

Berechnung und Optimierung der Haltezeit Porta Alpina Sedrun

Stefan Buchmüller
Prof. Dr. Ulrich Weidmann

Interne Projektnummer: C-06-06

Final Draft
März 2007

Berechnung und Optimierung der Haltezeit Porta Alpina Sedrun

S. Buchmüller
buchmueller@ivt.baug.ethz.ch

Prof. Dr. U. Weidmann
weidmann@ivt.baug.ethz.ch

ETH Zürich
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Lehrstuhl für Verkehrssysteme

Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich

März 2007

Schlagworte

Porta Alpina Sedrun, Nothaltestelle, Haltestelle, Gotthard-Basistunnel, Haltevorgang, Halteprozess, Fahrgastwechsel

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Inhalt dieser Expertise	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Auftrag	2
1.3	Abgrenzungen	2
1.4	Definition der Haltezeit.....	3
1.5	Vorgehen	3
2	Randbedingungen für den Referenzzustand	4
2.1	Rollmaterial.....	4
2.2	Haltestellen der Porta Alpina Sedrun	4
2.3	Fahrgäste.....	8
2.4	Betriebliche Randbedingungen	9
3	Lastfälle für den Haltevorgang an der Porta Alpina	10
4	Berechnung der Haltezeit im Referenzzustand	12
4.1	Prozessanalyse	12
4.2	Prozesszeiten des Haltevorgangs	15
4.3	Berechnung der Haltezeiten.....	20
4.4	Haltezeiten für den Referenzzustand der Porta Alpina.....	24
4.5	Häufigkeit der Ueberschreitung der vorgegebenen Haltedauer	26
4.6	Optimierungsmassnahmen zur Reduktion der Haltezeit.....	26
5	Quellen	35

Abkürzungen

AHVZ	Abend-Hauptverkehrszeit
EW IV	Einheitswagen IV der SBB (vgl. Anhang A 1)
GBT:	Gotthard-Basistunnel
HVZ	Hauptverkehrszeit
MHVZ	Morgen-Hauptverkehrszeit
NVZ	Nebenverkehrszeit
PAS:	Porta Alpina Sedrun
SBB:	Schweizerische Bundesbahnen
WHN	Wartehallen (1 und 2) an der Haltestelle Nord
WHS	Wartehallen (1 und 2) an der Haltestelle Süd

1 Auftrag und Inhalt dieser Expertise

1.1 Ausgangslage

Für den Bau des Gotthardbasistunnels (GBT) wurde im Raum Sedrun ein Zwischenangriffsschacht erstellt. Im Basistunnel befinden sich an dieser Stelle eine Nothaltestelle und ein doppelter Gleiswechsel. Mit der Porta Alpina wird diese Nothaltestelle für den permanenten Betrieb aufgerüstet.

Die Porta Alpina besteht aus einer Haltestelle Nord an der Oströhre des GBT für die Züge in Fahrtrichtung Süden, und einer Haltestelle Süd an der Weströhre für die Züge in Richtung Norden. Angrenzend an die Haltestellen sind jeweils 2 Wartehallen angeordnet, die den Fahr­gästen als Warteraum und als Perronzugang dienen.

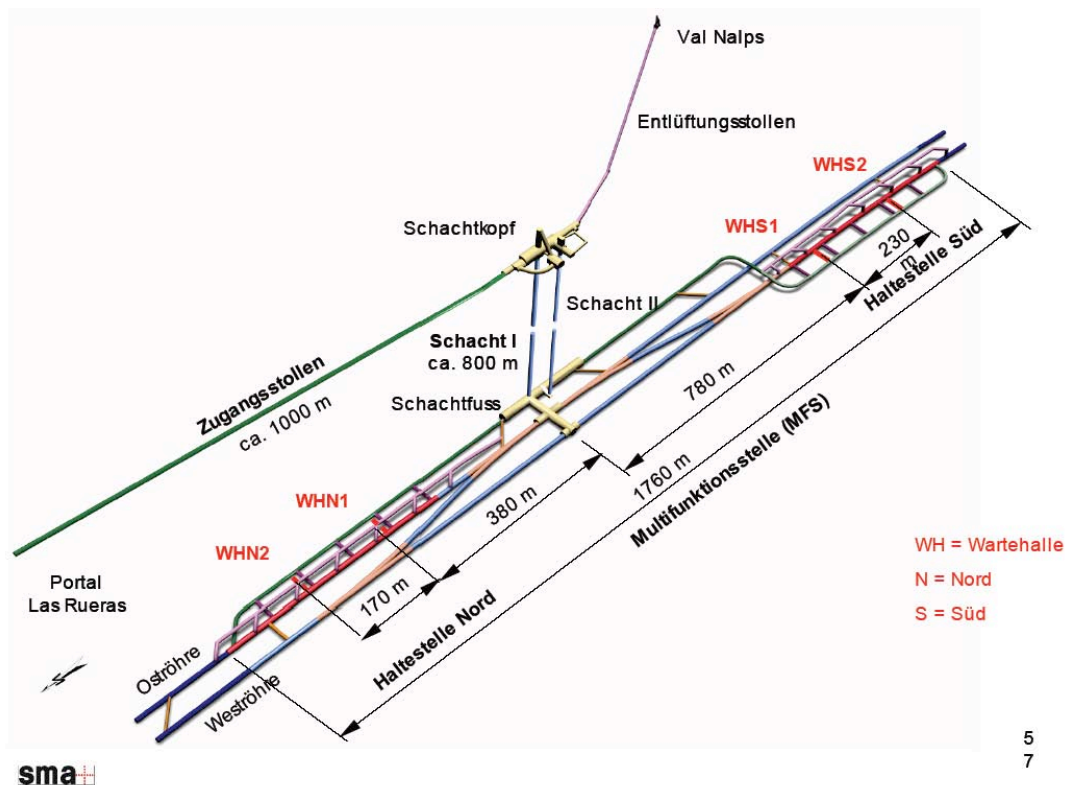


Abbildung 1 Haltestelle Nord und Süd der Porta Alpina mit angrenzenden Wartehallen und Stollensystem (Quelle:[1])

Zur Bedienung der Porta Alpina Sedrun ist ein stündlicher Halt eines B-Zuges in beiden Richtungen vorgesehen. Der B-Zug hat die Fahrpläne gemäss folgendem Betriebskonzept.

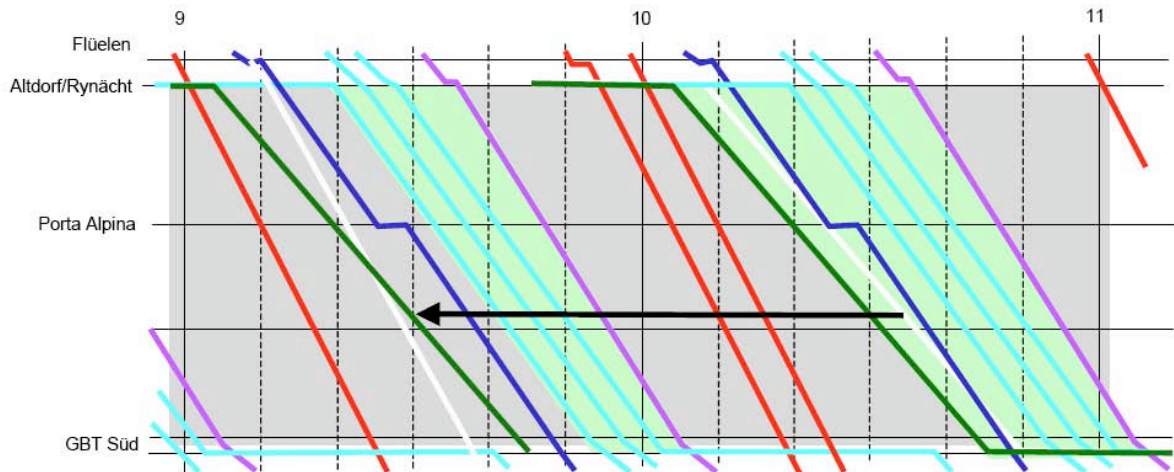


Abbildung 2 Betriebskonzept GBT mit stündlichem Halt eines B-Zuges an der Porta Alpina Sedrun; Richtung Nord – Süd (entgegengesetzte Richtung analog; Quelle: [1])

In diesem Betriebskonzept ist für den Halt des B-Zuges an der Porta Alpina eine Haltezeit von 2 Minuten eingeplant.

1.2 Auftrag

Im Rahmen dieser Expertise ist zu überprüfen, ob unter den gegebenen Randbedingungen eine maximale Haltezeit an der Porta Alpina von 2 Minuten eingehalten werden kann und falls nicht, wie häufig diese Haltezeitvorgabe überschritten würde.

In letzterem Fall sind Massnahmen zur Optimierung des Haltevorganges auszuarbeiten und die daraus resultierenden Haltezeitreduktionen zu quantifizieren.

1.3 Abgrenzungen

In dieser Expertise werden nur die Haltevorgänge der Züge an der Porta Alpina betrachtet. Dies umfasst die betrieblichen Vorgänge eines Zugshaltes und die Personenströme an den Haltestellen der Porta Alpina.

1.4 Definition der Haltezeit

Die Haltezeit umfasst per Definition die Zeitdauer zwischen Anhalte- und Anfahrdruck des Zuges an einer Haltestelle.

1.5 Vorgehen

Zur Beantwortung der Fragestellung wird folgendermassen vorgegangen:

- In **Kapitel 2** werden die Randbedingungen für den Referenzzustand festgehalten. Dies umfasst die Bereiche der Haltestelleninfrastruktur, des Rollmaterials, der Fahrgäste und der betrieblichen Randbedingungen an der Porta Alpina.
- Im nächsten Schritt werden Lastfälle definiert. Diese umfassen die Fahrgastzahlen und die Fahrgastzusammensetzung für die beiden Haltestellen und die verschiedenen Verkehrszeiten (**Kapitel 3**).
- Die Berechnung der Haltezeit erfolgt auf der Basis einer Prozessanalyse des Halte- und Umsteigevorganges an der Porta Alpina. Darauf aufbauend werden die Prozesszeiten der einzelnen Prozesse bestimmt und die Haltezeiten berechnet (**Kapitel 4**).
- In **Kapitel 5** werden Massnahmen zur Optimierung des Halteprozesses untersucht. Für den optimierten Zustand werden anschliessend die gegenüber dem Referenzzustand erreichbaren Haltezeitreduktionen abgeschätzt.
- Die aus den Resultaten abgeleiteten Folgerungen sind in **Kapitel 6** aufgeführt.

2 Randbedingungen für den Referenzzustand

Für die Berechnung der Haltezeiten an der Porta Alpina sind die Randbedingungen und die relevanten Parameter des Referenzzustandes zu definieren. Dies wird in den folgenden Abschnitten für diese Bereiche vorgenommen:

- Rollmaterial
- Haltestelleninfrastruktur
- Fahrgäste
- Betriebliche Randbedingungen

2.1 Rollmaterial

Für die Bedienung der Haltestellen der Porta Alpina Sedrun wird ein lokbespannter Zug mit Einheitswagen IV der SBB zugrundegelegt. Die Zugskomposition besteht aus Reisezugwagen EW IV der SBB, einem Steuerwagen EW IV Bt und einer Lokomotive der Baureihe Re 460. Dieses Rollmaterial kann als Pendelzug eingesetzt werden, ist druckertüchtigt, für Geschwindigkeiten von 200 km/h ausgelegt und somit tauglich für den Gotthardbasistunnel.

Die Zuglänge kann durch eine entsprechende Wagenzahl variabel gestaltet werden. In dieser Studie wird – bezüglich der Länge der Abgangswege der Fahrgäste als ungünstigster Fall – mit einem Langzug mit 14 Wagen (davon 1 Bt) mit einer Länge von 388.10 m gerechnet.

Das Layout der EW IV (Wagen A, B und Bt) ist in Anhang A 1 abgebildet.

2.2 Haltestellen der Porta Alpina Sedrun

Die Porta Alpina Sedrun umfasst 2 Haltestellen (je eine pro Fahrtrichtung):

- Haltestelle Nord in der Oströhre für die Züge in Richtung Süden
- Haltestelle Süd in der Weströhre für die Züge in Richtung Norden

Beide Haltestellen sind mit einem Perron von 450 m Länge und 2.44 m nutzbarer Breite ausgerüstet. Die Perronhöhe beträgt 55 cm über Schienenoberkante. Der Querschnitt ist in folgender Abbildung dargestellt.

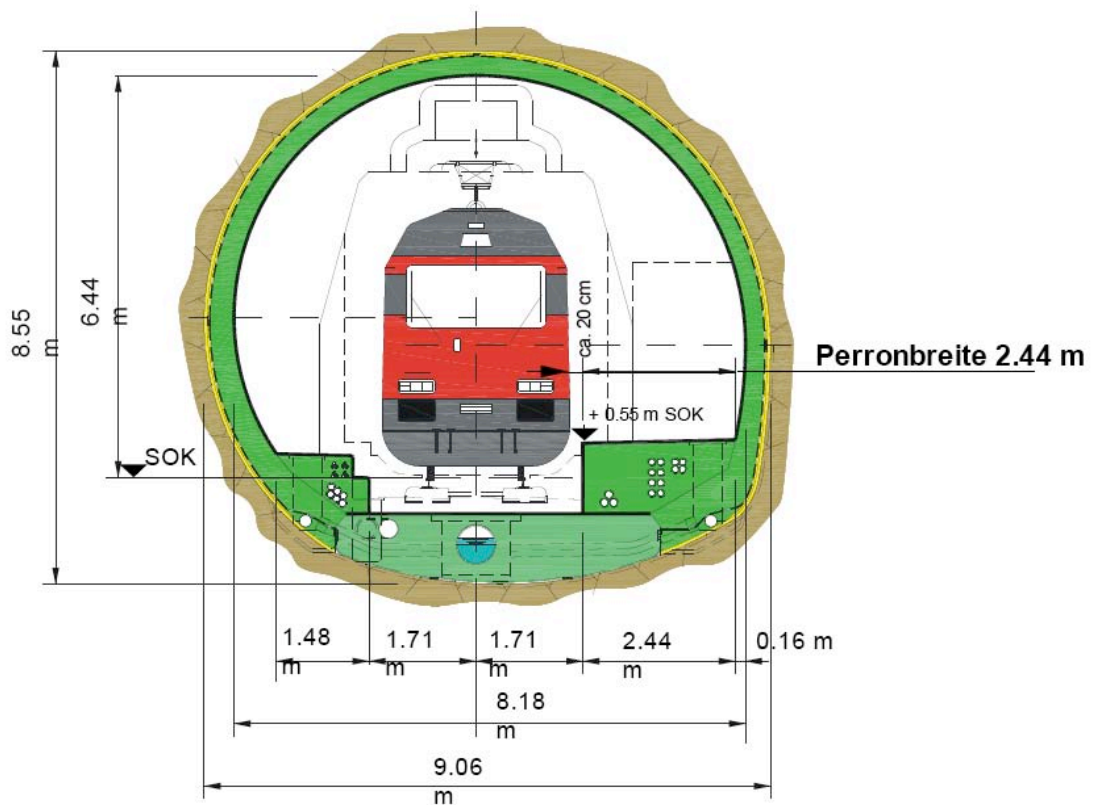


Abbildung 3 Querschnitt durch eine Haltestelle der Porta Alpina Sedrun (Quelle: [1])

Entlang der Perrons der beiden Haltestellen sind jeweils an 2 Stellen Wartehallen angegliedert. Die Position der Wartehallen ist bei den beiden Haltestellen nicht identisch und kann den folgenden Abbildungen und Tabelle 1 entnommen werden.

