

STUTTGART HAUPTBAHNHOF S21

PERSONENSTROMANALYSE

Auftraggeber:

Ministerium für Verkehr und Infrastruktur
Baden Württemberg
Hauptstädterstraße 67
70187 Stuttgart

Anbieter:

PTV
Planung Transport Verkehr AG
Haid- und Neu-Straße 15
76139 Karlsruhe

Niederlassung Düsseldorf
Gladbecker Straße 5
40472 Düsseldorf

Karlsruhe, Düsseldorf, Dezember 2013

Dokumentinformationen

Kurztitel	Stuttgart S21 Analyse der Fußgängerströme
Auftraggeber:	Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden Württemberg Referat 36 - Landesprojekt S 21 und Neubaustrecke Stuttgart - Ulm Hauptstädterstraße 67 70187 Stuttgart
Auftragnehmer:	PTV Transport Consult GmbH Harffstraße 43 40593 Düsseldorf
Auftrags-Nr.:	306316
Bearbeiter:	Andreas Schomborg, Volker Waßmuth, Peter Lange, Te Ron Nguyen
Version:	Schlussbericht
Autor:	Andreas Schomborg, Volker Waßmuth
Erstellungsdatum:	15.01.2013
zuletzt gespeichert:	17.12.2013 von
Speicherort:	\\Sd-wn-f01\56\Projekte\306316_Stuttgart_Personenstromanalyse_S21\Bericht\Personenstromanalyse_S21_171213.docx

Inhalt

1	Vorbemerkungen und Aufgabenstellung.....	5
2	Begutachtung der bestehenden Personenstromanalyse	5
2.1	Prognoseeckwerte	5
2.2	Tagesganglinie	6
2.3	Modal Split im Anreiseverkehr	6
2.4	Routing	7
2.5	Rechnerische Nachweise	11
2.6	Bewertung der Leistungsfähigkeitsnachweise.....	14
2.7	Berücksichtigung von Gepäck, Fahrrädern mobilitätssteingeschränkten Personen.....	16
3	Grundsätzliche Bewertung der Methodik	17
3.1	Verkehrsprognose	17
3.2	Verkehrsmodellierung.....	18
4	Ermittlung der Prognose-Spitzenstundenbelastung für den Kopfbahnhof	19
5	Statische Bewertung des Kopfbahnhofes	22
5.1	Qualitätsstufen.....	23
5.2	Bewertung der Bahnsteige.....	24
5.3	Bewertung des Querbahnsteigs.....	28
5.4	Bewertung der Durchgänge in Richtung Bahnsteighalle	29
5.5	Bewertung der Ausgänge bzw. des S-Bahn Tunnels	30
5.6	Bewertung der Treppen	30
6	Zusammenfassung/Fazit.....	32
7	Anmerkung aktuelle Entwicklung im HBS.....	34
8	Literaturverzeichnis	35
9	Anhang.....	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wege Prognose Spitzenstunde, Quelle [1]	9
Abbildung 2: Ausschnitt aus Anlage 6.4, Ebene -3 Zu- und Abgang zur S-Bahn	10
Abbildung 3: Kapazitätsverlust bei bidirektionalen Fußgängerströmen nach Weidmann 1993	15
Abbildung 4: Ergebnisse Verkehrszählung Durth Roos Consulting Januar 2009	20
Abbildung 5: Ergebnisse Verkehrszählung Durth Roos Consulting Juni 2009	21
Abbildung 6: Belastung des Querbahnsteigs morgendliche Spitzenstunde in [Pers/h] (Größere Darstellung siehe Anhang)	22
Abbildung 7: Bahnsteig 6 - Engstelle	24
Abbildung 8: Engstellen am Querbahnsteig	28
Abbildung 9: Durchgänge zur Kopfbahnsteighalle	29
Abbildung 10: Lage der Treppenanlagen	31

1 Vorbemerkungen und Aufgabenstellung

Im Projekt Stuttgart 21 wird der Stuttgarter Hauptbahnhof von einem Kopfbahnhof zu einem Durchgangsbahnhof umgebaut. Für das Projekt liegt eine Personenstromanalyse aus dem Jahr 2009 [1] mit einer zusätzlichen Detailbetrachtung aus dem Jahr 2012 [2] vor. In der Öffentlichkeit findet sich heute teilweise die Meinung, dass der bestehende Kopfbahnhof für die Fußgängerströme deutlich komfortabler ist als der geplante Durchgangsbahnhof. Die folgende Untersuchung begutachtet zunächst die bestehenden Personenstromanalysen [1] + [2] und verifiziert deren Ergebnisse. Nicht Bestandteil dieser Untersuchung ist die Bewertung des Bahnbetriebskonzeptes. In dieser Begutachtung werden die Vorgaben der Bahn bezüglich der Fahrpläne und Zugabfolgen nicht hinterfragt oder bewertet, sondern als gegeben angenommen.

Anschließend wird eine Verkehrsprognose für den bestehenden Kopfbahnhof durchgeführt. Es werden die bestehenden Prognosezahlen aus dem zuvor analysierten Gutachten [1] als Grundlage für die Prognose für den Kopfbahnhof genutzt. Die ermittelten Zu- und Abgangszahlen für den Durchgangsbahnhof werden unter Berücksichtigung des aktuellen Fahrplans auf die Bahnsteige des Kopfbahnhofs übertragen.

Abschließend werden die maßgebenden Querschnitte (horizontale Bewegungsflächen) und Treppen des Kopfbahnhofs entsprechend der Methode aus der bestehenden Personenstromanalyse rechnerisch bewertet. Der Bereich der Bahnsteige wird analog der Vorgehensweise aus dem bestehenden Gutachten mittels rechnerischen Nachweisen nach HBS [4] bzw. RiL 813 [5] bewertet. Die Verkehrsqualitäten aus dem bestehenden Gutachten für den Durchgangsbahnhof werden den neuen Ergebnissen für den Kopfbahnhof gegenübergestellt.

2 Begutachtung der bestehenden Personenstromanalyse

Vom Auftraggeber wurde im Vorfeld der Begutachtung ein Untersuchungsauftrag zum bestehenden Gutachten formuliert, an den sich die folgenden untersuchten Sachverhalte im Wesentlichen anlehnen.

2.1 Prognoseeckwerte

Die vorliegende Untersuchung basiert auf einer Verkehrsprognose aus dem Jahr 1997 [1]. Die Untersuchung prognostiziert das Verkehrsaufkommen für das Jahr 2010 und dient als Grundlage für den Planfeststellungsbeschluss aus dem Jahr 2005.

Aktuell wird im Haus der PTV die Prognose zum Regionalverkehrsmodell Stuttgart mit dem Prognosehorizont 2025 fertiggestellt. Der Vergleich von verschiedenen Modellgrundlagen, insbesondere der Vergleich von regionalen Untersuchungen mit kleinräumigen Objektprognosen gestaltet sich immer schwierig, insbesondere weil unterschiedliche Detaillierungsebenen betrachtet werden. Dennoch hat ein Vergleich der

Prognosezahlen gezeigt, dass die Untersuchungen zur Verkehrsentwicklung der Region kein Indiz dafür liefert, dass die angesetzte Prognose anzuzweifeln ist.

2.2 Tagesganglinie

Die Spitzenstundenwerte zur Umrechnung von Tageswerten auf Stundenwerte im Gutachten [1] sind in Tabelle 2 auf Seite 4 dargestellt. Aus der Literatur sind keine vergleichbaren empirisch ermittelten Werte aus der Region Stuttgart bekannt. Aus diesem Grund wurden diese durch Durth Roos Consulting (DRC) von Intraplan Consult übernommenen Annahmen mit Erfahrungswerten von ÖV-Fachplanern verglichen. Richtwerte für einen Spitzenstundenanteil liegen im Mittel von ca. 15%, wobei die Werte je nach Lage, funktionaler Struktur und betrieblichen Randbedingungen zwischen 10% und bis zu 25% oder 30% betragen. Diese Aussagen zeigen, dass die Größenordnung mit den in Tabelle 2 getroffenen Annahmen übereinstimmt. Tabelle 2 aus [1] zeigt, dass Intraplan Werte zwischen 13% und 25% als Spitzenstundenanteile für die einzelnen Umsteigebeziehungen angesetzt hat. Für den Regionalverkehr wird grundsätzlich der Höchstwert von 25% angesetzt. Für die S-Bahn-Reisenden werden 20% und für den Fernverkehr 15% Anteil am Tagesverkehr angesetzt. Insofern gibt es kein Indiz, dass die von Intraplan getroffenen Annahmen angezweifelt werden müssten. Es hätte sich angeboten, dass die Gutachter (DRC) auf die im Jahr 2009 durchgeführte Fußgängerverkehrszählung am Bahnhof Stuttgart zurückgegriffen hätten. Durch eine Auswertung der Ganztageszählungen hätten Spitzenstundenverkehrsanteile abgeleitet werden können. Mit diesen Werten wäre es möglich gewesen, die von Intraplan aus dem Jahr 1997 stammenden Angaben zu ersetzen oder zumindest zu plausibilisieren und nicht die Intraplan-Prognose vollständig zu übernehmen. Die größten Abweichungen entstehen dadurch, dass die Anteilsmatrix symmetrisiert ist, d.h. jeweils in beide Richtungen der gleiche Anteilswert vorliegt. Durch die Ermittlung von richtungsfeinen Spitzenstundenanteilen wäre es möglich gewesen, die während der Spitzenstunden auftretenden Richtungsüberhänge nachzubilden zu können. Insbesondere für die Bewertung von Fußgängerströmen können die auftretenden Gegenströme von maßgebender Bedeutung sein (vgl. Kapitel 2.6 und Abbildung 3). In der Konsequenz führt dies allerdings zu einer Abschätzung auf der sicheren Seite, da durch die Hochrechnung schwacher Relationen die Gesamtmenge überschätzt wird.

2.3 Modal Split im Anreiseverkehr

Die für die Anreiseverkehrsmittel angesetzten Zahlen basieren auf einer Erhebung zum Nutzerverhalten am Bahnhof Stuttgart von Durth Roos Consulting aus dem Dezember 1997. Bessere Zahlen kann es für diese Untersuchung nicht geben, da sie auf einer eigens durchgeführten Befragung beruhen. Es stellt sich lediglich die Frage, ob das Alter der Befragung nicht die Relevanz gefährdet. Jedoch konnten keine neueren Daten in der Literatur gefunden werden. Zudem sind aus der gängigen Planungspraxis keine spürbaren Verschiebungen im Modal Split des Anreiseverhaltens für Bahnutzer bekannt.

In einer von der PTV AG durchgeführten Erhebung für den Flughafenfernbahnhof Düsseldorf [6] (Vergleichsgrundlage für den Flughafenfernbahnhof Stuttgart) sind 25% der Bahnnutzer (Fernbahn, Regionalbahn oder S-Bahn) mit einem PKW gebracht worden, 14% sind mit einem PKW selbst gefahren und 61% sind mit dem Linienbus oder zu Fuß aus der unmittelbaren Nachbarschaft angereist. Der Fernbahnhof in Düsseldorf ist nur eingeschränkt vergleichbar mit dem HBF in Stuttgart. Es zeigt, sich wie zu erwarten, dass der Modal Split Anteil für Pkw- Nutzer in Düsseldorf am Flughafenbahnhof aufgrund der relativ guten Parkmöglichkeiten und der relativ schlechten ÖV-Erschließung (lediglich ein Linienbus im 10-Minuten-Takt) mit 39% relativ hoch liegt. Für den Fern- und Regionalverkehr prognostiziert die Untersuchung [1] für den Stuttgarter Hauptbahnhof einen Modal Split Anteil für PKW- Fahrer (Selbst- und Mitfahrer) im Zugang einen Anteil von ca. 19% und im Abgang von ca. 15%.

Die von Durth Roos Consulting angesetzten bzw. erhobenen Werte für den Modal-Split im An- bzw. Abreiseverkehr wirken plausibel und sind nicht anzuzweifeln.

2.4 Routing

2.4.1 Kundenverkehr

Aktuell wirbt die Deutsche Bahn mit Ihren Bahnhöfen als sog. Einkaufsbahnhöfe (vgl. <http://www.einkaufsbahnhof.de/de/stuttgart/startseite/>). Es werden attraktive Geschäfte (in Stuttgart sind es aktuell 40) beworben und es wird zum Flanieren, Einkaufen, Schlemmen und „Sehen und Gesehen werden“ eingeladen. Hinzu kommen durchgängige Öffnungszeiten zwischen 09:00 Uhr und 22:00 Uhr. Im Gutachten [1] wird grundsätzlich ausgeschlossen, dass Kunden ausschließlich aus Gründen des Kommerzes den Bahnhof besuchen. Diese Annahme ist anzuzweifeln. Bereits heute wird dies nicht der Fall sein und nach Umbau des Bahnhofs dürfte die Attraktivität gesteigert sein. Bei Betrachtung der Spitzenstunde ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Einfluss der reinen Einkaufsaktivitäten sehr begrenzt sein dürfte, da insbesondere während der morgendlichen Spitzenstunde kaum mit einem großen Anteil zusätzlicher Kunden zu rechnen ist.

Die im Gutachten angesetzte Anzahl an Kunden resultiert aus den Werten der ein-, aus- und umsteigenden Fahrgäste. Die Anteile der einkaufenden Umsteiger beispielsweise ist aus Analogieschlüssen aus eigenen Erhebungen [3] ermittelt worden. Diese Analogieschlüsse sind im Gutachten nicht weiter erläutert worden, so dass sie sich an dieser Stelle auch einer Bewertung entziehen.

Grundsätzlich wird im Gutachten [1] zwischen Fahrgästen unterschieden, die einen Umweg in Kauf nehmen und kommerzielle Flächen aufsuchen und solchen Fahrgästen, die den direkten Weg wählen. Es wird für jede Verkehrsbeziehung betrachtet, welcher Anteil der Reisenden noch einen mehr oder weniger großen Umweg einlegen, um die kommerziellen Flächen des Bahnhofs aufzusuchen.

Die einzelnen prozentualen Aufteilungen für die verschiedenen Nutzergruppen beruhen auf Annahmen. Im Gutachten wird angegeben, dass die Annahmen aus Analogieschlüssen aus den Erhebungen von Durth Roos Consulting aus den Jahren

1997 bzw. 2009 getroffen wurden. Diese Annahmen können nicht anhand von aktuell durchgeführten Erhebungen bestätigt oder widerlegt werden. Gleichfalls können diese Annahmen nicht nachvollzogen und bewertet werden, da sie im Gutachten nicht detaillierter beschrieben wurden.

Aufgrund der Erfahrungen des Gutachters (PTV) erscheinen die von Durth Roos Consulting getroffenen Annahmen für die kritischen Umsteigebeziehungen zwischen Fern-, / Regionalbahn und S-Bahn auf den ersten Blick überraschend. Die Gutachter (DRC) setzten an, dass 40% der Umsteiger zwischen diesen Verkehrssystemen während des Umsteigevorgangs noch den Umweg durch den Bonatzbau zu den kommerziellen Flächen in Kauf nehmen. Dieser 40%ige Anteil wirkt während des morgendlichen Pendlerverkehrs relativ hoch, wird allerdings durch Werte aus [3] bestätigt. Ein niedrigerer Prozentsatz würde dazu führen, dass die kritischen Bereiche zum direkten Abgang zur S-Bahn stärker belastet würden.

Auf der anderen Seite wird vorgegeben, dass die Umsteiger zwischen Fern- / Regionalbahn und Fern- / Regionalbahn gar nicht die kommerziellen Flächen aufsuchen. Ein höherer Prozentsatz würde in diesem Fall zu einer zusätzlichen Belastung der Stege führen. Diese Prozentsätze wirken ebenfalls überraschend, werden jedoch durch die empirische Erhebung aus dem Jahr 1997 [3] gestützt. Durch die Verwendung dieser Prozentsätze, welche im Kopfbahnhof erhoben wurden, liegt das DRC Gutachten an dieser Stelle nicht auf der sicheren Seite.

2.4.2 Passanten zwischen „alter City“ und neuem Stadtviertel

Im Rahmen der Personenstromanalyse [1] werden zwei Szenarien betrachtet. In Szenario 1 treten keine Passanten zwischen der City und dem neuen Stadtviertel auf. D.h. es gibt zukünftig keine Personen, welche den neuen Bahnhof als Durchgang von der „alten City“ in das neue Stadtviertel nutzen.

