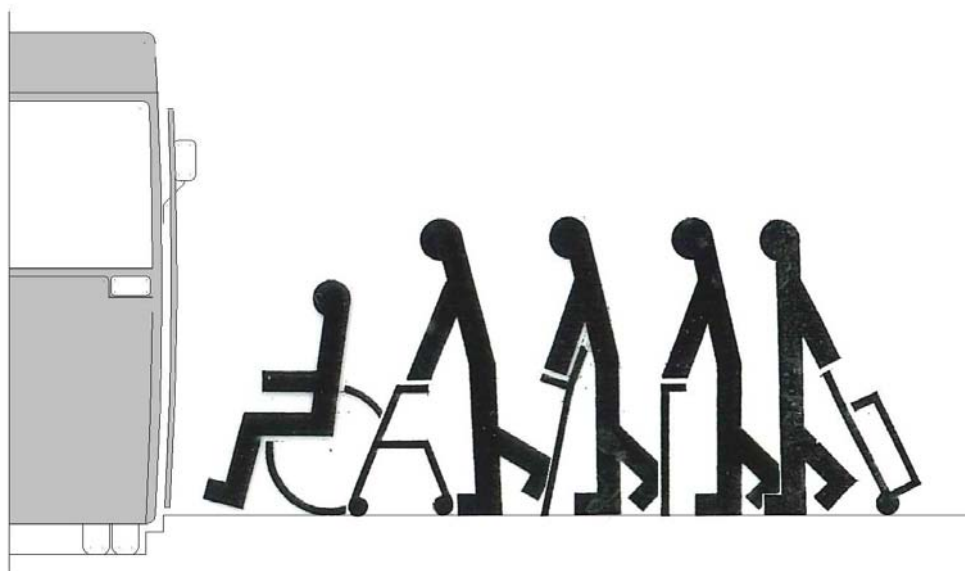


Auftraggeber Bundesamt für Verkehr BAV

Projektname Studienbericht
"Hohe Kante" bei Bushaltestellen

Berichtstitel Busverkehr mit
niveaugleicher Schnittstelle zwischen
Bordsteinkante und Bus



**Hauptsitz
Siège principal**

Thunstrasse 2
CH-3005 Bern
Tel. +41(0)31 357 11 11
Fax +41(0)31 357 11 12

**Zweigniederlassungen
Succursales**

Aarburg
Sägestrasse 12
CH-4663 Aarburg
Tel. +41(0)62 791 50 41
Fax +41(0)62 296 10 38

Altdorf
Schmiedgasse 18
CH-6460 Altdorf
Tel. +41(0)41 883 19 49
Fax +41(0)41 883 19 76

Fribourg
Route du Coteau 3
CH-1763 Granges-Paccot
tél. +41(0)26 460 79 60
fax +41(0)26 460 79 61

Innertkirchen
Grimselstrasse 1
Postfach 110
CH-3862 Innertkirchen
Tel. +41(0)33 972 12 00
Fax +41(0)33 972 12 09

Luzern
Obergrundstrasse 50
CH-6003 Luzern
Tel. +41(0)41 240 57 40
Fax +41(0)41 240 57 41

Oltén
Unterführungsstrasse 49
Postfach
CH-4601 Oltén
Tel. +41(0)62 296 00 64
Fax +41(0)62 296 10 38



IUB INGENIEUR-UNTERNEHMUNG AG



info@iub-ag.ch
www.iub-ag.ch

Impressum

Herausgeber

IUB Ingenieur-Unternehmung AG
Filiale Olten
Unterführungsstrasse 49
4601 Olten

Projektleitung :
Anton Scheidegger
dipl. Arch FH / Raumplaner NDS/HTL

Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Niveaugleicher Zugang auch beim Bus

Infrastruktur

Wie muss eine Bushaltestelle für den niveaugleichen Zugang zum Bus konzipiert sein, damit sie durch eine Person im Rollstuhl oder mit Rollator autonom Befahrbar ist?

Welches Querschnittprofil muss die Halte- resp. Bordsteinkante aufweisen, damit ein nahes Heranfahren (Minimierung der Spaltbreite auf max. 7 cm) ohne Beschädigung der Karosserie möglich ist?

Fahrzeug

Welche Massnahmen sind fahrzeugseitig notwendig, um die Schnittstelle zwischen der Infrastruktur und der Eintrittskante des Fahrzeuges niveaugleich werden zu lassen?

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Zusammenfassung	3
	Tabellenverzeichnis	6
	Abbildungsverzeichnis	6
1.	Zusammenfassung	8
1.1	Infrastruktur	8
1.2	Busse	8
1.3	Fahrschulung	8
1.4	Werkstattarbeiten	8
2.	Kurzbegründungen des Lösungsvorschlages	14
2.1.	Infrastruktur	14
2.1.1.	Höhe der Bordsteinkante	14
2.1.2	Querschnittform der Bordsteinkante	14
2.2.	Busse	14
2.2.1	Einstellhöhe Kneeling 2. Tür	14
2.2.2	Höhenparallele Busunterkante zum Haltstellenniveau	14
3	Niveaugleicher Zugang auch beim Bussystem – warum?	15
3.1.	Niveaugleichheit	16
4	Manövrierfläche an der Haltestelle	17
5	Fahrzeugdaten	18
5.1	Fahrzeuglängen	18
5.2	Typenblätter und Fahrzeugbeschreibung	19
6	Realität der verkehrenden Busse	20
6.2	Einstiegshöhen	20
6.3	Busflotte von aar bus&bahn	21
6.4	Einstiegshöhenvariabilität eines Busses	24
7	Seitlicher Karosserieüberstand	25
8	Bodenfreiheit Überstreichbereiche	27
9	Haltestellenebenen	27
9.1	Quergefälle Busstandfläche und Fahrgastwartebereich	27
9.2	Änderung des Längsgefälles im Haltestellenbereich	27
9.3	Gefällswechsel vor und nach der Haltestelle	27
10	Technik der Höheneinstellung	28
11	Türen	30
11.1	1. Tür	30
11.2	2. Tür	30
11.3	Türsysteme	31

11.4	Tür mit Klapptritt	31
11.5	Tür mit Schiebetritt	31
12	Höhenreduktionen U.K. Karosserie	32
12.1	Pneuerschleiss	32
12.2	Beladung	32
12.3	Frontnicken infolge Bremsen	32
13	Anfahrt an Bordsteinkante	32
13.1	Anfahrverhalten der Chauffeure	32
13.2	Anlegehilfen	33
14	Realisierte Beispiele von niveaugleichen Schnittstellen	33
14.1	Dresden	33
14.2	Erfurt	34
14.3	Biel	34
14.4	Locarno	34
14.5	Euskirchen	34
14.6	Profilbeton	34
15	Auf dem Markt erhältliche Produkte	35
15.1	Railbeton	35
15.2	Profilbeton	35
16	<i>Handlungsbedarf</i>	36
16.1	<i>Infrastruktur</i>	36
16.2	<i>Busse</i>	36
	Anhänge	37
	Literaturverzeichnis	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 :	Haltestellenrelevante Höhenangaben von Bussen	19
Tabelle 2 :	Einstiegshöhen von verkehrenden Bussen verschiedener TU	20
Tabelle 3 :	aar bus&bahn; Einstiegshöhen und U.K. Verschleisschutz	23
Tabelle 4 :	Seitlicher Karosserieüberstand über Pneufanke	25
Tabelle 5 :	Türsystemdaten	31
Tabelle 6 :	Effektiv gemessene Werte von im Einsatz stehenden Bussen Messungen in Werkstätten ohne Fahrgäste	37
Tabelle 7 :	Effektiv gemessene Werte von im Einsatz stehenden Bussen Messungen im Linieneinsatz; Busse mit Fahrgästen	38
Tabelle 8 :	Fortsetzung Tabelle 7, Messungen im Linieneinsatz; Busse mit Fahrgästen	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 :	Bordsteinquerschnitte für niveaugleichen Zugang	9
Abbildung 2 :	Bus an Bordsteinkante, Front bis 2. Achse	10
Abbildung 3 :	Türlagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus 18 m und 18.75 m mit Zugang 2. Tür	11
Abbildung 4 :	Türlagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus 18 m und 18.75 m mit Zugang 2. und 3. Tür	12
Abbildung 5 :	Niveaugleiche Schnittstelle bei Tür 2 (Bus in Kneelingposition)	13
Abbildung 6 :	Einstiegshöhen 1. + 2. Tür, Kneelingposition	21
Abbildung 7 :	Analyse des Luftfedersystems; HESS-Scania; aar bus&bahn	22
Abbildung 8 :	Einstiegshöhenvariabilität	24
Abbildung 9 :	Karosserieüberhang der verschiedenen im Einsatz stehenden Produkte	26
Abbildung 10 :	Lage der Luftfederbälge bei HESS-Scania Bus	29
Abbildung 11 :	Türlagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus bis 18.75 m	30
Abbildung 12 :	Türlagevarianten 2. Tür	30

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen

1. Zusammenfassung

**Der niveaugleiche Zugang beim Busverkehr
bei der zweiten Tür ist machbar,
erfordert aber das Zusammenwirken aller Akteure
der Systemelemente des Busverkehrs.**

1.1 Infrastruktur

- Haltestelle am Fahrbahnrand oder Kaphaltestelle.
- Standardisierung der Höhe der Bordsteinkante im Bereich der 2. Tür mit $230 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ und der 1. Tür mit 180 mm , jeweils mit Sickenausbildung* auf Niveau $125 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.
- Standardisierung der Querschnittform der Bordsteinkante im Pneuoberührungsbereich.
- Vermeidung der Spurrinnenbildung auf der Standfläche.
- Im Bereich der Busstandfläche keine Gefällsänderung (weder Kuppen- noch Muldenbildung).

