Bestuhlung befindet. Sind alle Passagiere zumindest in den Auffangraum eingestiegen, kann der Zug abfahren. Die Personenanzahl wird mit maximal zehn Fahrgästen beschränkt, da somit ein Rückstau aus dem Fahrzeuginnen die Auswertungen nicht mehr beeinflusst.

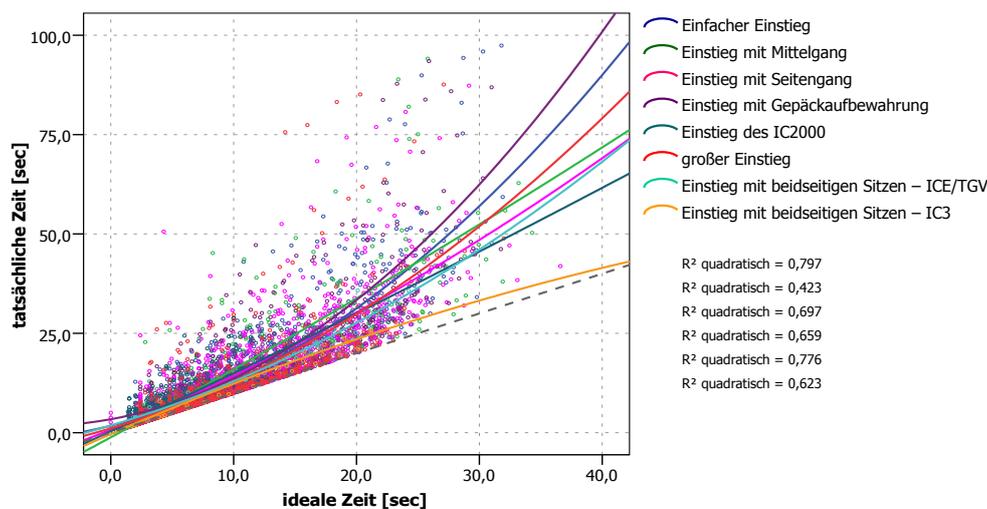


Abbildung 6.3: Acht Einstiegstypen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden

RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]

Die oben stehende Grafik zeigt den tatsächlichen Zeitbedarf der Fahrgäste bezogen auf den idealen Zeitaufwand.

Einstieg mit Gepäckabstellmöglichkeiten: Bei diesem Einstiegstypen benötigen die Reisenden den längsten Zeitaufwand. Wobei sich gleich am Anfang die Frage stellt, ob die Fahrgäste diese Art der Gepäckaufbewahrung überhaupt mögen. Bei dieser Art der Gepäckverwahrung ist kaum ein Sichtkontakt möglich, weiters besteht die Angst vor Diebstählen und Beschädigung. In manchen Waggontypen bleibt jedoch dem Fahrgast kaum etwas anderes über als diese Gepäckfächer zu nützen, da im Fahrzeuginnen wenig bis gar kein Platz für das Gepäck vorhanden ist. Erklärbar ist der längste Zeitbedarf dadurch, dass die Gepäckfächer im Einstiegsbereich auch eher beengt gestaltet sind. Daher müssen neue Einsteigende warten,

bis der Fahrgast vor ihnen das Gepäck verstaut hat. Somit besteht schon hier die Gefahr eines Rückstaus. Doch der erste Fahrgast muss jetzt auch wieder zurück in das Fahrzeuginnere und dafür muss der einsteigende Fahrgaststrom gequert werden, auch dies kann zu Rückstauungen führen.

Einfacher Einstieg: Der einfache Einstieg bietet einen eher kleinen Auffangbereich, weshalb die Fahrgäste auch einen erheblich längeren Zeitbedarf haben als bei anderen Einstiegstypen, da ein Rückstau aus dem Fahrzeuginnenraum bereits früher schlagend wird.

Einstieg mit beidseitigen Sitzen-ICE / TGV: hier ist zu beachten, dass dieser Einstiegstyp meist bei Steuerwagen auftritt und daher sind auf der einen Seite max. zehn Sitzplätze vorhanden. Aufgrund dieser geringen Anzahl sind diese Plätze schnell belegt und die weiteren Fahrgäste verhalten sich wie in einem einfachen Einstiegsbereich.

Wegen des sehr ähnlichen Verhaltens und der ähnlichen Fahrzeuginnenraumgestaltung der einfachen Einstiege und Einstiege mit beiseitigen Sitzen-ICE/TGV werden diese in weiterer Folge zusammengefasst.

Einstieg mit Mittelgang: diese Auffangräume sind im Prinzip auch eher klein, wie der einfache Einstieg, allerdings wird die Bestuhlung mittels eines Ganges erschlossen. Diese längere Wegführung beeinflusst das Verhalten des Fahrgastes positiv.

Einstieg mit Seitengang: auch bei diesem Grundriss ist der Einstiegsbereich klein gehalten, doch wie beim Einstieg mit Mittelgang, wirkt sich auch hier die längere Wegführung positiv aus. Bei diesem Grundriss kann es zwei Wege geben, die der Passagier gehen muss, dies hängt davon ab, wie der Waggon am Bahnsteig steht. Die Unterscheidung zwischen kurzem und langem Weg wird beim Diagramm erläutert.



Abbildung 6.4: Einstiegsbereich beim ICE [19]

großer Einstieg: hier ist der Auffangbereich deutlich größer konzipiert. Das Verhalten der Fahrgäste ist allerdings denen, die in einen Einstiegsbereich mit Gang einsteigen sehr ähnlich. Es hat den Anschein, dass weniger die Größe des Auffangbereiches eine Rolle spielt, sondern eher die seitlichen Begrenzungen dazu beitragen, den Fahrgastwechsel zu beschleunigen. Es ist außerdem anzunehmen, dass die Fahrgäste im großen Einstieg nicht die volle Fläche verwenden, sie werden eher ihrer Ganglinie nach versuchen einen kurzen Weg gehen.

Auch hier ist das ähnliche Fahrgastverhalten unverkennbar. Daher werden auch diese drei Einstiegstypen in weiterer Folge zu dem Typen "großer Einstieg" zusammengefasst.

Einstieg der IC2000: Nicht nur das nivaufreie Aus- bzw. Einsteigen und die breiten Türen wirken sich positiv auf das Verhalten der Reisenden aus, sondern auch die Teilung des Fahrgaststromes. Ein Teil bleibt im unteren Bereich und der zweite Teil geht hinauf, dadurch wird die Fahrgastanzahl, bezogen auf das Fahrzeuginnere, halbiert. Ein weiterer Vorteil dieser Teilung ist, dass sich somit der Auffangbereich bzw. der Stauraum für die Fahrgäste auch über die Stiege ausdehnt, denn aus Beobachtungen geht hervor, dass auch große Gepäckstücke hinauf getragen werden.

Einstieg mit beidseitigen Sitzen-IC3 / DSB: Bei diesem Einstieg wird der Fahrgaststrom ebenfalls geteilt. Da die Türen der IC3 nur in den Triebwagen vorhanden sind, müssen die Mittelwaggons von Innen erschlossen werden. Weiters besitzen diese Einstiegsbereiche auch noch Gänge die zu den Bestuhlungen führen und dass diese eine positive Auswirkung haben, zeigen schon die Einstiegsbereiche mit Gängen.

Aufgrund der Abb. 6.3 und den daraus interpretierten Ergebnissen werden in Folge die Auswertungen über die Fahrzeuginnenraumgestaltung nur noch mit dem neuen Cluster gemacht (siehe Abb. 6.5)

- einfacher Einstiegsbereich: inklusive dem Einstiegstypen mit beidseitigen Sitzen-ICE/TGV
- großer Einstiegsbereich: inklusive den Einstiegstypen mit Seiten- und Mittelgang
- Einstieg mit Gepäckabstellmöglichkeiten
- Einstieg des IC3
- Einstieg des IC2000

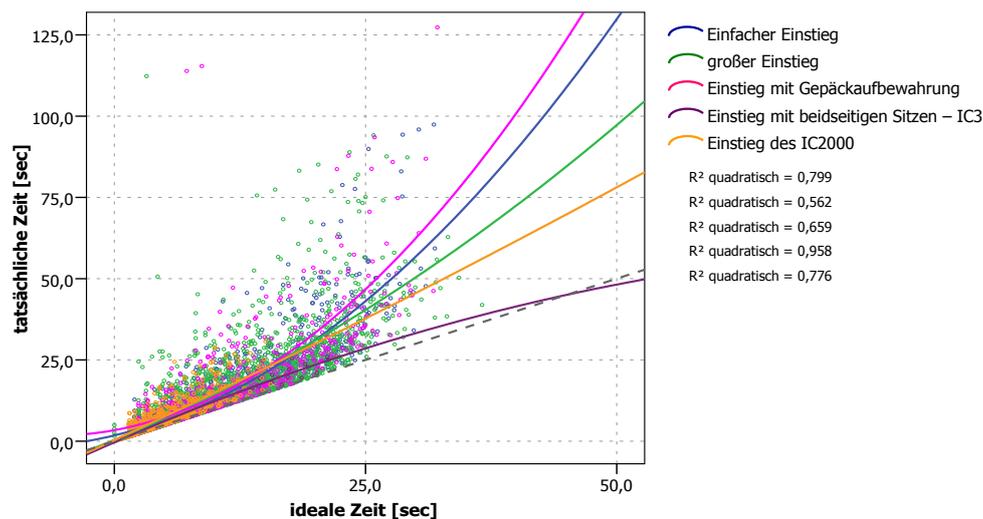


Abbildung 6.5: Fünf Einstiegstypen bezogen auf die ideal und tatsächliche Zeit der Einsteigenden

RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]

Der Aussteigevorgang läuft erwartungsgemäß schneller ab, als der Einsteigevorgang. Die Bestuhlung des Fahrzeuginnenraums beeinflusst das Verhalten der Fahrgäste kaum, denn auch wenn einige Gestaltungen großzügiger sind als andere, entsteht durch der im Wageninneren doch eher beengten Dimensionierung und des Gepäcks eine Art Gänsemarsch beim Aussteigen und die Verteilung bzw. Auflösung dieses Hintereinandergehens passiert erst auf dem Bahnsteig, wenn die Kapazitätenrestriktionen wieder gesunken sind. Daraus resultiert auch, dass der Ausstiegsvorgang linear dargestellt werden kann (siehe Abb. 6.6).

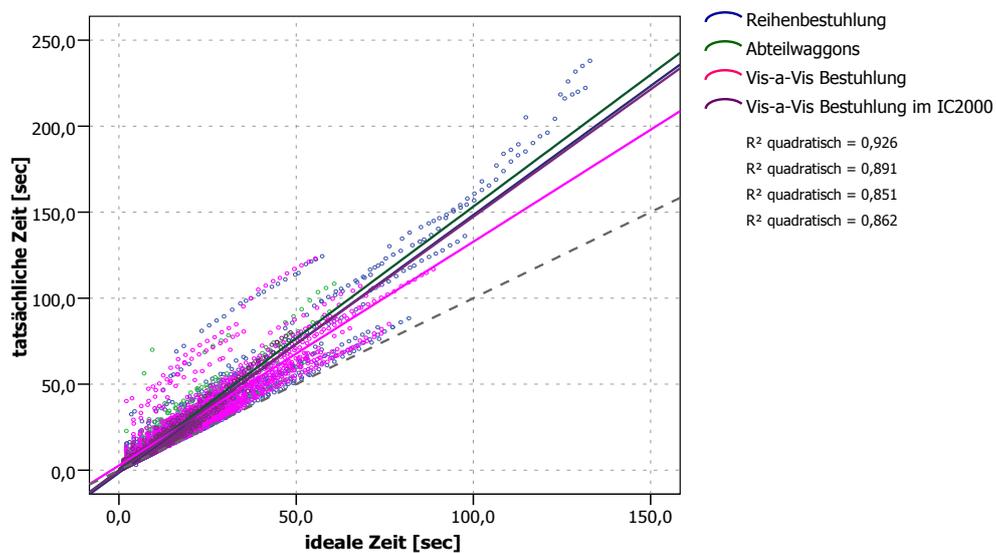


Abbildung 6.6: Vier Ausstiegstypen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Aussteigenden
 RB: Personenzahl ≤ 10 [19]



Abbildung 6.7: Ausstiegssituationen beim ICE
 links: Bahnsteigkante 38cm
 rechts: Bahnsteigkante 76cm [19]

Die Abteilwaggons weisen einen langen und einen kurzen Weg zu den Abteilen auf, dies hängt davon ab, wie der Zug am Bahnsteig steht. Die folgende Abbildung zeigt, dass sich der lange Weg positiv auf den Zeitbedarf von mehreren Fahrgästen auswirkt, da dadurch die Ganglinie des Fahrgastes nicht beschränkt, sondern nur vorgegeben wird.

