

BUNDESAMT FÜR VERKEHR
OFFICE FÉDÉRAL DES TRANSPORT
UFFICIO FERERALE DEI TRANSPORTI
FEDERAL OFFICE OF TRANSPORT



Photo Fart SA Locarno

Rollstuhlgerechter Buseinstieg

Studie
Technischer Bericht

Zürich, 16. März 2006

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Allgemeines	1
1.1. Ausgangslage	1
1.2. Auftrag, Aufgabenstellung und Abwicklung	1
1.3. Abgrenzung	2
2. Literaturstudium	3
2.1. Übersicht	3
2.2. Bus	7
2.3. Tram	7
3. An- und Wegfahrten an die Haltestelle	9
3.1. Grundsätzliches zu den An- und Wegfahrten	9
3.1.1 Haltestellentypen	9
3.1.2 Überlegungen zur Haltestellenkante	10
3.1.3 Fahrzeugtypen	12
3.1.4 Überlegungen zur An- resp. Wegfahrgeometrie	12
3.2. Fahrversuche	14
3.2.1 Wann, wo	14
3.2.2 Fahrzeuge	14
3.2.3 Versuchsanordnung	14
3.2.4 Messverfahren	14
3.2.5 Fragestellungen für die Fahrversuche	14
3.2.6 Ergebnisse der Fahrversuche	15
3.3. Simulationen	15
3.3.1 Absicht mit den Simulationen	15
3.3.2 Fragestellungen für die Simulationen	15
3.3.3 Ergebnisse aus den Simulationen	16
3.4. Resultate, Schlussfolgerungen, Antworten zur Aufgabenstellung	17
3.4.1 Allgemeines	17
3.4.2 Konzept An- und Wegfahrt	18
3.4.3 Erkenntnisse, Begründungen	18
3.4.4 Antworten zur Aufgabenstellung	19
4. Zusammenfassung	22
4.1. Busbucht	22
4.2. Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen	22
4.3. Fahrbahnhaltestelle (Haltekante = Strassenrand)	23

5. Offene Fragen	24
6. Quellenverzeichnis	25
6.1. Internet	25
6.2. Bücher und Publikationen	25
7. Anhang	26
8. Beilagen	26

16. März.2006, B 3707.00, HV, MEI, CR, BOM

Basler & Hofmann
Ingenieure und Planer AG, Mitglied SIA/USIC

Zürich: Forchstrasse 395, CH-8032 Zürich
Tel. 044 387 11 22, Fax 044 387 11 00

Esslingen: Bachweg 1, CH-8133 Esslingen
Tel. 044 387 15 22, Fax 044 387 15 00

1. Allgemeines

1.1. Ausgangslage

Das am 1. Januar 2004 in Kraft getretene Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG, SR 151.3) schreibt vor, dass der Bundesrat Normen für die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (öV) erlässt. In der Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (VböV) hat der Bundesrat diese Aufgabe an das Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) delegiert.

Für behinderte Personen, vor allem für Personen im Rollstuhl, stellen an Haltestellen des öV die Höhendifferenz (Reststufe) und die Lücke zwischen Haltekante und Fahrzeug (Restspalt) Hindernisse dar. Systeme mit Rampen am Bus (elektrische und Klapprampen) sowie Hubliften sind umständlich und führen bei häufiger Benutzung zu Fahrplanverzögerungen. Optimal sind daher niveaugleiche Schnittstellen, die ein direktes Einsteigen von der Haltestelle in das Fahrzeug ermöglichen. In gemeinsamer Arbeit haben das BAV, der VöV, die SBB und die Fachstelle Böv „funktionale Anforderungsprofile für einen behindertengerechten öV“ erarbeitet. Niveaufrei gilt eine Schnittstelle, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Reststufe < 30 mm
- Restspalt < 50 mm
- Der Toleranzbereich beträgt 20 mm in nur eine Richtung. Damit kann entweder die Reststufe 50 mm oder der Restspalt 70 mm betragen.

Die heutige VSS-Norm SN 640 880 Bushaltestellen aus dem Jahr 1993 kann für die Gestaltung von rollstuhlgerechten Bushaltestellen, wie sie das Behindertengleichstellungsgesetz vorschreibt, nicht mehr verwendet werden. In dieser Studie sollen Grundlagen für eine Überarbeitung der Norm, insbesondere der Anfahrgometrie und der Haltekante, untersucht werden.

1.2. Auftrag, Aufgabenstellung und Abwicklung

Im Vertrag vom 12. Juli 2005 zwischen dem Bundesamt für Verkehr (BAV) als Auftraggeberin und Basler & Hofmann (B&H) als Auftragnehmerin ist die Aufgabenstellung wie folgt definiert:

Erstellen eines technischen Berichtes „Evaluation der Bedingungen für die Anfahrt / Wegfahrt von Bussen an rollstuhlgerechten Haltestellen“.

Der Auftrag ist im Projektbeschrieb [Anhang 1] weiter spezifiziert und zusammengefasst.

Das Projekt wird durch eine Begleitgruppe mit folgenden Vertretern von Ämtern, Betrieben des öV und Fachstellen und weiteren Fachleuten begleitet:

- Hanspeter Oprecht, BAV, Auftraggeber
- Ivan Belopitov, SNZ, VSS-EK 3.05

- Urs Brändle, Dep. Bau, Verkehr und Umwelt Kt. Aargau
- Stephan Haltiner, ASTRA
- Ulrich Reinert, RBS, VSS-FK 8
- Anton Scheidegger, BoeV
- Erwin Wittwer, VBZ, VSS-FK 8

Mit der Begleitgruppe haben am 13. Juni, am 23. Aug., am 27. Sept., am 29. Nov. 2005 und am 24. Jan. 2006 gesamthaft 5 Sitzungen stattgefunden. Am 7. Nov. 2005 wurden im Beisein der meisten Begleitgruppenmitglieder die Fahrversuche in Zürich durchgeführt.

1.3. Abgrenzung

In der vorliegenden Studie werden die Bedingungen an die Anfahr- resp. Wegfahrgeometrie für die Einhaltung des Restspaltes untersucht. Die Aspekte der „Reststufe“ und des „Restspaltes“ werden im Zusammenhang mit verschiedenen Höhen der Haltekante untersucht. Diese wiederum haben einen Einfluss auf die Ausgestaltung der Haltestelle und damit auf die Länge der Haltestellenkante.

Die Wirkung zwischen Fahrzeug und Haltestellenkante ist nicht Gegenstand der Aufgabenstellung. Die minimale Grösse des Restspaltes bedingt eine Form der Haltestellenkante, die ein Touchieren mit dem Rad ohne Schaden an Pneu, Radnabe und Haltestellenkante gestatten. Für die Studie ist die Haltestellenkante mit der Form des Kasseler Sonderbords vorgegeben [Abbildung 1].

Für die Grösse der Reststufe ist neben der Haltekantenhöhe die fahrzeugspezifische Möglichkeit des Absenkens des Karosseriekastens des anhaltenden Fahrzeuges auf der Haltestellenseite, „kneeling“ genannt, wichtig.

Von grosser Bedeutung ist, ob die Haltestelle in einem geraden oder in einem gekrümmten Streckenabschnitt liegt. Die Untersuchungen gehen, wie in der Aufgabenstellung präzisiert, von einer geraden Haltestellenkante in einem geraden Strassenabschnitt aus.

Die Fahrzeuge und die Bordsteine unterliegen natürlicherweise einer Fertigungstoleranz. In [21] wird auf solche Fertigungstoleranzen eingegangen. In dieser Studie werden sie zur Kenntnis genommen, aber nicht weiter abgehandelt.

Im weiteren werden in dieser Studie die Vorgaben an die Schulung des Fahrpersonals und allfällige psychologischen Hemmnisse des Fahrpersonals (Kontakt der Räder mit der Haltestellenkante, Wischen über die Haltestellenkante, wartende Passagiere an der Haltestelle etc.) nicht weiter thematisiert.

Untersuchungen zur Ausbildung der Haltestelle hinter der Haltestellenkante sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.

2. Literaturstudium

2.1. Übersicht

Die Anforderungen an einen für Rollstuhlfahrende barrierefreien öffentlichen Verkehr sind bekannt. In vielen europäischen Ländern bestehen Richtlinien darüber, wie ein niveaufreier Einstieg zu gestalten ist (Masse Reststufe und Restspalt). Die Umsetzung steht jedoch erst am Anfang. Ein anerkanntes System, das immer wieder angewandt wird, gibt es noch nicht.

Die Minimierung des Restspalts hängt zu einem grossen Teil von der Fähigkeit des Fahrers ab, den Bus zentimetergenau an die Haltekante zu bringen. Dies muss auch unter erschwerten Bedingungen, wie parkierten Autos vor der Haltestelle und vielen wartenden Passagieren an der Haltestelle, gelingen. Als Hilfsmittel für Busfahrer sind neue Bordsteine vorgesehen, die ermöglichen, dass der Bus, ohne die Reifen zu beschädigen, nahe an die Haltestelle heranfahren kann. Bei idealer Position kann so der Restspalt minimiert werden. Die nachfolgende Darstellung zeigt die Situation Bordstein/Pneu bei einer korrekten Anfahrt bei verschiedenen Bordsteinen [14].