Szenario 2 geht davon aus, dass näherungsweise das Passantenaufkommen zu erwarten ist, das die untere Königsstraße frequentiert. Aus Sicht des Gutachters (PTV) ist Szenario 1 zu vernachlässigen, es wird als unrealistisch und Szenario 2 wird als maßgebend eingestuft. Alleine auf Grund der Besonderheiten im Planungsablauf in den vergangenen Jahren wird der Hauptbahnhof Stuttgart nach Fertigstellung des Umbaus in den ersten Jahren vermutlich nicht nur von Reisenden stark frequentiert. Bereits kurzfristig nach Eröffnung des Bahnhofs, aber insbesondere langfristig, liegt die von DRC getroffene Annahme das Passantenaufkommen aus der Königsstraße näherungsweise zu nutzen, deutlich auf der sicheren Seite.

2.4.3 Kontrolle der Randsummen

Zunächst wurde das Modell an den Übergängen der fünf Ebenen betrachtet. Es wurde geprüft, ob an den vertikalen Übergängen wie Treppen und Rampen an die jeweils angrenzenden Bezirke auf den einzelnen Ebenen die gleichen Werte in die horizontalen Netze eingespeist wurden. Bei dieser einfachen Prüfung konnten keine Abweichungen festgestellt werden.

Im zweiten Schritt wurde versucht, die in Anlage 4 als Eingangsdaten der Simulation ausgewiesene Matrix (vgl. Abbildung 1) mit den Daten aus dem Verkehrsmodell abzugleichen. Die Tabelle weist aus, dass in Summe 13.215 Reisende in die S-Bahn einsteigen und die gleiche Summe wieder aussteigt. In Summe treten demnach in der Spitzenstunde 26.430 Wege im Bahnhof auf, welche ihre Quelle oder ihr Ziel in der S-Bahn haben. Fast exakt diese Zahl findet sich in den Verkehrsmengendarstellungen (Anlage 5, Variante 1.4, Ebene -3) wieder. Die Randsumme der U-Bahn Ein- bzw. Aussteiger wird in der Tabelle mit jeweils 14.350 Reisenden angegeben (vgl. Abbildung 1).

Ein- und Aussteiger im Hauptbahnhof Stuttgart
Spitzenstunde Prognosehorizont : Inbetriebnahme [Pers. / Std.]
Zusammenstellung der Daten zur Anwendung in der Simulation

von	nach	Fern-/ Regionalverkehr	S-Bahn	U-Bahn	Bus	PKW	Taxi	Fuß	Summe
Fern-/ Regionalverkehr		2.870	3.645	4.420	1.210	515	220	2.990	15.870
S-Bahn		3.645	0	4.740	1.000	0	0	3.830	13.215
U-Bahn		4.420	4.740	2.030	320	0	0	2.840	14.350
Bus		1.210	1.000	320	160	0	0	615	3.305
PKW		515	0	0	0	200	0	0	715
Taxi		220	0	0	0	0	0	0	220
Fuß		2.990	3.830	2.840	615	0	0	0	10.275
Summe		15.870	13.215	14.350	3.305	715	220	10.275	57.950

Datengrundlage : Intraplan, 1997, Stuttgart 21 - Erarbeitung eines Mengengerüstes

	Spitzenstundenmatrix
123	Spitzenstundenmatrix, Fern-/ Regionalverkehr zusammengefasst
123	Spitzenstundenmatrix, aufgeteilt in Fuß, PKW, Taxi nach Personenstromanalyse DRC
123	Personenstromanalyse DRC

Abbildung 1: Wege Prognose Spitzenstunde, Quelle [1]

Im Modell findet sich eine Belastung von lediglich 12.788 Reisenden. Im Querschnitt bedeutet dies eine Abweichung von über 3.100 oder ca. 1.550 Wege je Richtung. Diese Abweichungen entstehen zum Einen durch Umsteiger zwischen Fern- und Regionalzügen sowie der U-Bahnstation Staatsgalerie, welche von den Fern- und Regionalbahngleisen direkt erreichbar ist. Zum Anderen werden Umsteiger berücksichtigt, welche zwischen verschiedenen U-Bahnlinien auf demselben Bahnsteig umsteigen und somit die Treppenanlagen ebenfalls nicht frequentieren.

Die übrigen Randsummen für den Fern-/ Regionalverkehr, für den Bus, Pkw, Taxi und zu Fuß lassen sich mit den vorhandenen Informationen ohne Erläuterung des Modells nur bedingt abgleichen, da zu viele Randbedingungen offen sind und mit den vorliegenden Zahlen kein eindeutiger Abgleich möglich ist. Die Größenordnungen der verglichenen Werte passen jedoch zueinander.

Neben den Randsummen wurde auch versucht, einzelne Umsteigewerte, z. B. der Umstieg von der S-Bahn zum Fern- und Regionalverkehr. In der Summe sind dort je

Richtung 3.645 Reisende in der Tabelle ausgewiesen. Auf Seite 9 im Gutachten wird gesagt, dass 60% der Umsteiger den direkten Zugang von den Fern- und Regionalbahnsteigen über den S-Bahn-Verteiler zum S-Bahnsteig nutzen. Damit sollten ca. 2.190 Reisende die direkten Treppen zu den Bezirken 12-15 nutzen, um diesen Weg zu gehen. Die übrigen ca. 1.460 Reisenden, welche noch die kommerziellen Flächen des Bahnhofs nutzen möchten, sollten die direkten Aufgänge auf die Ebene -1 an den Bezirken 8 und 9 nutzen. Summiert man nun die Treppenaufgänge an den Bezirken 12 bis 15 auf, so erhält man in der Summe 2.523 Reisende (vgl. Abbildung 2). Dies bedeutet im Vergleich zu den ca. 2.190 Reisenden eine Abweichung von ca. 330 Personen je Richtung. Bei den zusätzlich angezeigten Personen handelt es sich um Fußgänger, welche zwischen der S-Bahnebene und dem neuen Stadtteil nordöstlich des Hauptbahnhofs bzw. zwischen der S-Bahnebene und dem Kurt-Georg-Kiesinger-Platz verkehren.

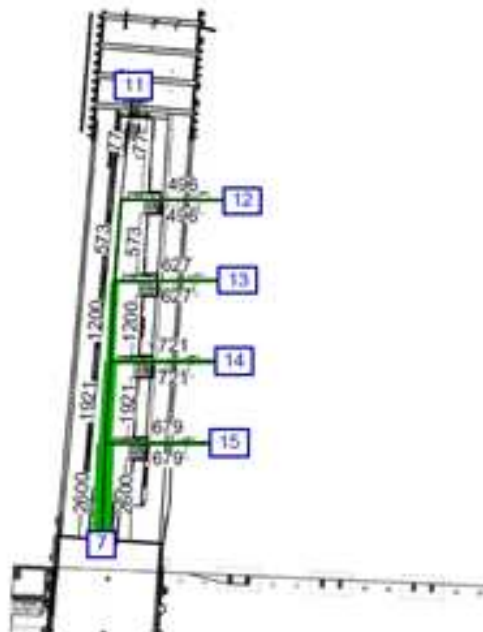


Abbildung 2: Ausschnitt aus Anlage 6.4, Ebene -3 Zu- und Abgang zur S-Bahn

Dieses Beispiel ist eine der Möglichkeiten, um die aus dem Modell heraus dargestellten Personenströme mit den zuvor als Matrix ausgewiesenen Vorgaben abzugleichen. An anderen Stellen ist dies kaum möglich, da zu viele verschiedene Verkehrsströme miteinander überlagert werden müssen und jeweils Annahmen getroffen wurden wie die einzelnen Ströme geführt wurden. Aus Sicht des Gutachters (PTV) lassen sich diese Prozesse nicht ohne die Kenntniss der jeweiligen von Durth Roos Consulting getroffenen Annahmen tiefer gehend bewerten.

2.4.4 Verteilung auf die Bahnsteige

In [1] erfolgt die Aufteilung der Fahrgäste auf die vier Bahnsteige aufgrund des geplanten Betriebskonzeptes für den Durchgangsbahnhof. In der Summe werden 16.012 Einsteiger und 16.019 Aussteiger auf die Bahnsteige verteilt. Diese Zahlen liegen sogar noch

geringfügig über den in Abbildung 1 ausgewiesenen Werten. Die Aufteilung der Personenzahlen je Bahnsteig beruht auf der Anzahl der haltenden Züge:

- Bahnsteig 1 : 3.274 Einsteiger, 3.051 Aussteiger (2,75 Zugpaare je Stunde)
- Bahnsteig 2 : 4.722 Einsteiger, 4.952 Aussteiger (4,5 Zugpaare je Stunde)
- Bahnsteig 3 : 4.370 Einsteiger, 4.484 Aussteiger (4 Zugpaare je Stunde)
- Bahnsteig 4 : 3.646 Einsteiger, 3.532 Aussteiger (3,25 Zugpaare je Stunde)

Insgesamt wurden demnach 29 Züge in der Spitzenstunde berücksichtigt. Aufgeteilt auf einzelne Zugpaare bedeutet dies, dass mindestens 1.049 und maximal 1.191 ein- bzw. aussteigende Personen je Bahnsteig und Zugpaar Berücksichtigung finden. Diese Zahlen je Zugpaar bilden die Grundlage der im Folgenden beschriebenen rechnerischen Nachweise.

Generell ist diese Vorgehensweise angemessen. Es wird von dem ungünstigen Fall ausgegangen, dass immer zwei Züge gleichzeitig halten. Eine gleichmäßige Aufteilung der Fahrgäste ist zwar in der Realität nicht zu erwarten, aufgrund der sehr hohen Gesamtpersonenzahl (vgl. Kapitel 3.1) fällt diese günstige Annahme jedoch kaum ins Gewicht.

2.5 Rechnerische Nachweise

Die rechnerischen Nachweise im Rahmen der Untersuchung bestimmen die Verkehrsqualität der Durchgänge und Treppen im Bahnhof. Dies erfolgt anhand des Leistungsfähigkeitsnachweises nach HBS sowie nach der Bahnrichtlinie RIL 813.

Folgend wird die Vorgehensweise der Berechnungen anhand der einzelnen Spalten erläutert und bewertet. Tabelle 1 verdeutlicht als Übersicht die Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsnachweise. Jede Spalte ist nummeriert von 1-24 und wird im Folgenden erläutert.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Bahnsteig	Treppe	von	nach	Treppentyp	vorf. Treppentenne versch. B.	Anzahl Fahr-treppen	vorhandene Verkehrsfläche (Plan. fl.)	vorhandene Verkehrsfläche (Plan. fl.)	Zugpaare pro Spitzenst. (Züge)	Personen pro Zugpaar (Personen)	Belastungs-kapazität (Pl.)	Verkehrs-stärke q	Abzug W-wert	Real-belastung Treppentyp	Angebot-ungedehnt f _g	Geh-geschw. v	Fußgänger-dichte k	Qualität	ert. Treppen-breite B _g	Nachweis	restliche Breite (m)	Bemerkung	Umver-teilung aus (Plan. fl.)	Umver-teilung zu (Plan. fl.)	
		Bahnsteig 2	18	1	1	1	1	1	1.204	1.204	1.204	4,50	272	300	0,91	0,94	0,90	1,06	0,60	0,40	C	4,36	0,36		
Bahnsteig 1	22	1	1	1	1	1	1.191	1.191	1.191	2,75	422	300	1,41	0,94	0,47	1,06	0,60	0,40	C	10,34	0,94				

Tabelle 1: Nachweis der Treppenbreiten, Anlage 10.4 Quelle: [1] (vgl. Anhang 1)

- 1: Bestimmung der Treppe entsprechend Untersuchung Anlage 8
- 2: Bestimmung der untersuchten Richtung der Treppenanlage

- 3: Angabe des vorhandenen Treppentyps: Festtreppe oder Fahrtreppe
- 4: Angabe der Treppenbreite der Festtreppe; die Breite der Fahrtreppe wird nicht angegeben, da diese eine konstante Breite hat
- 5: Angabe der Anzahl der Fahrtreppen
- 6 und 7: Angabe der aus dem Modell bestimmten Verkehrsstärke der Treppe getrennt nach Richtung
- 8: Summe der Verkehrsstärken aus 6 und 7; bei richtungsfeiner Berechnung nur Betrachtung der Verkehrsstärke einer Richtung (6 oder 7)
- 9: Bei Bahnsteigzugängen wird eine Berechnung nach dem Ansatz der Stoßbelastung durchgeführt, mit dem die Verkehrsstärke pro Sekunde auf Grundlage der Verkehrsstärke pro Stunde sowie der Anzahl der Züge bestimmt wird; (9) gibt für die Spitzenstunde die Anzahl der Zugpaare entsprechend dem geplanten Betriebsprogramm an.

Ist keine Angabe zu der Zuganzahl pro Stunde vorhanden oder liegt die Treppe nicht im direkten Zu- und Abgangsbereich der Bahnsteige, wird die Umrechnung der Verkehrsstärke pro Stunde in die Verkehrsstärke pro Sekunde anhand eines anderen Berechnungsverfahrens durchgeführt (vgl. Spalte 12)

- 10: Anhand der Verkehrsstärke pro Stunde und der Anzahl der Zugpaare pro Stunde wird die Anzahl der Personen je Zugpaar ermittelt ((8)/(9)=(10))
- 11: Zur Bestimmung der Verkehrsstärke pro Sekunde ist die Angabe der Bahnsteigräumzeit notwendig; diese beschreibt die Zeitdauer, bis alle Fahrgäste eines Zuges den Bahnsteig verlassen haben. Die Richtlinie der Bahn [5] sagt, dass in der Regel 120s bis 180s Bahnsteigräumzeit angenommen werden können. Dies wird dadurch gelockert, dass alternativ auch die engste technisch mögliche Zugfolgezeit angesetzt werden kann. Im zu bewertenden Gutachten wird von der Regel abgewichen und eine Bahnsteigräumzeit von bis zu 240s akzeptiert. Sofern die technisch mögliche Zugfolgezeit nicht unter 240s liegt, ist dieses Vorgehen aus Sicht des Gutachters (PTV) zulässig. Die Beurteilung ob grundsätzlich kürzere Zugfolgezeiten möglich sind, ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.
- 12: Die Verkehrsstärke pro Sekunde ergibt sich aus der Anzahl der Personen pro Zug und der Bahnsteigräumzeit ((10)/(11)=(12))

Nach dem Berechnungsverfahren nach [5] wird die Stundenverkehrsstärke auf Verkehrsstärken für kürzere Intervalle umgerechnet. Dabei werden zuerst ein Viertelstundenwert und anschließend ein 2-Minutenwert ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass es sich dabei um Werte für die Spitzenviertelstunde sowie den Spitzenwert im 2-Minutenintervall handelt. Es gelten folgende Berechnungsvorschriften:

$$Q_{15min} = 1,3 * \frac{Q_{60min}}{4}$$

$$Q_{2min} = 1,38 * \frac{Q_{15min}}{7,5}$$

$$Q_{1s} = \frac{Q_{2min}}{120}$$

- 13: Angabe der Kapazität der Fahrtreppe der jeweiligen Richtung; Diese wurde bestimmt anhand der Vorgaben aus [5] mit folgenden Angaben:
 - Theoretische Personenzahl je Stufe bei 0,8m Breite: 1,5
 - Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung realistischer Stufenbesetzung bei Nah- und Veranstaltungsverkehr: 0,5
 - Geschwindigkeit Fahrtreppe: 0,5m/s
 - Stufentiefe: 0,4m

$$Q_{Fahrtreppe} = \frac{1,5 \frac{Personen}{Stufe} * 0,5 * 0,5 \frac{m}{s}}{0,4m} = 0,9375 \frac{Personen}{s}$$

- 14: Es wird angenommen, dass die Kapazität der Fahrtreppe vollständig ausgenutzt wird; daher wird die Belastung der Festtreppe durch die gegebene Verkehrsstärke abzüglich der Kapazität der Fahrtreppe bestimmt: ((12)-(13)=(14))
- 15: Der Angleichungsfaktor dient der Berücksichtigung der Störung eines Fußgängerstromes durch einen Gegenstrom; es wird eine fiktive Verkehrsstärke bestimmt, mit der die Störung durch den Gegenstrom beachtet wird. Der Faktor 1,05 wurde dem HBS [4] entnommen und ist für Zweirichtungsverkehr bei einem Gegenverkehrsanteil von mehr als 15% der Gesamtverkehrsstärke zu verwenden
- 16: Angabe der angesetzten Gehgeschwindigkeit; 0,61 m/s entspricht der Empfehlungen aus [3], 0,6 m/s der Empfehlung aus [5]
- 17-21: Berechnungsverfahren:
 - Die Qualität eines Durchgangs oder einer Festtreppe bestimmt sich anhand der Fußgängerdichte. Dabei sind folgende Grenzwerte anhand des HBS angenommen worden:

QSV	Fußgängerverkehrsdichte k [Pers/m ²]	
	Fußgängerbewegungen ¹⁾	Warte-situationen
A	≤ 0,10	≤ 1,00
B	≤ 0,25	≤ 1,50
C	≤ 0,40	≤ 2,00
D	≤ 0,70	≤ 3,00
E	≤ 1,80	≤ 6,00
F	> 1,80	> 6,00

¹⁾ Die fiktive Fußgängerverkehrsdichte bezieht sich auf Fußgänger im Einrichtungsverkehr (bei Gegenverkehr modellmäßig in Einrichtungsverkehr umgewandelt).

