

**Projekt**

**Pilothaltestelle Neunbrunnen**

Untersuchung für einen behindertengerechten Buseinstieg  
sowie eine kombinierte Haltekante Bus/Tram

**SCHLUSSBERICHT**

**Projektstand**

Versuchsanlage / Studie




**Bauherrschaft**

Tiefbauamt der Stadt Zürich  
Geschäftsbereich Gestalten und Entwickeln  
Wermühleplatz 3  
8001 Zürich

Verkehrsbetriebe Zürich  
Geschäftsbereich Marktentwicklung  
Luggwegstrasse 65  
8048 Zürich

**Projektverfasser**

 **SNZ Ingenieure und Planer AG**  
Dörflistrasse 112  
CH-8050 Zürich

**Datum**

12. November 2013



## Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Vorbemerkung</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>4</b>
2.1	Projektbegründung	4
2.1.1	Übergeordnete Vorgaben .....	4
2.1.2	Bisherige Untersuchung.....	4
2.2	Projektziel	5
2.3	Auftrag	6
2.4	Grundlagen	6
<b>3</b>	<b>Fahrversuche</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Eingesetzte Fahrzeuge für Versuchsfahrten</b>	<b>8</b>
4.1.1	Kleinbusse .....	8
4.1.2	Midibusse .....	8
4.1.3	Standardbus .....	8
4.1.4	Gelenkbusse.....	8
4.1.5	Nicht eingesetzte Fahrzeuge .....	9
4.2	An den Fahrzeugen gemessene Angaben	9
4.2.1	Aufgenommene Masse .....	9
4.2.2	Messresultate der VBZ - Fahrzeuge .....	10
4.2.3	Vergleich Erhöhtes Kasseler-Sonderbord zu VBZ-Tramhaltekante.....	11
<b>5</b>	<b>Ablauf der Versuchsfahrten</b>	<b>12</b>
5.1	Allgemeines	12
5.1.1	Abtastfahrt .....	12
5.1.2	Langsamfahrt.....	12
5.1.3	Betriebsfahrt .....	12
5.2	Versuchsanordnungen	13
5.2.1	Fahrbahnhaltestelle .....	13
5.2.2	Versuchsreihe Busbucht .....	13
5.2.3	Hindernis-Anfahrt.....	13
5.2.4	Hindernis-Wegfahrt.....	14
5.3	Versuchsreihe Kurvenhaltestelle	14
5.4	Versuchsreihe kombinierte Bus-/Tram - Haltekante	14
5.5	Durchgeführte Massaufnahmen	15
<b>6</b>	<b>Messresultate der Fahrversuche</b>	<b>16</b>
6.1	Messresultate der Fahrbahnhaltestelle	16
6.2	Messresultate der Busbucht	18
6.3	Erkenntnisse Hindernisanfahrt	20
6.4	Erkenntnisse Hinderniswegfahrt	21
6.5	Erkenntnisse Kombinierte Tram-/ Bushaltekante	22
6.6	Erkenntnisse Kurvenhaltestelle	23
<b>7</b>	<b>Erkenntnisse aus Fahrversuchen</b>	<b>24</b>
7.1	Spaltabstände	24
7.2	Fahrzeugtechnische Aspekte	24
<b>8</b>	<b>Erkenntnisse aus Befragungen</b>	<b>27</b>
8.1	Erfahrungen des Fahrpersonals	27
8.2	Rückmeldungen aus dem Öffentlichkeitsanlass	27
<b>9</b>	<b>Fazit</b>	<b>27</b>
<b>10</b>	<b>Weiteres Vorgehen</b>	<b>27</b>
	Anhang	28

## 0 Vorbemerkung

Dieses Dokument beschreibt den Ablauf und die Auswertung der Fahrversuche an einem Kasse-ler-Sonderbord-Plus Stein für einen behindertengerechten Buseinstieg beziehungsweise eine kombinierte Haltekante Bus/Tram an der Bushaltestelle 'Neunbrunnen'.

## 1 Zusammenfassung

Im Jahr 2004 ist das Behindertengleichstellungsgesetz in Kraft getreten. Für die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs wurde die zwanzigjährige Übergangsfrist in zwei Phasen gegliedert: Bis Ende 2013 soll ein Grobnetz realisiert werden, welches die wichtigsten Bedürfnisse abdeckt und bis Ende 2023 ist der gesamte ÖV behindertengerecht anzupassen.

Während bei schienengebundenen Verkehrssystemen bereits eine grosse Anzahl von behindertengerechten (niveaugleiche) Haltestellen erstellt werden konnte, ist die Umsetzung bei den Bus- sen, aufgrund des "weichen Systems" schwieriger zu realisieren. Die heutigen Bushaltekanten verfügen über eine Haltekante mit einem Anschlag von 16cm, welche dem Busfahrer ein Über- fahren (Überwischen) der Haltkanten mit der Fahrzeugfront oder dem Fahrzeugheck ermögli- chen. Anhand einer Testhaltestelle soll die Machbarkeit und die Auswirkungen einer Haltekante mit einem Anschlag zwischen 22cm und 24cm untersucht werden.

Zur Festlegung bezüglich der Machbarkeit eines behindertengerechten Buseinstieges und des- sen Nutzen wurde die Erstellung einer Testanlage an der Haltestelle 'Neunbrunnen' zur Untersu- chung der Befahrbarkeit beschlossen.

## 2 Ausgangslage

### 2.1 Projektbegründung

#### 2.1.1 Übergeordnete Vorgaben

##### **Behindertengleichstellungsgesetz BehiG SR 151.3**

Kernaussage:

*„Bestehende Bauten und Anlagen sowie Fahrzeuge für den öffentlichen Verkehr müssen spätestens nach 20 Jahren nach dem Inkrafttreten dieses Gesetzes (13.12.2002) behindertengerecht sein.“*

##### **Verordnung des UVEK über die technischen Anforderungen an die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (VAböV SR 151.342)**

Auszug aus dem 3. Abschnitt: Besondere Anforderungen im Bus- und Trolleybusverkehr

*Art. 14 Ein- und Ausstieg von Personen im Rollstuhl oder mit Rollator*

*Der Ein- und Ausstieg ist zu gewährleisten:*

- a) *Für Personen im Rollstuhl durch eine fahrzeuggebundene oder mobile Rampe, einen Hublift oder eine andere technische Lösung;*
- b) *Für Personen im Rollstuhl oder mit Rollator, indem zwischen dem Perron und dem Einstiegsbereich des Fahrgastraums*
  1. *eine Niveaudifferenz und eine Spaltbreite von maximal je **5 cm** erreichbar sind, oder*
  2. *eine Höhendifferenz von maximal **3 cm** und eine Spaltbreite von maximal **7 cm** erreichbar sind.*

#### 2.1.2 Bisherige Untersuchung

Im Allgemeinen werden heutige Bushaltestellen mit einer Randsteinhöhe von  $h=16\text{cm}$  ausgebildet. Bei dieser Randsteinhöhe ist es möglich, dass die Busse mit dem Front- oder Heckteil den Haltestellenbereich überfahren können, wobei dieser Vorgang in der Fachsprache als 'Überwischen' bezeichnet wird.

Da aber ein behindertengerechter Buseinstieg (ohne Klapp-/Faltrampe) eine höhere Bushaltekante als 16 cm erfordert, wurde durch die Hersteller der Busfahrzeuge ein seitliches Absenken der Federung; das sogenannte 'Kneeling', entwickelt.

Im Rahmen einer Testhaltestelle mit erhöhter Bushaltekante wurde in den Jahren 2008/2009 eine Testhaltestelle in Steinhausen (ZG) erstellt. An den damals eingesetzten Bustypen wurde anhand von einfachen Einzelmessungen (keine Messreihe) die für die Befahrung von Bushaltestellen relevanten Karosserieabstände und Überhänge gemessen. Da der seitliche Karosserieüberhang beim ersten Rad grösser ist, als bei den übrigen Fahrachsen wurde diese als massgebende Grösse betrachtet und nur diese wurde bei der Aufzeichnung der verschiedenen Karosserieformen berücksichtigt.

Bei der Auswertung der Messresultate wurde Folgendes festgestellt:

- Die maximale Höhe der Haltekante für eine Bus-Fahrbahnhaltestelle beträgt  $h_{\max}=26\text{cm}$ . Bei dieser Höhe ist kein Kneeling machbar.
- Die maximale Höhe der Haltekante einer Busbucht beträgt  $h_{\max}=22\text{cm}$ . Bei dieser Höhe ist ein Kneeling machbar bzw. zwingend.
- Eine kombinierte Haltekante Tram/Bus mit einer gleich hohen Haltekante ( $h=30\text{cm}$ ) ist aufgrund der unterschiedlichen Einstiegshöhen von Tram- und Busfahrzeugen nicht machbar. Für Bushaltestellen ist daher eine separate Lösung zur Erreichung der geforderten Spaltabstände erforderlich.

## 2.2 Projektziel

Mithilfe der Testhaltestelle 'Neunbrunnen' soll die technische Machbarkeit einer erhöhten Bushaltekante (22 bis 24cm) untersucht werden. Dabei soll die Machbarkeit eines autonomen Buseinstiegs für Rollstuhlfahrende bzw. gehbehinderte Personen mit Rollator untersucht werden.