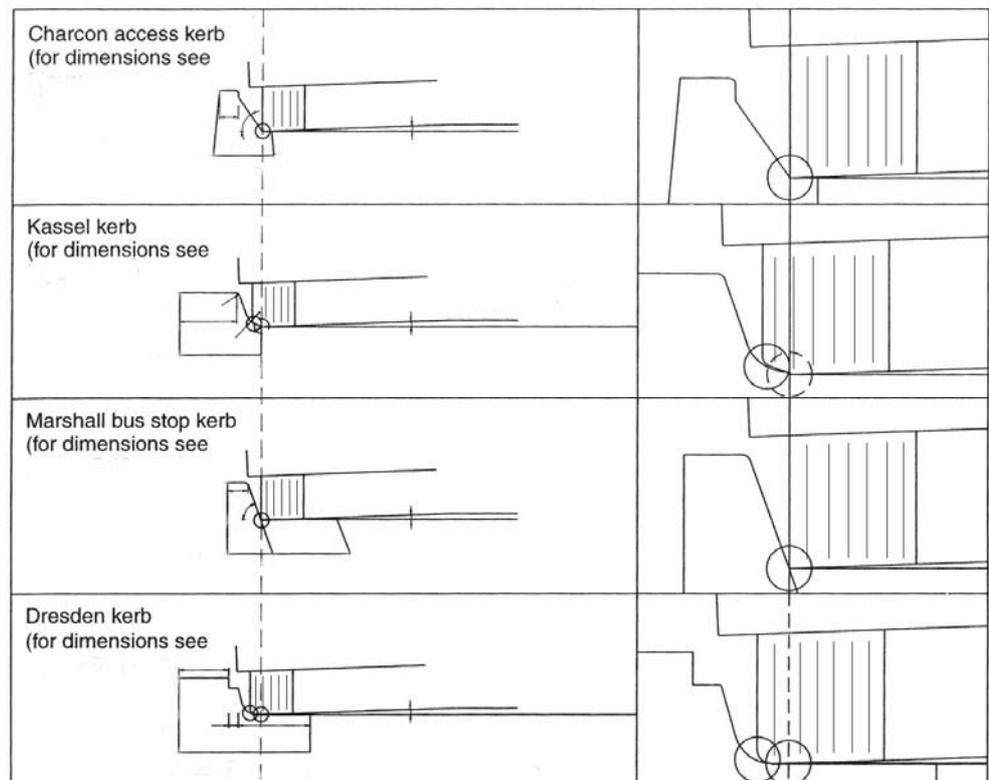


Abbildung 1: Lage der Rades (Pneu) in Bezug zum Bordstein [14]

Kurz zusammengefasst: Wo der Bus hingehört, ist klar. Wie er dorthin gelangt, ist zu klären.

Elemente der rollstuhlgerechten Bushaltestelle	<p>Infrastruktur: Barrierefreier Zugang zur Haltestellenfläche erhöhte Haltekante (min. im Bereich der 2. Tür) Anfahrhilfe für Busse (z.B. „Kasseler Sonderbord“) ggf. Markierungshilfen für Haltepunkt und/oder Anfahrlinie</p> <p>Fahrzeuge: Niederflurfahrzeuge</p>
Fragestellung	<p>Die Literatur zu barrierefreien Haltestellen befasst sich zu einem grossen Teil mit dem Zugang zur Haltestelle sowie mit der Möblierung. Die vorliegende Studie befasst sich in mit den Anfahrtsbedingungen für Busse sowie mit den Anforderungen an die Ausgestaltung der Haltestellenkanten. Das Literaturstudium legt darum besonderes Augenmerk auf folgende Punkte:</p> <ul style="list-style-type: none">• Gesetzliche Grundlagen• Beispiele für erhöhte Haltekanten• Anforderungen an Haltekanten für rollstuhlgerechte Haltestellen• Verhalten der Fahrzeuge bei der Haltestellenanfahrt
Vorgaben der Gesetze und Normen	<p>Grundlage für die baulichen Massnahmen bei Haltestellen des öffentlichen Verkehrs sowie auch bei der Fahrzeugbeschaffung sind Gesetze. Sie schreiben die Mindestanforderungen vor. In einem Artikel der Zeitschrift „Der Nahverkehr“ (1-2/2004) sind die Grundlagen verschiedener Länder aufgeführt [13]. Nachfolgend eine Übersicht über die gesetzlichen Erlasse in der Schweiz, in Deutschland und in Frankreich.</p>

Gesetzliche Erlasse in der Schweiz

Gesetz / Norm	Inhalt	Auswirkung
Behindertengleichstellungsgesetz BehiG (SR 151.1), in Kraft seit dem 1.1.2004	Ziel ist die grösstmögliche Gleichstellung der Behinderten gegenüber den Nichtbehinderten. Unter anderem soll deshalb ein möglichst lückenfreies öffentliches Verkehrsangebot für Menschen mit Behinderungen bereitgestellt werden. Es besteht eine 20-jährige Anpassungsfrist. Der Bundesrat ist verpflichtet, Vorschriften über die Gestaltung von Bahnhöfen, Haltestellen, Fahrzeugen, Kommunikationssystemen und Billettautomaten zu erlassen. Für individuelle Betroffene und für benannte Behindertenorganisationen besteht ein Klage- bzw. Beschwerderecht. Andererseits ist auch das Prinzip der Verhältnismässigkeit festgehalten: Wo vor allem die Kosten gegenüber dem zu erwartenden Nutzen in keinem Verhältnis stehen, kann auf eine Anpassung verzichtet werden.	Das öV-Netz soll gesamthaft angepasst werden. Wo jedoch der Bedarf voraussichtlich gering, die Kosten jedoch hoch sind, muss nicht angepasst werden.
Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs VböV (SR 151.34), in Kraft seit dem 1.1.2004	Konkretere Zielformulierung, was "behindertengerechter öV" heisst und wie die Umsetzung dieser Ziele finanziert werden soll. Zudem: Delegation betreffend Erarbeitung der Vorschriften an das UVEK.	Klarere Definition der Gesetzesziele bezüglich öV: Was muss konkret behindertengerecht ausgestaltet werden? Wer muss (mit-) finanzieren und zu welchen Teilen bzw. aus welchen Krediten?
Verordnung des UVEK über die technischen Anforderungen an die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (TAböV), Inkraftsetzung geplant per Mitte 2006	Technische Ausführungsbestimmungen an die Anforderungen für einen behindertengerechten öV	(Technische) Detaildefinition der Gesetzesziele: Wie muss konkret ein Haltepunkt oder ein Fahrzeug ausgestaltet sein, damit auch den Bedürfnissen der behinderten Reisenden entsprochen ist?

Tabelle 1: Gesetze für behindertengerechten öV in der Schweiz

Gesetzliche Erlasse in Deutschland und Frankreich

Einerseits besteht in Deutschland das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz. Es hält unter anderem fest, dass für eine Finanzierungsunterstützung den Anforderungen, die sich aus der so genannten Barrierefreiheit (behindertengerechte Ausführung) ergeben, so weit wie möglich entsprochen werden muss. Z.T. werden jedoch auch Mittel gesprochen ohne Berücksichtigung der behindertengerechten Ausführung. Das Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) schreibt andererseits die "Barrierefreiheit" bei Neubauanlagen vor. Vorgaben über Gesamtkonzepte, wie sie im schweizerischen Behindertengleichstellungsgesetz festgehalten sind, finden sich hier jedoch nicht.

In Frankreich besteht seit 1975 das "Loi d'orientation" mit ersten, nicht sehr wirkungsvollen Regelungen. Auch die Auswirkungen des seit 1982 bzw. 1991 geltenden "Loi d'orientation des transport intérieurs" mit konkreter ausformulierten Rege-

lungen sind nicht als umfassend zu bezeichnen. Erst die seit 1999 bestehende Verordnung enthält detailliertere Vorschriften betreffend der behindertengerechten Gestaltung des öffentlichen Raums. Entsprechend sind Verbesserungen an bestehenden und vor allem neuen Bauten, Anlagen und Fahrzeugen spürbar.

Fahrzeuge und Haltestellen

Bei neuen Fahrzeugen, sowohl bei Bussen als auch bei Trams, wird fast überall auf moderne Niederflurfahrzeuge gesetzt. Um die Vorzüge auch für Rollstuhlfahrende nutzbar zu machen stellt sich die Frage der Haltekantenhöhe sowie der Lage der Karosserie zur Haltestelle [21]. Tramhaltestellen sind aufgrund der schienengebundenen Fahrzeuge einfacher zu gestalten. Dort ergeben sich vor allem Probleme in Kurven. Bei Bussen ist die Situation schwieriger.

Schwierigkeiten bei Haltestellen

Folgende Schwierigkeiten zeigen sich gemäss Recherche bei der Ausgestaltung rollstuhlgerechter Haltestellen:

- Unterschiedliche Fahrzeugtypen erfordern unterschiedliche Infrastruktur. Dies betrifft vor allem gewachsene Systeme [13].
- Hohe Haltekanten werden zurückhaltend eingesetzt, da man befürchtet, dass die Fahrzeuge und die Haltestellen beschädigt werden (Überhang und Schwenktüren) [13/21].
- Die beste Infrastruktur ist nutzlos, wenn mit Bussen nicht sauber an die Haltekante gefahren wird [13/14/21].

Die Ausgestaltung der Haltekante wurde im Bericht von R. Soltermann [21] untersucht. In diesem Bericht sind die Schwierigkeiten, die sich aus der Geometrie der Busse und der Haltekanten ergeben, ausführlich dokumentiert. Als Lösung steht der Einsatz von Sonderbordsteinen im Vordergrund [Abbildung 1], die ein Halten neben der Haltekante und den Einsatz des kneeling erlauben.

Anfahrt der Haltestelle

Bei der An- und Wegfahrt an der Haltestelle überstreicht der Bus die Haltestellenkante. Dies wird vor allem bei sehr niedrigen Bussen und bei erhöhten Haltekanten ein Problem. Bisher wurde untersucht, an welcher Stelle der Bus mit welchem Teil der Karosserie über den Strassenraum hinaus ragt [21]. In der vorliegenden Studie wird nun untersucht, wie die Geometrie der Haltestelle sein muss, damit eine hohe Haltekante ohne Überstreichen im Bereich < 16 cm angefahren werden kann.

Die nachfolgenden zwei Kapitel zeigen einen Ausschnitt aus den bereits bestehenden Massnahmen in verschiedenen Städten.