1.2 Busse

- Standardisierung der Höheneinstellung für die Kneelingpositionen bei der 2. Tür mit 50 mm über Niveau Bordsteinkante.
- die Karosserieunterkante von der Front bis zur 2. Achse muss in der Kneelingposition höhenparallel zur Haltekante verlaufen.
- Standardisierung der minimalen Höheneinstellung im Fahrbetrieb (Bodenfreiheit) für den Verschleisschutz im Frontbereich.

1.3 Fahrerschulung

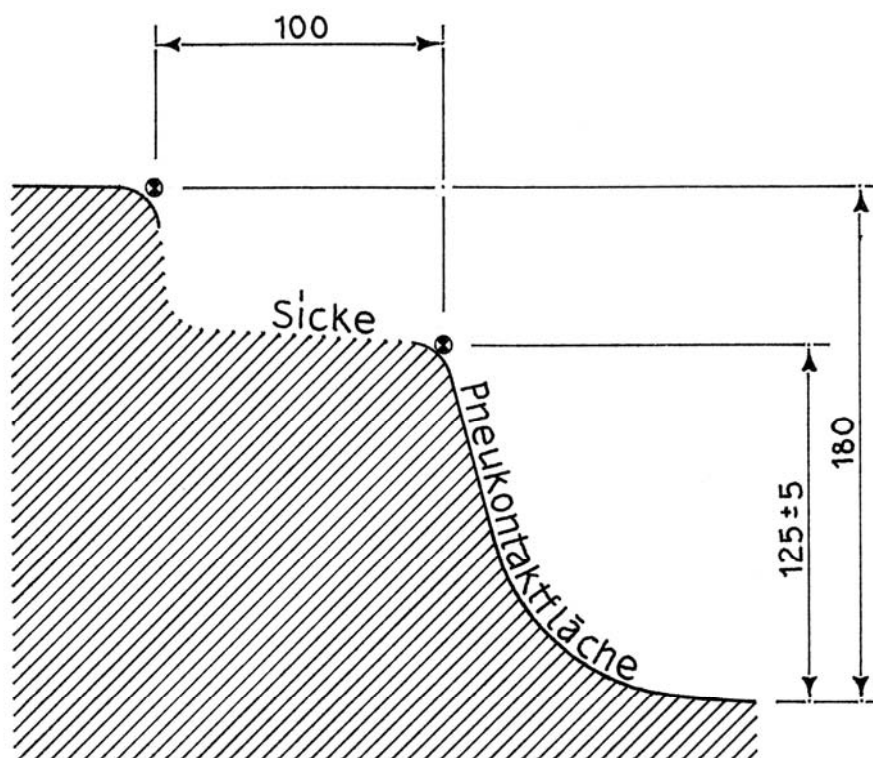
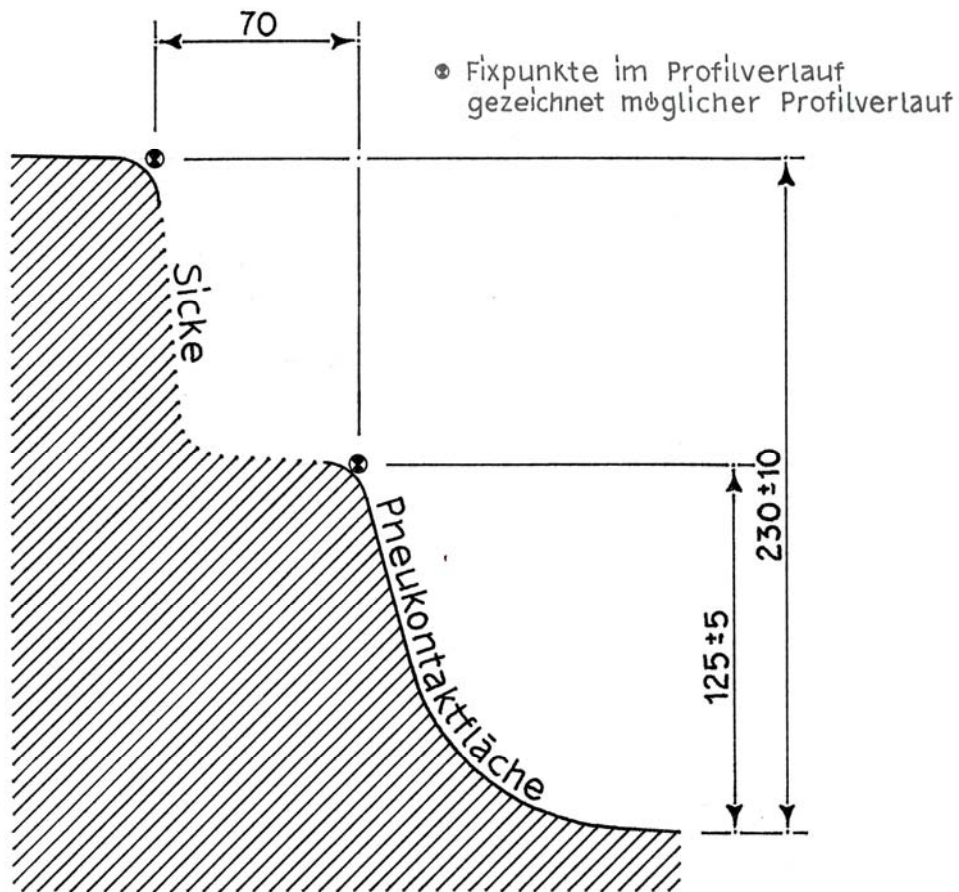
- Die Massnahmen im Bereich der Infrastruktur und der Busse kommen ohne entsprechend geschultes Fahren der Chauffeure nicht zum Tragen.

1.4 Werkstattarbeiten

- Eine periodische Kontrolle und allfällige Korrektur der Einstellungshöhen für die Kneelingposition ist notwendig.
- Über die hierzu notwendige Qualifikation sollte das Werkstattpersonal verfügen.

* **Sickenausbildung: Kehlung oben an der Bordsteinkante.**

Auf den folgenden Seiten sind die im Betrieb vorkommenden Türanlagen und die für den niveaugleichen Zugang notwendigen Basisquerschnittprofile der Bordsteinkante und deren Einsatz in der Länge der Busanlegekante dargestellt.



Querschnitt Qs 180/125

Abbildung 1 : Bordsteinquerschnitte für niveaugleichen Zugang

z:\lep-daten\projekte\planung\67.70748 forschungsprojekt hohe kantelbericht\bericht_iub_27-01-2011.doc