IST-Situation:  
Einstieg mit Hilfeleistung durch das Fahrpersonal



SOLL-Situation:  
Autonomer Buseinstieg für Rollstuhlfahrende

Für die Untersuchung sind die folgenden Haltekanten-Dispositionen zu untersuchen:

- Fahrbahnhaltestelle
- Busbucht
- Hindernis An-/ und Wegfahrt
- Kurvenhaltestelle
- Kombinierte Tram-/ und Bushaltekante

## 2.3 Auftrag

Das Büro SNZ Ingenieure und Planer AG in Zürich wurde vom Tiefbauamt der Stadt Zürich (TAZ) und den Verkehrsbetrieben Zürich (VBZ) im Frühjahr 2013 mit dem Ausführungsprojekt für eine Testanlage mit einem Kasseler-Sonderbord-Plus Stein und der Begleitung und Auswertung der Fahrver-suche beauftragt.

Die Projektbearbeitung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Auftraggebern. Die Untersuchungen dienen als Basis für die weiteren Abklärungen bezüglich der Machbarkeit einer hohen Bushaltekanten für die Bushaltstellen innerhalb der Stadt Zürich.

## 2.4 Grundlagen

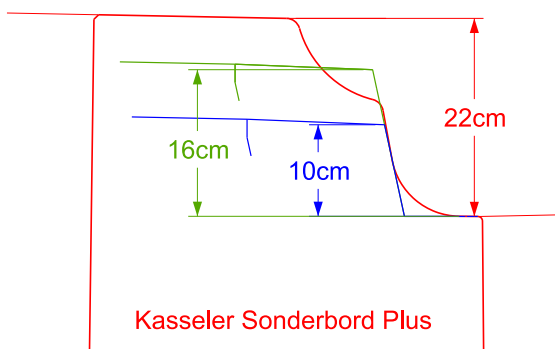
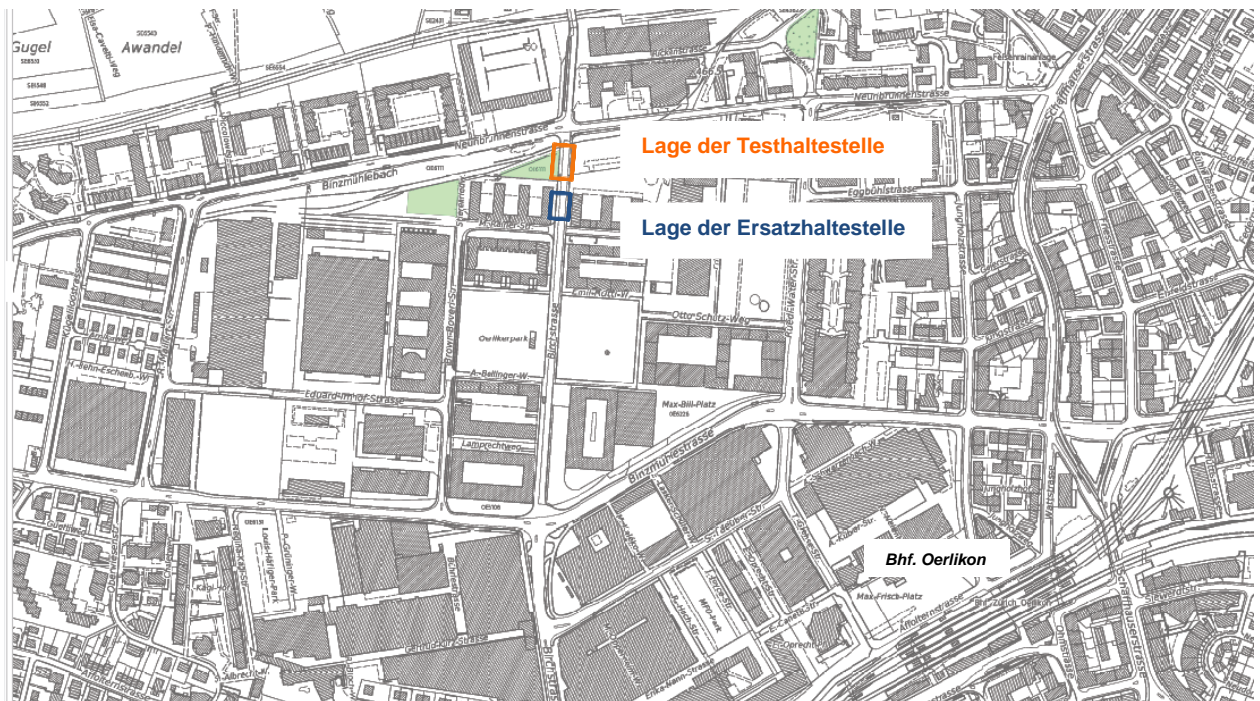
- BAV Studie Rollstuhlrechter Buseinstieg vom 16. März 2006
- Verordnung des UVEK über die technischen Anforderungen an die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs
- Fahrzeugtechnische Betrachtungen (Bericht Soltermann) vom März 2006
- Niederflurstrategie Tram, Verkehrsbetriebe Zürich, 6. Februar 2004
- Normblatt Linienbusbetrieb auf Tramtrasse, Verkehrsbetriebe Zürich, 20.11.2001
- Normblatt Stufenloser Einstieg beim Niederflurtram, Verkehrsbetriebe Zürich, 04.11.2004
- Schlussbericht 'Erhöhtes Kasseler-Sonderbord', SNZ, April 2010

### 3 Fahrversuche

Die Testhaltestelle für die Versuchsfahrten befindet sich an der regulären Bushaltestelle 'Neunbrunnen' in Fahrtrichtung Bhf. Oerlikon an der Birchstrasse. Die Haltestelle 'Neunbrunnen' wurde aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens und der vorhandenen, geraden Anfahrt als Testhaltestelle ausgewählt.

An der Haltekante wurde Anfangs Juli 2013 ein 22cm hoher Bordstein vom Typ Kasseler-Sonderbord-Plus eingebaut. Die Betriebsfreigabe durch die VBZ erfolgte am 11. Juli. Die Fahrversuche mit den Messreihen wurde zwischen dem 29. und 31. Juli durchgeführt. Für die Dauer dieser Versuchsfahrten wurde die Ersatz-Haltestelle, welche bereits während den Bauarbeiten genutzt wurde, in Betrieb genommen.

#### Übersichtskarte



Profil Kasseler-Sonderbord-Plus Stein



Testhaltestelle 'Neunbrunnen' mit Kasseler-Sonderbord-Plus Stein

## 4 Eingesetzte Fahrzeuge für Versuchsfahrten

### 4.1.1 Kleinbusse (KB)

**Mercedes 'Sprinter 616-CDI'** Fahrzeug-Identifikation: 322 – 323  
 L = 7.56m, B = 2.31m, 2-achsig

Der Kleinbus hat eine Aussenschwingtüre. Bei diesem Bus ist kein Kneeling möglich.

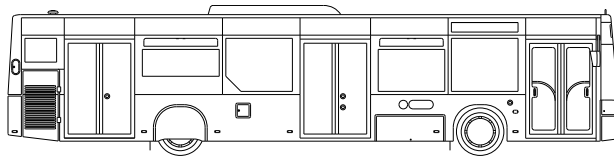
### 4.1.2 Midibusse (MiB)

**MAN 'A35'**; Fahrzeug-Identifikation: 310 – 313 und 331 – 318  
 L = 9.65m, B = 2.38m, 2-achsig

Der Midibus hat bei der 1. Tür eine Innenschwingtüre und bei der 2.Türe eine Schwenk-/ Schiebetüre.

### 4.1.3 Standardbus (SB)

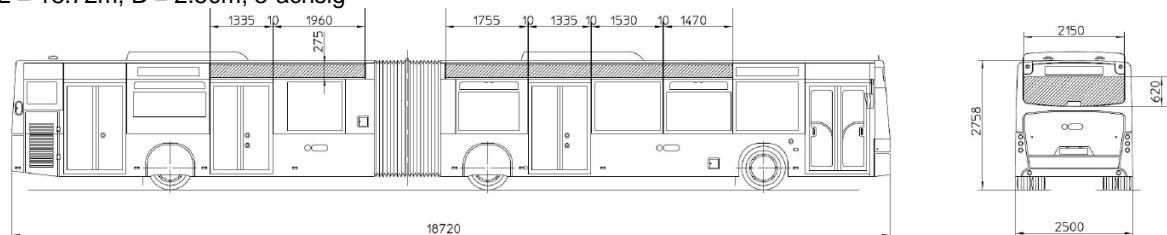
**Neoplan 'N4516 (Euro 4)'**; Fahrzeug-Identifikation: 244 – 283  
 L = 11.95m, B = 2.50m, 2-achsig



Der Standardbus hat bei der 1. Tür eine Innenschwingtüre und bei den übrigen Türen Schwenk-/ Schiebetüren.

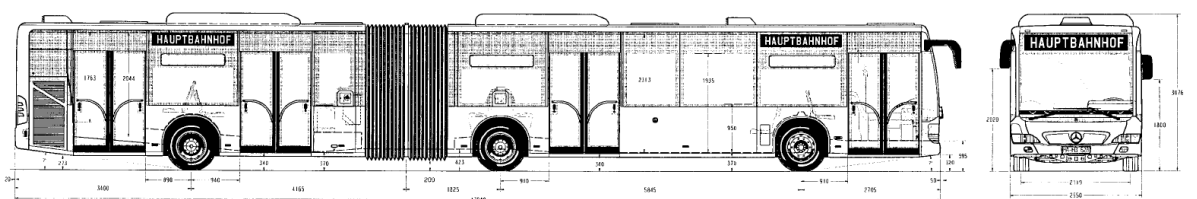
### 4.1.4 Gelenkbusse (GB)

**Neoplan 'N4522 (Euro 4)'**; Fahrzeug-Identifikation: 516 - 562  
 L = 18.72m, B = 2.50m, 3-achsig



Der Gelenkbus hat bei der 1. Tür eine Innenschwingtüre und bei den übrigen Türen Schwenk-/ Schiebetüren.