2.2. Bus

Ort	System	Restspalt und Reststufe	Erfahrungen (aus Literatur)	Quelle
Bern	Niederflurbusse mit Rampe (elektrisch oder Klapprampe)	Rampe	Keine Angaben	[4]
Biel	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante (21 cm)	Keine Angaben	Haltekantenhöhe ist akzeptiert	[13]
Genf	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante (25 cm)	Keine Angaben	Haltekantenhöhe ist akzeptiert (kneeling aber gesperrt)	[13]
Locarno	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante (>21 cm)	Keine Angaben	Haltekantenhöhe ist akzeptiert	[13]
Bremen	Niederflurbusse und Rampe	Keine Angaben	Keine Angaben	[5]
Düsseldorf	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante (bis 22 cm), kneeling Kombinierte Haltestellen mit 25 cm	Reststufe bei reinen Bushaltestellen mit kneeling 3 cm; bei kombinierten Haltestellen 5 cm; Restspalt möglichst unter 5 cm	Keine Angaben	[1]
Dresden	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante 20-23 cm (geplant)	Reststufe max. 8 cm, Restspalt 5 cm	Keine Angaben	[2]
Euskirchen	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante (24 cm), z.T. im Linksverkehr angefahren, kneeling Busbordsteine	Mit kneeling keine Reststufe Restspalt je nach Anfahrt	Erhöhte Haltekante zu hoch (gem. Nahverkehr 1-2/2004) Betrieb hat sich bewährt (gem. Nahverkehr 9/98)	[13/12]
Frankfurt	Niederflurbusse Hublift	Keine Angaben	Keine Angaben	[3]
Grenoble	Niederflurbusse und erhöhte Haltekante, Rampe	Rampe	Gute Akzeptanz, System soll ausgebaut werden	[11]
Mainz	Niederflurbusse mit Rampe	Rampe	Keine Angaben	[8]
Rouen	Niederflurbusse, Profilbordsteine mit optischer Fahrhilfe (Markierung auf Fahrachse)	Keine Angaben	Neuere Entwicklung	[14] [22]
München	Niederflurbusse mit Hublift und Klapprampe	Keine Angaben	Keine Angaben	[7]
Stuttgart	Niederflurbusse und Profilrandsteine auf 18 cm, kneeling auf 25 cm, Klapprampe	Reststufe bei 7 cm	Keine Angaben	[6]

Tabelle 2: Vergleich der Systeme für rollstuhlgerechte Bushaltestellen

2.3. Tram

Die Untersuchung einer rollstuhlgerechten Ausgestaltung von Tramhaltestellen ist nicht Teil des Auftrags. Bei der Literaturrecherche sind einige Informationen zusammengekommen, die in der untenstehenden Tabelle dokumentiert sind. In vielen Städten ergibt erst die Kombination von Tram- und Busnetz mit entsprechend gestalteten Haltestellen eine behindertengerechte Infrastruktur.

Ort	System	Restspalt und Reststufe	Erfahrungen (aus Literatur)	Quelle
Zürich	Niederflurtram Cobra mit Klapptritten, erhöhte Haltekante (z.B. Hauptbahnhof)	Keine Angaben	Einsteigen wird erleichtert	
Grenoble	Niederflurtram mit Klapptritten, hohe Haltekante	Kein Spalt, Höhendifferenz von 10 cm auf Rampe	Gute Akzeptanz, System funktioniert	[11]
München	Niederflurtram, 1. Tür mit Hublift, per Knopfdruck	Hublift	Keine Angaben	[7]
Stuttgart	Stadtbahn und erhöhte Haltekante	Keine Angaben	Keine Angaben	[6]
Frankfurt	Niederflurtram	Reststufe 6 cm	Keine Angaben	[3]
Düsseldorf	Geplante Haltekantenhöhe 25 cm	Reststufe und Restspalt <5 cm	Keine Angaben	[1]
Dresden	Niederflurtrams. Erhöhte Haltekante 23 cm	Reststufe 6.5 cm	Keine Angaben	[13]
Bern	Niederflurtram mit Rampe bei Tür 1 oder 2	Rampe	Keine Angaben	[4]
Genf	Niederflurtram und erhöhte Haltekanten (25 cm)	Reststufe 7 cm		[13]

Tabelle 3: Vergleich der Systeme für rollstuhlgerechte Tramhaltestellen

3. An- und Wegfahrten an die Haltestelle

3.1. Grundsätzliches zu den An- und Wegfahrten

3.1.1 Haltestellentypen

Bei Haltestellen des öffentlichen Verkehrs kommen verschiedene Haltestellentypen zur Anwendung:

- Busbucht
- Fahrbahnhaltestelle zwischen Längsparkfeldern (am Strassenrand)
- Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen (am Strassenrand, Velostreifen im Haltestellenbereich unterbrochen)
- Fahrbahnhaltestelle (am Strassenrand)
- Fahrbahnhaltestelle mit Vorbau (Kaphaltestelle)
- kombinierte Haltestelle Bus / Tram

Einen wesentlichen Einfluss auf die Anfahrgeometrie hat, je nach Haltestellentyp, der seitliche Versatz der Fahrachse auf der Strecke (ca. im Bereich der Fahrstreifenmitte) und beim Anhalten an der Haltestelle (ca. halbe Karosseriebreite plus Restspalt von der Haltekante). Dieser Versatz ist auch relevant für den Anfahr- resp. Wegfahrwinkel der gefahrenen Geometrie.

Als Grundtyp für diese Untersuchungen ist die Fahrbahnhaltestelle festgelegt. Es werden aber auch die weit verbreiteten Typen Busbucht und Haltestelle am Fahrbahnrand mit Velostreifen untersucht. Die Überlegungen werden schwergewichtig am Typ Busbucht angestellt. Die Besonderheiten und Probleme zeigen sich bei diesem Typ wegen dem grossen Versatz am ausgeprägtesten.

Für die Grösse des Versatzes ist die Breite des Fahrstreifens von Bedeutung. Gemäss Vorgabe wird von folgenden Streifenbreiten ausgegangen:

- 3.25 m bei Strassen mit mehreren Spuren pro Richtung
- 3.50 m bei Strassen mit einer Spur pro Richtung

Zur Vereinfachung wird für die Überlegungen hier von einer Fahrachse in der Mitte eines 3.25 m-Fahrstreifens ausgegangen. Es ergeben sich damit für die untersuchten Haltestellentypen Versätze gemäss Abbildung 3.

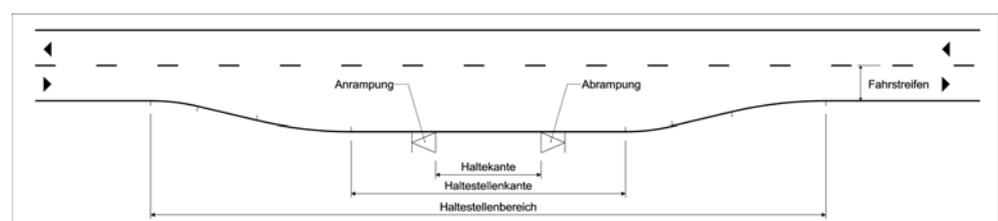
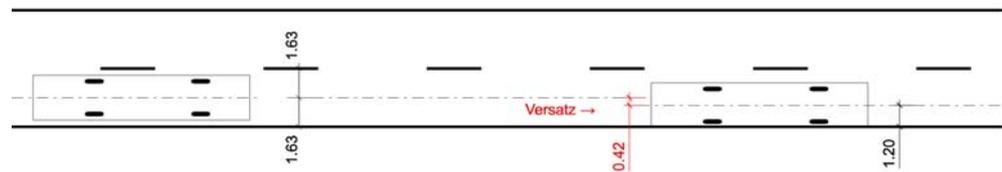
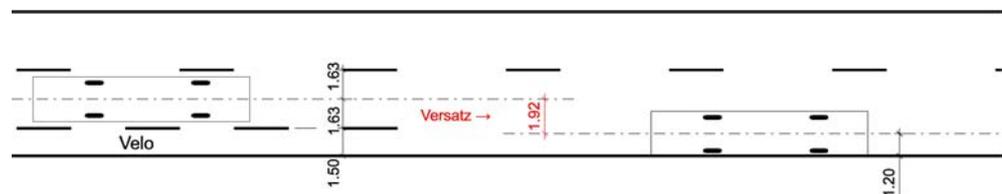


Abbildung 2: Haltestelle, Bezeichnungen

Fahrbahnhaltestelle:



Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen:



Busbucht:

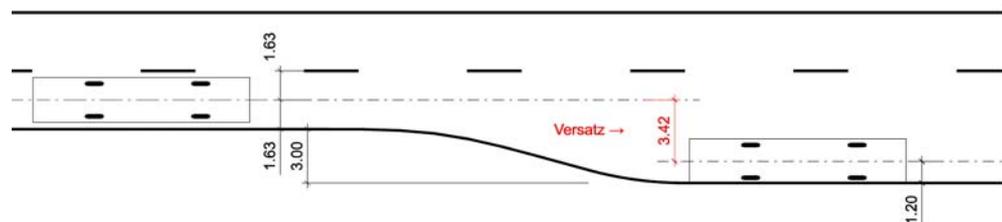


Abbildung 3: Haltestellentypen, Versatz Fahrzeugachse

Ebenso steht die Grösse des Versatzes in direktem Zusammenhang mit der Karosseriebreite des Fahrzeugs. Hier wird von einem Bus von 2.50 m Breite (z.B. Neoplan) ausgegangen.

3.1.2 Überlegungen zur Haltestellenkante

Wie im Kapitel 2. Literaturstudium ausgeführt, sind verschiedene Bordsteine auf dem Markt, die ein Anfahren an die Haltestellenkante ohne Schaden am Fahrzeug sowie an der Haltestellenkante und ohne zusätzlichen Pneuverschleiss erlauben sollen. Die vorliegenden Untersuchungen basieren auf der Annahme, dass die Haltestellenkante mit einem „Kasseler Sonderbord“ ausgeführt ist.

Um die Vorgaben bezüglich Restspalt einhalten zu können, bleibt für das Rad nur eine Toleranz von wenigen Zentimetern. Im Wissen um die Fahrtoleranz wird angenommen, dass der Bus bei der Parallelfahrt entlang der Haltestellenkante mit dem Vorderrad am Kasseler Sonderbord anliegt [Abbildung 4].

