



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN**
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Haltezeitenrelationen am Beispiel der Wiener Schnellbahn

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades eines Diplomingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann

Univ.Ass. DI. Doris Tuna

am Institut für Verkehrswissenschaften E230,
Forschungsbereich für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen

Eingereicht an der Technischen Universität Wien,
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Werner Wehr

Matr.Nr.: 0125489
St.-Johanngasse 1-5/2/20
1050 Wien

Wien, im September 2010

.....

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, welche durch fachliche oder persönliche Unterstützung mir bei der Erarbeitung dieser Diplomarbeit zur Seite gestanden haben.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Diplomarbeitbetreuern Frau Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Doris Tuna, Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn Bernhard Rüger und Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann bedanken, welche diese Arbeit ermöglicht haben.

Weiters möchte ich mich bei den Österreichischen Bundesbahnen bedanken, welche die notwendigen Messungen genehmigt, Informationen zu den Abfertigungsvorschriften und Daten zu den Zügen zur Verfügung gestellt haben.

Mein Dank gilt auch meinen Eltern, welche mir meine Ausbildung ermöglicht und mir immer unterstützend zur Seite gestanden haben.

Im Weiteren möchte ich meinem Bruder und meinen Freunden danken, die mich durch das Studium begleitet haben.

Auch allen anderen, welche mich bei meinem Studium und während des Schreibens meiner Diplomarbeit unterstützt haben und hier nicht ausdrücklich erwähnt wurden, sei ein herzliches Dankeschön ausgesprochen.

Kurzfassung

Die Haltezeiten von Zügen im Wiener Schnellbahnnetz stellen heutzutage einen unbefriedigenden Zustand dar. So wird nur ein Teil der Zeit, welche der Zug in den Stationen steht auch tatsächlich für den Fahrgastwechsel aufgewandt. Hinzu kommt noch, dass auch dieser Fahrgastwechsel keinesfalls dem Optimum entspricht. Abhängig vom Andrang der Passagiere kommt es zu erheblichen Schwankungen der Fahrgastwechselzeit. Somit besteht auf der einen Seite die Gefahr, dass Verspätungen durch einen hohen Fahrgastwechsel auftreten können, auf der anderen Seite jedoch eine zu hohe Pufferzeit in den Stationen die Leistungsfähigkeit des Systems Bahn herabsetzt. Beide Situationen wirken sich negativ auf das Empfinden des Fahrgastes und damit die Attraktivität des Systems Schnellbahn aus, was wiederum eine Verschiebung des Modal-Splits zur Folge hat.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Haltevorgang der Wiener Schnellbahnen als ganzes und soll neben einer Aufnahme des derzeitigen Zustandes auch Ausblick auf Verbesserungsmöglichkeiten geben.

Für diese Untersuchung waren Datenerhebungen in ausgewählten Bahnhöfen des Wiener Schnellbahnnetzes notwendig, welche in den Sommermonaten der Jahre 2008 und 2009 durchgeführt wurden. Dabei wurde mittels Videoaufnahmen der Haltevorgang festgehalten und Bild für Bild analysiert. Somit konnten die einzelnen Ereignisse zeitlich exakt aufgenommen und aus diesen Daten der jeweilige Zeitbedarf ermittelt werden. Es wurden ca. 450 Haltevorgänge aufgenommen, wobei das Verhalten von ca. 5000 Fahrgästen aufgezeichnet werden konnte.

Die Einflussfaktoren wie das Alter der Fahrgäste, deren Gepäck, aber auch die Ausgestaltung des Einstiegsbereiches wurden in den folgenden Auswertungen untersucht. Bezüglich des zeitlich höchst relevanten Abfertigungsvorganges wurden die derzeit gültigen Ablaufvorschriften dargelegt und der daraus entstehende Zeitbedarf gemessen.

Insgesamt hat sich aus den Messungen ergeben, dass neben den Schwankungen der Dauer des Fahrgastwechsels (hauptsächlich bedingt durch die Fahrgastanzahl und die

Einstiegsgestaltung, sowie die Türauslastung), auch die Abfertigungsvorgänge erhebliche Variationen in der zeitlichen Komponente aufwiesen.

Alleine durch Anpassungen des Einstiegsbereiches und einer forcierten Abfertigung ergeben sich Einsparungspotenziale von bis zu einem Drittel der Haltezeit, welche für energiesparende Fahrweisen, höhere Pünktlichkeit und gesteigerte Leistungsfähigkeit des Systems Schnellbahn genutzt werden können. Darüber hinaus würde dies zu einer erhöhten Kundenzufriedenheit führen, weshalb alle in dieser Arbeit genannten Maßnahmen unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Situation für den Fahrgast betrachtet werden müssen.

Abstract

The dwell times of trains running on the viennese municipal railway network nowadays form an unsatisfying state. Only a fraction of the train stop in the railroad station is used for the entry and exit of passengers. Additionally the process of entry and exit is not according to the optimum. Depending on the passenger rush, there is the possibility of considerable fluctuations in the time of entry and exit of the train. Deductively two situations are possible: on the one hand delays because of too large passenger exchange time can increase and on the other hand timetables can be constructed with too large time allowance. Both circumstances reduce the capacity of the municipal railroad. Both situations have a negative effect on the perception of passengers and therefore the attractiveness of the municipal railroad results in a shift in the modal-split.

This work deals with the dwell procedure of the viennese municipal railroad and intends to show possibilities to improve the dwell times.

For the analyses, data ascertainment in selected railway stations were necessary, which took place in summer 2008 and 2009. Via videorecording the dwell process had been stored and later on has been analysed frame by frame. Therefore it was possible to identify events with an exact timestamp and with these data it was possible to determine the times used.

In sum about 450 dwell processes were recorded including about 5000 characteristics of passengers behaviour. The influencing factors like passenger age, their luggage and also the design of the train entrance have been considered in the following analyses. According to the importance of dispatch processes valid regulations have been given a summary of, as well as the measurement of the resulting time needed.

In sum, data has shown that alongside the fluctuation of the time needed for the passengers to entry and depart the train (because of the passenger rush, the design of the entrance, as well as the use of door capacity), also the dispatching process shows a significant amount of fluctuation in the time component.

Modifying and redesigning the trains entrance and optimizing dispatching processes result in reducing dwell times to about two-thirds to three-quarters. This time then can be used for energy-saving train operation, enhanced punctuality and an overall increased capability of the system municipal railway. Additionally it would lead to an increase in passenger satisfaction, wherefore all measures are considered with an improvement for the passengers in mind.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Grundlagen	11
2.1	Die Fahrplankonstruktion	11
2.2	Teilprozesse des Linienbetriebes	11
2.3	Die Haltezeit	12
3	Rahmenbedingungen	15
3.1	Bahnsteige Landstraße - Wien Mitte und Floridsdorf	15
3.2	Fahrzeuge	16
3.2.1	Reihe 4020	16
3.2.2	Reihe 4024 - Talent	19
3.2.3	Doppelstockwagen	22
4	Methodik	25
4.1	Literaturrecherche	25
4.2	Internetrecherche	25
4.3	Eigenerhebungen	25
4.3.1	Messkonfiguration	26
4.3.2	Erhobene Daten	27
4.3.3	Datenauswertung	30
4.3.4	Datenumfang	32
5	Haltezeitanteile	34
5.1	Zeit zwischen dem Zugstopp und dem Beginn des Türöffnens	36
5.2	Dauer des Türöffnungsvorgang im Verhältnis zum ersten Fahrgastwechsel . .	37
5.2.1	Dauer des eigentlichen Türöffnungsvorganges	37
5.2.2	Dauer zwischen dem Beginn des Türöffnens und dem ersten Fahrgastwechsel	38

Inhaltsverzeichnis

5.3	Dauer des Türschließens	40
6	Fahrgastwechselzeiten	42
6.1	Der Parameter Fahrgast	42
6.1.1	Alter	43
6.1.2	Gepäck	45
6.1.3	körperliche Einschränkungen	46
6.2	Der Einstiegsbereich	48
6.2.1	Stufen	48
6.2.2	Der Spalt	49
6.2.3	Türbreiten	51
6.3	Bahnhof/Bahnsteig bzw. Zugtüraufteilung	54
6.3.1	Bahnsteighöhe	55
6.3.2	Fahrgastverteilung am Bahnsteig	55
6.3.3	Aufteilung der Zugtüren und deren Anzahl	58
6.3.4	Fahrgastinformation	61
6.4	Gegenüberstellungen der Fahrgastwechselzeiten an der Einzeltüre	62
6.4.1	Wechselzeit des einzelnen Fahrgastes	62
6.4.2	Wechselzeit bezogen auf die Türe	70
7	Abfertigungszeiten	72
7.1	Grundlage der Abfertigung	72
7.1.1	Allgemeine Abfertigungsvorschriften	72
7.1.2	Abfertigung in Zusammenhang mit den untersuchten Zugtypen	73
7.2	Abfertigungszeiten	81
7.2.1	Zeit zwischen dem letzten Fahrgastwechsel und der Rücknahme der Türfreigabe	81
7.2.2	Zeit zwischen der Rücknahme der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges	83
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	87
	Anhang	91

Kapitel 1

Einleitung

Der Betrieb von Personennahverkehrszügen ist maßgeblich durch zwei Bereiche geprägt. Zum einen der Fahrt auf der Strecke, dem eigentlichen “Transport” von Personen, zum anderen den Aufenthalten in Stationen, welche dem Zweck des Aus- und Einsteigens der Fahrgäste dienen. In Anbetracht der Tatsache, dass ein Verkehrsmittel gewählt wird, um Entfernungen zu überwinden, ist jede Zeit, welche in Stationen verbracht und in der keine Strecke überwunden wird, ungenutzte Zeit. Dies spiegelt sich in der mittleren Fahrzeit bzw. in der mittleren Fahrgeschwindigkeit wider.

Eine Reduktion der Stillstandszeit in den Stationen wirkt sich somit direkt auf die mittlere Fahrgeschwindigkeit aus. Durch eine Optimierung der Haltezeit ist es möglich Zeit zu gewinnen, welche auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden kann. Zum einen ist bei weiterhin unveränderter mittlerer Fahrgeschwindigkeit eine energiesparendere Fahrweise (vgl. [1]) möglich. Zum anderen ergeben sich auch Möglichkeiten die “Reichweite” des Verkehrsmittels zu steigern, wenn man wie in [2] die Zeit als konstanten Faktor heranzieht. Hierbei wird davon ausgegangen, dass ein Fahrgast für eine Strecke nur eine gewisse Zeit aufwenden möchte. Übersteigt die Reisezeit die vom Fahrgast gewünschte Zeit, so wird von diesem versucht ein anderes Transportmittel zu wählen. Durch die gewonnene Zeit aufgrund kürzerer Aufenthalte in den Stationen ist es somit durchaus möglich, dass die vom Fahrgast akzeptierte Reisezeit leichter eingehalten wird, bzw. dass sogar eine längere Strecke mit dem Verkehrsmittel Bahn zurückgelegt werden kann, bevor diese Zeitgrenze erreicht wird.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden die Haltezeiten der Schnell- und Regionalbahnen auf der Stammstrecke in Wien auf den Ist-Zustand untersucht und gegebenenfalls Möglichkeiten zur Optimierung aufgezeigt. Hierfür wurden in den Jahren 2008 und 2009 Messungen in den Stationen Landstraße - Wien Mitte und Floridsdorf vorgenommen.

Kapitel 1 Einleitung

Eine Einschränkung betrifft die auf der sog. Stammstrecke fahrenden Garnituren. Hier werden nur die hauptsächlich vorkommenden Fahrzeugtypen 4020, 4024 - Talent sowie der Doppelstockwagen untersucht. Kombinationen wie die Verbindung von Doppelstockwagen und den einstöckigen Cityshuttlewaggons werden dabei außer Acht gelassen, da speziell die Cityshuttlewaggons an sich nicht als für den S-Bahnverkehr ausgelegt angesehen werden können. Diese Einschränkung hat jedoch nur geringe Auswirkungen auf die Messungen, bzw. deren Ergebnisse, da die nicht untersuchten Zugtypen nur einen verschwindend geringen Teil des Verkehrs auf der betrachteten Strecke ausmachen.

Die Messungen selbst wurden mittels Videoaufnahmen vom Bahnsteig aus durchgeführt. Die auf diesem Weg gewonnenen Videoaufnahmen wurden einzeln analysiert und die gemessenen Werte in einer Datenbank abgelegt, welche die Grundlage für eine selbstentwickelte Analysesoftware bildete.

Das Ergebnis dieser Arbeit soll den Betreibern die Möglichkeit geben, Haltezeiten, im Einklang mit Komfort für die Passagiere und der Sicherheit, zu verkürzen und die so gewonnenen Zeiten für die bereits erwähnten Zwecke einzusetzen, welche alle an sich eine positive Auswirkung auf die Kosten haben sollten.

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Die Fahrplankonstruktion

Um einen reibungslosen Betrieb des Verkehrssystems Bahn zu gewährleisten ist ein qualitativ hochwertiger Fahrplan unabdingbar, dessen Konstruktion neben mathematischen Modellen auch zu einem nicht geringen Teil auf Erfahrung beruht. Solange ein Fahrplan nur für eine Linie zu erstellen ist, ist dies ein noch relativ überschaubares Unterfangen. Sollten jedoch andere Verkehrsmittel oder andere Linien in diese Betrachtung mit einbezogen werden, steigt der Aufwand durch die gegenseitige Beeinflussung erheblich. Die durch die gegenseitigen Beeinflussungen entstehenden Zwangspunkte machen eine möglichst robuste Fahrplankonstruktion notwendig, da sich sonst einzelne kleine Verspätungen auf das ganze Netz auswirken können. Da Fahrgäste Verspätungen negativ bewerten, haben diese Auswirkungen auf die Attraktivität des Verkehrsmittel und somit auf den Modal Split.

Gerade bei Schnellbahnen, bei denen sich oft viele Linien an Knotenpunkten und Stammstreckenabschnitten eine Infrastruktur teilen, ist der mögliche negative Einfluss von Verspätungen besonders groß, da hier nicht nur die Umsteigerelationen in Mitleidenschaft gezogen werden.

2.2 Teilprozesse des Linienbetriebes

Die in dieser Arbeit untersuchten Schnellbahnen werden im Linienbetrieb geführt. Dabei werden Haltestellen in exakter Abfolge und zu festgelegten Zeiten von Fahrzeugen bedient. Der Linienbetrieb unterliegt wie in [4] beschrieben, der Strecken-, Linien-, Haltestellen- und Fahrplangebundenheit. Die sich daraus ergebende Umlaufzeit setzt sich wie folgt zusammen:

$$t_u = t_f + t_h + t_v + t_w \quad (2.1)$$

t_f ... Fahrzeit

t_h ... Haltezeit

t_v ... Verlustzeit

t_w ... Wendezeit

t_u ... Umlaufzeit

- *Fahrzeit*: Stellt die Zeit dar, in welcher das Fahrzeug in Bewegung ist.
- *Haltezeit*: Beschreibt die Zeit, in welcher das Fahrzeug in der Haltestelle steht. Sie beginnt mit dem Anhalteruck und endet mit dem Anfahrruck.
- *Verlustzeit*: Beinhaltet alle Zeiten, welche infolge von störungsbedingten Änderungen des Fahrverhaltens entstehen. Sie können neben Langsamfahrten auch unplanmäßige Halte beinhalten. Zwischen zwei Stationen bzw. Haltestellen spricht man von Streckenverlustzeiten, während sich Haltestellenverlustzeiten ergeben, wenn das Fahrzeug am Verlassen der Station gehindert wird.
- *Wendezeit*: Sind Zeiten, die an den Endhaltestellen, sowohl zur Stabilisierung des Fahrplans, als auch für das Personal, sowie Kupplungsarbeiten und Wegezeiten zwischen Führerkabinen, entstehen.

Den Fahrgast betreffen direkt nur die Fahrzeiten, die Haltezeiten und die Verlustzeiten. Dabei werden vor allem Verlustzeiten, bei denen es zu einem unplanmäßigen Halten als auch die Haltezeiten in Stationen, in welchen der Fahrgast nicht ein- bzw. aussteigen möchte, als störend empfunden.

2.3 Die Haltezeit

Die Haltezeit setzt sich aus mehreren Einzelprozessen zusammen. Die Grenzen bilden wie bereits in Abschnitt 2.2 beschrieben der Anhalte- bzw. der Anfahrruck. Zwischen diesen Grenzen kann man die Prozesse grob in die folgenden zwei Gruppen einteilen, wobei eine gegenseitige Beeinflussung nicht ausgeschlossen ist.

- nutzerbedingte Prozesse
- betriebsbedingte Prozesse

Die nutzerbedingten Prozesse sind vornehmlich die Fahrgastwechsel, welche sich durch den Betreiber des Verkehrsmittels nur indirekt beeinflussen lassen, die jedoch aufgrund ihrer Eigenart mit einer entsprechend hohen Unsicherheit ob ihrer Dauer behaftet sind. Dem gegenüber stehen die betriebsbedingten Prozesse, welche durch die von den Betreibern aufgestellten Regeln genau definiert sind und nur wenig Spielraum für Abweichungen von der zeitlichen Planung bieten sollten. Tatsächlich kommt es jedoch auch bei diesen Prozessen zu gewissen Abweichungen, welche sich durch das Vorhandensein des Menschen in den Prozessen begründen lassen. Zusätzlich kann es durch nutzerbedingte Prozesse zu Systembelastungen kommen, welche das eigentlich vorgesehene Ablaufschema des Haltevorganges so beeinflussen, dass es nicht mehr wie vorgesehen ablaufen kann. Damit sind Variationen in den betriebsbedingten Prozessen nicht mehr ausgeschlossen. In vereinfachter Form lassen sich die Prozesse entsprechend [4] in chronologischer Reihenfolge wie folgt darstellen:

- Öffnen der Türe
- Fahrgastwechsel
- Schließen der Türe
- Feststellen der Abfahrbereitschaft, sowie Einleiten des Abfahrvorganges

Eine feinere Gliederung zeigt, angelehnt an [4], Abbildung 2.1. Es wird davon ausgegangen, dass die Türfreigabe erst nach dem Anhalteruck erfolgt, die Türen sich nach Ablauf der Mindestoffenzeit selbsttätig schließen und dass die Abfahrt erst nach dem vollendeten Türschließen erfolgen kann.

Die bei dieser Arbeit untersuchten Schnell- und Regionalzugtypen genügen an sich diesem Ablaufschema, wobei auf einzelne Prozesse bei den entsprechenden Kapiteln noch im Detail eingegangen wird. Weiters ist anzumerken, dass hier nur eine Untersuchung an der Einzeltüre durchgeführt wurde. (siehe Einzeltürbetrachtung [4]).

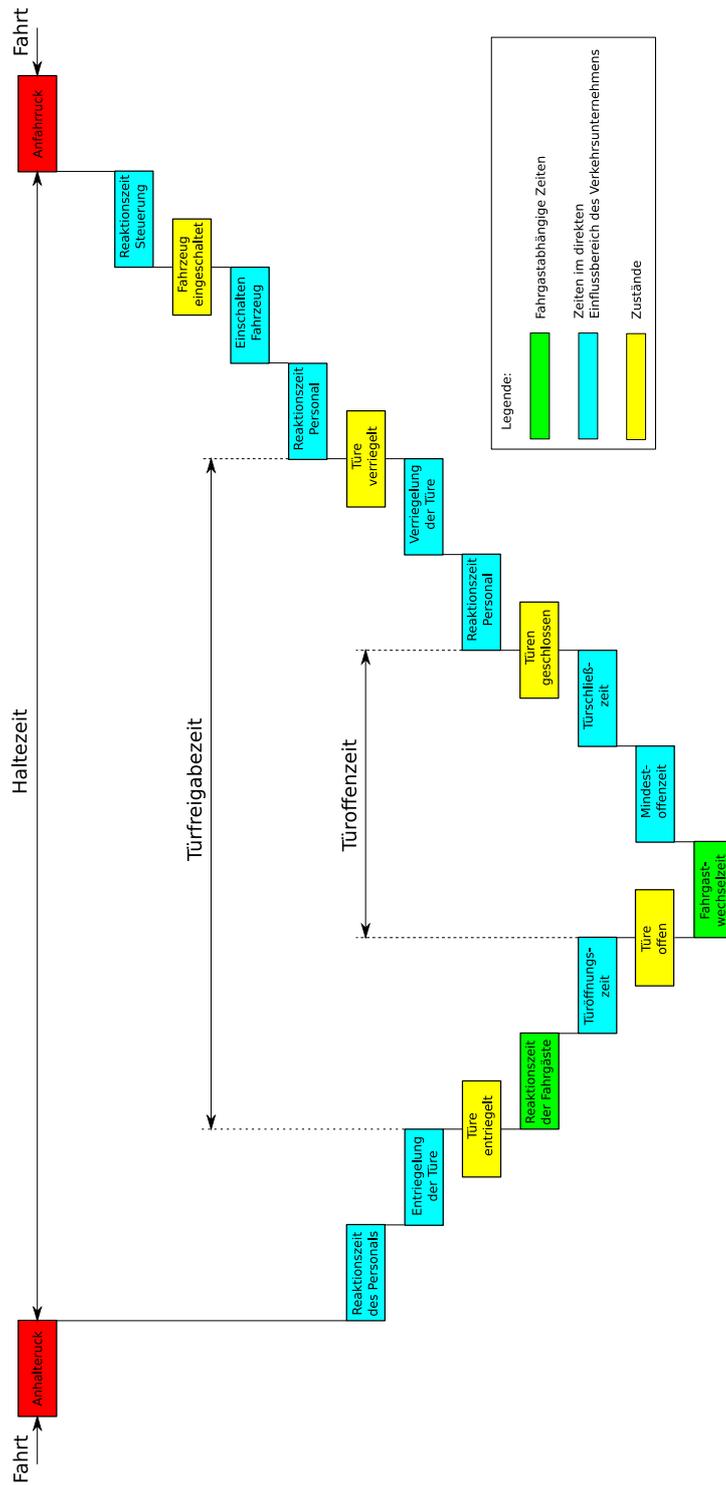


Abbildung 2.1: aufgliederter Haltezeitprozess (in Anlehnung an [4])

Kapitel 3

Rahmenbedingungen

3.1 Bahnsteige Landstraße - Wien Mitte und Floridsdorf

Sowohl die Bahnsteige des Bahnhofs Landstraße - Wien Mitte, als auch die des Bahnhofs Floridsdorf haben eine Bahnsteighöhe über Schienenoberkante von 55cm (55cm ü. SoK.). Dabei wurden die Messungen hauptsächlich auf den Bahnsteigen 1 und 2 der jeweiligen Bahnhöfe durchgeführt. Abbildung 3.1 zeigt Bahnsteig 1 des Bahnhofs Wien Mitte, Abbildung 3.2 Bahnsteig 2 des Bahnhofs Floridsdorf. Grundsätzlich ist anzumerken, dass es bis heute keine einheitlichen Bahnsteighöhe innerhalb des Streckennetzes der österreichischen Bundesbahnen, geschweige denn innerhalb Europas gibt. Dies führt zu Schwierigkeiten in Zusammenhang mit einer barrierefreien Ausführung von Fahrzeugestiegen. In Zukunft ist jedoch mit einer schrittweisen Anpassung der Bahnsteighöhen auf 55cm ü. SoK. zu rechnen, da dies eine der zulässigen Höhen in [3] ist.

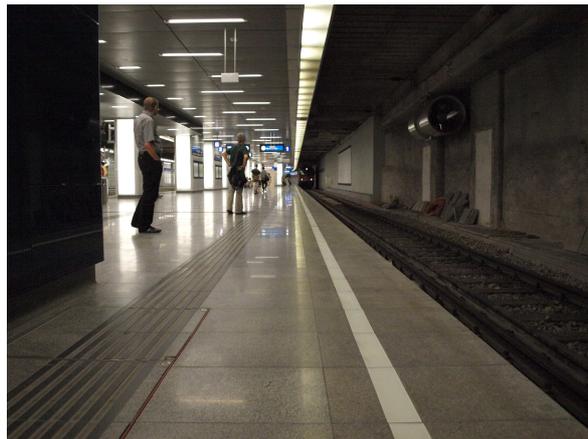


Abbildung 3.1: Bahnsteig 1 - Bahnhof Landstraße - Wien Mitte [30]



Abbildung 3.2: Bahnsteig 2 - Bahnhof Floridsdorf [30]

3.2 Fahrzeuge

In diesem Abschnitt werden die untersuchten Fahrzeuge, welche auf der Schnellbahnstammstrecke hauptsächlich vorkommen, vorgestellt. Die grundlegenden Informationen zu den einzelnen Fahrzeugen sind [6] und [7] entnommen. Zusätzlich wird kurz auf die Bahnsteige eingegangen, da diese in Zusammenhang mit den Fahrzeugen die Einstiegsituation erheblich beeinflussen.

3.2.1 Reihe 4020

Die Reihe 4020 ist ein zwischen 1978 und 1987 gebauter Elektrotriebwagen, welcher als Nachfolger der Reihe 4030 entwickelt wurde. Diese Garnituren wurden grundsätzlich für den öffentlichen Personennahverkehr gebaut, weshalb sie neben der S-Bahn in Wien auch in Ballungsgebieten wie dem Tiroler Inntal und dem Großraum Linz zum Einsatz kommen. Sie bestehen aus einem Triebwagen (4020) einem Zwischenwagen (7020) und einem Steuerwagen (6020), wobei jeder Wagen mit zwei Türen auf beiden Seiten ausgestattet ist. Die Zugzielanzeige am Fahrzeugkopf und Ende sind heute mit Matrixanzeigen ausgestattet. Die Türen wurden nachträglich mit Lichtschranken versehen.

Gegenüber den anderen in dieser Arbeit betrachteten Zugtypen ist es bei der Reihe 4020 unter Annahme einer Bahnsteighöhe von 55cm ü. SoK. notwendig beim Einsteigen einen Höhenunterschied von 56cm über zwei Stufen zu überwinden. Eine weitere Besonderheit ist die Geländerstange, die den Einstieg in zwei Hälften teilt. Auf die Auswirkungen der Stufen und der Geländerstange im Vergleich mit den anderen Zugtypen wird in Kapitel

6 näher eingegangen. Im Gegensatz zu den anderen Fahrzeugtypen erfolgt bei der Reihe 4020 ein akustischer Warnton, wenn die Rücknahme der Türfreigabe ausgelöst wird. Im konkreten Fall bedeutet es, dass ab diesem Zeitpunkt eine geschlossene Türe sich nicht mehr öffnen lässt, sowie eine noch nicht geschlossene Türe versucht, bei der nächstmöglichen Gelegenheit zu schließen und sich dann ebenfalls nicht mehr öffnen lässt. Der Vorgang des Schließens lässt sich bei diesen Türen nur durch Unterbrechung des Lichtschrankens abbrechen. Eine weitere Besonderheit ist ein mit eigenen Außentüren versehenes Abteil für den Zugbegleiter. Es befindet sich am Triebwagen hinter der Triebfahrzeugführerkabine. In Tabelle 3.1 sind die technischen Daten der Reihe 4020 gem. [6] aufgelistet.

3-teilige Triebwagengarnitur Reihe 4020	
Nummerierung:	4020.001–120 (ursprünglich) 4020.201–320 (nach NBÜ ¹)
Anzahl:	120 Einheiten
Hersteller:	SGP, BES, BBC, ELIN, Siemens
Baujahr(e):	1978–1987
Höchstgeschwindigkeit:	120 <i>km/h</i>
Beschleunigung:	0,7 <i>m/s²</i>
Sitzplätze:	056 (ET) 064 (EM) 064 (ES) 184 (gesamt)
Türkonfiguration	2x2 - 2x2 - 2x2
Türbreite	140 cm
Stufenloser Einstieg	Nein

¹ Notbremsüberbrückung

Tabelle 3.1: technische Daten Baureihe 4020 [6]



Abbildung 3.3: Baureihe 4020 in der Station Praterstern [30]

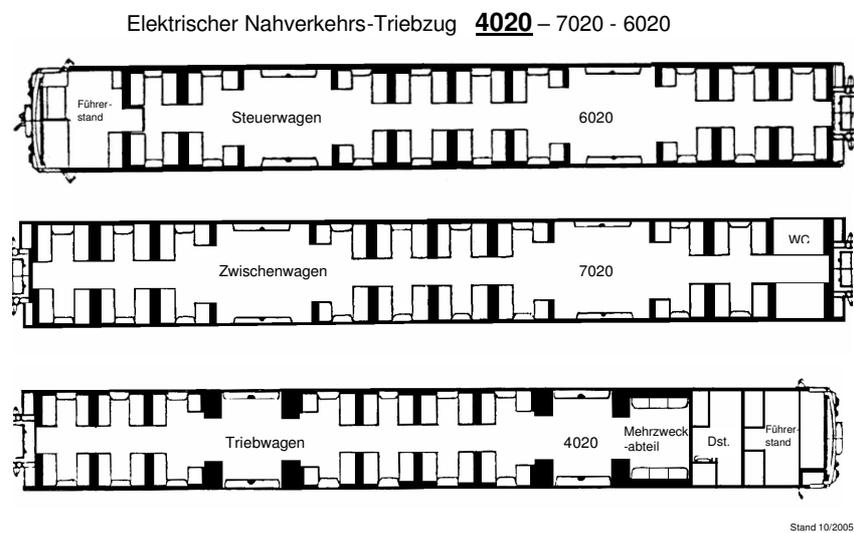


Abbildung 3.4: Typenskizze Baureihe 4020 [18]

3.2.2 Reihe 4024 - Talent

Die Reihe 4024 bzw. 4023 ist ein Triebwagen-Gliederzug, welcher in allen Gebieten mit entsprechendem Nahverkehrsaufkommen im Einsatz ist. Unter anderem wird diese Reihe auch auf der Schnellbahnstammstrecke in Wien eingesetzt. Gegenüber der deutlich älteren Reihe 4020 hat er den Vorteil, dass der Einstieg ebenerdig erfolgen kann und dass der Türöffnungsmechanismus über einen Taster ausgelöst wird. Von vollkommener Barrierefreiheit kann jedoch bei diesem Zugtyp bei einer Bahnsteighöhe von 55cm ü. SoK. auch nicht gesprochen werden [8], da der Spalt zwischen dem Bahnsteig und der Einstiegs-kante nur mit Hilfe einer Behindertenrampe geschlossen werden kann, die nur am Ende des Triebzuges verfügbar ist. Außerdem machen im Inneren des Zuges Treppen weite Bereiche für Behinderte unzugänglich. Dies stellt unter normalen Bedingungen zwar kein Problem dar, doch sollte eine Türe in den Endteilen des Zuges eine Störung aufweisen, ist ein Verlassen des Zuges ohne Überwindung der Stufen nicht möglich. (siehe dazu [8])

Ebenfalls kritisch zu hinterfragen ist die recht schmalen Einstiegsbreite der Türen, welche vom Hersteller mit 130cm angegeben ist. In der Literatur [8] wird jedoch von nur 115cm gesprochen, welche bei den Türen mit Rampe weiter verengt nur noch 102,5cm beträgt. Eine eigene Messung ergab ca. eine Einstiegsbreite von 125cm, wobei diese im Bereich der Rampe tatsächlich erheblich kleiner ist (eine exakte Messung ist im laufenden Betrieb leider nicht möglich ohne diesen zu stören).