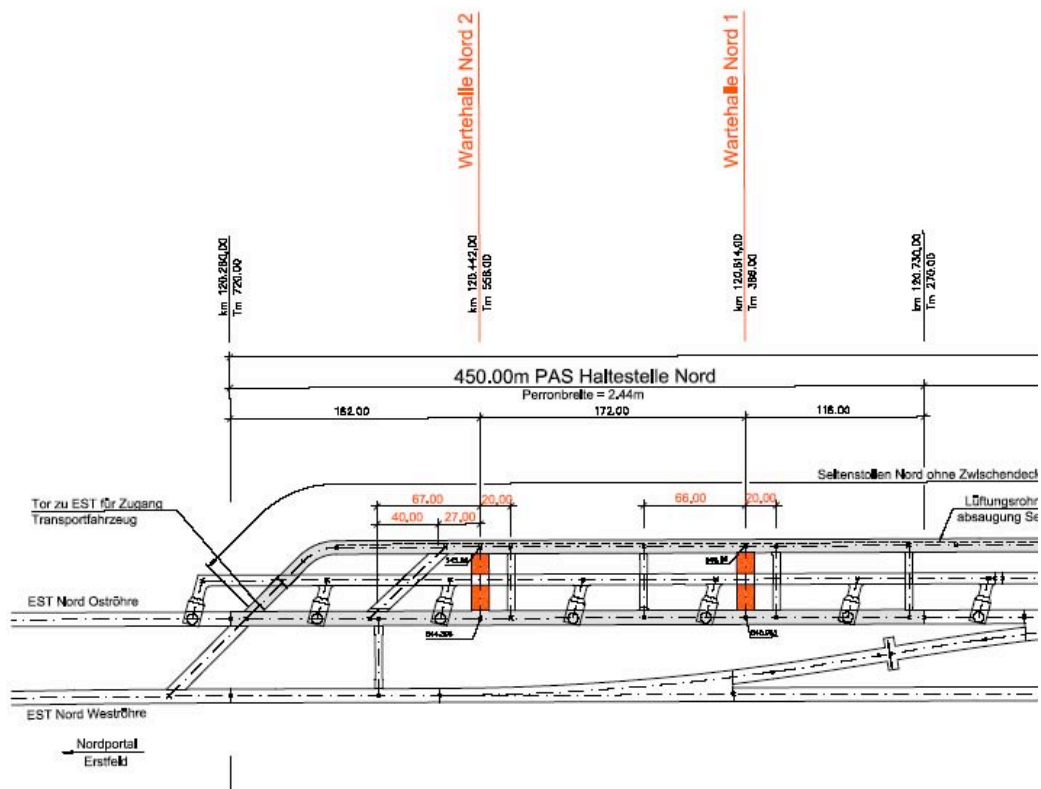


Abbildung 4 Haltestelle Nord der Porta Alpina Sedrun (Situation; Quelle: [4])

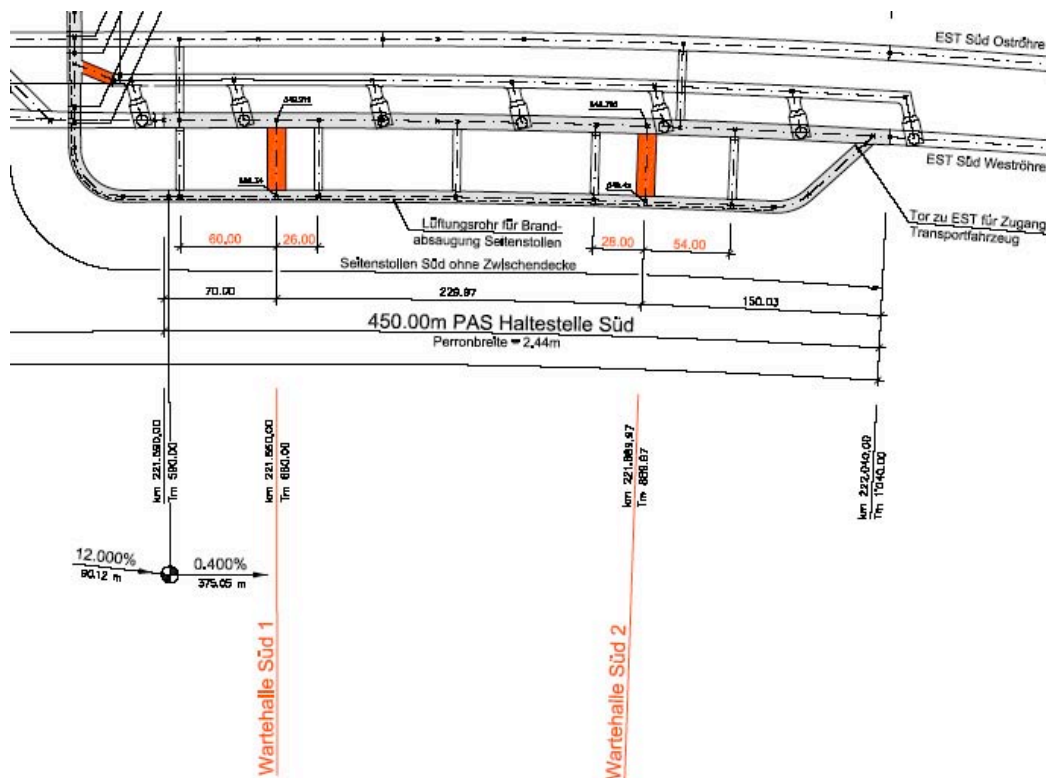


Abbildung 5 Haltestelle Süd der Porta Alpina Sedrun (Situation; Quelle: [4])

2.3 Fahrgäste

Die Porta Alpina wird durch die folgenden Personengruppen mit den entsprechenden Eigenschaften benutzt werden:

- Pendler

In den Spitzenstunden an Werktagen werden voraussichtlich vor allem Pendler die Porta Alpina als schnelle Verbindung zwischen der Surselva und dem Mittelland / Zentralschweiz / Italien benutzen. Diese Personen führen nur wenig Gepäck mit sich und sind grösstenteils gut zu Fuss. Es werden für die Fortbewegung innerhalb der Porta Alpina die folgenden Gehgeschwindigkeiten zugrundegelegt:

	Gehgeschwindigkeit
	[m/s]
V _{20%}	0.95
V _{50%}	1.49
V _{80%}	1.83

Tabelle 2 Gehgeschwindigkeiten für die Personengruppe „Pendler“

- Touristen

In den Spitzenstunden an den Wochenenden werden voraussichtlich vor allem Tagestouristen oder länger anwesende Feriengäste die Porta Alpina benutzen. Ein Grossteil dieser Personen führt mehr als ein Gepäckstück mit sich. Es ist auch mit älteren Personen zu rechnen. Demzufolge wird für die Touristen eine gegenüber der Durchschnittsbevölkerung um 10% verminderte Gehgeschwindigkeit angenommen.

	Gehgeschwindigkeiten (Durchschnitt Bevölkerung)	Gehgeschwindigkeiten Touristen (Personen mit Gepäck oder ältere Personen)
	[m/s]	[m/s]
V _{20%}	0.85	0.77
V _{50%}	1.34	1.20
V _{80%}	1.65	1.49

Tabelle 3 Gehgeschwindigkeiten für die Personengruppe „Touristen“

2.4 Betriebliche Randbedingungen

Für den Haltevorgang gelten die folgenden betrieblichen Einschränkungen resp. werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Einsteiger befinden sich bei Zugseinfahrt in der Warthalle 1 und halten sich für den Einstieg bereit. Die Warthalle 2 ist leer.
- Der Zug hält am vorgegebenen Haltepunkt. Der Haltepunkt wurde bezüglich der Weglängen der Fahrgäste optimiert.
- Die Türen der Wartehallen öffnen sich erst, wenn der Zug zum Stillstand gekommen ist. Dasselbe gilt für die Türen des Zuges.
- Die einsteigenden Fahrgäste gehen von Warthalle 1 zu den nächstgelegenen Fahrzeugtüren. Die aussteigenden Fahrgäste verlassen den Perron durch die nächstgelegene Tür zu Warthalle 1 oder 2.
- Nachdem nach Abschluss des Fahrgastwechsels alle Personen den Perron verlassen haben, schliesst der PAS-Mitarbeiter die Türen zu den Wartehallen und erteilt die Bestätigung „Perron frei und Wartehallen geschlossen“.
- Danach kann der Zug durch das Zugpersonal abfertigt werden.

3 Lastfälle für den Haltevorgang an der Porta Alpina

Gemäss den vorgenommenen Nachfrageabschätzungen ([1],[8]) ist an den Haltestellen der Porta Alpina Sedrun mit folgenden massgebenden Spitzenbelastungen zu rechnen:

- Spitzenstunde an Werktagen:

In Hauptrichtung: 120 – 180 Personen, hauptsächlich Pendler:

Von/nach Norden: 85 – 125 Personen

Von/nach Süden: 35 – 55 Personen

In Gegenrichtung: nur vereinzelte Fahrgäste

- Spitzenstunde am Wochenende

In Hauptrichtung: 200 – 260 Personen, hauptsächlich an- und abreisende Tagestouristen oder Feriengäste:

Von/nach Norden: 140 – 180 Personen

Von/nach Süden: 60 – 80 Personen

In Gegenrichtung: nur vereinzelte Fahrgäste

Anhand dieser maximalen Nachfragewerte werden die Lastfälle für die Haltestellen der Porta Alpina abgeleitet. Dabei wird zwischen der Pendlernachfrage an Wochentagen und der Touristennachfrage an Wochenenden unterschieden. Die Lastfälle für die Werktage sind in Tabelle 4 aufgeführt, diejenigen für das Wochenende in Tabelle 5.

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	55 Einsteiger < 10 Aussteiger	125 Einsteiger < 10 Aussteiger
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	28 Einsteiger < 10 Aussteiger	63 Einsteiger < 10 Aussteiger
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	15 Einsteiger 34 Aussteiger	34 Einsteiger 15 Aussteiger
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	< 10 Einsteiger 125 Aussteiger	< 10 Einsteiger 55 Aussteiger
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	< 10 Einsteiger 63 Aussteiger	< 10 Einsteiger 28 Aussteiger

Tabelle 4 Lastfälle für den Halt an der Porta Alpina an Werktagen

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	< 10 Einsteiger 180 Aussteiger	< 10 Einsteiger 80 Aussteiger
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	< 10 Einsteiger 90 Aussteiger	< 10 Einsteiger 40 Aussteiger
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	22 Einsteiger 49 Aussteiger	49 Einsteiger 22 Aussteiger
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	80 Einsteiger < 10 Aussteiger	180 Einsteiger < 10 Aussteiger
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	40 Einsteiger < 10 Aussteiger	90 Einsteiger < 10 Aussteiger

Tabelle 5 Lastfälle für den Halt an der Porta Alpina an Wochenenden

4 Berechnung der Haltezeiten für den Referenzzustand

4.1 Prozessanalyse

Der Haltezeit umfasst die Zeitdauer für die Vorgänge zwischen Anhalte- und Abfahrruck des Zuges. Zur Erfassung dieser Vorgänge und deren Abhängigkeiten wurde nachfolgende Prozessanalyse durchgeführt. Sie bildet die Basis für die Berechnungen der Haltezeit.

Nach dem Anhalteruck folgen die Umsteigevorgänge der einzelnen Ein- und Aussteiger, dargestellt in getrennten Prozessketten. Nach deren Abschluss muss das Perron gemäss den betrieblichen Randbedingungen leer sein, bevor der Zug abgefertigt werden kann und sich mit dem Anfahruck in Bewegung setzt.