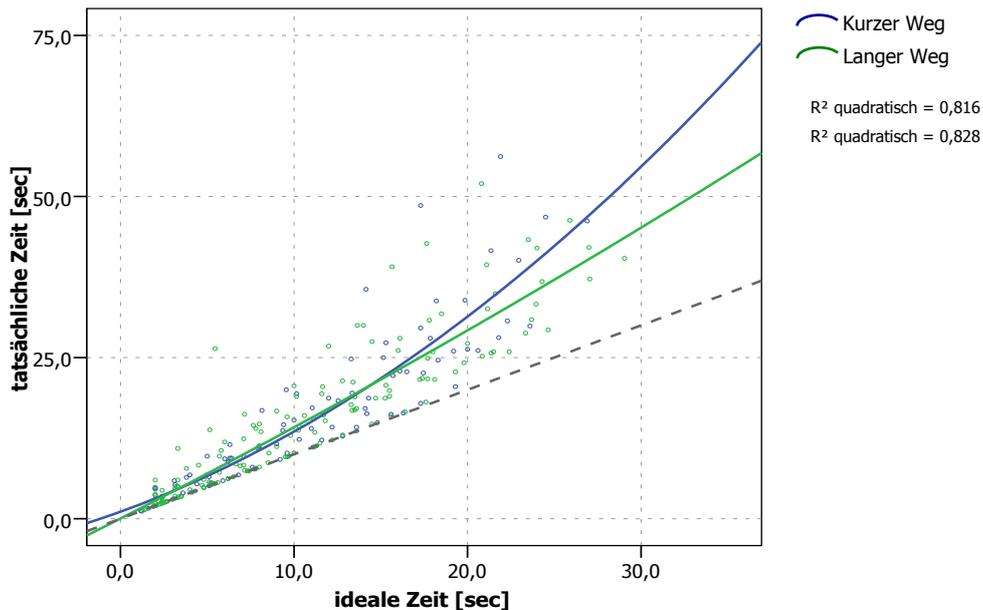


Abbildung 6.8: Vergleich des langen und kurzen Wegs in den Abteilwagen
RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]

Werden der erste und zweite Waggon der ICE-T Baureihe mit den Waggons der IC3 verglichen, ist eine gewisse Ähnlichkeit erkennbar. Beim ICE-T kann der zweite Waggon den Steuerwagen genauso mit Fahrgästen versorgen, wie es das IC3-Konzept vorsieht.



Abbildung 6.9: Steuerwagen und zweiter Waggon der ICE-T Baureihe 1. Klasse [28]



Abbildung 6.10: Zugfolgebildung des IC3 [27]

Die folgende Grafik zeigt jedoch, dass dieser Umstand von den Fahrgästen beim ICE-T kaum genutzt wird. Die Fahrgäste die in den zweiten Waggon einsteigen, scheinen auch in diesem zu bleiben und daher benötigen sie einen höheren Zeitbedarf, da sich der Fahrgaststrom nicht teilt. In weiterer Folge hat das zur Auswirkung, dass in den Steuerwagen nur bei der vorderen Türe eingestiegen wird und auch der Zeitbedarf beträchtlich hoch wird, weiters wird diese Türe zur *kritischen Türe*.

Beim IC3 bilden sich jedoch zwei Ströme, die einen wesentlich geringeren Zeitaufwand benötigen. Daraus kann geschlossen werden, dass eine günstige Türanordnung dann vorherrscht, wenn sich der Fahrgaststrom teilen kann, wie dies auch beim IC2000 der Fall ist.

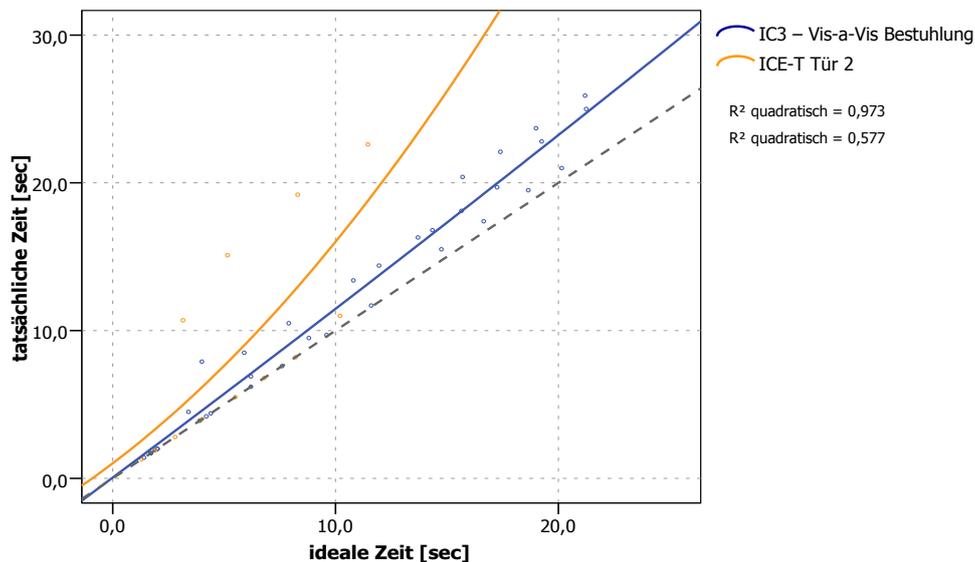


Abbildung 6.11: Vergleich der ICE-T Türe und der IC3 Türe[19]

Wird das Einstiegsverhalten auf die Stufenanzahl bezogen, ist zu erkennen, dass sich diese mit der Anzahl der Fahrgäste und der Zeit relativiert.

In der Abb. 6.12 werden zwei Stufen als Referenzstufe angenommen. Bei der ersten Person ist noch ein beträchtlicher Zeitunterschied zwischen der Stufenanzahl. Fahrgäste bei einer Stufe brauchen knappe 25% weniger Zeit als bei zwei Stufen und beinahe 50% weniger als bei vier Stufen.

Der Fahrgastwechsel bei einem Waggon mit vier Stufen, genauso wie bei drei Stufen, pendelt sich mit steigender Personenanzahl bei der Referenzstufenanzahl von zwei ein. Daraus kann gefolgert werden, dass sich die Rückstauenebene mit zunehmendem Fahrgastaufkommen ins Innere des Waggons verschiebt.

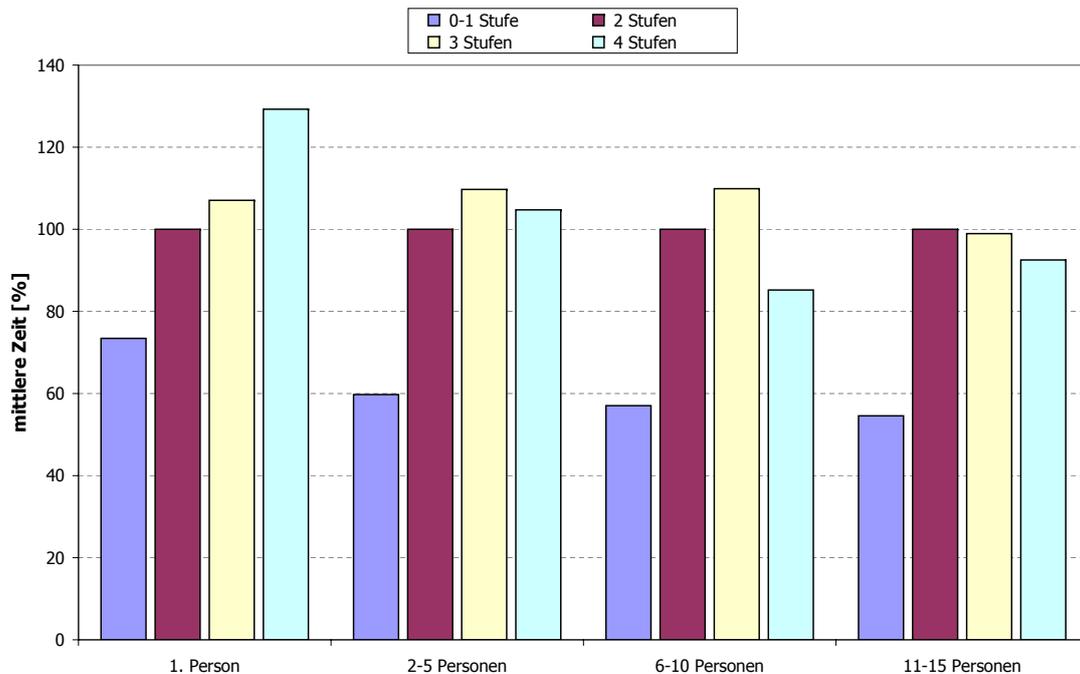


Abbildung 6.12: Der Fahrgastwechsel bezogen auf die Stufenanzahl; Referenzstufe = 2
Zeitbedarf der Referenzstufen = 100% [19]

Das Gepäckaufkommen beim Fahrgastwechsel beeinflusst die dafür benötigte Zeit. In der folgenden Grafik ist erkenntlich, dass im Mittel mit zunehmender Anzahl der einsteigenden Fahrgäste auch das Gepäckaufkommen steigt. Das kann darauf zurück geführt werden, dass Reisende mit leichtem bzw. wenig Gepäck sich schneller zu der gewählten Tür bewegen können. Weiters scheint es, dass Fahrgäste mit großen bzw. schweren Gepäckarten denen mit leichten Gepäck Vorrang zu geben und zuwarten bis der Einstieg wieder frei ist um ohne Gedränge einzusteigen.

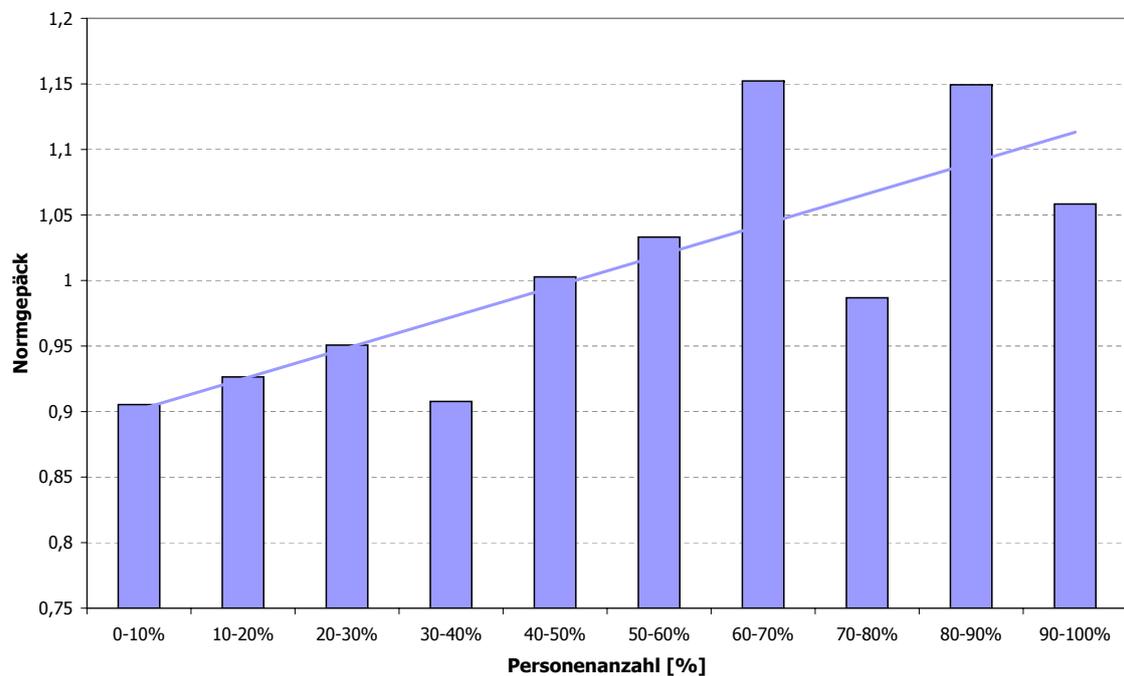


Abbildung 6.13: Gepäckaufkommen beim Einstiegsvorgang [19]

6.3 Der Parameter Fahrzeuginnenraumgestaltung

Das Fahrzeuginnere hat einen großen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit. Ist der Waggonraum so gestaltet, dass sich die Rückstauenebene schnell in diesen hinein verlegt, kann der Zug abfahren. Jedoch müssen dafür entsprechende Gangbreiten und Gepäckaufbewahrungen vorhanden sein.

Für die Auswertungen der Fahrzeuginnenraumgestaltung werden keine Einschränkungen bezogen auf die Personenzahl oder deren Zeitaufwand vorgenommen.

Da bei diesen Datenerhebungen die meisten Waggons vor Beginn des Einstiegvorgangs nur mit 10 oder max. 20% besetzt waren, kann hier von einer zügigen Sitzplatzfindung ausgegangen werden.