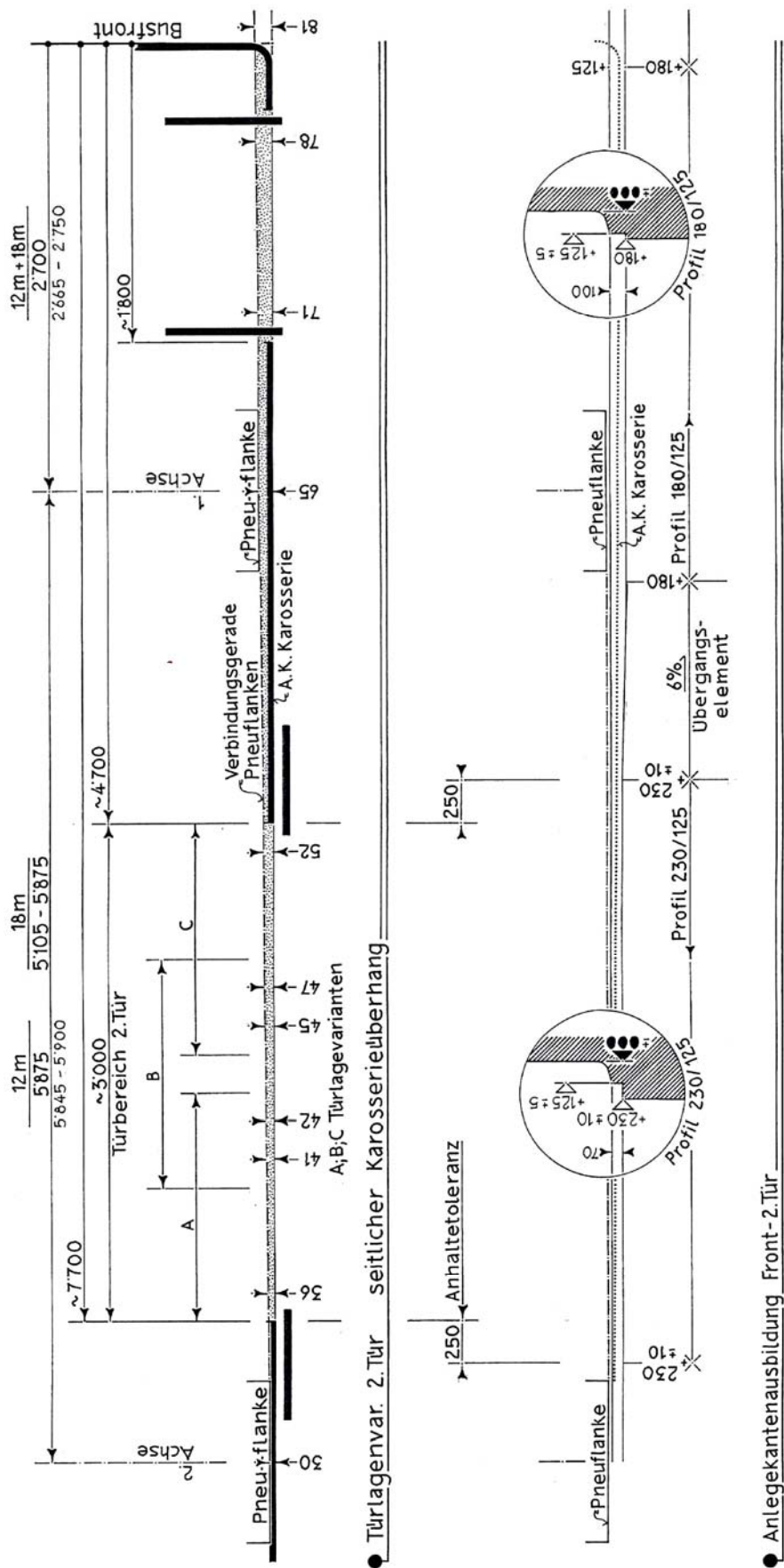


Abbildung 2 : Bus an Bordsteinkante, Front bis 2. Achse

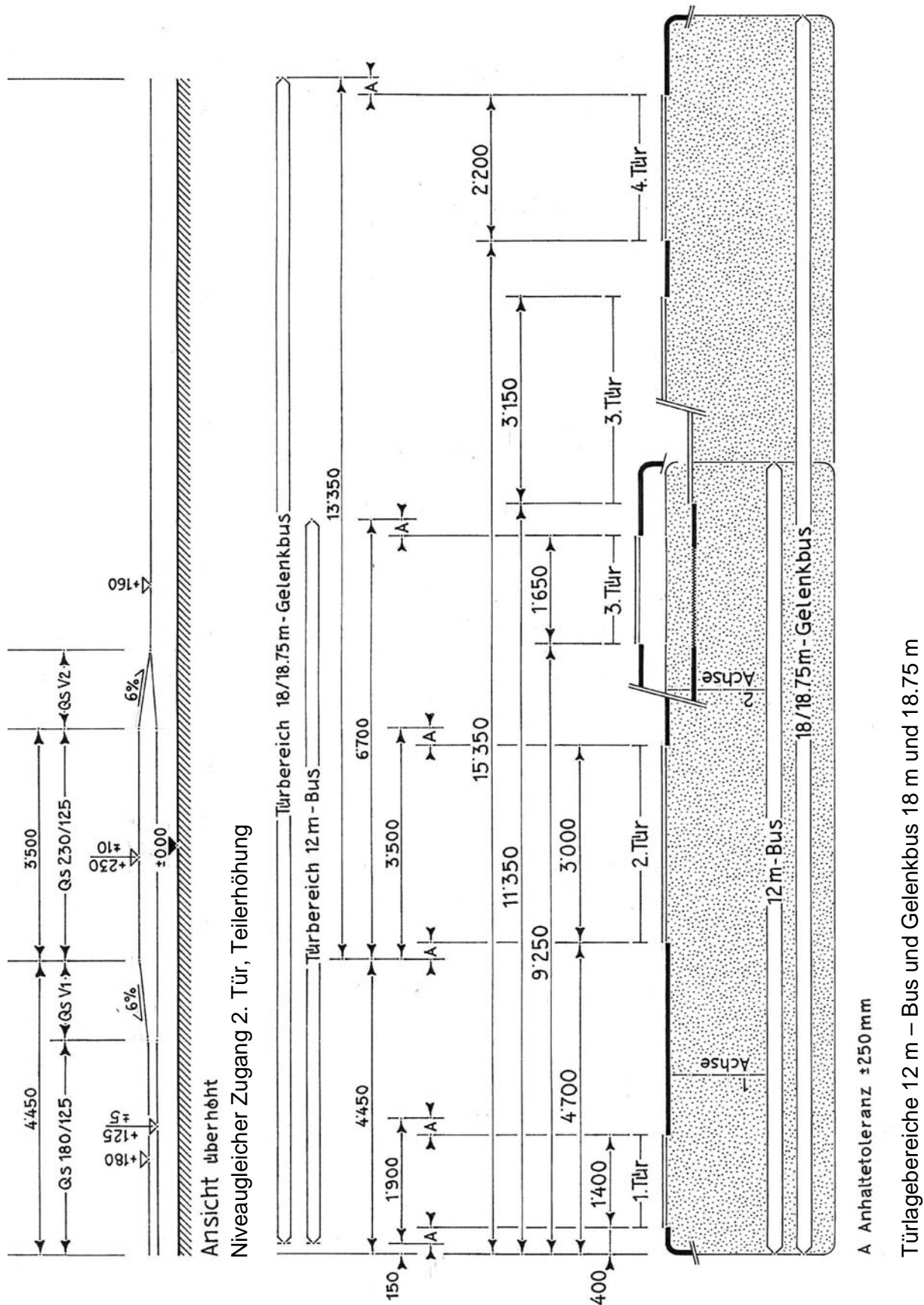
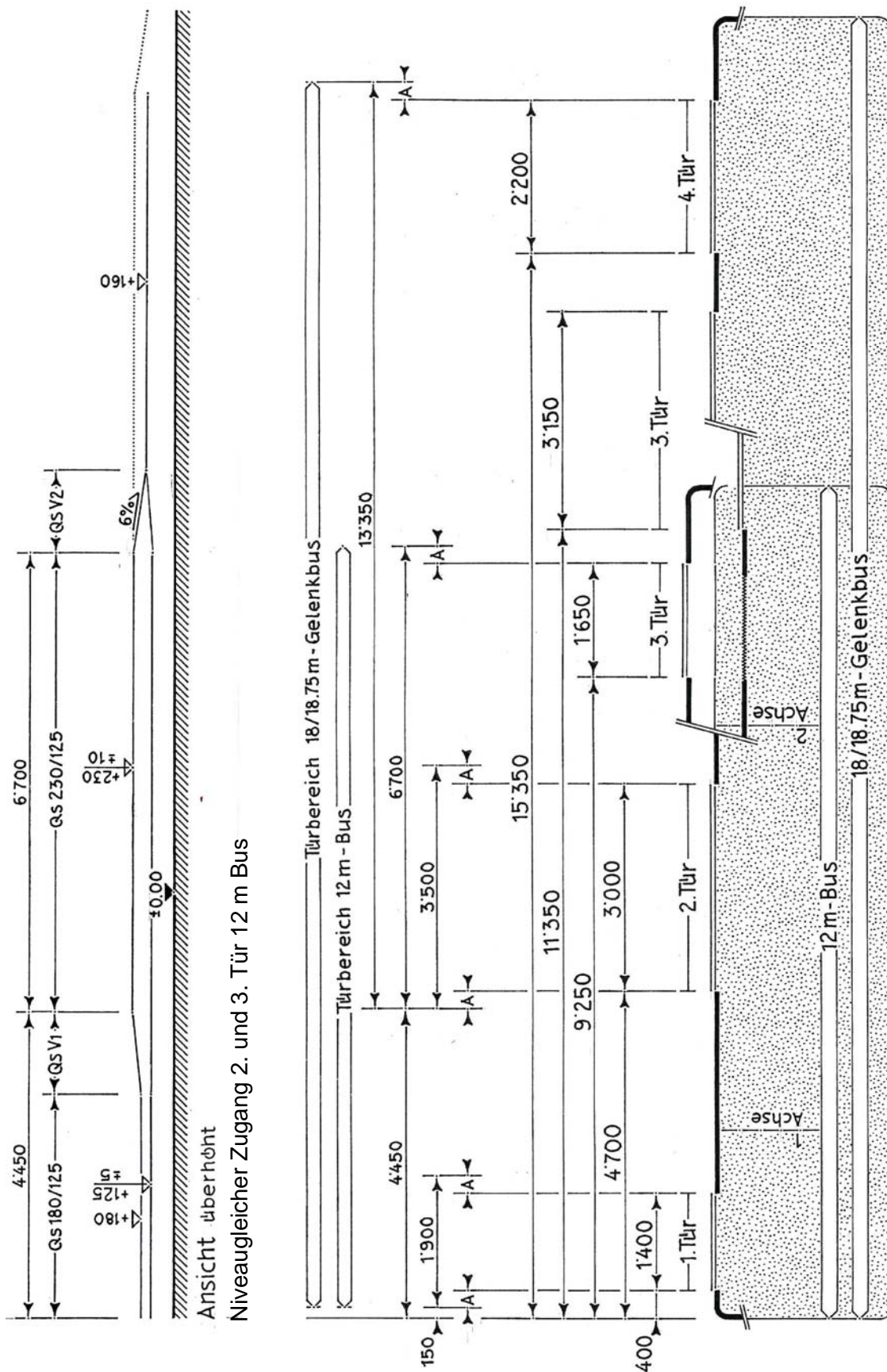


Abbildung 3 : Türlagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus 18 m und 18.75 m, mit Zugang 2. Tür

z:\lep-daten\projekte\planung\67.70748 forschungsprojekt hohe kantelbericht\bericht_iub_27-01-2011.doc



A Anhaltetoleranz ±250 mm
Türanlagebereiche 12 m – Bus und Gelenkbus 18 m und 18.75 m

Abbildung 4 : Türanlagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus 18 m und 18.75 m, mit Zugang 2. und 3. Tür