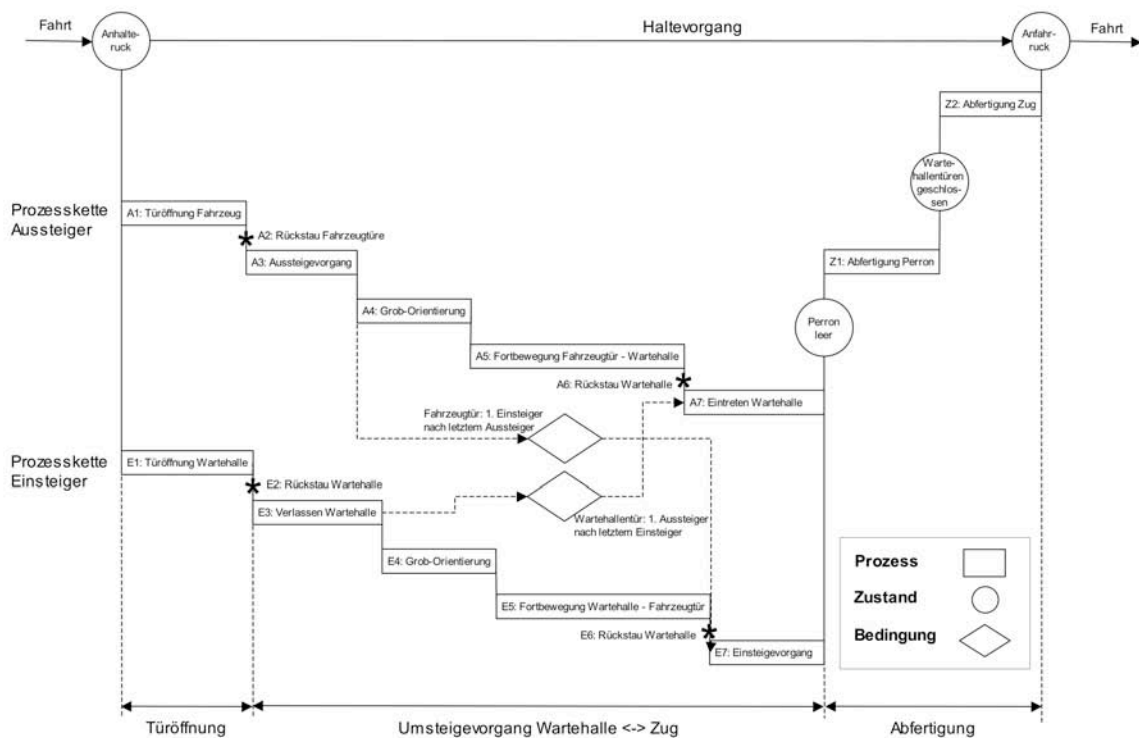


Abbildung 7 Prozessdarstellung des Haltevorgangs an der Porta Alpina

In nachfolgenden Tabellen sind die Prozesse, wo gegeben mit Teilprozessen und den zusätzlichen Abhängigkeiten als Bedingungen aufgeführt:

Prozess		Teilprozesse/Bedingungen
A1	Türöffnung Fahrzeug	Teilprozesse: - Türfreigabe durch den Lokführer - Öffnungsanforderung durch Fahrgäste - Türöffnungsvorgang
A2	Wartezeit an Fahrzeugtüre	Warten, bis vorangehende Fahrgäste ausgestiegen sind.
A3	Aussteigevorgang	Fahrgast steigt aus
A4	Grob-Orientierung auf dem Perron	Fahrgast orientiert sich nach nächstgelegener Wartehalle
A5	Fortbewegung Fahrzeugtüre – Wartehalle	Fussweg Fahrzeugtüre - nächstgelegene Wartehalle
A6	Wartezeit an Wartehallentür	Warten, bis vorangehende Fahrgäste eingetreten sind Bedingung: Erster Aussteiger kann frühestens nach letztem Einsteiger passieren
A7	Eintreten in Wartehalle	Fahrgast tritt in Wartehalle ein

Tabelle 6 Prozesskette der Aussteiger an der Porta Alpina

Prozess		Teilprozesse/Bedingungen
E1	Türöffnung Wartehalle	Teilprozesse: - Türfreigabe durch den PAS-Mitarbeiter - Türöffnungsvorgang
E2	Wartezeit an Wartehallentür	Warten, bis vorangehende Fahrgäste eingetreten sind.
E3	Verlassen der Wartehalle	Fahrgast betritt das Perron
E4	Grob-Orientierung auf dem Perron	Fahrgast orientiert sich nach Fahrzeugtüre nahe zum gewünschten Abteil
E5	Fortbewegung Wartehalle - Fahrzeugtüre	Fussweg Wartehalle 1 - gewählte Fahrzeugtüre
E6	Wartezeit an Fahrzeugtür	Warten, bis vorangehende Fahrgäste eingestiegen sind. Bedingung: Erster Einsteiger kann frühestens nach letztem Aussteiger passieren
E7	Einsteigevorgang	Fahrgast steigt ein.

Tabelle 7 Prozesskette der Einsteiger an der Porta Alpina

Prozess		Teilprozesse/Bedingungen
Z1	Abfertigung Perron	Teilprozesse: <ul style="list-style-type: none"> - PAS-Mitarbeiter kontrolliert, ob das Perron leer ist - Tritt in die Wartehalle ein - Schliesst die Wartehallentüren - Gibt die Bestätigung „Perron frei und Wartehallen geschlossen“
Z2	Abfertigung Zug	Abfertigungsprozess eines begleiteten Zuges durch das Zugpersonal

Tabelle 8 Prozesskette für die Zugsabfertigung an der Porta Alpina

Die Prozesse A2, A6, E2 und E6 beschreiben den Wartevorgang an den Engpässen, welche den Personenfluss limitieren. Dies sind die Türquerschnitte an den Fahrzeugen und an den Wartehallen. Die Erfassung dieser Prozesse geschieht in der Prozessanalyse, indem jeweils der erste und der letzte Fahrgast betrachtet werden. Die übrigen Prozesse (A_x und E_x) beschreiben Vorgänge, welche jeder Fahrgast sequentiell zu bewältigen hat. Nachdem alle Fahrgäste die Einsteiger- (E_x) oder Aussteigerprozesse (A_x) durchlaufen haben und das Perron leer ist, kann die Zugsabfertigung durchgeführt werden (Prozesse Z_x).

In der Prozessanalyse nicht berücksichtigt ist das Auftreten von Behinderungen durch entgegengerichtete Personenströme im Perronbereich. Bei den definierten Lastfällen für die Spitzenstunden wird mit einem ausgeprägten Richtungsverkehr gerechnet, sodass Behinderungen im Perronbereich minimal sein dürften resp. nicht zu einer Verlängerung der Haltezeit führen werden. Für weitere, in dieser Expertise nicht betrachtete Fälle mit einem stärkeren Personenstrom entgegen der Hauptrichtung muss durchaus mit einer verlängerten Haltezeit gerechnet werden.

4.2 Prozesszeiten des Haltevorgangs

4.2.1 Türöffnung

Der Prozess A1 umfasst den Türöffnungsvorgang an den Fahrzeugtüren, d.h. die Zeitdauer vom Anhalteruck bis zur vollständigen Oeffnung der Fahrzeugtüren. Nach dem Anhalteruck erfolgt die Freigabe der Türen durch den Lokführer. Danach ist die Oeffnung der einzelnen Fahrzeugtüre durch die Fahrgäste über Drucktasten oder den Türgriff anzufordern. Bei den Fahrzeugtüren der EW IV handelt es sich um eine einflügelige, automatische Schiebetüren.

Der Prozess E1 umfasst den Türöffnungsvorgang an den Wartehallentüren, d.h. die Zeitdauer vom Anhalteruck des Zuges bis zur vollständigen Oeffnung der Wartehallentür. Nach dem Anhalteruck erfolgt die Freigabe der Wartehallentüren, die sich dann unmittelbar und automatisch öffnen. An den Durchgängen von den Perrons zu den Wartehallen sind zwei Türen vorhanden (vgl. Abschnitt 2.2). Es wird angenommen, dass die Prozesszeit der einflügeligen, perronseitigen Tür massgebend wird.

Teilprozess	Prozess A1: Fahrzeugtüre	Prozess E1: Wartehallentür
	[s]	[s]
Türfreigabe	1.0 - Freigabe durch Lokführer	1.0 - Freigabe durch PAS-Mitarbeiter
Türöffnung	5.0 - Anforderung durch Fahrgäste - Türöffnungsvorgang	3.5 - Türöffnungsvorgang

Tabelle 9 Prozesszeiten für die Prozess A1 und E1 (Türöffnungsvorgänge inkl. Reaktionszeiten)

4.2.2 Ein- und Aussteigevorgang

Für den Ein- und Aussteigevorgang des einzelnen Fahrgastes zwischen Wagenplattform und dem Perron werden 4 Sekunden angesetzt (Horizontaldistanz: 4 Meter; davon 1 Meter im Stufenbereich).

4.2.3 Personenfluss an den Fahrzeugtüren

Der Personenfluss an den Fahrzeugtüren ist abhängig von der Gestaltung des Einstieges (Türbreite und Niveauunterschied), von der Fahrgastwechselzahl sowie dem Aussteigeranteil an der jeweiligen Türe. Die daraus resultierenden Fahrgastwechselzeiten wurden nach [9] berechnet und sind in Tabelle 10 und Tabelle 11 aufgeführt.

Fahrgastwechselzahl pro Türe	Leistungsfähigkeit		Fahrgastwechselzeit	
	0% Aussteiger	100% Aussteiger	0% Aussteiger	100% Aussteiger
[P]	[P/s]	[P/s]	[s]	[s]
1	0.39	0.45	2.5	2.2
10	0.58	0.66	17.4	15.1
20	0.65	0.74	31.0	26.9
30	0.69	0.79	43.4	37.7
40	0.72	0.83	55.2	48.0
50	0.75	0.86	66.5	57.8
60	0.77	0.89	77.5	67.3
70	0.79	0.91	88.1	76.6

Tabelle 10 Leistungsfähigkeit der Einstiege des EW IV und daraus resultierende Fahrgastwechselzeiten für die Personengruppe „Pendler“

Fahrgastwechselzahl pro Türe	Leistungsfähigkeit		Fahrgastwechselzeit	
	0% Aussteiger	100% Aussteiger	0% Aussteiger	100% Aussteiger
[P]	[P/s]	[P/s]	[s]	[s]
1	0.35	0.41	2.8	2.4
10	0.52	0.60	19.3	16.7
20	0.58	0.67	34.4	29.9
30	0.62	0.72	48.2	41.9
40	0.65	0.75	61.3	53.3
50	0.68	0.78	73.8	64.2
60	0.70	0.80	86.0	74.7
70	0.72	0.82	97.8	85.0
80	0.73	0.84	109.3	95.0
90	0.75	0.86	120.6	104.8

Tabelle 11 Leistungsfähigkeit der Einstiege des EW IV und daraus resultierende Fahrgastwechselzeiten für die Personengruppe „Touristen“

4.2.4 Massgebende Fahrgastwechsel- und Gehwegzeiten

Zur Berechnung der Haltezeiten sind für die verschiedenen Lastfälle Annahmen zu den Fahrgastverteilungen zu treffen. Anhand der Fahrgastverteilung werden die Fahrgastwechselzeiten und die Gehzeiten zur Wartehalle für jede der Fahrzeugtüren berechnet. Der Maximalwert der Summe aus diesen beiden Prozesszeiten wird massgebend für die Haltezeit des entsprechenden Lastfalles.

Die Gehzeit ergibt sich einerseits aus der Distanz zwischen der Fahrzeugtüre und der nächstgelegenen Wartehallentür (vgl. Anhang A 2) und andererseits aus der Gehgeschwindigkeit der Personen des jeweiligen Lastfalles. Für die Berechnung wird die mittlere Gehgeschwindigkeit der entsprechenden Personengruppe angesetzt (vgl. Abschnitt 2.3).

Die Fahrgastwechselzeit ist für jede Fahrzeugtüre und jeden Fahrgastwechsel separat zu berechnen (vgl. Abschnitt 4.2.3).

Die hinterlegten Annahmen zu den Fahrgastverteilungen für die verschiedenen Lastfälle sind in den folgenden Abschnitten erläutert. Die detaillierten Berechnungen sind in Anhang A 3 zu finden.

- Lastfälle HVZ mit grossen Einsteigerzahlen

Diese Lastfälle treten während der Morgenspitze an Werktagen (Wegfahrt der Pendler aus der Surselva; Lastfälle 1 und 2) und während der Abendspitze an Wochenenden (Rückreise der Touristen; Lastfälle 4 und 5) auf. Dabei wird mit einem ausgeprägten Richtungsverkehr mit grossen Einsteigerzahlen (22% der Tagesnachfrage in Hauptrichtung) und vereinzelt Aussteigern (weniger als 10 Personen in Gegenrichtung) gerechnet.

Aufgrund der im Bezug auf die räumlichen Verhältnisse (geringe Perronbreite und punktueller Perronzugang) grossen Einsteigerzahlen werden für den Spitzenzug 2 Szenarien betrachtet: Für den günstigen Fall wird angenommen, dass sich die Fahrgäste auf 4 bis 5 Fahrzeugtüren verteilen mit einer stärkeren Belastung der mittleren Türen. Im ungünstigeren Fall ist damit zu rechnen, dass sich die Fahrgäste auf die 2 nächstliegenden Fahrzeugtüren verteilen. Massgebend wird dann der Fahrgastwechsel dieser Fahrzeugtüren mit jeweils 50% der totalen Einsteigerzahl.

Für die Züge mit der zweitstärksten Belastung (50% der Spitzenstunde) wurde der ungünstigere Fall angenommen, da bei den geringeren Personenzahlen von einer konzentrierten Fahrgastverteilung auszugehen ist.

- Lastfälle HVZ mit grossen Aussteigerzahlen

Diese Lastfälle treten in der Abendspitze an Werktagen (Rückfahrt der Pendler in die Surselva; Lastfälle 1 und 2) und in der Morgenspitze an Wochenenden (Anreise der Touristen; Lastfälle 4 und 5) auf. Dabei wird mit einem ausgeprägten Richtungsverkehr mit grossen Aussteigerzahlen (22% der Tagesnachfrage in Hauptrichtung) und vereinzelt Einsteigern (weniger als 10 Personen in Gegenrichtung) gerechnet.

Für diese Lastfälle wird angenommen, dass sich die aussteigenden Fahrgäste (nahezu) über den ganzen Zug verteilen. Es kann jedoch damit gerechnet werden, dass sich ein Grossteil der Fahrgäste über die Lage der Perronausgänge an der Porta Alpina informieren wird, sofern entsprechende Information vor Zugsabfahrt örtlich und zeitlich verfügbar sind. Die Fahrzeugtüren mit kurzen Abgangswegen sind demzufolge am stärksten belastet.

Es wird zudem die Annahme getroffen, dass sich im letzten Wagen (Weglängen des Abgangsweges < 74 m resp. 85 m) keine aussteigenden Fahrgäste befinden. Zudem wird für die berücksichtigten Wagen mit langen Abgangswegen angenommen, dass die (wenigen) dort aussteigenden Fahrgäste die näher zur Wartehalle gelegene Fahrzeugtüre für den Ausstieg benutzen.

- Lastfälle NVZ

Für die Lastfälle der Nebenverkehrszeit werden analoge Annahmen zu den Lastfällen der Hauptverkehrszeit getroffen: Die Einsteiger wählen die beiden, am nächsten zur Wartehalle 1 gelegenen Fahrzeugtüren, die Aussteiger verteilen sich über alle Wagen (ohne den letzten) mit einer Konzentration auf die Wagen mit den kürzeren Abgangswegen.