Bezugnehmend auf die Clusterung im Kapitel 6.1 zeigt das folgende Diagramm die Fahrzeuginnenraumgestaltung.

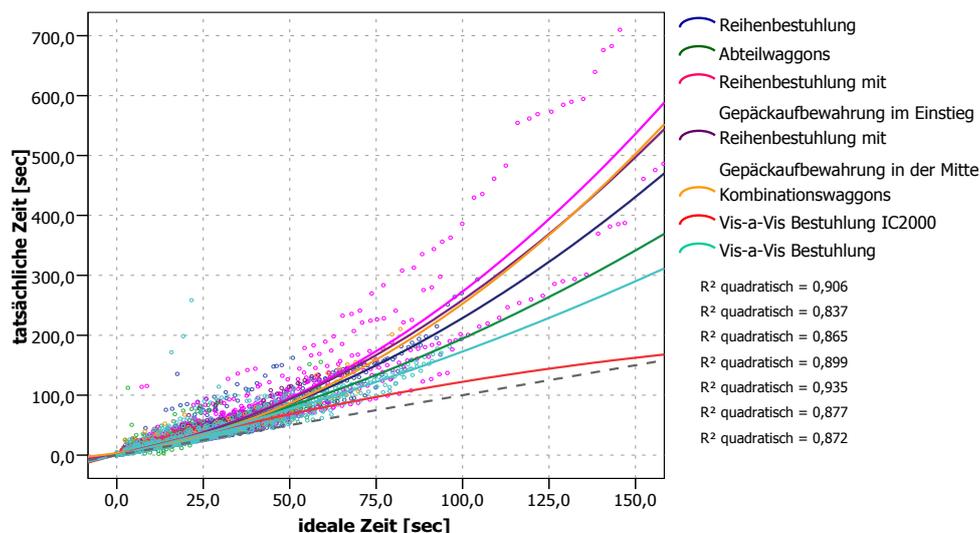


Abbildung 6.14: Sieben Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden [19]

Gesamtkonzept des IC2000: Aufgrund des sehr großzügigen Auffangbereiches und der Teilung des Fahrgaststromes ist die Bestuhlung im Inneren des Fahrzeuges eher sekundär, da sich die Fahrgäste sehr schnell im Zug fortbewegen können. Daraus folgt, dass beim IC2000 das Gesamtkonzept zu beachten ist.

Vis-a-Vis Bestuhlung: Die Vis-a-Vis Bestuhlung bietet wegen des Platzes zwischen den gegenüberliegenden Sitzen sehr viele Ausweichmöglichkeiten. Die Fahrgäste können sich zwischen die Sitze stellen um andere Reisende vorbei zulassen und sofern kein zu großer Tisch zwischen den Plätzen angeordnet ist, ist auch das Hinaufheben des Gepäcks ein geringes Problem. Weiters ist es relevant, wieviel Platz zwischen den Sitzrückenlehnen ist, da auch in diesem Zwischenraum das Gepäck schnell und einfach verstaut werden kann und somit nicht mehr störend im Gang steht. Ein weiterer Vorteil der Unterbringung des Gepäcks zwischen den Sitzen ist, dass die Fahrgäste ihr Gepäck bei sich haben und nicht wie bei Gepäcksaufbewahrungen im Einstiegsbereich oder auch in der Mitte des Fahrzeuges keinen Sichtkontakt dazu haben.

Abteilwaggons: Hier ist die Gangbreite sehr ausschlaggebend, da sie deutlich höher ist als bei den restlichen Fahrzeuginnenraumgestaltungen. 70-90cm bieten auch für Fahrgäste mit größeren Gepäckstücken soviel Platz, dass sie bequem durchgehen können. Ein weiterer Vorteil der Abteilwaggons liegt darin, dass die Fahrgäste, sobald sie das Abteil betreten, den Fahrgaststrom nicht mehr behindern oder beeinflussen. Auch wenn zwei Fahrgastströme aufeinander treffen, bieten die Abteile eine Ausweichmöglichkeit, das bedeutet, dass Gegenverkehrsflüsse einen Einfluss auf die Fortbewegung des Fahrgastes haben.

Allerdings sei auch bemerkt, dass die Abteile nur über Überkopfgepäckaufbewahrungen verfügen, welche sehr ungünstig und meist zu klein für das heute mitgeführte Gepäck sind. Somit kann es auch in Abteilwagen vorkommen, dass zu große Koffer oder Trolleys nicht in die Gepäckablagerungen hinein passen bzw. hinauf gehoben werden können und daher werden sie meist im Gang abgestellt um wiederum den Sichtkontakt halten zu können. Dies hat natürlich den Nachteil, dass die großzügige Gangbreite von 70-90cm eingeschränkt wird.

Reihenbestuhlung: Meist besitzen Fahrzeuge mit Reihenbestuhlung relativ enge Gänge (50-60cm; 2.Klasse). Außerdem bietet diese Art von Sitzplatzverteilung keine Ausweichmöglichkeiten wie zum Beispiel bei Vis-a-Vis Bestuhlung. Es sind auch keine Zwischenräume in Bodennähe vorhanden, die für die Gepäckverstaung genutzt werden können, sondern die Fahrgäste müssen die Überkopfgepäckaablagerungen verwenden oder das Gepäck in den Gang stellen, wo dieses wiederum behindernd wirkt.

Kombinationswaggon: Die zwei Abteile am Anfang und am Ende des Waggon führen nur zu einer Erweiterung des Auffangbereiches, jedoch verhelfen sie dem Fahrgaststrom nicht zum zügigen Weiterkommen. Ausschlaggebend für das Fahrgastverhalten ist auch im Kombinationswaggon die Reihenbestuhlung in der Mitte.

Reihenbestuhlung mit Gepäckaufbewahrung in der Mitte: In diesen Fahrzeugen wird der Fahrgaststrom von zwei wichtigen Größen beeinflusst, ersten von der Gangbreite, da die Reisenden ihr Gepäck in der Mitte verstauen möchten, müssen sie es durch den halben Wagen tragen, dies ist vor allem bei großen Gepäckstücken in engen Gängen problematisch. Daher kann sich schon hier ein Rückstau entwickeln. Zweitens die Sitzplatzfindung, denn haben die Passagiere ihr Gepäck verstaut, möchten sie einen Sitzplatz aufsuchen, dazu müssen sie jedoch wieder zurück gehen und erzeugen somit Gegenverkehr für die nach ihnen einsteigenden Fahrgäste, hier tritt eine zweite Situation für die Bildung eines Rückstaus auf.

Reihenbestuhlung mit Gepäckaufbewahrung im Einstiegsbereich: In dieser Bauart entwickelt sich der Rückstau schon relativ früh im Einstiegsbereich und beeinflusst somit gleichzeitig das Fahrzeuginnere. Nachdem das Gepäck im Einstiegsbereich verstaut wird, müssen die Passagiere den Fahrgaststrom queren. Dies hat zur Folge, dass sich in der Übergangszone zwischen Auffangbereich und Innenraum ein Gedränge entwickelt und die Fahrgäste nicht zügig voran kommen. Bei der Erhebung eines Thalys-Fahrzeuges in Köln mit diesem Fahrzeugtyp wurden 59 Personen erhoben, die in einen Waggon einstiegen. Bei diesem Einstiegsvorgang betrug die längste Rückstauzeit eines einzelnen Fahrgastes knappe 74 Sekunden und für den gesamten Ablauf des Einsteigens benötigten die 59 Passagiere ungefähr 9,5 Minuten. Beim Thalys ergibt sich, aufgrund der nur eintürigen Waggon eine gewisse Traubenbildung bei so gut wie jedem Fahrgastwechsel.

Aufgrund des ähnlich hohen Zeitbedarfs der Reihenbestuhlungskombinationen werden diese in weiterer Folge zusammen gefasst (siehe Abb. 6.15 und 6.16)

Auch bei der Fahrzeuginnenraumgestaltung bewegen sich die Streuungen des Zeitbedarfs der Aussteigenden in einer gewissen Bandbreite und im Gegensatz zu den einsteigenden Fahrgästen, nahe dem Meridian. Fahrgäste in einem Waggon mit Vis-a-Vis Bestuhlung weisen einen schnelleren Zeitbedarf auf, als bei den restlichen Bestuhlungsformen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es trotz Gänsemarschbildung im Gang den Fahrgästen noch möglich ist auch zwischen den Sitzen ihr Gepäck herunterzuheben und bereitzustellen.

In den restlichen Fahrzeuginnenraumgestaltungen verhalten sich die Passagiere sehr ähnlich bezüglich des Zeitaufwandes, wobei beim IC2000 darauf hinzuweisen ist, dass der ausschlaggebende Grund darin liegt, dass im Auffangbereich zwei Fahrgastströme aufeinander treffen und sich somit Staupunkte bilden können.

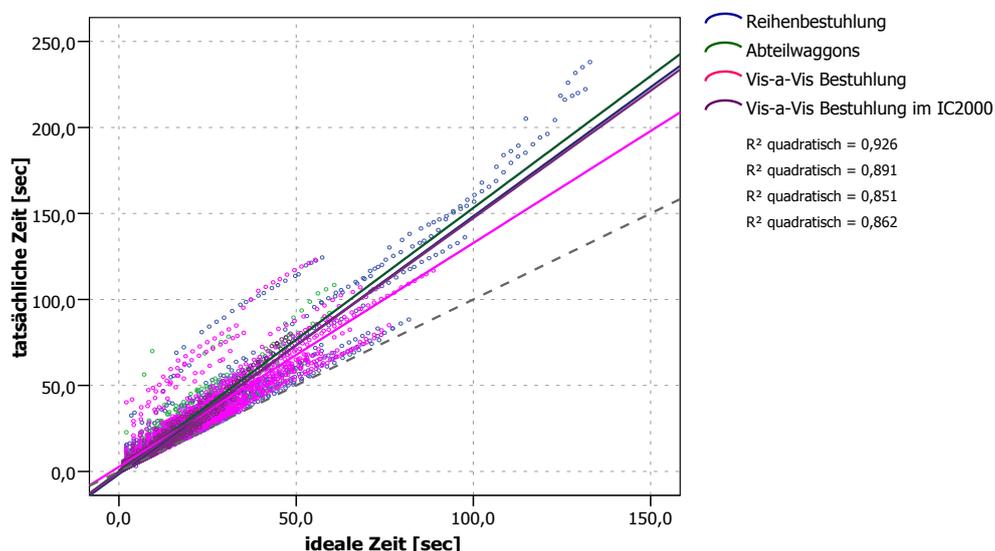


Abbildung 6.15: Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Aussteigenden [19]

In der nachfolgenden Grafik sind die zusammengefassten Fahrzeuge nochmals dargestellt. Hier ist nun schön zu erkennen, dass das Fahrzeuginnere einen beträchtlichen Einfluss auf das Fahrgastverhalten hat. Werden der IC2000 und die Reihenbestuhlung miteinander verglichen, stellt sich folgendes heraus: bei 50 Sekunden idealer Zeit benötigen die Fahrgäste in den IC2000 tatsächlich ungefähr 80 Sekunden, in einen Waggon mit Reihenbestuhlung knapp unter 100 Sekunden, somit erhöht sich der Zeitbedarf bei ersterem Beispiel um ungefähr das 1,5fach, beim zweiten Beispiel besteht schon beinahe eine Verdoppelung.

Wird als Idealzeit 100 Sekunden heran gezogen, verhalten sich die Relationen folgender-

maßen: Fahrgäste, die in den IC2000 einsteigen, benötigen in etwa 120 Sekunden, also ist der tatsächlichen Zeitaufwand das 1,2fache des Idealen. Bei Passagieren, die in einen Fahrzeug mit Reihenbestuhlung einsteigen, erhöht sich der tatsächliche Zeitbedarf um das 2,75fache der idealen Zeit.