**Mercedes Citaro O530 G;** Fahrzeug-Identifikation: 401-424  
 L = 18.00m, B = 2.55m,



Der Gelenkbus hat bei der 1. Tür eine Innenschwingtüre und bei den übrigen Türen Schwenk-/ Schiebetüren.

### 4.1.5 Nicht eingesetzte Fahrzeuge

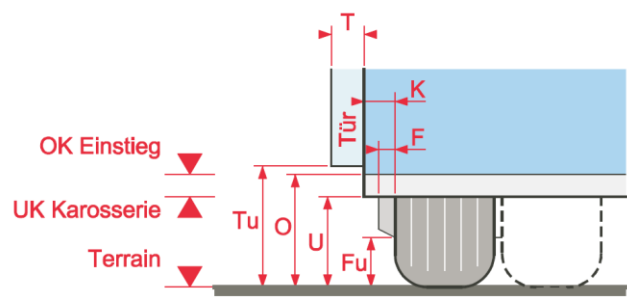
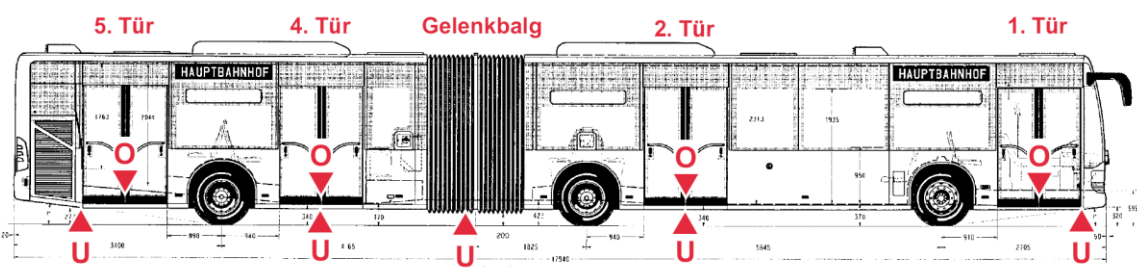
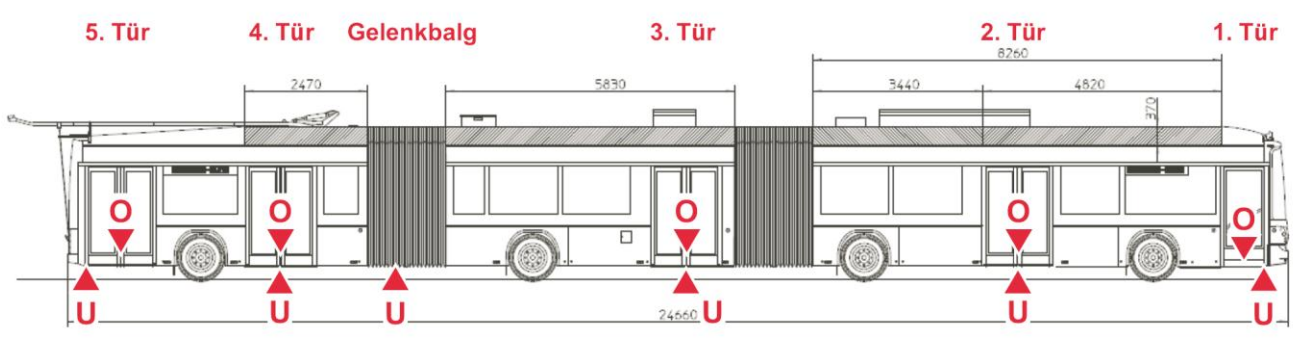
- Mercedes Citaro O530 (Standardbus)
- Gelenk-Trolleybusse
- Doppel-Gelenk-Trolleybusse

Aufgrund der fehlenden Elektrifizierung (Fahrleitung) wurden bei den Fahrversuchen keine Trolleybusse eingesetzt.

## 4.2 An den Fahrzeugen gemessene Angaben

### 4.2.1 Aufgenommene Masse

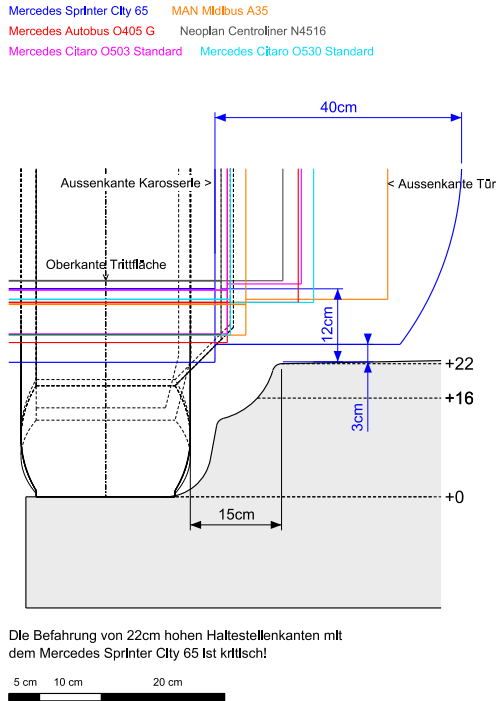
Die Busaufnahmen der VBZ Fahrzeuge erfolgte im Rahmen der Untersuchungen zur Testhaltestelle in Steinhausen (ZG) in den Jahren 2008/2009. Die damaligen Fahrzeuge sind mit Ausnahme des Kleinbusses (Fiat Ducato) immer noch im Einsatz. Die Fahrzeugaufnahmen für den neuen Kleinbus Mercedes Sprinter erfolgen im Juli 2013. Die nachfolgenden Skizzen zeigen die einzelnen Masse welche ermittelt wurden.



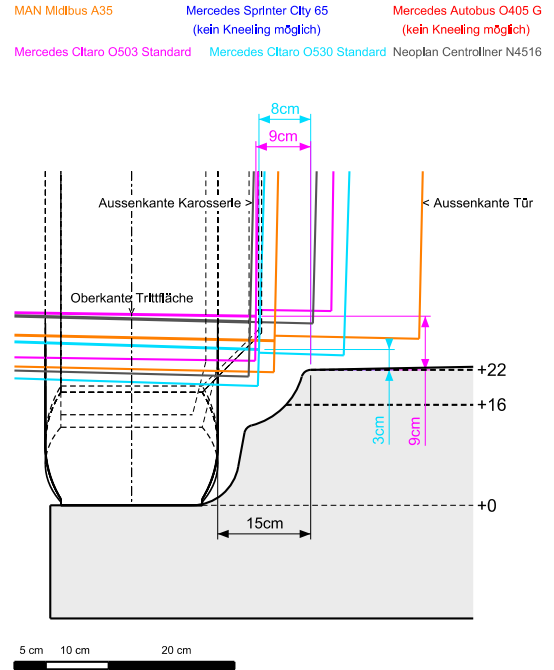
- O Terrain bis OK Einstieg
- U Terrain bis UK Karosserie
- Fu Terrain bis UK Felge
- Tu Terrain bis UK Tür
- K Pneufanke bis Aussenkante Karosserie
- F Pneufanke bis Aussenkante Felge
- T Karosserie bis Aussenkante Tür

## 4.2.2 Messresultate der VBZ - Fahrzeuge

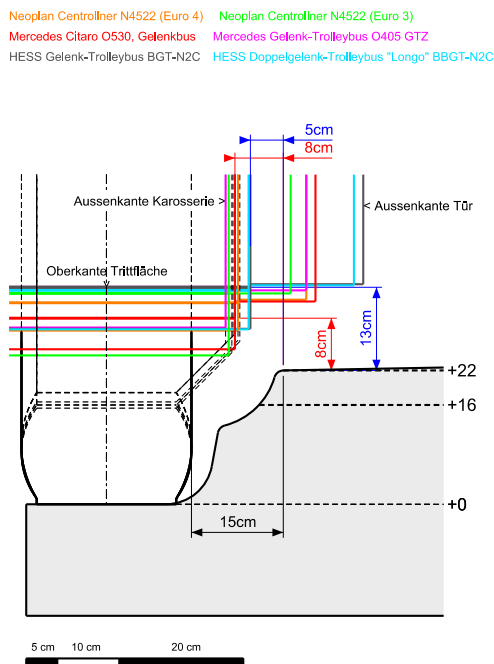
### Massgebende Busposition bei erster Türe der Midi- und Standardbusse in Normalposition



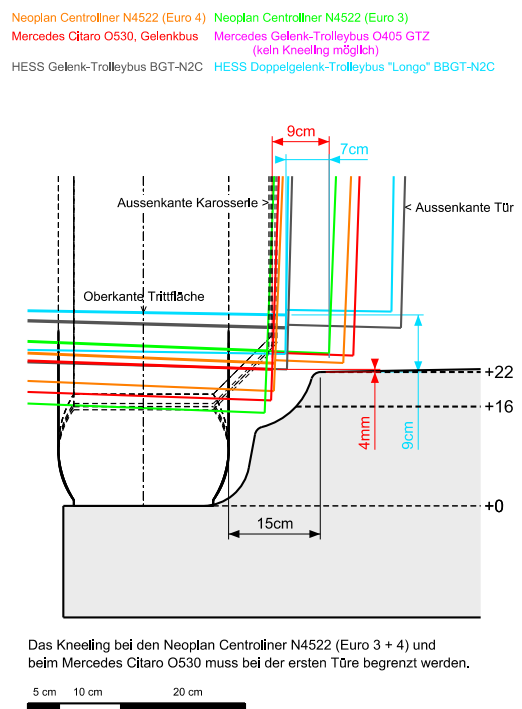
### Massgebende Busposition bei erster Türe der Midi- und Standardbusse bei Kneeling