Wie sich diese Türbreiten auf den Fahrgastwechsel auswirken wird in Kapitel 6 betrachtet.

Grundsätzlich ist es gem. [13] möglich die Reihe 4024 - Talent im 0:0-Betrieb¹ zu führen. Tatsächlich wurde dies jedoch bei den Messungen selbst nicht festgestellt.

In Abbildung 3.6 welche als Typenskizze den Aufbau einer Garnitur 4023 zeigt, sind die Stufen im Inneren sowie die Türaufteilung des Zuges ersichtlich. Abbildung 3.7 zeigt den Aufbau der Garnitur 4024. In Tabelle 3.2 sind die technischen Daten gem. [6] angegeben.

¹ohne Zugbegleiter

4-teilige Triebwagen-Gliederzug 4024 - Talent	
Nummerierung:	4024 (4-teilig), 4023 (3-teilig)
Anzahl:	188 Einheiten
Hersteller:	Bombardier Transportation
Höchstgeschwindigkeit:	140 km/h
Beschleunigung:	0,7 - 1,2 m/s ²
Sitzplätze:	199 (4-teilig), 151 (3-teilig)
Türkonfiguration:	2x1 - 2x2 - 2x2 - 2x1 bei 4024
Türbreite:	130cm
Stufenloser Einstieg	Ja

Tabelle 3.2: technische Daten Baureihe 4024 [6]



Abbildung 3.5: Baureihe 4024 - Talent am ehemaligen Wiener Ostbahnhof [30]

Kapitel 3 Rahmenbedingungen

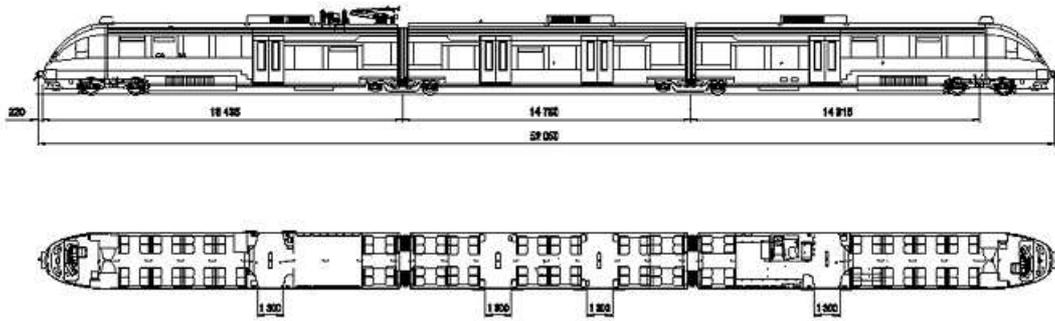


Abbildung 3.6: Typenskizze Baureihe 4023/4024 - Talent entnommen [9]

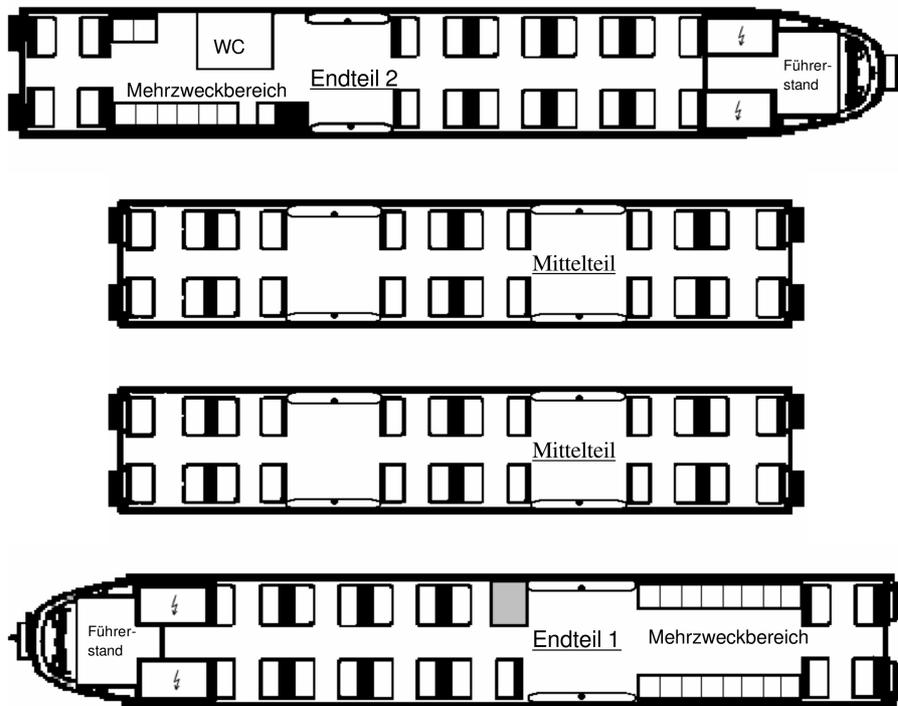


Abbildung 3.7: Typenskizze Talent - Baureihe 4024 - Talent [18]

3.2.3 Doppelstockwagen

Die Doppelstockwagen sind konzipiert, um als Wendezug im Nah- und Regionalverkehr eingesetzt zu werden. Sie sind seit 1996 im Einsatz. Aufgrund des hohen Gewichtes eines einzelnen Waggons (gem. [11] 70t) ist eine entsprechend leistungsstarke Lokomotive erforderlich. So wurden bei den Messungen auf der Schnellbahnstammstrecke fast ausschließlich E-Lokomotiven vom Typ 1016 "Taurus" gesichtet. Dem gegenüber hat eine dreiteilige Garnitur der Reihe 4020 nur ein Dienstgewicht von 127,4t, der 4-teilige 4024-Talent schlägt überhaupt nur mit 116,0t zu Buche (Angaben gem. [19]). Die grundlegenden technischen Daten über den Waggon bzw. den Steuerwagen sind in Tabelle 3.3 aufgelistet. Grundsätzlich ist der Einstieg in den Doppelstockwagen bis auf den Spalt zwischen Bahnsteig und Fahrzeugbodenkante bei einer Bahnsteighöhe von 55cm ü. Sok. barrierefrei möglich. Ab dieser Kante erfolgt über eine zur Mitte des Zugquerschnitts geneigte Rampe die Niveaueinpassung für den Zugang zum Unterdeck des Doppelstockwagens. Der Zugang zum Oberdeck erfolgt über eine zweiläufige Treppe. Ein barrierefreier Zugang zum Oberdeck ist damit zwar ausgeschlossen, doch bietet das Unterdeck unter normalen Umständen für mobilitätseingeschränkte Personen hinreichend Platz. Anzumerken ist auch, dass der Stiegenaufgang in [11] als bequeme und ansprechende Konstruktion hervorgehoben wird.

Für den Betrieb war gem. [11] ursprünglich der 0:0-Betrieb konzipiert. Jedoch wurde bei den Messungen immer ein Zugbegleiter gesichtet, was sich auch mit den Angaben in [11] deckt, welche diesen Umstand auf Sicherheitsbedenken zurückführen. Auch in dem Artikel [12] vom Jahr 2004 wird angedeutet, dass auch in Zukunft ein Einsatz im 0:0-Betrieb nur bedingt zu erwarten sei. Grundsätzlich noch zu erwähnen ist, dass die Türen sich nicht, wie bei Reisezugwagen häufig, an den äußersten Enden des Waggons befinden, sondern neben den Drehstellen. Dies ist durch den Umstand begründet, dass dadurch der stufenlose Einstieg realisierbar wurde. Durch diese Anordnung, welche ungefähr den Viertelpunkten des Waggons entspricht, ist eine gleichmäßige Aufteilung der Türen über die Zuglänge erreicht.

Doppelstockwagen	
Nummerierung:	Bmpz-ds 50 81 80-33.x (Waggon) Bmpz-dl 50 81 26-33.x (Steuerwagen)
Höchstgeschwindigkeit:	140 <i>km/h</i>
Sitzplätze:	114 (Waggon), 104 (Steuerwagen)
Türkonfiguration	2x2
Türbreite	140 cm

Tabelle 3.3: technische Daten - Doppelstockwagen [11] u. [10]



Abbildung 3.8: Doppelstockwagen - entnommen [10]

Kapitel 3 Rahmenbedingungen

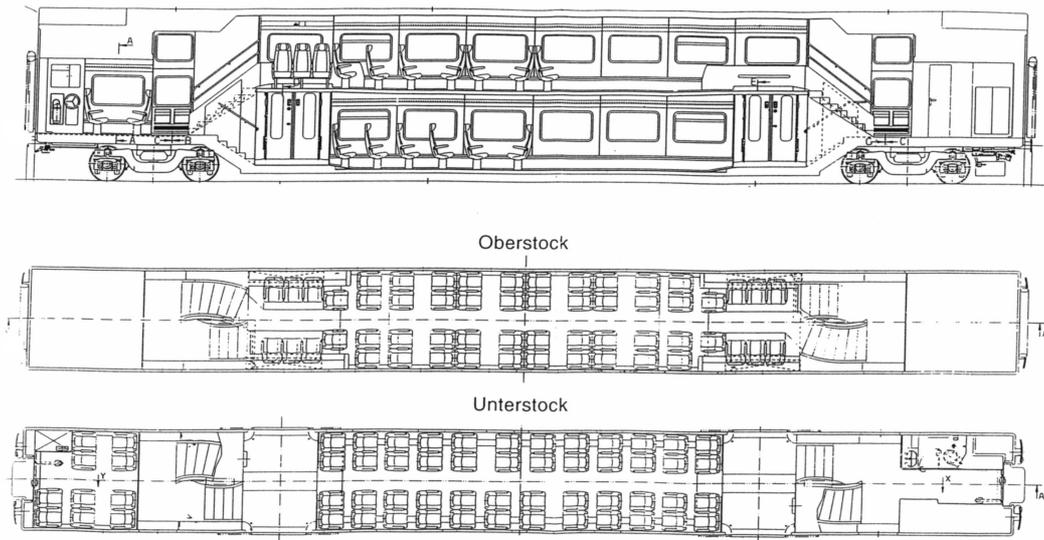


Abbildung 3.9: Typenskizze Doppelstockwagon - Bmpz-dl 26-33 [18]

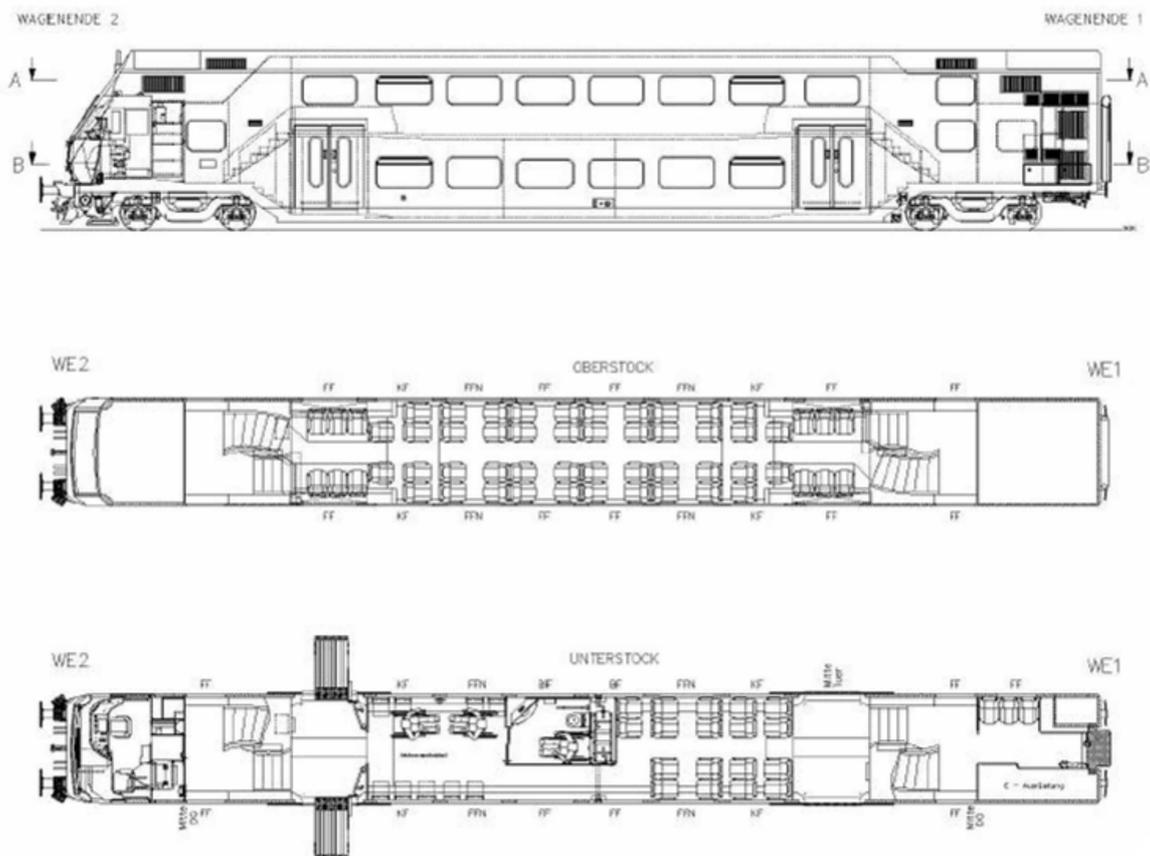


Abbildung 3.10: Typenskizze Doppelstocksteuerwagen - Bmpz-dl 86-33 [18]

Kapitel 4

Methodik

4.1 Literaturrecherche

Das Thema der Haltezeit bei Schnellbahnen wird in der Literatur nur bedingt behandelt. So befasst sich [4] zwar ausführlich mit den theoretischen Grundlagen des Fahrgastwechsel im Personennahverkehr, andere Aspekte werden jedoch nur angeschnitten. Auch [14] beschäftigt sich ausgiebig mit dem Fluss der Passagiere, während die in dieser Arbeit als "technische Zeiten" beschriebenen Vorgänge nur bedingt analysiert werden. Um diese "technischen Zeiten" besser zu verstehen, waren entsprechende Vorschriften (siehe [15] und [17]) hilfreich. Einen Einblick in das energiesparende Fahren im Schnellbahnbetrieb ermöglichte [1]. Auch in diversen Zeitschriften wurden Artikel publiziert, welche die Thematik teilweise aufgreifen. Ein Werk, welches eine gesamtheitliche Betrachtung der Problematik im qualitativen und quantitativen Sinne beschreibt, ist jedoch leider nicht bekannt.

4.2 Internetrecherche

Auch das Internet lieferte bei den Recherchen in Bezug auf die Problematik keine relevanten Informationen. Als Quelle für Informationen zu Wagen- und Bildmaterial war es nützlich. Kommentare in diversen Foren erwiesen sich als Inspirationsquelle.

4.3 Eigenerhebungen

Da keine Daten zu den hier untersuchten Haltezeiten vorlagen, mussten diese in Eigenregie im Sommer 2008 sowie im Sommer 2009 erhoben werden. Hierfür wurden zwei

Bahnhöfe, welche wichtige Umsteigerelationen auf der Stammstrecke darstellen, ausgewählt. Zum einen wurde der Bahnhof Floridsdorf wegen seiner Umsteigerelation zur U-Bahnlinie U6 ausgewählt, zum anderen der Bahnhof Landstraße-Wien Mitte, welcher zu den U-Bahnlinien U3 und U4 Umsteigerelationen besitzt. Des Weiteren wurden die betreffenden Bahnhöfe ausgewählt, da sie ein entsprechendes Fahrgastaufkommen haben. Dass es sich bei diesen Bahnhöfen nicht um Endbahnhöfe handelt, ist ebenfalls von Vorteil, da somit das gleichzeitige Ein- und Aussteigen von Fahrgästen schlagend wird, was allgemein als dem normalen Fahrgastwechsel entsprechend angesehen werden kann. Die Messung der Haltezeiten erfolgte über Videoaufnahmen¹.

4.3.1 Messkonfiguration

Die Messung erfolgte mittels eines handelsüblichen Fotoapparates mit Videofunktion, welcher eine Bildwiederholungsrate von 15 Bildern pro Sekunde und eine Auflösung von 640x480 Pixeln hat. Zusätzlich war es möglich eine synchrone Mono-Audiospur aufzunehmen, welche sich in Bezug auf rein akustische Signale bei der Abfertigung als äußerst nützlich erwiesen hat.

Die Aufnahmen selbst erfolgten vom Bahnsteig aus, wobei situationsbedingt versucht wurde, das Aufnahmegerät über Kopfhöhe zu positionieren. (siehe Abbildung 4.1)

Eine Messung im Inneren der Züge war aus rechtlichen Gründen nicht möglich, wodurch auf das Verhalten der Fahrgäste im Inneren des Zuges nur bedingt rückgeschlossen werden kann. Weiters ist anzumerken, dass es sich bei diesen Messungen um Messungen an der Einzeltüre handelt. Eine parallele Messung an allen Türen des jeweiligen Zuges ist aus ressourcenbedingten Gründen nicht möglich gewesen. Dem in Abbildung 4.1 rot dargestellten Messquerschnitt kommt dabei besondere Bedeutung zu, da das Durchschreiten dieses fiktiven Querschnittes, welcher bei allen betrachteten Zugtypen ungefähr in der Türflucht liegt, für die weiteren Auswertungen zeitlich registriert wurde.

¹die Genehmigung von Seiten der ÖBB-Holding AG dazu war vorhanden

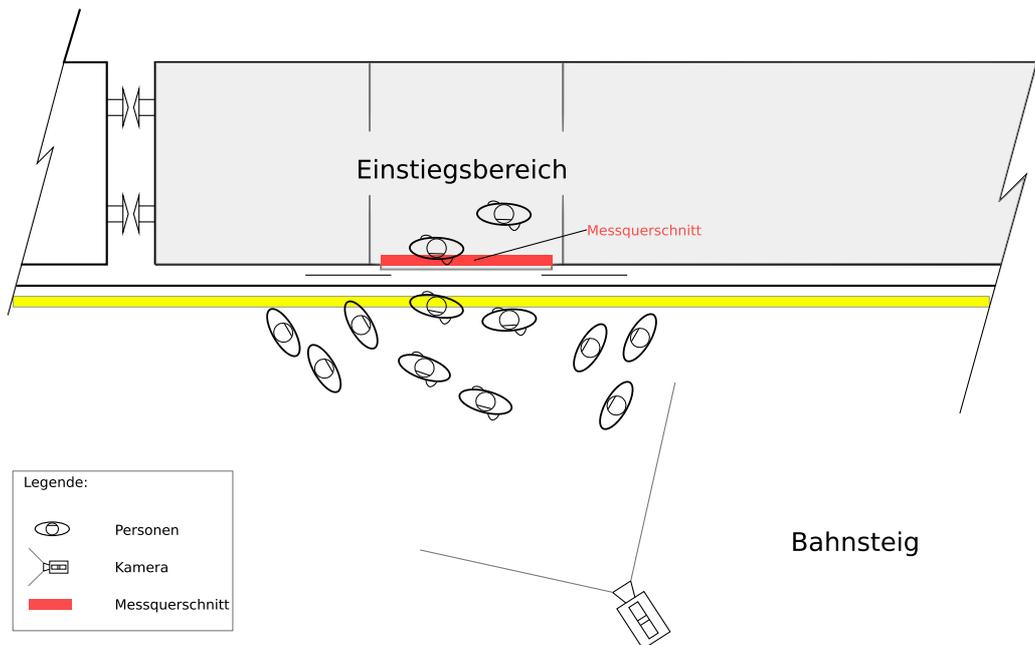


Abbildung 4.1: Messkonfiguration [31]

4.3.2 Erhobene Daten

Eine Messung betrachtet zeitlich gesehen Ereignisse, welche sich ab dem Zeitpunkt des Anhalterucks bis zum Abfahrtsruck an der Einzeltüre abspielen. Dabei werden wie in Abbildung 4.2 ersichtlich folgende Ereignisse dokumentiert:

- Anhalteruck als zeitlicher Ausgangspunkt
- Beginn des Türöffnens
- Ende des Türöffnens
- Jedes Durchschreiten des Kontrollquerschnittes (siehe auch Abbildung 4.1)
- Beginn des Türschließens
- Ende des Türschließens
- Rücknahme der Türfreigabe (bei Talent und Doppelstock durch das Erlöschen der Türöffentaster, bei Reihe 4020 durch Signalsumnton definiert)
- Abfahrtsruck

Alle aufgelisteten Ereignisse sind dabei zeitlich bezogen auf den Anhalteruck. Zu berücksichtigen ist, dass die Ereignisse nicht zwingend in genau der angegebenen Reihenfolge auftreten müssen. So ist es möglich (und wie sich im Weiteren herausgestellt hat, sehr häufig), dass Fahrgastwechsel bereits vor dem Ende des Türöffnens vonstatten gehen, oder dass Türen geschlossen werden und von spät eintreffenden Fahrgästen wieder geöffnet werden. Auch das Schließen der Türen nach der Rücknahme der Türfreigabe (Zwangsschließen) ist immer wieder anzutreffen.

Des Weiteren wurden den jeweiligen Ereignissen immer der Bahnhof, der Bahnsteig und der Zugtyp zugeordnet. Bezüglich der Fahrgäste wurden die in Tabelle 4.1 angeführten weiteren Daten erhoben. In diesem Zusammenhang ist darauf zu verweisen, dass die entsprechenden Einteilungen in die verschiedenen angeführten Kategorien ausschließlich dem Augenschein nach erfolgt sind.

Zusatzinformationen Fahrgast	
Alter	erfolgte in den vier Stufen: Kind Jugendlicher Erwachsener fortgeschrittenen Alters
Geschlecht	weiblich/männlich
Gepäck	erfolgte in den Kategorieeinteilungen: kein Gepäck Rucksack kleine Tasche/Handtasche großer Koffer/Tasche sehr großer Koffer/Tasche Fahrrad Kinderwagen
Bewegungsrichtung	Ein- bzw. Aussteigen
Ein-/Aussteigeverhalten	nach vier Kategorien: hintereinander versetzt (Reißverschlussprinzip) nebeneinander gegenläufig (Ein- und Aussteigen gleichzeitig)

Tabelle 4.1: Registrierte Informationen zu den einzelnen Fahrgästen

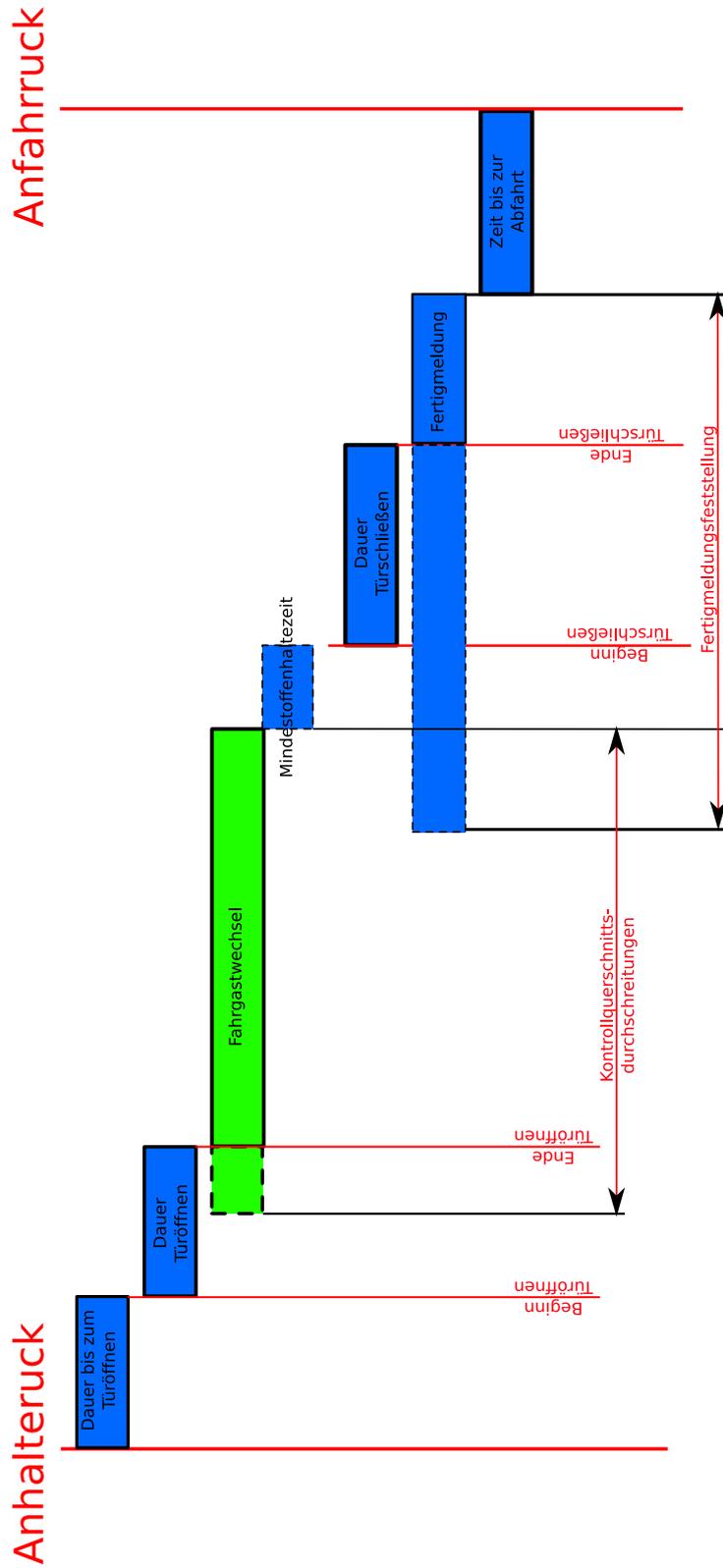


Abbildung 4.2: Darstellung der Messereignisse in roter Farbe (in Anlehnung an [4])

4.3.3 Datenauswertung

Die, wie in Abschnitt 4.3.1 beschrieben, erstellten Videoaufnahmen wurden nach den Gesichtspunkten in Abschnitt 4.3.2 mittels Videoeditionssoftware² im Einzelbildverfahren analysiert. Dabei wurden zur weiteren elektronischen Datenverarbeitung geeignete Textdateien erstellt. Exemplarisch ist eine derartige Datei im Anhang abgebildet. Um die weitere Verarbeitung der Daten zu erleichtern, wurden diese mit eigens dafür entwickelter Software in einer Datenbank³ abgelegt. Ein Entity-Relationship-Diagramm [32] der Datenbank ist in Abbildung 4.3 gezeigt. Die Auswertung erfolgt mittels einer Eigensoftwareentwicklung, die auf das Problem zugeschnitten ist. Als Programmiersprache wurde VB.NET-2008 (Express Edition) verwendet. Bezüglich der dabei programmierten statistischen Funktionen wurde sowohl auf [19] als auch auf [20] zurückgegriffen.

Für die Erstellung der Datenbank war [22] äußerst nützlich. Bezüglich der Softwareentwicklung wurden [21] und [23] herangezogen. Für die Sprache SQL zeigte sich [24] als sehr informativ und sehr hilfreich. In Bezug auf die Auswertungen wurden stichprobenartige manuelle Überprüfungen durchgeführt, um Fehler in der Programmierung weitestgehend auszuschließen. Ein Auszug des Userinterfaces ist in Abbildung 4.4 dargestellt.

Der Vorteil dieser Vorgangsweise ist, dass sich laufend zur Entwicklung weitere Daten in die Datenbank aufnehmen lassen, ohne dass dazu viele manuelle Schritte notwendig sind. So sind auch Überprüfungen mit reduzierten Datenmessbeständen möglich, die sich nicht durch ihre Größe einer manuellen Überprüfung entziehen. Aufgrund des Zwischenschrittes über die strukturierten Textdateien ist es auch möglich, die Daten plattformunabhängig für andere Projekte zu benutzen. Für eine etwaige Benutzung in Excel empfiehlt es sich jedoch, die Accessdatenbank und die innerhalb des Officepaketes bestehende Konnektivität über in VBA⁴ integrierte Schnittstellen zu nutzen.