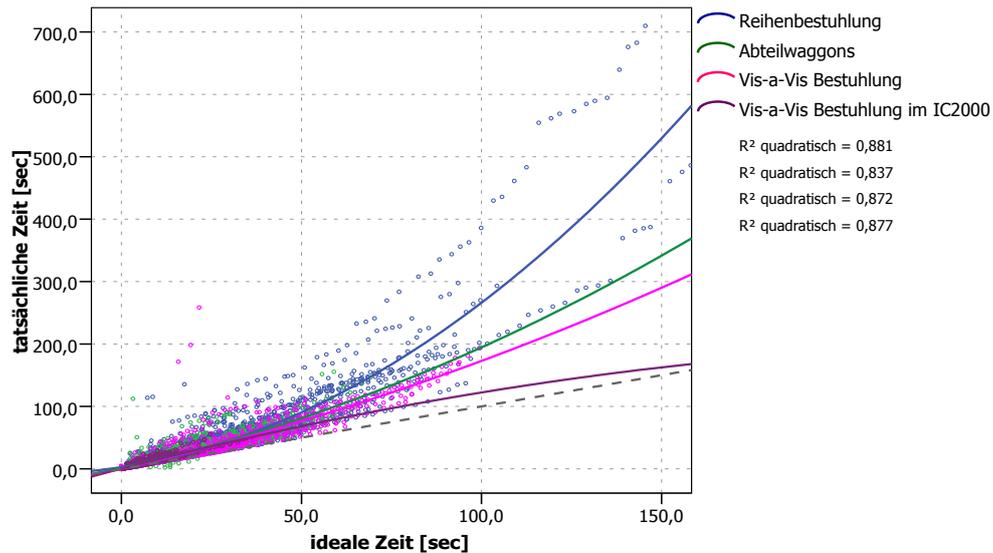


Abbildung 6.16: Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden [19]

Werden die Einstiegstypen der Reihenbestuhlung miteinander verglichen, entwickelt sich folgendes Diagramm

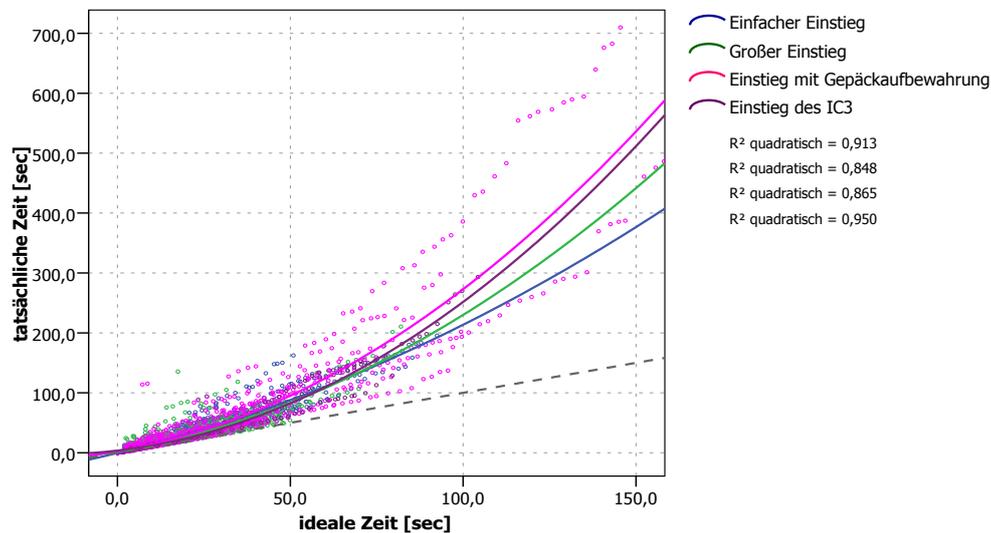


Abbildung 6.17: Einstiegstypen der Reihenbestuhlung [19]

Die Fortbewegung im Fahrzeuginnerem ist auch von der Auffangraumgestaltung abhängig. Verläuft der Einstiegsvorgang von vornhinein zügig, entwickelt sich die Rückstauenebene erst im Wageninnerem. Nach einer gewissen Anzahl von eingestiegenen Personen bzw. nach einer gewissen verstrichenen Zeit relativiert sich der Einstiegstyp jedoch bezogen auf das Fahrzeuginnere, dies verdeutlichen die Kurven des einfachen und großen Einstiegstypen. Auch in dieser Grafik schneidet der Einstiegsbereich mit Gepäckaufbewahrung wieder am schlechtesten ab. Das liegt daran, dass der Stauknoten sich schon im Auffangbereich bildet und somit die Fahrgäste kein zügiges Betreten des Fahrzeugraumes haben.

Auffallend ist bei dieser Grafik, dass sich die Passagiere im IC3 langsamer verhalten, als der Einstiegstyp eigentlich erwarten lässt. Das führt daher, dass die prinzipielle Trennung des Fahrgaststromes eine positive Auswirkung hat, wie das Diagramm 6.5 zeigt, die negativen Effekte der Reihenbestuhlung machen sich erst bei mehreren Personen bemerkbar. Ein weiterer Faktor beim IC3 ist, dass die 1. Klasse nur über die 2. Klasse zugänglich ist, und natürlich trägt die geringe Türenanzahl das ihrige bei.

Wie schon anfangs erwähnt, spielen die Gangbreiten eine wichtige Rolle bei der Fortbewegung im Zug. In der nachfolgenden Abbildung werden Gangbreiten größer 60cm Gangbreiten kleiner 60cm gegenüber gestellt und es ist ersichtlich, dass geräumigere Gänge eine schnellere Fortbewegung im Zug zu lassen. Aufgrund der Gepäckmitführung sollten die Gänge auf deren Abmessungen abgestimmt sein.

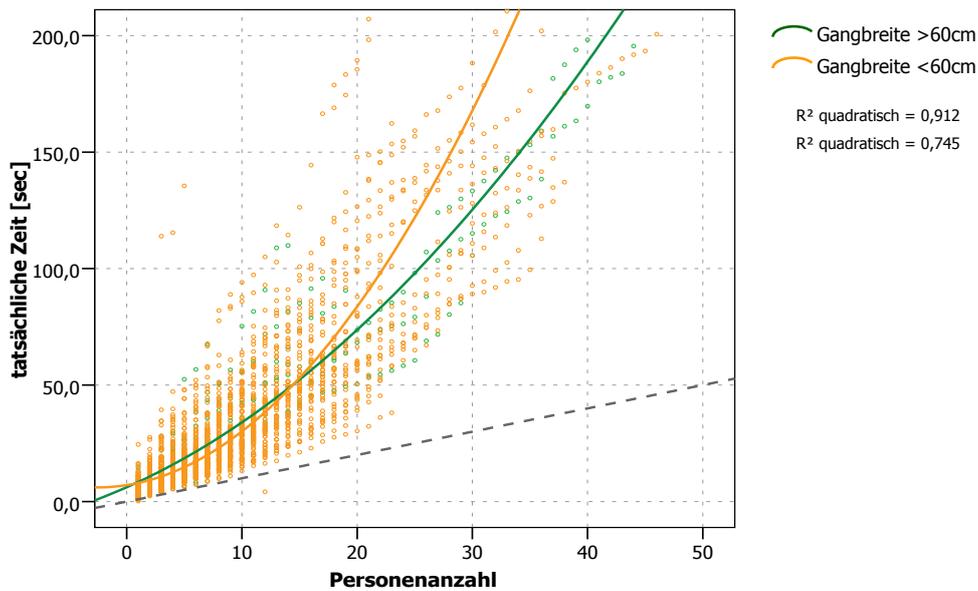


Abbildung 6.18: Vergleich der Gangbreiten kleiner und größer 60cm

Für eine qualitative und quantitative Erfassung des Gepäckaufkommens wird ein Normgepäckstück eingeführt, dass sich auf folgenden Gepäckcluster bezieht:

Gepäckcluster	Normgepäck
kein Gepäck	0,7
Handgepäck	0,7
großer / mittlerer Rucksack	0,8
große / mittlere umgehängte Reisetasche und ev. Handgepäck	0,9
großer / mittlerer Rucksack und ein bis drei Stücke Handgepäck	1,0
große / mittlere Reisetasche in der Hand	1,0
ein mittlerer Koffer / Trolley	1,0
ein großes Gepäckstück (Koffer, Trolley, Reisetasche) und ev. Handgepäck	1,5
ein bis mehrere große Gepäckstücke und ev. Handgepäck und ev. großer / mittlerer Rucksack	2,5

Tabelle 6.1: Normgepäckaufteilung bezogen auf Gepäckscluster

Aus der oben stehenden Tabelle kann entnommen werden, dass das Normgepäckstück eine Mischung aus den Kubaturen des Passagieres und des Gepäcks ist, denn auch einem Fahrgast ohne Gepäck wird ein Normgepäckswert zugeordnet. Durch diese Kombination Fahrgast / Gepäck ist in dem Normgepäckswert gleich die Mobilitätseinschränkung aufgrund Gepäck inkludiert. Somit kann das Normgepäck / Person Auskunft über das gesamte Gepäckaufkommen geben.

In den beiden Grafiken 6.19 und 6.20 wird der Zeitbedarf der Einsteigenden in Abhängigkeit des Durchschnittswerts des Normgepäck / Person für Reihenbestuhlung und für Vis-a-Vis Bestuhlung dargestellt. Wie zu erwarten war, ist es schwieriger sich mit viel Gepäck im Zug zu bewegen.

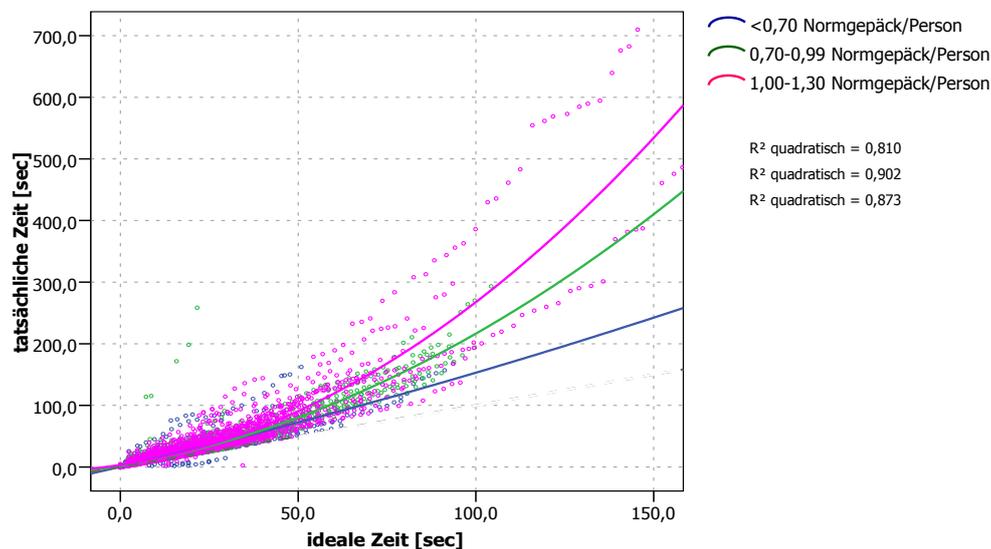


Abbildung 6.19: durchschnittliches Gepäckaufkommen in einem Fahrzeug mit Reihenbestuhlung [19]

In einem Fahrzeug mit Reihenbestuhlung und bei 50 Sekunden idealer Zeit ist der tatsächliche Zeitbedarf des durchschnittlichen Fahrgastes bei höherem Gepäckaufkommen wieder beinahe doppelt so hoch, während ein Passagier bei geringerem Gepäckaufkommen nur das 1,5fache benötigt. Der Zeitaufwand eines Passagieres bei sehr geringem Gepäckaufkommen verläuft beinahe linear und daher bleibt das Verhältnis zwischen idealer und tatsächlicher Zeit in etwa gleich. Bei Passagieren bei einem besonders hohem Gepäckaufkommen erhöht sich die Relation zwischen idealer und tatsächlicher Zeit bis auf das 3,5fache.

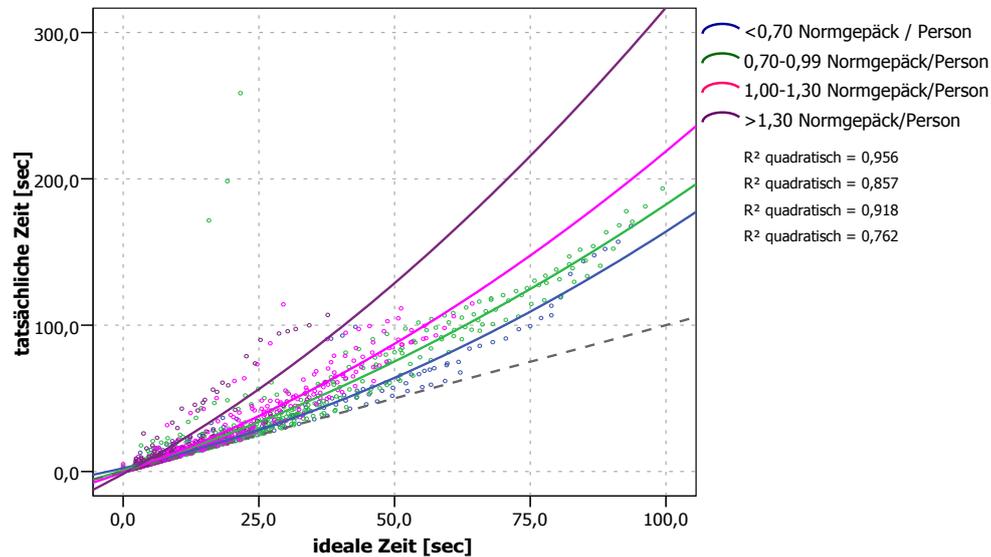


Abbildung 6.20: durchschnittliches Gepäckaufkommen in einem Fahrzeug mit Vis-a-Vis Bestuhlung [19]

Passagiere bei hohem Gepäckaufkommen, also bis 1,30, können sich in der Vis-a-Vis Bestuhlung schneller bewegen als in der Reihenbestuhlung. Das ist darauf zurückzuführen, dass bis zu dieser Größe die Gepäckstücke noch leicht zwischen den Sitzen verstaut werden können und somit das anstrengende Hinaufheben von Koffern, Trolleys oder Reisetaschen in die Überkopfgepäckaufbewahrung wegfällt. Allerdings ist zu beachten, dass ab einem Gepäckaufkommen von 1,3 der Zeitbedarf drastisch ansteigt, dies hängt damit zusammen, dass diese Normgepäckstücke zu groß sind um gehoben zu werden und zu groß sind um zwischen die Sitzplätze geschoben zu werden. Weiters kann auch angenommen werden, dass die Gänge für solch großen Gepäckstücke zu schmal sind und somit die Fortbewegung der Passagiere im Zug erheblich eingeschränkt ist. Im Endeffekt wird diese Gepäckart am Gang in der Nähe des Sitzplatzes abgestellt und stellt somit eine weitere Behinderung für nachfolgende oder durchquerende Fahrgäste dar.