### Massgebende Busposition bei erster Türe der Doppel- und Gelenkbus in Normalposition



### Massgebende Busposition bei erster Türe der Doppel- und Gelenkbusse bei Kneeling

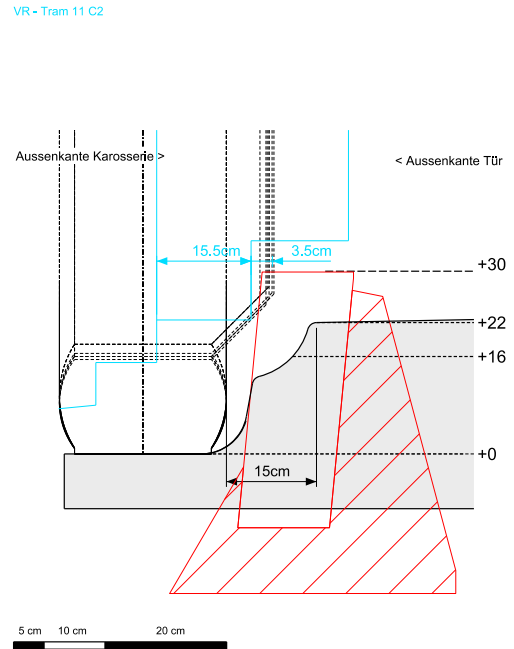
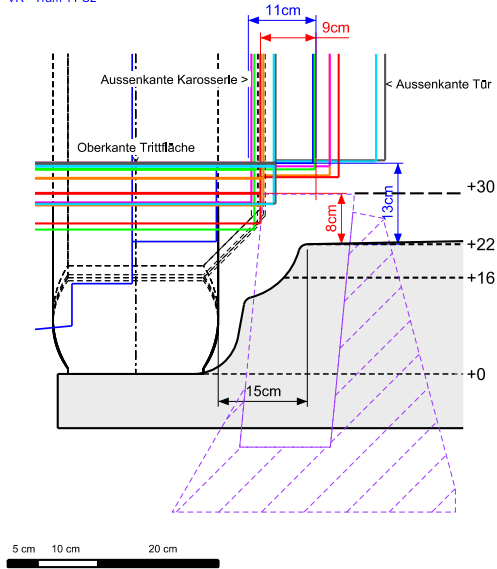


### 4.2.3 Vergleich Erhöhtes Kasseler-Sonderbord zu VBZ-Tramhaltekante

Massgebende Busposition bei erster Türe der Doppel- und Gelenkbusse der VBZ in Normalposition und Lichtraumprofil Tram

Lichtraumprofil Tram C2

Neoplan Centroliner N4522 (Euro 4)    Neoplan Centroliner N4522 (Euro 3)  
 Mercedes Citaro O530, Gelenkbus    Mercedes Gelenk-Trolleybus O405 GTZ  
 HESS Gelenk-Trolleybus BGT-N2C    HESS Doppelgelenk-Trolleybus "Longo" BBGT-N2C  
 VR - Tram 11 C2



Für die Fahrversuche ist die Machbarkeit einer kombinierten Haltekante Bus-Tram zu prüfen. Die obigen Grafiken stammen aus den Untersuchungen zur Testhaltestelle in Steinhausen und haben für die Versuche nur informativen Charakter.

## 5 Ablauf der Versuchsfahrten

### 5.1 Allgemeines

Die Haltestelle wurde von den einzelnen Fahrzeugen für eine bestimmte Versuchsanordnung mehrfach angefahren. Bei der Anfahrt wurde zwischen folgenden Fahrregimen unterschieden:

- A: Abtastfahrt
- L: Langsamfahrt
- B: Betriebsfahrt

#### 5.1.1 Abtastfahrt

Die Abtastfahrt wurde nur beim erstmaligen Befahren der verschiedenen Bustypen an die Versuchsanordnung durchgeführt. Die Abtastfahrt erfolgte dabei durch Handeinweisung an den Buschauffeur.

#### 5.1.2 Langsamfahrt

Bei der Langsamfahrt wurde auf eine optimale Position des Busses an der Haltekante geachtet. Das Touchieren der Reifen an der Haltekante mit dem Kasseler-Sonderbord-Plus Stein wurde bewusst durchgeführt, damit der Nutzen dieses Randsteines ausgenutzt werden konnte.

Damit der Bus-Chauffeur bei der Anfahrt an den Kasseler-Sonderbord-Plus Stein auch ein Touchieren der Radflanke provozieren kann, wurde ihm auch bei der Langsamfahrt teilweise eine Handeinweisung gegeben.

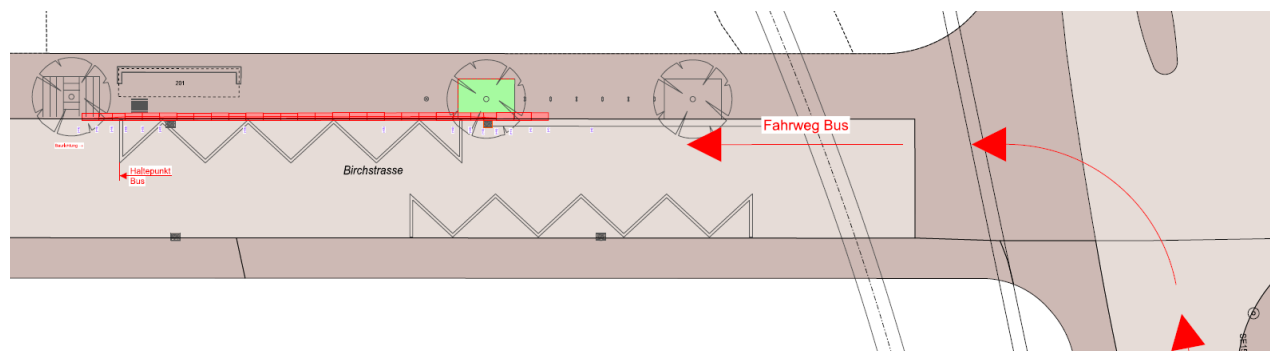
#### 5.1.3 Betriebsfahrt

Bei der Betriebsfahrt wurde das übliche Anfahrverhalten der Chauffeure simuliert. Dies bedeutet, dass die Anfahrt an die Versuchshaltestelle mit einer normalen Anfahrsgeschwindigkeit und ohne Handeinweisung erfolgte. Ziel dieser Fahrten war die Ermittlung der Spaltabstände an der Haltekante, welche im täglichen Betrieb und unter Fahrplandienst ermöglicht werden können.

## 5.2 Versuchsarrangierungen

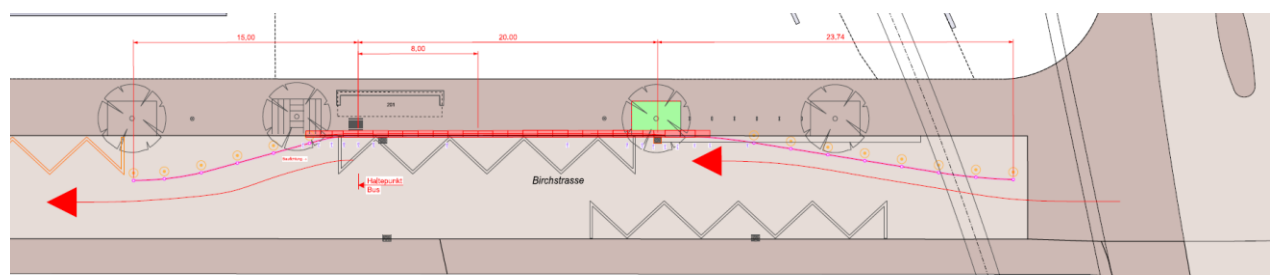
### 5.2.1 Fahrbahnhaltestelle

Die Versuchsreihe Fahrbahnhaltestelle diente primär zur Untersuchung mit den Fahrzeugen, welche auf der regulären Linie 64 und 75 nicht eingesetzt werden, und der Ermittlung der Spaltabstände aller Fahrzeuge mittels Langsam- und Betriebsfahrten. Die Anfahrt der Busse erfolgte dabei von der Neunbrunnenstrasse aus.



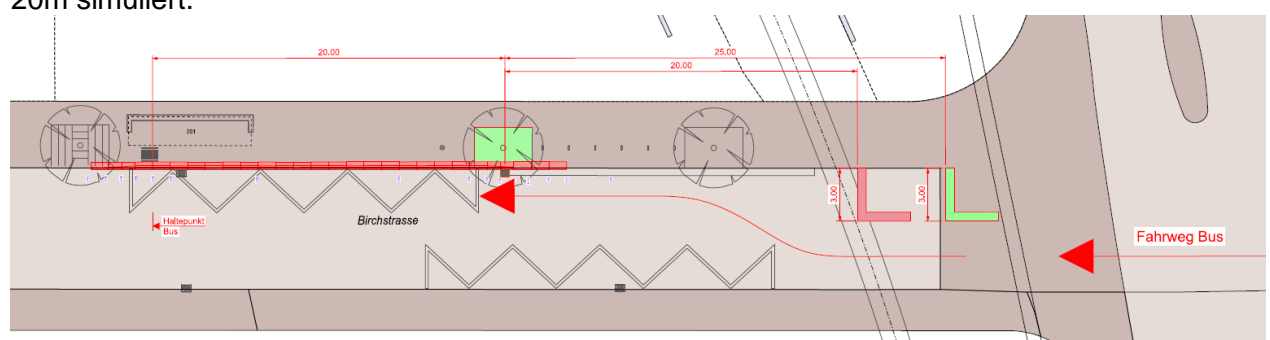
### 5.2.2 Versuchsreihe Busbucht

Die Busbucht wurde anhand von Signalkonen entlang der Fahrbahnhaltestelle abgebildet. Die Geometrie einer VSS-Normbusbucht weicht dabei von der Geometrie einer VBZ-Busbucht ab. Da die VSS-Busbucht eine ungünstigere (steilere) Ausfahrt als eine VBZ-Busbucht erfordert, wurde diese Anstelle der VBZ-Normbucht untersucht. Aufgrund der Versuchsarrangierung musste die Anfahrt über die Birchstrasse erfolgen.