Für die Untersuchung der An- resp. Wegfahrgeometrie ist die Haltekantenhöhe nicht von besonderer Bedeutung. Hingegen muss berücksichtigt werden, dass Haltekanten mit einer Höhe > 16 cm, um zu verhindern, dass das Fahrzeug oder die Haltekante zu Schaden kommt, nicht überwisch werden dürfen.

Der Haltestellenbereich setzt sich aus den folgenden Teilbereichen zusammen [vgl. Abbildung 2]:

- niederer, überwischbarer Anfahrtsbereich (Höhe gemäss VSS-Normen)
- Anrampung (Bereich der Haltestellenkante mit Anstieg) auf die gewünschte Haltekantenhöhe (24 / 22 / 20 cm) mit einer Steigung von 6% (Rollstuhlgängigkeit)
- Haltekante (20 / 22 / 24 cm), je nach Vorgabe mit dem minimalen Restspalt nur für die 2. Türe oder für alle Türen
- Abrampung (Bereich mit Abstieg) mit einem Gefälle von 6% auf die niedere, überwischbare Haltestellenkantenhöhe
- niederer, überwischbarer Wegfahrtsbereiche

Der Bezug zwischen dem Rad, der Einstiegskante (Plattform am Bus) und der Haltekante (erhöhter Bereich der Haltestellenkante) ist aus Abbildung 4 ersichtlich. Die Lage des Rades ist dem Prospekt zum Kasseler Sonderbord entnommen. Der seitliche Karosserie-Überhang ist für das angenommene Fahrzeug gemäss Fahrzeugspezifikation beim Zwillingsrad hinten 4.8 cm und beim Einzelrad vorne 7.4 cm [vgl. Anhang 2].

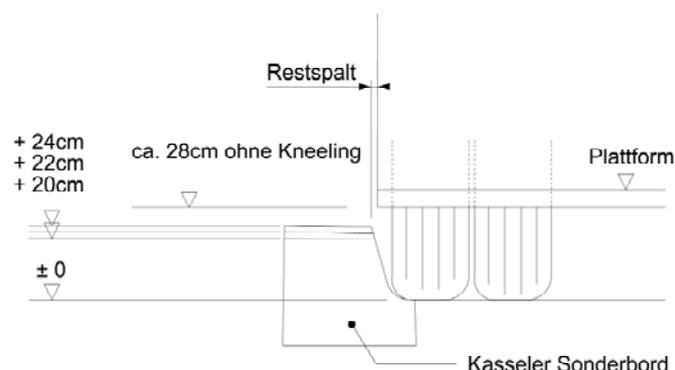


Abbildung 4: Beziehung Fahrzeug – Rad – Haltekante

Der Abbildung kann entnommen werden, dass beim kneeling ein Konflikt zwischen Haltekante und Karosserie entstehen kann, wenn das Rad am Sonderbord anliegt. Um die Restspaltvorgabe einzuhalten darf aber höchstens mit ca. 5 cm Abstand

Rad / Sonderbord gefahren werden, was gezwungenermassen häufig zum Touchieren führen muss, wenn man eine realistische Fahrtoleranz einrechnet. Der Dresdner Bordstein [Abbildung 1] reagiert auf diesen allfälligen Konflikt mit der zusätzlichen Kerbe an der Kante oben. Abbildung 4 zeigt auch, dass der Restspalt bei gleicher Radstellung von der Haltekantenhöhe abhängig ist.

3.1.3 Fahrzeugtypen

Auf Grund der Angaben verschiedener Betreiber sind die in der Schweiz gängigen Bustypen mit den wichtigen Massen zusammengestellt. Im Plan Typenvergleich Niederflurbusse Plan Nr. 3707-1A [Beilage 1] sind die Unterschiede bezüglich der Lage der Türen, des Radstands sowie der Überhänge etc. ablesbar.

Es werden die folgenden Fahrzeuge untersucht. Die Fahrzeuge der Priorität 1 wurden auch für die Fahrversuche [Kap. 3.2] beigezogen:

Priorität 1:

- 12.00 m 2-achsig
- 18.00 m / 18.75 m Gelenkfahrzeug

Priorität 2:

- 13.50 m 2- und 3-achsig
- 15.00 m 3-achsig

3.1.4 Überlegungen zur An- resp. Wegfahrgeometrie

Fahrgeometrie

Für die Fahrgeometrie ist die Mitte der Vorderachse der Bezugspunkt am Fahrzeug. Wird von Fahrgeometrie oder Fahrachse gesprochen, ist die durch diesen Bezugspunkt gefahrene Geometrie gemeint. Die hintere Achse oder die hinteren Achsen und der Gelenkteil werden nachgeschleppt.

Elemente der Fahrgeometrie

Eine An- und Wegfahrt besteht aus einer Abfolge von Fahrelementen:

- a) Parallelfahrt in der Mitte des Fahrstreifens
- b) S-Bogenfahrt mit dem seitlichen Versatz
- c) Parallelfahrt entlang der Haltestellenkante
- d) S-Bogenfahrt mit dem seitlichen Versatz für die Wegfahrt
- e) Parallelfahrt in der Mitte des Fahrstreifens

S-Bogenfahrt

Die S-Bogenfahrt ist die Fahrt mit Gerade-Übergangsbogen-Rechtsradius-Wendebogen-Linksradius-Übergangsbogen-Gerade, mit der der seitliche Versatz überwunden wird. Die Übergangsbogen sind Klothoiden (bei konstanter Geschwindigkeit und kontinuierlicher Lenkraddrehung) resp. klothoidenähnliche Kurven (bei Bremsvorgang).

Seitlicher Versatz

Vgl. 3.1.1 „Haltestellentypen“ und Abbildung 3

S-Bogen-Zufahrt

Die Länge der S-Bogen-Zufahrt wird, neben dem Überwinden des seitlichen Versatzes, auch benötigt, um die Geschwindigkeit zu reduzieren. Es werden Längen angenommen, wie sie sich in der Praxis bewährt haben und wie sie in der VSS-Norm SN 640 880 oder in Normalien von Betreibern dargestellt sind.

Je nach Haltestellentyp und Situation kann sich der Fahrer an verschiedenen Gegebenheiten orientieren:

- Haltestellenkantengeometrie bei der Busbucht
- letztes Längsparkfeld vor der Haltestelle
- Blick auf die kommende Haltestellenkante und Haltekante
- ev. spezielle Markierungen

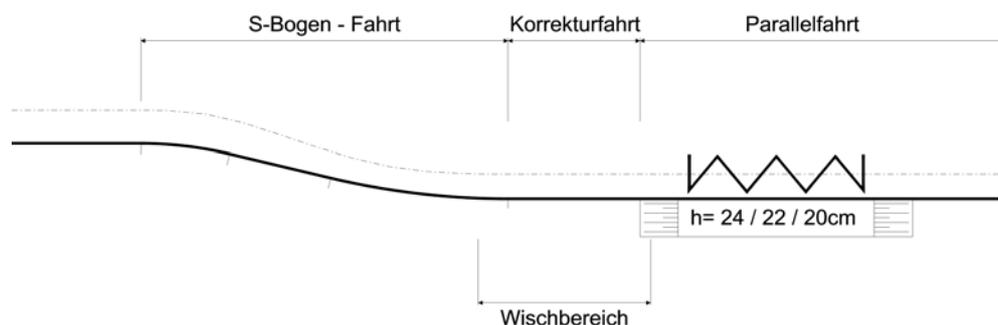


Abbildung 5: Übersicht über die Haltestellenzufahrt

Während der Gegenbogenfahrt überwischt die vordere Karosserieecke die Haltestellenkante je nach gefahrener Geometrie über einen grösseren oder kleineren Bereich. Wo die Haltestellenkante höher als 16 cm ist, darf nicht mehr überwischt werden.

Parallelfahrt entlang der Haltestellenkante

Das Rad liegt am Kasseler Sonderbord an. Die Parallelfahrt bis zum Halteort wird benötigt, um den hinteren Fahrzeugbereich und den Gelenkteil soweit an die Haltekante zu „schleppen“, dass bei der 2. Türe resp. bei allen Türen der Restspalt höchstens 5 cm beträgt. Zudem ist soweit vorzufahren, dass die 2. Tür resp. alle Türen im Bereich der Haltekante liegen.

S-Bogen-Wegfahrt

Mit der S-Bogen-Wegfahrt kann der Fahrer dort beginnen, wo sichergestellt ist, dass der Gelenkteil oder die hintere Karosserieecke die Haltestellenkante erst überwischt, wo die Höhe $< 16 \text{ cm}$ ist. Dieser Wegfahrpunkt liegt im Prinzip um

Fahrzeuglänge nach dem 16 cm-Punkt auf der Abrampung [vergl. Kap. 3.4.3]. Auch diese Stelle ist je nach Fahrzeug verschieden. Sie kann ev. besonders markiert werden.

Bei der Einfahrt auf die Strecke ist zu beachten, dass die vordere Karosserieecke nicht auf die Gegenfahrbahn wischt, da sonst aufgrund des Gegenverkehrs gefährliche Situationen entstehen können.

3.2. Fahrversuche

3.2.1 Wann, wo

Die Fahrversuche wurden am Montag, 7. Nov. 2005, auf dem offenen Versuchsfeld des VBZ-Zentrums, Luggwegstrasse 65, 8040 Zürich, durchgeführt.

3.2.2 Fahrzeuge

Bei den Fahrversuchen kamen ein Neoplan 12 m-Fahrzeug (N 4516) und ein Neoplan 18.72 m-Fahrzeug (N 4522) der VBZ zum Einsatz.