In den nachfolgenden Abbildungen wird die Personenanzahl der tatsächlichen Zeit in Abhängigkeit der Bestuhlungsform gegenübergestellt.

Beim Ausstiegsvorgang ist es wieder auffallend, dass alle Sitzplatzanordnungen innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen und dass sich die Fahrgäste annähernd linear verhalten. Der IC2000 stellt aufgrund seines geeigneten Gesamtkonzepts ein ideales Verhalten dar und es ist deutlich zu erkennen, dass bei den restlichen Bestuhlungsarten noch Verbesserungspotenziale vorhanden sind. Beim IC2000 kommt es aufgrund der breiten Türen und des niveaufreien Umsteigens zu einer größeren Anzahl von Fahrgästen / Querschnitt und somit kann das Aussteigen beim IC2000 quasi parallel betrachtet werden.

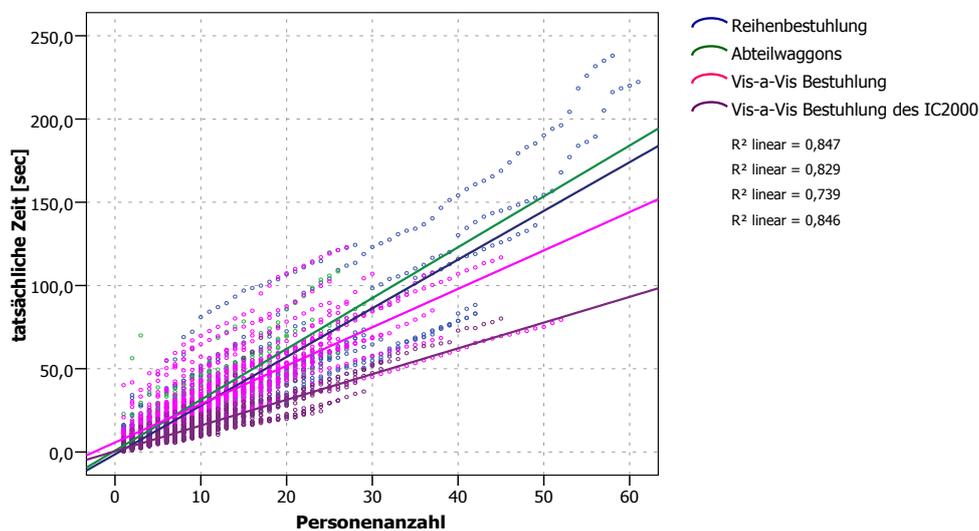


Abbildung 6.21: Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen in Abhängigkeit der aussteigenden Personenanzahl und der tatsächlichen Zeit [19]

Bei den einsteigenden Fahrgästen ist die Streuung des Zeitbedarfs bezogen auf die Bestuhlungsform schon erheblich größer. Der IC2000 kommt auch hier dem ideal Zustand schon sehr nahe und es ist hervorzuheben, dass sich dieser auch bei einer geringen Anzahl von einsteigenden Passagieren beträchtlich von den anderen Fahrzeuginnenraumkonzepten abhebt.

Die restlichen drei häufig verwendeten Wageninnenraumgestaltungen zeigen ihre unterschiedlichen Einflussfaktoren erst ab einer gewissen Anzahl von eingestiegenen Reisenden.

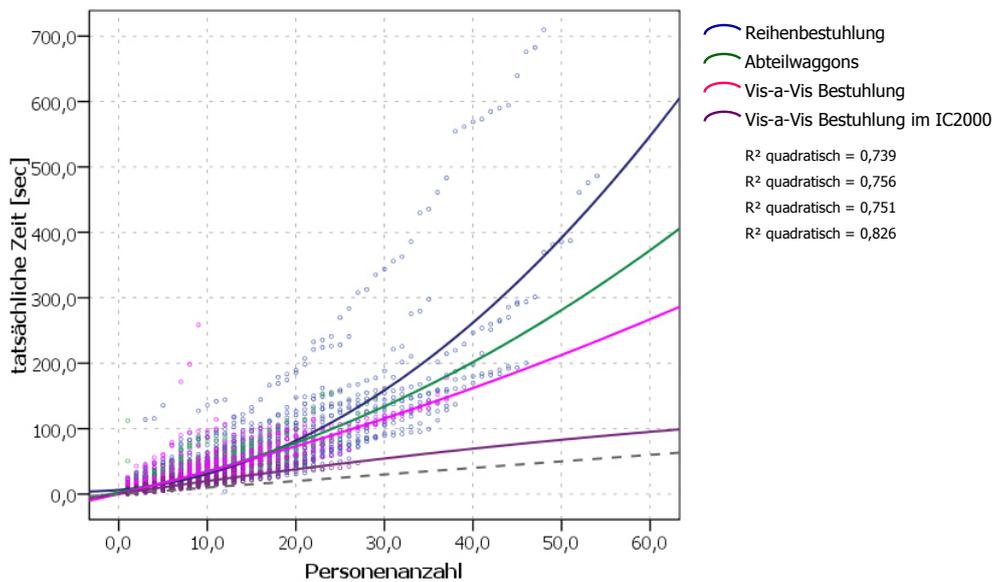


Abbildung 6.22: Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen in Abhängigkeit der einsteigenden Personenanzahl und der tatsächlichen Zeit [19]

6.4 Abschätzung der Fahrgastwechselzeit

In diesem Kapitel wird die durchschnittliche Fahrgastwechselzeit anhand einer Wechselzeitmatrix, die aus RÜGERs Dissertation [10] entnommen wurde, berechnet. Es soll gleich zu Beginn angemerkt werden, dass dies nur eine Abschätzung bzw. ein Annäherungsverfahren ist.

Steigen in Summe max. zehn Fahrgäste ein, dann ist der unmittelbare Einstiegs- und Auffangbereich maßgebend, wenn hingegen mehr als zehn Fahrgäste einsteigen, wirkt sich zunehmend der Rückstau aufgrund des Fahrzeuginnenraums aus. Aus diesem Grund wird für jeden Fall ein Näherungsverfahren vorgeschllt. Welches anzuwenden ist, hängt von der Anzahl der Fahrgäste ab.

Zu betrachten ist die kritische Tür des Zuges, also jene Türe, an der mit dem höchsten Fahrgastaufkommen zu rechnen ist.

RÜGER hat den Reisezweck in diverse Bereiche unterteilt und diesen eine bestimmte Anzahl von Gepäckstücken zugeordnet. Diese Zuordnung wird im ersten Schritt an die Gepäcksclustering, die dieser Arbeit zugrunde liegt, angepasst. Daraus ergibt sich folgende Matrizenberechnung

$$Z * G_w = E \quad (6.1)$$

wobei

- Z ... Reisezweck; in Form eines Zeilenvektors

$$Z = z_{ij} \text{ mit } i = 1 \text{ und } 1 \leq j \leq 7$$

Für z_{ij} gilt:

z_{11} ... Urlaubsreise	z_{12} ... Privatreise	z_{13} ... Privat-Kurzreise
z_{14} ... Privat-Tagesreise	z_{15} ... Dienstreise-mehrtägig	z_{16} ... Dienstreise-eintägig
z_{17} ... Pendler		

- $G_w \dots$ Gepäckmatrix

(6.2)

$$G_w = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{mehrere große} \\ \text{Gepäckstücke} \\ \text{ein großes} \\ \text{Gepäckstück} \\ \text{ohne bis wenig} \\ \text{Gepäck} \end{matrix} & \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \\ \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,02 & 0,45 & 0,93 \\ 0,02 & 0,45 & 1,16 \\ 0,00 & 0,25 & 0,99 \\ 0,00 & 0,13 & 0,75 \\ 0,01 & 0,30 & 1,13 \\ 0,00 & 0,13 & 0,99 \\ 0,00 & 0,10 & 0,95 \end{bmatrix} & \begin{matrix} \text{Urlaubsreise} \\ \text{Privatreise} \\ \text{Privat – Kurzreise} \\ \text{Privat – Tagesreise} \\ \text{Dienstreise – mehrtägig} \\ \text{Dienstreise – eintägig} \\ \text{Pendler} \end{matrix} \end{matrix}$$

- $E \dots$ ist das zu erwartende durchschnittliche Reisegepäck / Person

In weiterer Folge kann mittels einer Wechselzeitmatrix W und deren Multiplikation mit E der Zeitbedarf t für den durchschnittlichen Fahrgast ermittelt werden.

$$E * W = t_{\text{einzel}} \text{ [sec]} \tag{6.3}$$

Die Wechselzeitmatrix W setzt sich aus acht Spaltenvektoren zusammen, jeweils vier für Einsteiger (E) und Aussteiger (A). Die Indizes ($0-4$) beschreiben die Stufenanzahl, wobei hier vermerkt werden soll, dass null und eine Stufe nur beim IC2000 vorkommen und aufgrund des sehr ähnlichen Verhaltens bei diesem Zugtyp werden die Stufen zusammengefasst.

Um beispielsweise den Zeitbedarf eines einsteigenden Passagiers auf einer Bahnsteighöhe von 55cm in einen ICE zu berechnen, muss der Spaltenvektor W_{E3} zur weiteren Berechnung herangezogen werden.

Die Wechselzeitmatrix W setzt sich aus folgenden Vektoren zusammen:

$$\begin{aligned}
 W_{E0} = \begin{bmatrix} 2,35 \\ 2,15 \\ 1,70 \end{bmatrix} \quad W_{E2} = \begin{bmatrix} 5,50 \\ 3,70 \\ 2,30 \end{bmatrix} \quad W_{E3} = \begin{bmatrix} 5,70 \\ 3,80 \\ 2,50 \end{bmatrix} \quad W_{E4} = \begin{bmatrix} 6,25 \\ 4,15 \\ 2,80 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{mehrere große Gepäckstücke} \\ \text{ein großes Gepäckstück} \\ \text{kein bis wenig Gepäck} \end{array}
 \end{aligned} \tag{6.4}$$

$$\begin{aligned}
 W_{A0} = \begin{bmatrix} 1,80 \\ 1,50 \\ 1,40 \end{bmatrix} \quad W_{A2} = \begin{bmatrix} 4,50 \\ 2,30 \\ 2,00 \end{bmatrix} \quad W_{A3} = \begin{bmatrix} 4,95 \\ 2,50 \\ 2,20 \end{bmatrix} \quad W_{A4} = \begin{bmatrix} 5,20 \\ 2,70 \\ 2,50 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{mehrere große Gepäckstücke} \\ \text{ein großes Gepäckstück} \\ \text{kein bis wenig Gepäck} \end{array}
 \end{aligned}$$

Für den **Auffangbereich** ist eine **Personenanzahl von maximal zehn zulässig**, da sich ansonsten Rückstauwirkungen aus dem Fahrzeuginneren ergeben, die bei diesem Annäherungsverfahren nicht berücksichtigt wurden.