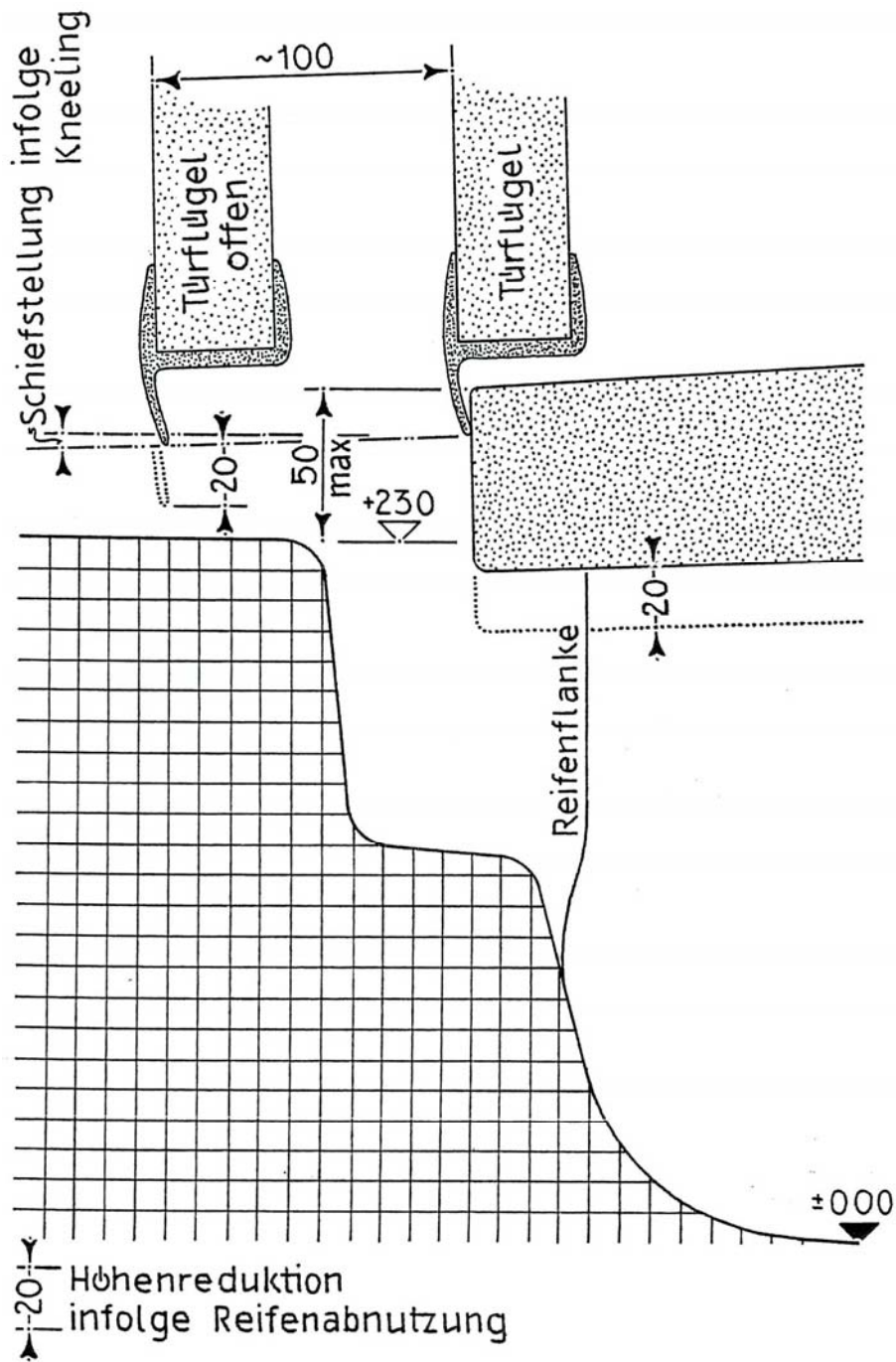


Abbildung 5 : Niveaugleiche Schnittstelle bei Tür 2 (Bus in Kneelingposition)

2. Kurzbegründungen des Lösungsvorschlages

2.1. Infrastruktur

2.1.1. Höhe der Bordsteinkante

Auf Grund der gemessenen realen Höhenwerte der 2. Tür für die Kneelingposition und Angaben der Busimporteure ist eine Einstiegshöhe von 28 cm \pm 1 cm für alle Busersteller machbar. Mit der maximal zulässigen Höhendifferenz von 5 cm für befahrbaren und somit als niveaugleich bezeichneten Rollstuhl- und Rollatorzugang ergeben sich die 23 cm \pm 1 cm als Höhe der Bordsteinkante gemessen ab Niveau der Busstandfläche. Die Toleranzgrösse von \pm 1 cm muss bei der Einstiegshöhe und der Bordsteinkante gleichlaufend sein. Wird die Einstiegshöhe um einen Betrag angehoben, so muss die Bordsteinkante um den gleichen Betrag angehoben werden. Bei Höhenreduktionen gilt die gleiche Regelung.

Für den Bereich der 1. Tür werden 18 cm empfohlen, um für den letzten Teil der Zufahrt ein Überstreichen zuzulassen.

2.1.2. Querschnittform der Bordsteinkante

Die Querschnittform muss ein touchierendes, aber reifenschonendes Fahren entlang der Bordsteinkante gestatten, d.h. der Gegendruck muss bereits durch die effektive Reifenlauffläche aufgebaut werden, denn in diesem Bereich tritt hauptsächlich Rollreibung mit erhöhtem Walkaufwand auf. Die Flankenberührung mit dem Pneuerschleissring darf nur eine sichernde Funktion mit geringem Anpressdruck aufbauen, da in diesem Bereich funktionsbedingt Gleitreibung stattfindet, und der Gummiabrieb im wesentlichen durch den Anpressdruck bestimmt wird.

Bis jetzt ist kein besseres Profil als dasjenige des Kasseler Sonderbordes und des Dresdner-Combibordes bekannt.

Eine Sickenausbildung ist zwingend. Die Querschnittform zwischen dem Ansatzpunkt in der Flanke und dem Ansatzpunkt auf der Warteebene muss nicht zwingend genau demjenigen des vorgeschlagenen Querschnittprofils folgen.

2.2. Busse

2.2.1. Einstellhöhe Kneeling 2. Tür

Siehe Begründung Infrastruktur

2.2.2. Höhenparallele Busunterkante zum Haltstellenniveau

Die mögliche Lage der 2. Tür erstreckt sich über einen Längenbereich von 3.00 m. Nur eine höhenparallele Busunterkante in der Kneelingposition und damit die gleich hoch bleibende Einstiegskante über den Längenbereich von 3.00 m garantieren für alle im Betrieb vorkommenden Türpositionen den niveaugleichen und Türunterkante schonenden Buszugang.

3 Niveaugleicher Zugang auch beim Bussystem – warum?

Gemäss VAböV ist für Personen im Rollstuhl und Personen mit Rollator (sind den Personen im Rollstuhl gleichgestellt) der Buszugang mittels:

- Personalbedienter Hublift bei Hochflurbussen,
- Personalbediente Rampe, Hilfestellung durch Personal notwendig, sei es als Kraftunterstützung oder Sicherheitsgewährleistung,
- Niveaugleicher Buszugang der keiner Personalhilfe bedarf zu gewährleisten.

Das **Bundesverwaltungsgericht** hat in den **Erwägungen** zu einem Entscheid festgehalten, dass Hilfestellung durch Dienstpersonal als eine Ersatzlösung im Sinne von Art. 12, Absatz 3 des BehiG zu betrachten ist.

Anzustreben ist die uneingeschränkte Autonomie ohne jegliche Hilfestellung durch Dritte - wo immer dies machbar ist.

Aber auch Aspekte, die sich nicht im geltenden Recht begründen sprechen für den niveaugleichen Buszugang. Hilfestellung benötigt auch für entsprechend ausgebildetes und geübtes Personal - in der Regel der Buschauffeur - Zeit, Zeit die die Fahrplaneinhaltung beeinträchtigen kann. Im „Vorrampenzeitalter“ war das Argument der gefährdeten Fahrplanstabilität das zentrale Argument gegen die Beförderung von Personen im Rollstuhl.

Im Weiteren ist zu beachten, dass die Rampenlösung das BehiG nur für den kleineren Teil der im Gehapparat beeinträchtigten Personen, nämlich den Personen im Rollstuhl, erfüllt. Für Personen mit Rollator stellen sowohl Rampen als auch Höhendifferenzen grösser als 50 mm kombiniert mit horizontalem Spalt Hindernisse dar. An dieser Stelle ist auf die zunehmende Lebenserwartung und der damit einhergehenden Zunahme der altersbedingt beeinträchtigten Personen hinzuweisen. Im Gefolge dieser demografisch/gesundheitlichen Entwicklung ist das zunehmende benützen des Rollators zu antizipieren. Bei Seniorinnen und Senioren findet dieses Hilfsmittel zunehmend Beliebtheit, ist es doch sowohl jederzeit zur Verfügung stehende Sitzgelegenheit als auch Gepäckkorb. Die BAV-Fachstelle für Mobilitätsfragen geht davon aus, dass in absehbarer Zukunft die Häufigkeit der Rollatoren im öffentlichen Raum und öffentlichen Verkehr mit denjenigen der Kinderwagen gleichziehen wird.