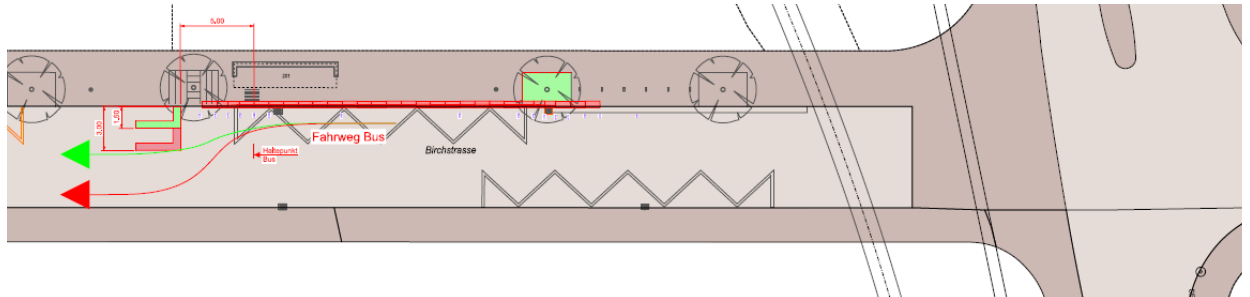
### 5.2.3 Hindernis-Anfahrt

Bei der Anfahrt mit einem Hindernis wurde die Anordnung von Parkplätzen oder einem sonstigen Hindernis simuliert. Dabei soll untersucht werden in welchem Winkel eine hohe Bushaltekante noch angefahren werden kann. Dabei wurden zwei Hindernisse in einem Abstand von 25m und 20m simuliert.



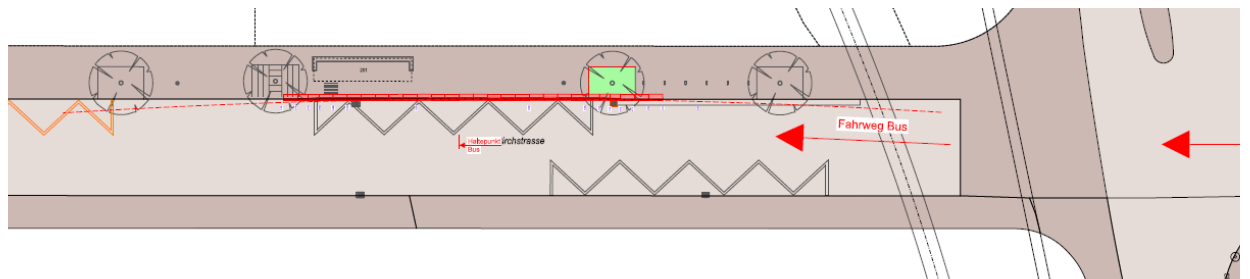
### 5.2.4 Hindernis-Wegfahrt

Analog zur Hindernisanfahrt wurde auch die Hinderniswegfahrt untersucht. Dabei wurde ein Hindernis mit einem Abstand von 5m in Längsrichtung und einem Abstand von 3.0m resp. 1.5m in Querrichtung untersucht.



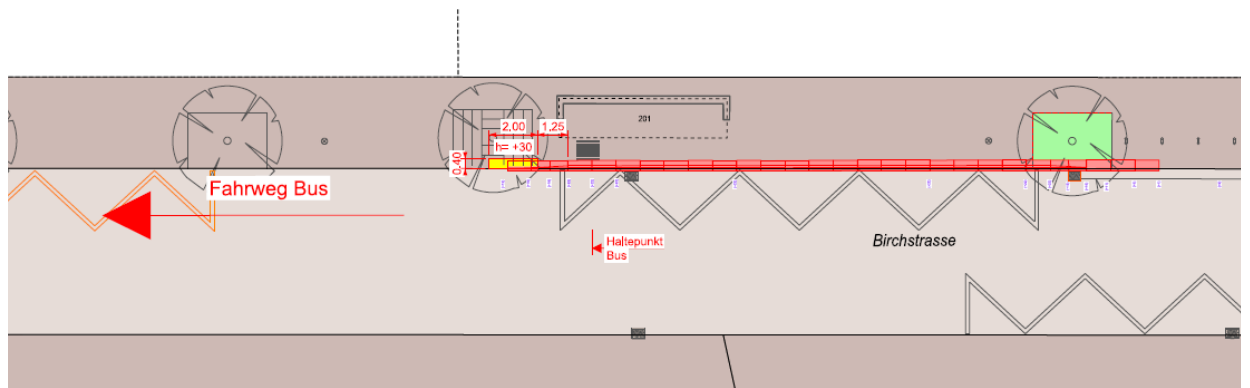
### 5.3 Versuchsreihe Kurvenhaltestelle

Die Simulation einer Kurvenhaltestelle wurde durch ein Absperrband dargestellt, welches auf dem Strassenbelag temporär befestigt resp. festgeklebt wurde. Der dabei untersuchte Radius beträgt  $R=500$  m.



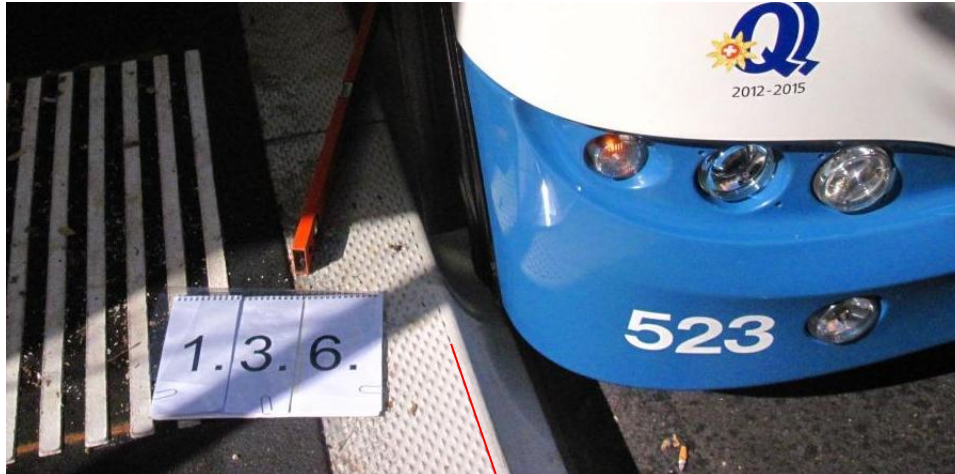
### 5.4 Versuchsreihe kombinierte Bus-/Tram - Haltekante

Für eine kombinierte Haltekante Bus-/Tram wurde im Endbereich der Haltestelle mittels einer Holzkonstruktion eine 30cm hohe Haltekante nachgebildet. Bei diesen Versuchsfahrten wurden die Abfahrtssituation bei einer kombinierten Haltekante Bus-/Tram untersucht. Die simulierte, 30cm hohe Haltekante wurde bündig, und somit ohne seitlichen Versatz zum Kasseler-Sonderbord-Plus Stein angeordnet.

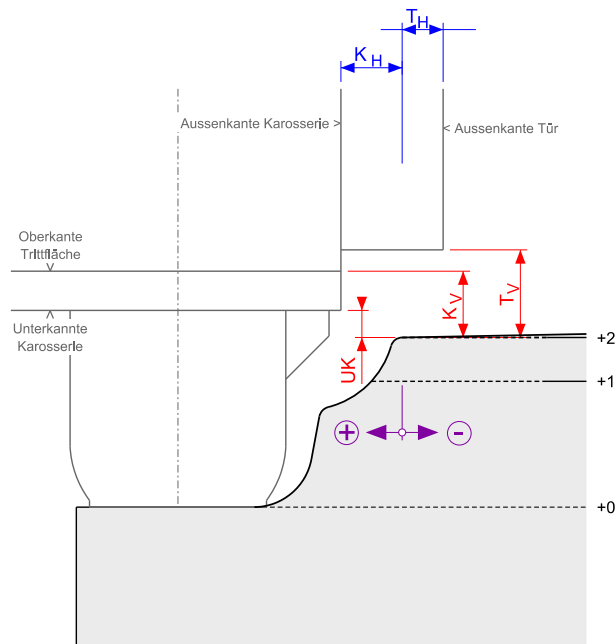


## 5.5 Durchgeführte Massaufnahmen

Bei jedem Fahrversuch wurden bei allen relevanten Bustüren die Massabstände von Karosserie und Türe aufgenommen. Die Massaufnahmen erfolgten gemäss der untenstehenden Skizze, wobei für die horizontalen Masse aufgrund der Verlässlichkeit der Resultate als Nullpunkt die Vorderkante der Riffelmarkierung verwendet wurde. Diese Markierung ist ca. 1.5cm von der obersten Ausrundung zurückversetzt.