Tabelle 2: Grenzwerte der Fußgängerverkehrsdichte für Fußgängerbewegungen und in Wartesituationen[4]

- Bei der Berechnung wurde der Grenzwert zu Qualitätsstufe C (0,4 P/m²) als maßgebende Verkehrsdichte angesetzt (Spalte 17 und 18). So lange ein

bewertetes Verkehrsobjekt noch mindestens die Qualitätsstufe C erreicht sind die Qualitätsvorgaben der Bahn erfüllt. Es wird anhand der gegebenen Daten die für die Qualitätsstufe C erforderliche Treppenbreite B (Spalte 19) ermittelt:

➤ $B = \frac{q \cdot f_q}{k \cdot v}$ entspricht in der Tabelle (19) = $\frac{(14) \cdot (15)}{(17) \cdot (16)}$

- Mit Verkehrsstärke q (14)
- Angleichungsfaktor f_q (15)
- Gehgeschwindigkeit v (16)
- Verkehrsdichte k (17)

Wenn die erforderliche Breite kleiner ist als die vorhandene, ist der Nachweis für Qualitätsstufe C erbracht (Spalte 20) und es wird angegeben, wie viel größer die vorhandene Treppe gegenüber der erforderlichen Breite ist (Spalte 21)

Falls die erforderliche Breite größer ist als die vorhandene, wird die Berechnung für die Qualitätsstufe D ($0,7 \text{ P/m}^2$) wiederholt.

- 22-24: Kann eine ausreichende Qualitätsstufe nicht nachgewiesen werden, wird eine Umverteilung auf nahegelegene Treppen empfohlen.

Bei den Leistungsfähigkeitsnachweisen der Durchgangsbreiten ist das Vorgehen geringfügig anders. Auftretende Unterschiede werden im Folgenden erläutert:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Durchgang			Vorhandene Breite					Ansatz Stollenbelastung ¹⁾			Angebotene Qualität					Nachweis		Bemerkung		
Nr.	Beschreibung	Ebene	Breite netto vorh B [m]	Verlustbreite B _s [m]	Breite netto vorh B+B _s [m]	vorhandene Verkehrsfläche [Pers./h]	vorhandene Verkehrsfläche q [Pers./h]	Fußgänger-Verkehrsstärke S [Züge/h]	Zugarm pro Spaltenst. (Züge/h)	Personen pro Zugarm (Pers./Zug)	Bahnsteig-Fläche (m²)	Fußgänger-Verkehrsstärke s [Pers./h]	Angebotene Qualität f _q [h]	Gehgeschw. v [m/s]	Fußgänger-Verkehrsdichte k [Pers./m²]	Qualitätsstufe	erf. Gehwegbreite B _{erf} [m]		Nachweis [m]	restliche Breite [m]
U1	Bahnhofspl. 2	-1	5,10	2,18	2,92	1.189	1.189	2.328	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	3,48	-0,38	-	
U1		-1	5,10	2,18	2,92	1.189	1.189	2.328	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	3,22	-0,31	-	
U2		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
U2		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
U3		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
U3		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
U4		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
U4		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,50	
V1		-1	5,10	2,18	2,92	868	753	1.581	2,75	575	180	3,19	1,05	1,34	0,70	D	3,58	-0,68	-	
V1		-1	5,10	2,18	2,92	868	753	1.581	2,75	575	180	3,19	1,05	1,34	0,70	D	3,58	-0,68	-	
V2	Bahnhofspl. 1	-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V2		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V3		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V3		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V4		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V4		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V6		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
V6		-1	4,10	2,18	1,92	868	868	1.736	4,50	520	100	4,50	1,05	1,34	0,70	D	2,42	OK	0,24	
W1		S-Bahn Verteiler	-2	4,07	0,50	4,57	973	973	1.946	9,07	1,05	1,34	0,40	C	1,12	OK	1,24	-	1,16	
W2			-2	3,50	0,50	4,00	1.200	1.200	2.400	1,20	1,05	1,34	0,40	C	2,35	OK	0,65	-	0,65	
W3	-2		4,04	0,50	4,54	1.023	1.023	2.046	1,02	1,05	1,34	0,40	C	2,15	OK	1,39	-	1,16		
W4	-2		4,07	0,50	4,57	2.000	2.000	4.000	2,00	1,05	1,34	0,40	C	5,99	OK	-1,02	-	1,16		
W5	-2	7,57	0,50	8,07	2.000	2.000	4.000	2,00	1,05	1,34	0,40	C	5,99	OK	2,37	-	2,37			
X1	Stieg Nord	0	14,78	0,00	14,78	3.933	3.933	7.866	3,93	1,05	1,34	0,40	C	7,68	OK	7,68	-	7,68		
X2		0	15,17	1,00	16,17	3.660	3.384	6.844	3,42	1,05	1,34	0,40	C	6,70	OK	2,47	-	2,47		
X3		0	13,88	1,50	15,38	3.144	1.766	3.610	3,14	1,05	1,34	0,40	C	5,46	OK	9,44	-	9,44		
X4		0	15,02	0,00	15,02	870	871	1.741	0,86	1,05	1,34	0,40	C	1,68	OK	13,33	-	13,33		
Y1	Stieg Mitte	0	37,35	0,00	37,35	7.106	7.107	14.213	7,11	1,05	1,34	0,40	C	13,92	OK	23,40	-	23,40		
Y2		0	37,35	1,00	38,35	7.106	7.107	14.213	7,11	1,05	1,34	0,40	C	13,92	OK	23,40	-	23,40		
Y3		0	35,48	1,00	36,48	6.221	6.126	12.347	6,17	1,05	1,34	0,40	C	12,09	OK	21,30	-	21,30		
Y4		0	37,35	1,00	38,35	4.656	4.674	9.330	4,67	1,05	1,34	0,40	C	9,73	OK	27,60	-	27,60		
Y5		0	35,48	1,00	36,48	2.617	2.688	5.305	2,65	1,05	1,34	0,40	C	5,20	OK	30,20	-	30,20		
Y6		0	7,39	0,00	7,39	952	972	1.924	0,96	1,05	1,34	0,40	C	1,98	OK	5,51	-	5,51		

Tabelle 3: Nachweis der Durchgangsbreiten, Anlage 10.2 Quelle: [1] (vgl. Anhang 2)

- 4, 5, 6: Bei Durchgängen werden Verlustbreiten angegeben, da Fußgänger zu bestimmten Bereichen Abstand halten, diese Fläche also ungenutzt bleibt. Dies sind zum Beispiel Schaufenster, strukturierte Wände oder ähnliches
- 15: Die Gehgeschwindigkeit in der Ebene ist nach [4] mit 1,34 m/s angestzt

2.6 Bewertung der Leistungsfähigkeitsnachweise

Die Vorgehensweise bei der Bestimmung der Leistungsfähigkeitsnachweise erfolgt wie oben beschrieben auf Grundlage vorhandener, anerkannter Regelwerke. Die

grundsätzliche Methode der Berechnung sowie die Grenzwertvorgaben sind daher nicht zu bemängeln. Es ist jedoch anzumerken, dass Berechnungsvorschriften teilweise aus [4] und teilweise aus [5] entnommen sind. Dieses Vorgehen führt nicht zu starken Abweichungen in der Bewertung, da die Berechnungen des jeweils anderen Regelwerkes ähnlich sind, trotzdem wäre eine einheitliche Anwendung der Regelwerke leichter nachzuvollziehen.

Der Angleichungsfaktor für die Betrachtung der Störung durch Gegenströme wurde einheitlich mit 1,05 angesetzt. Diese Annahme scheint für die meisten Fälle angebracht. In der folgenden Grafik ist zu erkennen, dass die Wirkung von Gegenströmen sehr unterschiedlich sein kann und die Kapazität eines Stromes gerade bei geringen Gegenströmen stark sinken kann. Daher ist die Annahme eines konstanten Faktors nur bedingt sinnvoll. In Grenzbewertungen könnte ein höherer Faktor von bis zu ca. 1,15 (vgl. Abbildung 3) zu einer schlechteren Verkehrsqualität führen.

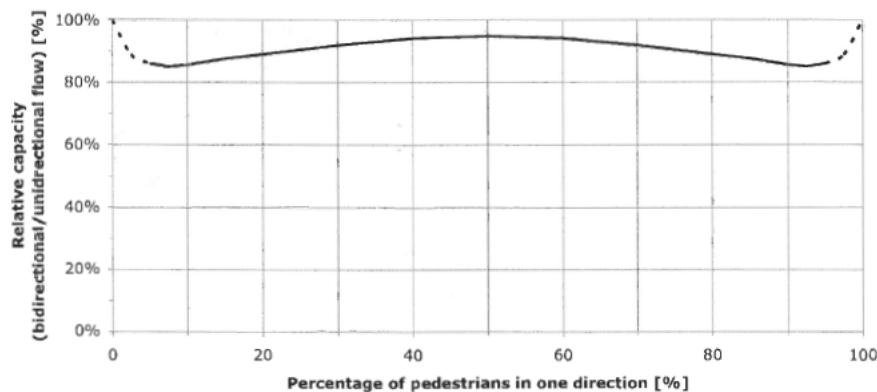


Figure 24 Capacity loss for bidirectional pedestrian flows in function of the proportion of the directional flows (Weidmann 1993)

Abbildung 3: Kapazitätsverlust bei bidirektionalen Fußgängerströmen nach Weidmann 1993

Gerade während der sog. Spitzenstundenbereiche ist tendenziell mit starken Richtungsüberhängen zu rechnen. Da in dieser Untersuchung auf die richtungsgetrennte Prognose der Verkehrsströme verzichtet wurde, tritt eine entsprechende Kapazitätsreduktion nicht auf. Durch die symmetrische Betrachtung der Ströme wurde die Schwachlastrichtung zu hoch prognostiziert. Dieser Punkt fällt deutlich stärker ins Gewicht, als die mögliche höhere Kapazitätsreduktion bei ungleichen Strömen.

Für die angesetzten Gehgeschwindigkeiten wurden für die Berechnungen Werte verwendet, die aus den Richtlinien [4] und [5] entnommen wurden. Dies ist für den grundlegenden Berechnungsansatz richtig.

Die Berechnung der erforderlichen Treppen- und Durchgangsbreiten wurde auf Grundlage der Richtwerte nach [4] durchgeführt. Zu beachten ist, dass im bestehenden Gutachten anders als in [4] vorgegeben, methodisch vorgegangen wurde. Anstatt auf Basis der vorhandenen Treppenbreiten die entstehenden Verkehrsdichten und im Anschluss daran die entstehenden Qualitätsstufen zu bestimmen, wurde hier anhand der angesetzten Verkehrsdichte überprüft, ob eine ausreichende Verkehrsqualität (QSV C bis

D) erreicht wird. Es wurde nicht differenziert, welche tatsächliche Qualitätsstufe eintritt. Mit dem Erreichen von QSV C wurde das Ziel erreicht. Mögliche bessere Qualitäten wurden nicht geprüft. Anhand der beispielhaften Überprüfung der Anlage 9.5 ist zu erkennen, dass einige Festtreppen eine deutlich bessere Verkehrsqualität erreichen, als im ursprünglichen Gutachten ausgewiesen wurden. Alle grün gekennzeichneten Felder und damit Treppen haben eine Qualität von QSV A oder B.

Im Endeffekt ist für die Nachweise nicht entscheidend, ob die Qualität QSV A, B oder C ist. Allerdings wirkt die ganze Untersuchung bei Ausweisung von Qualitäten ausschließlich im Bereich QSV C oder D zunächst einmal eher überraschend, da es eher ungewöhnlich ist ausschließlich Werte im Bereich zwischen QSV C und D auszuweisen.

Treppe	Ebene	Breite	Fahrtreppen	Personenverkehrsstärke	1	2	Abzug	Fahrtreppen	Fußgängerverkehrsstärke	Zugpaare	Personen pro Zugpaar	Bahnsteigräumleit	FG Verkehrsstärke nach Abzug	Verkehrsstärke nach Abzug	Angleichungsfaktor	Gehgeschw	Angesetzte FG-Dichten	Qualitätsstufe	für Qualitätsstufe erforderliche Gehwegbreite	Nachweise (vorhandene Restbreite)
26	1	2,21	0	43	29	0			72				0,04	1,05	0,61	0,1	A		0,62	1,59
27	1	2,5	0	43	57	0			100				0,05	1,05	0,61	0,1	A		0,86	1,64
28	1	2,95	0	1035		0				7,25	142,76	300	0,48	0,48	1,05	0,6	0,4	C		
28	0		1		1035	0,94			2070	7,25	142,76	150	0,95	0,01	1,05	0,6	0,4	C	2,14	0,81
29	1	2,3	1	398		0,94				8,25	48,24	300	0,16	0,00						
29	0		1	398		0,94			796	9,25	43,03	120	0,36	0,00	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,30
30	1	2,3	1	398		0,94				8,25	48,24	300	0,16	0,00						
30	0		1	398		0,94			796	9,25	43,03	120	0,36	0,00	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,30
31	0	2,45	0	183	183	0,00			366				1,18	1,05	0,61	0,25	B	1,26	1,19	
32	0	2,27	1	1939	1939	0,94			3878				1,94	1,05	0,61	0,7	D/E	2,46	-0,19	
32																				
33	0	1,94	2	303	303	1,88			606				0,30	1,05	0,61	0,1	A	0,00	1,94	
34	0	2,13	1	836	836	0,94			1672				0,84	1,05	0,61	0,1	A	0,00	2,13	
35	0	7,75	2	3392	3392	1,88			6784				2,39	1,05	0,61	0,4	C	6,53	1,22	
36	0	17,57	0	816	816	0,00			1632				0,82	1,05	0,61	0,1	A	14,06	3,51	
37	1	4	0	25	25	0,00			50				0,03	1,05	0,61	0,1	A	0,43	3,57	
38	1	4,74	0	30	30	0,00			60				0,03	1,05	0,61	0,1	A	0,52	4,22	
39	-1	5	1	2653		0,94			2653				1,33	0,39						
39	-3		0		1014	0,00				7,25	139,86	150	0,93	0,93						
39	-3		1		1639	0,94			5306	24	68,29	150	0,46	-0,48	1,05	0,6	0,4	C	3,67	1,33
40	-1	2,38	1	4376		0,94			4376				2,19	1,25						
40	-3		0		311	0,00				7,25	42,90	240	0,18	0,18						
40	-3		1		4065	0,94			8752	24	169,38	240	0,71	-0,23	1,05	0,6	0,7	D/E	2,99	-0,61
41	-1	2,4	0	498		0,00				3,25	153,23	120	1,28	1,28						
41	-2		1		498	0,94			996	3,25	153,23	300	0,51	-0,43	1,05	0,6	0,7	D	2,13	0,27
42	-1	2,4	1	629		0,94				4	157,25	300	0,52	0,00						
42	-2		0		629	0,00			1258	4	157,25	180	0,87	0,87	1,05	0,6	0,7	D	2,18	0,22
43	-1	2,4	0	721		0,00				24	30,04	120	0,25	0,25						
43	-1		1		721	0,94			1442	7,25	99,45	300	0,23	1,25	1,05	0,6	0,25	B	1,75	0,65
44	-1	2,4	0	679		0,00				24	28,29	120	0,24	0,24						
44	-2		1		679	0,94			1358	7,25	93,66	300	0,31		1,05	0,6	0,25	B	1,65	0,75
45	-1	2,1	2	77	77	1,88			154				0,08	1,05	0,61	0,1	A	0,00	2,10	
46	-2	3,1	1	2601		0,94				7,25	358,76	240	1,49	0,56						
46	-3		1		2601	0,94			5202	7,25	358,76	300	1,20	0,26	1,05	0,6	0,7	D	2,04	1,06
47	-1	6,4	1	3586		0,94			3586				1,79	0,86						
47	-3		0		133	0,00				7,25	18,34	120	0,15	0,15						
47	-3		1		3453	0,94			7172	24	143,88	120	1,20	0,26	1,05	0,6	0,4	C	5,56	0,84
48	1	2,2	1	378		0,94				7,25	52,14	120	0,43	0,00						
48	0		1		378	0,94			756	7,25	52,14	300	0,17	0,00	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,20

Tabelle 4: Grundlage Anlage 9.5, Quelle [1] - Eigens berechnete Ergebnisse nach HBS mit besseren Qualitäten als „QSV C“ (vgl. Anhang 3)

Die grundsätzliche Frage, ob eine Verkehrsqualität QSV C oder QSV D anzustreben ist wird von der PTV nicht bewertet. Eine ausreichende und damit auch leistungsfähige Verkehrsqualität mit einem stabilen Verkehrszustand ist nach [4] bei QSV D erreicht und auch aus Sicht der PTV während der täglich auftretenden Spitzenstunden zufriedenstellend.