Der niveaugleiche Zugang zum öV wird inskünftig eine bedeutende Rolle in der Mobilitätserhaltung älterer Menschen spielen.

Im Eisenbahn-, S-Bahn- und –Regionalverkehr, unabhängig von der Spurweite sowie im Tramverkehr ist der niveaugleiche Zugang bereits heute vielerorts Realität, und mittlerweile als Zielsetzung auch unbestritten, und sollte bis Ende 2023 (Anpassungsfrist gemäss BehiG) mehrheitlich flächendeckend realisiert sein.

Das Postulat des niveaugleichen Zugangs zum Bus wurde auf europäischer Ebene bereits im Schlussbericht COST 322 „Niederflurbusse“ aus dem Jahre 1995 gefordert:

„Bei der Entwicklung des Niederflurbussystems sollten jedoch alle Anstrengungen dahin gehen, sowohl den horizontalen als auch den vertikalen Zwischenraum so klein wie möglich zu halten, damit Rollstuhlfahrer ohne Sonderausstattungen in den Bus ein- und wieder aussteigen können.“

3.1. Niveaugleichheit

Niveaugleichheit im öffentlichen Verkehr bedeutet nicht, dass die Eintrittskante des Fahrzeuges auf der genau gleichen Höhe sein muss wie die Halte- resp. Bordsteinkante.

Niveaugleichheit bedeutet:

Die Schnittstelle Perronkante – Fahrzeug muss durch eine Person im Rollstuhl oder mit Rollator autonom befahren werden können.

Die **VAböV** haben in Art.14, Absatz b den Begriff Niveaugleichheit quantifiziert:

- eine Niveaudifferenz und Spaltbreite von maximal je 5 cm, oder
- eine Niveaudifferenz von maximal 3 cm und eine Spaltbreite von maximal 7 cm.

Diese Werte sind bei der konstruktiven Gestaltung nachzuweisen.

Der **VDV** (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) quantifiziert wie folgt: anzustreben sind:

- Niveaudifferenz ≤ 5 cm und eine Spaltbreite ≤ 5 cm
- Maximalwerte, die von Rollstuhlbenutzern mit Erschwernissen* bzw. mit Hilfe Dritter überwindbar sind:
 - Niveaudifferenz ≤ 5 cm und Spaltbreite ≤ 10 cm, oder
 - Niveaudifferenz ≤ 10 cm und Spaltbreite ≤ 5 cm.
- * Welcher Art die Erschwernisse sind, oder welche Hilfe Dritte leisten müssen, wird nirgends beschrieben.

Umfangreiche Versuche der **Schweizerischen Fachstelle „Behinderte und öffentlicher Verkehr“** mit verschiedenen Testpersonen und verschiedenen Rollstühlen haben gezeigt, dass die **maximal in einem Absatz befahrbare Höhendifferenz 5 cm beträgt, und dass Spaltbreiten bis maximal 10 cm befahrbar sind.**

16 europäische Sachverständige der COST 322 Arbeitsgruppe wagten 1995 eine Schätzung über die zukünftige Abmessung der Niveaudifferenz (Δh) und der Spaltbreite (Δs). Δh 37 bis 61 mm und Δs 18 bis 66 mm.

4 Manövrierfläche an der Haltestelle

Die VAböV schreibt in Art. 12 die Abmessungen der Rollstuhleinfahrtsflächen vor. Vorgeschrieben ist eine Tiefe von mindestens 140 cm. Können auch Rollstühle mit kuppelbaren elektrischen Antriebsgeräten oder Behinderten-Elektroscooter mitgeführt werden, so erhöhen sich die 140 cm auf 200 cm. Zu diesen Massen ist, wenn der Zugang nicht niveaugleich konzipiert ist, die Länge der Rampe (in der Regel 90 cm) dazuzurechnen. D.h. die Rollstuhleinfahrtsfläche muss dann eine Tiefe von 230 cm resp. 290 cm betragen. Diese geforderten Mindesttiefen können häufig nicht realisiert werden. Die vorhandene Situation aber die Einfahrtsflächentiefe ohne Rampenauslegung ermöglichen würde.

Die vorher aufgeführten Tiefen sind vor dem möglichen Bereich der zweiten Bus-tür vorzusehen. Die Länge dieses Bereiches beträgt 300 cm. Mit Berücksichtigung der Anhaltetoleranz von ± 25 cm ergibt sich eine Totallänge von 350 cm.

5 Fahrzeugdaten

5.1 Fahrzeuglängen

Nach der schweizerischen Strassenverkehrsordnung sind folgende Fahrzeuglängen zulässig:

- bis 13.5 m, starrer Bus 2-achsig
die heute verkehrenden 2-achsigen Busse haben in der Regel eine Fahrzeuglänge von 12 m (*).
- bis 15.0 m, starrer Bus mit 3 und mehr Achsen
- bis 18.75 m Gelenkbus 3-achsig
mit Spezialbewilligung
- bis 25 m
 - Gelenkbus mit mehr als 3 Achsen
 - Doppelgelenkbus
 - Anhängerzug

(*) Die Firma HESS hat einen 2-achsigen Diesibus mit einer Fahrzeuglänge von 13.2 m im Angebot.

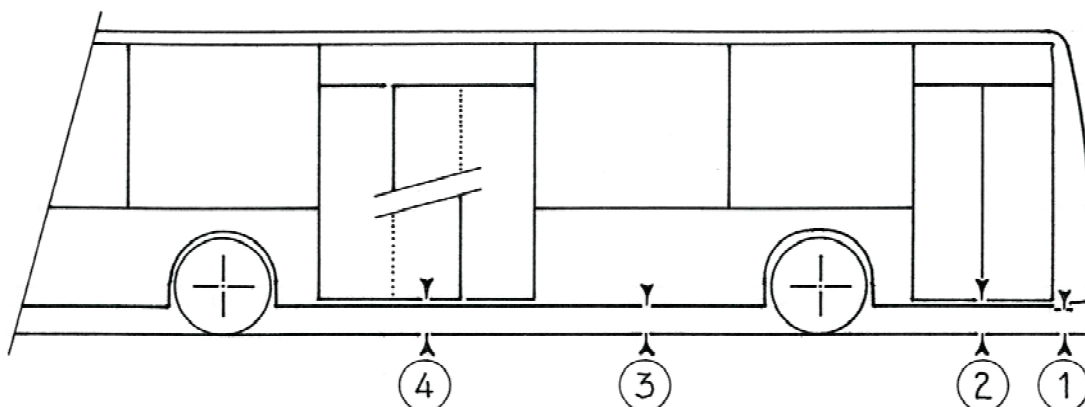
Für die Betrachtung der Machbarkeit des niveaugleichen Buszuganges wird nur das Verhalten der 1. und 2. Tür eines Busses zur Haltekante berücksichtigt, d.h. von der Busfront bis zur 2. Achse von 12 m starren Bussen und 18.75 m Gelenkbussen. Bei diesen Buskonzepten sind die massgeblichen Abmessungen bis zur 2. Achse in etwa gleich.

Starre Busse von 12 m bis 13.5 m oder 15 m haben einen grösseren Radstand zwischen der 1. und 2. Achse, so dass die zweite Tür weiter nach hinten rücken kann.

Türen nach der 2. Achse sind bezüglich Abstand zur Haltekante und ihrer Höhenlage kaum, und beim Gelenkbus eigentlich nicht mehr unter Kontrolle zu bringen.

5.2 Typenblätter und Fahrzeugbeschreibung

Von den einzelnen Busherstellern und deren Bustypen sind Typenblätter und Fahrzeugbeschreibungen erhältlich, die einige Daten enthalten die für die Planung der niveaugleichen Haltestelle relevant sind, aber leider ein wichtiges Element irreführend oder sogar falsch angeben. Es betrifft die Unterkante der Karosserie. Diese reduziert sich oft schon nach einigen Zentimetern ab A.K. Karosserie um bis zu 10 mm.



	Einstieg		Karosserie		
	O.K. 1. Tür	O.K. 2. Tür	U.K. gemäss Typenblatt	U.K. eigene Messungen	U.K. Verschleiss- schutz
Fahrzeugmarke /-typ					
MAN NL 313 / NG 353	320	340	280		240
Solaris Urbino	320				
Mercedes-Benz O 530 / O 530 G	320	340	273		
Neoplan N 4516	320	340	280		
HESS Scania N 94 UB	327	327	275	265	
HESS Volvo B7L / B7LA	327	327	275	265	245
Van Hool AG 300	330	330			
Volvo 7700	320	340	275	270	
irisbus Agora Line	320	320			
Messposition	2	4	3		1

kursiv: eigene Datenerhebung

Tabelle 1 : Haltestellenrelevante Höhenangaben von Bussen

Angaben zu einem allfälligen Verschleisschutz im Frontbereich finden sich in keinem Typenblatt. Er wird auch nicht bei allen Herstellern angebracht. Für den Planungsprozess empfehlen wir den Verschleisschutz der MAN-Produktfamilie, der werkseitig mit einer Höhe von 40 mm angegeben wird, einzurechnen. Dieser Wert wird durch eigene Messungen bestätigt.

Auch wenn kein Verschleisschutz montiert ist, so ist ein solcher bei der Beurteilung der Überstreichbodenfreiheit hypothetisch zu berücksichtigen, weil Tragholme des Fahrzeugbodens die bezeichnete Unterkant der Karosserie unterschreiten können, und die Interoperabilität der verschiedenen Fahrzeughersteller gewährleistet werden muss.