Für **aussteigende Fahrgäste** ergibt sich eine lineare Verteilung.

$$T = P * t_{\text{einzel}} \tag{6.5}$$

wobei

T ... tatsächlich erforderliche Zeit; [sec]

P ... Anzahl der aussteigenden Fahrgäste

t_{einzel} ... Zeitbedarf eines durchschnittlichen Fahrgastes aus Gleichung 6.3 bezogen auf den Auffangbereich

Für **einsteigende Fahrgäste** in einem **Auffangbereich** kann das Verhalten durch eine quadratische Parabel beschrieben werden. Ausnahme ist der IC2000, der als Tangente dient und somit den Idealzustand darstellt. Die Grundfunktion lautet:

$$T = (k_{AB} * P^2 + P) * t_{\text{einzel}} * f_{\text{auf}} \tag{6.6}$$

wobei

T ... tatsächlich erforderliche Zeit; [sec]

P ... Anzahl der einsteigenden Fahrgäste

t_{einzel} ... Zeitbedarf eines durchschnittlichen Fahrgastes aus Gleichung 6.3 bezogen auf den Auffangbereich

k_{AB} ... Faktor für den Auffangbereich; siehe Tab. 6.2

f_{auf} ... Faktor für Fahrzeuginnenräume, in denen sich der Fahrgaststrom aufteilen kann (Bsp.: IC2000, IC3)

Auffangbereich	Faktor k_{AB}	Faktor f_{auf}
Einstiegsbereich des IC2000	0,000	0,75
Einstiegsbereich des IC3	0,000	0,75
großer Einstiegsbereich	0,015	1,00
einfacher Einstiegsbereich	0,025	1,00
Einstiegsbereich mit Gepäckaufbewahrung	0,035	1,00

Tabelle 6.2: Faktor für den Auffangbereich der Einsteigende [19]

Soll die Fahrgastwechselzeit für **mehr als zehn Passagiere** berechnet werden, wird der **Innenraum** maßgeblich, weshalb folgendes Nährungsverfahren zur Anwendung kommt. Der Zeitbedarf des durchschnittlichen Fahrgast für den IC2000 kann aus den Diagrammen 6.21 und 6.22 gelesen, da der IC2000 auch in diesem Fall wieder den Idealzustand darstellt. Soll der Zeitaufwand des durchschnittlichen Fahrgastes in Abhängigkeit des Fahrzeuginnenraumes berechnet werden, wird eine Normgepäckgröße benötigt, die sich folgender Maßen berechnen lässt:

$$E * N = N_{vor} \tag{6.7}$$

wobei

- E ... laut Gleichung 6.1

und

- N ... durchschnittliches Normgepäck / Person; in Form eines Spaltenvektors

$$N = n_{ij} \text{ mit } i = 1 \text{ und } 1 \leq j \leq 3$$

Für N gilt:

$$N = \begin{bmatrix} 2,5 \\ 1,5 \\ 0,85 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{mehrere große Gepäckstücke} \\ \text{ein großes Gepäckstück} \\ \text{kein bis wenig Gepäck} \end{array}$$

Die Werte für N_{vor} können aus Tab. 6.3 entnommen werden.

vorhandenes Normgepäck N_{vor}	Faktor N_G
< 0,70	0,80
0,7 - 0,99	0,90
1,00 - 1,30	1,00
> 1,30	1,30

Tabelle 6.3: Normgepäckverteilung [19]

Für **aussteigende Fahrgäste** aus dem IC2000 ergibt sich daher folgender Einzelzeitbedarf

$$t_{FZ,A} = 2,50 \text{ sec} \tag{6.8}$$

Aussteigende Fahrgäste verhalten sich bei den restlichen Fahrzeugtypen ebenfalls linear, jedoch erhöht sich die Steigung für jeden Fahrzeuginnenraum um den Faktor $k_{FZ,A}$. Die Grundfunktion der linearen Gleichung lautet daher:

$$T = k_{FZ,A} * t_{FZ,A} * P \tag{6.9}$$

wobei

T ... tatsächlich erforderliche Zeit; [sec]

$k_{FZ,A}$... Faktor für Fahrzeuginnenraum; siehe Tab. 6.4

$t_{FZ,A}$... Einzelzeitbedarf des durchschnittlichen aussteigenden Fahrgastes bezogen auf den Fahrzeuginnenraum

P ... Anzahl der aussteigenden Fahrgäste

Fahrzeuginnenraum	Faktor $k_{FZ,A}$
IC2000	0,65
Vis-a-Vis Bestuhlung	1,00
Reihenbestuhlung	1,15
Abteilwaggons	1,20

Tabelle 6.4: Faktor für den Fahrzeuginnenraum der Aussteigenden [19]

Der Zeitbedarf für **einsteigende Fahrgäste** bezogen auf den **Fahrzeuginnenraum** wird neben des Innenraumdesigns auch noch von der Normgepäckverteilung und der Gangbreite beeinflusst. Auch in diesem Fall kann der IC2000 als linear angenommen werden und widerspiegelt den Idealzustand und die Tangenten der restlichen Parabeln.

Somit ergibt sich für Fahrgäste, die in den IC2000 einsteigen, folgender Einzelzeitbedarf

$$t_{FZ,E} = 3,50 \text{ sec} \tag{6.10}$$

Das Verhalten von einsteigenden Fahrgästen bei den restlichen Fahrzeuginnenraumgestaltungen kann durch eine quadratische Parabel beschrieben werden, dazu kommen noch die

Faktoren für das Normgepäck N_G und für die Gangbreite G_B , die auch für den Zeitbedarf beim IC2000 verwendet werden können, allerdings ist hier die Grundfunktion linear.

Grundfunktion

$$T = N_G * G_B (k_{FZ,E} * P^2 + P) t_{FZ,E} * f_{auf} * f_{IC2000} \tag{6.11}$$

wobei

T ... tatsächlich erforderliche Zeit; [sec]

N_G ... Faktor für Normgepäckverteilung; siehe Tab. 6.3

G_B ... Faktor für Gangbreite >60cm, siehe Tab. 6.5

$k_{FZ,E}$... Faktor für Fahrzeuginnenraum; siehe Tab. 6.5

$t_{FZ,E}$... Einzelzeitbedarf des durchschnittlichen einsteigenden Fahrgastes bezogen auf den Fahrzeuginnenraum

P ... Anzahl der einsteigenden Fahrgäste

f_{auf} ... Faktor für Fahrzeuginnenräume, in denen sich der Fahrgaststrom aufteilen kann (Bsp.: IC2000, IC3)

f_{IC2000} ... Faktor für ein Gesamtkonzept wie IC2000 (breite Türen, ebener Einstieg)

Fahrzeuginnenraum	Faktor G_B		Faktor $k_{FZ,E}$	Faktor f_{auf}	Faktor f_{IC2000}
	<60cm	>60cm			
IC2000	1,00	0,75	0,00	0,75	0,75
Vis-a-Vis Bestuhlung	1,00	0,75	0,01	1,00	1,00
Abteilwaggons	—	1,00	0,015	1,00	1,00
Reihenbestuhlung	1,00	0,75	0,03	1,00	1,00

Tabelle 6.5: Faktoren G_B , $k_{FZ,E}$, f_{auf} und f_{IC2000} - einsteigenden Fahrgäste [19]

Beispiel zur Berechnung der erforderlichen Fahrgastwechselzeit

Einstiegsbereich

Zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit muss als erster die Reisezweckverteilung festgelegt werden, für dieses Beispiel werden folgende Reisezwecke angenommen:

Reisezweck	Verteilung
Urlaubsreise	50%
Privatreise	10%
Privat - Kurzreise	24%
Privat - Tagesreise	3%
Dienstreise - mehrtägig	11%
Dienstreise - eintägig	1%
Pendler	1%

Tabelle 6.6: Beispiel einer Reisezweckverteilung [10]

Aus der Formel 6.1 ergibt sich mit den Werten in Tabelle 6.6 und der Gepäcksmatrix G_w folgendes zu erwartende Gepäck pro durchschnittlichem Fahrgast

$$E = 0,013 \quad 0,369 \quad 0,985 \quad (B1)$$

Es wird angenommen, dass die Passagiere auf einer Bahnsteigkante mit 55cm auf einen ICE-Zug warten, somit müssen diese 3 Stufen überwinden. Für die Berechnung der Einzelzeit des durchschnittlichen Fahrgastes wird in Gleichung 6.3 mit W_{E3} aus Gleichung 6.4 eingesetzt. Daraus ergibt sich eine Einzelzeit von:

$$t_{\text{einzel}} = E * W_{E3}$$

$$t_{\text{einzel}} = 3,93 \text{ sec} \quad (B2)$$

Mit den Gleichungen 6.5 und 6.6 und der Personenanzahl kann der tatsächliche Zeitbedarf berechnet werden. Für dieses Beispielen wurden für den Auffangbereich eine Fahrgastanzahl von ≤ 10 angenommen und der IC2000 wurde mit der Wechselzeitmatrix W_{E0} berechnet. Daraus ergibt sich folgendes Diagramm:

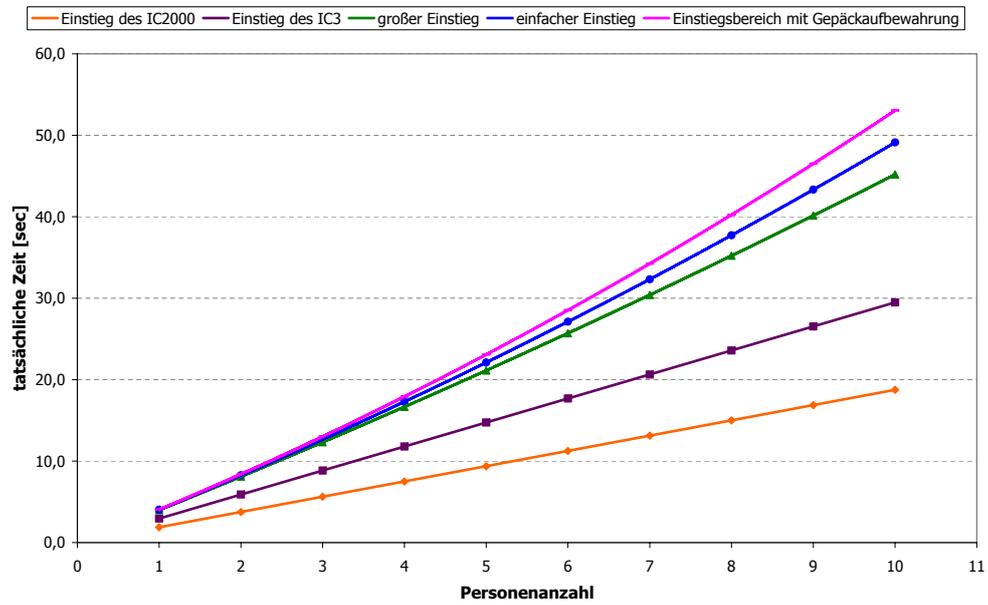


Abbildung 6.23: Beispiel: Berechnung des tatsächlichen Zeitbedarfs in Abhängigkeit des Einstiegstypes [19]

Fahrzeuginnenraum

Für die Berechnung des tatsächlichen Zeitbedarfs in Abhängigkeit des Fahrzeuginnenraums sind folgende Annahmen getroffen:

Es handelt sich um einen 2. Klasse-Waggon, daher ist $G_B = 1$ und die Personenanzahl ≤ 50 und somit ≥ 10 , daher wird die Berechnung in Abhängigkeit des Fahrzeuginnenraumes angewendet.

Mittels der Gleichung 6.7 und dem berechneten Gepäckaufkommen (B1) kann die Normgepäckgröße ermittelt werden:

$$N * E = N_{vor}$$

$$N_{vor} = 1,42 \text{ Normgepäck/Person}$$

Mit der Einzelzeit $t_{FZ,E}$ aus Gleichung 6.10 und der Grundfunktion 6.11, lässt sich mit den Faktoren aus Tab. 6.3 und 6.5 der tatsächliche Zeitbedarf berechnen. Daraus folgt die Abb. 6.24.

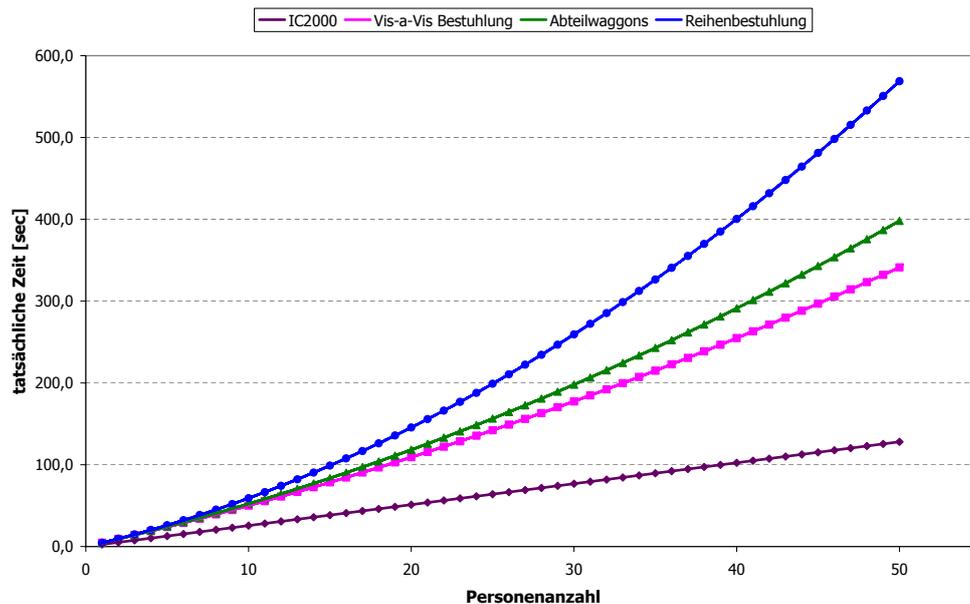


Abbildung 6.24: Beispiel: Berechnung des tatsächlichen Zeitbedarfs in Abhängigkeit des Fahrzeuginnenraums [19]

In weiterer Folge kann der gesamte Zeitbedarf der aus- und einsteigenden Fahrgäste berechnet werden:

$$t_{ges} = t_{aus} + t_{ein}$$

6.5 Zusammenfassung des Fahrgastwechsel bezogen auf den Innenraum

Nachdem der Fahrgast die Türe des Fahrzeuges durchschritten hat, ergeben sich, vor allem bei für die einsteigenden Fahrgäste, neue Restriktionen, die Verbesserungspotenziale besitzen.