²avidemux

³Microsoft Access 2003

⁴Visual Basic for Applications

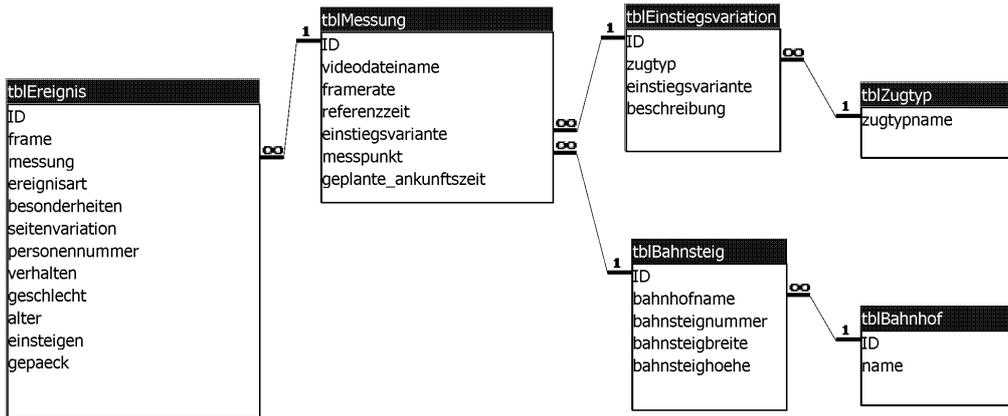


Abbildung 4.3: Entity Relationship Diagramm der Messdatenbank [33]

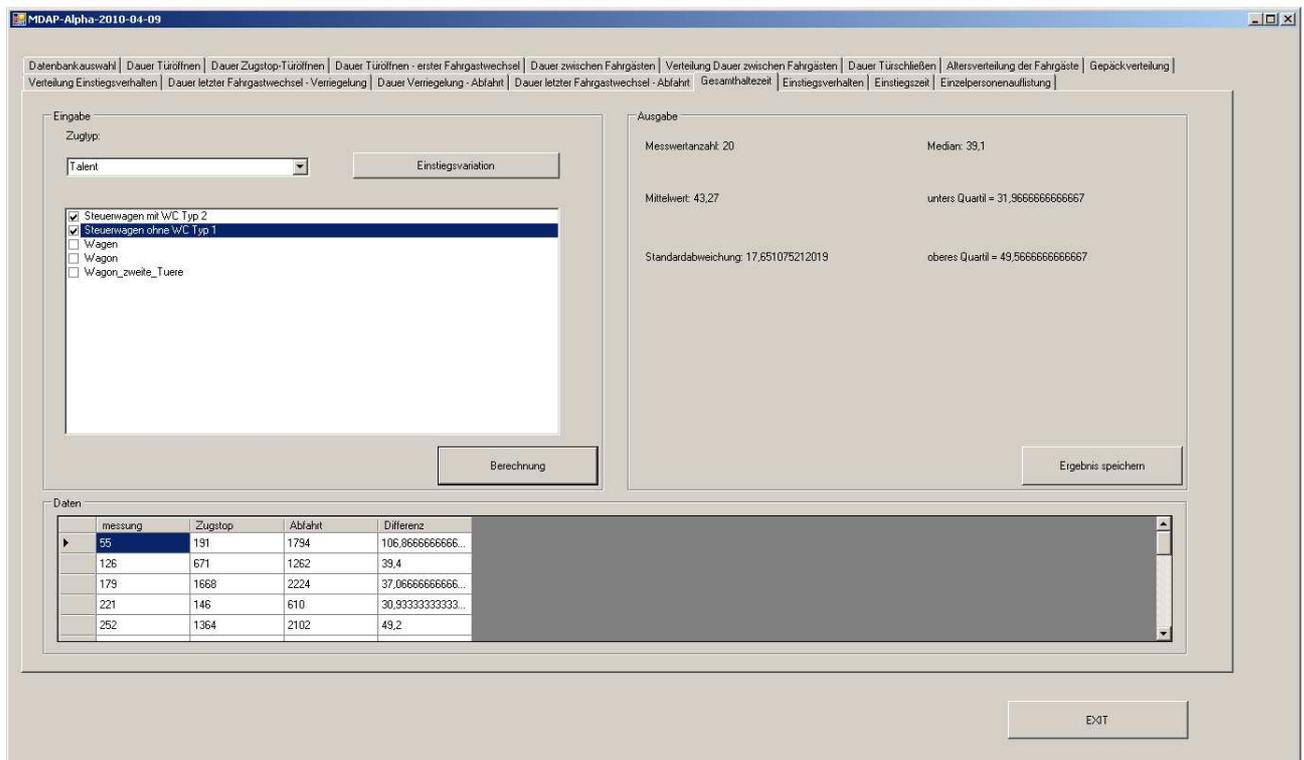


Abbildung 4.4: Interface des Auswerteprogrammes [34]

4.3.4 Datenumfang

Insgesamt wurden im Zuge dieser Diplomarbeit 469 Messungen durchgeführt. Tabelle 4.2 beinhaltet eine Auflistung einiger Parameter, die einen Einblick in die Datenmenge ermöglichen. Gegenüber den anderen Zugtypen ergab sich bei den Messungen des 4024 - Talent Mittelwagens die Möglichkeit beide Türen im Aufnahmebereich der Kamera zu haben. Diese Aufnahmen wurden jeweils pro Türe als eine einzelne Messung gewertet, wobei jedoch durch eine entsprechende Kennzeichnung diese zusätzlichen Messungen nur bei Auswertungen die Fahrgäste betreffend Berücksichtigung finden.

Dies ist in Tabelle 4.2 extra ausgewiesen. Weiters zeigt sich anhand dieser Daten die ungefähre prozentuelle Häufigkeit der auf der Stammstrecke verkehrenden Züge. Die sich daraus ergebende Häufigkeit der einzelnen Zugtypen ist in Abbildung 4.5 dargestellt.

Parameter	Anzahl
Messungen gesamt	469
davon 4024 Talent	82
davon Beobachtungen von 2 Türen gleichzeitig	25
davon Reihe 4020	221
davon Doppelstockwagen	166
Ereignisse gesamt	9263
Fahrgastwechsel gesamt	5013
davon Einsteigende	2513
davon Aussteigende	2500

Tabelle 4.2: Aufschlüsselung des Messdatenumfanges [35]

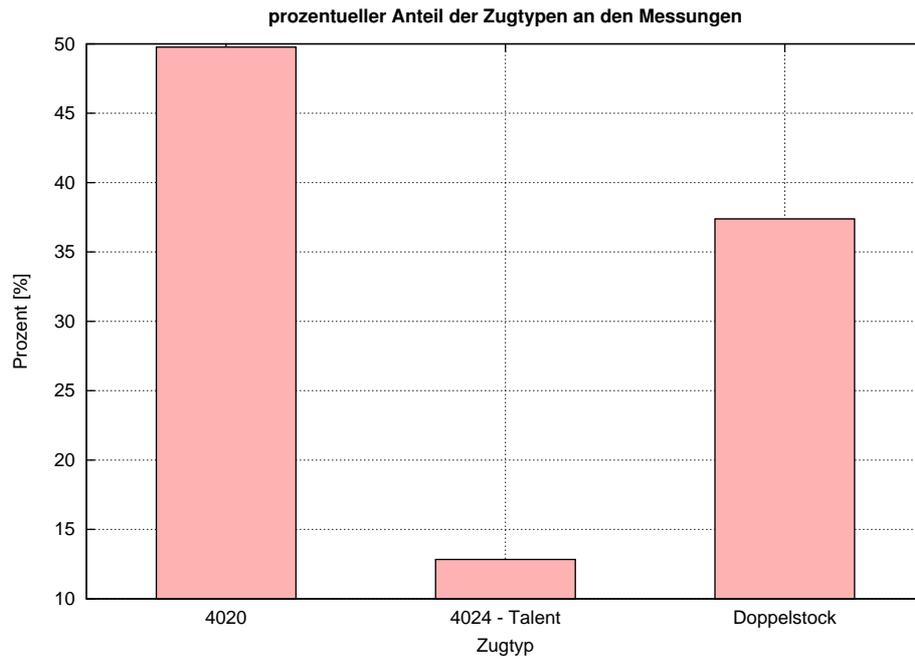


Abbildung 4.5: Anteile der Zugtypen an den Messdaten [35]

Kapitel 5

Haltezeitanteile

Grundsätzlich haben die einzelnen Vorgänge, welche die Haltezeit eines Zuges bilden, sehr unterschiedliche Anteile an der Gesamthaltezeit. Gerade das Wissen um die Gewichtung der einzelnen Anteile ist dabei von nicht zu unterschätzender Bedeutung, da es Aufschluss über die Effektivität der Haltezeitanteilsabläufe gibt. Außerdem erlaubt es einen ersten Einblick in die Bedeutung der Anteile, was in Bezug auf eine Kosten-Nutzen Rechnung etwaiger Optimierungen einen Einfluss hat. Abbildung 5.1 zeigt in geschichteter Form die Haltezeitanteile. Hierbei ist zu beachten, dass es sich dabei um die Mittelwerte aller Messungen handelt, weshalb sich aus dieser Darstellung nur ein bedingter Eindruck über die Gewichtung, jedoch nicht ein zwingend zulässiger Vergleich der einzelnen Zugtypen ergibt. Vielmehr soll hier ein erster Eindruck über die Gewichtung der Haltezeitanteile vermittelt werden. Deutlich ist zu sehen, dass die Zeit zwischen dem Zugstopp und dem Türöffnen, bzw. zwischen dem Türöffnen und dem ersten Fahrgastwechsel relativ geringe Anteile an der Gesamthaltezeit haben. Dem gegenüber steht der Block des eigentlichen Fahrgastwechsels, welcher der eigentliche Zweck des Aufenthalts in der Station ist, als auch die Abfertigung des Zuges, wobei die Abfertigung an sich vom letzten Fahrgastwechsel an gezählt wird. Aufgrund der hohen Bedeutung der Blöcke Fahrgastwechsel und Abfertigung werden diese Beiden in gesonderten Kapiteln behandelt (siehe Kapitel 6 und Kapitel 7). Sie bieten mit hoher Wahrscheinlichkeit auch das größte Potenzial zur Haltezeitverkürzung.

Insgesamt lässt sich jedoch sagen, dass die Haltezeiten im Mittel durchwegs unter der im öffentlichen Fahrplan angegebenen Haltezeit von einer Minute liegen. Die Mittelwerte der einzelnen Haltezeitanteile, aber auch die Gesamthaltezeiten sind in Tabelle 5.1 auf Zehntelsekunden gerundet für die untersuchten Zugtypen angegeben.

Der Vollständigkeit halber werden in diesem Kapitel auch die weiteren gemessenen Zeiten, welche nicht gesondert behandelt werden, ausgeführt.

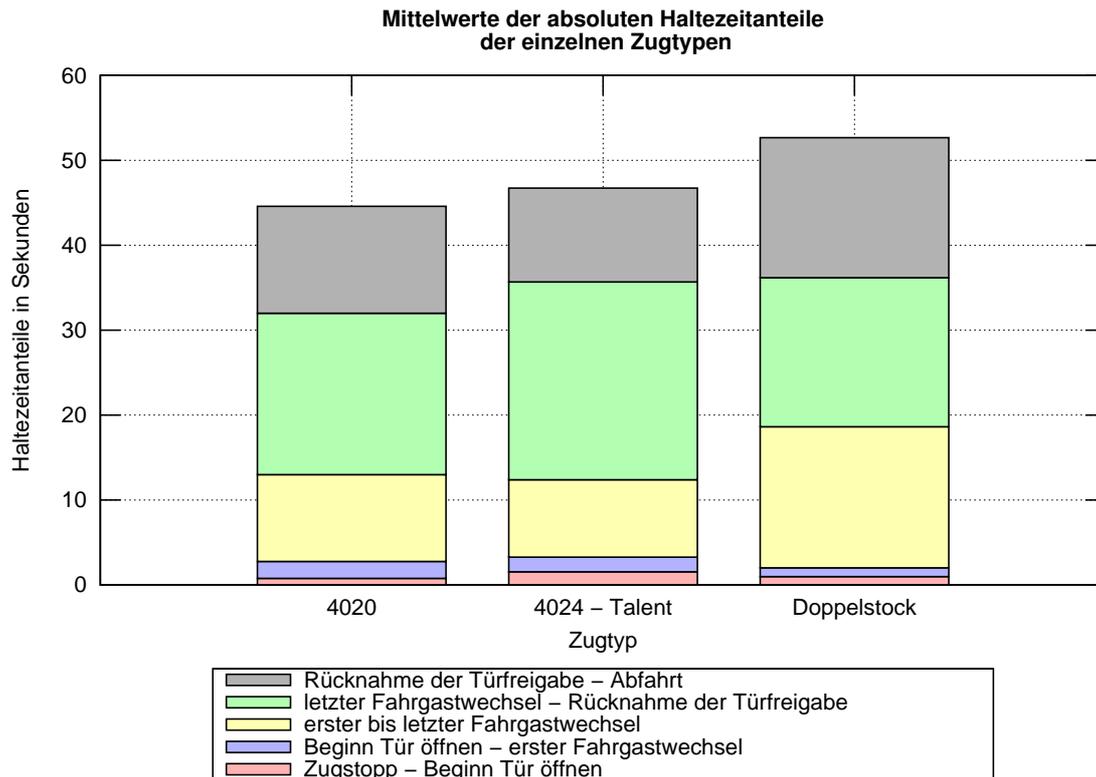


Abbildung 5.1: absolute Haltezeitanteile der unterschiedlichen Zugtypen [35]

Vorgang	Reihe 4020 [sec.]	4024 - Talent [sec.]	Doppelstock [sec.]
Zugstopp - Beginn Türöffnen	0,8	1,5	1,0
Beginn Türöffnen - erster Fahrgastwechsel	2,0	1,7	1,0
Fahrgastwechseldauer	10,2	9,1	16,6
letzter Fahrgastwechsel - Rücknahme Türfreigabe	19,0	23,3	17,6
Rücknahme Türfreigabe - Abfahrt	12,6	11,1	16,5
Gesamthaltezeit	44,6	46,7	52,7

Tabelle 5.1: Mittelwerte der Haltezeitanteile der einzelnen Zugtypen in Sekunden [35]

5.1 Zeit zwischen dem Zugstopp und dem Beginn des Türöffnens

Der Zeitanteil des Anhaltens des Zuges und des eigentlichen Beginns des Türöffnens hat auf die Gesamthaltezeit an sich nur einen geringen Einfluss. Dennoch ist es eine Zeit, die den Fahrgästen, wenn sie es eilig haben (z.B. um einen Anschluss zu erreichen), sehr deutlich auffällt, da in dieser Zeit zumeist keine sichtbaren Handlungen vorgenommen werden. Wichtig anzumerken ist, dass das Öffnen der Türe erst nach der Freigabe durch den Triebfahrzeugführer erfolgen kann.

Hier muss bereits zwischen den Zugtypen unterschieden werden, da aus Sicht des Fahrgastes zwei unterschiedliche Systeme zum Einsatz kommen. Bei der Reihe 4020 ist es notwendig mittels geringem Kraftaufwand einen Hebel zu bewegen, woraufhin die Türe aufzugleiten beginnt. Im Falle des 4024 - Talent und des Doppelstockwagens befinden sich ungefähr in der Mitte der Türe drucksensitive Taster, welche auf der Innenraumseite bereits vor dem Halt des Zuges betätigt werden können. Interessanterweise scheint der Unterschied in den Öffnungsmechanismen nicht ausschlaggebend zu sein, was die Zeit zwischen dem Zugstopp und dem Beginn des Türöffnens angeht. Vielmehr wird in Abbildung 5.2 deutlich, dass die Unterschiede anderer Natur sein müssen. So zeigt sich kaum eine zeitliche Differenz zwischen den Zügen der Reihe 4020 und den Doppelstockwagen, während die Züge der Reihe 4024 - Talent signifikant größere Zeitspannen beanspruchen. Die genauen Zeiten sind in Tabelle 5.2 angegeben. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass es weder die Situierung des Tasters noch die Tatsache, dass es ein Taster ist, ausschlaggebend für diesen Zeitverlust ist. Vielmehr kann aufgrund der Messwerte der persönliche Eindruck gestützt werden, dass die Türverriegelung erst verzögert nach dem Anhalteruck aufgehoben wird.

Allgemein sind die Zeiten jedoch so gering, dass eine weitere Beschleunigung dieser Vorgänge nur bedingt zu einer echten Haltezeitverkürzung beitragen. Im Sinne des Empfindens des Fahrgastes wäre jedoch eine schnellere Aufhebung der Türverriegelung bei den Zügen der Reihe 4024 - Talent wünschenswert.

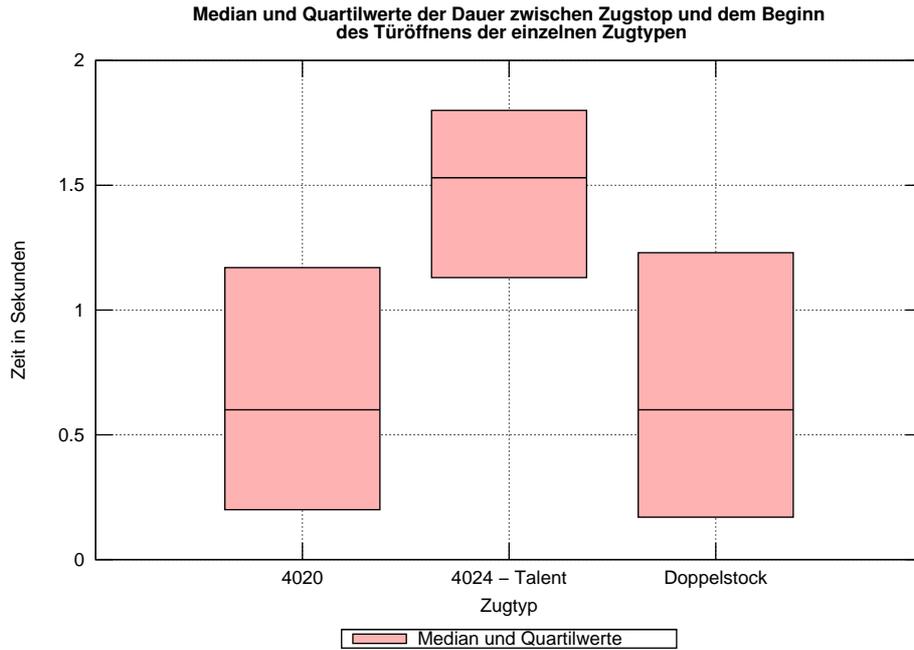


Abbildung 5.2: Dauer zwischen dem Zugstopp und dem Beginn des Türöffnens [35]

Zugtyp	Reihe 4020	4024 - Talent	Doppelstockwagen
Messwertanzahl	221	59	165
Mittelwert [sek.]	0,8	1,5	1,0
Standardabweichung [sek.]	0,9	0,7	1,5
Median [sek.]	0,6	1,5	0,6
unteres Quartil [sek.]	0,2	1,1	0,2
oberes Quartil [sek.]	1,2	1,8	1,2

Tabelle 5.2: statistische Werte der Zeit Zugstopp bis Beginn des Türöffnens [35]

5.2 Dauer des Türöffnungsvorgang im Verhältnis zum ersten Fahrgastwechsel

5.2.1 Dauer des eigentlichen Türöffnungsvorganges

Der eigentliche Türöffnungsvorgang ist relativ kurz und unterscheidet sich bei den einzelnen Zugtypen nur gering. Die mittleren Türöffnungszeiten sind in Diagramm 5.3 angegeben. Überraschenderweise ist dabei die Öffnungszeit des ältesten Wagenmaterials am

schnellsten, was wohl mit einer zu den neueren Garnituren unterschiedlichen Mechanik im Bereich der Türe zusammenhängt. Da jedoch auch hier die Zeiten vergleichsweise kurz sind und die relevante Zeit mit Verweis auf Unterkapitel 5.2.2 noch kürzer ist, scheint hier eine weitere Optimierung nur wenig zielführend, zumal mit steigender Geschwindigkeit des Türflügels auch das Verletzungsrisiko zunimmt.

In Tabelle 5.3 sind unter anderem die Türöffnungszeiten der Vollständigkeit halber aufgelistet.

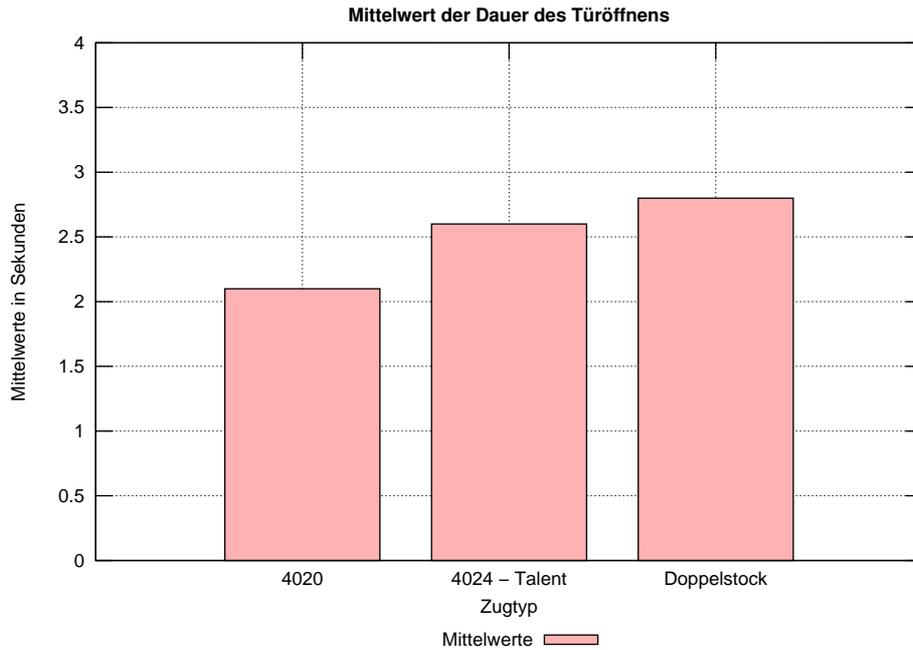


Abbildung 5.3: Dauer des eigentlichen Türöffnens [35]

5.2.2 Dauer zwischen dem Beginn des Türöffnens und dem ersten Fahrgastwechsel

Ausgehend davon, dass das Öffnen der Türe eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt (siehe Unterkapitel 5.2.1), ergibt sich für den Fahrgast mitunter die Möglichkeit, vor dem Abschluss des Türöffnungsvorganges das Fahrzeug zu verlassen bzw. zu betreten. Wie sich aus einem Vergleich der Diagramme 5.3 und 5.4 zeigt, wird diese Möglichkeit intensiv genutzt. Tatsächlich kommt es hauptsächlich bei den Zügen der Reihe 4024 - Talent und der Doppelstockwagen zu Zeiteinsparungen, welche sich in der Größenordnung von ca. 1 Sekunde bewegen. Bei der Reihe 4020 kommt es im Mittel nur zu einem um 0,1 Sekunden früheren Fahrgastwechsel, was auf das Vorhandensein des Geländers in der

Einstiegsmitte und die getrennt zu öffnenden Türflügel zurückzuführen ist. Abbildung 5.5 verdeutlicht schematisch den dabei betroffenen Vorgang. Da es üblich ist, die im Fahrzeug befindlichen Fahrgäste zuerst aussteigen zu lassen, wird der Vorgang entsprechend dargestellt.

Grundsätzlich scheint in der hier betrachteten Situation das Geländer ein Nachteil zu sein. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Geländer in der Gesamtbeurteilung des Fahrgastwechsels einen positiven Einfluss hat. Dies wird jedoch hauptsächlich in Kapitel 6 behandelt.

In Tabelle 5.3 sind die Mittelwerte in Bezug auf den ersten Fahrgastwechsel der Vollständigkeit halber aufgelistet.

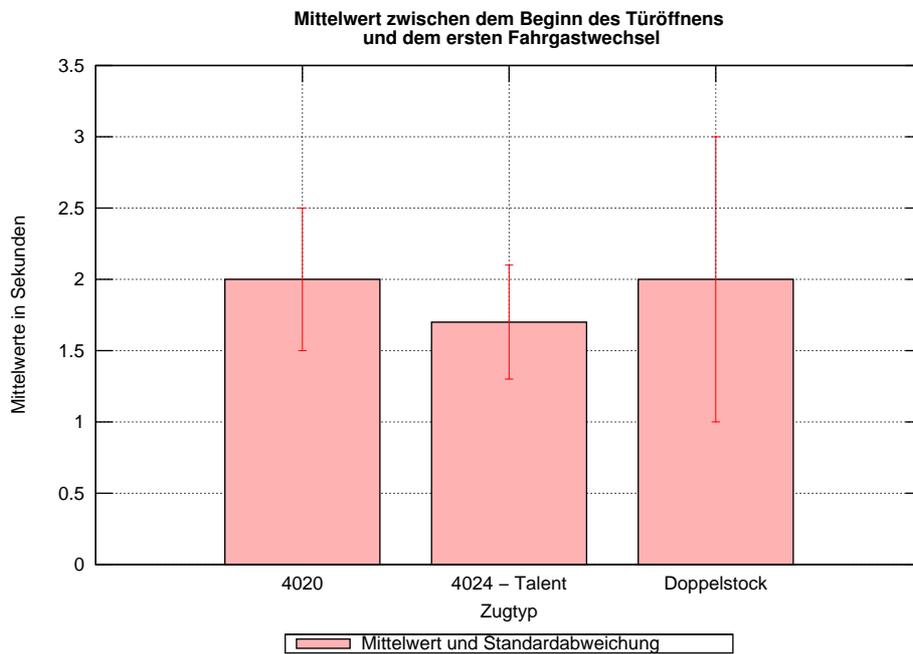


Abbildung 5.4: Dauer zwischen dem Beginn des Türöffnens und dem ersten Fahrgastwechsel [35]

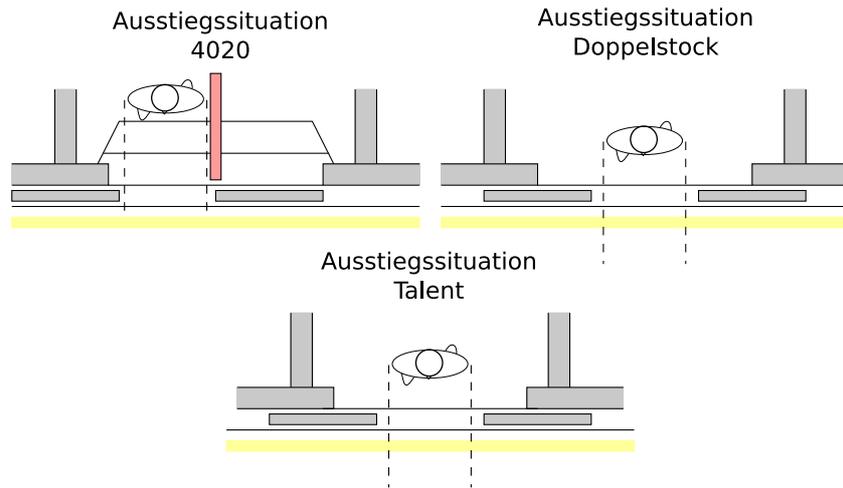


Abbildung 5.5: Verhalten der ersten Fahrgäste [31]

5.3 Dauer des Türschließens

Das Schließen der Türen hat die meiste Zeit über nur geringe Bedeutung in Hinblick auf die Gesamthaltezeit. Mit einer Dauer von unter 3 Sekunden ist sie zusätzlich auch noch relativ kurz. Hinzu kommt, dass ein zu schnelles Schließen der Türen in Bezug auf den Sicherheitsaspekt nicht zulässig sein kann, da hier die Verletzungsgefahr erheblich ansteigen würde und derartige Vorkommnisse das Vertrauen der Fahrgäste in ein an sich sicheres Verkehrsmittel herabsetzen würden. Es zeigt sich auch in den ermittelten Zeiten (siehe Abbildung 5.6), dass bei den erheblich älteren Garnituren der Reihe 4020 die Türen schneller schließen als bei den deutlich neueren der Reihe 4024 - Talent. Dies ist neben dem veränderten Schließmechanismus wohl auch auf das sich verändernde Sicherheitsempfinden der Bevölkerung zurückzuführen.

Eine Relevanz erhält die Dauer des Türschließens einerseits bei der zuletzt genutzten Türe im Zuge eines Haltevorgangs, da diese erst schließen muss, bevor die weiteren Abfertigungsprozeduren in Gang gesetzt werden können, als auch bei den Abfertigungsvorgängen selbst, da eine Abfahrt erst möglich ist, nachdem die vom Zugbegleiter genutzte Türe geschlossen ist. Auf den Abfertigungsprozess wird jedoch im Detail in Kapitel 7 eingegangen.

In Tabelle 5.3 sind die Mittelwerte des Türschließens der Vollständigkeit halber aufgelistet.