Die Bodenfreiheit des frontalen Verschleisschutzes ist das zentrale Element bei der Beurteilung der Frontüberstreichfähigkeit.

6 Realität der verkehrenden Busse

6.2 Einstiegshöhen

Die Daten der Typenblätter und Fahrzeugbeschreibungen vermitteln ein recht homogenes Bild der theoretischen Daten. Die Realität zeigt dann, dass die Mittelwerte im Bereich der theoretischen Angaben liegen, dass sich die Mittelwerte aber aus einem grossen Streubereich ergeben. Die Verteilung des Streubereiches folgt nicht einer Gauss-Kurve.

In der Tabelle wird unterschieden nach: Messungen in Werkstätten und Messungen auf Linie. Diese zwei Messungsarten unterscheiden sich nach der Zuladung. Messungen in Werkstätten sind reine Tara-Messungen, d.h. ohne Fahrgäste. Messungen auf der Linie sind Fahrzeuge mit Passagieren. Die Mittelwerte unterscheiden sich nur unwesentlich.

	Anzahl Messungen	1.Tür			2. Tür		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Mittelwert	Maximum	Minimum
Messungen in Werkstätten *	14						
Fahrstellung		293	368	329	356	376	316
Kneelingstellung		221	296	257	293	338	259
Messungen auf Linie *	38						
Kneelingstellung		209	317	255	284	364	251
Fahrstellung		295	209	327	350	375	327

Total Werkstätten und Linie

Fahrstellung	52	293	368	328	352	376	251
Kneelingstellung	52	209	317	256	286	364	251

aar bus&bahn HESS-Scania *

Fahrstellung	5			338	328		
Kneelingstellung	5			206	239		

* Die Werte der einzelnen Fahrzeuge siehe Tabellen im Anhang

Tabelle 2 : Einstiegshöhen von verkehrenden Bussen verschiedener TU

In der Zusammenstellung der Messwerte der verschiedenen Transportunternehmungen sind diejenigen von aar bus&bahn nicht enthalten, weil deren Höhen in der Kneelingstellung sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Tür mit ca. 50 mm nach unten signifikant von den Messwerten der übrigen TU abweicht. In der folgenden Abbildung sind die Einstiegshöhen der 1. und 2. Tür in der Kneelingposition sowie deren Häufigkeitsverteilung der 52 gemessenen Fahrzeuge (ohne aar bus&bahn) dargestellt. Die Linien verbinden die Einstiegshöhen eines gemessenen Busses. Im Weiteren ist ersichtlich, dass der Streubereich der Einstiegshöhen bei der 1. Tür wesentlich grösser ist als bei der 2. Tür.

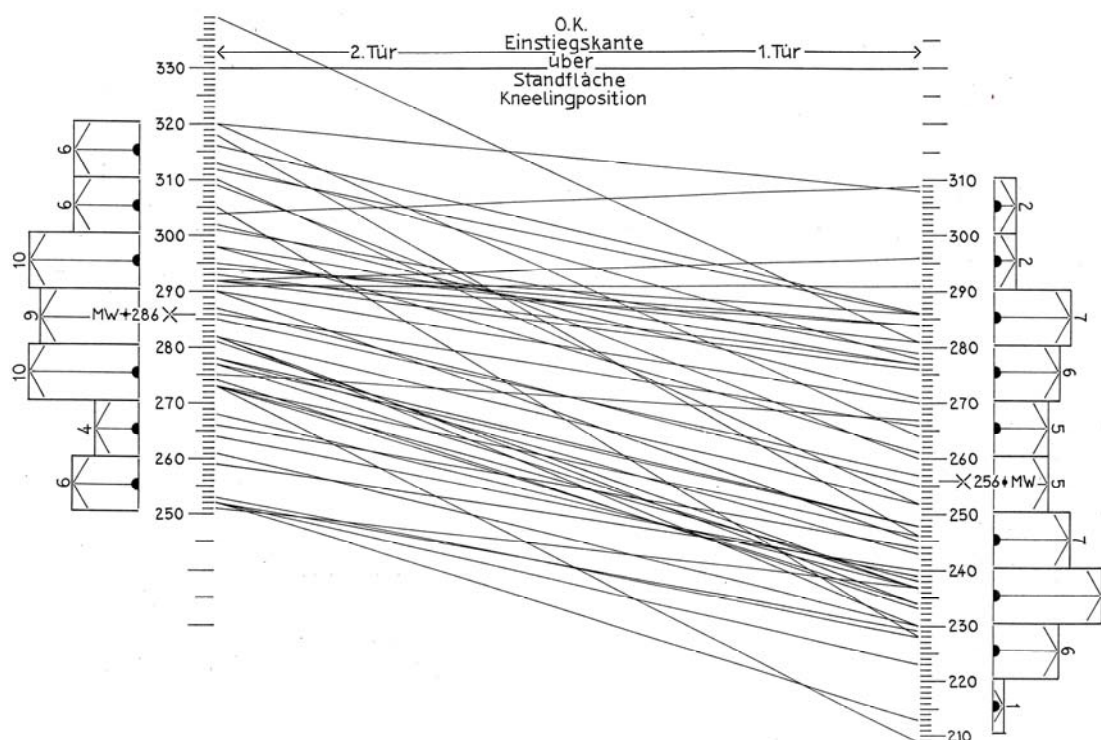
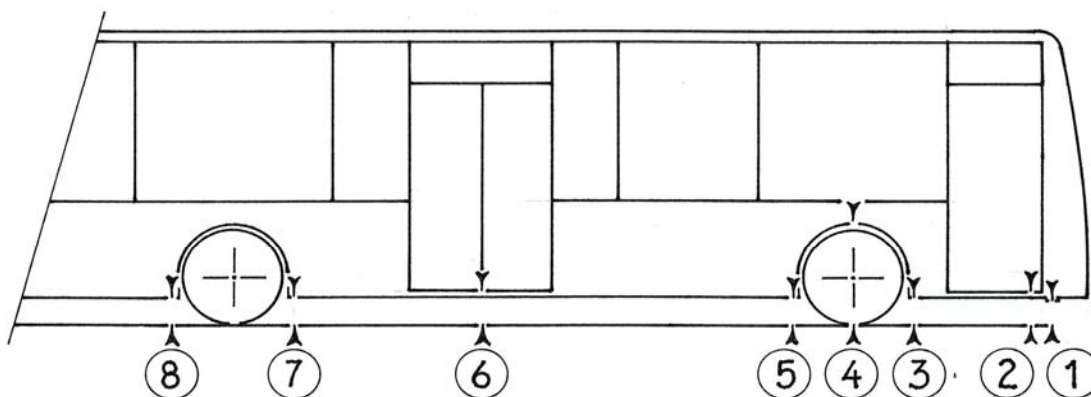


Abbildung 6 : Einstiegshöhen 1. + 2. Tür, Kneelingposition

6.3 Busflotte von aar bus&bahn

Diese Busflotte hat in den Kneelingpositionen bei der 1. und 2. Tür wesentlich geringere Höhen als die andern Flottenmessungen. Dabei ist zu beachten, dass der vordere Überhang dieser Busse aus Gründen der Manövrierfähigkeit um ca. 500 mm auf ca. 2'200 mm gekürzt wurde. Konkret bedeutet dies, dass bei einem üblichen vorderen Überhang von ca. 2'700 mm die jetzt schon tiefen Werte noch tiefer würden.



Höhen über Boden	Pos. 1		Pos. 2		Pos. 3		Pos. 4		Pos. 5		Pos. 6		Pos. 7		Pos. 8	
	JK Karosserie Verschleisschutz		OK Einstieg VK 1. Tür		JK Karosserie vor 1. Achse		JK Karosserie Mitte 1. Achse		JK Karosserie nach 1. Achse		OK Einstieg Mitte 2. Tür		JK Karosserie vor 2. Achse		JK Karosserie nach 2. Achse	
Fahrposition	252		312		275		979		271		324		264		265	
	134	110	130	107	120	100	96	883	94	100	81	79	64	56	46	46
Kneeling	118	110	182	107	155	100	883	94	171	81	245	64	208	46	219	37
Notlauf		142		205		175		885		190		260		218		228

Notlauf = keine Luft in den Luftfederbälgen

kursiv Höhendifferenzmass

Die absoluten Höhenmasse sind mit Vorsicht zu behandeln, da der Boden einen Gefällswechsel aufwies

Man beachte

Sowohl das Höhendifferenzmass zwischen Fahrposition und Kneeling als auch dasjenige zwischen Fahrposition und Notlauf nehmen von vorne nach hinten ab