Die aussteigenden Passagiere werden aufgrund der doch eher engen Fahrzeuggestaltung zu einem Gänsemarsch formiert. Dadurch ergibt sich ein schneller Aussteigevorgang, der bei allen Fahrzeuginnenräumen in einer ähnlichen Bandbreite liegt.

Im Gegensatz dazu bilden die einsteigenden Reisenden, trotz geringer Kapazitätenbeschränkung, ein Gedränge bzw. eine Mensentraube um die Türe. Dadurch erhöht sich die Gefahr eines Rückstaus in den Auffangräumen.

Wie die Auswertungen zeigen, haben Einstiegsbereiche, die einen Weg in das Fahrzeuginnere vorgeben, einen positiven Effekt auf die Fahrgastwechselzeit, während Auffangbereiche mit Gepäckaufbewahrung das Gegenteil hervorrufen. Einstiegstypen, die den Fahrgaststrom teilen, erzielen die besten Ergebnisse. Die Fahrgäste können sich rasch aufsplitten, und zwei Fahrzeugbereiche werden durch eine Türe versorgt.

Auffangräume, die direkt zu den Sitzplätzen führen, liegen bei den Auswertungen im Mittelbereich und besitzen demnach auch noch Verbesserungspotenziale.

Bei der Fahrzeuginnenraumgestaltung ist darauf zu achten, dass die Gepäckverstaungen einfach und bequem gestaltet sind. Fahrgäste in einem Fahrzeug mit Vis-a-Vis Bestuhlung können sich rascher bewegen, da die Option der bodennahen und gleichmäßig verteilten Gepäckaufbewahrung und Ausweichmöglichkeiten für vorbei gehende Fahrgäste vorhanden sind. Auch in Abteilwaggons können die Gänge relativ schnell wieder frei gemacht werden.

Mit einer optimalen Nutzung der Auffangbereiche und einer bequemen Fahrzeuggestaltung kann die Fahrgastwechselzeit erheblich verbessert werden.

Kapitel 7

Konsequenzen

Da die Betriebsqualität ein wichtiger Faktor für den Bahnbetrieb ist, muss die Bahn darauf achten, die Kundenzufriedenheit zu erfüllen.

Aufgrund der Ergebnisse in der vorliegenden Arbeiten können folgende Konsequenzen gezogen werden:

Der Fahrgastwechsel an der Einzeltür (Kapitel 5) ist vor allem durch die Stufenhöhe bzw. Stufenverhältnis, die Stufenanzahl, die Türbreite und die Bahnsteigkante gekennzeichnet. Da wegen der diversen Bahnsteighöhe eine generelle Harmonisierung dieser Indikatoren nicht möglich ist, sollen die Einzeltüren trotz alledem einen gewissen Grad an Bequemlichkeit aufweisen (Kapitel 5.4 und 5.4). Auch auf die Barrierefreiheit darf nicht vergessen werden. Die Stufenanzahl bewirkt auf manchen Bahnsteigkanten auch noch eine gewisse Spaltwirkung (5.5), die zwar für Jugendliche / Erwachsene nicht problematisch scheint, jedoch Kinder und ältere Menschen haben bei diesen Fahrzeugen schon erhebliche Schwierigkeiten.

Das Gesamtkonzept des IC2000 der Schweizerischen Bundesbahnen (Abschnitt 5.6) an einer Bahnsteigkante von 55cm haben sehr günstige Einflussfaktoren auf das Fahrgastverhalten, jedoch ist zu beachten, dass ein niveaufreier Einstiegsbereich meist nur auf eine Bahnsteighöhe konzipiert werden kann und daher die Nutzung solcher Züge in anderen Bahnhöfen mit zu unterschiedlichen Bahnsteigkanten ein Problem darstellen.

Der Fahrgastwechsel bezogen auf den Innenraum (Kapitel 6) impliziert sowohl das gute Vorankommen im Auffangbereich als auch im Fahrzeuginnenraum.

Der Einstiegsbereich kann durch einen vorgegeben Weg die Fahrgastwechselzeit verkürzen und kann für zuginterne Installationen, wie Klimanlage, Toiletten, Technik, etc. verwendet werden. Dadurch verliert der Fahrzeuginnenraum kaum Sitzmöglichkeiten, und die Fahrgäste entwickeln ein positives Verhalten (Abbildungen 6.3 und 6.5). Weiters wäre es gut, den Fahrgaststrom schon im Auffangbereich zu teilen, wie es die Fahrzeuge des IC2000 und IC3 (Abbildungen 6.3 und 6.5) zeigen. Eine Teilung des Fahrgaststromes bringt auch mit sich, dass zwei Fahrzeugteile mit Passagieren versorgt wird. Eine ausgeglichene Verteilung im Fahrzeuginnenraum ist dadurch gegeben. Somit können sich Rückstauflächen in das Fahrzeug verlagern, welche den Zug nicht an der Abfahrt hindern.

Die Stufenanzahl ist bezüglich des Einstiegsbereiches relativierbar (Abbildung 6.12). Sobald sich der Rückstau im Auffangbereich gebildet hat, können die Fahrgäste über weniger Stufen nicht mehr wirklich schneller einsteigen als über mehrere Stufen.

Die Fahrzeugtypen sollen generell die Gepäckaufbewahrung nahe des einzelnen Passagieres haben und wenn möglich bodennahe. Fahrzeuge mit Vis-a-Vis Bestuhlung zeigen deutlich, dass eine Gepäckverstaueung zwischen den Sitzen genutzt wird und die Fortbewegung im Zug weniger eingeschränkt ist (Abbildung 6.14, 6.16 und 6.20). Auch die Abteilwaggons bieten eine gute Lösung beim Einstieg in beinahe leere Fahrzeugen an (Abbildung 6.8). Bei der Reihenbestuhlung ist darauf zu achten, dass die Gangbreiten angemessen sind um die Gepäckstücke bequem tragen bzw. rollen zu können (Abbildung 6.18). Weiters sollte bei der Reihenbestuhlung auf einen angemessenen Auffangbereich geachtet werden, damit die Reisenden zügig zu ihren Plätzen gelangen (Abbildung 6.17)

Die IC2000 Fahrzeuge überzeugen mit einer guten Lösung, die auf dem Prinzip der Teilung des Fahrgaststromes basiert. Der Doppelstockwaggon lässt es zu, dass sich die Passagiere gleichmäßig im Fahrzeuginnenraum verteilen können und somit kann die Fahrgastwechselzeit verkürzt werden (Abbildung 6.14 und 6.16)

Die Gepäckmitnahme beeinflusst die Fahrgastwechselzeit sehr deutlich. Schon bei der Einzeltüre stellt das Gepäck bei einer zu großen Stufenanzahl ein gewisses Hindernis dar (Abbildung 5.20 und 5.21). Das Hinunterheben und Hinaufheben stellen auch für Jugendliche / Erwachsene eine gewisse Schwierigkeit dar.

In weiterer Folge ist dann die Gepäckaufbewahrung im Fahrzeug für den Fahrgast ein wichtiger Aspekt. Hier ist anzumerken, dass separate Gepäckaufbewahrungen das Fahrgastverhalten eher verschlechtern, da dadurch immer eine Kollision der Fahrgastströme entsteht und außerdem bemüht sich der Passagier sein Gepäck in Reichweite abzustellen, da eine gewisse Angst vor Diebstahl und Beschädigung bei unbeaufsichtigtem Gepäck besteht (Abbildung 6.14, 6.17 und 6.19). Die Gepäckverteilung in Vis-a-Vis Bestuhlungsfahrzeuge wiederum ist eine relativ gute, sofern zwischen den Sitzplätzen genug Stauraum vorhanden ist (Abbildung 6.20)

Bei den Abteilwagons ist die Gepäckaufbewahrung eher schlechter gewählt, da es kaum eine andere Möglichkeit als die Überkopfgepäckaufbewahrung gibt. Zu schwere und große Gepäckstücke werden daher eher in den Gang gestellt, wo diese zwar in Sichtweite sind, jedoch ein Hindernis für vorbeigehende Fahrgäste darstellen.

Zum Erscheinungszeitpunkt dieser Arbeit ist am Insitut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen der TU-Wien eine Arbeit im Entstehen, welche sich mit der Problematik der Gepäckunterbringung im Detail befasst.

Die Türaufteilung sollte so gewählt werden, dass sich eine Teilung des Fahrgaststromes ergibt. Wie die Beispiel IC3 und IC2000 zeigen, wirken sich solche Splittungen sehr positiv auf das Fahrgastverhalten und somit auch auf die Wechselzeit aus. Jedoch muss auch gesagt werden, dass eine offensichtliche Kennzeichnung der Wegoptionen vorhanden sein muss, denn ansonsten werden diese nicht von den Fahrgästen genutzt. Beim IC3 haben die Fahrgäste eigentlich kaum eine andere Wahl, da dieser nur zwei Türen auf der gesamte Zuglänge hat. Im IC2000 ist die Teilung wiederum sehr offensichtlich, da in Doppelstockwagons die Stufen kaum zu übersehen sind. Der Vergleich zwischen ICE-T und IC3 zeigt allerdings, wenn die Aufspaltung des Fahrgaststromes nicht offensichtlich ist, dann wird diese eben gar nicht wahr genommen (Abbildung 6.11)

Eine gute Aufteilung der Türen wäre zum Beispiel der Viertelpunkt, da dadurch ein halber Fahrzeuginnenraum gespeist werden könnte. Der Vorteil zur jetzigen Situation wäre, dass sich die Fahrgäste im Auffangbereich auf zwei Fahrzeuginnenraumbereich aufteilen würden.

Der erhöhte Zeitbedarf bei Waggonen mit nur einer Türe, wie die Steuerwagen der ICEs, lässt darauf schließen, dass ein wichtiger Faktor auch die Türaufteilung entlang der Wagenlänge ist. Fahrzeuge mit nur einer Türe stellen somit immer die *kritische Türe* dar, welche die gesamte Haltezeit erheblich beeinflusst.

Die Gangbreiten haben vor allem in Fahrzeugen mit Reihenbestuhlung einen großen Effekt, da sie dort zur Zeit etwas unterdimensioniert sind (Abbildung 6.18). Die Gepäckarten haben sich in den letzten Jahr verändert, der Trolley ein "neueres" Gepäckmodell wird quasi immer verwendet, doch die Gangbreiten sind bis dato auf einen älteren Stand geblieben. Wichtig ist ein bequemes Fortbewegen im Zug und dazu gehört auch, dass das Gepäck so angenehm wie möglich transportiert werden kann.