Referenzlinie für Messungen  $K_H$  und  $T_H$



- $K_H$  = Horizontaler Abstand Karosserie zu Haltekante
- $T_H$  = Horizontaler Abstand Türaussenkante zu Haltekante
- $K_V$  = Vertikaler Abstand Buseinstieg zu Haltekante
- $T_V$  = vertikaler Abstand Türunterkante zu Haltekante
- $UK$  = vertikaler Abstand Karosserieunterkante zu Haltekante



## 6 Messresultate der Fahrversuche

### 6.1 Messresultate der Fahrbahnhaltestelle



Für die Fahrbahnhaltestelle wurde eine gerade An- und Wegfahrt untersucht. Die Testhaltestelle wurde seit der Betriebsfreigabe bereits als Fahrbahnhaltestelle für die Bustypen Neoplan GB und MAN MiB im täglichen Einsatz genutzt. Für die Versuchsreihe 'Fahrbahnhaltestelle' (Messreihen 01.xx.yy) wurde die Haltestelle erstmalig durch die Bustypen Neoplan SB und Mercedes Citaro angefahren.

Die Messresultate sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Für die Beurteilung der Messergebnisse bezüglich der Gebrauchstauglichkeit sind die nachfolgenden Messwerte optisch hervorgehoben:



Masswerte 2 .. 4 cm: kritische Lage der Busposition



Masswerte 0 .. 2 cm: unzulässige Lage der Busposition

Versuchsreihe 01.01.02 bis 01.05.04

Bustyp	Langsamfahrt				Versuchsnummer	Betriebsfahrt				Versuchsnummer
	1. Türe		2. Türe			1. Türe		2. Türe		
	K <sub>v</sub>	K <sub>H</sub>	K <sub>v</sub>	K <sub>H</sub>		K <sub>v</sub>	K <sub>H</sub>	K <sub>v</sub>	K <sub>H</sub>	
Neoplan SB 272	3.5	7.0	6.5	10.0	01.01.02	4.5	15.0	7.0	13.0	01.01.04
Neoplan GB 525	1.0	7.0	6.5	9.5	01.03.42	1.0	18.0	6.0	14.0	01.03.03
Mercedes Citaro GB 408	-3.0	10.0	5.0	9.0	01.04.01					
MAN MiB 337	4.5	7.0	5.0	9.0	01.05.02	4.0	13.0	5.0	11	01.05.04

Tab. 1. Messreihe Fahrbahnhaltestelle



Abb. 1: Versuch: 01.03.01 (Abtastfahrt, 1. Türe)



Abb. 2: Versuch: 01.03.01 (Abtastfahrt, 2. Türe)

Die geforderten Spaltmasse von 5cm vertikal und 5cm horizontal konnten bei der Versuchsreihe 'Fahrbahnhaltestelle' auch bei den Langsamfahrten nicht erreicht werden. Die minimalen Messwerte waren 5cm vertikal und 9cm horizontal. Bei den Betriebsfahrten betragen die minimalen Messwerte 5-7cm in vertikaler, und 11-14cm in horizontaler Richtung. Die besten Resultate wurden dabei beim Midibus vom Typ MAN erzielt.

Wie bereits bei den Busaufnahmen (siehe Kap 4.2.2) festgestellt werden konnte, weisen einzelne Gelenkbusse ein sehr tiefes Kneeling auf. Bei dem in den Fahrversuchen eingesetzten Gelenkbus vom Typ Mercedes Citaro reichte dieses Kneeling bei der 1. Türe auf eine Höhe von ca. 19cm ab Boden.



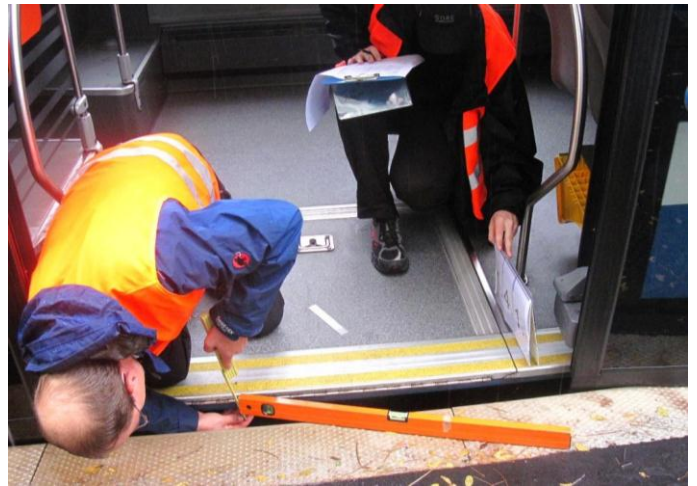
**Abb. 3:** Versuch: 01.04.01 (Abtastfahrt)



**Abb. 4:** Versuch 01.04.01 (Abtastfahrt)



**Abb. 5:** Versuch: 01.04.01 (Abtastfahrt)



**Abb. 6:** Versuch 01.04.01 (Abtastfahrt)

Aufgrund dieses starken Kneelings touchierten die Türen bei der Versuchsfahrt 01.04.01 den Kasseler-Sonderbord-Plus Stein.

## 6.2 Messresultate der Busbucht



Für die Busbucht wurde eine Geometrie nach der VSS Norm mittels Signalkonen nachgebildet. Da die Ein-/ und Ausfahrt in eine Busbucht mit erheblich grösseren Lenkwinkel als bei einer Fahrbahnhaltestelle erfolgt, kann ein Überwischen der Busfront im Einfahrtsbereich nicht ausgeschlossen werden. Der Haltepunkt an der Testhaltestelle wurde deshalb soweit zurückversetzt, dass sich lediglich die vordersten 6.5m des Busses im Bereich der erhöhten Bushaltekante von 22cm befinden. Dadurch kommt die 2. Türe noch knapp in den Bereich des 22cm hohen Kasseler-Sonderbords-Plus zu liegen.

Versuchsreihe 02.01.01 bis 02.05.06

Bustyp	Langsamfahrt				Versuchsnummer	Betriebsfahrt				Versuchsnummer
	1. Türe		2. Türe			1. Türe		2. Türe		
	K <sub>V</sub>	K <sub>H</sub>	K <sub>V</sub>	K <sub>H</sub>		K <sub>V</sub>	K <sub>H</sub>	K <sub>V</sub>	K <sub>H</sub>	
Neoplan SB 272	3.0	7.0	8.0	9.5	02.01.01	3.5	22.5	8.0	23.0	02.01.04
Neoplan GB 525	-1.0	13.0	4.0	12.0	02.03.02	-3.0	26.0	14.0	22.5	02.03.03
Mercedes Citaro GB 408	2.5	11.5	5.5	11.5	02.04.04	3.5	22.5	7.5	24.0	02.04.02
MAN SB 337	3.0	6.5	5.5	9.5	02.05.01	3.0	12.5	4.5	14.0	02.05.06

**Tab. 2.** Messreihe Busbucht

Die Versuchsreihe konnte ohne nennenswerte Schwierigkeiten durchgeführt werden. Wobei die Versuchsanordnung nicht ideal war, da im Einfahrtsbereich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein Kasseler-Sonderbord-Stein für die frühzeitige Radführung vorhanden war.

Bei den Messresultaten konnten für die Standardbusse aufgrund der kürzeren Bauart bessere Masswerte erreicht werden als bei den Gelenkbussen. Allerdings konnten die geforderten Spaltmasse auch hier nicht erreicht werden. Die minimalen Spaltmasse betragen 5.5cm vertikal und 9.5 cm horizontal. Bei den Betriebsfahrten betragen die minimalen Messwerte 5-14cm in vertikaler, und 14 bis 24cm in horizontaler Richtung. Auch hier wurden die besten Resultate durch den Midibus (MAN) realisiert.

Die Versuche haben gezeigt, dass es wichtig ist, dass der Bus im Einfahrtsbereich Überwischen kann und dass somit eine durchgehend hohe Haltekante bei einer Busbucht nicht machbar ist. Bei der Ausfahrt aus der Busbucht konnte die Gefahr des Überwischens nur bei den Standardbussen festgestellt werden. Allerdings betrug der gemessene vertikale Abstand rund 9cm und kann deshalb als unproblematisch angesehen werden (siehe Abb. 8).

Bei den Betriebsfahrten wurden gegenüber der Versuchsreihe 'Fahrbahnhaltestelle' erheblich grössere Spaltabstände, insbesondere im Bereich der 2. Türe festgestellt.



**Abb. 7:** Versuch: 02.01.01 (Abtastfahrt)



**Abb. 8:** Versuch 02.01.02 (Langsamfahrt)



**Abb. 9:** Versuch: 02.03.04 (Betriebsfahrt)



**Abb. 10:** Versuch 02.03.04 (Betriebsfahrt)

### 6.3 Erkenntnisse Hindernisanfahrt



Für die Hindernisanfahrt wurde bei den Versuchsreihe 03.03.yy das Hindernis im Abstand von 25m zum Beginn der Haltestelle angeordnet. Dabei hat sich gezeigt, dass die Haltestelle nur mit einem sehr starken

Überwischen im Einfahrtsbereich (20m vor dem Haltestellenende) mit einer Tiefe von ca. 80cm angefahren werden kann. Eine durchgehend hohe Haltekante an einem Bushof mit mehreren, hintereinander stehenden Bussen kann so nicht realisiert werden.