2.7 Berücksichtigung von Gepäck, Fahrrädern mobilitätssteingeschränkten Personen

Das Thema, „Änderung des Gehverhaltens durch Gepäck, Mitnahme von Fahrrädern oder Mobilitätseinschränkung“ wurde im Bericht zur Personenstromanalyse [1] nicht explizit erwähnt. Bei Betrachtung der Leistungsnachweise sind diese möglicherweise kapazitätsmindernden Faktoren nur teilweise berücksichtigt worden. Die Fahrtreppen hätten laut [5] mit einer maximalen Kapazität von 4.500 Pers/h in Ansatz gebracht werden können. [5] unterscheidet an dieser Stelle zwischen Nah- und Fernverkehr. Bei

reiner Nutzung einer Rolltreppe durch Nahverkehrspendler kann die maximale Kapazität in Ansatz gebracht werden. Bei ausschließlicher Nutzung durch den Fernverkehr reduziert sich die Kapazität um 50% auf 2.250 Pers/h. In der Untersuchung von DRC [1] wird der Mittelwert $((4.500+2.250)/2=3.375\text{Pers./h})$ in Ansatz gebracht, so dass die Mitführung von Gepäck auf allen Fahrtreppen in ausreichendem Maße berücksichtigt wurde. Bei der Bewertung von ebenen Flächen wurde kein Abschlag für Fernreisende berücksichtigt. Weder [4] noch [5] sehen einen entsprechenden Abschlag vor. Aus Sicht des Gutachters (PTV) wäre jedoch eine gesonderte Berücksichtigung der Fernreisenden auch auf ebenen Flächen sinnvoll gewesen. Da keine der in Deutschland verfügbaren Richtlinien einen entsprechenden Abschlag vorsieht und keine empirischen Studien vorliegen, die eine mögliche Kapazitätsreduktion belegen, kann dem Gutachter (DRC) kein Versäumnis vorgeworfen werden.

Die Berücksichtigung von Fahrrädern und mobilitätseingeschränkten Personen kann aus Sicht der PTV während der morgendlichen Spitzenstunde vernachlässigt werden. Sowohl Personen, die ein Fahrrad mitführen, als auch Mobilitätseingeschränkte, welche sich während der morgendlichen Spitzenstunde im Bahnhof bewegen, haben relativ wenig Einfluss auf den Verkehrsfluss. Zum einen ist der Anteil dieser Nutzer in der Spitzenstunde nicht sehr hoch, zum anderen kann davon ausgegangen werden, dass sie als flexible und geübte Nutzer des Bahnhofs, die in den Kapazitätsbetrachtungen nicht berücksichtigten Aufzüge nutzen.

3 Grundsätzliche Bewertung der Methodik

3.1 Verkehrsprognose

Grundsätzlich wurde in der Untersuchung von Durth Roos Consulting [1] vollständig darauf verzichtet, die Analysesituation nachzubilden. Nach dem Stand der Technik ist es üblich, ein entsprechendes Analysemodell des vorhandenen Bahnhofs anhand von Zählwerten möglichst exakt an die Realität anzupassen bzw. zu kalibrieren. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die Verlässlichkeit des verwendeten Modells für die Beantwortung der Fragestellung nachgewiesen werden kann. Es lässt sich dabei prüfen, ob Routen richtig versorgt, Annahmen korrekt getroffen wurden und das Modell somit auf prognostizierte Veränderungen korrekt reagiert. In dem besonderen Fall der Nachbildung von Verkehrsflüssen für Fußgängerströme wäre dies eine sinnvolle Vorgehensweise gewesen. Hinzu kommt, dass makroskopische Verkehrsmodelle üblicherweise zur Abbildung von Fahrzeugströmen für motorisierten Verkehr eingesetzt werden und die Anwendung für Fußgängerströme eher selten ist.

Aufgrund der Tatsache, dass sich das Analysemodell (heutiger Kopfbahnhof) vom Prognosezustand (Durchgangsbahnhof) deutlich unterscheidet ist es begründbar warum sich Durth Roos Consulting gegen die Nachbildung der Analyse entschieden hat.

Die grundsätzliche Entscheidung die Tagesprognose von Intraplan aus dem Jahr 1997 zu übernehmen ist akzeptabel, da keine aktuelleren Prognosedaten vorliegen. Da durch die Verkehrszählung aus 2009 aktuelle Tagesganglinien bekannt sind, ist die Übernahme der (symmetrischen) Spitzenstundeanteile aus 1997 jedoch methodisch fragwürdig. Mit den

aktuelleren Daten wäre es möglich gewesen, Richtungsüberhänge in den Spitzenstunden abzubilden. Es ist offensichtlich, dass im Bahnhof Stuttgart auch deutliche Richtungsüberhänge während der morgendlichen Spitzenstunde für den einpendelnden Verkehr und nachmittags umgekehrt existieren. Auch wenn die Vernachlässigung der Überhänge tendenziell zu einer Überschätzung der Verkehrsmengen und somit zur einer Betrachtung auf der sicheren Seite führen, wäre eine methodische Verbesserung der Prognosewerte an dieser Stelle sinnvoll gewesen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die Vernachlässigung der Richtungsüberhänge und die hoch gewählten Spitzenstundenanteile die Annahmen auf der sicheren Seite liegen. Auf der anderen Seite entfallen durch die symmetrische Betrachtung der Richtungsverkehre mögliche Kapazitätsreduktionen durch Gegenverkehre und auch die Annahmen bezüglich des Routings im Kundenverkehr sind tendenziell zu günstig getroffen. Die hohen Spitzenstundenanteile führen auch zu Inkonsistenzen mit den durchgeführten Zählungen und den daraus erfolgten Hochrechnungen auf die Prognose.

In Zahlen gefasst stellt sich die Entwicklung der Verkehrsmengen in der Spitzenstunde folgendermaßen dar:

Die 2009 durchgeführte Zählung [1] weist insgesamt 12.857 Fahrgäste (10.211 Aussteiger und 2.641 Einsteiger) in der morgendlichen Spitzenstunde aus. DRC setzt für die Prognose 28.870 Personen (vgl. Abbildung 1) an. Je Richtung sind dies 14.435 Aussteiger und 14.435 Einsteiger. Für Aussteiger bedeutet dies eine Steigerung um 41%. Diese Steigerung wird von der PTV in der Größenordnung als plausibel eingestuft. Die Entwicklung der Einsteiger von 2.641 auf 14.435 Personen um mehr als das fünffache wird jedoch als deutlich zu hoch beurteilt. Die Betrachtung der Zahlen zeigt, dass die von DRC getroffenen Annahmen zur Verkehrsprognose deutlich auf der sicheren Seite liegen und insgesamt zu hoch sind.

3.2 Verkehrsmodellierung

Es ist kaum möglich eine Kontrolle der Randsummen der in [1] dargestellten Belastungspläne durchzuführen, da sehr viele Verkehrsströme überlagert mit sehr vielen Annahmen zum Routing kombiniert werden müssen. Die Kombination dieser beiden Parameter macht einen genauen Abgleich der Werte ohne die Informationen der Modellierer zu ihren Annahmen unmöglich. Aufgrund der vielen zu treffenden Annahmen und zu berücksichtigten Verkehrsbeziehungen ist diese Methode relativ fehleranfällig. Dennoch scheint die Größenordnung der prognostizierten Werte plausibel zu sein.

Die grundsätzlich gewählte Methode, die Routenwahl von Fußgängerströmen durch ein makroskopisches Modell abzubilden und damit Verkehrsbelastungen zu ermitteln, war 2009 durchaus Stand der Technik. Kritisieren lässt sich bedingt, dass die unterschiedlichen Ebenen im Modell nicht real miteinander verknüpft sind und somit nur horizontal das Modell zur Routenwahl genutzt wurde. Sobald der Weg über eine andere Ebene führt, wurden dieser manuell per Annahme durchgeführt. Auch in einem makroskopischen Modell wäre eine dreidimensionale Abbildung der Verkehrsströme möglich gewesen, mit der eine modellgestützte Routenwahl auch über die verschiedenen

Ebenen hinweg realisierbar gewesen wäre. Mit diesem Ansatz wäre eine konsistentere Ermittlung potenzieller Engpässe möglich gewesen.

Anmerkung I: Der Einsatz einer höheren Zahl von Zügen beispielsweise entsprechend des sog. Stuttgart 21 Stresstestes würde bei einer gleichbleibenden Anzahl von prognostizierten Fahrgästen je Stunde dazu führen, dass die einzelnen Zugpaare geringer frequentiert wären und sich somit die für die rechnerischen Nachweise zu Grunde gelegte Belastung reduzieren würde. Ergebnis wäre für den Bereich der Bahnsteige (nicht zwingend für die restlichen Gehflächen im Bahnhof) bessere Verkehrsqualitäten.

Anmerkung II: Grundsätzlich empfiehlt die PTV heute und zukünftig entsprechende Personenstromanalysen unter Einsatz von mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen zu untersuchen. Mit dieser Methode lassen sich dynamische Nachweise zur Verkehrsqualität führen, welche beispielsweise die Abhängigkeit zwischen Treppenkapazitäten und Eintreffen von Zügen im Netzzusammenhang nachweisen können und somit verlässlichere Aussagen treffen als reine statische Berechnungen. Bestimmte Dinge, wie auf dem Bahnsteig bereits wartende Personengruppen oder der Einfluss variierender Zugankunftszeiten, lassen sich mit der statischen Bewertung nicht betrachten. Hinzu kommt, dass die Ergebnisse für die Allgemeinheit wesentlich anschaulicher und nachvollziehbarer dargestellt werden können, was insbesondere in diesem Projekt zu einem deutlichen Mehrwert führen würde.

4 Ermittlung der Prognose-Spitzenstundenbelastung für den Kopfbahnhof

Um den Kopfbahnhof entsprechend der Untersuchung von Durth Roos Consulting [1] + [2] bewerten zu können bedarf es der Ermittlung der Analyseverkehrsmenge auf deren Basis die Untersuchung durchgeführt werden kann. Zur Ermittlung dieser Zahlen konnte auf die Verkehrserhebung, welche ebenfalls von Durth Roos Consulting durchgeführt wurde, zurückgegriffen werden. Die Zählung wurde in zwei Etappen im Jahr 2009 durchgeführt. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der ersten Zählung im Januar 2009. Es ist die morgendliche Spitzenstunde in [Pers/h] abgebildet.

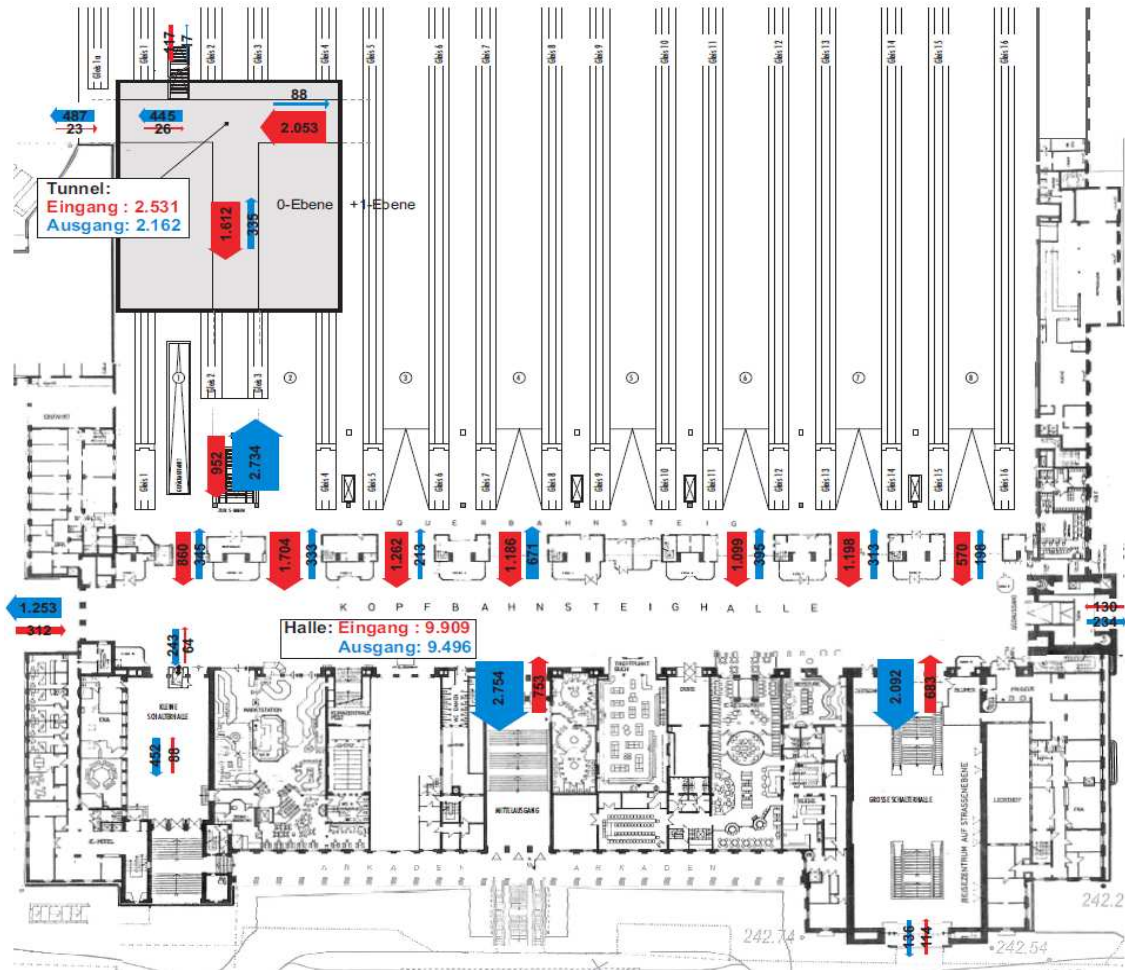


Abbildung 4: Ergebnisse Verkehrszählung Durth Roos Consulting Januar 2009

In einer zweiten Zählung im Juni 2009 wurden explizit die Bahnsteige nacherhoben. Die folgende Abbildung zeigt abermals die morgendliche Spitzenstunde. Diese liegt bei der Nacherhebung zwischen 07:45 Uhr und 08:45 Uhr.