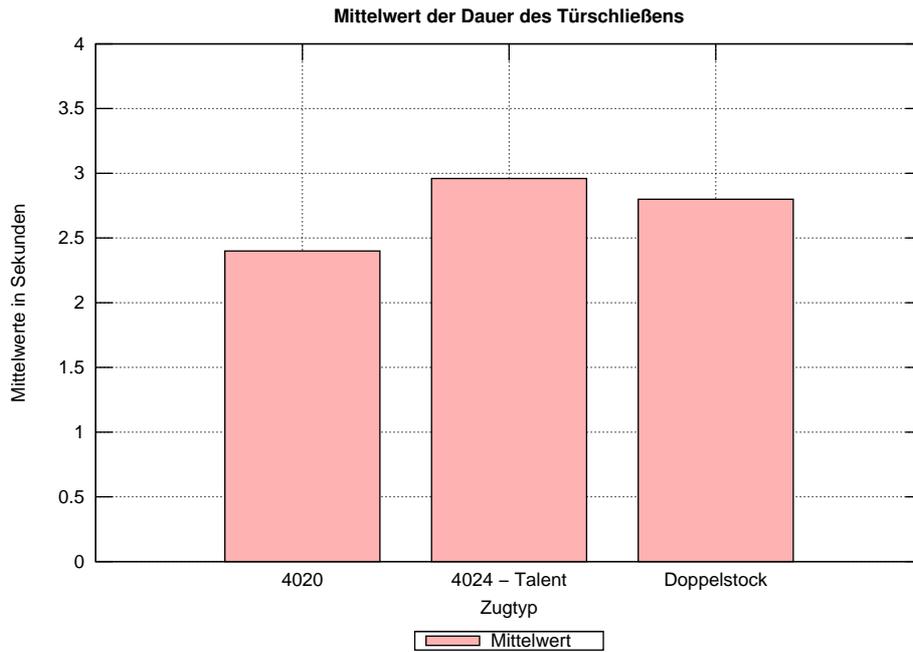


Abbildung 5.6: Dauer des Türschließens [35]

Zugtyp	Reihe 4020	4024 - Talent	Doppelstockwagen
Dauer Türöffnen	2,1	2,6	2,8
Dauer zwischen Beginn Türöffnen - erster Fahrgastwechsel	2,0	1,7	2,0
Zeit zwischen dem ersten Fahrgastwechsel - Ende Türöffnen	0,1	0,9	0,8
Dauer Türschließen	2,4	3,0	2,8

Tabelle 5.3: Mittelwerte in Bezug auf das Türöffnen, Türschließen und den ersten Fahrgastwechsel [35]

Kapitel 6

Fahrgastwechselzeiten

Wie in Abbildung 5.1 ersichtlich, stellt die Fahrgastwechselzeit einen bedeutenden Teil der Gesamthaltezeit dar. Zwar ist ihre Auswirkung stark vom Fahrgastaufkommen abhängig, jedoch ist der Fahrgastwechsel das zentrale Element des Haltes eines Zuges. Hinzu kommt, dass dieser auf das Komfortempfinden des Fahrgastes einen erheblichen Einfluss hat. Resultierend daraus ergibt sich ein erheblicher Einfluss auf den Modal Split. Diese Arbeit möchte neben einer möglichen Energieeinsparung auch die Attraktivität des Verkehrsmittels Schnellbahn nicht aus dem Auge verlieren. Daher wird im Weiteren neben den rein zeitbezogenen Messwerten auch eine Interpretation in Bezug auf den Komfort dargelegt. Dabei werden die untersuchten Zugtypen und ihre Einstiegsbereiche miteinander verglichen und entsprechend die Vor- und Nachteile besprochen. Des Weiteren wird ein Einblick in die Theorie des Fahrgastwechsels und die damit verbundenen Elemente gegeben.

6.1 Der Parameter Fahrgast

Der Mensch als Fahrgast lässt sich durch drei wesentliche Merkmale beschreiben:

- Alter
- Gepäck
- etwaige körperliche Einschränkungen

Dabei kommt es in Abhängigkeit dieser Kriterien zu einem unterschiedlichen Fahrgastverhalten, was unter anderem auch Einfluss auf die Fahrgastwechselzeiten hat. In den weiteren Unterkapiteln werden diese einzelnen Kriterien behandelt und auch die Relevanz der einzelnen Punkte in Bezug auf die bei den Messungen erhobenen Daten angegeben.

6.1.1 Alter

Gemäß [4] ist die Leistungsfähigkeit des menschlichen Körpers stark vom Alter abhängig. So wird ein Maximum der körperlichen Leistungsfähigkeit im Alter von 18 bis 20 Jahren angegeben, welches sich bis zum 25. Lebensjahr bereits zurückbildet. Ein erheblicher Abfall ist auch im Alter zwischen 50 und 60 Jahren zu verzeichnen. Weiters wird im Alter ab 80 Jahren nur noch eine Leistungsfähigkeit eines Zehnjährigen angegeben. Da der Bewegungsapparat davon stark betroffen ist, ist anzunehmen, dass hier ein Einfluss auf die Fahrgastwechselzeiten auftreten muss. In Anbetracht der durchschnittlichen Lebenserwartung von 77,1 Jahren bei Männern und 82,6 Jahren bei Frauen [25] (Stand 2006) und der Tatsache der voranschreitenden Zentralisierung der Versorgungseinrichtungen ist in Zukunft mit einem vermehrten Anteil an älteren Menschen am Fahrgastaufkommen zu rechnen, nicht zuletzt auch da der öffentliche Verkehr ein Transportmittel für jeden darstellt.

Es ist jedoch auch anzumerken, dass Kinder aufgrund ihrer Körpergröße Einstiege, speziell, wenn sie über Stufen erfolgen, als Behinderung empfinden. Hinzu kommt noch, dass Kinder in jüngerem Alter häufig von ihren Eltern während des Einsteigens an der Hand gehalten werden, was zwar die Sicherheit erhöht, jedoch den Türraum des Einstieges zumeist gänzlich für den Einsteigevorgang des Kindes beansprucht.

In Abbildung 6.1 (entnommen [4]) ist der Verlauf der Fußgängergeschwindigkeit in Abhängigkeit des Lebensalters angegeben. Hierbei ist anzumerken, dass es bei den Messungen nicht möglich war, das tatsächliche Alter der einzelnen Personen in Erfahrung zu bringen, sondern dass dieses aufgrund äußerer Merkmale geschätzt und die Person entsprechend in eine der vier Kategorien eingeteilt wurde. Die Kategorien setzen sich wie folgt zusammen:

- Kinder - Personen, welche das geschätzte Alter von 10 Jahren noch nicht überschritten haben
- Jugendliche - Personen in einem Altersbereich von 10 bis 20 Jahren
- Erwachsene - Personen in einem Altersbereich von 20 bis ca. 65 Jahre
- ältere Menschen - Personen die das 65. Lebensjahr bereits erreicht bzw. überschritten haben

In Abbildung 6.2 ist die Altersverteilung der gemessenen Fahrgastwechsel relativ zur jeweiligen Gesamtanzahl der Fahrgastwechsel angegeben. Daraus ist ersichtlich, dass die

Verteilung des Fahrgastalters innerhalb der Messwerte zwischen den Zugstypen relativ konstant ist und darum auch ein Vergleich als zulässig erachtet wird. Deutlich sichtbar ist, dass die Gruppe der Erwachsenen hier einen Großteil der Fahrgastwechsel bildet.

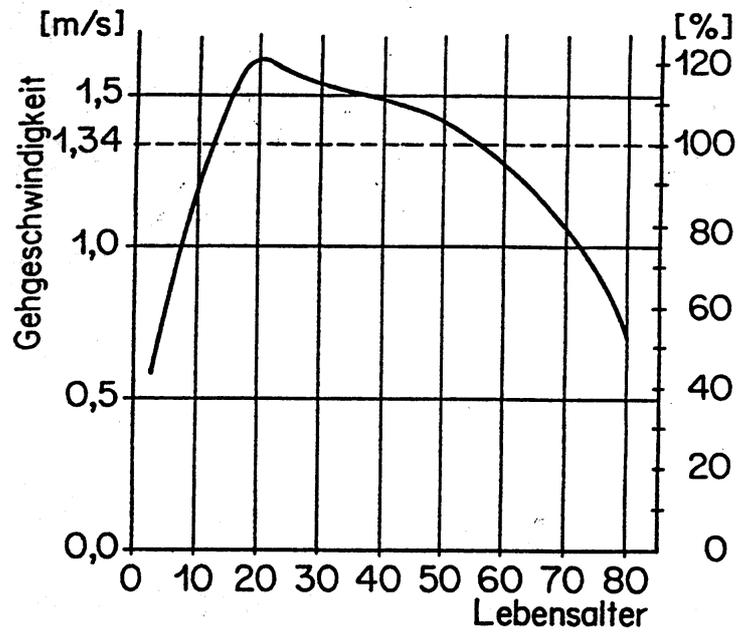


Abbildung 6.1: Verlauf der Fußgängergeschwindigkeit in Abhängigkeit des Lebensalters [4]

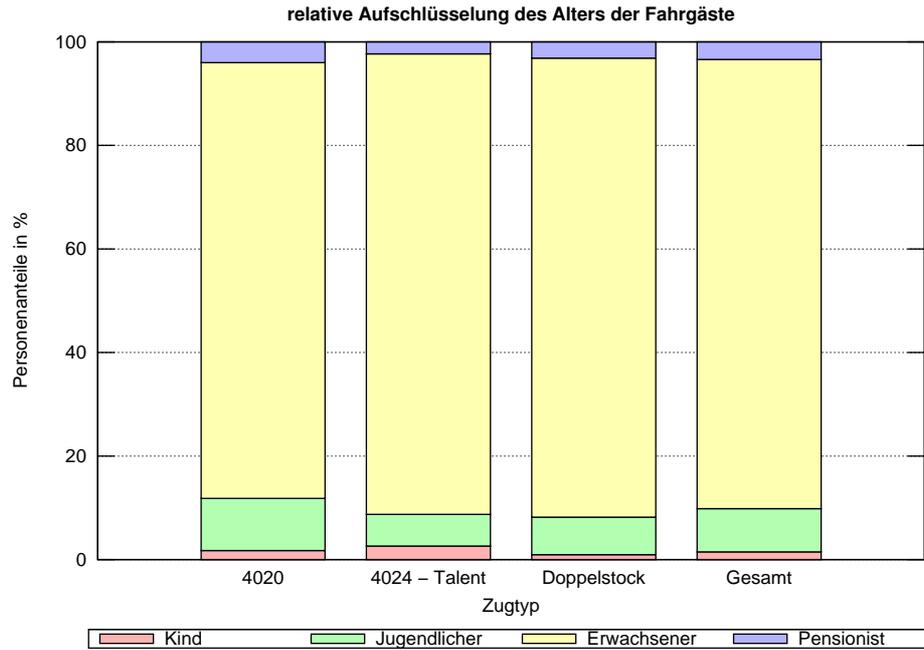


Abbildung 6.2: relative Altersverteilung der Fahrgäste [35]

6.1.2 Gepäck

Gepäck stellt bei der Fortbewegung des Menschen ein gewisses Hindernis dar. Dies kann durch das Gewicht des Gepäckstückes, aber auch durch dessen Größe und Sperrigkeit, oder aber durch die Anzahl bedingt sein. Beim Fahrgastwechsel spielt das Gepäck durchaus eine Rolle, da vielfach Gepäck in irgendeiner Form mittransportiert wird (siehe Abbildung 6.3). In dieser Arbeit wurden folgende Gepäckarten unterschieden:

- kein Gepäck
- Rucksack
- Handtasche/Notebooktasche/kleine Tasche
- Koffer
- großer Koffer
- Fahrrad
- Kinderwagen

Dazu ist zu bemerken, dass die unterschiedlichen Gepäckstücke auch in unterschiedlicher Position zum Körper getragen werden. Dies ist insofern von Belang, da sich damit die Körperabmessungen der Fahrgäste in der Draufsicht ändern und es somit zu gewissen Verhaltensänderungen kommen kann.

Wie aus Abbildung 6.3 ersichtlich ist, verteilen sich die Gepäckarten, bei den unterschiedlichen Zugstypen, in ähnlicher Weise. Deutlich zu sehen ist, dass dabei die Gruppen 'kein Gepäck', 'Rucksack' und 'Handtasche/kleine Tasche' den größten Anteil an der Gepäckverteilung haben. Fahrräder und Kinderwagen wurden zwar vereinzelt gesichtet, jedoch kann bis auf die Aussage, dass die Zeit für den Fahrgastwechsel mit diesen Gepäckstücken erheblich ansteigt und nebenbei auch verstärkt andere Fahrgäste behindert, aufgrund der geringen Datenmenge hier im weiteren nicht auf diese speziellen Zeiten eingegangen werden. Auch die Gruppen 'Koffer' bzw. 'großer Koffer' stellen bei den Messwerten nur einen geringen Anteil da. Daher wird das Hauptaugenmerk in den Auswertungen und Vergleichen auf die drei großen Gruppen konzentriert.

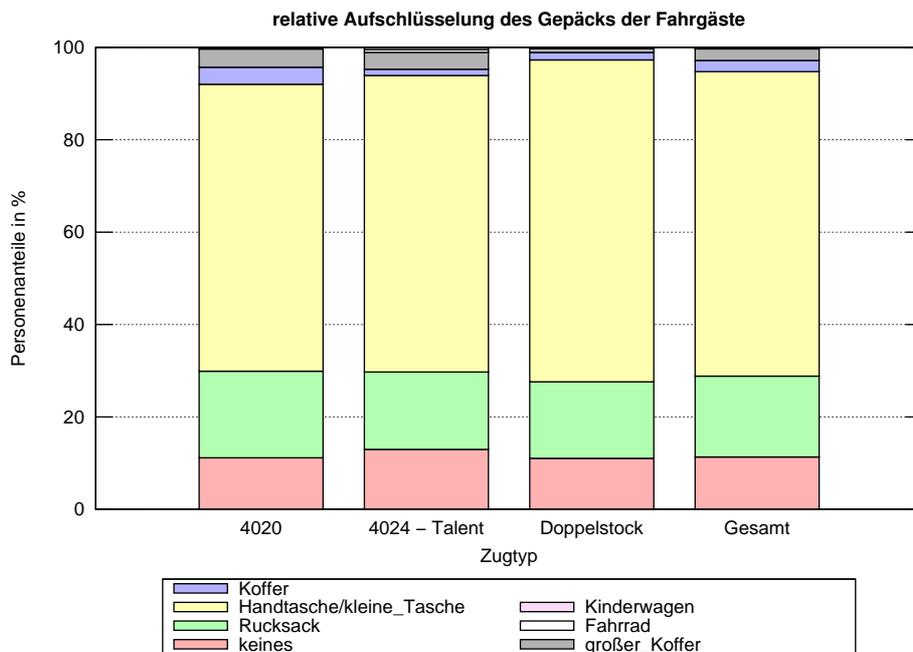


Abbildung 6.3: relative Gepäckverteilung der Fahrgäste [35]

6.1.3 körperliche Einschränkungen

Da der öffentliche Verkehr und damit auch die Schnellbahnen ein Verkehrsmittel für jedermann sind, haben diese in der heutigen Zeit auch den Bedürfnissen von körperlich

beeinträchtigten Personen zu genügen. So ist heute für Personen mit Einschränkungen des Gehapparates ein entsprechendes Ein- und Aussteigen bei den entsprechenden Verkehrsmitteln zu ermöglichen. Hierbei stellen besonders Stufen ein erhebliches Hindernis dar. Gemäß [4] können Rollstuhlfahrer Höhendifferenzen und Spaltenbreiten von 50 mm ohne fremde Hilfe überwinden. Allerdings wird eine engere Grenze für Elektrorollstühle, wie sie in letzter Zeit vermehrt zu sehen sind, mit 30 mm angegeben. Gleichzeitig stellt jedoch eine Stufe von 30 mm das Mindestmaß dar, welches blinde Personen zu erkennen vermögen. Zwar ist es mit Hilfe Dritter möglich deutlich höhere Höhendifferenzen zu überwinden, jedoch ist es in Anbetracht der Leistungsfähigkeit des Türquerschnittes auf jeden Fall zu empfehlen, einen niveaugleichen Zugang zu den Fahrzeugen zu ermöglichen. Hier stellen die bis heute unterschiedlichen Bahnsteighöhen ein ernsthaftes Problem dar, da so eine Anpassung der Fahrzeuge nur an eine bestimmte Bahnsteighöhe möglich ist. So sind in Österreich Bahnsteighöhen von 38cm und 55cm ü. SoK. üblich. Dazu kommt noch, dass in anderen Ländern wiederum andere Bahnsteighöhen üblich sind, was bei der Beschaffung von entsprechendem Wagenmaterial eine zusätzliche Erschwernis darstellt. Die vielfach angebotenen Rampenlösungen (Doppelstocksteuerwagen und Talent Triebkopf) schaffen hier zwar Abhilfe, so dass ein Fahrgastwechsel mit Rollstuhl möglich ist, aber auf die Haltezeiten wirkt sich dies katastrophal aus. Das Ausfahren und Einziehen der Rampe geschieht nicht automatisch. So muss das Zugpersonal sich zuerst zur Rampe bewegen und diese dann bedienen. Damit kommt zum bereits langsameren Fahrgastwechsel des mobilitätseingeschränkten Fahrgastes noch die benötigte Zeit des Personals hinzu, was einen zusätzlichen nicht unerheblichen Zeitaufwand bedeutet. Bei der Reihe 4020 scheint nach derzeitigem Stand ein Fahrgastwechsel mit Rollstuhl nicht möglich zu sein. Vom rein rechtlichen Aspekt her [26] ist zumindest der Wunsch nach einer für die Betroffenen unkomplizierten Lösung des Problems zu erkennen.

Grundsätzlich ist hier anzumerken, dass ein niveaugleicher Einstieg in die Fahrzeuge vom Gesichtspunkt des Fahrgastwechsels auf jeden Fall von Vorteil wäre. (siehe auch [4]). Allgemein gehalten, scheint es durchaus legitim zu behaupten, dass behindertengerechte Einstiege auch für die anderen Fahrgäste von Vorteil sind. Als Beispiel seien hier Fahrgäste mit Kinderwagen oder schwerem Gepäck, als auch wie bereits in Abschnitt 6.1.1 erwähnt, Personen mit eingeschränkter Leistungsfähigkeit aufgrund derer Alter (Kinder, Pensionisten), genannt.

6.2 Der Einstiegsbereich

Der Einstiegsbereich stellt beim Fahrgastwechsel an der Einzeltüre den zentralen Bereich der Vorgänge dar. Dabei sind mehrere den Fahrgastfluss beeinflussende Parameter von [4] identifiziert worden, welche auch für die hier vorliegende Situation Relevanz haben.

6.2.1 Stufen

Stufen stellen im Allgemeinen ein Hindernis dar, welches sich negativ auf die Gehgeschwindigkeit auswirkt. Dabei ist sowohl das Steigungsverhältnis der Stufen als auch deren Ausgestaltung von erheblicher Bedeutung. Im Bauwesen werden bei Gebäuden folgende Formeln für die Wahl der Steigungsverhältnisse herangezogen [27]:

$$\text{Schrittmassformel:} \qquad 2 \cdot b + h = 63 \qquad (6.1)$$

$$\text{Sicherheitsregel:} \qquad b + h = 46\text{cm} \qquad (6.2)$$

$$\text{Bequemlichkeitsregel:} \qquad b - h = 12\text{cm} \qquad (6.3)$$

$b \dots$ Auftrittsbreite

$h \dots$ Stufenhöhe

Auch [14] bezieht sich in ihrer Arbeit auf (6.1), wobei jedoch statt der 63 ungefähr 60 angegeben ist.

Grundsätzlich ist an dieser Stelle anzumerken, dass eigentlich nur die Züge der Reihe 4020 Stufen im Eingangsbereich aufweisen. Diese haben nach eigenen Messungen ungefähr die in Abbildung 6.4 angegebenen Abmessungen. Eine auf Millimeter genaue Angabe der Stufenabmessungen ist an dieser Stelle nicht möglich, da diese im laufenden Betrieb und ohne Störung des selbigen gemessen werden mussten.

Ausgehend von den gemessenen Werten wird deutlich, dass die Steigung der Stufen im Eingangsbereich als steil und unbequem für die Fahrgäste angesehen werden kann. Tatsächlich konnte bei den Messungen beobachtet werden, dass die Fahrgäste beim Benutzen der Stufen häufig nach dem Handlauf griffen und der Eindruck eines unangenehmen Hindernisses deutlich wurde. Besonders für ältere Menschen und Kinder stellen diese Stufen ein echtes Hindernis dar, wohingegen Jugendliche häufig beim Einsteigen die unterste Stufe (welche ungefähr auf Höhe des Bahnsteiges zu liegen kommt) nicht nutzen, sondern gleich auf die nächste treten. Dabei wird jedoch auf jeden Fall der Handlauf genutzt.

Auch beim Aussteigen kann ein ähnliches Verhalten festgestellt werden. Je besser der körperliche Zustand einer Person ist, desto eher wird die unterste Stufe nicht genutzt,

sondern vielmehr schreiten bzw. springen die Personen von der vorletzten Stufe auf den Bahnsteig. Dieses Verhalten ist jedoch auch stark vom Andrang zusteigender Fahrgäste abhängig, da diese den Bereich vor dem Einstieg blockieren können.

Jedoch wurde bei den Messungen deutlich, dass ein relativ ebener Einstieg, ohne bedeutenden Höhenunterschied deutlich den Komfort der Fahrgäste erhöht. Inwieweit die Stufen zum Nachteil der Fahrgastwechselzeit und damit zur Zunahme der Haltezeit beitragen, wird im Zuge der Vergleiche der Einstiegstypen in Abschnitt 6.4 betrachtet.

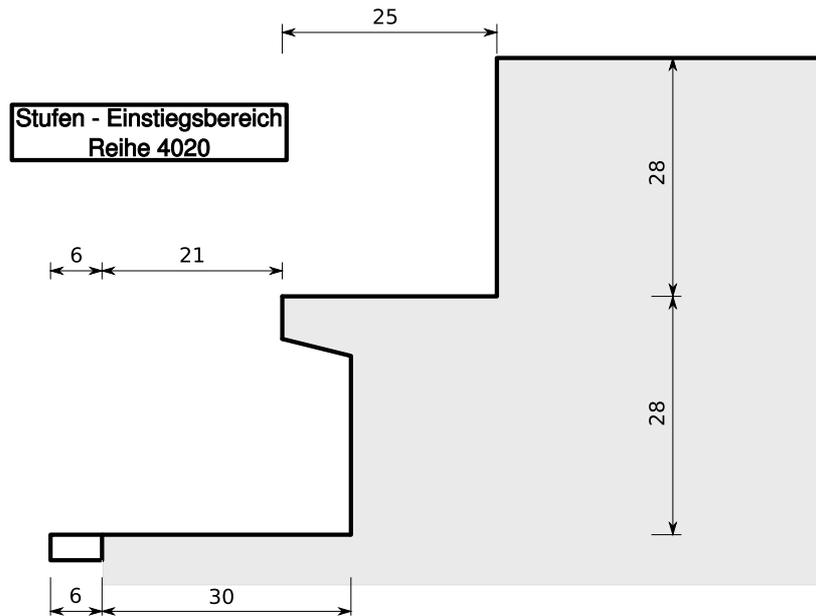


Abbildung 6.4: Eigenmessung der Stufenausmaße im Einstiegsbereich Reihe 4020 [31]

6.2.2 Der Spalt

Als Spalt kann der horizontale Abstand zwischen der Bahnsteigkante und der Einstiegskante des Zuges bezeichnet werden. [14] definiert den Spalt als horizontalen Abstand zwischen Bahnsteig und Zug, wobei der Zug einen Eingang ungefähr auf Bahnsteighöhe hat. Auch wird angemerkt, dass praktisch immer ein Spalt vorhanden ist, was auf die baulichen Gestaltungen der Bahnsteige und Züge zurückzuführen ist. An dieser Stelle scheint es angebracht, darauf hinzuweisen, dass bei den Bahnsteig-Zugkombinationen, welche von den Messungen umfasst werden, immer ein Spalt aufgetreten ist. Stichprobenartige Messungen der Spaltbreiten zeigten, dass diese selbst bei einem Zugtyp innerhalb der Länge eines Bahnsteiges variieren. Eine Messung der Spaltbreite in Verbindung mit den anderen Messungen war jedoch nicht möglich. Grundsätzlich beeinflusst der Spalt

besonders den Fahrgastwechsel bei den Zugsgarnituren Doppelstock und Reihe 4024 - Talent, da er als einer der Haupteinflussfaktoren für eine Änderung der Schrittweite der Fahrgäste angesehen werden kann. Bei der Reihe 4020 spielt der Spalt eher nur bei den Fahrgästen eine Rolle, welche auch die unterste Stufe mitbenutzen müssen. Diese sind hauptsächlich in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen, wobei hier explizit sowohl das Alter, als auch das Gepäck als Einschränkung verstanden werden kann.

In [14] wird angeführt, dass ein Spalt von $\leq 6\text{cm}$ von den Fahrgästen praktisch nicht wahrgenommen wird, wohingegen eine größere Spaltbreite einer Änderung der Schrittweite bzw. Positionierung des aufzusetzenden Fußes bedarf. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass der Fahrgast versucht das Risiko in den Spalt zu treten und damit zwischen Zug und Bahnsteig zu geraten, minimieren möchte. Dies führt somit zu einer Reduktion der Geschwindigkeit und auch zu einer Verringerung des Komforts sowohl für den Fahrgast selbst, als auch für die nachfolgenden Fahrgäste.

Ein weiterer Punkt, den Spalt betreffend ist, dass er ab einer Breite von $\geq 5\text{cm}$, wie bereits in 6.1.3 erwähnt, eine Einschränkung für Rollstühle darstellt. Im gegenständlichen Fall, wo bei den stichprobenartigen Messungen zwar erhebliche Schwankungen der Spaltbreite festgestellt werden konnte, sie sich jedoch praktisch immer jenseits der 15cm-Grenze befanden, führt das bei den Zugtypen Doppelstock und Reihe 4024 zu zusätzlichen Maßnahmen. So sind bei diesen beiden Zugtypen Eingänge mit ausklappbaren Rampen vorgesehen, welche es ermöglichen den Spalt zu überbrücken. Beim Zug bestehend aus Doppelstockwagen ist diese Rampe beim vordersten Eingang des Triebkopfes angeordnet (siehe Abb. 3.10), beim Zugtyp Reihe 4024 - Talent befindet sich dieser Einstieg an einem Ende des Zuges. Die Reihe 4020 ist hingegen mit keinen Hilfsmitteln für einen barrierefreien Zustieg ausgestattet.

Neben den Unannehmlichkeiten, die der Spalt für den normalen Fahrgast bedeutet, den Problemen, die sich mit mobilitätseingeschränkten Personen ergeben, als auch den Gefahren, die hier für kleine Kinder lauern, hat der Spalt auch Auswirkungen auf das Verhalten von Fahrgästen, die mit sogenannten Trolleys (rollenbesetzten Koffern, welche nachgezogen werden können) den Zug betreten, bzw. verlassen wollen. Gerade beim Einsteigen konnte festgestellt werden, dass die Personen bis vor den Eingang den Trolley nachziehen, vor dem Eingang stehenbleiben, den Trolley neben sich positionieren, umgreifen, anheben und erst dann in das Fahrzeug einsteigen. Dabei blockieren sie normalerweise die anderen Fahrgäste, so dass dies zu einer längeren Fahrgastwechselzeit

führt.

Beim Verlassen des Zuges stellt dies weniger ein Problem dar, da der Druck durch die anderen Passagiere größer ist und hier eine Aufstellung des Passagiere zum Ausstiegen bereits vor dem Zugstopp möglich ist. Damit kann das Umgreifen zu einem Zeitpunkt erfolgen, bevor der Fahrgastwechsel möglich ist.

In Abschnitt 6.4 wird in den Auswertungen und Gegenüberstellungen auch auf den Spalt im Zusammenhang mit Gepäck und Alter eingegangen. Jedoch ist anzumerken, dass eine vollständige Trennung der einzelnen Parameter wie sie in diesem Abschnitt angeführt wurden, in den Messungen und den daraus ergebenden Auswertungen nicht möglich ist.

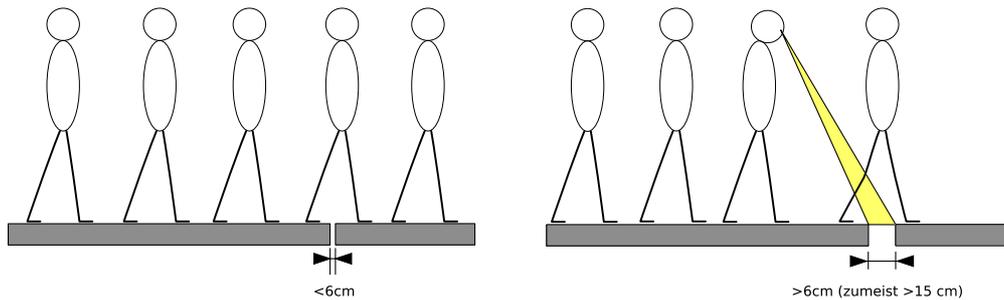


Abbildung 6.5: Auswirkung auf das Fahrgastverhalten bei einem Spalt [14]

6.2.3 Türbreiten

[5] beschreibt bezüglich der Türbreiten, dass sich deren Leistungsfähigkeit entgegen der traditionellen Denkweise in Türspuren nicht sprunghaft ändert, sondern postuliert eine lineare Abhängigkeit zwischen der Türleistungsfähigkeit und der Durchgangsbreite. Die Begründung liegt laut [5] in der Möglichkeit des zueinander versetzten Einsteigens der Fahrgäste, wobei deren elliptischer Bewegungsraum durch die Bewegungsgeschwindigkeit festgelegt wird. Aus diesem Grund wurde bei den Messungen bzw. bei den Auswertungen des Videomaterials auf das Verhalten der Fahrgäste beim Ein- bzw. Aussteigen geachtet. Es erfolgte eine Unterscheidung nach folgenden Kriterien (siehe auch Tabelle 4.1):

- hintereinander
- versetzt (Reißverschlussprinzip)
- nebeneinander
- Ein- und Aussteigen gleichzeitig

Hierbei ist anzumerken, dass sich dies primär auf die Zugarten Doppelstock und Reihe 4024 - Talent anwenden lässt. Die Reihe 4020 ist aufgrund ihrer Einstiegsconfiguration etwas differenziert zu betrachten. Die physische Trennung der Türbreite in zwei ca. 70cm breite Abschnitte durch ein Mittelgeländer sowie die getrennt voneinander zu bedienenden Türmechanismen führen dazu, dass man in Bezug auf diese Konfiguration fast schon von zwei direkt nebeneinander liegenden Einzeltüren sprechen kann. Da hier nur geringe Beeinflussungen zwischen den beiden Einstiegsmöglichkeiten bestehen, kann man hier durchaus die traditionelle Denkweise in Türspuren anwenden, da sich hier diese Spuren bedingt durch die Trennung tatsächlich ausbilden müssen. Weiters beschreibt [5], dass bei unabhängig zu bedienenden Türmechanismen gelegentlich alle Fahrgäste nur die bereits geöffnete Türhälfte benutzen. Dieses Verhalten konnte tatsächlich bei den durchgeführten Messungen beobachtet werden. Häufig zeigte sich auch eine ähnliche Situation, bei der zuerst nur eine Türhälfte und erst um einiges später die zweite benutzt wird.