Für den Fall, dass im gesamten Einfahrtsbereich zur Haltestelle kein Wischen machbar ist, muss der Abstand zwischen dem Hindernis ( $b=3.00m$ ) auf der Fahrbahn und dem Haltestellenende mindestens 100m betragen.



**Abb. 11:** Versuch: 03.03.02 (Langsamfahrt)



**Abb. 12:** Versuch 03.03.02 (Langsamfahrt)



**Abb. 13:** Versuch: 03.03.02 (Langsamfahrt)



**Abb. 14:** Versuch 03.03.02 (Langsamfahrt)

## 6.4 Erkenntnisse Hinderniswegfahrt

Für die Hinderniswegfahrt wurde analog zur Hinderniseinfahrt mittels Signalkonen ein Hindernis simuliert. Für die Versuchsreihe Nr. 04.01.01 wurde das Hindernis in einem Abstand von 5.0m vor dem Haltepunkt des Busses angeordnet und ragte 3.0m in die Fahrbahn hinein.

Bei der Wegfahrt mit dem Mercedes-Gelenkbus drohte der Gelenkbalg mit dem Kasseler-Sonderbord-Plus Stein zu touchieren worauf der Versuch abgebrochen wurde.

Für den Versuch Nr. 04.01.02 wurde das Hindernis nur in einem seitlichen Abstand von 1.5m anstelle von 3.0m zur Haltekante angeordnet. Der Längsabstand zwischen Bus und Hindernis wurde bei 5.0m belassen. Dieser Versuch konnte zwar durchgeführt werden, jedoch schleifte der Gelenkbalg bei dieser Anordnung zeitweise am Kasseler-Sonderbor-Plus Stein.



Die Versuche haben gezeigt, dass bei Gelenkbussen im Abstand von rund 10m zur Fahrzeugfront kein Hindernis vorhanden sein darf, da ansonsten Beschädigungen am Gelenkbalg bei der Wegfahrt nicht ausgeschlossen werden können.

## 6.5 Erkenntnisse Kombinierte Tram-/ Bushaltekante



Für die Versuchsreihe der kombinierten Tram-/ und Bushaltekante wurde durch eine Holzkonstruktion in einem Längsabstand von 1.35m zum Haltepunkt des Busses eine 30cm Haltekante für das Tram simuliert.

Die simulierte Tramhaltekante wurde dabei in der direkten Verlängerung der Bushaltekante angeordnet. Der seitliche Versatz zwischen Tram- und Bushaltekante hat somit 0cm betragen.

Die Versuche haben gezeigt, dass die Wegfahrt problemlos befahrbar ist. Wäre jedoch ein seitlicher Versatz bei der Tramhaltekante von 10cm in Richtung Strasse angeordnet worden, so müsste der Abstand zwischen Haltepunkt und dem Beginn der Tramhaltekante vergrössert werden.



**Abb. 15:** Versuch: 04.01.03 (Abtastfahrt)



**Abb. 16:** Versuch 04.01.03 (Abtastfahrt)



**Abb. 17:** Versuch: 04.02.01 (Abtastfahrt)

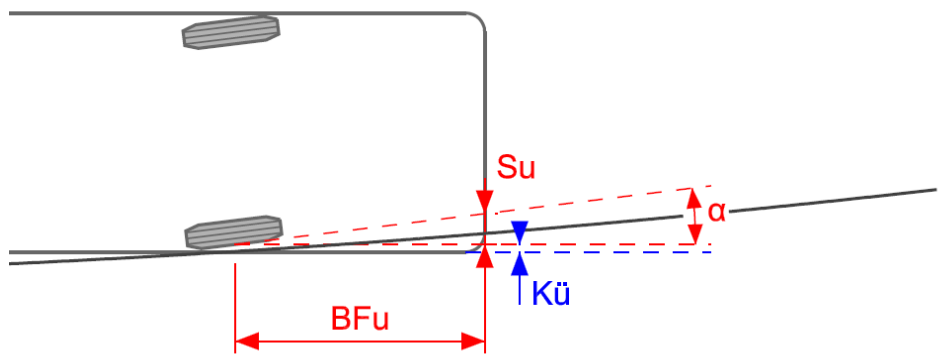


**Abb. 18:** Versuch 04.02.01 (Abtastfahrt)

## 6.6 Erkenntnisse Kurvenhaltestelle



Für die Simulation einer Kurvenhaltestelle wurde ein Radius von  $R=500m$  mittels Markierungsband und Signalkonen abgesteckt. Die Befahrung erfolgte im Schritttempo und mit Hilfe einer Handeinweisung, damit das Überwischen im Frontbereich des Busses verhindert werden konnte. Die Schwierigkeit bei der Kurvenhaltestelle ist unter anderem in der Fahrzeuggeometrie zu finden. Aufgrund des vorderen Karosserieüberhangs (BFu) und des erforderlichen Lenkwinkels ( $\alpha$ ) ergibt sich ein seitlicher Versatz von Karosseriefront zur Haltekante (Su). Dieser Versatz kann einzig im Bereich der oberen Ausrundung des Kasser-Sonderbord-Plus Steines realisiert werden. Dies bedeutet, dass das Fahrzeug bei einer kurvenförmigen Anfahrt mit geringsten Lenkwinkelschlägen unweigerlich die Haltekante überwischen würde. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass eine Kurvenhaltestelle mit einer 22cm hohen Haltekante erst ab einem Grenzradius  $R_{Grenz} > 1500m$  machbar ist.

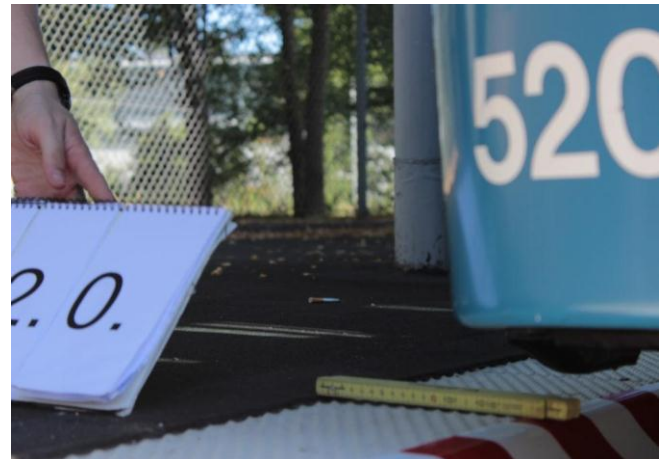


**Abb. 19:** Versuch: 05.02.00 (Abtastfahrt)

**Abb. 20:** Versuch 05.02.00 (Abtastfahrt)



**Abb. 21:** Versuch: 05.02.00 (Abtastfahrt)



**Abb. 22:** Versuch 05.02.00 (Abtastfahrt)

## 7 Erkenntnisse aus Fahrversuchen

### 7.1 Spaltabstände

Die in der VAböV geforderte *max. Höhendifferenz: 5 cm* und *max. Spaltbreite: 5 cm* respektive, *max. Höhendifferenz: 3cm* und *max. Spaltbreite: 7cm* konnte mit einer auf 22cm erhöhten Bus-haltekante mit einem Kasseler-Sonderbord-Plus Stein nicht erreicht werden.

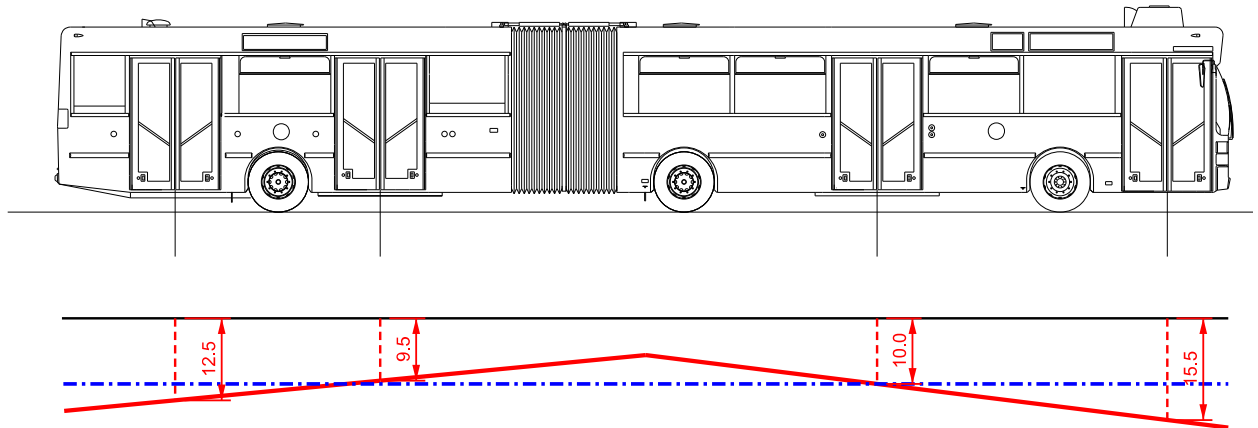
Die beste gemessene Spaltbreite bei einem Gelenkbus bei einer Betriebsfahrt ergab eine Spaltbreite von 14cm und eine Höhendifferenz von 6cm. Das summierte Wertepaar ist dadurch doppelt so gross wie das in der VAböV geforderte Wertepaar.

### 7.2 Fahrzeugtechnische Aspekte

Für die Fahrversuche wurden Fahrzeuge aus dem normalen Linienbetrieb eingesetzt. Die VBZ setzen zurzeit insgesamt fünf verschiedene, dieselbetriebene Bustypen von unterschiedlichen Herstellern und Baujahren ein. Dazu kommen noch ein Kleinbus vom Typ Mercedes Sprinter und zwei verschiedene Trolley-Bustypen aus unterschiedlichen Bauserien.