- Einzelne Aussteiger an den am weitesten entfernten Fahrzeugtüren (Alle Lastfälle)

Bei allen Lastfällen kann es vorkommen, dass an der weitest von den Perronausgängen entfernten Fahrzeugtüre vereinzelt Fahrgäste aussteigen. Die Wahrscheinlichkeit dafür wird als eher gering eingeschätzt: Entweder kennen die Fahrgäste die Umsteigeverhältnisse an der Porta Alpina oder sie werden - im Falle von ortsunkundigen Touristen - an den Abgangsbahnhöfen oder durch die Zugbegleiter während der Fahrt entsprechend informiert.

4.2.5 Maximaler Personenfluss an den Wartehallentüren

Zur Bestimmung der Prozesszeit von Prozess E2 der Einsteiger und Prozess A6 der Aussteiger ist die Leistungsfähigkeit der Wartehallentüren abzuschätzen (vgl. Tabelle 12).

	Pendler	Touristen
Breite	0.456 m	0.685 m
Platzmehrbedarf	+0%	+50%
Gehgeschwindigkeit	1.49 m/s	1.20 m/s
Dichte bei max. Personenfluss	1.75 P/m ²	1.75 P/m ²
Geschwindigkeit bei max. Personenfluss	0.78 m/s	0.70 m/s
Maximaler Personenfluss	1.36 P/ms	1.23 P/ms
Lichte Türbreite	2.00 m	2.00 m
Äquivalente, lichte Türbreite (Berücksichtigung Gepäck)	2.00 m	1.33 m
Personenfluss (1 Tür Wartehalle)	2.72 P/s	1.63 P/s
Personenfluss (2 Türen Wartehalle)	5.44 P/s	3.26 P/s

Tabelle 12 Leistungsfähigkeit (maximaler Personenfluss) an den Wartehallentüren für verschiedene Personengruppen

Die berechneten Werte des maximalen Personenflusses geben die maximale Leistungsfähigkeit der Türquerschnitte zwischen Perron und Wartehalle wider. Das heisst, diese werden nur erreicht, wenn im Zulauf eine entsprechende Personenmenge zuströmen kann und wenn die Personen nach dem Passieren des Türquerschnittes weitergehen und keinen Rückstau verursachen.

4.2.6 Betreten und Verlassen der Wartehalle

Für das Betreten resp. das Verlassen der Wartehalle eines Fahrgastes wird eine Zeitdauer von 3 Sekunden (Distanz: 3.7 Meter) angesetzt.

4.2.7 Abfertigung

Die Abfertigung an der Porta Alpina findet zweistufig statt:

- Im Prozess Z1 kontrolliert der PAS-Mitarbeiter, ob das Perron leer. Dann tritt er in die Wartehalle ein, gibt den Befehl zur automatischen Schliessung der Türen und gibt dann die Bestätigung „Perron frei und Wartehallentüren geschlossen“. Für den Prozess Z1 wird eine Zeitdauer von 15 Sekunden angesetzt.
- Darauf folgend im Prozess Z2 fertigt das Zugpersonal den Zug ab. Dies entspricht dem regulären Abfertigungsprozess eines begleiteten Zuges bei den SBB. Es wird dafür eine Prozessdauer von 30 Sekunden angesetzt.

4.3 Berechnung der Haltezeiten

4.3.1 Haltestelle Nord an Werktagen

Parameter		Lastfall 1 (günstig)		Lastfall 1 (ungünstig)		Lastfall 2		Lastfall 3	
Einsteiger	[P]	55		55		28		15	
Aussteiger	[P]	10		10		10		34	
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.49		1.49		1.49		1.49	
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	5.44		5.44		5.44		5.44	
Massgebende Fahrzeigtüre		T6		T6		T6		T13	
Prozess		Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert
		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0		0.0
A1 Türöffnung Fahrzeug		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
A2 Wartezeit Fahrzeigtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
	Letzter FG	16.7	22.7	16.7	22.7	16.7	22.7	6.1	12.1
A3 Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
	Letzter FG	4.0	26.7	4.0	26.7	4.0	26.7	4.0	16.1
A4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
	Letzter FG	2.0	28.7	2.0	28.7	2.0	28.7	2.0	18.1
A5 Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	6.8	18.8	6.8	18.8	6.8	18.8	48.9	60.9
	Letzter FG	6.8	35.5	6.8	35.5	6.8	35.5	48.9	67.0
A6 Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	0.0	18.8	0.0	18.8	0.0	18.8	0.0	60.9
	Letzter FG	0.0	35.5	0.0	35.5	0.0	35.5	0.0	67.0
A7 Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	21.8	3.0	21.8	3.0	21.8	3.0	63.9
	Letzter FG	3.0	38.5	3.0	38.5	3.0	38.5	3.0	70.0
E1 Türöffnung Wartehalle		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
E2 Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5
	Letzter FG	10.1	14.6	10.1	14.6	5.1	9.6	2.8	7.3
E3 Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5
	Letzter FG	3.0	17.6	3.0	17.6	3.0	12.6	3.0	10.3
E4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	9.5	2.0	9.5	2.0	9.5	keine Einsteiger an T13	
	Letzter FG	2.0	19.6	2.0	19.6	2.0	14.6		
E5 Gehweg Wartehalle - Fahrzeigtüre	Erster FG	6.8	16.3	6.8	16.3	6.8	16.3		
	Letzter FG	6.8	26.4	6.8	26.5	6.8	21.5		
E6 Wartezeit Fahrzeigtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG	10.4	26.7	10.3	26.7	10.3	26.7		
	Letzter FG	26.6	53.0	40.6	67.0	49.6	49.6		
E7 Einsteigevorgang	Erster FG	4.0	30.7	4.0	30.7	4.0	30.7		
	Letzter FG	4.0	57.0	4.0	71.0	4.0	53.6		
Perron leer			57.0		71.0		53.6		70.0
Z1 Abfertigung Perronseite		15.0	72.0	15.0	86.0	15.0	68.6	15.0	85.0
Z2 Abfertigung Zug		30.0	102.0	30.0	116.0	30.0	98.6	30.0	115.0
Anfahrdruck			102.0		116.0		98.6		115.0

Parameter		Lastfall 4		Lastfall 5		Einzelner Aussteiger (alle LF)	
Einsteiger	[P]	10		10		1	
Aussteiger	[P]	125		63		1.49	
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.49		1.49			
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	5.44		5.44			
Massgebende Fahrzeigtüre		T13		T13		T28 (101.9 m)	
Prozess		Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert
		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0
A1 Türöffnung Fahrzeug		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
A2 Wartezeit Fahrzeigtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
	Letzter FG	18.2	24.2	10.3	16.3		
A3 Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
	Letzter FG	4.0	28.2	4.0	20.3		
A4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
	Letzter FG	2.0	30.2	2.0	22.3		
A5 Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	48.9	60.9	48.9	60.9	68.4	80.4
	Letzter FG	48.9	79.1	48.9	71.2		
A6 Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	0.0	60.9	0.0	60.9	0.0	80.4
	Letzter FG	0.0	79.1	0.0	71.2		
A7 Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	63.9	3.0	63.9	3.0	83.4
	Letzter FG	3.0	82.1	3.0	74.2		
E1 Türöffnung Wartehalle		4.5	4.5	4.5	4.5		
E2 Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5		
	Letzter FG	1.8	6.3	1.8	6.3		
E3 Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5		
	Letzter FG	3.0	9.3	3.0	9.3		
E4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	keine Einsteiger an T13		keine Einsteiger an T13			
	Letzter FG						
E5 Gehweg Wartehalle - Fahrzeigtüre	Erster FG						
	Letzter FG						
E6 Wartezeit Fahrzeigtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG						
	Letzter FG						
E7 Einsteigevorgang	Erster FG						
	Letzter FG						
Perron leer			82.1		74.2		83.4
Z1 Abfertigung Perronseite		15.0	97.1	15.0	89.2	15.0	98.4
Z2 Abfertigung Zug		30.0	127.1	30.0	119.2	30.0	128.4
Anfahrdruck			127.1		119.2		128.4

Tabelle 13 Haltezeitberechnung für die Haltestelle Nord der Porta Alpina an Werktagen

4.3.2 Haltestellen Süd an Werktagen

Parameter		Lastfall 1 (günstig)		Lastfall 1 (ungünstig)		Lastfall 2		Lastfall 3		
Einsteiger	[P]	125		125		63		34		
Aussteiger	[P]	10		10		10		15		
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.49		1.49		1.49		1.49		
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	5.44		5.44		5.44		5.44		
Massgebende Fahrzeugtüre		T4		T3		T3		T11		
Prozess		Prozesszeit		Prozesszeit		Prozesszeit		Prozesszeit		
		[s]	kumuliert [s]	[s]	kumuliert [s]	[s]	kumuliert [s]	[s]	kumuliert [s]	
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0		0.0	
A1	Türöffnung Fahrzeug	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
A2	Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
		Letzter FG	16.7	22.7	16.7	22.7	16.7	22.7	5.5	11.5
A3	Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
		Letzter FG	4.0	26.7	4.0	26.7	4.0	26.7	4.0	15.5
A4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
		Letzter FG	2.0	28.7	2.0	28.7	2.0	28.7	2.0	17.5
A5	Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	6.3	18.3	8.9	20.9	8.9	20.9	62.0	74.0
		Letzter FG	6.3	35.0	8.9	37.5	8.9	37.5	62.0	79.5
A6	Wartezeit Wartehallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	12.2	30.5	9.6	30.5	0.0	20.9	0.0	74.0
		Letzter FG	0.0	35.0	0.0	37.5	0.0	37.5	0.0	79.5
A7	Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	33.5	3.0	33.5	3.0	23.9	3.0	77.0
		Letzter FG	3.0	38.0	3.0	40.5	3.0	40.5	3.0	82.5
E1	Türöffnung Wartehalle	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
E2	Wartezeit Wartehallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5
		Letzter FG	23.0	27.5	23.0	27.5	11.6	16.1	6.3	10.8
E3	Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5
		Letzter FG	3.0	30.5	3.0	30.5	3.0	19.1	3.0	13.8
E4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	9.5	2.0	9.5	2.0	9.5	keine Einsteiger an T11	
		Letzter FG	2.0	32.5	2.0	32.5	2.0	21.1		
E5	Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG	6.3	15.8	8.9	18.4	8.9	18.4		
		Letzter FG	6.3	38.8	8.9	41.3	8.9	29.9		
E6	Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG	10.9	26.7	8.3	26.7	8.3	26.7		
		Letzter FG	47.4	86.2	65.5	106.8	41.9	71.9		
E7	Einsteigevorgang	Erster FG	4.0	30.7	4.0	30.7	4.0	30.7		
		Letzter FG	4.0	90.2	4.0	110.8	4.0	75.9		
Perron leer			90.2		110.8		75.9		82.5	
Z1	Abfertigung Perronseite	15.0	105.2	15.0	125.8	15.0	90.9	15.0	97.5	
Z2	Abfertigung Zug	30.0	135.2	30.0	155.8	30.0	120.9	30.0	127.5	
Anfahrdruck			135.2		155.8		120.9		127.5	

Parameter		Lastfall 4		Lastfall 5		Einzelner Aussteiger (alle LF)		
Einsteiger	[P]	10		10		1		
Aussteiger	[P]	55		28		1		
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.49		1.49		1.49		
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	5.44		5.44				
Massgebende Fahrzeugtüre		T11		T11		T12 (115.0 m)		
Prozess		Prozesszeit		Prozesszeit		Prozesszeit		
		[s]	kumuliert [s]	[s]	kumuliert [s]	[s]	kumuliert [s]	
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0	
A1	Türöffnung Fahrzeug	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
A2	Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
		Letzter FG	9.2	15.2	10.7	16.7		
A3	Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
		Letzter FG	4.0	19.2	4.0	20.7		
A4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
		Letzter FG	2.0	21.2	2.0	22.7		
A5	Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	62.0	74.0	62.0	74.0	77.2	89.2
		Letzter FG	62.0	83.2	62.0	84.7		
A6	Wartezeit Wartehallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	0.0	74.0	0.0	74.0	0.0	89.2
		Letzter FG	0.0	83.2	0.0	84.7		
A7	Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	77.0	3.0	77.0	3.0	92.2
		Letzter FG	3.0	86.2	3.0	87.7		
E1	Türöffnung Wartehalle	4.5	4.5	4.5	4.5			
E2	Wartezeit Wartehallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5		
		Letzter FG	1.8	6.3	1.8	6.3		
E3	Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5		
		Letzter FG	3.0	9.3	3.0	9.3		
E4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	keine Einsteiger an T11		keine Einsteiger an T11			
		Letzter FG						
E5	Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG						
		Letzter FG						
E6	Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG						
		Letzter FG						
E7	Einsteigevorgang	Erster FG						
		Letzter FG						
Perron leer			86.2		87.7		92.2	
Z1	Abfertigung Perronseite	15.0	101.2	15.0	102.7	15.0	107.2	
Z2	Abfertigung Zug	30.0	131.2	30.0	132.7	30.0	137.2	
Anfahrdruck			131.2		132.7		137.2	

Tabelle 14 Haltezeitberechnung für die Haltestelle Süd der Porta Alpina an Werktagen

4.3.3 Haltestellen Nord an Wochenenden

Parameter		Lastfall 1		Lastfall 2		Lastfall 3		Lastfall 4 (günstig)		
Einsteiger	[P]	10		10		22		80		
Aussteiger	[P]	180		90		49		10		
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.20		1.20		1.20		1.20		
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	3.26		3.26		3.26		3.26		
Massgebende Fahrzeugtüre		T13		T13		T13		T2		
Prozess		Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	
		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0		0.0	
A1	Türöffnung Fahrzeug	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
A2	Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
		Letzter FG	27.3	33.3	15.3	21.3	9.2	15.2	18.5	24.5
A3	Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
		Letzter FG	4.0	37.3	4.0	25.3	4.0	19.2	4.0	28.5
A4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
		Letzter FG	2.0	39.3	2.0	27.3	2.0	21.2	2.0	30.5
A5	Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	60.7	72.7	60.7	72.7	60.7	72.7	8.5	20.5
		Letzter FG	60.7	100.0	60.7	88.0	60.7	81.9	8.5	39.0
A6	Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	0.0	72.7	0.0	72.7	0.0	72.7	11.5	32.0
		Letzter FG	0.0	100.0	0.0	88.0	0.0	81.9	0.0	39.0
A7	Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	75.7	3.0	75.7	3.0	75.7	3.0	35.0
		Letzter FG	3.0	103.0	3.0	91.0	3.0	84.9	3.0	42.0
E1	Türöffnung Wartehalle	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
E2	Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5
		Letzter FG	3.1	7.6	3.1	7.6	6.7	11.2	24.5	29.0
E3	Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5
		Letzter FG	3.0	10.6	3.0	10.6	3.0	14.2	3.0	32.0
E4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	keine Einsteiger an T13		keine Einsteiger an T13		keine Einsteiger an T13		2.0	9.5
		Letzter FG							2.0	34.0
E5	Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG							8.5	18.0
		Letzter FG							8.5	42.5
E6	Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG							10.5	28.5
		Letzter FG							26.0	68.5
E7	Einsteigevorgang	Erster FG							4.0	32.5
		Letzter FG							4.0	72.5
Perron leer			103.0		91.0		84.9		72.5	
Z1	Abfertigung Perronseite	15.0	118.0	15.0	106.0	15.0	99.9	15.0	87.5	
Z2	Abfertigung Zug	30.0	148.0	30.0	136.0	30.0	129.9	30.0	117.5	
Anfahrdruck			148.0		136.0		129.9		117.5	