3.2.3 Versuchsanordnung

Der Bus konnte an eine nachgestellte Haltestellenkante anfahren (touchieren), ohne die Kante zu verschieben. Vier Geometrien (Versatz Fahrstreifen - Haltestellenkante) wurden auf dem Boden markiert. Beide Fahrzeuge fuhren jede Geometrie ca. 3x an und weg. Mit Markierungen wurde dem Chauffeur angegeben,

- an welcher Stelle er von der Parallelfahrt im Fahrstreifen die S-Bogenfahrt beginnen soll
- wo er mit dem Vorderrad die Haltestellenkante touchieren soll
- ab wo er nicht mehr wischen darf (d.h. Bordstein > 16 cm)
- ab wo er wieder weglenken soll
- wo er wieder im Fahrstreifen parallel fahren muss

3.2.4 Messverfahren

Die Versuchsanordnung und die Versuchsfahrten wurden in einem eigenen Koordinatensystem aufgenommen. Für die Aufnahme der Versuchsfahrten hat B&H die Terra AG verpflichtet. Mit drei (12 m-Bus) resp. fünf (18.72 m-Bus) GPS-Empfängern wurden die Messfahrten im Sekundenabstand 3-dimensional erfasst. Die Übertragung auf CAD, die Aufzeichnung und Auswertung erfolgte durch B&H.

3.2.5 Fragestellungen für die Fahrversuche

- a) Welche Geometrie fährt das Fahrzeug bei der Anfahrt und bei der Wegfahrt? Die Fahrgeometrien der Simulationen werden dazu mit den gefahrenen Linien verglichen.
- b) Wie gross sind die Abweichungen der gefahrenen Linien zwischen den einzelnen Fahrten?
- c) Wie gut „trifft“ der Fahrer mit dem Vorderrad die markierte Stelle der Haltestellenkante (Touchieren)?

Die Erkenntnisse aus diesen Fahrversuchen können dann mit Hilfe der Simulationen auch auf andere Fahrzeugabmessungen und andere Haltestellengeometrien übertragen werden.

3.2.6 Ergebnisse der Fahrversuche

- a) Für die Vergleichsüberlegungen ist der Haltestellentyp „Busbucht“ wegen des grossen Versatzes am interessantesten. Für die Simulationen wurden drei verschiedene Fahrgeometrien angenommen. Die Fahrgeometrie oder die Fahrachse misst sich an der gefahrenen Geometrie des Bezugspunktes Mitte Vorderachse. Die Auswertung der Versuchsfahrten zeigt, dass zwei der Fahrten mit der Busbucht-Geometrie im Rahmen der Fahrtoleranz im Bereich der drei Simulationsgeometrien liegen.
- b) Fünf Versuchsfahrten (3x mit 12 m Fahrzeug, 2x mit 18 m Fahrzeug) haben sehr ähnliche Fahrgeometrien gezeigt. Die sechste zeigte grössere Abweichungen. Der Fahrer wurde für diese Fahrt aufgefordert, zügig anzufahren.
- c) Bei den Versuchsfahrten wurde die Haltestellenkante mit dem Vorderrad nicht berührt. Der Respekt des Fahrers vor diesem Manöver ohne besondere Schulung war wohl zu gross.

3.3. Simulationen

3.3.1 Absicht mit den Simulationen

Mittels Computersimulationen wird mit den unterschiedlichen Fahrzeugtypen mit verschiedenen Geometrien an die verschiedenen Haltestellentypen an- und weggefahren. Dabei werden die gefahrene Achse und die Schleppkurven der für die Untersuchung relevanten Karosseriepunkte erfasst. Für die Simulationen kommen die folgenden Programme zum Einsatz:

- Microstation
- InRoads
- Autoturn
- EnFile

Mit den Resultaten aus den Simulationen werden Vorgaben für die Haltestellenanfahrt und die Haltestellenwegfahrt geprüft. Im weiteren kann zusammen mit den Fahrzeug- resp. den Karosseriespezifikationen die notwendige Länge der Haltestellenkante für die Einhaltung des Restspaltes festgelegt werden.

3.3.2 Fragestellungen für die Simulationen

- a) Wie unterscheiden sich verschiedene Fahrgeometrien in der Länge der S-Bogenfahrt bis zum Punkt, wo nicht mehr gewischt werden darf?
- b) Wie gross ist die Länge S-Bogenfahrt plus Parallelfahrt bis bei der 2. Türe resp. bei allen Türen der Restspalt von 5 cm eingehalten ist?

- c) Wie ist das Wischverhalten bei der Wegfahrt?
 d) Wie unterscheiden sich die Antworten auf die obigen Fragestellungen bei den verschiedenen Fahrzeugtypen?

3.3.3 Ergebnisse aus den Simulationen

- a) Unterschiede bei verschiedenen Fahrgeometrien

Die S-Bogenfahrt wurde mit verschiedenen Fahrgeometrien simuliert, wobei die Länge der S-Bogenfahrt immer gleich angenommen wurde. Die Länge in der folgenden Tabelle gibt die Länge vom Beginn der S-Bogenfahrt (Vorderachse) bis zum Punkt an, wo nicht mehr gewischt wird (vordere rechte Karosserieecke):

Gefahrene Geometrie	Länge Fzg. 12 m	Länge Fzg. 18.75 m
A (Radien symmetrisch)	31.9 m	31.9 m
B (Radien gross – klein)	32.8 m	32.8 m
C (Radien klein – gross)	31.1 m	31.1 m

Tabelle 4: Beginn S-Bogen-Fahrt – Punkt 16 cm

Das Resultat dieser Simulationen wird nur für eine Vergleichsbetrachtung verwendet. Die Versatzgrösse basiert noch auf anderen Annahmen, als in Kap. 3.1.1 festgelegt.

Erwartungsgemäss ist die Länge der Strecke bei beiden Fahrzeugtypen gleich, da die Abmessungen des vorderen Wagens beim Gelenkbus identisch sind mit dem 12 m-Fahrzeug. Die Längen bei verschiedenen Fahrgeometrien unterscheiden sich in der Grössenordnung der Fahrtoleranz.

- b) Länge S-Bogenfahrt plus Parallelfahrt bis Restspalt eingehalten

Die Längen in der folgenden Tabelle gelten für den Neoplan. Bei einer anderen Türanlage ist die Länge entsprechend anzupassen. Das Mass ist die Länge vom Beginn S-Bogenfahrt (Vorderachse) resp. Bogen Haltestellenbereich bis zur entsprechenden Türachse:

12 m-Fahrzeug	2. Tür	hinterste Tür
Fahrbahnhaltestelle	19.1 m	20.2 m
Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen	28.0 m	29.1 m
Busbucht	34.5 m	35.5 m
18.75 m-Fahrzeug	2. Tür	hinterste Tür
Fahrbahnhaltestelle	20.1 m	17.2 m
Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen	29.0 m	26.2 m
Busbucht	35.4 m	32.6 m

Tabelle 5: Abstand Beginn S-Bogen-Fahrt – Türachse mit Restspalt 5 cm

Das Resultat dieser Simulationen wird ebenfalls nur für eine Vergleichsbeurteilung verwendet. Die Versatzgrösse basiert auch hier noch auf anderen Annahmen, als in Kap. 3.1.1 festgelegt.

- c) Beim Wegfahren wischt die Karosserieecke hinten rechts in Abhängigkeit von der Wegfahrgeometrie. Bei Gelenkfahrzeugen verhält sich die Gelenkecke analog der Karosserieecke beim 12 m-Fahrzeug. Die hintere Karosserieecke beim Gelenkfahrzeug wird ca. 4 m vorgezogen, bevor auch sie überwischt.

Aus den Fahrsimulationen geht hervor, dass bei S-Bogen-Wegfahrten mit Längen analog dem LA aus SN 640 880 eher über die Mittellinie „gewischt“ wird. Bei Längen, wie sie z.B. die VBZ vorgeben besteht diesbezüglich keine Gefahr. Für die Einhaltung des Restspaltes ist die Wegfahrt nach dem parallelen Vorziehen nicht relevant, daher wird die Problematik nicht weiter verfolgt.

- d) Die Fahrzeuge innerhalb einer Kategorie unterscheiden sich bezüglich des Überhangs vorne und hinten, bezüglich des Radstands und bezüglich der Lage der Türen. Überhang und Radstand haben auf das Wischverhalten einen Einfluss, der kleiner ist als die Unterschiede in der gefahrenen Geometrie. Für die geometrischen Überlegungen zu Halteort, Wegfahrpunkt spielen diese Masse eine Rolle.

3.4. Resultate, Schlussfolgerungen, Antworten zur Aufgabenstellung

3.4.1 Allgemeines

Die verlangte Restspaltbreite von 5 – 7 cm stellt sehr hohe Ansprüche an die Fahrer, aber auch an die Geometrie des Haltestellenbereichs. Für die Art und Ausbildung der Haltestellenkante wurde der Kasseler Sonderbord vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Radstellung gegenüber dem Bordstein, der Einstiegskante am Fahrzeug und der Haltekante ist in Kap. 3.1.2 beschrieben.

Der Bestimmung der Fahrgeometrie wird folgende Vorgabe an den Fahrzeugführer zugrunde gelegt [vgl. dazu auch die Überlegungen in Kap. 3.1.2]:

Um die Spaltbreite einzuhalten muss der Fahrer bei der Anfahrt den Kasseler Sonderbord mit dem Vorderrad touchieren.

Bleibt das Rad nach dem Touchieren für die Parallelfahrt an der Haltestellenkante, wird die Distanz, über die die vordere rechte Karosserieecke über die Haltestellenkante wischt, sehr gross. Mit einer geringen Korrektur von der Kante weg und wieder zurück kann diese Distanz entscheidend verkürzt werden.

3.4.2 Konzept An- und Wegfahrt

Für die An- und Wegfahrt schlagen wir folgendes Konzept vor, vgl. dazu Beilage 2, Situationsplan 1:100:

- a) Parallelfahrt in der Mitte des Fahrstreifens
- b) S-Bogenfahrt zur Überwindung des seitlichen Versatzes. Am Ende der S-Bogenfahrt touchiert das rechte Vorderrad den Kasseler Sonderbord
- c) Korrekturfahrt von der Haltestellenkante weg, sodass die vordere rechte Karosserieecke beim Punkt > 16 cm nicht mehr überwischt, und dann wieder zurück zur Haltestellenkante
- d) Parallelfahrt, bis Türe(n) im Bereich der hohen Haltekante ist (sind), dann Anhalten (Halteort)
- e) Parallelfahrt, bis zum Wegfahrpunkt
- f) S-Bogen-Wegfahrt
- g) Parallelfahrt in Mitte Fahrstreifen

Dazu ist der Halteort, die Länge der erhöhten Haltekante in Abhängigkeit von den Fahrzeugspezifikationen und den für den Restspalt zu berücksichtigenden Türen und der Wegfahrpunkt zu bestimmen.