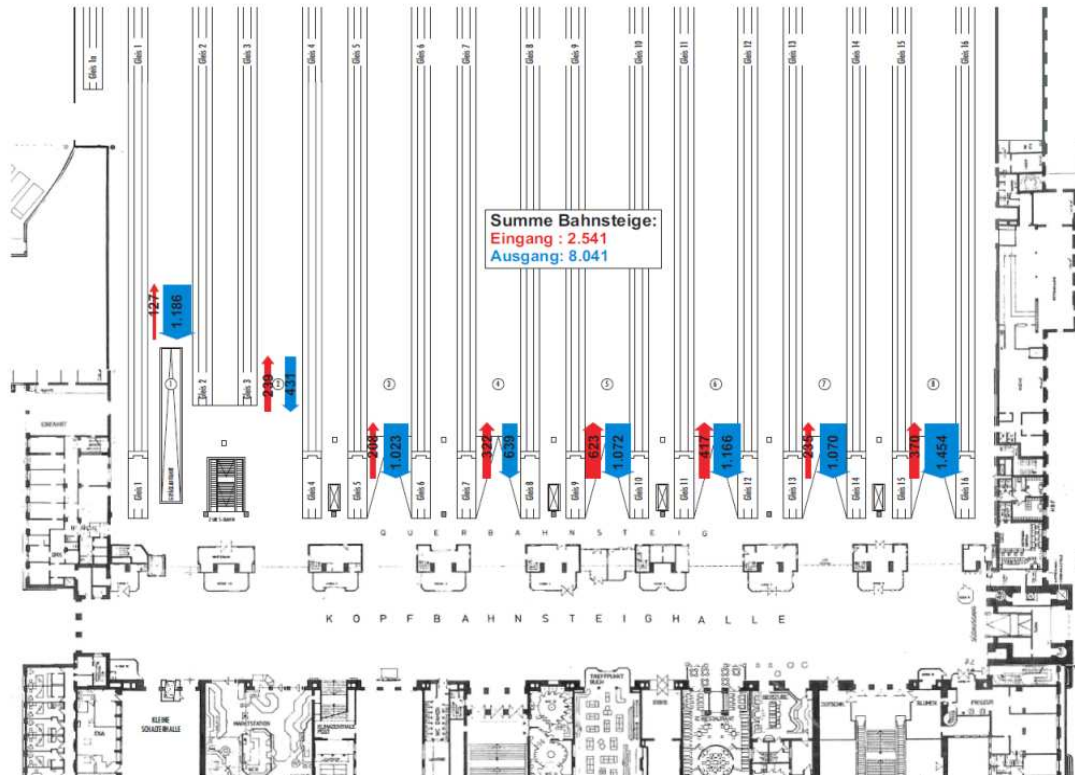


Abbildung 5: Ergebnisse Verkehrszählung Durth Roos Consulting Juni 2009

Für die HBS-Nachweise der Bahnsteige, der Durchgänge in die Kopfbahnhalle, der Ausgänge und der relevanten Treppen konnten diese Zählwerte 1:1 übernommen werden. Für die Bewertung des Querbahnsteigs war es notwendig, auch für diesen Bereich eine Analyseverkehrsmenge zu ermitteln.

Grundlage hierfür waren weiterhin die Zählungen aus 2009. Problematisch war die Tatsache, dass die Ergebnisse unterschiedlicher Zeitbereiche, Tage und Jahreszeiten miteinander abgeglichen werden mussten. Durch Analogieschlüsse wurden realistische Belastungen für den Querbahnsteig ermittelt. Wichtigste Annahme war, dass der Treppenabgang am Kopfbereich der Bahnsteige zwischen Gleis 2 und 3 in Richtung S-Bahn zu 100% von Umsteigern genutzt wird. Dieser Annahme liegt zugrunde, dass die von außerhalb des Bahnhofs kommenden S-Bahn Nutzer die Abgänge außerhalb des Bahnhofs nutzen. 100% der diesen Treppenabgang nutzenden S-Bahn Quell- und Zielverkehre werden somit über den Querbahnsteig geführt. Um diese Zahlen zu erreichen war es notwendig, sowohl den Quell- als auch den Zielverkehr der Bahnsteige anzuheben. Neben den Umsteigern, kamen zusätzliche Nutzer des Querbahnsteigs hinzu. Am Bahnsteig 5 gibt es keine direkte Verbindung in die Kopfbahnsteighalle. Somit sind an dieser Stelle die Nutzer gezwungen den Querbahnsteig zu nutzen. Weiterhin wurde versucht, trotz der unterschiedlichen Zeitbereiche die gezählten Werte an den Bahnsteigen mit den Werten an den Durchgängen zur Kopfbahnsteighalle abzugleichen, um durchgängige Fußgängerströme zu erhalten. Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis der Handumlegung für die Fußgängerströme während der morgendlichen Spitzenstunde.

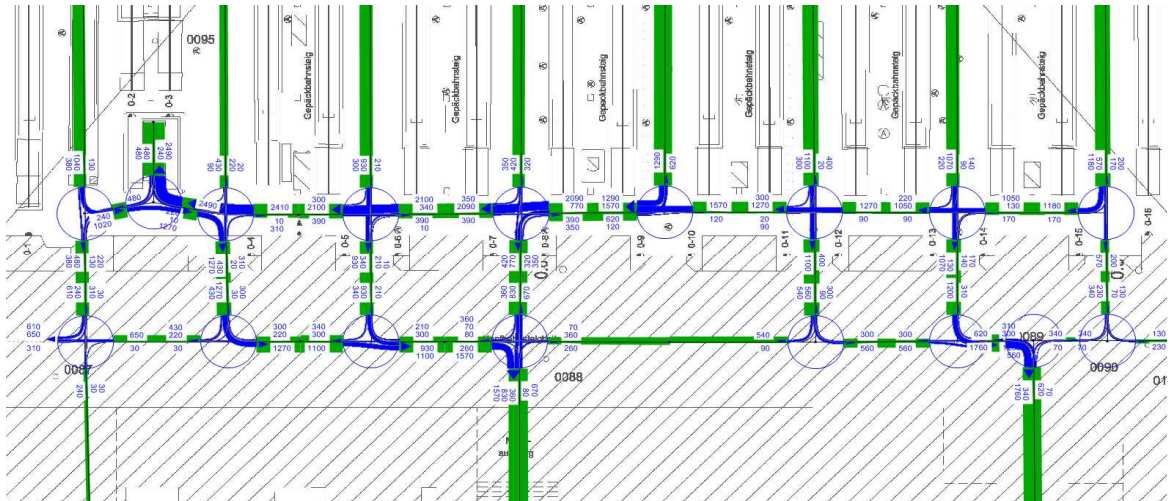


Abbildung 6: Belastung des Querbahnsteigs morgendliche Spitzenstunde in [Pers/h] (Größere Darstellung siehe Anhang)

Es bleibt zu berücksichtigen, dass für die Ermittlung der Zahlen Annahmen auf der sicheren Seite getroffen wurden, welche der Realität insbesondere während der morgendlichen Spitzenstunde relativ nahe kommt. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere während der morgendlichen Spitzenstunde sehr häufig der direkte Weg zum Umsteigen genutzt wird und nur wenige Umwege in Kauf genommen werden.

In der gewählten Methodik zur Ermittlung der Fußgängerströme auf dem Querbahnsteig wurde bewusst auf die Erhebung zum Nutzerverhalten am Stuttgarter Hauptbahnhof [3] als Grundlage verzichtet. Hauptgrund hierfür war, dass die Daten dem Gutachter (PTV) lediglich als 24h-Werte vorlagen und somit das vermutlich signifikant unterschiedliche Nutzerverhalten während der Morgenspitze nicht nachvollzogen werden konnte. Erschwerend hinzu kommt, dass die in der damaligen Untersuchung genannte Nutzung „Läden“ (Einkauf) nicht zwangsläufig dazu führen muss, dass die Bahnsteighalle betreten werden muss, da die kurzfristigen Bedürfnisse auch direkt am Querbahnsteig abgedeckt sind.

5 Statische Bewertung des Kopfbahnhofes

Die Methodik zur Erstellung der statischen Leistungsfähigkeitsnachweise nach dem HBS [4] bzw. nach der Bahnrichtlinie 813 „Bahnhöfe planen“ [5] erfolgt in Anlehnung an die in [1] und [2] gewählte Methodik. Die Methodik wurde bereits in Kapitel 2.5 ausführlich erläutert. Diese Vorgehensweise wurde vom Auftraggeber explizit gefordert, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus dem Gutachten von Durth Roos Consulting und dem vorliegenden Gutachten gewährleisten zu können. Diese Aussagen beschränken sich auf die Bewegungsqualität. Eine Aussage zu weiteren wichtigen Komfortkriterien wie Weglängen, Barrierefreiheit, Aufenthaltsqualität, Anzahl der Zugänge und Verkehrsverknüpfungen ist nicht Gegenstand dieser Untersuchungen.

5.1 Qualitätsstufen

Für die Bewertung der Verkehrsabläufe werden die Qualitätsstufen nach HBS [4] für Fußgänger in Bewegung angesetzt. Bewertungskriterium ist die Verkehrsdichte. Sie wird in Pers./m² gemessen. Ab einer Verkehrsdichte von mehr als 0,7 Pers./m² wird eine mangelhafte Qualität (QSV=E) erreicht. Diese sollte vermieden werden. Eine ausreichende und damit auch leistungsfähige Verkehrsqualität mit einem stabilen Verkehrszustand ist nach [4] bei QSV D erreicht und aus Sicht des Gutachters (PTV) während der täglich auftretenden Spitzenstunden auch zufriedenstellend (vgl. folgende Tabelle und Kapitel 2.6)

Qualitätsstufe	Beschreibung	Verkehrsdichte [P/m ²]
A	<ul style="list-style-type: none"> • freie Geschwindigkeitswahl • seltene Beeinflussung durch andere Personen • Sehr geringe Verkehrsdichte • Reichlich Flächen für Ausweichbewegungen 	≤0,1
B	<ul style="list-style-type: none"> • Zwang zu Richtungs- oder Geschwindigkeitsveränderung selten • Gutes Flächenangebot für Richtungsänderungen • geringe Verkehrsdichte • geringfügige Beeinträchtigung 	≤0,25
C	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeitswahl eingeschränkt • Regelmäßig erzwungene Geschwindigkeits- und Richtungsänderung 	≤0,4
D	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeitswahl deutlich eingeschränkt • Häufig erzwungene Geschwindigkeits- und Richtungsänderung • freie Bewegung stark behindert • mittlere Geschwindigkeit sinkt erkennbar ab • Verkehrszustand noch stabil 	≤0,7
E	<ul style="list-style-type: none"> • keine freie Geschwindigkeitswahl • Erheblich erschwelter Gegenverkehr • Erhebliche Behinderungen • Kapazität wird erreicht • Sicherheitskritische Situationen nicht auszuschließen 	≤1,8
F	<ul style="list-style-type: none"> • Überlastung der Verkehrsanlage • Rückstau mit wachsender Tendenz entsteht • Erhöhte Gefahr von sicherheitskritischen Situationen 	>1,8

Tabelle 5: Qualitätsstufen nach HBS 2001 (Fassung 2005) [4]

5.2 Bewertung der Bahnsteige

Im Folgenden werden zunächst anhand eines Beispielquerschnittes die Berechnungsschritte zur Bewertung der Bahnsteige detailliert erläutert.

Zunächst wurde der schmalste begehbare Bereich an der Kopfseite des Bahnsteigs ermittelt. Die folgende Abbildung zeigt ein Foto und den Lageplan dieses Bahnsteigs in dem die Engstelle markiert ist.



Abbildung 7: Bahnsteig 6 - Engstelle

In Höhe der Engstelle verbleibt in Summe ein begehbarer Bereich von 3,85m. In der morgendlichen Spitzenviertelstunde fahren laut Zählung an diesem Bahnsteig 238 Personen ab. Diese verteilen sich laut Fahrplan auf einen Zug. Als Befüllungszeitraum bzw. Anreiseperiode werden entsprechend der Vorgehensweise in [1] 300 Sekunden angesetzt. Dies bedeutet, dass im Zustrom auf den Bahnsteig 0,79 Personen je Sekunde auftreten. In der Gegenrichtung sind in der Spitzenstunde 236 Personen gezählt worden.

Auch während der 15 Minuten ist laut Fahrplan ein Zug angekommen. Im Gegensatz zum Zustrom wird im Abstrom davon ausgegangen, dass dieser komprimierter erfolgt. In [5] wird eine Räumzeit von in der Regel 150 Sekunden angegeben. Dies bedeutet, dass für ankommende Personen an diesem Bahnsteig ein Wert von 1,57 Personen je Sekunde anzunehmen ist. Werden beide Werte für Zu – und Abstrom addiert, so erhält man im Querschnitt eine Verkehrsstärke von 2,37 Personen je Sekunde.

Als Angleichungsfaktor für den Gegenstrom wird eine Kapazitätsreduktion um 5% angenommen. Als freie Gehgeschwindigkeit in der Ebene werden 1,34 m/s angesetzt. Um eine angesetzte Personendichte von 0,7 Pers/m² und damit die Qualitätsstufe von ausreichend (QSV=D) nicht zu überschreiten, ist ein begehbarer Bereich von 2,56 m erforderlich. Da die Engstelle mindestens 3,85m begehbare Fläche aufweist, bleibt somit eine überschüssige Breite von 1,20m übrig. Um die nächstbessere Qualitätsstufe (QSV=C) zu erreichen darf eine Dichte von 0,4 Pers/m² nicht überschritten werden. Dieser Wert wird kann an dieser Stelle nicht unterschritten werden. Der Nachweis für eine ausreichende Verkehrsqualität (QSV=D) ist damit erbracht. Die detaillierten Rechenwege (Formeln) sind bereits in Kapitel 2.5 ausführlich erläutert worden.

5.2.1 Bahnsteige - Kopfbende

Die folgende Tabelle zeigt eine Ergebnisübersicht über alle Bahnsteige am Kopfbende vor dem Übergangsbereich auf den Querbahnsteig.

Bahnsteig	Gleis	Breite Engstelle	Personenverkehrsstärke/h		Personen/15min Querschnitt	Züge/15min	Personen pro Zug	Räumzeit/Befüllungszeit	Personen/s	Personen/s Querschnitt	Angleichungsfaktor GV	Gehgeschw.	Angesetzte Dichten	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite		
			1	2														
1	1	5,80	127	1186	69	433	502	1	69	300	0,23	1,67	1,05	1,34	0,25	B	5,24	0,56
	2	5,80	1186	127	433	69	502	2	217	150	1,44	1,67	1,05	1,34	0,25	B	5,24	0,56
2	3	7,60	239	431	207	563	770	2	104	300	0,35	4,10	1,05	1,34	0,7	D	4,59	3,01
	4	7,60	431	239	563	207	770	1	563	150	3,75	4,10	1,05	1,34	0,7	D	4,59	3,01
3	5	6,25	208	1023	200	415	615	1	200	300	0,67	3,43	1,05	1,34	0,7	D	3,84	2,41
	6	6,25	1023	208	415	200	615	1	415	150	2,77	3,43	1,05	1,34	0,7	D	3,84	2,41
4	7	4,95	322	639	236	216	452	1	236	300	0,79	2,23	1,05	1,34	0,4	C	4,36	0,59
	8	4,95	639	322	216	236	452	1	216	150	1,44	2,23	1,05	1,34	0,4	C	4,36	0,59
5	9	5,79	623	1072	14	567	581	1	14	300	0,05	3,83	1,05	1,34	0,7	D	4,28	1,51
	10	5,79	1072	623	567	14	581	1	567	150	3,78	3,83	1,05	1,34	0,7	D	4,28	1,51
6	11	3,85	417	1166	238	238	474	1	238	300	0,79	2,37	1,05	1,34	0,7	D	2,65	1,20
	12	3,85	1166	417	238	238	474	1	238	150	1,57	2,37	1,05	1,34	0,7	D	2,65	1,20
7	13	5,90	235	1070	275	612	887	1	275	300	0,92	2,96	1,05	1,34	0,4	C	5,79	0,11
	14	5,90	1070	235	612	275	887	2	306	150	2,04	2,96	1,05	1,34	0,4	C	5,79	0,11
8	15	5,94	370	1454	99	685	784	2	50	300	0,17	2,45	1,05	1,34	0,4	C	4,80	1,14
	16	5,94	1454	370	685	99	784	2	343	150	2,28	2,45	1,05	1,34	0,4	C	4,80	1,14

Tabelle 6: Qualitätsstufen nach HBS für Bahnsteige im Kopfbereich

Es zeigt sich, dass der Bahnsteig 1 eine gute Verkehrsqualität (QSV=B) erreicht (vergl. 3. Spalte von rechts). Die übrigen Bahnsteige erreichen befriedigende (QSV=C) oder ausreichende (QSV=D) Qualitäten. Um diese Ergebnisse noch besser einordnen zu können sind sie einer Sensitivitätsbetrachtung in zwei Stufen unterzogen worden:

- Stufe 1: Erhöhung der Bahnsteigräumzeit auf 240s (analog Vorgehensweise in [1])
- Stufe 2: Erhöhung der Verkehrsmengen entsprechend der Verkehrsprognose für den Durchgangsbahnhof Stuttgart 21 bezogen auf Zugpaare

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Vergleich mit Sensitivitätsstufe 1. Es ist zu erkennen, dass bei einer Verlängerung der Bahnsteigräumzeit auf 240s fast durchweg eine Verbesserung um eine Qualitätsstufe erreicht wird und keine ausreichenden Querschnitte mehr auftreten.