Parameter		Lastfall 4 (ungünstig)		Lastfall 5		Einzelner Aussteiger (alle LF)		
Einsteiger	[P]	80		40				
Aussteiger	[P]	10		10		1		
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.20		1.20		1.20		
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	3.26		3.26				
Massgebende Fahrzeugtüre		T6		T2		T28 (101.9 m)		
Prozess		Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	Prozesszeit	kumuliert	
		[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0	
A1	Türöffnung Fahrzeug	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
A2	Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
		Letzter FG	18.5	24.5	18.5	24.5		
A3	Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
		Letzter FG	4.0	28.5	4.0	28.5		
A4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
		Letzter FG	2.0	30.5	2.0	30.5		
A5	Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	8.5	20.5	8.5	20.5	84.9	96.9
		Letzter FG	8.5	39.0	8.5	39.0		
A6	Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	11.5	32.0	0.0	20.5	0.0	96.9
		Letzter FG	0.0	39.0	0.0	39.0		
A7	Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	35.0	3.0	23.5	3.0	99.9
		Letzter FG	3.0	42.0	3.0	42.0		
E1	Türöffnung Wartehalle	4.5	4.5	4.5	4.5			
E2	Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5		
		Letzter FG	24.5	29.0	12.3	16.8		
E3	Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5		
		Letzter FG	3.0	32.0	3.0	19.8		
E4	Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	9.5	2.0	9.5		
		Letzter FG	2.0	34.0	2.0	21.8		
E5	Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG	8.5	18.0	8.5	18.0		
		Letzter FG	8.5	42.5	8.5	30.3		
E6	Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG	10.5	28.5	10.5	28.5		
		Letzter FG	47.2	89.8	32.6	62.9		
E7	Einsteigevorgang	Erster FG	4.0	32.5	4.0	32.5		
		Letzter FG	4.0	93.8	4.0	66.9		
Perron leer			93.8		66.9		99.9	
Z1	Abfertigung Perronseite	15.0	108.8	15.0	81.9	15.0	114.9	
Z2	Abfertigung Zug	30.0	138.8	30.0	111.9	30.0	144.9	
Anfahrdruck			138.8		111.9		144.9	

Tabelle 15 Haltezeitberechnung für die Haltestelle Nord der Porta Alpina an Wochenenden

4.3.4 Haltestellen Süd an Wochenenden

Parameter		Lastfall 1		Lastfall 2		Lastfall 3		Lastfall 4 (günstig)	
Einsteiger	[P]	10		10		49		180	
Aussteiger	[P]	80		40		22		10	
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.20		1.20		1.20		1.20	
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	3.26		3.26		3.26		3.26	
Massgebende Fahrzeugtüre		T11		T13		T13		T2	
Prozess		Prozesszeit [s]	kumuliert [s]	Prozesszeit [s]	kumuliert [s]	Prozesszeit [s]	kumuliert [s]	Prozesszeit [s]	kumuliert [s]
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0		0.0
A1 Türöffnung Fahrzeug		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
A2 Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
	Letzter FG	13.9	19.9	7.0	13.0	9.2	15.2	18.5	24.5
A3 Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
	Letzter FG	4.0	23.9	4.0	17.0	4.0	19.2	4.0	28.5
A4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
	Letzter FG	2.0	25.9	2.0	19.0	2.0	21.2	2.0	30.5
A5 Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	77.0	89.0	77.0	89.0	77.0	89.0	7.8	19.8
	Letzter FG	77.0	102.9	77.0	96.0	77.0	98.2	7.8	38.3
A6 Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	0.0	89.0	0.0	89.0	0.0	89.0	42.9	62.7
	Letzter FG	0.0	102.9	0.0	96.0	0.0	98.2	27.5	65.8
A7 Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	92.0	3.0	92.0	3.0	92.0	3.0	65.7
	Letzter FG	3.0	105.9	3.0	99.0	3.0	101.2	3.0	68.8
E1 Türöffnung Wartehalle		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
E2 Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5	0.0	4.5
	Letzter FG	3.1	7.6	3.1	7.6	15.0	19.5	55.2	59.7
E3 Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5	3.0	7.5
	Letzter FG	3.0	10.6	3.0	10.6	3.0	22.5	3.0	62.7
E4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	keine Einsteiger an T11		keine Einsteiger an T11		keine Einsteiger an T11		2.0	9.5
	Letzter FG							2.0	64.7
E5 Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG							7.8	17.3
	Letzter FG							7.8	72.5
E6 Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG							11.2	28.5
	Letzter FG							45.5	118.0
E7 Einsteigevorgang	Erster FG							4.0	32.5
	Letzter FG							4.0	122.0
Perron leer			105.9		99.0		101.2		122.0
Z1 Abfertigung Perronseite		15.0	120.9	15.0	114.0	15.0	116.2	15.0	137.0
Z2 Abfertigung Zug		30.0	150.9	30.0	144.0	30.0	146.2	30.0	167.0
Anfahrdruck			150.9		144.0		146.2		167.0

Parameter		Lastfall 4 (ungünstig)		Lastfall 5		Einzelner Aussteiger (alle LF)	
Einsteiger	[P]	180		90			
Aussteiger	[P]	10		10		1	
Gehgeschwindigkeit	[m/s]	1.20		1.20		1.20	
Personenfluss Wartehalle	[P/s]	3.26		3.26			
Massgebende Fahrzeugtüre		T6		T2		T12 (115.0 m)	
Prozess		Prozesszeit [s]	kumuliert [s]	Prozesszeit [s]	kumuliert [s]	Prozesszeit [s]	kumuliert [s]
Anhalteruck			0.0		0.0		0.0
A1 Türöffnung Fahrzeug		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
A2 Wartezeit Fahrzeugtüre	Erster FG	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
	Letzter FG	18.5	24.5	18.5	24.5		
A3 Aussteigevorgang	Erster FG	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0	10.0
	Letzter FG	4.0	28.5	4.0	28.5		
A4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	12.0	2.0	12.0	2.0	12.0
	Letzter FG	2.0	30.5	2.0	30.5		
A5 Gehweg Fahrzeug - Wartehalle	Erster FG	11.0	23.0	11.0	23.0	95.8	107.8
	Letzter FG	11.0	41.5	11.0	41.5		
A6 Wartezeit Warthallentür (Bedingung: E3 abgeschlossen)	Erster FG	39.7	62.7	12.1	35.1	0.0	107.8
	Letzter FG	24.3	65.8	0.0	41.5		
A7 Eintreten Wartehalle	Erster FG	3.0	65.7	3.0	38.1	3.0	110.8
	Letzter FG	3.0	68.8	3.0	44.5		
E1 Türöffnung Wartehalle		4.5	4.5	4.5	4.5		
E2 Wartezeit Warthallentür	Erster FG	0.0	4.5	0.0	4.5		
	Letzter FG	55.2	59.7	27.6	32.1		
E3 Verlassen Wartehalle	Erster FG	3.0	7.5	3.0	7.5		
	Letzter FG	3.0	62.7	3.0	35.1		
E4 Grob-Orientierung Perron	Erster FG	2.0	9.5	2.0	9.5		
	Letzter FG	2.0	64.7	2.0	37.1		
E5 Gehweg Wartehalle - Fahrzeugtüre	Erster FG	11.0	20.5	11.0	20.5		
	Letzter FG	11.0	75.7	11.0	48.1		
E6 Wartezeit Fahrzeugtür (Bedingung: A3 abgeschlossen)	Erster FG	8.0	28.5	8.0	28.5		
	Letzter FG	73.4	149.1	48.0	96.1		
E7 Einsteigevorgang	Erster FG	4.0	32.5	4.0	32.5		
	Letzter FG	4.0	153.1	4.0	100.1		
Perron leer			153.1		100.1		110.8
Z1 Abfertigung Perronseite		15.0	168.1	15.0	115.1	15.0	125.8
Z2 Abfertigung Zug		30.0	198.1	30.0	145.1	30.0	155.8
Anfahrdruck			198.1		145.1		155.8

Tabelle 16 Haltezeitberechnung für die Haltestelle Süd der Porta Alpina an Wochenenden

4.4 Haltezeiten für den Referenzzustand der Porta Alpina

Die resultierenden Haltezeiten für die Lastfälle des Referenzzustandes an der Porta Alpina sind getrennt für Werktag und Wochenende in den beiden folgenden Tabellen aufgeführt. Die ausgewiesenen Werte sind die zu erwartenden mittleren Haltezeiten.

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	102 – 116 s (1 Zug / Tag)	135 – 156 s (1 Zug / Tag)
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	99 s (2 Züge / Tag)	121 s (2 Züge / Tag)
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	115 s (6 Züge / Tag)	128 s (6 Züge / Tag)
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	127 s (1 Zug / Tag)	131 s (1 Zug / Tag)
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	119 s (2 Züge / Tag)	133 s (2 Züge / Tag)
	Einzelner Aussteiger an der weitest entfernten Türe	128 s	137 s

Tabelle 17 Mittlere Haltezeiten (in Sekunden) für den Halt an der Porta Alpina an Werktagen

Die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden wird an Werktagen an der Haltestelle Nord von einem Zug (Spitzenzug AHVZ) überschritten. Dessen Haltezeit beträgt 127 Sekunden.

An der Haltestelle Süd überschreiten 12 Züge die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden. Nur ein Zug weist eine Haltezeit von mehr als 135 Sekunden auf: der Spitzenzug in der MHVZ mit 156 Sekunden.

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	148 s (1 Zug / Tag)	151 s (1 Zug / Tag)
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	136 s (2 Züge / Tag)	144 s (2 Züge / Tag)
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	130 s (6 Züge / Tag)	146 s (6 Züge / Tag)
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	118 – 139 s (1 Zug / Tag)	167 – 198 s (1 Zug / Tag)
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	112 s (2 Züge / Tag)	145 s (2 Züge / Tag)
	Einzelner Aussteiger an der weitest entfernten Türe	145 s	156 s

Tabelle 18 Mittlere Haltezeiten (in Sekunden) für den Halt an der Porta Alpina an Wochenenden

Die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden wird an Wochenendtagen an der Haltestelle Nord von 10 Zügen überschritten. Nur die beiden Spitzenzüge (MHVZ und AHVZ) benötigen eine Haltezeit von mehr als 136 Sekunden.

An der Haltestelle Süd überschreiten 12 Züge die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden. Die beiden Spitzenzüge (MHVZ und AHVZ) überschreiten eine Haltezeit von 2.5 Minuten: Der Morgenspitzenzug benötigt 151 Sekunden für den Haltevorgang, derjenige während der AHVZ 198 Sekunden.

4.5 Häufigkeit der Ueberschreitung der vorgegebenen Haltedauer

Die Häufigkeit der Haltezeitüberschreitungen ergibt sich anhand der Haltezeiten und Zugzahlen für die definierten Lastfälle gemäss Abschnitt 4.4. Zusätzlich wird angenommen, dass bei 5% der Züge einzelne Aussteiger an der Türe mit dem längsten Abgangsweg aussteigen und bei der Haltezeit zu berücksichtigen sind. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in folgender Tabelle aufgeführt.

	Werktage (Mo-Fr)					Aussteiger an entfernter Türe	Wochenende (Sa/So)					Aussteiger an entfernter Türe	Alle Tage RVZ	Insgesamt Alle	
	MHVZ Spitze	2. Zug	AHVZ Spitze	2. Zug	NVZ		MHVZ Spitze	2. Zug	AHVZ Spitze	2. Zug	NVZ				
Zugzahlen															
[Züge/Tag und Richtung]	1	2	1	2	6		1	2	1	2	6		6	18	
[Züge/Jahr und Richtung]	260	520	260	520	1560		104	208	104	208	624		2184	6552	
[Züge/Jahr]	520	1040	520	1040	3120		208	416	208	416	1248		4368	13104	
Haltezeiten															
Haltestelle Nord [s]	116	99	127	119	115	128	148	136	139	112	130	145	< 120		
Haltestelle Süd [s]	156	121	131	133	128	137	151	144	198	145	146	156	< 120		
Haltezeitüberschreitung															
Haltezeit > 120 s (inkl. Aussteiger entf. Türe)	[Züge/Jahr] 260	0	520	520	1560	+5% restl. Züge	208	416	208	208	1248	+5% restl. Züge	0	5148	
	[Züge/Jahr] 273	52	520	546	1638		208	416	208	218	1248			5327	
	[%] %													40.7%	
Haltezeit > 150 s (inkl. Aussteiger entf. Türe)	[Züge/Jahr] 260	0	0	0	0	+5% restl. Züge	0	0	104	0	0	+5% restl. Züge	0	364	
	[Züge/Jahr] 260	0	0	0	0		5	10	104	10	31		0	421	
	[%] %													3.2%	
Haltezeit > 180 s	[Züge/Jahr] 0	0	0	0	0		0	0	104	0	0		0	104	
	[%] %													0.8%	

Tabelle 19 Häufigkeiten (Zugzahlen) der Haltezeitüberschreitungen

Die Haltezeitberechnungen haben die folgenden Resultate ergeben:

- Rund 59% der Haltevorgänge an der Porta Alpina können innerhalb der vorgegebenen Haltedauer von 120 Sekunden abgewickelt werden.
- Rund 38% der Züge benötigen eine Haltezeit zwischen 2 und 2.5 Minuten.
- Von den restlichen 3% oder rund 421 Zügen jährlich benötigen
 - rund 317 Züge jährlich eine Haltezeit von 144 bis 156 Sekunden (2:36 Minuten),
 - rund 104 Züge jährlich eine solche von 198 Sekunden (3:18 Minuten).