Insofern ist das Benutzen beider Türflügel während einer Messung kein hinreichender Indikator dafür, dass dieses Verhalten nicht zumindest streckenweise auftritt. Vielmehr zeigte sich, dass beim Eintreffen zweier Personen hintereinander, die zweite Person durchaus die Verzögerung durch die erste in Kauf nahm, obwohl der zweite Türflügel geöffnet war.

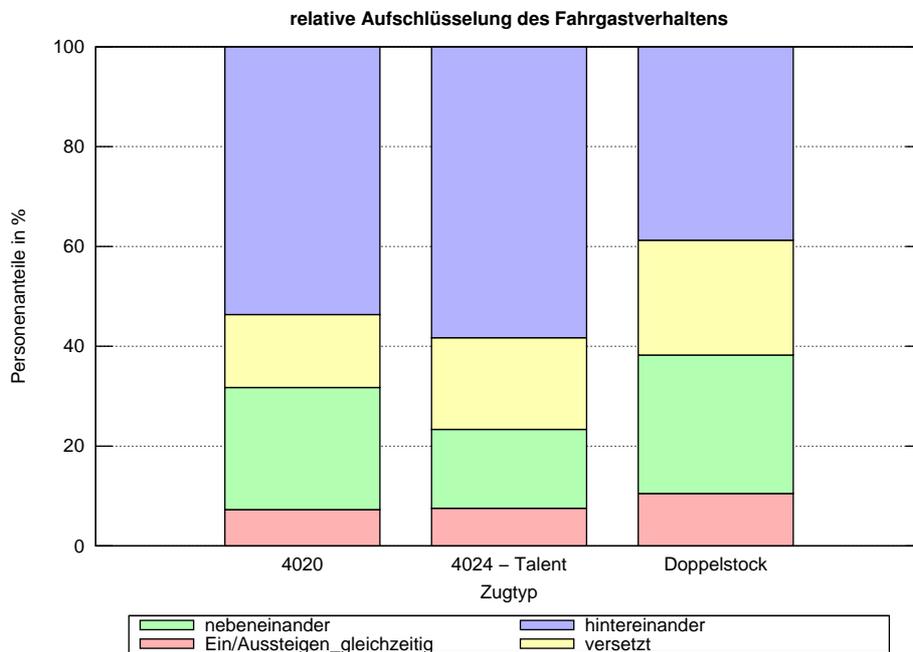


Abbildung 6.6: Verhaltensverteilung der Fahrgäste bei den einzelnen Einstiegstypen

In Abbildung 6.6 wird die relative Verteilung des Fahrgastverhaltens bei den einzelnen Einstiegsarten dargestellt. Deutlich zu sehen ist, dass der Einstieg des Doppelstockwagens wohl aufgrund seiner Breite mehr Fahrgäste dazu anregt nebeneinander einzusteigen, als der schmälere Einstieg des 4024 - Talent. Der Zug der Reihe 4020 rangiert hier zwischen den beiden, wobei die Betrachtung des Einstieges nur schwer vergleichbar mit den anderen beiden Zugtypen ist. Von der Türbreite her rangiert der 4020 im Bereich des Doppelstockwagens und es steht außer Frage, dass die physische Trennung hier ein paralleles Ein- bzw. Aussteigen begünstigt. Jedoch kommt es zu einem Phänomen, welches zuvor schon bei den unabhängig zu bedienenden Türmechanismen zu beobachten war. So kommt es immer wieder vor, dass Fahrgäste lieber auf das Einsteigen des Fahrgastes vor ihnen warten, als dass sie auf die freie Spur ausweichen. Es lässt sich vermuten, dass dies im Zusammenhang mit längeren Wegen steht (siehe Abbildung 6.7), oder dass der Handlauf mit der dominierenden Hand genutzt werden möchte, was eine Einstiegsseite bevorzugen würde, da die Verteilung Rechts- zu Linkshändern gem. [19] zwischen 1:9 bzw. 1,5:8,5 beträgt. Um hier jedoch eine exakte Aussage zu treffen, wären weitere Untersuchungen notwendig, welche den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden.

Ein weiteres Problem, welches bei [5] im Zusammenhang mit der Türbreite nicht direkt angesprochen wird, ergibt sich beim Aussteigen der Fahrgäste. Hier kann es bei einer hinreichend großen Menge an auf das Einsteigen wartenden Passagieren dazu kommen, dass nicht die Durchgangsbreite der Türe den minimalen Durchgangsquerschnitt darstellt, sondern dass die wartenden Fahrgäste eine Art Gasse bilden, welche vielfach deutlich schmaler ist.

Tatsächlich kommt es zu einer Art Trichterbildung (siehe Abbildung 6.8). Als Begründung scheint hier zum einen der Druck durch die großen Menschenmengen, zum anderen der Wunsch des Einzelnen, zu sehen, wann es weitergeht, plausibel.

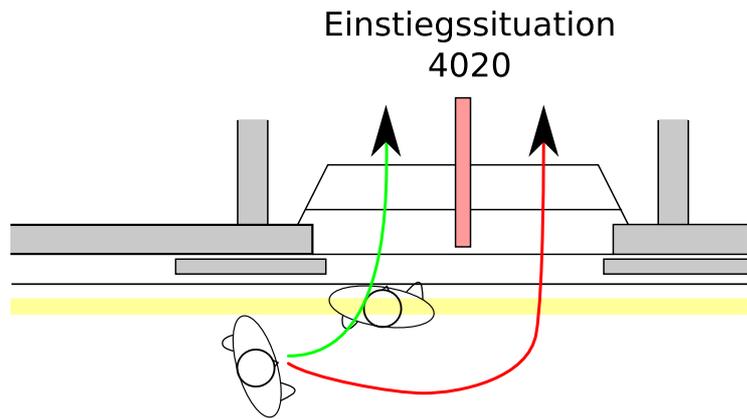


Abbildung 6.7: Ausweichen auf die freie Spur beim Einstieg des Zugtyps Reihe 4020 [31]

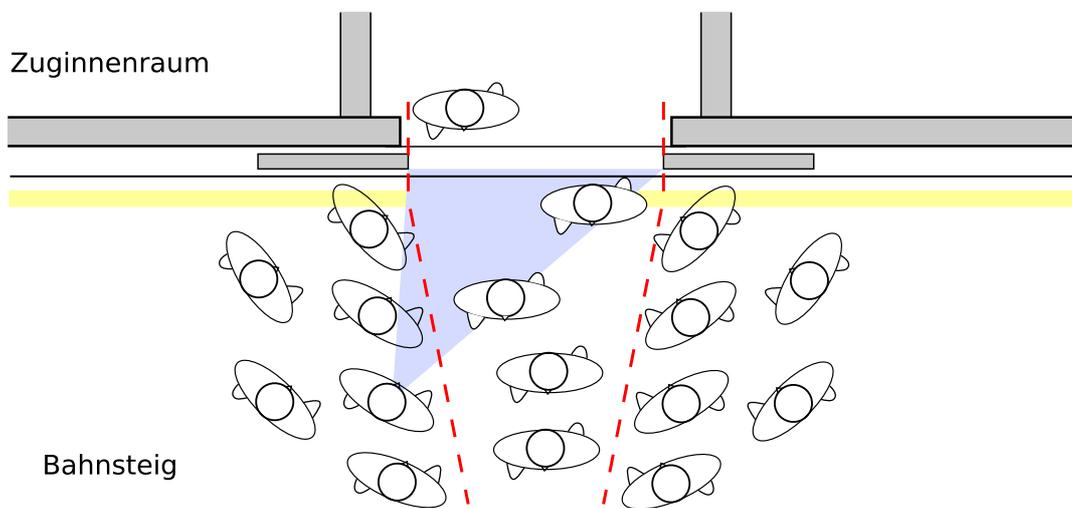


Abbildung 6.8: Ausbildung einer trichterförmigen Gasse [31]

6.3 Bahnhof/Bahnsteig bzw. Zugtüraufteilung

Der Bahnsteig bildet die Schnittstelle zwischen dem Zug und dem öffentlichen Raum. Als solchem kommt ihm beim Fahrgastwechsel eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu, da, um einen raschen Fahrgastwechsel zu gewährleisten, der Bahnsteig und der Zug aufeinander abgestimmt sein müssen. Tatsächlich erscheinen folgende Punkte für den raschen Fahrgastwechsel im Zusammenhang mit dem Bahnsteig von Bedeutung:

- Bahnsteighöhe
- Fahrgastverteilung auf dem Bahnsteig

- Aufteilung der Zugtüren
- Fahrgastinformation

Hierbei muss angemerkt werden, dass diese Liste keinesfalls einen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Im Weiteren wird jedoch nur auf die hier genannten Punkte eingegangen.

6.3.1 Bahnsteighöhe

Die Bahnsteighöhe spielt in Bezug auf einen ebenen Einstieg eine erhebliche Rolle, da hier eine Abstimmung der Fahrzeuge und der Bahnsteighöhe unabdingbar ist. Es ist zur Zeit so, dass es nach wie vor viele unterschiedliche Bahnsteighöhen gibt, was die Entwicklung von Fahrzeugen mit ebenem Einstieg nur bedingt ermöglicht. Im Bereich der Schnellbahn in Wien sind Bahnsteighöhen von 35cm bzw. 55cm ab Schienenoberkante üblich, wobei die Bahnsteige mit 55cm Höhe überwiegen. Die Züge bestehend aus Doppelstockwaggons und die der Reihe 4024 - Talent sind, um einen ebenen Einstieg zu ermöglichen, auf eine Bahnsteighöhe von 55cm ü. SoK. ausgelegt. Aufgrund der in [3] angegebenen Bahnsteighöhe von 55cm ü. Sok. ist anzunehmen, dass diese in Zukunft auch auf alle anderen Bahnhöfe ausgedehnt wird. Dass dies zur Zeit noch nicht in allen Bahnhöfen bzw. Stationen der Wiener Schnellbahn der Fall ist, zeigt das Beispiel der Station Penzing, bei welcher in der Stationsansage im Zug sogar explizit auf diesen Umstand hingewiesen wird.

Da alle Messungen jedoch in Bahnhöfen durchgeführt wurden, welche eine Bahnsteighöhe von 55cm ü. Sok. haben, ist es an dieser Stelle nicht möglich einen expliziten Beweis des Komfortverlustes bzw. der Erschwernis des Fahrgastwechsels bei anderen Bahnsteighöhen zu erbringen. Jedoch sei an dieser Stelle auf [14] verwiesen, welche der einzelnen Stufe eine ähnliche Bedeutung zugesteht, wie sie der Spalt darstellt.

6.3.2 Fahrgastverteilung am Bahnsteig

Neben der Dauer des Einsteigens einer einzelnen Person spielt die Anzahl der Fahrgastwechsel an einer Türe während eines Haltevorgangs eine zumindest ebenso große Rolle in Bezug auf die Haltezeit. Da der Fahrgastwechsel eines Zuges prinzipiell erst dann abgeschlossen ist, wenn der letzte Fahrgastwechsel erfolgt ist, wird deutlich, dass hier nicht unterschieden wird, ob die Fahrgäste mehrere oder im gedanklichen Extremfall nur eine Türe des ganzen Zuges verwenden. Gerade dieses einfache Gedankenmodell macht

deutlich, dass hier ein Einfluss der Verteilung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig sich direkt in der Haltezeit widerspiegelt. Tatsächlich muss an dieser Stelle gesagt werden, dass nicht nur die Verteilung der Fahrgäste alleine als Kriterium herangezogen werden darf, sondern dass vielmehr die Verteilung der Fahrgäste in Bezug auf die Türaufteilung des Zuges relevant ist.

Dennoch wird zuerst auf die Einflussfaktoren für die Positionierung der Fahrgäste am Bahnsteig eingegangen. Im Weiteren wird auf die sich daraus ergebenden, in der Literatur angegebenen, Verteilungen eingegangen.

Eines der Hauptkriterien für die Verteilung der Fahrgäste ist der Zugang zum Bahnsteig. Grundsätzlich kann hier davon ausgegangen werden, dass sich in der Nähe eines Zuganges eine Konzentration der Fahrgäste bildet. [14] beschreibt unter anderem, dass bei U-Bahn-Stationen, welche von beiden Seiten her erschlossen sind, diese Bereiche eine höhere Fahrgastdichte haben. Auch Aussagen von [4] lassen sich so interpretieren. Grundsätzlich lässt sich dies über den Wunsch der Fahrgäste, keine unnötigen Wege zurückzulegen, begründen. Tatsächlich muss hier jedoch angemerkt werden, dass es Einflüsse gibt, die dieses Verhalten durchbrechen. So spielt die Gestaltung des Bahnsteiges an sich bereits eine Rolle. Unter anderem können Sitzgelegenheiten Fahrgäste dazu veranlassen eine weitere Strecke zurückzulegen. Auch die Fahrgastdichte in einzelnen Bereichen des Bahnsteiges spielt hier eine Rolle, denn vielfach versuchen die Menschen dem dichtesten Gedränge aus dem Weg zu gehen, wodurch sich die Verteilung auf dem Bahnsteig mit zunehmender Auslastung weg von Dichtespitzen hin zu einer gleichmäßigen Auslastung bewegt. In dieser Hinsicht spielt auch die Breite des Bahnsteiges in den einzelnen Bereichen eine Rolle, da sie über die Dichte die real vorhandene Fahrgastanzahl regelt. So können sich in dicht besetzten schmälere Bahnsteigbereichen durchaus gleich viele Fahrgäste aufhalten wie in breiteren weniger dicht besetzten. Dies ist insofern von Bedeutung, da für den Fahrgastwechsel in erster Näherung nicht die Fahrgastdichte, sondern die Fahrgastanzahl relevant ist.

Tatsächlich spielt auch das Verkehrsmittel, in diesem Fall das System Schnellbahn und auch die Streckenführung eine Rolle. So kann angenommen werden, dass Schnellbahnen häufig von ortskundigen Pendlern benutzt werden, welche die Wahl ihres Aufenthaltsortes auf dem Bahnsteig von Erfahrungen bezüglich der Möglichkeit einen Sitzplatz zu bekommen als auch von dem Wissen über kurze Wege an der Ausstiegsstelle abhängig machen. Bei abwechslungsreicher Abfolge von Stationen in dieser Hinsicht kann davon ausgegangen werden, dass das eine gleichmäßigere Verteilung der Fahrgäste auf den Bahnsteigen nach sich zieht. Jedoch ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen,

dass es immer Stationen gibt, welche aufgrund ihrer Bedeutung eine höhere Fahrgastfrequenz aufweisen und somit anders zu bewerten sind als schwächer frequentierte Stationen.

Dem ortskundigen Pendler gegenüber steht der Tourist bzw. der Gelegenheitsfahrer. Diese Gruppe lässt sich vielfach durch Sitzgruppen als auch durch überdachte Bereiche und/oder Bahnhofsgebäude, oder auch durch Fahrplananzeigen beeinflussen. Dazu kommt noch ein ungünstiges Verhalten in Bezug auf den Fahrgastwechsel, denn diese Gruppen tendieren dazu, sich in eher dicht besetzten Bereichen aufzuhalten, da sie sich stärker am Verhalten anderer wie z.B. Pendlern orientieren, welche auf eigene Erfahrungen zurückgreifen können. Abbildung 6.9 zeigt anhand von Beispielen die Verteilung von Fahrgästen über die Länge des Bahnsteiges.

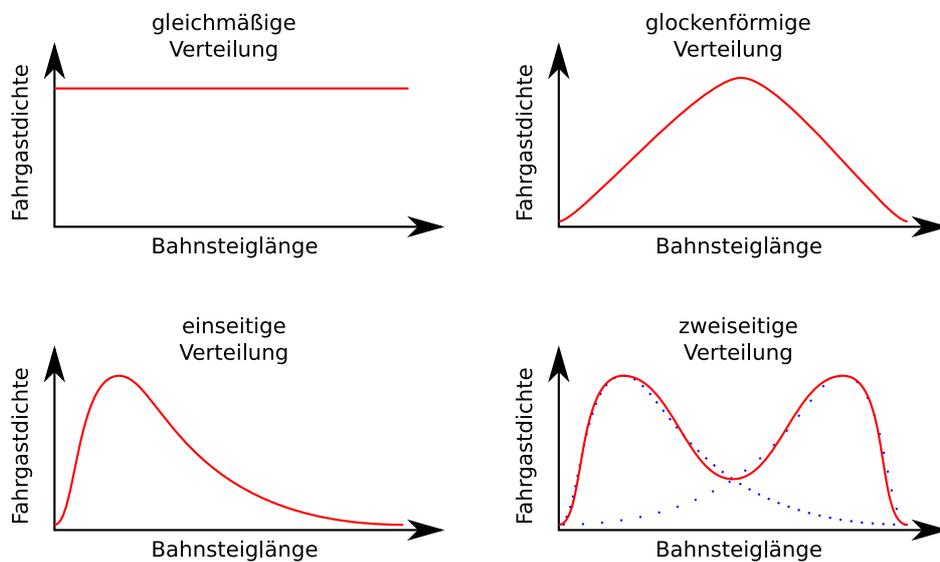
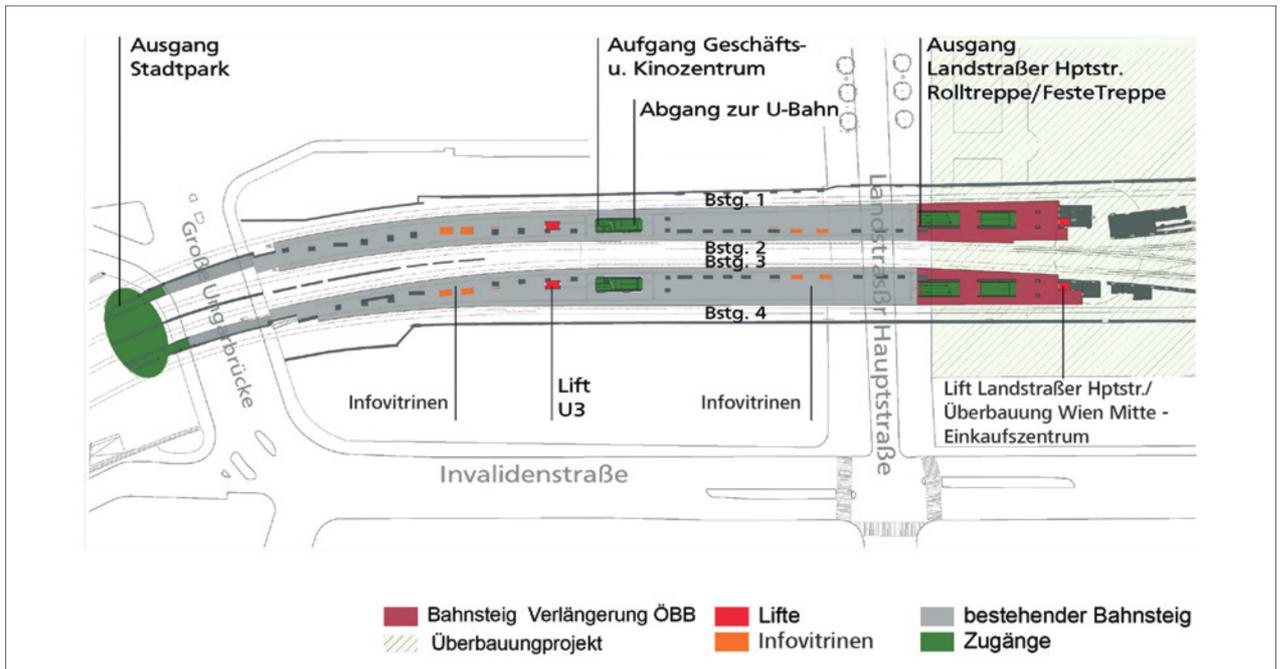


Abbildung 6.9: Fahrgastverteilung auf dem Bahnsteig (in Anlehnung [14])

Dabei ist die gleichmäßige Verteilung eher ungewöhnlich und tritt in dieser Form nur bedingt auf. Am ehesten tritt sie bei Erreichen der Kapazitätsgrenze des Bahnsteiges auf. Dem gegenüber stellt die glockenförmige Verteilung einen Bahnsteig mit zentralem Zugang dar. Die einseitige (schiefe) Verteilung tritt bei Bahnsteigen auf, welche nur von einer Seite erschlossen sind (z.B. bei Kopfbahnhöfen), oder aber wenn die umgebende Infrastruktur eine deutliche Bevorzugung einer Seite, z.B. durch Anschlüsse an das öffentliche Verkehrsnetz, aufweist. Dem gegenüber entsteht eine zweiseitige Verteilung dann, wenn der Bahnsteig von beiden Seiten erschlossen ist und die zuvor genannten Bevorzugungen nicht zutreffen.

Hier ist auch anzumerken, dass die im Fernverkehr gem. [28] angegebene Möglichkeit zur Einflussnahme mittels Reservierungen im Schnellbahnbetrieb nicht zum Tragen kommt. Zu den bei den Messungen relevanten Stationen ist zu sagen, dass die Bahnsteige am Bahnhof Floridsdorf zentral über einen Doppelaufgang zugänglich gemacht werden, während der Bahnsteig Landstraße-Wien Mitte über mehrere Zugänge verfügt, wobei aufgrund der äußeren Umstände hauptsächlich zwei der Zugänge (Abgang zur U-Bahn sowie Aufgang zur Landstraßer Hauptstraße) genutzt werden (siehe Abbildung 6.10).



Lageplan

Abbildung 6.10: Schematische Darstellung des Bahnhofs Landstraße - Wien Mitte (entnommen [29])

6.3.3 Aufteilung der Zugtüren und deren Anzahl

Die Aufteilung der Türen über die Länge des Zuges hat in Kombination mit der zuvor in Abschnitt 6.3.2 beschriebenen Verteilung der Fahrgäste einen erheblichen Anteil an der Gleichmäßigkeit der Türauslastung und damit der Gesamtfahrgastwechselzeit. Im Gegensatz zur Dichteverteilung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig, welche primär ihren Einfluss in Bezug auf einsteigende Passagiere hat, wirkt sich die Verteilung der Türen auch erheblich auf die aussteigenden Fahrgäste aus. Grundsätzlich muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass de facto immer eine Wechselwirkung zwischen dem Bahnsteig

und der Türaufteilung besteht und dies selbstverständlich auch für die aussteigenden Fahrgäste gilt. Hier wird jedoch nur auf die Hauptmerkmale eingegangen. Des weiteren sei an dieser Stelle nochmals betont, dass eine gleichmäßige Auslastung der Türen den Idealzustand darstellt.

Neben der Aufteilung der Türen spielt auch die Anzahl der zur Verfügung stehenden Türen eine Rolle. So könnte man annehmen, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Türen und der einzelnen Türbelastung besteht. Daraus würde sich ergeben, dass durch einfaches Hinzufügen von Türen proportional die Gesamtfahrgastwechselzeit sinken würde. Dem widersprechen jedoch [14] und [4]. Tatsächlich verhält sich der Wirkungsgrad des Türsystems wie in Abbildung 6.11 dargestellt.

Die lt. [4] zu Grunde liegende Funktion lautet:

$$\eta = n^{0,2407-0,5464 \cdot b+0,0722 \cdot b^2} \quad (6.4)$$

η ... Wirkungsgrad

n ... Anzahl der Türen

b ... Türbreite

Grundsätzlich zeigt Gleichung (6.4), dass bei ausreichendem Andrang von Fahrgästen (einer Grundvoraussetzung für die Gültigkeit der Gleichung) eine Reduktion der Gesamtfahrgastwechselzeit erreicht werden kann. Jedoch sinkt bei sukzessivem Hinzufügen von Türen die Effizienz der Einzeltüren, während gleichermaßen wertvoller Innenraum verloren geht. Insofern ist eine genaue Abwägung bezüglich der Türanzahl unumgänglich.

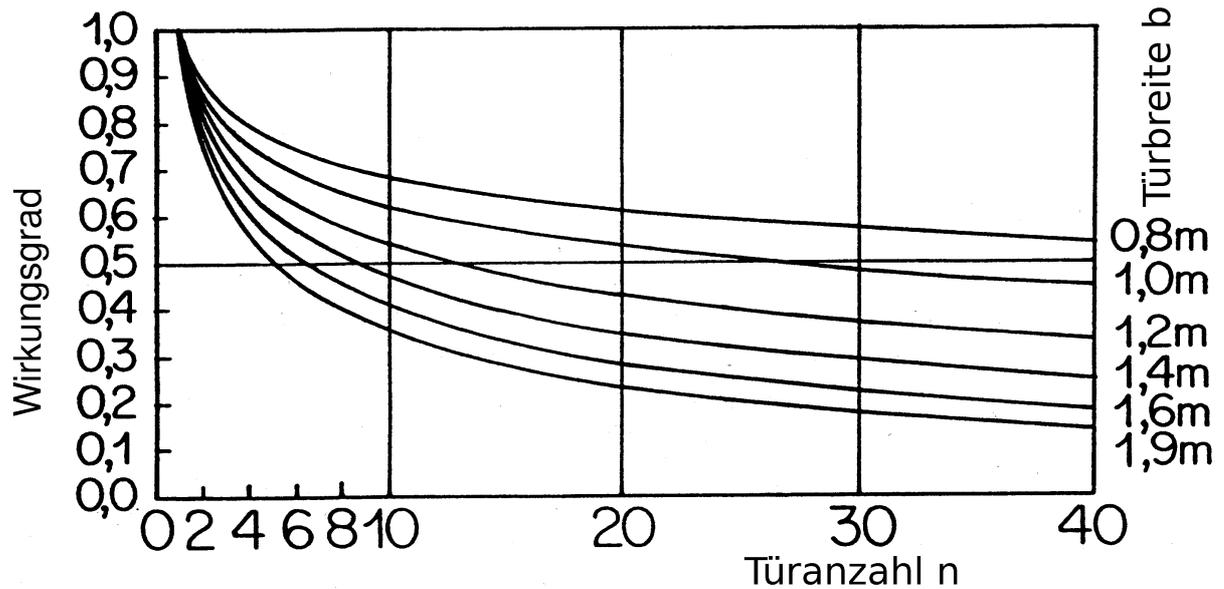


Abbildung 6.11: Wirkungsgrad des Türsystems in Funktion der Türzahl und Türbreite (entnommen [5])

Aufteilung der Zugtüren in Bezug auf einsteigende Fahrgäste

Bezüglich der Aufteilung der Türen bei den einsteigenden Fahrgästen wäre augenscheinlich eine Anpassung an die jeweilige Stationskonfiguration (siehe Abschnitt 6.3.2) die idealste Lösung. Jedoch ergeben sich hier erhebliche Probleme. Zum einen ist es nur schwer möglich alle Stationen bezüglich ihrer Zugänge gleich zu gestalten, zum anderen würde sich das Verteilungsproblem des Bahnsteigs in das Zuginnere ausweiten und somit neben Komforteinbußen für die Fahrgäste auch zu deutlichen Rückstauerscheinungen führen, da die entsprechenden Bereiche innerhalb des Zuges im Vergleich erheblich überbelegt wären. Insofern erscheint eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Türen über die Zuglänge als akzeptabler Kompromiss. Zwar würde nicht der optimale Zustand bezogen auf eine einzelne Station hergestellt, jedoch besteht die gute Aussicht, dass somit eine gangbare Lösung für die in der Realität stark schwankenden Anforderungen der einzelnen Stationen gegeben ist. Bodenmarkierungen auf den Bahnsteigen, welche die Einstiegspunkte vorab für die Fahrgäste ersichtlich machen, könnten hier eventuell eine Verbesserung herbeiführen, jedoch ist zu beachten, dass für ein derartiges System sowohl ein punktgenaues Halten des Zuges, als auch eine einheitliche Verteilung der Türen bei den Zugtypen, als auch deren Abmessungen erforderlich wären.

Aufteilung der Zugtüren in Bezug auf aussteigende Fahrgäste

Ausgehend von einer gleichmäßigen Besetzung eines Zuges scheint eine ebenso gleichmäßige Aufteilung der Türen sinnvoll. Gegenüber der Situation am Bahnsteig besteht hier der Vorteil, dass die aussteigenden Fahrgäste schon vor dem Halt des Zuges die zu ihnen relative Lage der Ausstiegspunkte kennen und sich vielfach auch schon vor dem Halt im Türbereich positionieren. Zwar besteht weiterhin das Problem, dass geübte Fahrgäste schon vorab versuchen einen Platz in der Nähe des idealen Ausstiegspunktes zu bekommen und damit einzelne Türen stärker belasten als andere. Diese Wirkung außenvorlassend würde bei einer gleichmäßigen Konfiguration der Türen und des Innenraumes auch eine entsprechende Auslastung auftreten. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob ein über die gesamte Zuglänge oder zumindest über mehrere Waggone hinwegreichende Durchgehbarkeit sinnvoll ist. Da hier jedoch auch ein Sicherheitsaspekt einfließt und ein Bewegen innerhalb des Zuges sich auch aus Komfortgründen (z.B. um doch noch an einem Ende einen Sitzplatz zu bekommen) anbietet, wird auf diesen Punkt nicht weiter eingegangen.

6.3.4 Fahrgastinformation

Auf den ersten Blick ist zwischen Fahrgastinformation und der Haltezeit von Zügen nur bedingt ein Zusammenhang zu sehen. Tatsächlich hat die Information über Linienführung sowie die Durchsagen über die nächste Station in den Zügen für den Pendler, welcher fast jeden Tag auf der selben Linie unterwegs ist, mit der Zeit kaum noch eine Bedeutung. Jedoch haben diese Informationen für Gelegenheitsfahrer und Touristen einen umso höheren Stellenwert. Neben der Durchsage wären auch optische Anzeigen über zumindest die nächste Station (wie sie in den Zügen der Reihe 4024 - Talent existiert) durchaus wünschenswert. Dies hätte für schwerhörige bzw. taube Personen im Zuge der Gleichbehandlung durchaus Vorteile. Jedoch auch fremdsprachige Personen erleichtert es die Erfassung der Information, da das geschriebene Wort oft leichter interpretiert werden kann als eine Durchsage. Im Weiteren hätten alle Fahrgäste einen Vorteil aus einer solchen Einrichtung, da bei entsprechender Lautstärke innerhalb des Zuges auch für normalhörende Personen ein Erfassen von Durchsagen nicht immer möglich ist und Anzeigen demgegenüber noch den zusätzlichen Vorteil haben, dass sie praktisch über die gesamte Fahrzeit zwischen zwei Stationen diese Information an die Fahrgäste weiterleiten können.