Im Idealfall kann die Haltezeit auf ein Drittel reduziert werden unter Berücksichtigung der folgenden Grundsätze:

- wenige Stufen mit einem flachen Stufenverhältnis (am besten ist ein niveaufreier Einstieg, wie der IC2000 zeigt)
- breite und gut verteilte Türen (größer 90cm)
- adäquate Auffangbereiche (die einen Weg vorgeben)
- ausreichende Gepäckunterbringungsmöglichkeiten naher der einzelnen Sitzplätze (Zwischen den Sitzplätzen, bodennah)
- angemessene Gangbreiten (größer 60cm)

Als Folge dieser Grundsätze können eine schnellere Fahrgastwechselzeit, Potenziale für energiesparende Fahrweisen und eine erhöhte Pünktlichkeitsrate genannt werden. Dadurch lässt sich nicht nur die Kundenzufriedenheit steigern, sondern auch die Betriebsqualität und die Leistungsfähigkeit der Bahn.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Mögliche Reduzierung des Energieverbrauchs durch Verkürzung der Haltezeit [15]	8
4.1	Leistungsfähigkeit des Menschen bezogen auf das Alter am Beispiel der möglichen Fortbewegungsgeschwindigkeit [17]	13
4.2	Verteilung der erhobenen Waggontypen bezüglich der Einstiegsvorgänge [19]	15
4.3	Verteilung der erhobenen Waggontypen bezüglich der Ausstiegsvorgänge [19]	15
4.4	rechts: RIC - Einstiegssituation links: Schlieren [10]	16
4.5	links: IC der DB; Mitte: ICE; rechts: TGV [19]	17
4.6	von links nach rechts: IC2000; ICN; SBB-EW IV; CIS [19]	18
4.7	Fahrgastverteilung auf einem Bahnsteig [11]	19
4.8	abhängige Prozesse der Haltezeit	21
5.1	Einfluss des Alters auf den Zeitaufwand der Aussteigenden [19] RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck	25
5.2	Einfluss des Alters auf den Zeitaufwand der Einsteigenden [19] RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck	26
5.3	Gepäckaufteilung [19]	27
5.4	Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Referenzeinstiegs- typen [19]	28
5.5	Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Referenzeinstiegs- typen [19]	29
5.6	Mittlerer Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf das Gepäck und un- terteilt nach dem Geschlecht [19]	30

5.7	Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf das Gepäck und unterteilt nach dem Geschlecht [19]	31
5.8	Fahrgastwechselfvorgang ohne Kapazitätenrestriktionen	31
5.9	Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf die Einstiegstypen RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]	32
5.10	ein- und aussteigende Fahrgäste bei einem IC2000 an einer Bahnsteigkante von 38cm [19]	33
5.11	Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Einstiegstypen RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck[19]	33
5.12	Mittlerer Zeitaufwand der Einsteigenden bezogen auf die Bahnsteighöhen RB: Jugendlichen / Erwachsene; ohne bis wenig behinderndes Gepäck [19]	34
5.13	Fahrgäste bei ICEs und TGVs an einer Bahnsteigkante von 38cm [19] . . .	35
5.14	links: ICN an einer Bahnsteigkante von 55cm mitte: ICE an einer Bahnsteigkante von 55cm rechts: TGV an einer Bahnsteigkante von 55cm Hauptbahnhof Zürich [19]	36
5.15	Aus- und einsteigende Fahrgäste lassen oft die Trittstufe aus, wenn diese auf selber Bahnsteighöhe liegt [19]	36
5.16	Mittlerer Zeitaufwand der Aussteigenden bezogen auf die Bahnsteighöhe RB: Jugendliche / Erwachsene; ohne bis wenig behinderndes Gepäck [19] .	37
5.17	Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Stufenanzahl RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]	38
5.18	Aussteigendes Kind und aussteigende ältere Person [19]	39
5.19	Mittlerer Zeitbedarf der Einsteigenden bezogen auf die Stufenanzahl RB: ohne bis gering behinderndes Gepäck [19]	39
5.20	Mittlerer Zeitbedarf der Aussteigenden bezogen auf die Stufenanzahl und das Gepäck RB: Alterskategorie = Jugendliche / Erwachsene [19]	40
5.21	Mittlerer Zeitbedarf der Einsteigenden bezogen auf die Stufenanzahl und das Gepäck RB: Alterskategorie = Jugendliche / Erwachsene [19]	41

5.22	Kind und ältere Damen beim Einsteigen in einen ICE an einer Bahnsteigkante von 38cm Höhe [19]	41
5.23	Die Fahrgäste benötigen oft Hilfe der anderen Reisenden ICE an einer Bahnsteigkante 38cm [19]	42
5.24	Fahrgäste, die Hilfe benötigen [19]	43
5.25	Vergleich der Ein- und Ausstiegszeiten nach Waggontypen; Basis 2sec [10] .	43
5.26	Fahrgastverhalten bei einem Spalt [11]	44
5.27	Der Spalt zwischen RIC-Fahrzeugen an einer Bahnsteigkante von 76cm [19]	44
5.28	Beeinflussung des Spaltes der einsteigenden Fahrgäste [19]	45
5.29	Beeinflussung des Spaltes der aussteigenden Fahrgäste [19]	46
5.30	mittlerer Zeitaufwand der Fahrgäste bezogen auf das Gepäck beim IC2000 - 55cm Bahnsteigkante RB: Altersgruppe = Jugendliche / Erwachsene [19]	47
5.31	Ein- und aussteigende Fahrgäste beim IC2000 am Hauptbahnhof Zürich [19]	48
5.32	Fahrgastverhalten beim Aus- bzw. Einsteigen beim IC2000 [19]	48
5.33	Fahrgastwechselseverhalten links: hintereinander mitte: nebeneinander rechts: versetzt zueinander [11]	49
5.34	aus- und einsteigende Fahrgäste beim IC2000 [19]	49
5.35	Türe bei der Baureihe 4020 der ÖBB [26]	50
5.36	Klassische Rückstaubildung an einer kritischen Tür [19]	52
6.1	Einteilung der Fahrzeugauffangbereiche [19]	54
6.2	Einteilung des Fahrzeuginnenraums [19]	55
6.3	Acht Einstiegstypen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]	56
6.4	Einstiegsbereich beim ICE [19]	58
6.5	Fünf Einstiegstypen bezogen auf die ideal und tatsächliche Zeit der Einsteigenden RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]	59

6.6	Vier Ausstiegstypen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Aussteigenden	
	RB: Personenzahl ≤ 10 [19]	60
6.7	Ausstiegssituationen beim ICE	
	links: Bahnsteigkante 38cm	
	rechts: Bahnsteigkante 76cm [19]	60
6.8	Vergleich des langen und kurzen Wegs in den Abteilwagen	
	RB: Personenanzahl ≤ 10 [19]	61
6.9	Steuerwagen und zweiter Waggon der ICE-T Baureihe	
	1.Klasse [28]	61
6.10	Zugfolgebildung des IC3 [27]	61
6.11	Vergleich der ICE-T Türe und der IC3 Türe[19]	62
6.12	Der Fahrgastwechsel bezogen auf die Stufenanzahl; Referenzstufe = 2	
	Zeitbedarf der Referenzstufen = 100% [19]	63
6.13	Gepäckaufkommen beim Einstiegsvorgang [19]	64
6.14	Sieben Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden [19]	65
6.15	Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Aussteigenden [19]	68
6.16	Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen bezogen auf die ideale und tatsächliche Zeit der Einsteigenden [19]	69
6.17	Einstiegstypen der Reihenbestuhlung [19]	70
6.18	Vergleich der Gangbreiten kleiner und größer 60cm	71
6.19	durchschnittliches Gepäckaufkommen in einem Fahrzeug mit Reihenbestuhlung [19]	72
6.20	durchschnittliches Gepäckaufkommen in einem Fahrzeug mit Vis-a-Vis Bestuhlung [19]	73
6.21	Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen in Abhängigkeit der aussteigenden Personenanzahl und der tatsächlichen Zeit [19]	74
6.22	Vier Fahrzeuginnenraumgestaltungen in Abhängigkeit der einsteigenden Personenanzahl und der tatsächlichen Zeit [19]	75

6.23 Beispiel: Berechnung des tatsächlichen Zeitbedarfs in Abhängigkeit des Ein- stiegstypes [19]	84
6.24 Beispiel: Berechnung des tatsächlichen Zeitbedarfs in Abhängigkeit des Fahr- zeuginnenraums [19]	85

Tabellenverzeichnis

6.1	Normgepäckaufteilung bezogen auf Gepäckscluster	71
6.2	Faktor für den Auffangbereich der Einsteigende [19]	79
6.3	Normgepäckverteilung [19]	80
6.4	Faktor für den Fahrzeuginnenraum der Aussteigenden [19]	81
6.5	Faktoren G_B , $k_{FZ,E}$, f_{auf} und f_{IC2000} - einsteigenden Fahrgäste [19]	82
6.6	Beispiel einer Reisezweckverteilung [10]	83

Literaturverzeichnis

- [1] SMEDDNICK, U.; *Umweltverkehr - Bausteine für eine zukunftsfähige Verkehrswelt*; Umweltwissenschaften 8; Eberhard Blottnerverlag; 1996; pp. 51
KRUPP, C. und FALKE, M.; *Klimaschutz und Verkehr*
- [2] BREIMEIER, R.; *Der Einfluss des Faktors "Zeit" auf den Personenverkehr der Eisenbahn*; ETR 34 (1985); H.10-Oktober
- [3] PACHL, J.; *Systemtechnik des Schienenverkehrs - Bahnbetrieb planen, steuern und sichern*; 4. Auflage; Teubnerverlag; 2004; pp. 49; 198; 304 ff.
- [4] FIEDLER, J.; *Bahnwesen - Planung, Bau und Betrieb von Eisenbahnen, S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen*; 5. Auflage; Werner Verlag, 2005; pp. 316; 478
- [5] VDI BERICHT 1488; *Bahnen und Umwelt*; VDI Verlag; 1999; pp. 233
SANFTLEBEN, D. und WEBER, K.; *Die Anwendung der energiesparenden Fahrweise im ICE-Betrieb*
- [6] BahnTech Kurzbericht; *Öko-Trip auf Schienen*; Ausgabe 03/2005
- [7] ice-fanpage; http://www.ice-fanpage.de/ice_info/typen_technik/ice_esf.htm
04.12.2007; 16.11 MEZ
- [8] JENEWEIN, H.; *Energiesparende Fahrweise unter Berücksichtigung der Fahrgastwechselzeit*; Diplomarbeit; September 2006, pp. 15 ff.
- [9] WEIDMANN, U.; *Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr*; Dissertation der ETH Zürich; 1994; pp. 10; 14 ff.; 49; 76 ff.
- [10] RÜGER, B.; *Reisegepäck im Eisenbahnverkehr*; Dissertation der TU-Wien; 2004; pp. 95 ff.; 118; 127; 131;

- [11] HEINZ, W.; *Passenger service times on train - Theory, measurements and models*; Licentiate Thesis of KTH - Stockholm; 2003; pp. 37; 57; 64; 65; 82; 90
- [12] bombardier-transportation;
<http://www.bombardier-transportation.ch/index.cfm?hmID=56&um1ID=75&um2ID=43&contentID=51&action=hm56&content=um175&s=TmpReferenzen>
04.12.2007; 16.08 MEZ
- [13] bombardier-transportation;
<http://www.bombardier-transportation.ch/index.cfm?hmID=56&um1ID=75&um2ID=42&contentID=50&action=hm56&content=um175&s=TmpReferenzen>
04.12.2007; 16.10 MEZ
- [14] Kurzbericht; *Energiesparende Fahrweisen im S-Bahn-Verkehr*; ETR 03/2007
- [15] railway-energy;
<http://www.railway-energy.eu/download/attachments/5308422/BernhardRueger.pdf>
11.12.2007; 19.31 MEZ
- [16] Statistik Austria;
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html
11.12.2007; 20.39 MEZ
- [17] KNOFLACHER, H.; *Fußgeher- und Fahrradverkehr*; Bölau Verlag GmbH; 1995; pp. 38
- [18] ERNST, J. und KIEFFER, E.; *Barrierefreies Reise durch Harmonisierung der Einstiegshöhen*; ETR 55(2006); H.5-Mai
- [19] TUNA, D.; *Datenerhebung mittels Videoaufnahmen*; IEW; TU-Wien, Eigenerhebungen; 2007
- [20] Kurzbericht, *Die Intercity Fahrzeuge für "Bahn 2000"*; ETR 45(1996); H.12-Dezember
- [21] lokreport.de; *Anmerkungen zu den Cisalpino-Triebzügen*;
<http://www.lokreport.de/ice/CIS-Text.pdf>; 24.11.2007; 16.01 MEZ

- [22] RÜGER, B. und SCHÖBEL, A.; *Qualitätsmanagement im Personenverkehr am Beispiel der Arlbergbahn*; Special ETR Austria 2/05
- [23] RÜGER, B.; *Nachhaltige Mobilität durch Analyse der Mobilitätskette*; 4. Europäischer Verkehrskongress 2005; Salzburg
http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-bi_4092.pdf
17.12.2007; 17.14 MEZ
- [24] <http://de.wikipedia.org/wiki/Boxplot>
19.12.2007; 00.43 MEZ
- [25] E-mail von Alerbto Garcia; *Betreff: Train energy consumption*;
12.12.2007; 08.15 MEZ
- [26] RÜGER, B.; *Einfluss des Reisegepäcks auf die Fahrgastwechselzeit*
<http://www.eiba.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-eisenbahn/Diverse/Institutshefte/IH32.pdf>
10.01.2008; 19.43MEZ
- [27] Fahrzeugschema des IC3
http://www.dsb.dk/cs/Satellite?pagename=DSB/Page/Indholdsside_med_sidemenu_og_introindhold&c=Page&cid=1098341129632&a=Artikel&aid=1099378075858&pid=1099565562725&p=Artikel
05.12.2007; 17.08MEZ
- [28] Fahrzeugschema des ICE-T
http://www.ice-fanpage.de/ice_service/sitzplaene_icet_frame.htm
25.11.2007; 11.01 MEZ
- [29] A. und B. Pease; *Der tote Fisch in der Hand*; 2. Auflage; Ullsteinverlag; 2003; p. 38