Alle diese Busse weisen leicht voneinander abweichende Masse, Karosserieüberhänge und Fahrwerkskonstruktionen auf. Während der bei der VBZ nur in 12 Exemplaren vorhandene MAN-Midi-Bus durchwegs gute Messresultate lieferte, konnte der Mercedes Citaro Gelenkbus, von welchem die VBZ über 24 Stück verfügen, aufgrund seines sehr tiefen Kneelings in den Fahrversuchen teilweise nicht eingesetzt werden. Ein weiteres Problem sind die unterschiedlichen Türhöhen eines Bustyps in der Kneeling –Positionen. Wie aus der untenstehende Grafik entnommen werden kann, senkt sich die Karosserie eines Gelenkbusses an der Fahrzeugfront und beim Heck (1 und 4. Türe) erheblich stärker als in der Fahrzeug-Mitte. Die dachförmige Fahrzeugabsenkung kann durch die anders konstruierte Vorderachse und das Motorgewicht im Heck erklärt werden. Diese unterschiedlich ausgeprägte Fahrzeugabsenkung dürfte bei beladenem Fahrzeug weniger stark ausgeprägt sein. Für den Einsatz einer 22cm hohen Haltekante müssen die Kneeling-Einstellungen deshalb zukünftig vermehrt überprüft und justiert werden.

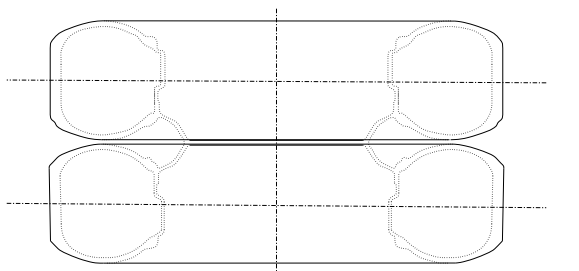
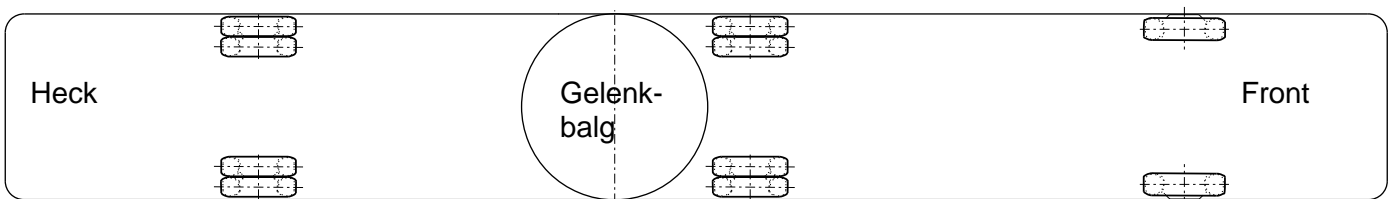
## Buskneeling am Mercedes Citaro O530, Fhz. 408



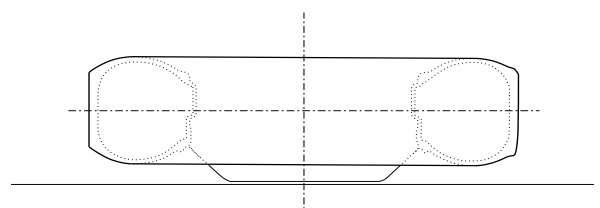
- Normalposition  
(H = 34 - 37cm) über OK Strasse
- SOLL-Position Kneeling  
(H = 27cm) über OK Strasse
- IST-Position Kneeling  
(H = 18.5 - 27cm) über OK Strasse

## Unterschiede Vorder-/ und Hinterachsen

Die Vorderachse (Lenkachse) weist eine Einfach-Bereifung auf. Bei den Standardbussen weist die Hinterachse (Antriebsachse) eine Doppel-Bereifung auf. Bei den Gelenkbussen weisen die Mittel- und die Hinterachse eine Doppelbereifung auf. Aufgrund der nach aussen gerichteten Radfelge weisen die Räder an der Vorderachse einen grösseren, seitlichen Karosserieüberhang als die Räder der Hinterachsen auf. Wenn ein Bus mit den Vorder- und den Hinterräder vollkommen bündig an eine Haltekante anfährt, so befindet sich die Karosserie deswegen in einer schiefwinkligen und nicht parallelen Position zur Haltekante.



**Abb. 23:** Doppel-Bereifung Hinterachse (Grundriss)



**Abb. 24:** Einfach-Bereifung Vorderachse (Grundriss)



**Abb. 25:** Doppel-Bereifung Hinterachse (Ansicht)



**Abb. 26:** Einfach-Bereifung Vorderachse (Ansicht)

Alle eingesetzten Fahrzeuge weisen eine Luftfederung auf. Die Fahrhöhe und die Kneelinghöhe können mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\text{cm}$  eingestellt werden. Die Fahrhöhe reguliert sich während der Fahrt aufgrund der wechselnden Beladung automatisch.

Der Kleinbus vom Typ Mercedes-Sprinter konnte bei den Fahrversuchen nicht eingesetzt werden, da dieser Aussenschwängertüren aufweist, welche aufgrund der Fahrzeughöhe an einem Randstein mit einer Höhe von 22cm touchieren könnten. Bei diesem Fahrzeug ist kein Kneeling möglich.

Der Konflikt zwischen Türe und Haltekante dürfte auch bei anderen Bustypen, welche über Aussenschwängertüren (zB. Überlandbusse) verfügen, problematisch sein (Haltestelle mit Überlandbussen: Wiedikon und Bederstrasse).



**Abb. 27:** Versuch: 01.06.01



**Abb. 28:** Versuch 01.06.01

## 8 Erkenntnisse aus Befragungen

### 8.1 Erfahrungen des Fahrpersonals

Seit der Inbetriebnahme der Pilothaltestelle 'Neunbrunnen' mit dem Kasseler-Sonderbord-Plus Stein führt die VBZ bei Ihrem Fahrpersonal eine Umfrage durch. Die bisherigen Rückmeldungen des Fahrpersonals zur Haltestelle waren dabei durchwegs positiv. Dabei wird vom Fahrpersonal insbesondere die Möglichkeit des nahen Anfahrens an das Kasseler-Sonderbord ohne Reifenschaden geschätzt. Den Nutzen für die Allgemeinheit wird dabei als hoch bis mittel beurteilt.

### 8.2 Rückmeldungen aus dem Öffentlichkeitsanlass

Am 22. August wurde ein Öffentlichkeitsanlass durchgeführt, an welchem Vertreter von Behindertenorganisationen, betagte Menschen und Fachspezialisten (Verkehrsbetriebe, Ämter und Planer) zugegen waren. Dabei wurde der Buseinstieg an der erhöhten Bushaltekante auch von Rollstuhlfahrenden und Personen mit einem Rollator getestet. Dabei zeigte sich, dass bei den beiden eingesetzten Gelenkbussen (Neoplan und Mercedes) unter Umständen für diese Personen kein autonomer Buseinstieg ermöglicht wird. Die dabei gemessene Höhendifferenz von 7cm und der Spaltabstand von 10cm waren dabei ein zu grosses Hindernis. Aufgrund der Rückmeldung dieser Testpersonen müsste insbesondere das vertikale Mass zusätzlich verringert werden, damit auch für diese Personen ein autonomer Einstieg ermöglicht werden kann.

Ein Vorteil der erhöhten Bushaltekante konnte jedoch bezüglich der erforderlichen Haltestellentiefe ermittelt werden. Durch die erhöhte Haltestellenlage bei einem Randstein von  $h=22\text{cm}$  ist beim Einsatz der im Bus befindlichen Klapprampe eine seitliche Einfahrt der Rollstuhlfahrenden mit gekoppeltem, elektrischem Antriebsgerät möglich. Dadurch könnte die Manövrierfläche bei einer Haltekantenhöhe von  $h = 22\text{cm}$  auf 2.0m reduziert (Manövrierbreite bei  $h=16\text{cm}$ : 2.80m (min 2.3m)).

## 9 Fazit

Im Rahmen der Fahrversuche an der Pilothaltestelle 'Neunbrunnen' in Zürich-Oerlikon konnten die gesetzlichen Vorgaben für einen behindertengerechten Buseinstieg gemäss der VAböV SR 151.342, Art. 14, Abs. b) nicht erfüllt werden. Auch beim Praxistest konnten Personen im Rollstuhl und mit Rollatoren nicht selbstständig in den Bus einsteigen.

Die gesetzlich festgelegten Masse sind für das weiche Bussystem mit einer Vielzahl von Varianten (Fahrzeugtyp, Bereifung, Anfahrt, Buschauffeur, etc.) als sehr gering einzustufen. Wie der Praxisversuch gezeigt hat, müssen diese jedoch zwingend eingehalten werden, sofern für Personen mit Behinderung ein autonomer Buseinstieg ermöglicht werden soll.

## 10 Weiteres Vorgehen

Zusammen mit den Fachverbänden und der Fahrzeugindustrie sind Lösungen zur Reduktion des horizontalen und vertikalen Spaltmasses zu suchen. Bei positiven Ergebnissen ist eine Vereinheitlichung und Normierung der Fahrzeug-Karosserie und Kneelinghöhe erforderlich, um die optimale Abstimmung zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sicherzustellen.

## **Anhang**

Anhang A: Fahrzeugabmessungen

Anhang B: Tabellarische Messwerte

Anhang C: Grafische Messwerte