Bei den ausgewiesenen Werten handelt es sich um die zu erwartenden mittleren Haltezeiten. Im Betrieb werden die Haltezeiten verhältnismässig stark um diese Werte streuen.

5 Optimierungsmassnahmen zur Reduktion der Haltezeit

5.1 Stossrichtungen

Zur Optimierung des Halteprozesses an der Porta Alpina resp. zur Reduktion der Haltezeiten sind Massnahmen mit den folgenden Stossrichtungen denkbar:

- **Stossrichtung 1: Verkürzung der Fahrgastwechselzeiten**

Durch den Einsatz von Rollmaterial, die gegenüber den Einheitswagen IV über leistungsfähigere Einstiegen verfügen, können kürzere Fahrgastwechselzeiten erreicht werden.

- **Stossrichtung 2: Verkürzung der Abgangswege für die Aussteiger**

Mit Information und verbindlichen Empfehlungen werden die an der Porta Alpina aussteigenden Fahrgäste angehalten, in bestimmten Wagen zu reisen, welche an der Porta Alpina aufgrund der Lage innerhalb des Zuges über verhältnismässig kurze Abgangswege verfügen.

- **Stossrichtung 3: Verkürzung des Abfertigungsprozesses**

Die getrennte, zeitlich nacheinander stattfindende Abfertigung der Wartehallentüren und des Zuges kann durch eine Optimierung des Abfertigungsprozesses zeitlich gestrafft werden.

5.2 Abschätzung der Reduktion der Haltezeit

5.2.1 Verkürzung der Fahrgastwechselzeiten

Mit dem Einsatz von Rollmaterial, welches gegenüber den Einheitswagen IV über leistungsfähigere Einstiegen verfügt, können die Fahrgastwechselzeiten an den einzelnen Fahrzeugtüren reduziert werden. Die höhere Leistungsfähigkeit am Türquerschnitt (P/s) kann mittels einer grösseren Türbreite bei gleichen Türachsabständen, durch Reduktion der Türachsabstände (mehr Türen pro Länge) und/oder mit einer Verringerung des Niveauunterschiedes am Einstieg (Mittel- oder Niederflureinstieg) erreicht werden.

Eine höhere, spezifische Leistungsfähigkeit (P/s und Zugslänge) gegenüber dem EW-IV-Zug weisen die IC2000-Doppelstockwagen oder Fahrzeuge mit FLIRT-ähnlichen Einstiegen (Erhöhung des Türquerschnittanteils und geringerer Niveauunterschied) auf.

Die IC2000-Doppelstockwagen verfügen pro Wagen über 2 Türen mit einer Breite von 1.4 Metern und einer Einstiegshöhe von 55 cm über SOK (niveaufreier Einstieg an P55). Nach [9] kann an diesen Einstiegen mit den Leistungsfähigkeiten gemäss Tabelle 20 und Tabelle 27 gerechnet werden.

Fahrgastwechselzahl pro Türe	Leistungsfähigkeit		Fahrgastwechselzeit	
	0% Aussteiger	100% Aussteiger	0% Aussteiger	100% Aussteiger
[P]	[P/s]	[P/s]	[s]	[s]
1	0.44	0.50	2.3	2.0
10	0.64	0.74	15.6	13.6
20	0.72	0.83	27.8	24.2
30	0.77	0.88	39.1	33.9
40	0.81	0.93	49.7	43.2
50	0.84	0.96	59.8	52.0
60	0.86	0.99	69.7	60.6
70	0.88	1.02	79.2	68.9

Tabelle 20 Leistungsfähigkeit der Einstiege des IC2000-Doppelstockwagens und daraus resultierende Fahrgastwechselzeiten für die Personengruppe „Pendler“

Fahrgastwechselzahl pro Türe	Leistungsfähigkeit		Fahrgastwechselzeit	
	0% Aussteiger	100% Aussteiger	0% Aussteiger	100% Aussteiger
[P]	[P/s]	[P/s]	[s]	[s]
1	0.36	0.45	2.8	2.2
10	0.58	0.66	17.3	15.1
20	0.65	0.74	30.9	26.9
30	0.69	0.80	43.4	37.7
40	0.73	0.83	55.1	47.9
50	0.75	0.87	66.4	57.7
60	0.78	0.89	77.3	67.2
70	0.80	0.92	88.0	76.4
80	0.81	0.94	98.3	85.5
90	0.83	0.95	108.5	94.3

Tabelle 21 Leistungsfähigkeit der Einstiege des IC2000-Doppelstockwagens und daraus resultierende Fahrgastwechselzeiten für die Personengruppe „Touristen“

Durch die grössere Leistungsfähigkeit sind bei den Lastfällen mit massgebendem Fahrgastwechsel Reduktionen bei den Haltezeiten zu erwarten. Dies betrifft an Werktagen die Lastfälle 1 und 2 resp. Lastfälle 4 und 5 an Wochenenden.

Bei dieser Betrachtung sind aber die längeren Türöffnungs- und -schliesszeiten der IC2000-Wagen zu berücksichtigen. Der zusätzliche Zeitbedarf für den Türöffnungs- und Schliessvorgang gegenüber dem EW IV wird auf 2 Sekunden geschätzt, d.h. 4 Sekunden für einen Halt.

Die Reduktion der Fahrgastwechselzeiten beim Einsatz von IC2000-Wagen sind in Tabelle 22 aufgeführt.

	Halte- stelle	Lastfall	Massgebende Türe				Total (inkl. Türpro- zesse)
			Einsteiger [P]	Fahrgastwechsel Referenzzustand [s]	Fahrgastwechsel IC2000 [s]	Differenz [s]	
Werktag	Nord	1 (ungünstig)	28	40.4	36.3	-4.1	-0.1
		2	14	23.0	20.7	-2.3	+1.7
	Süd	1 (ungünstig)	63	80.1	72.1	-8.0	-4.0
		2	32	45.2	40.7	-4.5	-0.5
Wochen- ende	Nord	4 (ungünstig)	40	61.3	55.1	-6.2	-2.2
		5	20	34.4	30.9	-3.4	+0.6
	Süd	4 (ungünstig)	90	120.6	108.5	-12.1	-8.1
		5	45	67.6	60.8	-6.8	-2.8

Tabelle 22 Differenz der Fahrgastwechselzeiten an der massgebenden Türe beim Einsatz von IC2000-Doppelstockwagen

Somit ergibt sich durch den Einsatz der IC2000-Fahrzeuge bei den angegebenen Lastfällen eine Reduktion der Haltezeiten zwischen 0.1 und 8.1 Sekunden resp. in zwei Fällen eine Verlängerung um 0.6 bis 1.7 Sekunden.

5.2.2 Verkürzung der Abgangswege für die Aussteiger

Eine Verkürzung der Abgangswege für die an der Porta Alpina aussteigenden Fahrgäste könnte dadurch erreicht werden, dass diesen Fahrgäste eine verbindliche Empfehlung abgegeben wird, in den Wagen 9 bis 12 reisen. Deren Türen (17 bis 24) liegen alle näher als 56 Meter zur Wartehalle 2 an den beiden Haltestellen. Dadurch können die Abgangswege für die Aussteiger teilweise deutlich verkürzt werden. Gleichzeitig können dadurch die entgegengerichteten Personenströme der Ein- und Aussteiger entflochten werden: Die Einsteiger gelangen durch Wartehalle 1 zum Zug, die Aussteiger verlassen, räumlich von den Einsteigern getrennt, das Perron durch Wartehalle 2.

Zur Umsetzung dieser Massnahmen wären folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- Wenn den Reisenden 4 Wagen (Wagen 9 bis 12) mit kurzen Abgangswegen zur Wartehalle 2 zur Verfügung stehen sollen, müssen die Züge eine minimale Länge von 340 Metern aufweisen.
- Es müssen geeignete Kommunikationskanäle vorhanden sein, damit die an der Porta Alpina aussteigenden Fahrgäste vor dem Einsteigen über die zu wählenden Wagen informiert werden können. Diese Information muss für die Fahrgäste verbindlichen Charakter haben.

- Die Verbindlichkeit der für die Porta Alpina zu benutzenden Wagen ist im (Jahres-)Fahrplan entsprechend zu publizieren.

Die Machbarkeit dieser Optimierungsmassnahmen ist vertieft zu prüfen. Mit dem heutigen Kenntnisstand kann nicht beurteilt werden, ob die genannten Voraussetzungen durch das zukünftige Betriebskonzept erfüllt werden. Deshalb wird für diese Massnahmen keine Haltezeitreduktion ausgewiesen.

5.2.3 Verkürzung des Abfertigungsprozesses

Der Abfertigungsprozess an der Porta Alpina sieht im Referenzzustand eine sequentielle Abfertigung des Übergangs Perron-Wartehalle durch den PAS-Mitarbeiter und des Zuges durch die Zugbegleiter vor. Mit einer Straffung resp. teilweisen Parallelisierung dieser beiden Prozesse könnte der Zeitbedarf für die Abfertigung reduziert werden.

Dazu müsste der Abfertigungsprozess für die Porta Alpina unter Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen nach Abschnitt 2.4 neu definiert werden. Es ist aber anzunehmen, dass die Abfertigung an der Porta Alpina auch im optimierten Fall länger dauern wird als eine Zugsabfertigung an einem „normalen“ Bahnhof. Für den optimierten Fall wird die benötigte Zeitdauer für die Abfertigung an der Porta Alpina auf rund 40 Sekunden geschätzt (Verkürzung gegenüber dem Referenzzustand um 5 Sekunden).

5.3 Haltezeiten für den optimierten Zustand

Die resultierenden Haltezeiten für die Lastfälle des optimierten Zustandes an der Porta Alpina sind getrennt für Werktag und Wochenende in den beiden folgenden Tabellen aufgeführt. Die ausgewiesenen Werte sind die zu erwartenden mittleren Haltezeiten.

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	97 – 111 s (1 Zug / Tag)	130 – 147 s (1 Zug / Tag)
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	96 s (2 Züge / Tag)	115 s (2 Züge / Tag)
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	110 s (6 Züge / Tag)	123 s (6 Züge / Tag)
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	122 s (1 Zug / Tag)	126 s (1 Zug / Tag)
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	114 s (2 Züge / Tag)	128 s (2 Züge / Tag)
	Einzelner Aussteiger an der weitest entfernten Türe	123 s	132 s

Tabelle 23 Mittlere Haltezeiten (in Sekunden) für den Halt an der Porta Alpina an Werktagen

Die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden wird an Werktagen an der Haltestelle Nord von einem Zug (Spitzenzug AHVZ) überschritten. Dessen Haltezeit beträgt 122 Sekunden.

An der Haltestelle Süd überschreiten an Werktagen 10 Züge die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden. Nur ein Zug weist eine Haltezeit von mehr als 135 Sekunden auf: der Spitzenzug in der MHVZ mit 147 Sekunden.

Lastfall		Haltestelle	
		Nord	Süd
1	HVZ Morgen; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	143 s (1 Zug / Tag)	146 s (1 Zug / Tag)
2	HVZ Morgen; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	131 s (2 Züge / Tag)	139 s (2 Züge / Tag)
3	NVZ (starke Belastung; 6% Tagesnachfrage)	125 s (6 Züge / Tag)	141 s (6 Züge / Tag)
4	HVZ Abend; Spitzenstunde (22% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	113 – 132 s (1 Zug / Tag)	162 – 185 s (1 Zug / Tag)
5	HVZ Abend; 2.-stärkste Stunde (11% Tagesnachfrage in Hauptrichtung)	108 s (2 Züge / Tag)	137 s (2 Züge / Tag)
	Einzelner Aussteiger an der weitest entfernten Türe	140 s	151 s

Tabelle 24 Mittlere Haltezeiten (in Sekunden) für den Halt an der Porta Alpina an Wochenenden

Die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden wird an Wochenendtagen an der Haltestelle Nord von 10 Zügen überschritten. Nur der Spitzenzug in der MHVZ benötigt eine Haltezeit von mehr als 132 Sekunden.

An der Haltestelle Süd überschreiten an Wochenendtagen 12 Züge die vorgegebene Haltezeit von 120 Sekunden. Der Spitzenzug in der AHVZ überschreitet eine Haltezeit von 2.5 Minuten: Dessen Haltezeit beträgt 185 Sekunden.

5.4 Häufigkeit der Ueberschreitung der vorgegebenen Haltedauer

Die Häufigkeit der Haltezeitüberschreitungen ergibt sich anhand der Haltezeiten und Zugzahlen für die definierten Lastfälle gemäss Abschnitt 5.3. Zusätzlich wird angenommen, dass bei 5% der Züge einzelne Aussteiger an der Türe mit dem längsten Abgangsweg aussteigen und bei der Haltezeit zu berücksichtigten sind. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in folgender Tabelle aufgeführt.

	Werktage (Mo-Fr)					Aussteiger an entfernter Türe	Wochenende (Sa/So)					Aussteiger an entfernter Türe	Alle Tage RVZ	Insgesamt Alle	
	MHVZ Spitze	2. Zug	AHVZ Spitze	2. Zug	NVZ		MHVZ Spitze	2. Zug	AHVZ Spitze	2. Zug	NVZ				
Zugzahlen															
[Züge/Tag und Richtung]	1	2	1	2	6		1	2	1	2	6		6	18	
[Züge/Jahr und Richtung]	260	520	260	520	1560		104	208	104	208	624		2184	6552	
[Züge/Jahr]	520	1040	520	1040	3120		208	416	208	416	1248		4368	13104	
Haltezeiten															
Haltestelle Nord [s]	111	96	122	114	110	123	143	131	132	108	125	140	< 120		
Haltestelle Süd [s]	147	115	128	126	123	132	146	139	185	137	141	151	< 120		
Haltezeitüberschreitung															
Haltezeit > 120 s (inkl. Aussteiger entf. Türe)	[Züge/Jahr]	260	0	520	520	1560	+5% restl. Züge	208	416	208	208	1248	+5% restl. Züge	0	5148
	[Züge/Jahr]	273	52	520	546	1638		208	416	208	218	1248			5327
	[%]													40.7%	
Haltezeit > 150 s (inkl. Aussteiger entf. Türe)	[Züge/Jahr]	0	0	0	0	0	+5% restl. Züge	0	0	104	0	0	+5% restl. Züge	0	104
	[Züge/Jahr]	0	0	0	0	0		5	10	104	10	31		161	161
	[%]												1.2%	1.2%	
Haltezeit > 180 s	[Züge/Jahr]	0	0	0	0	0		0	0	104	0	0		104	104
	[%]												0.8%	0.8%	

Tabelle 25 Häufigkeiten (Zugzahlen) der Haltezeitüberschreitungen

Durch die Optimierungsmassnahmen konnten vor allem die Haltezeiten der Spitzenzüge (Züge mit einer Haltezeit von mehr als 150 Sekunden im Referenzzustand) etwas reduziert werden. Die Auswertung der Häufigkeit von Haltezeitüberschreitungen ergibt für den optimierten Zustand folgende Resultate:

- Rund 59.4% der Haltevorgänge an der Porta Alpina können innerhalb der vorgegebenen Haltedauer von 120 Sekunden abgewickelt werden.
- Rund 39.4% der Züge benötigen eine Haltezeit zwischen 2 und 2.5 Minuten.
- Von den restlichen 1.2% oder rund 161 Zügen jährlich benötigen
 - rund 57 Züge jährlich eine Haltezeit von rund 151 Sekunden (2:31 Minuten),
 - rund 104 Züge jährlich eine solche von 185 Sekunden (3:05 Minuten).