3.4.3 Erkenntnisse, Begründungen

Touchieren

Die Gründe für die Vorgabe Touchieren sind unter 3.1.2 dargelegt. Um diese Vorgabe einzuhalten, ist eine Schulung des Fahrpersonals notwendig.

Es wird angenommen, dass in der Längsrichtung für den Touchierpunkt eine Toleranz von +/- 2 m angenommen werden kann.

Korrekturfahrt

Die Simulationen haben ergeben, dass eine Korrekturfahrt von ca. 10 m Länge erforderlich ist. Die Länge der Strecke vom Touchierpunkt des Vorderrads bis zum Punkt 16 cm bei der Haltestellenkante (vordere Karosserieecke) beträgt damit 15 m. Sie setzt sich zusammen aus:

- Toleranz touchieren (+/- 2 m)
- 10 m Korrekturfahrt
- Überhang vorne (z.B. beim Centroliner 2.70 m)

Haltestellenkante / Ein- und Aussteigebereich (Haltekante)

Die Haltestellenkante steigt vom Normalbereich (z.B. 10 cm Anschlag) mit 6% Steigung an auf die Haltekantenhöhe (24 / 22 / 20 cm). Für die Festlegung der Länge der Haltekante ist Folgendes von Bedeutung:

- Anstieg von 16 cm auf 24 cm (1.33 m) / 22 cm (1.00 m) / 20 cm (0.66 m)
- Längsabstand Türe – Anrampungsbereich -> Annahme 1.00 m
- Anhaltetoleranz in Längsrichtung +/- 0.50 m (Längsabstand und Anhaltetoleranz können sich überlagern)

- Entscheid 2. Türe oder alle Türen im Bereich der Haltekante
- Längsabstand Türe – Abrampungsbereich -> Annahme 1.00 m
- Abrampungsbereich bis 16 cm

Halteort

Als Halteort wird die Lage der Vorderfront des Fahrzeugs beim Anhalten bezeichnet. Er wird bestimmt aus:

- Entscheid „2. Türe“ oder „alle Türen“ im erhöhten Bereich
- Abstand 2.Türe oder vordere Türe – Fahrzeugfront
- wenn „alle Türen“ Abstand hinterste Türe - Fahrzeugfront

Beginn S-Bogen-Wegfahrt (Wegfahrpunkt)

Die Lage dieses Punktes (Vorderachse) ist gegeben aus:

- Punkt 16 cm im Abrampungsbereich
- Länge Karosserie abzüglich vorderer Überhang
- zusätzlich abzüglich 4 m beim Gelenkfahrzeug

3.4.4 Antworten zur Aufgabenstellung

Mit welchen Fahr- / Schleppkurven, in Abhängigkeit des seitlichen / parallelen Fahrzeugachsenversatzes zwischen Fahrzeugachse auf der Strassenverkehrsspur und der Fahrzeugachse am Halteort sind behindertengerechte Spaltbreiten machbar / fahrbar?

Für die Simulationen wird eine Fahrgeometrie angenommen, die mit den Fahrversuchen verifiziert wurde. Mit den Simulationen kann festgestellt werden, dass die Länge der S-Bogenfahrt nicht entscheidend ist für die vorgegebene Zielsetzung. Es können Längen, wie sie in der heutigen Norm vorgeschlagen sind, zur Anwendung kommen. Mit der Korrekturfahrt und der Parallelfahrt wird die Einhaltung des Restspaltes bei der Tür erreicht. Für den Halteort ist zudem der Höhenverlauf der Haltestellenkante massgebend.

Welche Grundrissgeometrien lassen sich daraus für den Fahrbereichsrand ableiten?

Die Geometrie des Fahrbereichsrandes (Strassenrand) im Haltestellenbereich ist dort von Bedeutung, wo die Haltestelle als Bucht ausgebildet wird. Die Länge des Zufahrts-S-Bogens (LE) kann von der bestehenden Norm übernommen werden. Der zweite Bogen (R2) ist aber mit einem grösseren Radius auszubilden. Der Wegfahrts-S-Bogen (LA) ist gemäss Kap. 3.3.3 zu verlängern (Abbildung 6 und Tabelle 6 analog SN 640 880, fett = Änderungen):

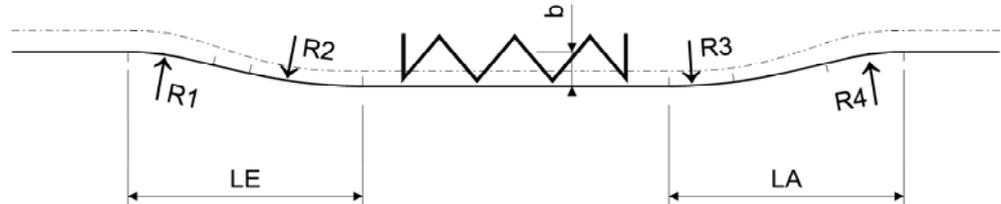


Abbildung 6: Busbucht

	b	LE	LA	R1 (RE)	R2 (RE)	R3 (10m)	R4 (RA)
innerorts	3.0 m	25.0 m	20 m	40 m	60 m	40 m	20 m
ausserorts	2.5 m	20.0 m	20 m	40 m	60 m	40 m	20 m
innerorts	3.0 m	30.0 m	20 m	40 m	60 m	40 m	20 m

Tabelle 6: Geometrie Busbucht analog SN 640 880

Wie unterscheiden sich die einzelnen Produkte der Hersteller einer Fahrzeugkategorie (12 m, 18 m usw.) bezüglich der Fahr- / Schleppkurven?

Vgl. 3.3.3 „Ergebnisse aus den Simulationen“

Die Fahrzeuge unterscheiden sich bezüglich Überhang vorne und hinten, bezüglich Radstand und bezüglich Lage der Türen. Überhang und Radstand haben auf die Fahr- und Schleppkurve einen Einfluss, der kleiner ist als die Toleranzen in der gefahrenen Geometrie.

Welche Fahr- / Schleppkurve deckt alle Firmenprodukte einer Fahrzeugkategorie ab?

Vgl. 3.3.3 „Ergebnisse aus den Simulationen“

Die Fahrzeuge unterscheiden sich bezüglich Überhang vorne und hinten, bezüglich Radstand und bezüglich Lage der Türen. Überhang und Radstand haben auf die Fahr- und Schleppkurve einen Einfluss, der kleiner ist als die Toleranzen in der gefahrenen Geometrie.

Lässt sich ein „Planungsfahrzeug“ (vorderer Überhang, hinterer Überhang, Achsabstand) ableiten?

Vgl. 3.3.3 „Ergebnisse aus den Simulationen“

Die Fahrzeuge unterscheiden sich bezüglich Überhang vorne und hinten, bezüglich Radstand und bezüglich Lage der Türen. Überhang und Radstand haben auf das Fahr- und das Wischverhalten einen Einfluss, der kleiner ist als die Toleranzen in der gefahrenen Geometrie. Die Unterschiede in Überhang und Radstand sind im Rahmen der untersuchten Fahrzeuge demnach nicht relevant. Es zeigt sich kein Bedarf, die Fahrzeugspezifikationen enger vorzugeben.

Kann eine bzw. können mehrere Schlüsselstellen als Anhaltspunkt für die Wagenführer definiert werden, damit diese wissen, ab welchem Punkt sie bei der Haltestelleneinfahrt einlenken und bei der Wegfahrt abdrehen können?

Wie unter 3.1.4 erwähnt, kann es eine Möglichkeit sein, dem Fahrer Schlüsselstellen zu markieren, z.B.:

- Mit einer ersten Marke wird dem Fahrer gezeigt, ab wo er den seitlichen Versatz für die Haltestellenanfahrt beginnen kann.
- Am Bordstein wird mit einer zweiten Marke der Bereich gezeigt, in dem der Bordstein touchiert werden soll.
- Mit einer dritten Marke wird dem Fahrer gezeigt, ab wo er nicht mehr überwischen darf (16 cm-Punkt).
- Eine vierte Marke zeigt ihm, wo er anhalten muss (Halteort), um die Tür/Türen richtig platziert zu haben. Beim Befahren der Haltestelle mit verschiedenen Buskategorien werden hier Marken pro Kategorie benötigt.
- Eine fünfte Marke zeigt dem Fahrer, ab wo er wegdrehen kann, ohne mit dem Gelenk oder dem Heck über den zu hohen Bordstein zu wischen (Wegfahrpunkt). Auch hier braucht es categoriespezifische Marken.
- Ggf. zeigt eine sechste Marke, wo er wieder auf Parallelfahrt im entsprechenden Fahrstreifen sein soll.

Es braucht aber intensive Abklärungen, wie die Markierungen auszubilden sind, um bei allen Licht- und Witterungsverhältnissen (z.B. bei Nacht, bei Schnee soweit sinnvoll) ihren Zweck erfüllen zu können. Das Fahrpersonal ist auf den Umgang mit Markierungen zu schulen.

Sind die Fahr- / Schleppkurven nach unten kompatibel, d.h. enthält die Fahr- / Schleppkurve eines längeren Fahrzeuges diejenige der kürzeren Fahrzeuge?

Simulationen mit den verschiedenen Fahrzeugtypen zeigen, dass der Radstand und der Überhang für die Schleppkurven und natürlich auch für die Kurven der Karosserieaussenecken eine Rolle spielt. Die Unterschiede zwischen den Typen der gleichen Kategorie und die Unterschiede zwischen den beiden Kategorien der 1. Priorität sind aber im Vergleich mit den Fahrtoleranzen nicht von entscheidender Bedeutung.