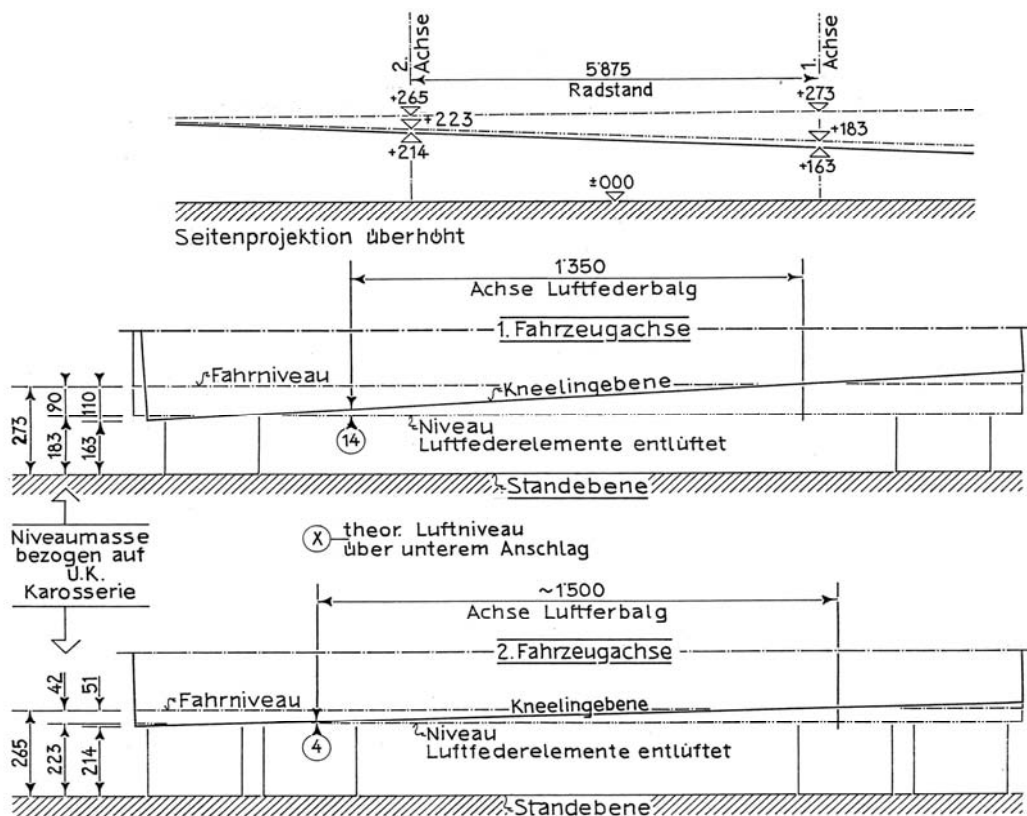
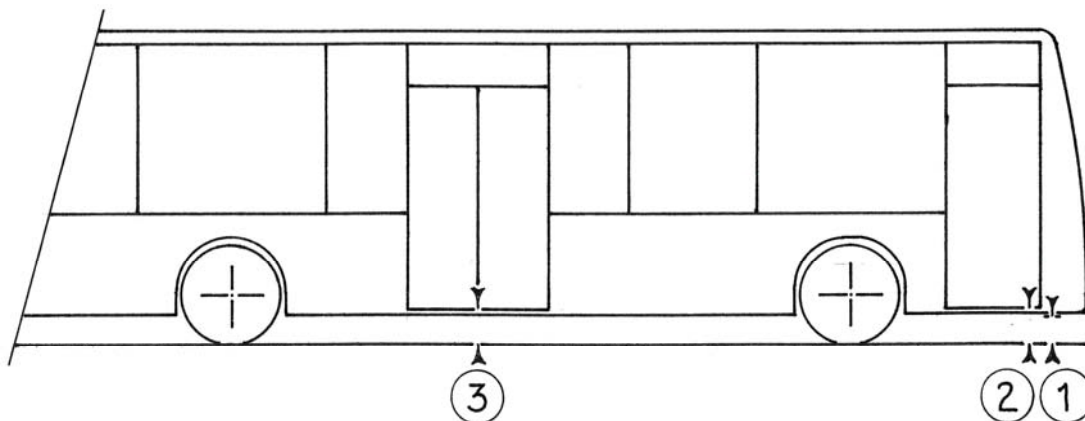


Abbildung 7 : Analyse des Luftfedersystems; HESS-Scania; aar bus&bahn



Bus Nr.	1. Tür			2. Tür			Verschleisschutz		
	O.K. Einstieg über Fahrbahn		Kneelingmass	O.K. Einstieg über Fahrbahn		Kneelingmass	U.K. über Fahrbahn		Kneelingmass
	Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung	
167	330	210	120	326	242	84	269	150	119
176	353	206	147	342	240	102	292	138	154
166	339	202	137	323	235	88	273	131	142
163	325	199	126	321	240	81	267	142	125
170	344	213	131	326	237	89	284	148	136
Mittelwert	338	206		328	239		277	142	
Maximum	353	213		342	242		292	150	
Minimum	325	199		321	235		267	131	
Messposition	2			3			1		

Tabelle 3 : aar bus&bahn; Einstiegshöhen und U.K. Verschleisschutz

Es gibt Indizien, dass die Einstiegshöhen der 2. Tür das System der Luftfederung ziemlich ausgereizt haben, bei der 1. Tür der entsprechende Luftbalg aber noch weiter entleert werden könnte.
 Siehe folgende Seite.

6.4 Einstiegshöhenvariabilität eines Busses

Bei den bisher aufgeführten Messungen der Einstiegshöhen bei der 1. und 2. Tür eines Busses handelt es sich um momentane Einzelmessungen. Fortlaufende Messungen an nacheinander folgenden Haltestellen zweier Busse mit notabene gesperrtem Kneeling (tpg) haben gezeigt, dass die Einstiegshöhen recht grossen Schwankungen unterliegen. In der folgenden Abbildung sind zwei Volvo 7000 Busse aus einer identischen Auslieferungsserie aufgeführt. Zum Teil betragen die Schwankungen nur wenige Millimeter, die sich teilweise aber aufsummieren. Es finden sich aber auch Einzelwerte im Bereich von ca. 400 mm.

In der Grafik ist vor allem auffällig, dass zu Beginn der jeweiligen Messreihe grosse Höhendifferenzsprünge stattfinden. Eine schlüssige Erklärung für die beachtliche Variabilität der Einstiegshöhen an jeweils einem einzelnen Bus liegt noch nicht vor. Sie muss aber wohl in erster Linie im System der Luftfederung und deren Steuerung gesucht werden.

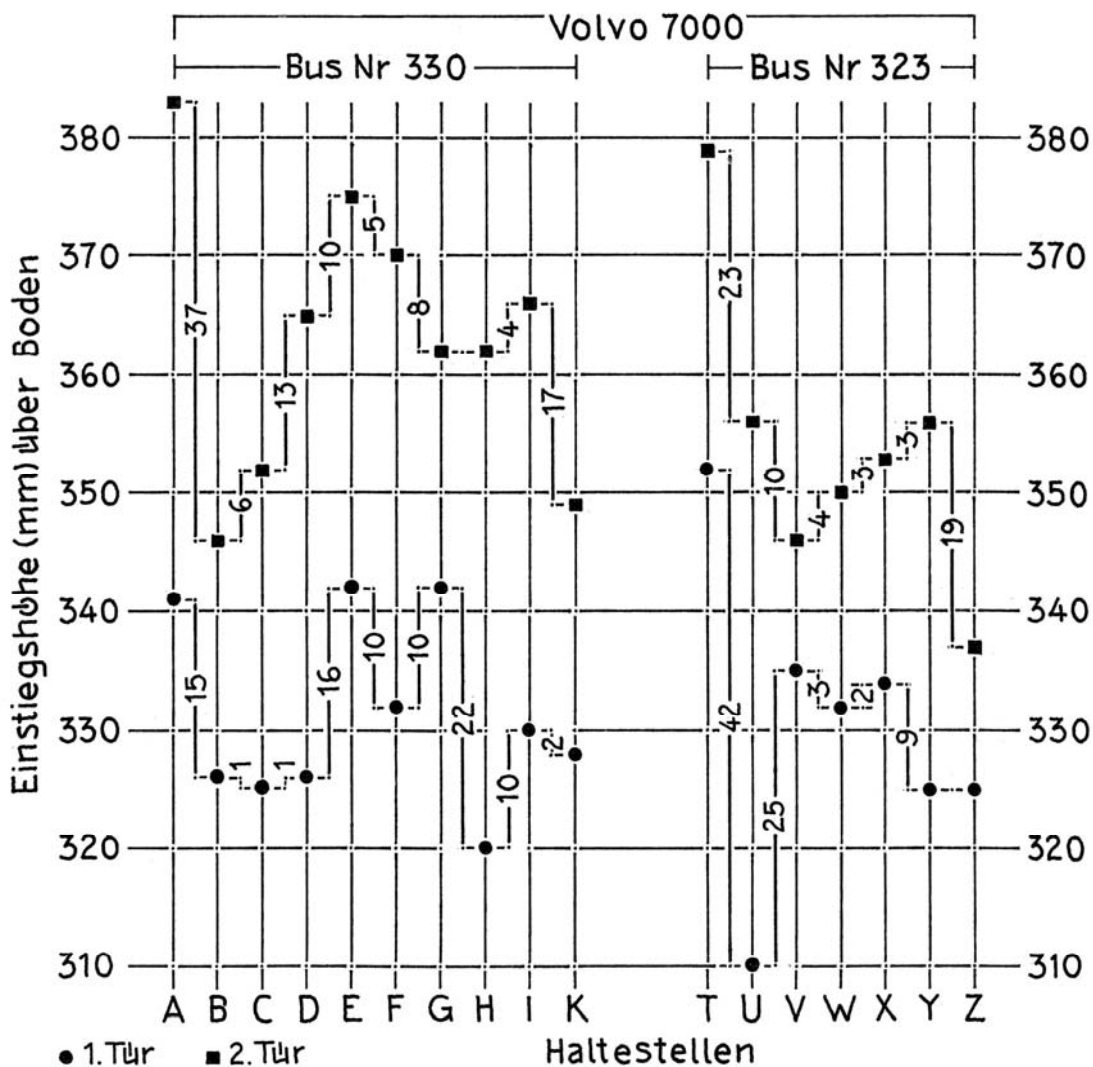


Abbildung 8 : Einstiegshöhenvariabilität

7 Seitlicher Karosserieüberstand

Der seitliche Karosserieüberstand ist das bestimmende Element für die Ausbildung der Sicke. Die Werte sind werkspezifisch und müssen wohl als eine kurzfristig unveränderliche Grösse angenommen werden. Je grösser die Differenz zwischen dem Wert der 1. Achse und der 2. Achse ist, desto grösser wird der Winkel zwischen der Karosserieflanke und der Flucht der Anlegekante, und damit die Variabilität der theoretischen Spaltbreite als Funktion der Türlagevarianten. Eine Vereinheitlichung oder zumindest gegenseitige Annäherung wäre dem Projekt zudienend.