Bei den ausgewiesenen Werten handelt es sich um die zu erwartenden mittleren Haltezeiten. Im Betrieb werden die Haltezeiten verhältnismässig stark um diese Werte streuen.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen dieser Expertise wurde der Haltevorgang der Züge an der Porta Alpina untersucht. Dazu mussten die Randbedingungen für den Referenzzustand in den Bereichen Haltestelleninfrastruktur, eingesetztes Rollmaterial und Eigenschaften der Fahrgäste definiert werden. Anschliessend wurden für die beiden Haltestellen der Porta Alpina und die verschiedenen Züge Lastfälle festgelegt. Diese ergeben sich aufgrund der erwarteten Nachfragezahlen (gemäss [1]) und einer zu erwartenden Nachfrageverteilung auf die beiden Haltestellen und die verschiedenen Züge (Tagesganglinie).

Mit einer Prozessanalyse und der Quantifizierung der Teilprozesse wurden die zu erwartenden mittleren Haltezeiten für die verschiedenen Lastfälle berechnet: Die Berechnung erfolgte für den Referenzzustand und für einen optimierten Zustand, bei welchem Rollmaterial mit leistungsfähigeren Einstiegen (IC2000) und ein gestraffter Abfertigungsprozess zugrundegelegt wurde.

Die Berechnung der mittleren Haltezeiten für den optimierten Zustand hat folgende Resultate ergeben:

- Rund 59.4% der Haltevorgänge an der Porta Alpina können innerhalb der vorgebenen Haltedauer von 120 Sekunden abgewickelt werden.
- Rund 98.8% der Züge können mit einer Haltezeit von 150 Sekunden und weniger abgewickelt werden.
- Von den restlichen 1.2% oder rund 161 Zügen jährlich benötigen
 - rund 57 Züge jährlich eine Haltezeit von rund 151 Sekunden (2:31 Minuten),
 - rund 104 Züge jährlich eine solche von 185 Sekunden (3:05 Minuten).

Bei der Interpretation der Berechnungsergebnisse sind folgende Punkte mitzubedenken:

- Die Berechnungen basieren auf den angegebenen Nachfragezahlen. Bei den Spitzenbelastungen wird davon ausgegangen, dass nur Personenströme in Lastrichtung auftreten. In Gegenrichtung wird nur mit vereinzelt Reisenden gerechnet.
- Bei höheren Nachfrageraten und beim Auftreten von entgegengerichteten Personenströmen dürften aufgrund der engen räumlichen Verhältnisse im Perronbereich Behinderungen der Personenflüsse auftreten. Zur Haltezeitberechnung dieser Fälle wäre eine dynamische Analyse der Personenströme in den Haltestellenbereichen durchzuführen.

7 Quellen

- [1] Bau-, Verkehrs- und Forstdepartement Graubünden, SMA und Partner AG (2006): Porta Alpina Sedrun, Angebot und Betrieb, Resultate der Arbeitsgruppe 25, Version 1-01, 5. Oktober 2006
- [2] Buchmüller, S., Weidmann, U. (2006): Parameters of pedestrians, pedestrian traffic and walking facilities, Institutsbericht Nr. 132, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich
- [3] Ingenieurgesellschaft Gotthard-Basistunnel Süd (2006): Gotthard-Basistunnel, Porta Alpina Sedrun, Auflageprojekt 2 – Technischer Bericht, 5. Oktober 2006
- [4] Ingenieurgesellschaft Gotthard-Basistunnel Süd (2006): Gotthard-Basistunnel, Porta Alpina Sedrun, Auflageprojekt 2 – Planbeilagen, 5. Oktober 2006
- [5] Kanton Graubünden Fachstelle öV, SMA und Partner AG (2006): Porta Alpina Sedrun, Oberirdische Erschliessung und Nachfrage in der oberen Surselva, Version 1-01, 20. Januar 2006
- [6] Schweizer Eisenbahnrevue (2005): Präsentation des “Cisalpino due“, in: Schweizer Eisenbahnrevue Nr.08/2005, S. 370ff
- [7] Schweizerische Bundesbahnen (1997): SBB Reisezug- und Gepäckwagen, herausgegeben vom Generalsekretariat SBB, Bern; S. 32ff
- [8] SMA und Partner AG (2006): Porta Alpina Sedrun, Fragenkatalog Prof. Weidmann
- [9] Weidmann, U. (1994): Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit, Institutsbericht Nr. 106, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, Zürich

A 1 Fahrzeuglayout Reisezugwagen EW IV

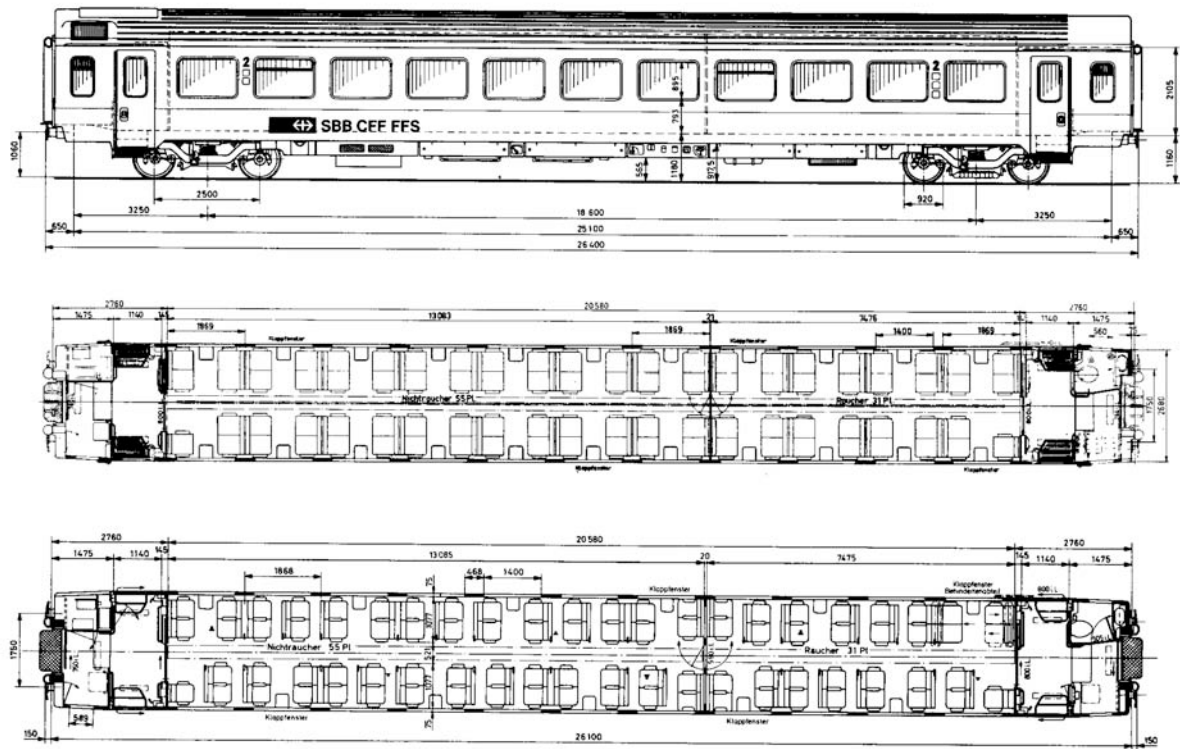


Abbildung 8 Layout des Einheitswagens IV der SBB, (2.-Klass-Wagen; Quelle: [7])

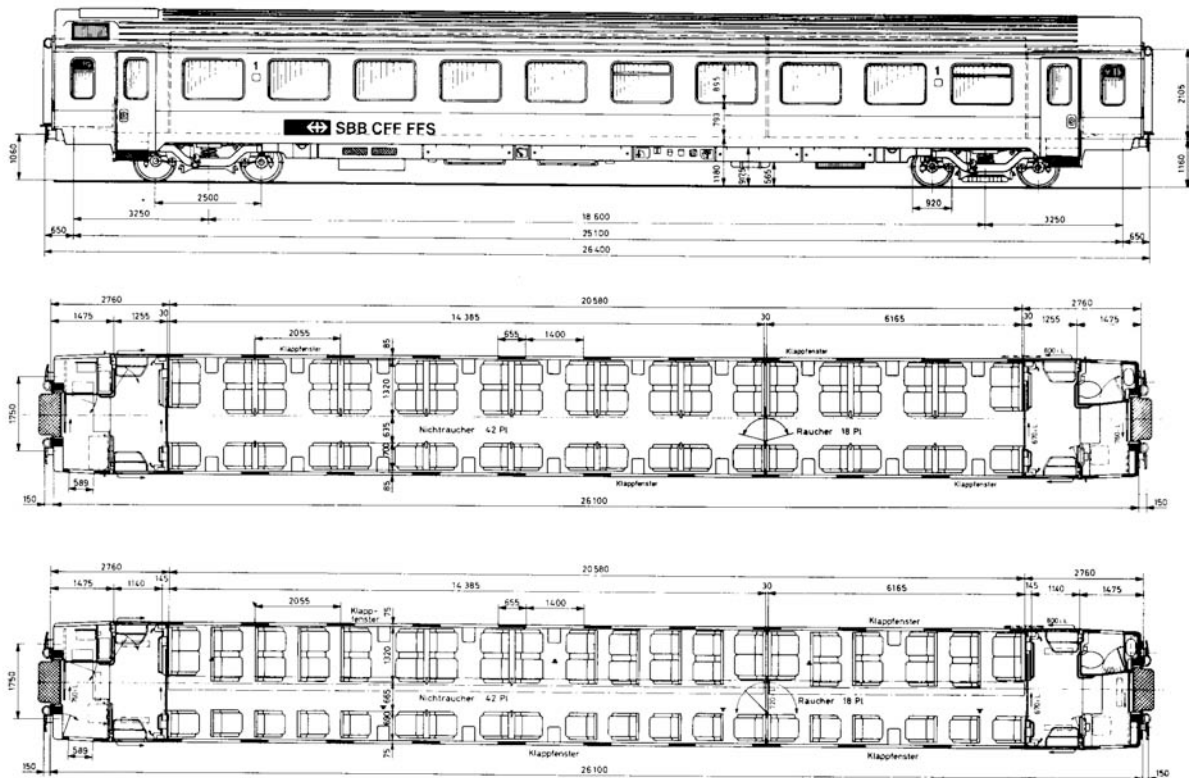


Abbildung 9 Layout des Einheitswagens IV der SBB, (1.-Klass-Wagen; Quelle: [7])

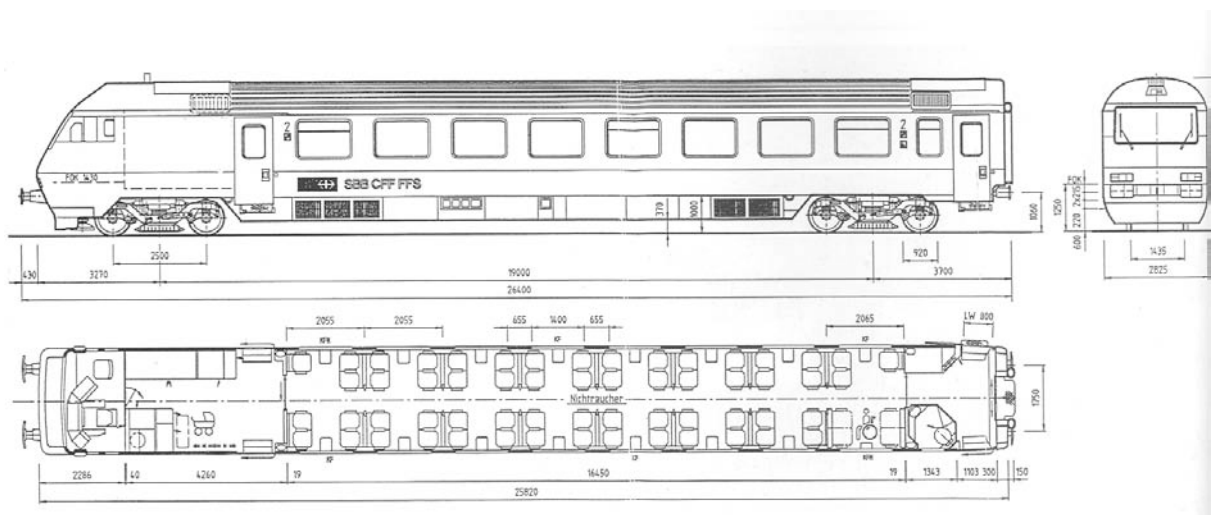


Abbildung 10 Layout des Einheitswagens IV der SBB, (2.-Klass-Wagen mit Steuerabteil; Quelle: [7])

A 2 Haltepunkte der Züge und Fusswegdistanzen

Lokbespannter Reisezug mit EW IV (388.10 m)

Position [m]	Haltepunkt 10.00	WHN 1 116.00	WHN 2 288.00
-----------------	---------------------	-----------------	-----------------