4. Zusammenfassung

4.1. Busbucht

Die Elemente einer Haltestelle Typ Busbucht sind im Plan Beilage 2 dargestellt.

- Die Haltestelle kann ähnlich der Haltestelle in der SN 640 880 ausgebildet werden. Änderungsvorschläge für die Radien finden sich in der Tabelle 6 Seite 20.
- Die Haltestellenkante ist mit dem Kasseler Sonderbord ausgeführt.
- Das Fahrzeug muss mit dem rechten Vorderrad die Haltestellenkante in einem vorgegebenen Bereich touchieren.
- Mit der Korrekturfahrt verhindert der Fahrer das Wischen über den Bereich > 16 cm.
- Mit der Parallelfahrt bis zum Halteort bringt der Fahrer die gewünschten Türen an die Haltekante.
- Mit dem parallelen Vorziehen beim Wegfahren wird verhindert, dass mit dem Heck oder dem Gelenkteil über den Haltekantenbereich > 16 cm gewischt wird.

Höhe Haltekante	S-Bogen	Vorziehen	Anrampung von 16 cm	Total bis-Haltekante
24 cm	25.0 m	15.0 m	1.33 m	41.3 m
22 cm	25.0 m	15.0 m	1.00 m	41.0 m
20 cm	25.0 m	15.0 m	0.66 m	40.7 m

Tabelle 7: Beginn S-Bogen-Fahrt – Beginn Haltekante

Die Länge Beginn S-Bogen-Fahrt bis Haltekante kann unabhängig von der Haltekantenhöhe mit 41 m angenommen werden.

4.2. Fahrbahnhaltestelle mit Velostreifen

Der Versatz ist ca. halb so gross wie bei der Busbucht (1.63 m). Für die Simulation wurde die S-Bogenfahrt mit $L = 15$ m angenommen. Die Länge Beginn S-Bogenfahrt bis Ende Wischen (16 cm) wurde mit 25 m ermittelt. Mit der Annahme von 12 m Distanz zwischen Touchierpunkt und Punkt 16 cm kann der vorgegebene Restspalt hier eingehalten werden [vgl. näherungsweise Tabelle 5].

- Auch hier ist die Haltestellenkante mit einem Kasseler Sonderbord ausgeführt.
- Das Fahrzeug muss mit dem rechten Vorderrad die Haltestellenkante in einem vorgegebenen Bereich touchieren.
- Mit der Korrekturfahrt verhindert der Fahrer das Wischen über den Bereich > 16 cm.
- Mit der Parallelfahrt bis zum Halteort bringt der Fahrer die gewünschten Türen zu der Haltekante.
- Der Fahrer fährt in spitzem Winkel weg, sodass das parallele Vorziehen nicht notwendig ist.

Die Länge Beginn S-Bogen-Fahrt bis Beginn Haltekante kann unabhängig von der Haltekantenhöhe mit 28 m angenommen werden.

4.3. Fahrbahnhaltestelle (Haltekante = Strassenrand)

Es wegen des geringen Versatzes mit einer S-Bogenfahrt von 10 m Länge gerechnet. Der Restspalt kann eingehalten werden, wenn der Abstand Touchierpunkt zur massgebenden Tür mit 10 m angenommen wird [vgl. näherungsweise Tabelle 5]

- Auch hier ist die Haltestellenkante mit einem Kasseler Sonderbord ausgeführt.
- Das Fahrzeug muss mit dem rechten Vorderrad die Haltestellenkante in einem vorgegebenen Bereich touchieren.
- Mit der Parallelfahrt bis zum Halteort bringt der Fahrer die gewünschten Türen zu der Haltekante.
- Der Fahrer fährt in spitzem Winkel weg, sodass das parallele Vorziehen nicht notwendig ist.

Die Länge Beginn S-Bogen-Fahrt bis Haltekante kann unabhängig von der Haltekantenhöhe mit 21 m angenommen werden.

5. Offene Fragen

Im Zusammenhang mit dem hier vorgeschlagenen Konzept für die Fahrgeometrie stellen sich noch weitere Fragen:

- Schulung der Fahrer, damit sie lernen, den Bordstein mit dem Pneu zu touchieren, ohne den Pneuverschleiss zu steigern.
- Viele Überlegungen basieren auch auf Interpretationen zu den Unterschieden resp. zum Spielraum oder auch den Toleranzen in den gefahrenen Geometrien. Im Rahmen dieser Untersuchungen sind sie nicht abschliessend untermauert.
- Welche Besonderheiten sind in Kurvenhaltestellen zu beachten?
- Gibt es Besonderheiten bei Kombihaltestellen Tram / Bus?
- Das hier abgeleitete Konzept basiert darauf, dass die Haltestellen mit Kasseler Sonderbord als Haltestellenkante ausgerüstet sind. Bei Neuanlagen können diese Bordsteine vorgesehen werden, wobei noch gewisse Bedenken gegenüber der Qualität der Kunststeine geklärt werden müssen. Gemäss Angaben der Lieferfirma gibt es den Kasseler Sonderbord auch in Granit. Erschwerend kommt dazu, dass im Allgemeinen die Tiefbauämter und nicht die Betreiber des ö.V. für die Bordsteine zuständig sind.
- Der notwendige Aufwand für einen Umbau bestehender Haltestelle kann allenfalls auch zu Fragen führen, ob im Sinne der Verhältnismässigkeit nicht auch mit Massnahmen am Rollstuhl oder Vorgaben für den Rollstuhl die Problematik angegangen werden könnte.

Für die Umsetzung in die Praxis sind auch folgende Aspekte von Interesse:

- Welche Faktoren sind für das „Wischen“ relevant, was kann toleriert werden?
- Wie kann die Länge des Vorziehen bis zum „Wegfahrpunkt“ optimiert werden?
- Allgemeine Sicherheitsfragen (Probleme beim Touchieren, Konflikt Haltekante – kneeling, Konflikte beim Wischen, allfällige Folgen wenn Restspalt trotzdem nicht eingehalten, etc.)
- Wie sind die Verhältnisse bei den anderen Türen, wenn die Haltekante nur auf die 2. Türe ausgerichtet ist?
- Wie ist mit der hohen Haltekante in Begegnungszonen umzugehen?

6. Quellenverzeichnis

Die Literatur stammt aus folgenden Bereichen:

- Angaben und Literatur der Begleitgruppe zu ihnen bekannten Projekten
- Katalogrecherche Verbund der Hochschulbibliotheken (NEBIS)
- Internet (Websites der Verkehrsunternehmen)

6.1. Internet

- [1] www.duesseldorf.de/verkehrsmanagement/pdf/standardbehind.pdf / 3.8.05
- [2] www.lagh-sachsen.de/news / 7.1.05
- [3] www.vgf-ffm.de / 3.8.05
- [4] www.bernmobil.ch/handicap / 3.8.05
- [5] www.zvbn.de / 3.8.05
- [6] www.ssb-ag.de / 2.8.05
- [7] www.mvg-mobil.de/barrierefrei / 2.8.05
- [8] www.mvg-mainz.de / 3.8.05

6.2. Bücher und Publikationen

- [11] *Accessibilité pour tous*, Broschüre von Syndicat mixte des transport en commune et de l'agglomeration grenoblois
- [12] *Anforderungen an Linienbusse für Klein- und Mittelstädte*, Der Nahverkehr 9/98
- [13] *Niederflurhaltestellen für Strassenbahn und Bus*, Kühn / Braddock, Der Nahverkehr 1-2/2004
- [14] *Accessibility and the Bus System*, Tyler, 2002
- [15] *Dokumentation Stadtverkehr Euskirchen*
- [16] *Barrierefreier ÖPNV in Deutschland*, VDV-Förderkreis e.V., 2003
- [17] *Niederflurbusse*, Schlussbericht „Das Niederflurbussystem“, COST 322, 1995
- [18] *Bürgerfreundliche und behindertengerechte Gestaltung des Strassenraums*, direkt 54, 2000
- [19] *Niederflur-Verkehrssystem: Gestaltung von Haltestellen in den alten und neuen Bundesländern*, direkt 46, 1992
- [20] *Computergestützte Erfassung und Bewertung von Barrieren*, direkt 56, 2001
- [21] *Behindertengerechte Gestaltung von Bushaltestellen bezüglich einer optimalen Haltestellenanfahrt durch Busse und Trolleybusse*, Fahrzeugtechnische Betrachtungen zum Normenentwurf für rollstuhlgerechte Bushaltestellen, Dynamic Test Center R. Soltermann, 5. Mai 2005
- [22] „Ville & Transports“ – Magazine 18/01/2006

7. Anhang

- [1] Projektbeschrieb „Evaluation der Bedingungen für die Anfahrt / Wegfahrt von Bussen an rollstuhlgerechten Haltestellen“
- [2] Karosserie-Überhang

8. Beilagen

- [1] Typenvergleich Niederflrbusse Plan Nr. 3707-1B
- [2] Elemente der Haltestelle Plan Nr. 3707-2B



Projektbeschreibung «Evaluation der Bedingungen für die Anfahrt / Wegfahrt von Bussen an rollstuhlgerechte Haltestellen»

1. Problemstellung

Die heute gültige VSS-Norm SN 640 880 „Bushaltestellen“ aus dem Jahre 1993 kann für die Gestaltung von behindertengerechten, insbesondere rollstuhlgerechten Bushaltestellen, wie sie das Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG, SR 151.3) vorschreibt, nicht mehr verwendet werden.

Aus der Sicht von behinderten Personen, insbesondere von Personen im Rollstuhl und auch von gehbehinderten Personen ohne Rollstuhl, ist die niveaugleiche Schnittstelle zwischen Niederflurfahrzeugeinstiegskante und Haltekante der Fussgängerwartefläche das Optimum. Zudem hat der niveaugleiche Einstieg nicht zu unterschätzende fahrplan-technische Vorteile gegenüber dem Zugang mittels Fahrzeugrampen, was vor allem in den Agglomerationsbereichen von Bedeutung ist.