Darüberhinaus scheint neben den derzeit in den Stationen aushängenden Fahrplänen

ein farbiger Linienübersichtslinienplan an gut sichtbarer Stelle sinnvoll zu sein, welcher möglichst ohne Worterklärungen auskommt, da während der Messungen häufig beobachtet werden konnte, dass Personen auf den Bahnsteigen herumirren, und selbst durch Befragen anderer Passagiere nicht recht entscheiden können, ob sie auf dem richtigen Bahnsteig sind, in welchen Zug sie einsteigen müssen und ob der Zug auch in der gewünschten Destination hält. Relevant wird dies für den Fahrgastwechsel bzw. für die Haltezeit dann, wenn Situationen auftreten, in denen Personen in falsche Züge einsteigen, ihren Fehler bemerken und wieder aussteigen. Auch das Befragen der Zugsbegleiter hat oftmals zur Folge, dass dies die Abfertigung verzögert. Beide hier geschilderten Situationen konnten während der Messungen beobachtet werden. Auch wenn sie nur in wenigen Fällen auftreten, so scheint es, als ob hier mit recht einfachen Mitteln eine Verbesserung der Situation herbeigeführt werden kann. Hinzu kommt, dass gute Informationen den Komfort bei Benützung des Verkehrsmittels Schnellbahn erhöhen.

6.4 Gegenüberstellungen der Fahrgastwechselzeiten an der Einzeltüre

Bei der Betrachtung des Fahrgastwechsels an der Einzeltüre werden nur die lokal bei einer Türe auftretenden Effekte berücksichtigt. In den folgenden Unterabschnitten werden die gemessenen Zeiten für verschiedene Randbedingungen dargestellt und eine kurze Interpretation dieser Ergebnisse gegeben. Dabei werden auch die zuvor getroffenen theoretischen Aussagen evaluiert, soweit dies anhand der Messdaten und der vergleichbaren Gegebenheiten möglich ist.

6.4.1 Wechselzeit des einzelnen Fahrgastes

Bei der Betrachtung der Wechselzeit des einzelnen Fahrgastes wird versucht anhand der Daten Rückschlüsse auf die Einstiegszeiten der einzelnen Personen zu erhalten. Dabei wird angenommen, dass die Zeitdifferenz beim Durchschreiten des Messquerschnittes zwischen dem Fahrgast und dessen Nachfolger die Einstiegszeit des Fahrgastes darstellt. Hierbei wurde auch berücksichtigt, dass ein neben dem Fahrgast Einsteigender nicht der Nachfolgende ist, was speziell bei den Einstiegskonfigurationen des Doppelstockwagens und des 4024 - Talent von Bedeutung ist, da hier eine Unterscheidung der Einstiegsseite im Gegensatz zum Einstieg der Reihe 4020 nicht sinnvoll möglich ist.

Wechselzeit über die fortschreitenden Fahrgäste

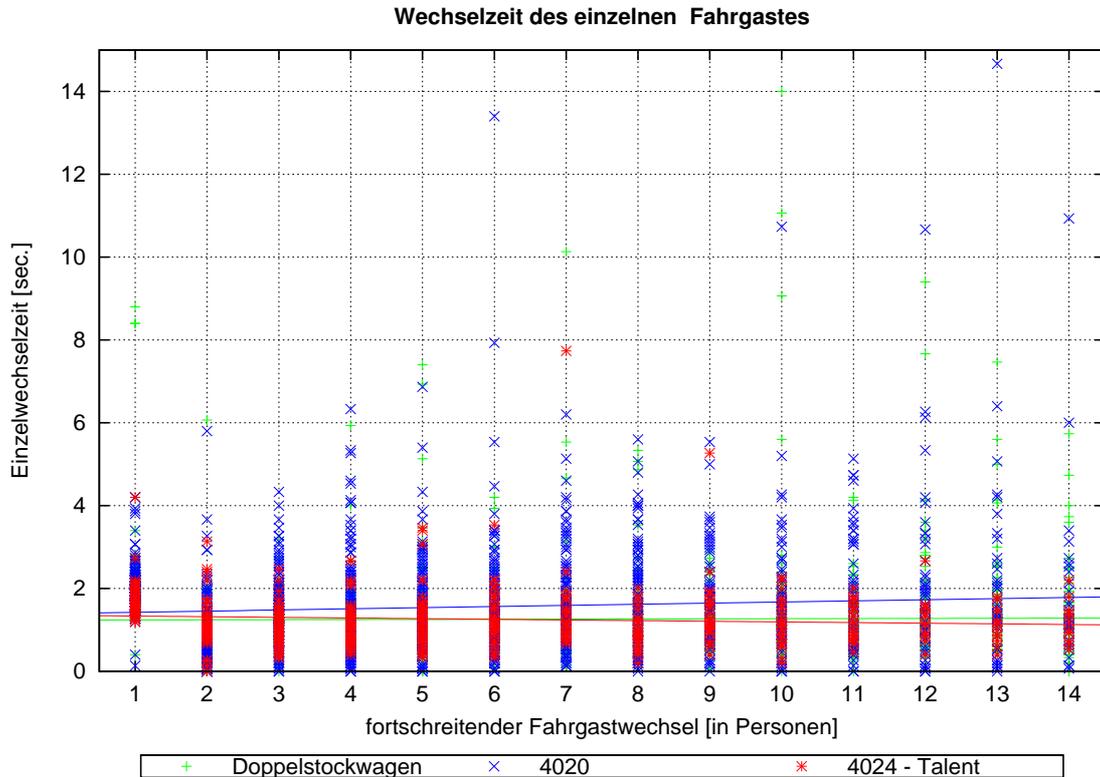


Abbildung 6.12: Änderung der Einstiegszeit der einzelnen Person über das Fortschreiten des Fahrgastwechsels wobei nur die max. ersten 14 Fahrgäste berücksichtigt sind [35]

Die Fahrgastwechselzeiten des einzelne Fahrgastes werden hier auf die Änderung in Bezug auf den Fortschritt des Fahrgastwechsels über die Zeit betrachtet. Grundsätzlich wird hier das Fortschreiten in aufeinander folgende Personen gezählt. Es ist in diesem Fall auch deutlich von dem auf die Tür bezogenen Fahrgastwechsel zu unterscheiden, da hier Parallelitätseffekte nicht berücksichtigt werden. Vielmehr wird ausschließlich der einzelne Fahrgast als Ansatzpunkt herangezogen. Für den türbezogenen Fall wird auf Abschnitt 6.4.2 verwiesen.

Abbildung 6.12 zeigt die Änderung der Fahrgastwechselzeit bezogen auf den einzelnen Fahrgast, wobei hier nur die ersten 14 Fahrgäste betrachtet werden. Es ist deutlich zu sehen, dass die Fahrgäste, welche mit dem Einstieg der Reihe 4020 konfrontiert werden deutlich höhere Zeiten in Anspruch nehmen und auch dass die Streuung hier groß ist. Die Ausgleichsgeraden, welche in diesem Zusammenhang dargestellt sind, wurden für

alle drei Einstiegssituationen gleich gem. Gleichung (6.5) festgelegt. Die Einpassung der Ausgleichsgeraden erfolgte mittels Gnuplot.

$$y(x) = a * x + b \quad (6.5)$$

Wechselzeit bezogen auf das Gepäck

Wie in Abschnitt 6.1.2 beschrieben hat das Gepäck einen erheblichen Einfluss auf die Einstiegszeit des einzelnen Fahrgastes. In Abbildung 6.13 sind die Mittelwerte der einzelnen Einstiegszeiten sowie die zugehörigen Streuungen aufgetragen. Hierbei ist anzumerken, dass das Fahrgastkollektiv, welches die Grundlage dieser Werte darstellt, zum Zwecke der Vergleichbarkeit eingeschränkt wurde. So ist die Unterscheidung bei den Gepäckarten "Koffer" und "großer Koffer" nicht berücksichtigt, da in beiden Fällen ein vergleichbares Verhalten der Fahrgäste beobachtet werden konnte. Des Weiteren wurde eine Einschränkung bezüglich des Alters der Fahrgäste vorgenommen, so dass nur die vom Verhalten und den körperlichen Eigenschaften sehr ähnlichen Gruppen der Jugendlichen und Erwachsenen in diesen Vergleich Einzug hielten. Auch wurde gefordert, dass zumindest 11 Fahrgäste am Fahrgastwechsel beteiligt sind, wobei nur die ersten 10 Passagiere in der Auswertung Berücksichtigung finden, um etwaige spät kommende Fahrgäste, welche das Ergebnis negativ beeinflussen würden, auszunehmen.

Relativ deutlich ist daraus zu erkennen, dass die Einstiege des Doppelstockwagens, sowie auch die Einstiege des 4024 - Talent kaum Unterschiede in Bezug auf die Einzelfahrgastwechselzeit aufweisen. Zwar sind die Mittelwerte des 4024 - Talent zumeist etwas niedriger als die des Doppelstockwagens, jedoch kann aufgrund der Streuung von keiner Signifikanz ausgegangen werden.

Auch die Art des Gepäcks hat nur geringen Einfluss auf die Einstiegszeit. Erst die Gruppe der hinreichend großen und unhandlichen Gepäckstücke hebt den Mittelwert wie zu erwarten deutlich an. Überraschend ist hingegen, dass der Rucksack bei dem 4024 - Talent und beim Doppelstock doch eine, wenn auch geringe Verlangsamung des Fahrgastwechselforganges bewirkt. Als Begründung kann hier am ehesten die im Grundriss betrachtete veränderte Längswirkung des einzelnen Fahrgastes dienen.

Den ebenen Einstiegen des Doppelstockwagens und 4024 - Talent steht der über zwei Stufen verfügende Einstieg der Reihe 4020 gegenüber. Sehr deutlich ist zu sehen, dass sowohl die Mittelwerte als auch die Streuungen bei allen Gepäckgruppen deutlich höher

sind. Die erhöhte Streuung lässt sich wohl am einfachsten durch die größere Differenzierungswirkung der Stufen was die körperliche Beweglichkeit der einzelnen Fahrgäste angeht erklären, wobei auch die Erfahrung mit diesem Einstieg als auch die körperliche Größe eine Rolle spielen dürfte, da hier sehr unterschiedliche Verhalten bei den Fahrgästen beobachtet werden konnten.

Besonders auffällig ist, dass der Rucksack beim 4020 gegenüber der Gepäckgruppe der kleinen Taschen/Handtaschen sich günstiger erweist. Zwar steigt auch hier die Streuung gegenüber der Einstiegszeit des gepäcklosen Fahrgastes, doch die geänderte Grundrissform des rucksacktragenden Fahrgastes scheint hier nicht in dem Maße Bedeutung zu haben wie es sich bei den anderen Zugtypen zeigt.

Auch ist zu sehen, dass Gepäckstücke, welche in der Hand getragen werden, wohl ob des steilen Einstieges und der häufigen Benutzung des Handlaufes beim Einstieg des 4020 eine Hindernis darstellen.

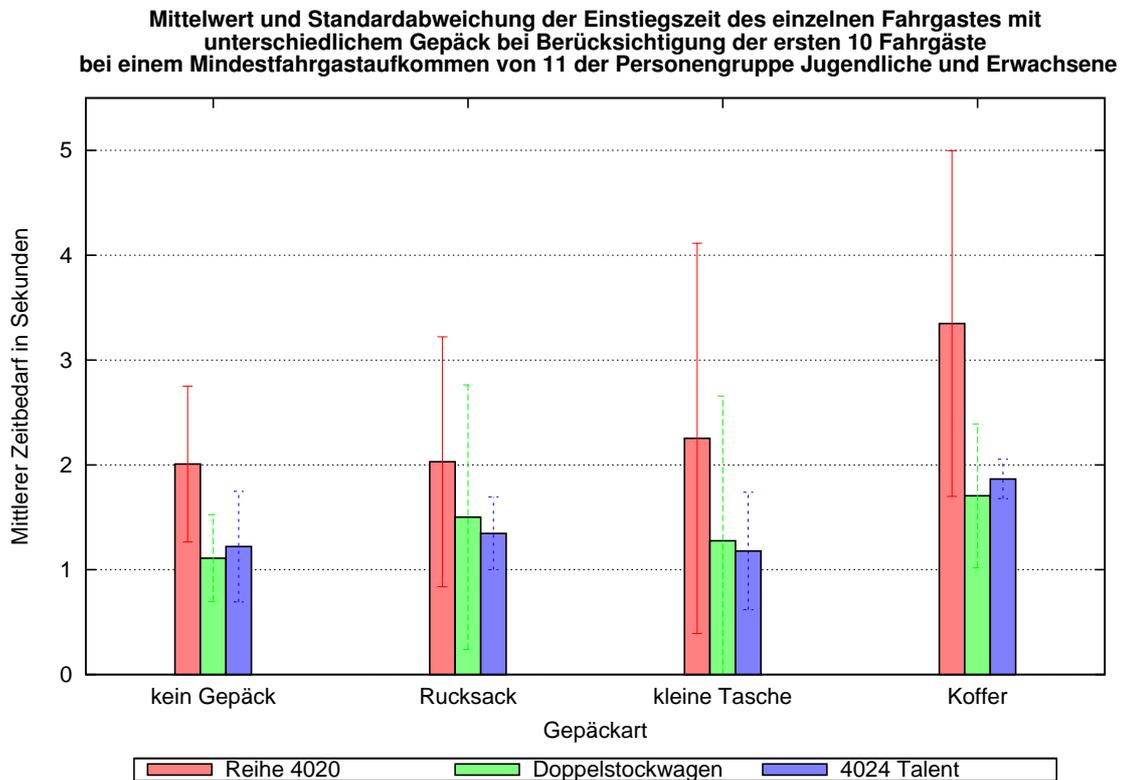


Abbildung 6.13: Einstiegszeit in Abhängigkeit des Gepäcks von Jugendlichen und Erwachsenen [35]

Sehr deutlich ist auch der um einiges höhere Zeitbedarf beim Einsteigen über die Stufen mit unhandlichem Gepäck (im Diagramm mit Koffer beschrieben) zu sehen. Tat-

sächlich wurde bei den Messungen beobachtet, dass die Fahrgäste die Gepäckstücke in dem hier angesprochenen Fall häufig vor sich in den Wagen gehoben haben und erst folgend eingestiegen sind. Dadurch erhöht sich der Zeitbedarf natürlich erheblich, da der Platz, auf welchen die Gepäckstücke gewuchtet werden, natürlich zuerst von dem vorangegangenen Fahrgast freigegeben werden musste.

Insgesamt kann hier gesagt werden, dass die theoretischen Annahmen bezüglich der Gepäckstücke und gerade der Stufen sich bestätigt haben und wie bereits zuvor angedeutet ein ebener Einstieg hier deutlich günstigere Einstiegszeiten begünstigt. Dahingegen hat die Breite des Einstieges kaum bis gar keinen Einfluss auf die Einstiegszeit des Einzelnen, was der Vergleich der breiteren Türe des Doppelstockwagens mit der schmälere des 4024 - Talent in Abbildung 6.13 deutlich zeigt.

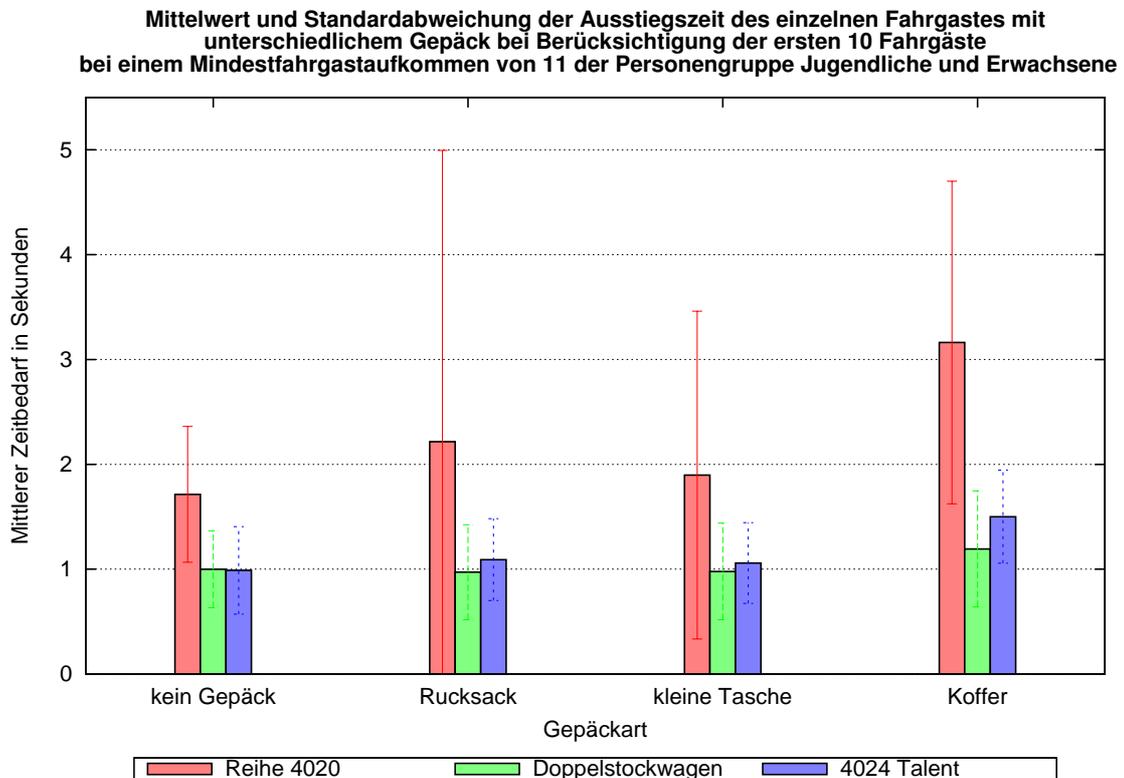


Abbildung 6.14: Ausstiegszeit in Abhängigkeit des Gepäcks von Jugendlichen und Erwachsenen [35]

Bei den aus dem Fahrzeug aussteigenden Fahrgästen zeigt sich in Abbildung 6.14, dass dieser Vorgang im Vergleich zum Einstiegsvorgang deutlich schneller vonstatten geht. Die Begründung liegt hier wohl darin, dass die aussteigenden Fahrgäste zum einen

zumeist bereits bei der Türe stehen, wenn der Zug hält, als auch in der durch die Inneneinrichtung des Zuges bedingte geordnete und dicht gepackte Aufreihung der Fahrgäste, gegenüber der ungebundenen Ansammlung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig. Hier zeigt sich interessanterweise bei den Zügen der Reihe 4024 - Talent und Doppelstock bei der Gepäckgruppe der rucksacktragenden Fahrgäste keine Verlangsamung des Fahrgastwechsels im Vergleich zum Fall der einsteigenden Fahrgäste. Auch hier scheint die dichtere Aneinanderreihung der Fahrgäste die Wirkung des Rucksackes zu neutralisieren. Im Gegensatz dazu führt der Rucksack bei den Zügen der Reihe 4020 zu einer längeren Fahrgastwechselzeit, was nahelegt, dass beim Hinabsteigen von Stufen die geänderte Grundrissform des Fahrgastes durch den Rucksack eine nicht zu unterschätzende Bedeutung hat. Dies mag wohl auch daran liegen, dass viele Fahrgäste von der vorletzten Stufe auf den Bahnsteig springen und dabei eine größere freie Fläche auf dem Bahnsteig benötigen, weshalb ein vorangegangener Fahrgast mit einem Rucksack hier ein größeres Hindernis darstellt.

Wechselzeit bezogen auf das Alter

Die mit dem steigenden Alter reduzierte körperliche Leistungsfähigkeit (siehe Abschnitt 6.1.1) hat abhängig von der Einstiegsconfiguration kaum bis deutlich Einfluss auf die Einstiegszeiten. In Abbildung 6.15 werden die Einstiege des Doppelstockwagens und der Reihe 4020 gegenübergestellt, wobei anzumerken ist, dass die Gesamttürbreite in beiden Fällen nahezu ident ist. Auf eine Einbeziehung des 4024 - Talent wird aufgrund des geringen Datenumfanges bei den älteren Fahrgästen verzichtet. Darüberhinaus wurde wie schon im Abschnitt über die Wechselzeiten bezogen auf das Gepäck bei den Einflussgrößen des Diagrammes darauf geachtet, dass zumindest 11 Fahrgäste am Fahrgastwechsel beteiligt sind, wobei nur die ersten 10 Passagiere in der Auswertung berücksichtigt wurden.

In der Abbildung sind die Altersgruppen

- Jugendliche
- Erwachsene
- ältere Menschen

gegenübergestellt. Auf einen Vergleich mit der Gruppe der Kinder wurde hier verzichtet, da diese häufig an der Hand der Eltern geführt werden und somit eine adäquate Einstiegszeit eines Kindes nicht wirklich messbar ist. Um weiters die Vergleichbarkeit

zu wahren, wurde auch die von den Fahrgästen beförderte Gepäckart auf kein Gepäck, Rucksäcke und kleine Taschen bzw. Handtaschen beschränkt, wobei die Ähnlichkeit dieser Gepäckstücke in Abbildung 6.13 bereits verifiziert wurde.

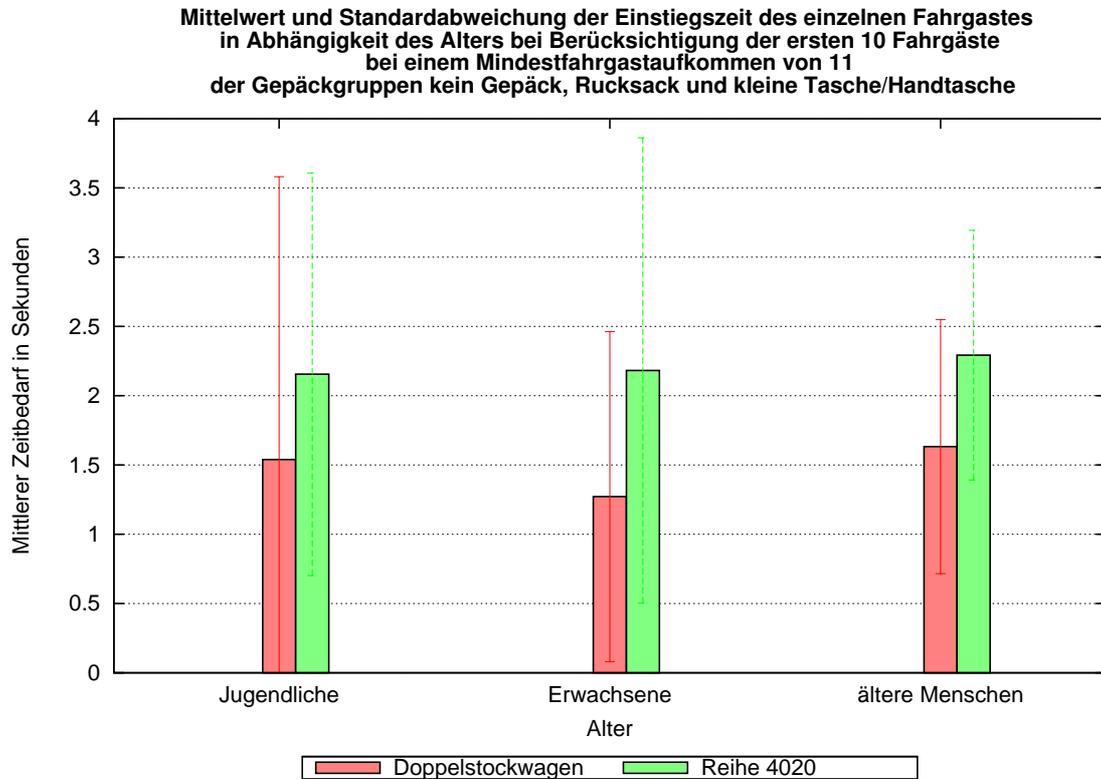


Abbildung 6.15: Einstiegszeit in Abhängigkeit des Alters der Gepäckgruppen kein Gepäck, Rucksack und kleine Tasche/Handtasche [35]

In Abbildung 6.15 wird deutlich, dass die ebene Einstiegsmöglichkeit des Doppelstockwagens grundsätzlich bei allen Altersgruppen ein schnelleres Einsteigen gegenüber dem Einstieg des 4020 erlaubt. Interessant ist jedoch, dass beim Einstieg des Doppelstockwagens die Jugendlichen ähnliche mittlere Einstiegszeiten aufweisen, wie die Gruppe der älteren Fahrgäste. Dies lässt sich nur durch das etwas ungestüme Verhalten der Jugendlichen erklären.

Gegenüber den Erwachsenen wird beim Doppelstockwagen deutlich, dass der Spalt für die älteren Fahrgäste ein größeres Hindernis darstellt.

Die Stufen beim 4020 scheinen dahingegen bei allen Altersgruppen ein ähnlich großes Hindernis darzustellen, wobei eine leichte Zunahme der Fahrgastwechselzeit mit dem Anstieg des Alters gesehen werden kann. Die Signifikanz ist jedoch nicht wirklich gegeben, da die Streuungen hier sehr hoch sind.

Insgesamt kann jedoch gesagt werden, dass der ebene Einstieg einen um ca. 0,7 bis 1,0 Sekunden schnelleren Fahrgastwechsel erlaubt.

Bei den aussteigenden Fahrgästen bietet sich ein gegenüber den Einsteigern etwas verändertes Bild. Deutlich ist in Abbildung 6.16 zu sehen, dass die Jugendlichen hier bedingt durch die Restriktionen der Umgebung ein deutlich besseres Fahrgastwechselverhalten an den Tag legen. So zeigt sich, dass bei den Doppelstockwagen praktisch kein Unterschied zwischen den Altersgruppen mehr vorhanden ist. Beim Aussteigen aus dem 4020 über die Stufen ist hingegen ein leichter Anstieg der Fahrgastwechselzeit mit zunehmendem Alter erkennbar. Insgesamt zeigt sich, dass auch hier die Stufen einen zeitlichen Nachteil bei den Fahrgastwechselzeiten von 0,7 bis 1,0 Sekunden verursachen. Gegenüber den Einsteigern ist auch hier, wie bereits beim Vergleich bei den Gepäckstücken, deutlich zu sehen, dass das Einsteigen wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt, als das Aussteigen.

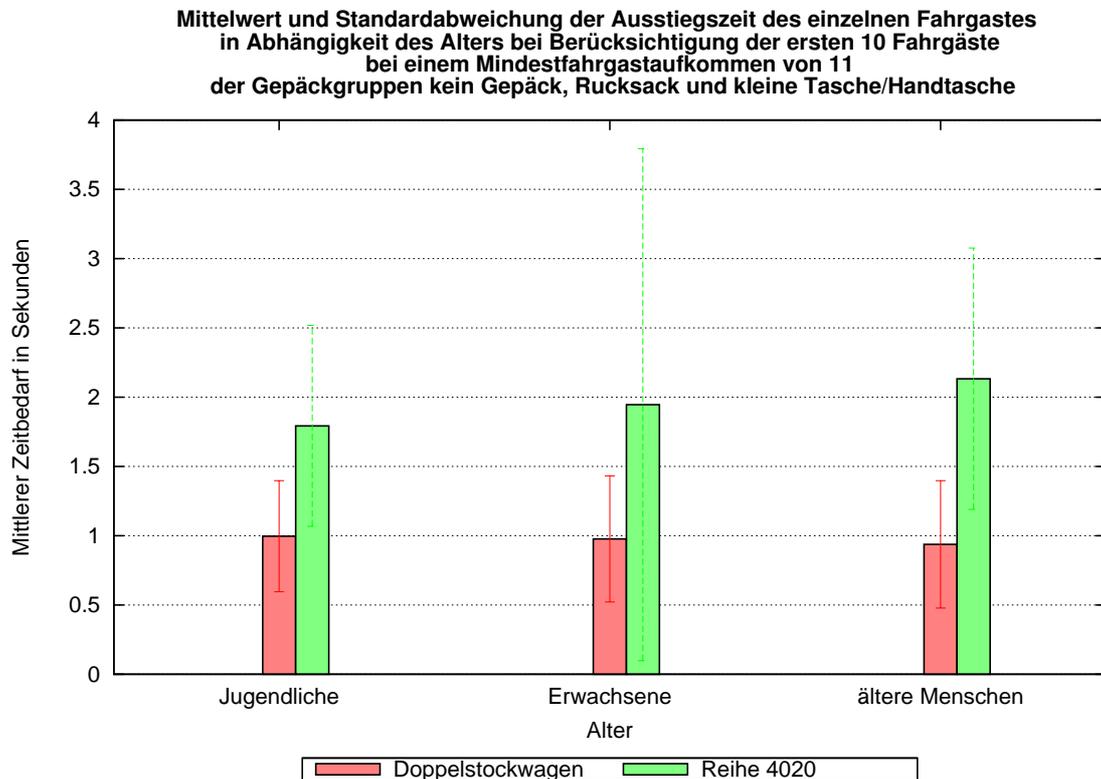


Abbildung 6.16: Ausstiegszeit in Abhängigkeit des Alters der Gepäckgruppen kein Gepäck, Rucksack und kleine Tasche/Handtasche [35]

6.4.2 Wechselzeit bezogen auf die Türe

Neben der Betrachtung der Fahrgastwechselzeiten des einzelnen Fahrgastes spielt auch die Einstiegszeit von ganzen Gruppen von Fahrgästen eine bedeutende Rolle, da hier neben den genannten Einflüssen wie Stufen, Spalt, Alter und Gepäck auch die Türbreite in die Betrachtung eingeht. Dies steht auch im Gegensatz zu der in Abbildung 6.12 dargestellten Steigerung der Einzelfahrgasteinstiegszeit über den fortschreitenden Fahrgastwechsel, bei dem zwar die Zunahme der Einzeleinstiegszeiten gezeigt wird, jedoch nicht auf die Möglichkeit des zeitgleichen bzw. versetzten Einsteigens eingegangen wird. Grundsätzlich kann wie in Abschnitt 6.2.3 beschrieben, mit einer Zunahme des als Durchflusses bezogen auf die Türe betrachteten Fahrgaststromes gerechnet werden. Tatsächlich zeigt Abbildung 6.6 ein deutliches Potenzial für die Einstiege der Reihe 4020 und des Doppelstockwagens gegenüber dem Einstieg des 4024 - Talent.