Tür	Position ab Zugspitze	ab Perronanfang	Weglängen		Kürzerer Weg
	[m]		[m]	[m]	
Lokende	18.50	28.50	87.50	259.50	87.50
T1	20.38	30.38	85.63	257.63	85.63
T2	43.03	53.03	62.98	234.98	62.98
T3	46.78	56.78	59.23	231.23	59.23
T4	69.43	79.43	36.58	208.58	36.58
T5	73.18	83.18	32.83	204.83	32.83
T6	95.83	105.83	10.18	182.18	10.18
T7	99.58	109.58	6.43	178.43	6.43
T8	122.23	132.23	16.23	155.78	16.23
T9	125.98	135.98	19.98	152.03	19.98
T10	148.63	158.63	42.63	129.38	42.63
T11	152.38	162.38	46.38	125.63	46.38
T12	175.03	185.03	69.03	102.98	69.03
T13	178.78	188.78	72.78	99.23	72.78
T14	201.43	211.43	95.43	76.58	76.58
T15	205.18	215.18	99.18	72.83	72.83
T16	227.83	237.83	121.83	50.18	50.18
T17	231.58	241.58	125.58	46.43	46.43
T18	254.23	264.23	148.23	23.78	23.78
T19	257.98	267.98	151.98	20.03	20.03
T20	280.63	290.63	174.63	2.63	2.63
T21	284.38	294.38	178.38	6.38	6.38
T22	307.03	317.03	201.03	29.03	29.03
T23	310.78	320.78	204.78	32.78	32.78
T24	333.43	343.43	227.43	55.43	55.43
T25	337.18	347.18	231.18	59.18	59.18
T26	359.83	369.83	253.83	81.83	81.83
T27	363.58	373.58	257.58	85.58	85.58
T28	379.92	389.92	273.92	101.92	101.92

Maximale Weglänge:

101.92

Tabelle 26 Haltepunkte der Züge und Gehwegdistanzen für die Haltestelle Nord der Porta Alpina

Lokbespannter Reisezug mit EW IV (388.10 m)

Position [m]	Haltepunkt 10.00	WHS 1 70.00	WHS 2 300.00		
Tür	Position ab Zugspitze	ab Perronanfang	Weglängen		Kürzerer Weg
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Lokende	18.50	28.50	41.50	271.50	41.50
T1	20.38	30.38	39.63	269.63	39.63
T2	43.03	53.03	16.98	246.98	16.98
T3	46.78	56.78	13.23	243.23	13.23
T4	69.43	79.43	9.43	220.58	9.43
T5	73.18	83.18	13.18	216.83	13.18
T6	95.83	105.83	35.83	194.18	35.83
T7	99.58	109.58	39.58	190.43	39.58
T8	122.23	132.23	62.23	167.78	62.23
T9	125.98	135.98	65.98	164.03	65.98
T10	148.63	158.63	88.63	141.38	88.63
T11	152.38	162.38	92.38	137.63	92.38
T12	175.03	185.03	115.03	114.98	114.98
T13	178.78	188.78	118.78	111.23	111.23
T14	201.43	211.43	141.43	88.58	88.58
T15	205.18	215.18	145.18	84.83	84.83
T16	227.83	237.83	167.83	62.18	62.18
T17	231.58	241.58	171.58	58.43	58.43
T18	254.23	264.23	194.23	35.78	35.78
T19	257.98	267.98	197.98	32.03	32.03
T20	280.63	290.63	220.63	9.38	9.38
T21	284.38	294.38	224.38	5.63	5.63
T22	307.03	317.03	247.03	17.03	17.03
T23	310.78	320.78	250.78	20.78	20.78
T24	333.43	343.43	273.43	43.43	43.43
T25	337.18	347.18	277.18	47.18	47.18
T26	359.83	369.83	299.83	69.83	69.83
T27	363.58	373.58	303.58	73.58	73.58
T28	379.92	389.92	319.92	89.92	89.92

Maximale Weglänge: 114.98

Tabelle 27 Haltepunkte der Züge und Gehwegdistanzen für die Haltestelle Süd der Porta Alpina

A 3 Fahrgastverteilungen und massgebende Fahrzeugtüren

Lastfall 1 (günstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
5	32.8	22.0	10%	6	0.52	10.5	32.5
6	10.2	6.8	30%	17	0.63	26.4	33.2
7	6.4	4.3	30%	17	0.63	26.4	30.7
8	16.2	10.9	20%	11	0.59	18.8	29.7
9	20.0	13.4	10%	6	0.52	10.5	24.0
total				55	maximal		33.2

Lastfall 1 (ungünstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
6	10.2	6.8	50%	28	0.68	40.4	47.2
7	6.4	4.3	50%	28	0.68	40.4	44.7
total				55	maximal		47.2

Lastfall 2

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
6	10.2	6.8	50%	14	0.61	23.0	29.8
7	6.4	4.3	50%	14	0.61	23.0	27.3
total				28	maximal		29.8

Lastfall 3

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
2	63.0	42.3		0		3	0.54	5.5	47.8
...									
6	10.2	6.8	50%	8	30%	10	0.69	25.7	32.6
7	6.4	4.3	50%	8	30%	10	0.69	25.7	30.0
...									
13	72.8	48.9		0	10%	3	0.55	6.1	55.0
14	76.6	51.4		0		0			
...									
25	59.2	39.7		0		3	0.54	5.5	45.3
total				15	total	34	maximal		55.0

Lastfall 4

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
2	63.0	42.3	0.0%	0		3	0.54	5.5	47.8
...									
5	32.8	22.0	0.0%	0	20.0%	25	0.77	32.4	54.4
6	10.2	6.8	50.0%	5	30.0%	38	0.83	51.3	58.1
7	6.4	4.3	50.0%	5	30.0%	38	0.83	51.3	55.6
8	16.2	10.9	0.0%	0	20.0%	25	0.77	32.4	43.3
...									
13	72.8	48.9		0	10.0%	13	0.69	18.2	67.0
14	76.6	51.4		0		0			
...									
25	59.2	39.7	0.0%	0		3	0.54	5.5	45.3
total				10	total	125	maximal		67.0

Lastfall 5

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
2	63.0	42.3	0.0%	0		3	0.54	5.5	47.8
...									
5	32.8	22.0	0.0%	0	20.0%	13	0.69	18.3	40.3
6	10.2	6.8	50.0%	5	30.0%	19	0.74	32.1	38.9
7	6.4	4.3	50.0%	5	30.0%	19	0.74	32.1	36.4
8	16.2	10.9	0.0%	0	20.0%	13	0.69	18.3	29.2
...									
13	72.8	48.9		0	10.0%	6	0.61	10.3	59.1
14	76.6	51.4		0		0			
...									
25	59.2	39.7	0.0%	0		3	0.54	5.5	45.3
total				10	total	63	maximal		59.1

Tabelle 28 Annahmen zur Fahrgastverteilung und für die Haltezeit massgebende Fahrzeugtüren (Haltestelle Nord/Werktag)

Lastfall 1 (günstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
2	17	11.4	5%	6	0.53	11.7	23.1
3	13.2	8.9	30%	38	0.72	52.3	61.2
4	9.4	6.3	35%	44	0.74	59.5	65.8
5	13.2	8.9	30%	38	0.72	52.3	61.2
total				125	maximal		65.8

Lastfall 1 (ungünstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	8.9	50%	63	0.78	80.1	89.0
4	9.4	6.3	50%	63	0.78	80.1	86.4
total				125	maximal		89.0

Lastfall 2

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	8.9	50%	32	0.70	45.2	54.1
4	9.4	6.3	50%	32	0.70	45.2	51.5
total				63	maximal		54.1

Lastfall 3

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
3	13.2	8.9	50%	17	50%	8	0.70	35.0	43.9	
4	9.4	6.3	50%	17	50%	8	0.70	35.0	41.4	
...	11	92.4	62.0	0		3	0.54	5.5	67.5	
12	115.0	77.2		0		0				
13	111.2	74.6		0		0				
14	88.6	59.5		0		3	0.54	5.5	65.0	
...	25	47.2	31.7	0		3	0.54	5.5	37.2	
total				34	total		15	maximal		67.5

Lastfall 4

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
3	13.2	8.9	50%	17	50%	8	0.70	35.0	43.9	
4	9.4	6.3	50%	17	50%	28	0.81	55.2	61.5	
...	11	92.4	62.0	0	10%	6	0.60	9.2	71.2	
12	115.0	77.2		0		0				
13	111.2	74.6		0		0				
14	88.6	59.5		0	10%	6	0.60	9.2	68.6	
...	25	47.2	31.7	0		3	0.54	5.5	37.2	
total				10	total		55	maximal		71.2

Lastfall 5

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
3	13.2	8.9	50%	17	50%	8	0.70	35.0	43.9	
4	9.4	6.3	50%	17	50%	14	0.74	41.8	48.1	
...	11	92.4	62.0	0	10%	3	0.54	5.2	67.2	
12	115.0	77.2		0		0				
13	111.2	74.6		0		0				
14	88.6	59.5		0	10%	3	0.54	5.2	64.7	
...	25	47.2	31.7	0		3	0.54	5.5	37.2	
total				10	total		28	maximal		67.2

Tabelle 29 Annahmen zur Fahrgastverteilung und für die Haltezeit massgebende Fahrzeugtüren (Haltestelle Süd/Werktage)

Lastfall 1

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
2	63.0	52.5	0.0%	0		3	0.49	6.1	58.6	
...										
5	32.8	27.3	0.0%	0	20.0%	36	0.74	48.8	76.1	
6	10.2	8.5	50.0%	5	30.0%	54	0.79	74.5	83.0	
7	6.4	5.3	50.0%	0	30.0%	54	0.79	68.4	73.8	
8	16.2	13.5	0.0%	0	20.0%	36	0.74	48.8	62.3	
...										
13	72.8	60.7		0	10.0%	18	0.66	27.3	88.0	
14	76.6	63.8		0		0				
...										
25	59.2	49.3	0.0%	0		3	0.49	6.1	55.5	
total				10	total		180	maximal		88.0

Lastfall 2

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
2	63.0	52.5	0.0%	0		3	0.49	6.1	58.6	
...										
5	32.8	27.3	0.0%	0	20.0%	18	0.66	27.3	54.7	
6	10.2	8.5	50.0%	5	30.0%	27	0.71	45.1	53.6	
7	6.4	5.3	50.0%	5	30.0%	27	0.71	45.1	50.5	
8	16.2	13.5	0.0%	0	20.0%	18	0.66	27.3	40.8	
...										
13	72.8	60.7		0	10.0%	9	0.59	15.3	76.0	
14	76.6	63.8		0		0				
...										
25	59.2	49.3	0.0%	0		3	0.49	6.1	55.5	
total				10	total		90	maximal		76.0

Lastfall 3

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]	
2	63.0	52.5	0.0%	0		3	0.49	6.1	58.6	
...										
5	32.8	27.3	0.0%	0	20.0%	10	0.60	16.5	43.8	
6	10.2	8.5	50.0%	11	30.0%	15	0.66	39.0	47.5	
7	6.4	5.3	50.0%	11	30.0%	15	0.66	39.0	44.3	
8	16.2	13.5	0.0%	0	20.0%	10	0.60	16.5	30.0	
...										
13	72.8	60.7		0	10.0%	5	0.53	9.2	69.9	
14	76.6	63.8		0		0				
...										
25	59.2	49.3	0.0%	0		3	0.49	6.1	55.5	
total				22	total		49	maximal		69.9

Lastfall 4 (günstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
5	32.8	27.3	10%	8	0.50	16.0	43.3
6	10.2	8.5	30%	24	0.60	40.0	48.5
7	6.4	5.3	30%	24	0.60	40.0	45.3
8	16.2	13.5	20%	16	0.56	28.5	42.0
9	20.0	16.7	10%	8	0.50	16.0	32.7
total				80	maximal		48.5

Lastfall 4 (ungünstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
6	10.2	8.5	50%	40	0.65	61.3	69.8
7	6.4	5.3	50%	40	0.65	61.3	66.6
total				80	maximal		69.8

Lastfall 5

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
6	10.2	8.5	50%	20	0.58	34.4	42.9
7	6.4	5.3	50%	20	0.58	34.4	39.7
total				40	maximal		42.9

Tabelle 30 Annahmen zur Fahrgastverteilung und für die Haltezeit massgebende Fahrzeugtüren (Haltestelle Nord/Wochenende)

Lastfall 1

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	11.0	50%	5	50%	40	0.75	59.6	70.6
4	9.4	7.8	50%	5	50%	40	0.75	59.6	67.5
...									
11	92.4	77.0		0	10%	8	0.58	13.9	90.9
12	115.0	95.8		0		0			
13	111.2	92.7		0		0			
14	88.6	73.8		0	10%	8	0.58	13.9	87.7
...									
25	47.2	39.3		0		3	0.49	6.1	45.5
				total	10	total	80	maximal	90.9

Lastfall 2

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	11.0	50%	0	50%	20	0.67	29.9	40.9
4	9.4	7.8	50%	0	50%	20	0.67	29.9	37.7
...									
11	92.4	77.0		0	10%	4	0.57	7.0	84.0
12	115.0	95.8		0		0			
13	111.2	92.7		0		0			
14	88.6	73.8		0	10%	4	0.57	7.0	80.9
...									
25	47.2	39.3		0		3	0.54	5.5	44.9
				total	10	total	40	maximal	84.0

Lastfall 3

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Aussteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	11.0	50%	11	50%	25	0.71	50.2	61.2
4	9.4	7.8	50%	11	50%	25	0.71	50.2	58.1
...									
11	92.4	77.0		0	10%	5	0.53	9.2	86.2
12	115.0	95.8		0		0			
13	111.2	92.7		0		0			
14	88.6	73.8		0	10%	5	0.53	9.2	83.1
...									
25	47.2	39.3		0		3	0.49	6.1	45.5
				total	22	total	49	maximal	86.2

Lastfall 4 (günstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
2	17	14.2	5%	9	0.51	17.6	31.8
3	13.2	11.0	30%	54	0.69	78.7	89.7
4	9.4	7.8	35%	63	0.70	89.5	97.4
5	13.2	11.0	30%	54	0.69	78.7	89.7
				total	180	maximal	97.4

Lastfall 4 (ungünstig)

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	11.0	50%	90	0.75	120.6	131.6
4	9.4	7.8	50%	90	0.75	120.6	128.4
				total	180	maximal	131.6

Lastfall 5

Türe	Weglänge [m]	Gehzeit [s]	Einsteiger [%]	[P]	Personenfluss [P/s]	FGW-Zeit [s]	Total [s]
3	13.2	11.0	50%	45	0.67	67.6	78.6
4	9.4	7.8	50%	45	0.67	67.6	75.4
				total	90	maximal	78.6

Tabelle 31 Annahmen zur Fahrgastverteilung und für die Haltezeit massgebende Fahrzeugtüren (Haltestelle Süd/Wochenende)