Die Ergebnisse von Sensitivitätsstufe 2 lassen sich nicht 1:1 auf die bestehenden Bahnsteige übertragen, da kein entsprechendes Betriebskonzept inklusive Fahrplan und Bahnsteigbelegung für die Prognose für den Kopfbahnhof besteht. Es wäre somit nicht eindeutig, welcher Zug auf welchem Gleis halten würde. Da alle Bahnsteige bezogen auf ihre Geometrie und Personenstrombelastungen unterschiedlich sind, wäre eine tabellarische Zuordnung nicht verlässlich vorzunehmen. Somit werden die Ergebnisse nicht in der folgenden Tabelle dargestellt, sondern werden im Anschluss an die Tabelle beschrieben.

Bahnsteig	Standardnachweis	Sensitivität Stufe 1
1	B	B
2	D	C
3	D	C
4	C	C
5	D	C
6	D	C
7	C	C
8	C	B

Tabelle 7: Übersicht Bahnsteige Sensitivitätsbetrachtung Qualitätsstufen

Mit der Berechnung von Stufe 2 wird versucht, die beiden Bahnhöfe zumindest im Bereich der Bahnsteige miteinander zu vergleichen. Es werden die für den Durchgangsbahnhof angesetzten Personenzahlen je Bahnsteig auf die Bahnsteige des Kopfbahnhofes übertragen. Die Prognose sieht mindestens 1.049 und maximal 1.191 ein- bzw. aussteigende Personen je Bahnsteig und Zugpaar vor (vgl. Kapitel 2.4.4). Es wird grundsätzlich von dem Fall ausgegangen, dass zwei Züge gleichzeitig an einem Bahnsteig entleert und befüllt werden (aber kein Evakuierungsfall).

Im Kopfbahnhof am Bahnsteigende wird nicht die volle Zahl der Personen in Ansatz gebracht, sondern es werden 60% der S-Bahnumsteiger abgezogen, die den direkten Abgang zum S-Bahntunnel nutzen. Es bleibt eine Belegung der Züge zwischen 906 und 1.028 Personen je Bahnsteig. Die empirisch ermittelten Werte für den Kopfbahnhof weisen mindestens 286 und maximal 667 Personen auf, die einen Bahnsteig betreten bzw. verlassen.

Um die prognostizierten Zahlen von 906 bis 1.028 Personen über einen Bahnsteig mit der Verkehrsqualität QSV=D abwickeln zu können, wird eine Breite von 7,81m bis 8,30m Gehfläche benötigt. In der Spalte „Breite Engstelle“ in Tabelle 6 sind die im Kopfbahnhof vorhandenen Gehwegflächen aufgelistet. Sie liegen zwischen 3,85m und 7,60m. Die Werte zeigen, dass auch die aktuell breiteste Gehfläche auf Bahnsteig 2 von 7,60m nicht ausreichen würde, um die Verkehrsmenge mit Qualitätsstufe QSV=D abwickeln zu können. Als Rahmenbedingung für diese Bewertung sind analog dem Vorgehen in [1] für die einsteigenden Personen 300s Befüllungszeit und für die aussteigenden Personen 240s Bahnsteigräumzeit angesetzt worden.

Anmerkung: Dieser Vergleich der Bahnsteige zwischen Kopfbahnhof und Durchgangsbahnhof mit den für den Durchgangsbahnhof prognostizierten Belastungen impliziert für die Bahnsteige im Kopfbahnhof, dass lediglich vier der acht zur Verfügung stehenden Bahnsteige genutzt würden. Es ist nicht auszuschließen, dass der Fall im Kopfbahnhof mit zwei gleichzeitig einfahrenden Zügen auftreten kann, dies ist aufgrund der doppelten Anzahl Gleise jedoch deutlich seltener zu erwarten. Eine Einschätzung wie häufig dieser Fall im Kopfbahnhof im Vergleich zum Durchgangsbahnhof auftritt, kann aufgrund eines fehlenden Betriebskonzeptes für den Kopfbahnhof nicht erfolgen, ist aber auch nicht Aufgabe dieses Gutachtens.

5.2.2 Bahnsteige – Höhe S-Bahn Treppenabgang

Ein weiterer möglicher Engpass auf den Bahnsteigen im Kopfbahnhof besteht grundsätzlich neben den Treppenabgängen zur S-Bahn. Jeder Bahnsteig verfügt über einen Abgang. Im Gegensatz zu den Betrachtungen an den Engstellen am Kopfe der Bahnsteige werden für diese Betrachtung nicht die vollen Verkehrsmengen angesetzt, da die Abgänge tendenziell eher in der Mitte (und nicht am Ende) der Bahnsteige liegen. Für den Zufluss der Abreisenden wird davon ausgegangen, dass 50% den S-Bahn Abgang passieren. Für die Befüllung der kürzeren Regionalzüge ist diese Annahme sehr hoch angesetzt, für die Befüllung der längeren Fernverkehrszüge ist sie eher niedrig angesetzt. Von den ankommenden Personen werden ebenfalls 50% berücksichtigt. Hinzu kommen noch 75% der Personen, die von Süden kommend die S-Bahnabgänge auf dem Bahnsteig passieren und den S-Bahn Abgang nutzen. Da es hierzu nur einen Gesamtwert über alle Treppenabgänge (2.053 Pers/h) gibt, wurden diese entsprechend der Verteilung aus den Bahnsteigzählungen im Verhältnis zur Anzahl abfahrender Züge auf die Treppenabgänge verteilt.

Die folgende Tabelle (siehe auch Anhang) zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.

Bahnsteig	Gleis	Breite Engstelle	Personenverkehrsstärke/h		Personenverkehrsstärke/15min		Personen/15min Querschnitt	Züge/15min	Personen pro Zug	Räumzeit Befüllungszeit	Personen/s	Personen/s Querschnitt	Angleichungsfaktor GV	Gehgeschw.	Angesetzte Dichten	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite
			1	2	1	2												
1	1	6,30	127	1186	69	433	502	1	35	300	0,12	1,03	1,05	1,34	0,25	B	3,23	3,07
	2	6,30	1186	127	433	69	502	2	138	150	0,92	1,03	1,05	1,34	0,25	B	3,23	3,07
2	3	4,30	239	431	207	563	770	2	52	300	0,17	2,26	1,05	1,34	0,7	D	2,53	1,77
	4	4,30	431	239	563	207	770	1	314	150	2,09	2,26	1,05	1,34	0,7	D	2,53	1,77
3	5	4,60	208	1023	200	415	615	1	100	300	0,33	2,48	1,05	1,34	0,7	D	2,78	1,82
	6	4,60	1023	208	415	200	615	1	322	150	2,15	2,48	1,05	1,34	0,7	D	2,78	1,82
4	7	4,30	322	639	236	216	452	1	118	300	0,39	1,59	1,05	1,34	0,4	C	3,12	1,18
	8	4,30	639	322	216	236	452	1	180	150	1,20	1,59	1,05	1,34	0,4	C	3,12	1,18
5	9	4,10	623	1072	14	567	581	1	7	300	0,02	2,72	1,05	1,34	0,7	D	3,04	1,06
	10	4,10	1072	623	567	14	581	1	404	150	2,69	2,72	1,05	1,34	0,7	D	3,04	1,06
6	11	4,15	417	1166	238	236	474	1	119	300	0,40	2,06	1,05	1,34	0,4	C	4,03	0,12
	12	4,15	1166	417	236	238	474	1	249	150	1,66	2,06	1,05	1,34	0,4	C	4,03	0,12
7	13	4,15	235	1070	275	612	887	1	138	300	0,46	2,01	1,05	1,34	0,4	C	3,94	0,21
	14	4,15	1070	235	612	275	887	2	233	150	1,55	2,01	1,05	1,34	0,4	C	3,94	0,21
8	15	4,35	370	1454	99	685	784	2	25	300	0,08	1,77	1,05	1,34	0,4	C	3,46	0,89
	16	4,35	1454	370	685	99	784	2	253	150	1,69	1,77	1,05	1,34	0,4	C	3,46	0,89

Tabelle 8: Qualitätsstufen nach HBS für Bahnsteige im Bereich der S-Bahn Abgänge

Die Ergebnisse zeigen, dass auch in diesen Abschnitten vornehmlich QSV=C und QSV=D erreicht werden. Ausnahme bildet Bahnsteig 1. Dort ist vor kurzer Zeit der Treppenabgang verschmälert bzw. der begehbare Bereich auf dem Bahnsteig verbreitert worden. Auch für diese Abschnitte ist ebenfalls eine Sensitivitätsbetrachtung der Stufe 1 durchgeführt worden:

- Stufe 1: Erhöhung der Bahnsteigräumzeit auf 240s (analog Vorgehensweise in [1])

Auf eine Betrachtung der Stufe 2 wurde an dieser Stelle verzichtet, da eine objektive Bewertung dieses Bereichs aufgrund der stark variierenden Zuglängen und der nur begrenzt vorhandenen Informationen über die Grundlagendaten der Prognose nicht möglich ist. Dies wäre realistisch nur mit einem Betriebskonzept für die Prognose für den Kopfbahnhof möglich.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Vergleich mit Sensitivitätsstufe 1. Die Ergebnisse sind sehr vergleichbar mit den Bewertungen für den Kopfbereich der Bahnsteige. Es werden keine schlechteren Qualitäten als QSV=D erreicht.

Bahnsteig	Standardnachweis	Sensitivität Stufe 1
1	B	A
2	D	C
3	D	C
4	C	B
5	D	C
6	C	C
7	C	C
8	C	B

Tabelle 9: Übersicht Bahnsteige Sensitivitätsbetrachtung Qualitätsstufen

5.3 Bewertung des Querbahnsteigs

Zur Bewertung des Querbahnsteigs ist dieser in sieben Bereiche eingeteilt worden. Die folgende Abbildung zeigt die sieben bewerteten Engstellen.

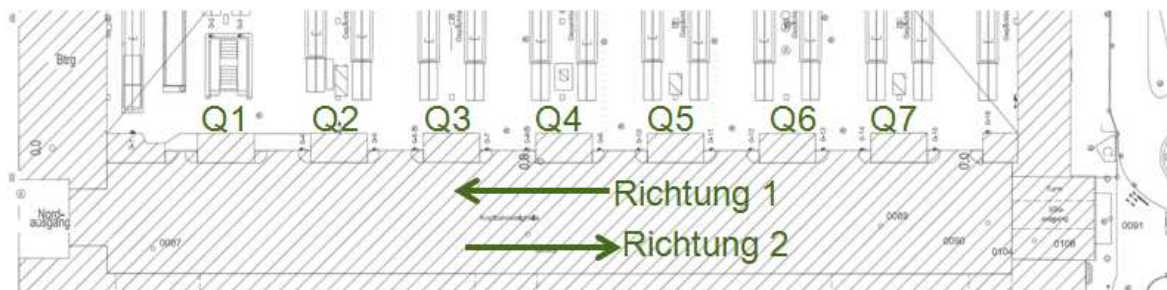


Abbildung 8: Engstellen am Querbahnsteig

Zusätzlich ist in der Abbildung dargestellt, in welcher Richtung die Verkehrsströme in Tabelle 10 eingetragen sind. Die als Basis dienenden Verkehrsmengen sind in Abbildung 6 gezeigt. Es werden jeweils die Belastungen zwischen den Knotenstromdarstellungen (blaue Kreise) genutzt. Im Gegensatz zu den Bewertungen auf den Bahnsteigen kann den Querbahnsteigen keine Belastung abhängig von der Ankunft- bzw. Abfahrt eines Zuges zugeordnet werden, so dass kein gepulstes Auftreten nach Ankunft eines voll besetzten Zuges berücksichtigt werden kann. Eine Sensitivitätsbetrachtung entsprechend der in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 ist somit für den Querbahnsteig nicht möglich.

Die Stundenwerte werden nicht gleichverteilt über eine Stunde, sondern nach Vorgabe aus [4] bzw. [5] auf Personen je Sekunde herunter gebrochen. Die folgende Berechnung und Einstufung in die Verkehrsqualitäten erfolgt analog der bisherigen Vorgehensweise. Die Ergebnisse für die einzelnen Abschnitte der Querbahnsteige sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Querbahnsteig	Richtung	Breite in m	Personenverkehrsstärke/h		Fußgängerverkehrsstärke/h QS	FG-Verkehrsstärke/s	FG-Verkehrsstärke/s QS	Angleichungsfaktor Gegenverkehr	Gehgeschw in m/s	Angesetzte FG-Dichten in P/m ²	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite
			1	2									
Q1	1	5,60	2494	1924	4418	1,25	2,21	1,05	1,34	0,4	C	4,33	1,27
	2	5,60	1924	2494	4418	0,96	2,21	1,05	1,34	0,4	C	4,33	1,27
Q2	1	5,20	2407	385	2792	1,20	1,77	1,05	1,34	0,4	C	3,47	1,73
	2	5,20	1132	2407	3539	0,57	1,77	1,05	1,34	0,4	C	3,47	1,73
Q3	1	5,20	2439	390	2829	1,22	1,76	1,05	1,34	0,4	C	3,44	1,76
	2	5,20	1077	2439	3516	0,54	1,76	1,05	1,34	0,4	C	3,44	1,76
Q4	1	5,30	2857	1315	4172	1,43	2,09	1,05	1,34	0,4	C	4,09	1,21
	2	5,30	1315	2857	4172	0,66	2,09	1,05	1,34	0,4	C	4,09	1,21
Q5	1	5,30	1569	469	2038	0,78	1,02	1,05	1,34	0,25	B	3,19	2,11
	2	5,30	469	1569	2038	0,23	1,02	1,05	1,34	0,25	B	3,19	2,11
Q6	1	5,30	1266	301	1567	0,63	0,78	1,05	1,34	0,25	B	2,46	2,84
	2	5,30	301	1266	1567	0,15	0,78	1,05	1,34	0,25	B	2,46	2,84
Q7	1	5,30	1178	301	1479	0,59	0,74	1,05	1,34	0,25	B	2,32	2,98
	2	5,30	301	1178	1479	0,15	0,74	1,05	1,34	0,25	B	2,32	2,98

Tabelle 10: Qualitätsstufen nach HBS für den Querbahnsteig

Da der begehbare Bereich in den Abschnitten relativ gleich breit ist, ist die Qualitätsstufe im Vergleich der Querschnitte untereinander direkt abhängig von der Verkehrsstärke. Da die Verkehrsstärke in Richtung S-Bahn Abgang (am Kopfbahnsteig zwischen Bahnsteig 1 und 2) zunimmt, wird die Verkehrsqualität in Richtung Bahnsteig 1 kontinuierlich schlechter, wobei durchgängig zumindest QSV=C erreicht wird.