Abbildung 6.17 zeigt die Mittelwerte und Streuungen der Gesamtdauer des Einstieges vom ersten bis zum jeweils n-ten Fahrgast. Dabei wird deutlich, dass es tatsächlich zu einer günstigeren Gesamtfahrgastwechselzeit bei entsprechend breiteren Türen kommt, was besonders an den Beispielen des Doppelstockwaggon und dem Einstieg des 4024 - Talent deutlich wird, da diese in dieser Hinsicht am ehesten vergleichbar sind. Es muss jedoch auch eingestanden werden, dass dieser Effekt nur eine geringe Bedeutung hat, wie aus Abbildung 6.17 ersichtlich. Es wird deutlich, dass die Einstiegszeiten bei den Einstiegen der Reihe 4020 höher sind, als bei die Zeiten bei den anderen Einstiegen. Die Mittelwerte über die Fahrgastwechselgruppen steigen jedoch nicht in dem Maß an, wie es die Einzelfahrgastwechselzeiten vermuten lassen.

Vielmehr wird jedoch in Abbildung 6.17 deutlich, dass auch hier die Stufen des Einstieges beim 4020 zu einer höheren Streuung der Gesamteinstiegszeit führen. Bei genauerer Betrachtung der Streuungen wird auch deutlich, dass diese zwischen dem vierten und fünften Fahrgast beim 4020 einen sprunghaften Anstieg verzeichnet. Dies lässt sich relativ leicht dadurch erklären, dass in diesem Bereich des Fahrgastwechselablaufes der Wechsel zwischen Fahrgästen, die aussteigen und solchen die einsteigen erfolgt. Tatsächlich kann bei weiterer Betrachtung ein solcher Anstieg auch in die Streuungen der anderen Einstiege interpretiert werden. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass die Änderungen der Streuung bei den anderen Einstiegen nur sehr gering sind und dadurch auch andere Ursachen als Grund möglich sind.

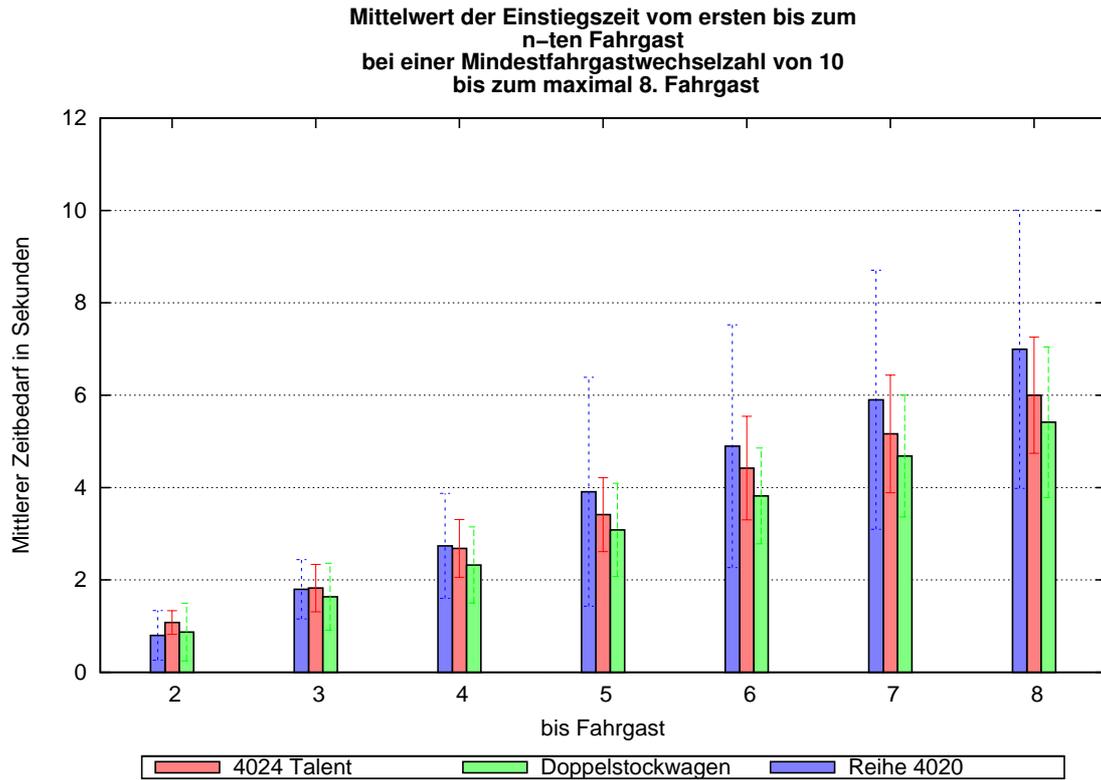


Abbildung 6.17: Einstiegszeiten von Fahrgastkollektiven ab dem ersten Fahrgast ohne Einschränkung in Bezug auf Alter und Gepäck [35]

Kapitel 7

Abfertigungszeiten

7.1 Grundlage der Abfertigung

Die Vorgänge, welche nach dem letzten Fahrgastwechsel bis zur Abfahrt des Zuges von statten gehen, werden als Abfertigung des Zuges bezeichnet. Da die Wiener Schnellbahn an sich ein Teil des österreichischen Bahnnetzes ist, welches von den österreichischen Bundesbahnen (kurz ÖBB) betrieben wird, gelten auch für die Schnellbahn grundsätzlich die Abfertigungsregeln wie auf dem Rest des Streckennetzes. Insofern ist es notwendig einen kurzen Abriss der allgemeinen Abfertigungsvorschriften zu geben, bevor auf die Besonderheiten der Schnellbahn und dabei der einzelnen Zugstypen eingegangen wird.

7.1.1 Allgemeine Abfertigungsvorschriften

In den Abfertigungsvorschriften ist grundsätzlich zwischen Personenzügen und Nichtpersonenzügen zu unterscheiden. Da es sich bei der Schnellbahn ausschließlich um Personenzüge handelt und diese Arbeit nur in Zusammenhang mit fahrgastwechselbedingten Aufenthalten in den Stationen zu sehen ist, wird auf die Nichtpersonenzüge nicht weiter eingegangen.

Die im Folgenden angeführten Vorschriften sind sinngemäß den Betriebsvorschriften [15] und [16] der ÖBB entnommen.

Grundsätzlich darf kein Zug ohne Zustimmung des Fahrdienstleiters abfahren. Diese Zustimmung darf erst erteilt werden, wenn gesichert ist, dass alle Vorraussetzungen für eine sichere Durchführung der Zugfahrt erfüllt sind. Dies können unter anderem sein:

- Fahrstraßenprüfung

- Zugmeldeverfahren
- Abfahrbereitschaft
- erforderliche Verständigungen durchgeführt sind
- das führende Triebfahrzeug nicht über das Ausfahrtssignal hinaus steht (andernfalls muss der Zugmannschaft die Freistellung des Signales mitgeteilt werden)
- sonstige Anordnungen befolgt wurden

Diese Zustimmung richtet sich an die Zugmannschaft, wobei sie über Signale, oder bei nicht vorhandensein bzw. ausgefallenen Signalen durch direkte Verständigung, erteilt wird. Diese wird im Weiteren vom Zugbegleiter an den Triebfahrzeugführer übermittelt, wenn dieser die entsprechenden Signale selbst nicht sehen kann bzw. wenn selbige fehlen. Die Bereitschaft zur Abfahrt stellt bei Personenzügen, die im Bahnsteigbereich stehen, grundsätzlich die Zugbegleitmannschaft unmittelbar vor der Abfahrt her. Diese Bereitschaft zur Abfahrt wird dann von dem an der Spitze befindlichen Zugbegleiter dem Triebfahrzeugführer mitgeteilt. Diese Mitteilung kann mündlich, fernmündlich, durch das Handsignal -FERTIG-, durch Anzeigen am Führerstand, Summtöne und/oder andere technische Maßnahmen erfolgen.

Der Zug fährt dann ab, wenn die Zustimmung zur Abfahrt erteilt und die Bereitschaft zur Abfahrt hergestellt wurde. Es ist jedoch zu beachten, dass die Abfahrt eines Personenzuges dabei nicht vor der öffentlich verlaublichen planmäßigen Abfahrtszeit erfolgen darf.

Bei der Abfahrt des Zuges hat die Zugmannschaft nach Möglichkeit auf Unregelmäßigkeiten wie offengebliebene Türen, auf - oder abspringende Fahrgäste, Gefahrensignale und dergleichen zu achten.

7.1.2 Abfertigung in Zusammenhang mit den untersuchten Zugtypen

Grundsätzlich ist zu beachten, dass sich der Begriff "Türen", wenn nicht explizit etwas anderes angegeben ist, auf Türen, welche für den Fahrgastwechsel bestimmt sind, bezieht. Die entsprechenden Vorschriften der ÖBB schreiben vor, dass technische Türsteuerungen bzw. Schließeinrichtungen, falls vorhanden, zu verwenden sind.

Die im Weiteren gemachten Angaben basieren auf [17]. Dabei werden ein paar Begriffe verwendet, welche an dieser Stelle kurz erläutert werden:

- **Schaffnerschalter:** die zentrale Schließeinrichtung mittels Schaffnerschalter (UIC-Vierkant) dient zum Schließen aller Außentüren von einer beliebigen Türe des Wagenzuges aus. Dabei wird eine gekuppelte UIC-Leitung vorausgesetzt.
- **Türfreigabeschalter:** die seitenselektive Türsteuerung wird vom Triebfahrzeugführer mit dem Türfreigabeschalter bedient. Dabei werden folgende Stellungen für eine seitenselektive Türsteuerung ermöglicht: “beide frei”, “links frei”, “rechts frei”, “beide zu”.
- **Zwangsschließen:** wird eine Fahrzeugseite nicht mehr freigegeben, ergeht an alle noch offenen Türen ein Schließbefehl unter Umgehung der Türraumüberwachung. Der Einklemmschutz bleibt jedoch wirksam. Eine gelbe Türkontrolleuchte erlischt, sobald alle Außentüren ordnungsgemäß geschlossen sind. Die Türen werden im geschlossenen Zustand verriegelt.

Abfertigung des Doppelstockwagens

Die Doppelstockwagen verfügen über eine seitenselektive Türsteuerung. Das heißt, dass alle Türen von einer zentralen Stelle im Zug zum Öffnen freigegeben, geschlossen und gegebenenfalls auch verriegelt werden können, wobei zusätzlich die Wahlmöglichkeit besteht, auf welcher Seite die Türen freigegeben werden. Voraussetzung zur Nutzung dieser Türsteuerung ist ein entsprechendes Triebfahrzeug, welches diese Einrichtung unterstützt sowie Wagen, die ebenfalls alle über eine entsprechende, kompatible Vorrichtung verfügen. Sollte dies nicht gegeben sein, so muss die Türsteuerung abgeschaltet werden.

An sich wird die seitenselektive Türsteuerung vom Triebfahrzeugführer bedient. In Ausnahmefällen kann diese jedoch auch vom Zugbegleiter betätigt werden.

Bei den Messungen wurde festgestellt, dass nur in seltenen Fällen Mischungen der Doppelstockwagen mit anderen Waggontypen auftreten und dass auch die Triebfahrzeuge durchwegs den Anforderungen an die seitenselektive Türsteuerung genügen.

Die Türen der Doppelstockwagen verfügen über eine Türraumüberwachung sowie einen Einklemmschutz.

Bei der Türraumüberwachung wird der Einstiegsbereich durch Sensoren überwacht. Ab dem Zeitpunkt der Freimeldung des Türraumes kommt es nach einigen Sekunden zu einem Selbstschließbefehl. Dabei ist zu beachten, dass ein Schließbefehl des Triebfahrzeugführers die Türraumüberwachung deaktiviert. Demgegenüber verhindert der Einklemmschutz über eine Fühlerleiste an der Türkante das Schließen der Türen, wenn sich noch eine Person oder ein Gegenstand im Türbereich befindet. Diese Einrichtung ist

auch während des Schließvorganges wirksam und wird erst bei einem Türspalt kleiner 30mm abgeschaltet.

Die Abfertigungsprozedur von Doppelstockwagen gestaltet sich damit wie in Tabelle 7.1 angegeben (entnommen [17].)

	Zugbegleiter	Türe	Triebfahrzeugführer
1.)		Fahrgastwechsel beendet; Türen schließen zeitabhängig nach dem Freiwerden der Türraumüberwachung	
2.)	Schaffnerschalter erste Betätigung	alle noch offenen Türen schließen; Zugbegleitertüre bleibt offen	
3.)	beobachtet nach Möglichkeit den Schließvorgang. Meldet Bereitschaft zur Abfahrt an den Triebfahrzeugführer und steigt ein		
4.)			Türfreigabeschalter in Stellung "beide zu"
5.)		Zugbegleitertüre bleibt offen	
6.)	Schaffnerschalter zweite Betätigung	auch die Türe des Zugbegleiters schließt	gelbe Kontrollleuchte erlischt und die Abfahrsperrung wird aufgehoben
7.)			Anfahren

Tabelle 7.1: Abfertigungsprozedur des aus Doppelstockwagen bestehenden Zuges bei Schließen aller Türen durch den Triebfahrzeugführer [17]



Abbildung 7.1: Handsignal -FERTIG- bei Abfertigung eines Zuges mit Doppelstockwagen [30]

Abfertigung der Reihe 4020

Wie die Doppelstockwagen verfügen die Triebzüge der Reihe 4020 über eine seitenselektive Türsteuerung mit Türfreigabeschalter beim Triebfahrzeugführer und einen Türsignalschalter beim Zugbegleiter.

Diese Türsignalschalter ersetzen den Schaffnerschalter. Sie werden mit einem besonderen Schaltstift bedient, wobei durch das Einstecken des Stiftes in der ersten Stufe das Schließen der Türe, bei welcher die Bedienung erfolgt, verhindert wird. Durch Hineindrücken in die zweite Stufe können dem Triebfahrzeugführer Signale (in diesem Fall Summertöne am Führerstand) gegeben werden. Bei Abziehen des Stiftes schließt dann auch jene Türe bei der die Bedienung erfolgt ist.

Tabelle 7.2 bildet die Abfertigungsprozedur, wie in [17] angegeben, ab.

An dieser Stelle wird auf eine weitere Besonderheit der Reihe 4020 hingewiesen. Gegenüber den anderen Zugtypen verfügt der 4020 über ein Zugbegleiterabteil, welches über eine eigene Türe verfügt. So ist es möglich, dass in der Abfertigungsprozedur wie in Tabelle 7.2 beschrieben, die Notwendigkeit des gesonderten Schließens der Türe beim Zugbegleiter entfällt, da diese dann vom Türsteuerungssystem unabhängig manuell bedient wird. So ist auch ein Anfahren bei noch geöffneter Türe möglich, was jedoch für die

Kapitel 7 Abfertigungszeiten

Fahrgäste keine erhöhte Gefahr bedeutet, da diese Türe nicht für den Fahrgastwechsel vorgesehen ist. Tatsächlich konnte auch beobachtet werden, dass der Zugbegleiter bei Nutzung dieser Türe das Fahrzeug nicht verlassen musste, sondern dass es ihm möglich war, die Beobachtung des Schließvorganges durch Hinauslehnen aus dieser Türe zu gewährleisten. Durch das wegfallende nachträgliche Schließen der Zugbegleitertüre kann unter Betrachtung der Abfertigungsprozedur zumindest die Zeit des Schließens einer Türe eingespart werden. Da auch vielfach der Einstiegsprozess des Zugbegleiters hier wegfällt, ist in diesen Fällen mit einer weiteren zeitlichen Einsparung gegenüber den Situationen, in welchen er das Fahrzeug verlassen muss, zu rechnen. Insofern ist es in diesen Fällen möglich, rein vom Ablauf her dem eines 0:0-Betriebes sehr nahe zu kommen.



Abbildung 7.2: Beobachten des Fahrgastwechsels vom Dienstabteil bei den Zügen der Reihe 4020 [30]

Kapitel 7 Abfertigungszeiten

	Zugbegleiter	Türe	Triebfahrzeugführer
1.)		Fahrgastwechsel beendet; Türen schließen zeitabhängig nach dem Freiwerden der Türraumüberwachung	
2.)	Einstecken des Stiftes in die 1. Stufe	Zugbegleitertüre bleibt offen	
3.)	Einmaliges Hineindrücken des Stiftes in die 2. Stufe		Ein Summton am Führerstand gibt dem Triebfahrzeugführer den Auftrag zum Schließen der Türen
4.)			Türfreigabeschalter in Stellung "beide zu"
5.)	Beobachtet nach Möglichkeit den Schließvorgang	alle noch offenen Türen schließen; Zugbegleitertüre bleibt offen	
6.)	zweimaliges hineindrücken des Stiftes in die 2. Stufe oder einschalten des Signales -ABFAHRT ERLAUBT-		zwei Summertöne am Führerstand melden dem Triebfahrzeugführer die Bereitschaft zur Abfahrt oder Signal -ABFAHRT ERLAUBT- meldet die Bereitschaft zur Abfahrt und die Zustimmung des Fahrdienstleiters zu Abfahrt
7.)	Stift abziehen	auch die Türe des Zugbegleiters schließt sich	die gelbe Türkontrolllampe erlischt und die Anfahrsperrung wird aufgehoben
8.)			Anfahren

Tabelle 7.2: Abfertigungsprozedur des Triebzuges der Reihe 4020 [17]

Abfertigung der Reihe 4024 - Talent

Die Triebzüge der Reihe 4024 - Talent sind mit seitenselektiver Türsteuerung mit Türfreigabeschalter beim Triebfahrzeugführer und einer Kombination aus Schaffnerschalter und Türsignalschalter beim Zugbegleiter ausgerüstet. Hier erfolgt die Benachrichtigung der Betätigung des Schaffnerschalters sowohl akustisch als auch optisch beim Triebfahrzeugführer.

Die Abfertigungsprozedur bei Triebzügen der Reihe 4024 - Talent gestaltet sich damit wie in Tabelle 7.3 angegeben (entnommen [17].)

Kapitel 7 Abfertigungszeiten

	Zugbegleiter	Türe	Triebfahrzeugführer
1.)		Fahrgastwechsel beendet; Türen schließen zeitabhängig nach Freiwerden der Türraumüberwachung	
2.)	Schaffnerschalter erste Betätigung (1x) und wenn vorhanden Einschalten der Abfertigungsanlage	Zugbegleitertüre bleibt offen	am Display wird "Schaffnermodus" angezeigt
3.)	Schaffnerschalter zweite Betätigung (2x)	alle noch offenen Türen schließen; die Türe des Zugbegleiters bleibt geöffnet	ein Summertone am Führerstand ertönt und/oder am Display wird "Türschließvorgang einleiten" oder "UIC-Schließbefehl" angezeigt
4.)			Türfreigabeschalter in Stellung "beide zu"
5.)	Schaffnerschalter dritte Betätigung (2x)	auch die Türe des Zugbegleiters schließt sich	zwei Summertöne am Führerstand ertönen und/oder am Display wird "Fertig", "Abfahrtauftrag" oder "Abfahrt" angezeigt; die gelbe Türkontrolllampe erlischt und die Abfahrtsperre wird aufgehoben
6.)			Anfahren

Tabelle 7.3: Abfertigungsprozedur des Triebzuges der Reihe 4024 - Talent [17]

7.2 Abfertigungszeiten

Aufbauend auf den zuvor in Abschnitt 7.1 beschriebenden Grundlagen der Abfertigung folgt hier eine Betrachtung der zeitlichen Aspekte. Dabei ist anzumerken, dass aufgrund der Messmethode nicht alle Vorgänge sich zeitlich einordnen lassen. Grundsätzlich wurden folgende Zeiten erfasst:

- letzter Fahrgastwechsel an der betrachteten Türe
- die Rücknahme der Türfreigabe
- die Abfahrt des Zuges

Die Rücknahme der Türfreigabe beschreibt den Zeitpunkt, an welchem alle Türen mit Ausnahme der Tür des Zugbegleiters schließen. Hier zeigt sich, dass sich zwei betrachtete Zeitintervalle ergeben, welche nachfolgend besprochen werden.

7.2.1 Zeit zwischen dem letzten Fahrgastwechsel und der Rücknahme der Türfreigabe

Bei der Betrachtung der Zeit zwischen dem letzten Fahrgastwechsel an der betrachteten Türe und der Rücknahme der Türfreigabe muss beachtet werden, dass es messtechnisch im Zuge dieser Arbeit nicht möglich war, alle Türen zu überwachen und es somit nicht garantiert ist, dass der hier genannte letzte Fahrgastwechsel an der betrachteten Türe auch dem letzten Fahrgastwechsel des ganzen Zuges entspricht. Somit können zu den im Diagramm 7.3 dargestellten Zeiten zweierlei Vorgänge beitragen. Zum einen die tatsächliche Zeit, welche der Abfertigungsvorgang bis zur Rücknahme der Türfreigabe benötigt, welche immer enthalten ist, zum anderen weitere Fahrgastwechsel außerhalb des Messbereiches, welche sich durch eine ungleichmäßige Türauslastung entlang des Zuges ergeben (siehe hierzu Abschnitt 6.3.2). Dennoch lässt sich grundsätzlich feststellen, dass die Zeit zwischen dem letzten Fahrgastwechsel und der Rücknahme der Türfreigabe durchwegs sehr hoch ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Fertigmeldung an sich erst beim Erreichen der in öffentlich ausgehängten Fahrplänen angegebenen Zeit erfolgen darf bzw. soll und somit auch die Rücknahme der Türfreigabe sich entsprechend verzögern kann, auch wenn kein Fahrgastwechsel mehr stattfindet. Dennoch muss eingestanden werden, dass diese Zeiten einen erheblichen Anteil an der Gesamthaltezeit haben. In Anbetracht der Tatsache, dass bei Betrachtung des unteren Quartilwertes (siehe Tabelle 7.4 bzw.

Abbildung 7.3) bei den Zugtypen Doppelstock und 4020 Zeiten von weniger als 10 Sekunden möglich sind, die Medianwerte jedoch um die 15 Sekunden betragen, bei den Zügen der Reihe 4024 - Talent der untere Quartilwert bei 13,0 Sekunden liegt und der Median 21,6 Sekunden beträgt, muss es bereits jetzt bei entsprechenden Umständen möglich sein, hier zumindest 5 Sekunden an Zeit je Halt einzusparen.

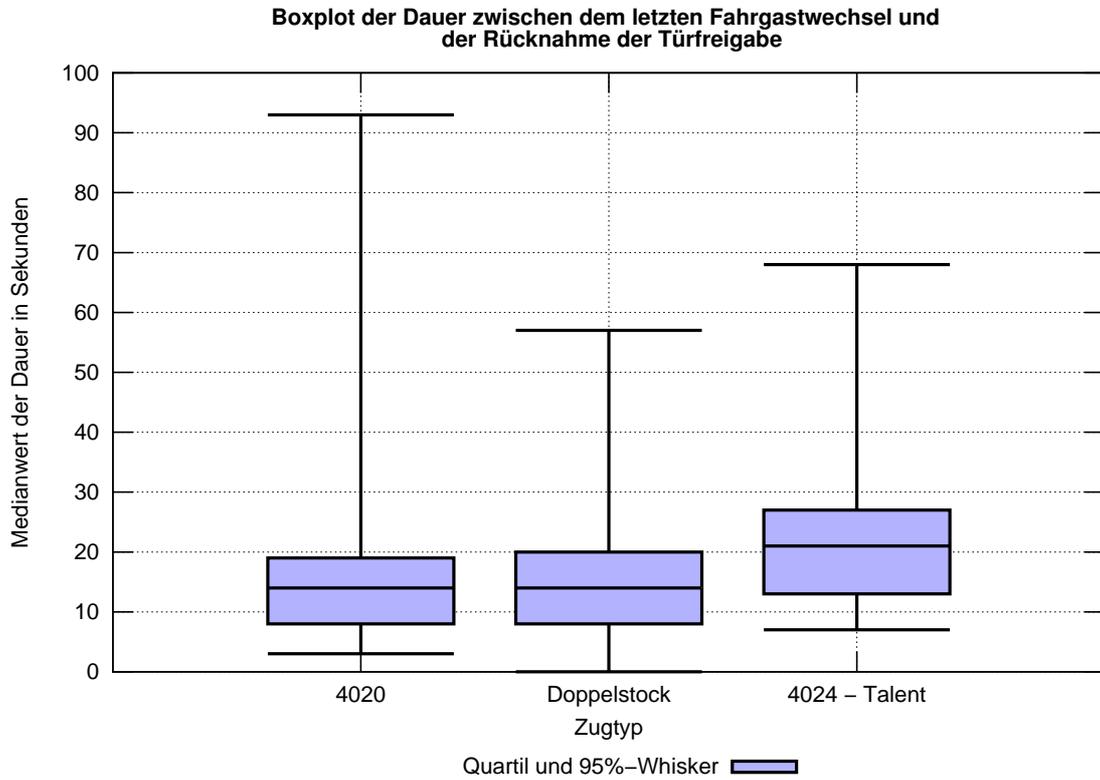


Abbildung 7.3: Dauer zwischen letztem Fahrgast an der Einzeltüre und der Rücknahme der Türfreigabe [35]

	Reihe 4020	4024 - Talent	Doppelstockwagen
Messwertanzahl	158	59	159
Mittelwert [s]	19,0	23,3	17,6
Standartabweichung [s]	21,1	15,2	15,2
Median [s]	14,1	21,6	14,4
oberes Quartil [s]	19,9	27,4	20,3
unteres Quartil [s]	8,6	13,0	8,9

Tabelle 7.4: Statistische Daten der Zeiten zwischen dem letzten Fahrgastwechsel an der betrachteten Türe und der Rücknahme der Türfreigabe [35]

7.2.2 Zeit zwischen der Rücknahme der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges

Die Zeit zwischen dem Ende der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges beinhaltet bei den vorgenommenen Messungen folgende Zeiten:

- Schließen aller Türen bis auf die Tür des Zugbegleiters
- Beobachtung des Schließvorganges durch den Zugbegleiter
- Fertigmeldung an den Triebfahrzeugführer
- Einsteigen des Zugbegleiters
- Schließen der Türe beim Zugbegleiter

Bezüglich dieser Auflistung ist zu beachten, dass der Vorgang bei Zügen der Reihe 4020 auch anders ablaufen kann, wenn der Zugbegleiter sich im Bereich des Dienstabteiles aufhält und die gesonderte Türe benutzt. Hier konnte beobachtet werden, dass die Zugbegleiter nicht zwingend immer aussteigen, wenn die Sicht entlang des Zuges durch die geöffnete Türe bzw. durch das Fenster möglich war. Des weiteren ist die gesonderte Türe nicht an die Türsteuerung gekoppelt, so dass ein Anfahren auch bei noch geöffneter Türe möglich ist. Es ist anzunehmen, dass somit der hier besprochene Haltezeitanteil etwas kürzer ausfällt, da die Bewegung des Zugbegleiters in das Fahrzeug als auch das zusätzliche Türschließen entfällt.

Dieser Sonderfall des 4020 hat unbestreitbar eine Ähnlichkeit zum sogenannten 0:0-Betrieb, bei welchem der Triebfahrzeugführer sämtliche Abfertigungsaufgaben des Zugbegleiters übernimmt und die Überwachung der Türräume über Spiegel, Sensoren und

bei schlechter Einsicht durch eine zusätzliche Warnung an die Passagiere erfolgt. Es ist jedoch anzunehmen, dass der Sonderfall mit dem Zugbegleiter eine höhere Flexibilität aufweist, da dieser bei entsprechend schlechter Einsehbarkeit der Zugtüren seine Position so verändern kann (sprich auf die klassische Abfertigung zurückkehren kann), dass die Türen alle zumindest nach dem Schließvorgang auf eingeklemmte Personen überprüft werden können.

Prinzipiell ist zu beachten, dass der Abfertigungsvorgang, so wie er zur Zeit durchgeführt wird, einen starken Sicherheitsgedanken hat. So werden im Normalfall die Aufgaben während des Zugaufenthalts auf zwei Personen aufgeteilt. Auch ist die Überprüfung der Türen durch einen Menschen zusätzlich zu den vorhandenen Sensoren ein weiteres Sicherheitsmerkmal.

Die Kehrseite dieses Vorganges ist jedoch ein erheblicher Zeitaufwand, welcher den Zug in der Station hält, ohne dass der eigentliche Zweck eines Fahrgastwechsel in diesen zusätzlichen Zeiten durchgeführt werden kann.

Abbildung 7.4 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Zeiten zwischen der Rücknahme der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Zugtypen, auf welche im Folgenden eingegangen wird.