Niveaugleiche Schnittstelle:

- Variante 1: bei allen Fahrzeugtüren
- Variante 2: im möglichen Bereich der zweiten Tür (siehe Beilage)

Die Schnittstelle wird als niveaugleich bezeichnet, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- max. Spaltbreite von 50 mm bei einer max. Höhendifferenz von 30 mm (↔ 50 mm / ↓ 30 mm)
- zuzüglich eine Toleranz von 20 mm in eine Richtung, womit folgende Spaltbreite / Höhendifferenzkombinationen zulässig sind und als niveaugleich bezeichnet werden können:
 - ↔ 70 mm / ↓ 30 mm
 - ↔ 50 mm / ↓ 50 mm

Die folgende Aufgabenstellung bezieht sich nur auf die horizontale Projektionsgeometrie (Grundriss / Situation). Die Aspekte der Höhendifferenz zwischen Fahrzeug und Haltekante sind nicht Gegenstand der Aufgabenstellung der Studie.

2. Aufgabenstellung

- Mit welchen Fahr- / Schleppkurven, in Abhängigkeit des seitlichen / parallelen Fahrzeugachsenversatzes zwischen Fahrzeugachse auf der Strassenverkehrsspur und der Fahrzeugachse am Halteort sind obige Spaltbreiten machbar / fahrbar?
- Die psychologischen Hemmnisse des Fahrpersonals bezüglich einer spaltminimierenden Haltekantenanfahrt sind nicht Gegenstand des Auftrags.
- Welche Grundrissgeometrien lassen sich daraus für den Fahrbereichsrand ableiten?
- Überprüfung der theoretisch ermittelten Fahrbereichsrandgeometrie anhand von Fahrversuchen. Hier ist in einem sehr beschränkten Rahmen der "Psychologieeffekt" für die Wagenführenden bei Heranfahren an höhere Haltekanten zu berücksichtigen (vgl. auch Hinweis betreffend Kapitel "offene Fragen" weiter unten).

- Zur Kontrolle der theoretischen Überlegung werden Platz und Fahrzeuge für Fahrversuche während einem oder nötigenfalls zwei Halbtagen kostenlos zur Verfügung gestellt. Die Messinstrumente müssen durch die Auftragnehmerin gestellt werden.
- In der Startphase ist eine Literaturrecherche anzustellen, in welchem Umfang auf europäischer Ebene bereits ähnliche Fragestellungen erforscht wurden (z. B. Grenoble, Euskirchen).
- Wie unterscheiden sich die einzelnen Produkte der Hersteller einer Fahrzeugkategorie (12m, 18m, usw.) bezüglich der Fahr-/ Schleppkurven?
- Welche Fahr-/ Schleppkurve deckt alle Firmenprodukte einer Fahrzeugkategorie ab?
- Lässt sich ein "Planungsfahrzeug" (vorderer Überhang, hinterer Überhang, Achsabstand) ableiten?
- Kann eine bzw. können mehrere Schlüsselstellen als Anhaltspunkte für die Wagenführer definiert werden, damit diese wissen, ab welchem Punkt sie bei der Haltestelleneinfahrt einlenken und bei der Wegfahrt abdrehen können?
- Sind die Fahr-/ Schleppkurven nach unten kompatibel, d.h. enthält die Fahr-/ Schleppkurve eines längeren Fahrzeuges diejenige der kürzeren Fahrzeuge?
- Es ist im Bericht eine Kapitel mit "offenen Fragen" festzuhalten. Es soll darin darauf hingewiesen werden, dass man sich weiterer Problematik bewusst ist, dass aber im Rahmen des Auftrages nicht näher darauf eingegangen werden kann. In diesem Sinne sind zu behandeln:
 - Vertiefte Untersuchung des "Psychologieeffekts" für die Wagenführenden im Zusammenhang mit dem Heranfahen an höhere Haltestellenkanten / Notwendigkeit von Ausbildung und Training
 - Problematik "Kombihaltestellen" Tram / Bus
 - Problematik Kurvenhaltestellen (sowohl Links- als auch Rechtskurve)
 - Problematik des Auffahrens auf den Perron bei abgeschrägten Bordsteinen (z.B. Kasseler Bord)

3. Rahmenbedingungen:

- Länge der zu betrachtenden Fahrzeuge:
 - 12,00 m 2-achsig (1. Priorität)
 - 13,50 m 2-achsig (2. Priorität)
 - 15,00 m 3-achsig (2. Priorität)
 - 18,00 m / 18,75 m Gelenkfahrzeug (1. Priorität); (sowohl Typ kurzer Vorderwagen / langes Heckteil als auch Typ langer Vorderwagen / kurzes Heckteil)
- Die Höhe der „niveaugleichen“ Haltekante ist mit 24 cm anzunehmen.
- Da die Praktikabilität von 24 cm hohen Haltekanten nicht erwiesen ist, ist eine Kantenhöhe von 22 cm und von 20 cm ebenfalls in die Berechnungen mit einzubeziehen.
 - Fahrbereichsabgrenzungen dürfen durch Teile des Busses nur überstrichen werden, wenn sie ≤ 16 cm sind.
- Als Grundtyp von Bushaltestellen gilt die "Fahrbahnhaltestelle" ohne Fahrbahneinengung (also kein "Kap"). Bei Haltestellen des Typs "Busbucht" sind 24 cm hohe Haltekanten eher unrealistisch.
- Anrampungen sind im Haltekantenbereich mit einem Gefälle von 6% anzunehmen.
- Den Fahr- / Schleppkurven sollten realistische Anfangs- und Endgeschwindigkeiten sowie realistische Verzögerungs- und Beschleunigungswerte zugrunde liegen (In-

nerortsverkehr). Die Resultierende aus Längs- und Seitenbeschleunigung sollte den Wert von $1,0 \text{ m/s}^2$ nicht überschreiten.

- Es sind nur heutige auf dem Markt erhältliche Fahrzeuge relevant.
- Als Fahrstreifenbreite (relevant für Einfahr- / Ausfahrwinkel) wird angenommen:
 - 3,25 m bei Strassen mit mehreren Spuren pro Richtung
 - 3,50 m bei Strassen mit einer Spur pro Richtung bzw. bei Einbahnstrassen.
- Die Länge der Haltekantenhöhe 24 cm für Variante 2 ist dem Blatt „Haltestelle im Niederflurbussystem, Dimensionierung und Lage der Rollstuhlmanövrierfläche“ zu entnehmen
- Die Haltekanten werden nach der Geometrie der Kasseler Sonderbordsteine ausgeführt.

4. Projektbegleitung / Reporting

Das Projekt wird durch ein Team mit den folgenden Personen begleitet:

- Herr Hanspeter Oprecht, BAV, Auftraggeber
- Herr Erwin Wittwer, VBZ, VSS-FK 8
- Herr Ulrich Reinert, RBS, VSS-FK 8
- Frau Chantal Disler, ASTRA, VSS-FK 8
- Herr Ivan Belopitov, SNZ, VSS-EK 3.05 (nur teilweise an den Sitzungen dabei)
- Herr Anton Scheidegger, Schweizerische Fachstelle „Behinderte und öffentlicher Verkehr“
- evtl. Herr Urs Brändle, Baudepartement Kt. Aargau

Es ist ein monatliches Reporting mit dem Projektbegleitungsteam durchzuführen.

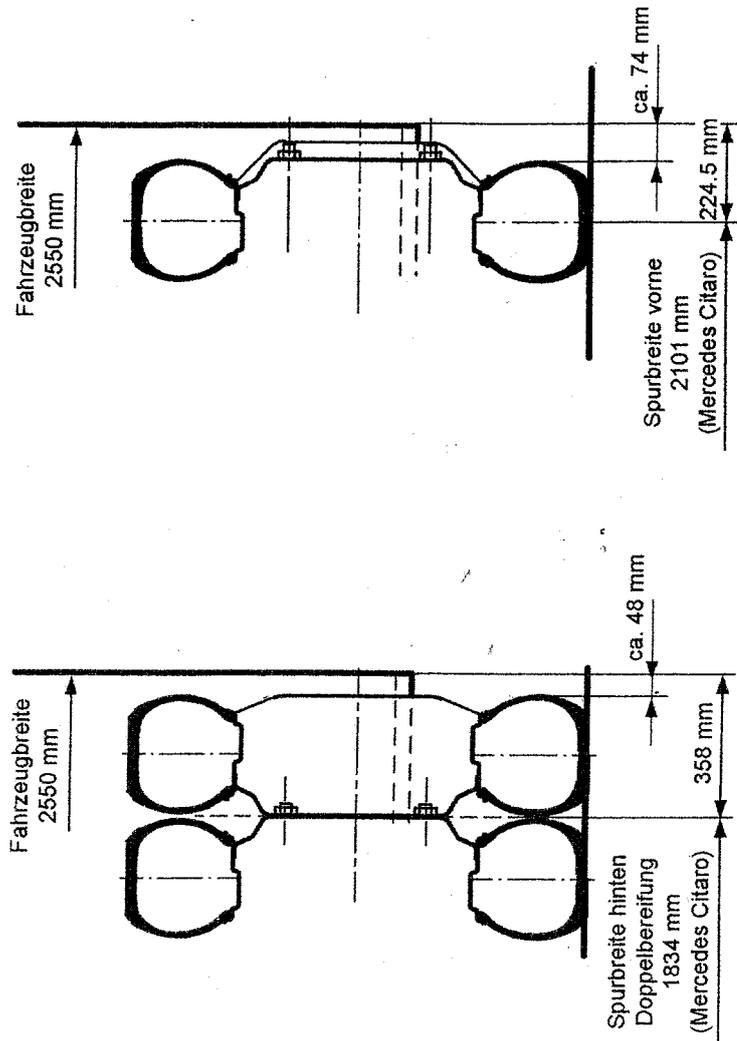


Abbildung 40: Spurbreite zu Fahrzeugbreite