5.4 Bewertung der Durchgänge in Richtung Bahnsteighalle

Insgesamt gibt es sieben Durchgänge, die vom Querbahnsteig in die Bahnhofshalle bzw. umgekehrt führen. Die Lage der Durchgänge ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

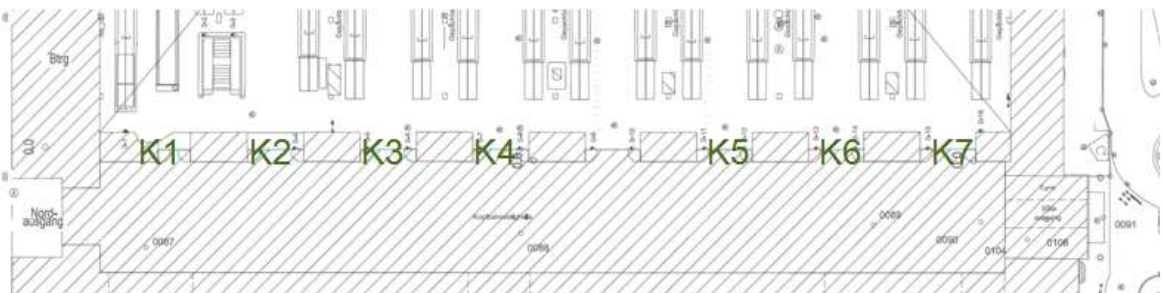


Abbildung 9: Durchgänge zur Kopfbahnsteighalle

Zur Bewertung der Durchgänge konnten die vorhandenen Zählwerte genutzt werden. Die Berechnung erfolgte analog der Bewertung des Querbahnsteigs. Eine direkte Zuordnung zu ankommenden bzw. abfahrenden Zügen ist auch hier nicht möglich. Eine Sensitivitätsbetrachtung entsprechend der in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 ist somit für die Durchgänge in die Bahnsteighalle nicht möglich. Die folgenden Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die Durchgänge.

Durchgänge Kopfbahnsteigehalle	Richtung	Breite	Personenverkehrs stärke/h		Fußgängerverkehrs stärke/h QS	FG-Verkehrs stärke/s	FG-Verkehrs stärke/s QS	Angleichungs faktor	Geh geschw	Angesetzte FG-Dichten	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite
			1	2									
1	1	5,2	860	345	1205	0,43	0,60	1,05	1,34	0,1	A	4,72	0,48
	2	5,2	345	860	1205	0,17	0,60	1,05	1,34	0,1	A	4,72	0,48
2	1	5,2	1704	333	2037	0,85	1,02	1,05	1,34	0,25	B	3,19	2,01
	2	5,2	333	1704	2037	0,17	1,02	1,05	1,34	0,25	B	3,19	2,01
3	1	5,3	1262	213	1475	0,63	0,74	1,05	1,34	0,25	B	2,31	2,99
	2	5,3	213	1262	1475	0,11	0,74	1,05	1,34	0,25	B	2,31	2,99
4	1	5,3	1186	671	1857	0,59	0,93	1,05	1,34	0,25	B	2,91	2,39
	2	5,3	671	1186	1857	0,34	0,93	1,05	1,34	0,25	B	2,91	2,39
5	1	5	1099	395	1494	0,55	0,75	1,05	1,34	0,25	B	2,34	2,66
	2	5	395	1099	1494	0,20	0,75	1,05	1,34	0,25	B	2,34	2,66
6	1	5,1	1198	313	1511	0,60	0,76	1,05	1,34	0,25	B	2,37	2,73
	2	5,1	313	1198	1511	0,16	0,76	1,05	1,34	0,25	B	2,37	2,73
7	1	5	570	198	768	0,29	0,38	1,05	1,34	0,1	A	3,01	1,99
	2	5	198	570	768	0,10	0,38	1,05	1,34	0,1	A	3,01	1,99

Tabelle 11: Qualitätsstufen nach HBS für die Durchgänge zur Bahnsteigehalle

Es werden ausnahmslos gute QSV=B bis sehr gute QSV=A Verkehrsqualitäten erreicht.

5.5 Bewertung der Ausgänge bzw. des S-Bahn Tunnels

In diesem Abschnitt werden die Bahnhofsausgänge und der senkrecht zu den Bahnsteigen verlaufende S-Bahn Tunnel bewertet. Eine direkte Zuordnung zu ankommenden bzw. abfahrenden Zügen ist auch hier nicht möglich. Eine Sensitivitätsbetrachtung entsprechend der in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 ist somit für die Ausgänge und den S-Bahn Tunnel nicht möglich. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Nachweise. Die Methodik entspricht der aus dem vorangegangenen Kapitel.

Ausgänge	Richtung	Breite	Personenverkehrs stärke/h		Fußgängerverkehrs stärke/h QS	FG-Verkehrs stärke/s	FG-Verkehrs stärke/s QS	Angleichungs faktor	Geh geschw	Angesetzte FG-Dichten	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite
			1	2									
Nordausgang 1	1	7	1253	312	1565	0,63	0,78	1,05	1,34	0,1	A	6,13	0,87
	2	7	312	1253	1565	0,16	0,78	1,05	1,34	0,1	A	6,13	0,87
Südausgang 2	1	3,5	130	234	364	0,07	0,18	1,05	1,34	0,1	A	1,43	2,07
	2	3,5	234	130	364	0,12	0,18	1,05	1,34	0,1	A	1,43	2,07
Nordausgang 3 (barrierefrei)	1	4	487	23	510	0,24	0,26	1,05	1,34	0,1	A	2,00	2,00
	2	4	23	487	510	0,01	0,26	1,05	1,34	0,1	A	2,00	2,00
Quergang 4	1	2,3	88	2053	2141	0,04	1,07	1,05	1,34	0,4	C	2,10	0,20
S-Bahn Tunnel	2	2,3	2053	88	2141	1,03	1,07	1,05	1,34	0,4	C	2,10	0,20

Tabelle 12: Qualitätsstufen nach HBS für die Ausgänge

Nordausgang 1 ist der große Nordausgang, welcher aktuell (Juni 2013) gesperrt ist, Nordausgang 3 ist der nördlicher gelegene barrierefreie Ausgang. Alle drei bewerteten Ausgänge erreichen sehr gute Qualität (QSV= A). Einzig der relativ schmale S-Bahn Tunnel erreicht an seinem westlichsten Abschnitt vor dem Übergang in die Verteilerebene befriedigende Qualität (QSV=C).

5.6 Bewertung der Treppen

Insgesamt sind fünf Treppenanlagen bewertet worden. Die Lage der Treppen ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Eine direkte Zuordnung zu ankommenden bzw.

abfahrenden Zügen ist auch hier nicht möglich. Eine Sensitivitätsbetrachtung entsprechend der in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2 ist somit für die Treppen nicht möglich.

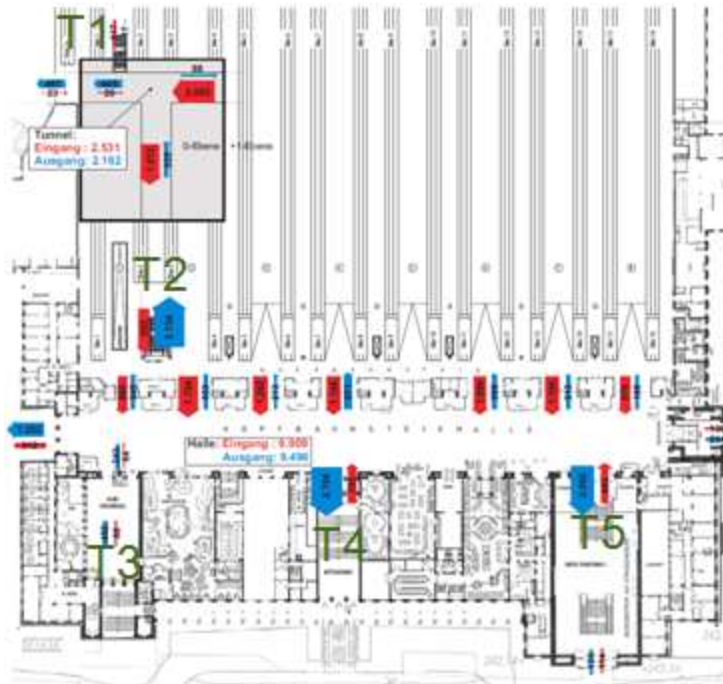


Abbildung 10: Lage der Treppenanlagen

Bei der Bewertung der Treppenanlagen werden nach [5] folgende Vorgaben gemacht:

- Die Gehgeschwindigkeit beträgt aufwärts 0,5 m/s.
- Die Gehgeschwindigkeit abwärts beträgt 0,5 m/s.
- Sollte zusätzlich zur Festtreppe eine Rolltreppe vorhanden sein, so wird diese mit ihrer maximalen Kapazität in Ansatz gebracht. Die Kapazität je Rolltreppe beträgt 0,94 Pers/s bzw. ca. 3.380 Pers/h.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der berechneten Nachweise.

Treppe	Breite	Fahrtritten	Personenverkehrsstärke/h		Abzug Fahrtruppe	Verkehrs- stärke QS	Verkehrs- stärke /s	Angleichungs- faktor	Gehgeschw	Angesetzte Dichten	QSV	Für Qualitätsstufe erforderl. Breite	Vorhandene Restbreite
			1	2									
T1	2,6	0	117	17	0,00	134	0,07	1,05	0,55	0,1	A	1,28	1,32
	2,6	0	17	117	0,00	134	0,07	1,05	0,55	0,1	A	1,28	1,32
T2	3,2	1	2754	952	0,94	2754	1,38	1,05	0,6	0,25	B	3,08	0,12
	3,2	1	952	2754	0,94	952	0,48	1,05	0,5	0,1	A	-	-
T3	8,5	0	452	88	0,00	540	0,27	1,05	0,55	0,1	A	5,15	3,35
	8,5	0	88	452	0,00	540	0,27	1,05	0,55	0,1	A	5,15	3,35
T4	10	0	2754	753	0,00	3507	1,75	1,05	0,55	0,4	C	8,37	1,63
	10	0	753	2754	0,00	3507	1,75	1,05	0,55	0,4	C	8,37	1,63
T5	9	1	2092	683	0,94	2092	1,05	1,05	0,5	0,1	A	2,28	6,72
	9	1	683	2092	0,94	683	0,34	1,05	0,6	0,1	A	-	-

Tabelle 13: Qualitätsstufen nach HBS für die Treppen

An Treppenabgang 2 zur S-Bahn treten unterschiedliche Qualitäten je Richtung auf, abwärts wird QSV=B erreicht, aufwärts theoretisch sogar QSV=A. Abwärts hat die Zählung eine Verkehrsmenge von 2.754 Pers/h ausgewiesen. Umgerechnet auf Pers/s nach [5] bedeutet dies 1,38 Pers/s. Die Fahrtreppe kann mit 0,94 Pers/s in Ansatz

gebracht werden. Die Differenz von 0,44 Pers/s ist somit der „Überlauf“, welcher die Festtreppe nutzt und zur QSV=B führt. In der Gegenrichtung ist lediglich eine Nachfrage von 0,48 Pers/s vorhanden. Da auch aufwärts eine Fahrtreppe vorhanden ist und diese 0,94 Pers./s befördern kann, bleiben keine Nutzer für die Festtreppe übrig. Dadurch entsteht in der Tabelle ein negativer Wert. Die Qualität der Treppe wird in Summe (maßgebend ist die schlechtere Richtung) mit QSV=B bewertet.

Grundsätzlich ist keine der Treppen überlastet, es wird im schlechtesten Fall QSV=C erreicht.

6 Zusammenfassung/Fazit

Im ersten Teil der vorliegenden Untersuchung wurde die von Durth Roos Consulting im Jahr 2009 inklusive der 2012 durchgeführten Erweiterung begutachtet. Trotz einiger zu bemängelnder Punkte:

- wie dem generellen Fehlen einer Analysebetrachtung,
- der Nichtverwendung von Zählraten zur Kalibrierung des eingesetzten makroskopischen Verkehrsmodells und
- insbesondere der Nichtverwendung von Tagesganglinien zur Abbildung von tageszeitbedingten Richtungsüberhängen,

werden die Ergebnisse als Ergebnisse auf der sicheren Seite eingestuft.

Zusammengefasst sind in der Modellierung der Personenstromanalyse [1] keine maßgebenden handwerklichen Fehler zu erkennen. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die von Intraplan bereits im Jahr 1997 getroffenen Annahmen zur Ermittlung der Spitzenstundenwerte vermutlich deutlich überhöht sind, so dass alle in [1] getroffenen Annahmen in der Modellierung von DRC, welche tendenziell zu günstig ausfielen, deutlich weniger ins Gewicht fallen. Die von DRC prognostizierten Zahlen sind demnach weitgehend methodisch korrekt erstellt worden, allerdings werden die Spitzenstundenbelastungen aufgrund der bereits 1997 von ITP getroffenen Annahmen zu hoch ausfallen.

Grundsätzlich empfiehlt die PTV allerdings entsprechende Personenstromanalysen heute und zukünftig unter Einsatz von mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen zu untersuchen. Mit dieser Methode lassen sich dynamische Nachweise zur Verkehrsqualität führen, welche beispielsweise die Abhängigkeit zwischen Treppenkapazitäten und Eintreffen von Zügen im Netzzusammenhang nachweisen können und somit verlässlichere Aussagen treffen als reine statische Berechnungen. Bestimmte Dinge, wie auf dem Bahnsteig bereits wartende Personengruppen oder der Einfluss variierender Zugankunftszeiten, lassen sich mit der statischen Bewertung nicht bewerten. Hinzu kommt, dass die Ergebnisse für die Allgemeinheit wesentlich anschaulicher und nachvollziehbarer dargestellt werden können, was insbesondere in diesem Projekt zu einem Mehrwert geführt hätte. Allerdings sind auch nur mit dieser Methodik eindeutige Ergebnisse zu erzielen sofern die Eingangsdaten korrekt sind.

Im zweiten Teil der Untersuchung wurde nach gleicher Methode (statische Bewertung) die Qualität am Kopfbahnhof bewertet. Zunächst wurde eine Analyseverkehrsbelastung

für die Fußgängerströme im bestehenden Kopfbahnhof ermittelt. Basis dieser Belastungen sind die Fußgängerzählungen von Durth Roos Consulting aus dem Jahr 2009. Auf Grundlage dieser Zahlen für den Ist-Zustand, wurden die Verkehrsqualitäten für die Fußgängerströme im Kopfbahnhof berechnet. Diese wurden entsprechend der Methode aus dem Gutachten [1] bearbeitet. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere die Ströme auf den Bahnsteigen im Kopfbahnhof in der Ausgangssituation (2009) während der morgendlichen Spitzenstunde durchgehend mindestens mit einer Qualität von QSV=D abgewickelt werden. Diese Qualität wird bereits unter dem Ansatz einer Bahnsteigräumzeit von 150s erreicht. Wird die Räumzeit auf 240s erhöht, wird durchgängig befriedigende Qualität (QSV=C) erreicht.

In einer zusätzlichen Betrachtung wurde versucht, das Leistungsvermögen der Bahnsteige im Kopfbahnhof (am Bahnsteiganfang vor dem Übergang auf den Querbahnsteig) mit dem Durchgangsbahnhof in Bezug auf die Qualität der Personenströme unter gleichen Voraussetzungen zu vergleichen.

Im Durchgangsbahnhof werden je Bahnsteig, bzw. Zugpaar mindestens ca. 1.050 Personen entleert bzw. befüllt. Im Kopfbahnhof zeigen die empirisch ermittelten Werte, dass dies im Jahr 2009 maximal 667 Personen waren, welche einen Bahnsteig je Zugpaar betreten bzw. verlassen. Nach Abzug der Personen die den direkten S-Bahnabgang auf dem Bahnsteig nutzen, verbleiben min. 906 Personen als Belastung für die Bahnsteigenden. Um diese über einen Bahnsteig mit der Verkehrsqualität QSV=D abwickeln zu können, ist eine Breite von min. 7,81m Gehfläche erforderlich. Bahnsteig 2 weist im Kopfbahnhof die breiteste Gehfläche mit 7,60m auf. Dieser Werte zeigt, dass auch die aktuell breiteste Gehfläche auf Bahnsteig 2 von 7,60m nicht ausreichen würde, um die geringste für die Bahnsteige des Durchgangsbahnhofes angesetzte Verkehrsmenge mit Qualitätsstufe QSV=D abwickeln zu können. Als Rahmenbedingung für diese Bewertung sind für die einsteigenden Personen 300s Befüllungszeit und für die aussteigenden Personen 240s Bahnsteigräumzeit analog der Bewertung des Durchgangsbahnhofes angesetzt worden.

Der Tiefbahnhof erreicht unter Ansatz der angesetzten Verkehrsmengen und einer Bahnsteigräumzeit von 240s auch nicht überall ausreichende Qualitäten. An einigen Abschnitten auf den Bahnsteigen wird ausreichend – wenn auch nur knapp – verfehlt.