Auffällig ist bei der Reihe 4020 die recht starke Streuung, welche wohl auf die unterschiedlichen Abfertigungsvarianten zurückzuführen ist. Ansonsten sind die Zeiten des 4024 - Talent und der Reihe 4020 relativ ähnlich. Dem gegenüber sticht der Doppelstockwagen heraus, bei welchem für den hier beschriebenen Prozess der Median um ca. 6 Sekunden höher ist. Dies lässt sich jedoch relativ leicht erklären, da beim Doppelstock die Fertigmeldung durch ein Handsignal gegeben wird. Dazu ist es notwendig, dass der Zugbegleiter eine runde weiße Scheibe mit blauem Rand (bei Nacht oder in unterirdischen Stationen ein blaues Licht) hochhält und geringfügig hin- und herschwenkt. Da dieses Signal so gegeben werden muss, dass der Triebfahrzeugführer es auch tatsächlich sieht, ist es notwendig, dass das Signal entsprechend lange gegeben wird. Bei den anderen beiden Zugtypen entfällt diese Art der Signalisierung, da diese über technische Möglichkeiten verfügen dieses Signal an den Triebfahrzeugführer zu geben (Anzeige im Führerstand bei 4024 - Talent und Summertown bei Reihe 4020). Insofern wird deutlich, dass diese technischen Hilfsmittel einen kürzeren Stationsaufenthalt begünstigen.

Bei Betrachtung der in Tabelle 7.5 angegebenen statistischen Daten wird deutlich, dass die Mittelwerte und die Mediane recht gut zusammenpassen. Auffallend ist bei Betrachtung und Vergleich der statistischen Werte, dass es hauptsächlich Ausreißer nach oben

gibt, was die Vermutung nahe legt, dass dieser Prozess kaum noch beschleunigt werden kann. Zwar gibt es bei den Doppelstockwagen noch etwas Potenzial, bei den anderen Zugtypen scheint die Grenze des Machbaren unter normalen Umständen jedoch ziemlich erreicht. Hier wird deutlich, dass ein ebener Einstieg und eine technische Möglichkeit der Fertigmeldung für diesen Vorgang optimal sind. Die Reihe 4020 kann hier nur dann mithalten, wenn der Zugbegleiter den Zug nicht verlässt, da sonst die Einstiegszeit wieder zum bestimmenden Faktor wird.

Eine weitere Beschleunigung des hier beschriebenen Vorganges scheint nur noch durch den 0:0-Betrieb möglich, welcher jedoch mit erheblichem technischen Aufwand und einer zusätzlichen Belastung des Triebfahrzeugführers einhergeht.

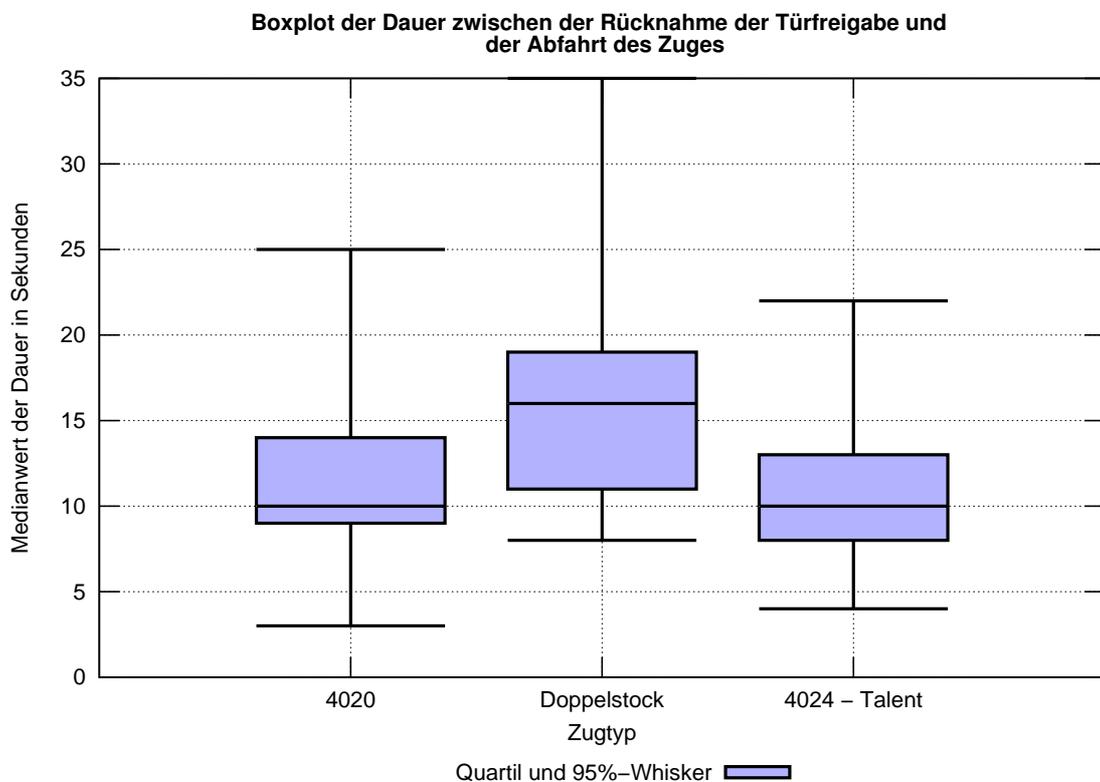


Abbildung 7.4: Dauer zwischen der Fertigmeldung und der Abfahrt des Zuges [35]

Kapitel 7 Abfertigungszeiten

	Reihe 4020	4024 - Talent	Doppelstockwagen
Messwertanzahl	189	59	159
Mittelwert [s]	12,6	11,1	16,5
Standardabweichung [s]	8,42	4,7	6,9
Median [s]	10,9	10,6	16,1
oberes Quartil [s]	14,7	13,3	19,3
unteres Quartil [s]	9,0	8,2	11,8

Tabelle 7.5: Statistische Daten der Zeiten zwischen der Rücknahme der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges [35]

Kapitel 8

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

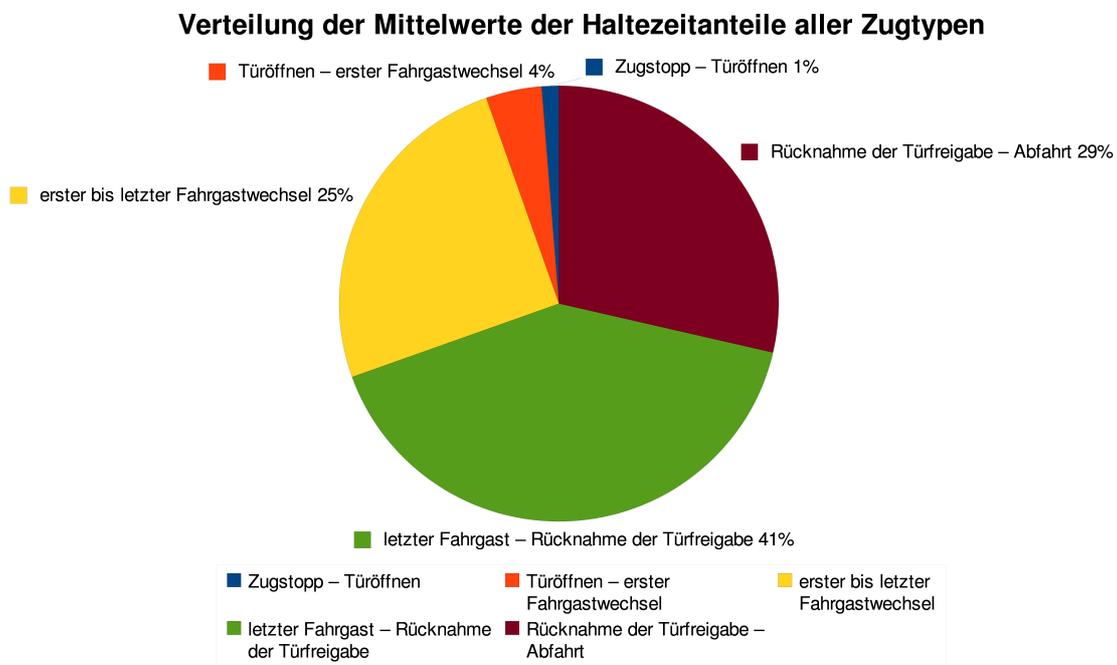


Abbildung 8.1: Mittlere prozentuelle Haltezeitverteilung aller gemessenen Züge [35]

Die in Abbildung 8.1 dargestellte prozentuelle Verteilung der Haltezeitanteile im Wiener Schnellbahnnetz macht deutlich, dass neben dem Fahrgastwechsel speziell die Abfertigung, welche in den Zeitanteilen zwischen dem letzten Fahrgastwechsel und der Rücknahme der Türfreigabe und im Weiteren bis zur Abfahrt des Zuges vonstatten geht, den größten Anteil an der Haltezeit hat. Zwar gibt es zwischen den einzelnen in dieser

Arbeit untersuchten Zugtypen geringe Verschiebungen dieser Anteile (siehe Kapitel 5), doch diese halten sich in engen Grenzen.

Aus dieser Aufstellung und den Zielen eines kurzen Aufenthalts in den Stationen und einer möglichst guten Fahrgastzufriedenheit können aus dieser Arbeit die im Folgenden genannten Konsequenzen gezogen werden, wobei die einzelnen Punkte sich durchaus auch gegenseitig beeinflussen und somit als Gesamtheit betrachtet werden sollten.

Der Fahrgastwechsel an der Einzeltüre (siehe Kapitel 6) wird hauptsächlich durch die bauliche Ausgestaltung desselben beeinflusst. So stellen Stufen in diesem Bereich für alle Fahrgäste ein bedeutendes Hindernis dar, welches sich aus den Vergleichen mit ebenen Einstiegsmöglichkeiten deutlich zeigen lässt. Somit sind ebene Einstiegsmöglichkeiten nicht nur aus Sicht des Komforts und damit der Fahrgastzufriedenheit empfehlenswert, sondern ermöglichen auch einen schnelleren Fahrgastwechsel.

Zu beachten ist auf jedoch, dass ein ebener Einstieg nur in Verbindung mit einer entsprechenden Bahnsteighöhe möglich ist. Da hier von internationaler Seite Bestrebungen zu erkennen sind, dass eine Harmonisierung eben dieser Höhen vorangetrieben wird (siehe dazu [3]), ist eine Berücksichtigung dessen bei der Beschaffung von neuem Wagenmaterial, als auch bei den laufend erfolgenden Instandsetzungsarbeiten der Bahninfrastruktur, zielführend. Hinzu kommt, dass sich damit auch neue Chancen für eine Umsetzung von barrierefreien Einstiegen in die Fahrzeuge ergeben, welche von gesetzlicher Seite gefordert werden (siehe [26]). Auch die Türbreite hat einen gewissen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit. Zwar beschleunigt eine breitere Türe nicht die Einstiegsgeschwindigkeit des Einzelnen, jedoch ermöglicht sie das parallele und versetzte Einsteigen und auch das Überholen eines langsameren Fahrgastes. Hinzu kommt, dass ein breiterer Einstieg auch von den Fahrgästen als angenehmer empfunden wird, da man sich hier weniger eingeengt fühlt.

Bahnsteigkonfiguration und Aufteilung der Zugtüren haben ebenfalls einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Haltezeit. So ist eine gleichmäßige Auslastung aller Türen eines Zuges ein Idealzustand, welcher die gesamte Fahrgastwechselzeit weiter senkt. In Abbildung 8.1 wird jeweils nur eine Türe des gesamten Zuges betrachtet. Trotzdem kann darauf geschlossen werden, dass auch die Zeiten "nach" dem letzten Fahrgastwechsel bis zur Rücknahme der Türfreigabe reduziert werden können. Diese gewünschte gleichmä-

ßige Auslastung zu erreichen, scheidet jedoch hauptsächlich an den Bahnsteigen bzw. deren Zugängen. Da örtliche Gegebenheiten Zwangspunkte bei der Positionierung von Bahnsteigzugängen speziell im städtischen Bereich darstellen, ist es in den seltensten Fällen möglich eine gleichmäßige Auslastung des Bahnsteiges und damit der Türauslastungen zu erreichen. Zwar könnte man bei der Türaufteilung der Züge auf die Gegebenheiten besonders stark frequentierter Stationen eingehen, jedoch ist auch dies nur in den seltensten Fällen sinnvoll möglich, besonders da das Wiener Schnellbahnnetz an sich keinen Inselbetrieb darstellt. Von daher empfiehlt es sich eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Türen entlang des Zuges anzustreben, da diese, wenn auch nicht immer optimal, dann doch wenigstens eine über das gesamte Streckennetz gesehen günstige Aufteilung darstellt. Darüber hinaus kann mit lokalen baulichen und gestalterischen Maßnahmen auf den Bahnsteigen (entsprechende Positionierung von Sitzgelegenheiten, Anzeigen der Zuglänge bzw. der Türpositionen usw.) eine günstigere Verteilung der Fahrgäste erreicht werden.

Die Fahrgastinformation stellt eine weitere Möglichkeit dar, den Fahrgastwechsel zu beschleunigen. So verhindern Ansagen über die nächste Station im Zug größtenteils, dass Fahrgäste zu spät oder an der falschen Station aussteigen und damit speziell einsteigende Fahrgäste behindern. Jedoch ergeben sich auch hier weitere Verbesserungsmöglichkeiten, welche, wenn sie auch nicht immer den Fahrgastwechsel beschleunigen, so doch zumindest den Komfort erhöhen. So wären zusätzliche Anzeigen über die nächste Station zu den Durchsagen hilfreich und auch mehrfache Durchsagen können das Überhören selbiger verhindern.

Auf den Bahnsteigen könnten großformatige Netzpläne des Wiener Schnellbahnnetzes Unsicherheiten über die richtige Linie und Fahrtrichtung beseitigen (und so mitunter auch störende Einflüsse auf den Fahrgastwechsel verhindern), als auch Beschilderungen der Bahnsteigzugänge bezüglich der Fahrtrichtung der Züge die Nutzung der Schnellbahn auch für den ungeübten Fahrgast angenehmer gestalten.

Eine weitere Möglichkeit besteht bei gleichen Türabständen zumindest der Schnellbahnzüge, unter Vorraussetzung des punktgenauen Haltens der Züge, in der Markierung der Einstiegsbereiche auf den Bahnsteigen. Durch eine solche könnten die Fahrgäste bereits vor dem Halt des Zuges sich in die Nähe der Türen begeben und somit einen schnelleren Fahrgastwechsel ermöglichen. Hinzu kommt, dass dadurch auch mit einer gleichmäßigeren Aufteilung der Fahrgäste auf dem Bahnsteig zu rechnen ist, da diese nicht mehr fürchten müssen weitab von Einstiegen zu stehen, wenn sie größeren Menschenansamm-

lungen aus dem Weg gehen wollen. Für die aussteigenden Fahrgäste sollten Wegweiser in ihrem Blickfeld angebracht werden, welche ihnen die Richtungswahl vom Bahnsteig ohne stehenzubleiben und sich umständlich umzusehen ermöglichen. Hinzu kommt, dass anzunehmen ist, dass diese markierten Bereiche nach einer Eingewöhnungszeit der Fahrgäste von den auf das Einsteigen Wartenden für die Aussteigenden freigelassen werden. Dies beschleunigt den Fahrgastwechsel und verbessert den Komfort erheblich.

Bei der Abfertigung (siehe Kapitel 7) entstehen durch die Prozedur erhebliche Zeitannteile an der Haltezeit. Ausgehend davon, dass der Zeitpunkt der Rücknahme der Türfreigabe dem im Fahrplan ausgewiesenen Abfahrtszeitpunkt entspricht, bietet die Zeit bis zum tatsächlichen Anfahrtsruck erhebliches Einsparungspotenzial. Bereits jetzt ist es möglich, wie die Messungen ergeben haben, sehr kurze Zeiten zu erreichen. Durch entsprechende positive Motivierung der Mitarbeiter aber auch durch technische Vorrichtungen, wie sie z.B. in den Zügen der Reihe 4024 - Talent vorkommen (Meldung -FERTIG- über den Schaffnerschalter), ist es sicher möglich die Schwankungen in diesem Bereich des Halteprozesses zu minimieren und damit eine günstige Haltezeitsituation zu schaffen. Daraus ergibt sich dann auch der Vorteil, dass die Fahrgastzufriedenheit steigt, da es für Fahrgäste sehr ärgerlich ist, wenn sie in einem stehenden Zug ohne ersichtlichen Grund auf die Abfahrt warten müssen. Jedoch ist jede Änderung in diesem Bereich hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Sicherheit zu evaluieren.

Im Idealfall könnten die Hauptanteile der Haltezeit um bis zu 5 Sekunden gesenkt und somit die Haltezeit um ungefähr ein Viertel bis ein Drittel reduziert werden, wenn die zuvor genannten Grundsätze und Ideen umgesetzt werden würden. Als Folge der daraus resultierenden kürzeren Haltezeit können dann energiesparende Fahrweisen, zeitlich bedingte höhere Reichweiten, als auch eine erhöhte Pünktlichkeit erreicht werden. Insgesamt würde die Fahrgastzufriedenheit positiv beeinflusst und die Betriebssicherheit und Leistungsfähigkeit des Systems Bahn gesteigert werden.

Anhang

Listing 8.1: strukturierte Messdatentextdatei

```
1 <Messdatei Version 2>
2 <dateiname>
3 p7240246_Doppelstock_0557.mdep
4 </dateiname>
5 <datum>
6 20090724
7 </datum>
8 <videodateiname>
9 P7240246.AVI
10 </videodateiname>
11 <framerate>
12 15
13 </framerate>
14 <zugtyp>
15 Doppelstock
16 </zugtyp>
17 <einstiegsvariante>
18 Doppelstockwagon mit WC
19 </einstiegsvariante>
20 <bahnhof>
21 Wien Mitte
22 </bahnhof>
23 <bahnsteignummer>
24 1
25 </bahnsteignummer>
26 <bahnsteigbreite>
27 645
```

```
28 </bahnsteigbreite >
29 <bahnsteighoehe>
30 55
31 </bahnsteighoehe>
32 <referenzzeit >
33 061702
34 </referenzzeit >
35 <geplante ankunftszeit >
36 0557
37 </geplante ankunftszeit >
38 <geplante abfahrtszeit >
39 0558
40 </geplante abfahrtszeit >
41 <Messwerte>
42 242#s#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
43 246#oa#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
44 281#p#x#1#4#m#3#aussteigen#0#x
45 285#oa#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
46 295#p#x#2#4#m#3#einsteigen#1#x
47 336#p#x#3#1#m#3#einsteigen#0#x
48 425#p#x#4#1#w#3#einsteigen#2#x
49 529#p#x#5#1#w#3#aussteigen#2#x
50 550#p#x#6#1#m#3#einsteigen#0#x
51 590#v#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
52 623#ca#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
53 664#ce#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
54 803#a#x#x#x#x#x#aussteigen#x#x
55 </Messwerte>
56 <Anmerkung>
57 Personennummerncodes :
58 s=Halten des Zuges
59 oa:Beginn des Tueroeffnens
60 oe:Ende des Tueroeffnens
61 ca:Beginn des Tuerschliessens
62 ce:Ende des Tuerschliessens
```

63 v: Verriegeln der Tuere
64 a: Abfahrt des Zuges
65 Alter :
66 1: Kind
67 2: Jugendlicher
68 3: Erwachsener
69 4: Pensionist
70 Ein/ Aussteigen :
71 1: Einsteigen
72 2: Aussteigen
73 Gepaeck :
74 0: nichts
75 1: Rucksack
76 2: kleiner Koffer/Tasche/Handtasche
77 3: grosser Koffer/Tasche
78 4: sehr grosser Koffer/Tasche
79 5: Fahrrad
80 6: Kinderwagen
81 Einstiegsverhalten
82 1: hintereinander
83 2: versetzt
84 3: nebeneinander
85 4: Ein- und Aussteigen gleichzeitig
86 </Anmerkung>
87 </Messdatei Version 2>

Literaturverzeichnis

- [1] Harald Jenewein , Energiesparende Fahrweise unter Berücksichtigung der Fahrgastwechselzeit, Diplomarbeit TU-Wien, 2006
- [2] Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hermann Knoflacher, IN SPITE OF 110 YEARS OF LILL'S LAW - 110 YEARS BASIC MISTAKES IN TRANSPORT SCIENCE, COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Žilina 4/99 S.29ff, University of Žilina in EDIS - Publishing Institution of Žilina Universit Registered No: 1989/98 ISSN 1335-4205
- [3] Richtlinie 96/48/EG – Interoperabilität deustranseuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems
- [4] Dipl. Bauing. Ulrich Weidmann, Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr, Dissertation ETH Nr. 10630, Schriftreihe des IVT Nr. 99 Zürich, Mai 1994
- [5] Dr. Ulrich Weidmann, Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit, Schriftreihe des IVT Nr. 106 Zürich, Juni 1995
- [6] Freie Enzyklopädie, www.de.wikipedia.org, "4020", "Talent", Stand April 2010
- [7] <http://schnellbahn-wien.at/allgemein/fahrzeuge.htm>, Stand April 2010
- [8] Fahrgastfreundlicher Talent?, Eisenbahn-Revue Österreich 2008/02 S.102
- [9] <http://www.bombardier.com/> 30.04.2010
- [10] <http://www.oebb.at> 30.04.2010

Literaturverzeichnis

- [11] Stockwagen bei der ÖBB, Eisenbahn-Revue Österreich 1997/02 S.74ff
- [12] Dosto-Probleme, Eisenbahn-Revue Österreich 2004/06 S.278
- [13] Türsteuerungen/Schliesseinrichtungen, ZSB 19 (Tfzf-Heft Betrieb, Pkte. 45,62)
- [14] Heinz, W.; Passenger service times on train - Theory, measurments and models, Licentiate Thesis of KTH - Stockholm, 2003
- [15] Österreichische Bundesbahnen, Signalvorschriften V2, Ausgabe 1996
- [16] Österreichische Bundesbahnen, Betriebsvorschriften V3, Ausgabe 1997
- [17] Österreichische Bundesbahnen, Türsteuerungen/Schliesseinrichtungen ZSB 19, Tfzf-Heft Betrieb, Pkte. 45,62, 14.12.2008 V1.00
- [18] auf Anfrage ÖBB-Infrastruktur AG
- [19] Freie Enzyklopädie, www.de.wikipedia.org
- [20] I.N. Bronstein, K.A. Semendjaev, et al, Taschenbuch der Mathematik für Ingenieure und Studenten unver. Nachdruck der 5. Auflage, Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main, 2001
- [21] A. Kühnel, VB.NET Objektorientiertes Programieren in VB / Einstieg in die .NET-Klassenbibliothek, Galileo Press GmbH, Bonn 2002
- [22] N. Nicol, R. Albrecht, Microsoft Access 2000 - Das Handbuch, Microsoft Press Deutschland, Unterschleißheim 1999
- [23] MSDN - Das Microsoft Developer Network, <http://msdn.microsoft.com/de-de/default.aspx>, Stand 2009-2010
- [24] G. Matthiessen, M. Unterstein, Relationale Datenbanken und SQL - Konzepte der Entwicklung und Anwendung, Addison-Wesley Verlag, München 2000
- [25] http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/gesundheitszustand/lebenserwartung_in_gesundheit/index.html
Stand Mai 2010

Literaturverzeichnis

- [26] Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz, BGBl. I Nr. 82/2005
CELEX-Nr. 32000L0078, Stand 2005, sowie Änderung BGBl. I Nr.
67/2008 CELEX-Nr.: 32004L0113, Stand 2008
- [27] Arch. Dipl.-Ing Dr. techn. Christof Riccabona, Baukonstruktionslehre
2 - Stiegen Dächer Fenster Türen, Manz Verlags- u. Universitätsbuch-
handlung, Wien 1994
- [28] Doris Tuna, Fahrgastwechselzeit im Personenfernverkehr, Diplomar-
beit TU-Wien, 2008
- [29] ÖBB-Infrastruktur-Bau AG, Umbau Bahnhof Wien Mitte, Prod.Nr.:
3173258, Stand Mai 2008
- [30] Fotografie - Wehr Werner 2010
- [31] Zeichnungen und Skizzen - Wehr Werner 2010
- [32] Begriffserklärung siehe: [http://de.wikipedia.org/wiki/Entity-
Relationship-Diagramm](http://de.wikipedia.org/wiki/Entity-Relationship-Diagramm)
- [33] Grafische Darstellung der eigenentwickelten Datenbank, Wehr Werner
2010
- [34] Programminterface des Auswerteprogrammes, Wehr Werner 2010
- [35] Eigenerhebungen in den Jahren 2008 und 2009, Wehr Werner

Tabellenverzeichnis

3.1	technische Daten Baureihe 4020 [6]	17
3.2	technische Daten Baureihe 4024 [6]	20
3.3	technische Daten - Doppelstockwagen [11] u. [10]	23
4.1	Registrierte Informationen zu den einzelnen Fahrgästen	28
4.2	Aufschlüsselung des Messdatenumfanges [35]	32
5.1	Mittelwerte der Haltezeitanteile der einzelnen Zugtypen in Sekunden [35]	35
5.2	statistische Werte der Zeit Zugstopp bis Beginn des Türöffnens [35]	37
5.3	Mittelwerte in Bezug auf das Türöffnen, Türschließen und den ersten Fahrgastwechsel [35]	41
7.1	Abfertigungsprozedur des aus Doppelstockwagen bestehenden Zuges bei Schließen aller Türen durch den Triebfahrzeugführer [17]	75
7.2	Abfertigungsprozedur des Triebzuges der Reihe 4020 [17]	78
7.3	Abfertigungsprozedur des Triebzuges der Reihe 4024 - Talent [17]	80
7.4	Statistische Daten der Zeiten zwischen dem letzten Fahrgastwechsel an der betrachteten Türe und der Rücknahme der Türfreigabe [35]	83
7.5	Statistische Daten der Zeiten zwischen der Rücknahme der Türfreigabe und der Abfahrt des Zuges [35]	86

Abbildungsverzeichnis

2.1	aufgegliederter Haltezeitprozess (in Anlehnung an [4])	14
3.1	Bahnsteig 1 - Bahnhof Landstraße - Wien Mitte [30]	15
3.2	Bahnsteig 2 - Bahnhof Floridsdorf [30]	16
3.3	Baureihe 4020 in der Station Praterstern [30]	18
3.4	Typenskizze Baureihe 4020 [18]	18
3.5	Baureihe 4024 - Talent am ehemaligen Wiener Ostbahnhof [30]	20
3.6	Typenskizze Baureihe 4023/4024 - Talent entnommen [9]	21
3.7	Typenskizze Talent - Baureihe 4024 - Talent [18]	21
3.8	Doppelstockwagen - entnommen [10]	23
3.9	Typenskizze Doppelstockwagen - Bmpz-dl 26-33 [18]	24
3.10	Typenskizze Doppelstocksteuerwagen - Bmpz-dl 86-33 [18]	24
4.1	Messkonfiguration [31]	27
4.2	Darstellung der Messereignisse in roter Farbe (in Anlehnung an [4])	29
4.3	Entity Relationship Diagramm der Messdatenbank [33]	31
4.4	Interface des Auswerteprogrammes [34]	31
4.5	Anteile der Zugtypen an den Messdaten [35]	33
5.1	absolute Haltezeitanteile der unterschiedlichen Zugtypen [35]	35
5.2	Dauer zwischen dem Zugstopp und dem Beginn des Türöffnens [35]	37
5.3	Dauer des eigentlichen Türöffnens [35]	38
5.4	Dauer zwischen dem Beginn des Türöffnens und dem ersten Fahrgastwechsel [35]	39
5.5	Verhalten der ersten Fahrgäste [31]	40
5.6	Dauer des Türschließens [35]	41
6.1	Verlauf der Fußgängergeschwindigkeit in Abhängigkeit des Lebensalters [4]	44

Abbildungsverzeichnis

6.2	relative Altersverteilung der Fahrgäste [35]	45
6.3	relative Gepäckverteilung der Fahrgäste [35]	46
6.4	Eigenmessung der Stufenausmaße im Einstiegsbereich Reihe 4020 [31] . .	49
6.5	Auswirkung auf das Fahrgastverhalten bei einem Spalt [14]	51
6.6	Verhaltensverteilung der Fahrgäste bei den einzelnen Einstiegstypen . . .	52
6.7	Ausweichen auf die freie Spur beim Einstieg des Zugtyps Reihe 4020 [31]	54
6.8	Ausbildung einer trichterförmigen Gasse [31]	54
6.9	Fahrgastverteilung auf dem Bahnsteig (in Anlehnung [14])	57
6.10	Schematische Darstellung des Bahnhofs Landstraße - Wien Mitte (entnommen [29])	58
6.11	Wirkungsgrad des Türsystems in Funktion der Türzahl und Türbreite (entnommen [5])	60
6.12	Änderung der Einstiegszeit der einzelnen Person über das Fortschreiten des Fahrgastwechsels wobei nur die max. ersten 14 Fahrgäste berücksichtigt sind [35]	63
6.13	Einstiegszeit in Abhängigkeit des Gepäcks von Jugendlichen und Erwachsenen [35]	65
6.14	Ausstiegszeit in Abhängigkeit des Gepäcks von Jugendlichen und Erwachsenen [35]	66
6.15	Einstiegszeit in Abhängigkeit des Alters der Gepäckgruppen kein Gepäck, Rucksack und kleine Tasche/Handtasche [35]	68
6.16	Ausstiegszeit in Abhängigkeit des Alters der Gepäckgruppen kein Gepäck, Rucksack und kleine Tasche/Handtasche [35]	69
6.17	Einstiegszeiten von Fahrgastkollektiven ab dem ersten Fahrgast ohne Einschränkung in Bezug auf Alter und Gepäck [35]	71
7.1	Handsignal -FERTIG- bei Abfertigung eines Zuges mit Doppelstockwagen [30]	76
7.2	Beobachten des Fahrgastwechsels vom Dienstabteil bei den Zügen der Reihe 4020 [30]	77
7.3	Dauer zwischen letztem Fahrgast an der Einzeltüre und der Rücknahme der Türfreigabe [35]	82
7.4	Dauer zwischen der Fertigmeldung und der Abfahrt des Zuges [35]	85
8.1	Mittlere prozentuelle Haltezeitverteilung aller gemessenen Züge [35] . . .	87