Generell ist ein direkter Vergleich der Bewegungsqualität beider Bahnhöfe schwierig, da die Abhängigkeiten zwischen Angebot und Nachfrage einen direkten Vergleich verhindern. Die Einschätzung kann daher nur aus einer Betrachtung verschiedener Vergleiche qualitativ abgeleitet werden. Im Vergleich der Bahnsteige lässt sich zusammenfassend Folgendes sagen:

- Werden für den Kopfbahnhof die Prognosezahlen des Durchgangsbahnhofs angesetzt, schneidet der Durchgangsbahnhof besser ab. Der Durchgangsbahnhof ist unter Ansatz gleicher Verkehrsmengen komfortabler als der Kopfbahnhof.

- Setzt man für den Durchgangsbahnhof die deutlich größere Personenanzahl des Prognosezeitpunktes an, nimmt die Qualität nach HBS im Vergleich zu der für das Jahr 2009 ermittelten Qualität des Kopfbahnhofes ab. Durch die starke Zunahme im prognostizierten Fahrgastaufkommen liegt diese unter der heutigen des Kopfbahnhofes.

Diese Aussagen gelten für die Bahnsteige. Die übrigen Bereiche der beiden Bahnhöfe lassen sich nicht direkt vergleichen, weisen aber auch nur wenige maßgebende Engstellen auf.

Die Quantifizierung der Unterschiede ist kaum möglich und kann auf Basis der gewählten Methode auch nicht vorgenommen werden. Nicht Bestandteil der Untersuchung war eine mögliche Optimierung der Bahnsteige des Kopfbahnhofes. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde in dieser Untersuchung weitere wichtige Komfortkriterien wie Weglängen, Barrierefreiheit, Aufenthaltsqualität, Zugänge und Verkehrsverknüpfungen. Sie waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung und verhindern somit auch einen ganzheitlichen Komfortvergleich beider Bahnhöfe.

7 Anmerkung aktuelle Entwicklung im HBS

Zurzeit ist die Überarbeitung des HBS [4] in Arbeit. Die Neuausgabe ist noch nicht fertiggestellt, veröffentlicht und in Kraft getreten. Für die Bewertung der Qualitätsstufen der Fußgänger nach HBS wird es aber vermutlich in naher Zukunft neue Bewertungsgrenzen geben. Insbesondere der Übergang auf die kritische Qualitätsstufe (QSV=D auf QSV=E) wird voraussichtlich deutlich verändert. Damit werden heute grenzwertige Qualitäten zukünftig noch im voll ausreichenden Bereich bewertet.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Stuttgart 21 – Hauptbahnhof – Personenstromanalyse (Endzustand) - Im Auftrag der Deutschen Bahn AG vertreten durch die DB Station & Service (AG), Durth Roos Consulting GmbH, Darmstadt, September 2009.
- [2] Stuttgart 21 – Hauptbahnhof – Personenstromanalyse (Endzustand);
Detailbetrachtungen - Im Auftrag der Deutschen Bahn AG vertreten durch die DB Station & Service (AG), Durth Roos Consulting GmbH, Darmstadt, Februar 2012.
- [3] Stuttgart 21 – Hauptbahnhof – Ergebnisse der Erhebung zum Nutzerverhalten – Im Auftrag der DB Projekt Stuttgart 21, Durth Roos Consulting GmbH, Darmstadt, 05.12.1997.
- [4] Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) 2001 Fassung 2009, FGSV, Köln 2009
- [5] Die Bahn, Ril 813, Personenbahnhöfe planen.
- [6] PTV GROUP, Flughafen Stuttgart – Ermittlung von Planungsgrundlagedaten / Verkehrsuntersuchung Fernbahnhof, Düsseldorf, Juli 2011.
- [7] Intraplan Consult GmbH (ITP), Stuttgart 21 – Erarbeitung eines Mengengerüstes, Personenfern- und –nahverkehr für vertiefende Variantenuntersuchungen, München, Stand Ende Januar 1997.

9 Anhang

Anhang 1: Nachweis der Treppenbreiten, Anlage 10.4 Quelle: [1]

Treppe	Ebene von nach	Treppentyp	vordh. Treppenbreite B _T [m]	Anzahl Fahr-treppen	vorhandene Verkehrsstärke [Pers./h]	Zugangs pro Spitzenstunde [Züge]	Personen pro Zugpaar [Pers/Zug]	Bahnsteig-längzeit (Bz) [s]	Verkehrsstärke q [Pers./s]	Abzug d _{Stärke} [Pers/s]	Angleichungsfaktor k _g [-]	Gehgeschw. v [m/s]	Fußgänger-dichte k [Pers/m ²]	Qualität	erf. Treppen-breite B _{erf} [m]	Nachweis [1/5]	restliche Breite [m]	Bemerkung	Umver-teilung q _{rest} [Pers/s]	Umver-teilung q _{rest} [Pers/s]
1	+1	0	2,00	0	426	852			0,43	0,00	1,05	0,61	0,40	C	1,83	OK	0,17			
3	+1	0	4,10	2	2,068	4,136			2,07	1,88	1,05	0,61	0,40	C	0,83	OK	3,27			
4	0	-1	T/F	1	2,653				1,33	0,94										
4	-1	0	T/F	1	1,014	1,014	140	120	1,17	0,94	1,05	0,60	0,40	C	5,19	OK	0,02			
4	-1	0	T/F	1	1,639	1,639	63	120	0,57											
5	+1	0	4,10	2	1,968	3,936			1,97	1,88	1,05	0,61	0,40	C	0,40	OK	3,70			
6	0	-1	T/F	2	4,529	4,529			4,33	1,88	1,05	0,61	0,40	C	13,56	-5,82				
6	-1	0	T/F	2	4,529	4,529			4,33	1,88	1,05	0,61	0,40	D	6,03	-1,20		Nachweis nicht erbracht!		
9	0	-1	T/F	2	4,941	4,941			4,94	1,88	1,05	0,61	0,40	C	13,19	-8,45				
9	-1	0	T/F	2	4,941	4,941			4,94	1,88	1,05	0,61	0,40	D	7,54	-2,8		Nachweis nicht erbracht!		
10	0	-1	T/F	1	894	894	363	300	1,01	0,94	1,05	0,60	0,40	C	6,79	-4,39				
10	-1	0	T/F	1	684	684	260	120	2,42	0,94	1,05	0,60	0,40	C	3,26	-0,86				
10	0	-1	T/F	1	684	684	363	300	1,01	0,94	1,05	0,60	0,40	C	3,26	-0,86				
10	-1	0	T/F	1	684	684	250	180	1,61	0,94	1,05	0,60	0,40	C	1,87	OK	0,53			
10	0	-1	T/F	1	684	684	363	300	1,01	0,94	1,05	0,60	0,40	D	1,87	OK	0,53			
10	-1	0	T/F	1	684	684	260	180	1,61	0,94	1,05	0,60	0,40	D	1,87	OK	0,53			
11	0	-1	T/F	1	574	574	177	120	1,42	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,09	OK	0,31			
11	-1	0	T/F	1	574	574	177	120	1,42	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,09	OK	0,31			
11	0	-1	T/F	1	684	684	169	120	2,03	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,44	-8,94		Nachweis mit Umverteilung aus Treppe 12		
11	-1	0	T/F	1	684	684	179	120	1,50	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,44	-8,94		Nachweis mit Umverteilung aus Treppe 12		
11	0	-1	T/F	1	674	674	169	120	2,03	0,94	1,05	0,60	0,40	C	1,13	OK	1,77			
11	-1	0	T/F	1	674	674	179	120	1,50	0,94	1,05	0,60	0,40	C	1,13	OK	1,77			
12	0	-1	T/F	1	1,270	1,270	364	300	1,31	0,94	1,05	0,60	0,40	C	11,56	-9,16				
12	-1	0	T/F	1	1,270	1,270	365	120	3,21	0,94	1,05	0,60	0,40	C	11,56	-9,16				
12	0	-1	T/F	1	1,270	1,270	364	300	1,31	0,94	1,05	0,60	0,40	D	3,93	-1,53				
12	-1	0	T/F	1	1,270	1,270	365	180	2,14	0,94	1,05	0,60	0,40	D	3,93	-1,53				
12	0	-1	T/F	1	1,270	1,270	364	300	1,31	0,94	1,05	0,60	0,40	D	2,60	-0,2		Umverteilung auf Treppe 11	0,64	0,64
12	-1	0	T/F	1	1,270	1,270	365	240	1,60	0,94	1,05	0,60	0,40	D	2,60	-0,2		Umverteilung auf Treppe 11	0,64	0,64
13	0	-1	T/F	1	407	407	125	120	0,42	0,94	1,05	0,60	0,40	C	0,17	OK	2,23			
13	-1	0	T/F	1	381	381	117	120	0,96	0,94	1,05	0,60	0,40	C	0,17	OK	2,23			
14	0	-1	T/F	1	1,128	1,128	282	300	0,94	0,94	1,05	0,60	0,40	C	6,51	-4,11				
14	-1	0	T/F	1	1,128	1,128	261	120	2,42	0,94	1,05	0,60	0,40	C	6,51	-4,11				
14	0	-1	T/F	1	1,128	1,128	282	300	0,94	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,98	-0,58				
14	-1	0	T/F	1	1,128	1,128	261	180	1,62	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,98	-0,58				
14	0	-1	T/F	1	1,128	1,128	282	300	0,94	0,94	1,05	0,60	0,40	D	1,70	OK	0,70			
14	-1	0	T/F	1	1,128	1,128	261	180	1,62	0,94	1,05	0,60	0,40	D	1,70	OK	0,70			
15	0	-1	T/F	1	685	685	166	300	0,55	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,15	OK	0,25			
15	-1	0	T/F	1	685	685	172	120	1,43	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,15	OK	0,25			
15	0	-1	T/F	1	685	685	175	300	0,58	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,41	-8,01		Nachweis mit Umverteilung aus Treppe 16		
15	-1	0	T/F	1	685	685	179	120	1,49	0,94	1,05	0,60	0,40	C	2,41	-8,01		Nachweis mit Umverteilung aus Treppe 16		
15	0	-1	T/F	1	685	685	179	300	0,58	0,94	1,05	0,60	0,40	C	1,11	OK	1,29			
15	-1	0	T/F	1	685	685	179	180	1,39	0,94	1,05	0,60	0,40	C	1,11	OK	1,29			
16	0	-1	T/F	1	1,527	1,527	362	300	1,27	0,94	1,05	0,60	0,40	C	11,56	-9,16				
16	-1	0	T/F	1	1,527	1,527	369	120	3,24	0,94	1,05	0,60	0,40	C	11,56	-9,16				
16	0	-1	T/F	1	1,527	1,527	362	300	1,27	0,94	1,05	0,60	0,40	D	3,90	-1,5				
16	-1	0	T/F	1	1,527	1,527	369	180	2,16	0,94	1,05	0,60	0,40	D	3,90	-1,5				
16	0	-1	T/F	1	1,527	1,527	362	300	1,27	0,94	1,05	0,60	0,40	D	2,55	-0,15		Umverteilung auf Treppe 15	0,63	0,63
16	-1	0	T/F	1	1,527	1,527	369	240	1,62	0,94	1,05	0,60	0,40	D	2,55	-0,15		Umverteilung auf Treppe 15	0,63	0,63
17	0	-1	T/F	1	486	486	114	300	0,38	0,94	1,05	0,60	0,40	C	0,29	OK	2,11			
17	-1	0	T/F	1	486	486	121	120	1,00	0,94	1,05	0,60	0,40	C	0,29	OK	2,11			

Anhang 3: Eigens berechnete Ergebnisse nach HBS mit besseren Qualitäten als „QSV C“ Datengrundlage Anlage 9.5, Quelle [1]

Treppe	Ebene	Breite	Fahrtreppen	Personenverkehrsstärke		Abzug 2 Fahrtreppen	Fußgängerverkehrsstärke	Zugpaare	Personen pro Zugpaar	Bahnsteigrä umzeit (gegeben)	FG- Verkehrsstä re nach Abzug	Verkehrsstärk e nach Abzug	Angleichun gsfaktor	Gehgeschw	Angesetzte FG-Dichten	Qualitätsstufe	für Qualitätsstufe erforderliche Gehwegbreite	Nachweis (vorhanden Restbreite)
				1	2													
26	1	2,21	0	43	29	0	72			0,04	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,62	1,59
27	1	2,5	0	43	57	0	100			0,05	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,86	1,64
28	1	2,95	0	1035		0		7,25	142,76	0,48	0,48	1,05	1,05	0,6	0,4	C	2,14	0,81
28	0		1	398	1035	0,94	2070	7,25	142,76	0,95	0,01	1,05	1,05	0,6				
29	1	2,3	1	398		0,94		8,25	48,24	0,16	0,00	1,05	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,30
29	0		1	398	398	0,94	796	9,25	43,03	0,36	0,00	1,05	1,05	0,6				
30	1	2,3	1	398		0,94		8,25	48,24	0,16	0,00	1,05	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,30
30	0		1	398	398	0,94	796	9,25	43,03	0,36	0,00	1,05	1,05	0,6				
31	0	2,45	0	183	183	0,00	366			1,18	0,00	1,05	1,05	0,61	0,25	B	1,26	1,19
32	0	2,27	1	1939	1939	0,94	3878			1,94	0,00	1,05	1,05	0,61	0,7	D/E	2,46	-0,19
32																		
33	0	1,94	2	303	303	1,88	606			0,30	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,00	1,94
34	0	2,13	1	836	836	0,94	1672			0,84	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,00	2,13
35	0	7,75	2	3392	3392	1,88	6784			3,39	0,00	1,05	1,05	0,61	0,4	C	6,53	1,22
36	0	17,57	0	816	816	0,00	1632			0,82	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	14,06	3,51
37	1	4	0	25	25	0,00	50			0,03	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,43	3,57
38	1	4,74	0	30	30	0,00	60			0,03	0,00	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,52	4,22
39	-1	5	1	2653		0,94	2653			1,33	0,39	1,05	1,05	0,6				
39	-3		0		1014	0,00		7,25	139,86	0,93	0,93	1,05	1,05	0,6	0,4	C	3,67	1,33
39	-3		1		1639	0,94		24	68,29	0,46	-0,48	1,05	1,05	0,6				
40	-1	2,38	1	4376		0,94	4376			2,19	1,25	1,05	1,05	0,6				
40	-3		0		311	0,00		7,25	42,90	0,18	0,18	1,05	1,05	0,6				
40	-3		1		4065	0,94		24	169,38	0,71	-0,23	1,05	1,05	0,6	0,7	D/E	2,99	-0,61
41	-1	2,4	0	498		0,00		3,25	153,23	1,28	1,28	1,05	1,05	0,6				
41	-2		1		498	0,94		3,25	153,23	0,51	-0,43	1,05	1,05	0,6	0,7	D	2,13	0,27
42	-1	2,4	1	629		0,94		4	157,25	0,52	0,00	1,05	1,05	0,6				
42	-2		0		629	0,00		4	157,25	0,87	0,87	1,05	1,05	0,6	0,7	D	2,18	0,22
43	-1	2,4	0	771		0,00		24	30,04	0,25	0,25	1,05	1,05	0,6				
43	-2		1		721	0,94		7,25	99,45	0,33	0,33	1,05	1,05	0,6	0,25	B	1,75	0,65
44	-1	2,4	0	679		0,00		24	28,29	0,24	0,24	1,05	1,05	0,6				
44	-2		1		679	0,94		7,25	93,66	0,31	0,31	1,05	1,05	0,6	0,25	B	1,65	0,75
45	-1	2,1	2	77		1,88		7,25	358,76	0,08	0,08	1,05	1,05	0,61	0,1	A	0,00	2,10
45	-2		1		2601	0,94		7,25	358,76	1,49	0,56	1,05	1,05	0,6				
46	-2	3,1	1	2601		0,94		7,25	358,76	1,20	0,26	1,05	1,05	0,6	0,7	D	2,04	1,06
47	-1	6,4	1	3586		0,94				1,79	0,86	1,05	1,05	0,6				
47	-3		0		133	0,00		7,25	18,34	0,15	0,15	1,05	1,05	0,6				
47	-3		1		3453	0,94		24	143,88	1,20	0,26	1,05	1,05	0,6	0,4	C	5,56	0,84
48	1	2,2	1	378		0,94		7,25	52,14	0,43	0,00	1,05	1,05	0,6				
48	0		1		378	0,94		7,25	52,14	0,17	0,00	1,05	1,05	0,6	0,1	A	0,00	2,20