Für die Konzeption des Anlegekantenquerschnittes weisen die Produkte der HESS-Scania-/Volvo, Volvo und MB Citaro erhebliche Abweichungen nach oben auf. Bei MB Citaro geht eine Entwicklung nach Reduktion der Werte. Bei den Volvo-Chassis ist nach Auskunft von Herr J. Zeugin, Project Engineer Bus bei Volvo Schweiz in den nächsten drei Jahren noch keine Änderung zu erwarten. Die Firma HESS kann auf Chassis mit breiterer Fahrspur aufbauen.

	12m-Busse						18m-Busse						Zeichnung	
	MAN NL 313	Solaris Urbino	Van Hool A 330 CNG	Volvo HESS B7L	MB Citaro O 530	Scania HESS N 94 UB	Van Hool New Ag 300	MAN NG 353	Volvo 7000	MB Citaro O 530 G	MB Citaro O 530 G	Volvo HESS B7LA		HESS BGT N2C
1. Achse	64	63	78	71	77	90	64	63	90	66	84	84	87	65
1.-2 .Achse	34	29	44	44	33	45	36	27	51	30	35	42	37	35
2. Achse	30	34	34	27	44	45	28	36	39	36	49	42	50	30
Δ Front	80	76	98	91	92	111	81	75	114	80	100	103	104	81

Tabelle 4 : Seitlicher Karosserieüberstand über Pneulanke

Die gemessenen seitlichen Karosserieüberstände über dem Pneulankeverschleissring bei der 1. und 2. Achse unterliegen Toleranzen, deren Einzelwerte im Bereich der Fahrzeugfabrikation in einem kleinen Millimeterbereich liegen. Für die Pneubreite der verschiedenen im Einsatz stehenden Produkte liegen keine zuverlässigen Messwerte vor, es ist aber bekannt, dass die Breite mit zunehmender Laufleistung infolge der Walkarbeit zunehmen kann. Wirklich bekannt ist der Abnutzungsbereich des Pneulankeverschleiss von 4.5 mm. Diese Grösse wird mittels eines Verschleissindikators sichtbar gemacht.

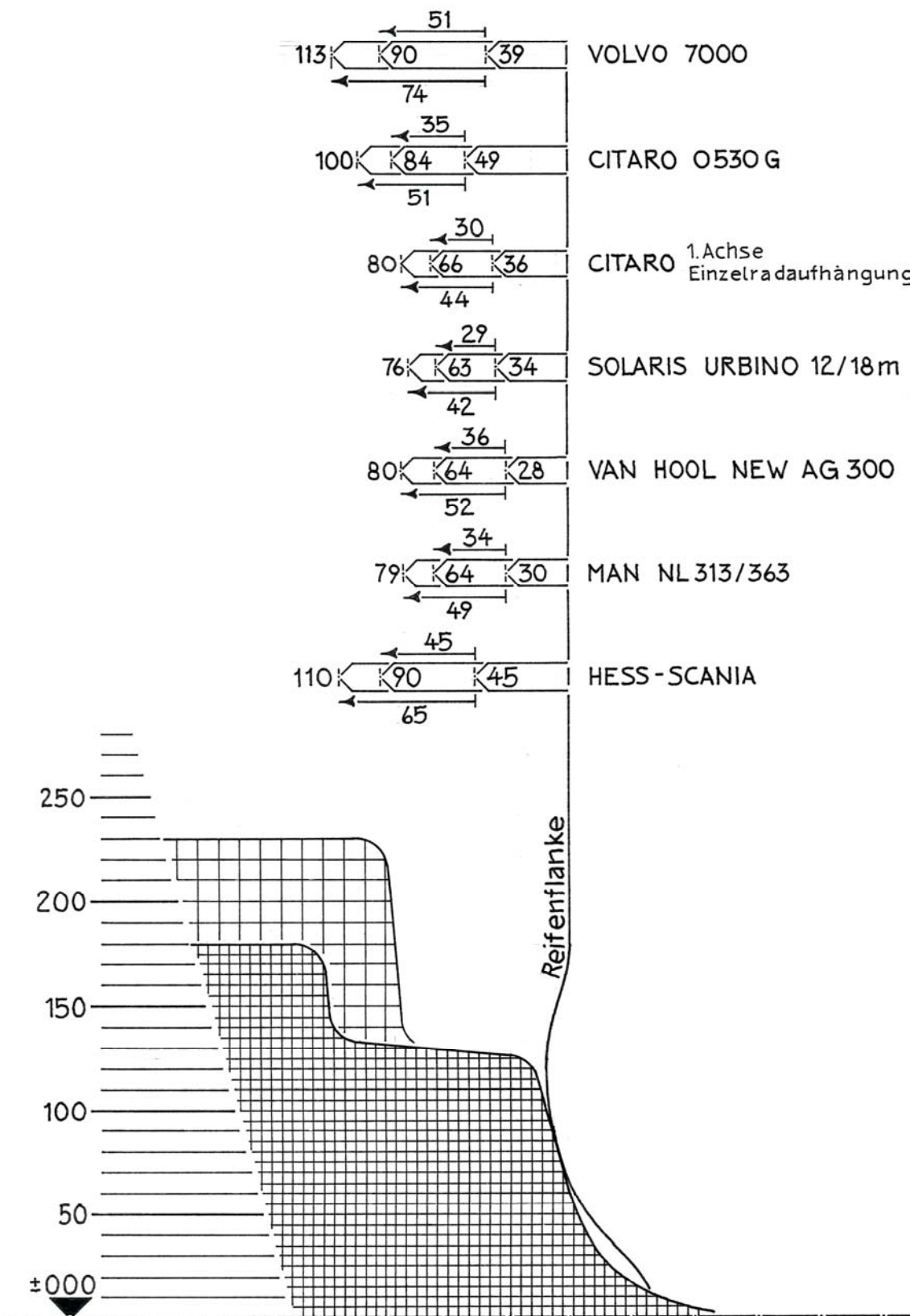


Abbildung 9 : Karosserieüberhang der verschiedenen im Einsatz stehenden Produkte

z:\lep-daten\projekte\planung\67.70748 forschungsprojekt hohe kante\bericht\bericht_iub_27-01-2011.doc

8 Bodenfreiheit Überstreichbereiche

Dieser Aspekt beeinflusst die Möglichkeit des Bereiches, der bei der Zu- und Wegfahrt mit dem Front- oder dem Heckbereich überstrichen werden kann. Bedingt durch den frontalen Verschleisschutz ist in der Regel der Frontbereich kritischer als der Heckbereich.

Gemäss Tabellenblatt 1 weist die Bodenfreiheit beim Verschleisschutz 240 mm auf. Diese Mass reduziert sich infolge Pneuverschleiss um 20 mm auf noch 220 mm. Wird die statische Radiusänderung des Reifen infolge Beladung nicht kompensiert, sind mindestens weitere 10 mm zu subtrahieren. Und nicht zu vergessen 35 mm - um diese Grösse kann die Front infolge einer abrupten Bremsung einnicken, womit noch eine Bodenfreiheit von 175 mm verbleibt.

Damit findet sich auch eine Erklärung, warum bei einer Bordkantenhöhe von 180 mm es zu einigen Karosserieberührungen gekommen sein soll.

In diesen Überlegungen sind die Höhentoleranzen die von Haltestelle zu Haltestelle auftreten können, noch nicht berücksichtigt. Im Kapitel 6.4 wird auf diesen Aspekt näher eingetreten.

Im Kapitel 10 „Technik der Höheneinstellung“ wird dargelegt, dass die in Tabelle 1 aufgeführten Höhen um maximal 20 mm angehoben werden können. Der Nutzen einer solchen Anhebung der Grundeinstellung ist aber marginal. Man könnte verleitet werden, die Überstreichfähigkeit als wesentlich verbessert zu betrachten. Macht man aber die obigen Abzüge, so ist ersichtlich, dass auch mit einer Anhebung die Zonen der niveaugleichen Zugangsebenen nicht überstrichen werden dürfen.

9 Haltestellenebenen

9.1 Quergefälle Busstandfläche und Fahrgastwartebereich

Vorsicht ist geboten, wenn beide Quergefälle in Richtung der Schnittstelle weisen. Unmittelbar gefährdet ist nicht die Karosserieunterkante sondern die Türunterkante, im speziellen von Aussenschwingtüren, die bei ihrem Auf- und Zuschwingvorgang die Karosserieaussenkante um bis 300 mm überragen können.

9.2 Änderung des Längsgefälles im Haltestellenbereich

Eine Längsgefällsänderung darf im Bereich der Busstellfläche nicht stattfinden, da ansonsten die Einstiegshöhen bei den Türen geometriebedingt von den Sollwerten nach oben bei Senken und nach unten bei Kuppen abweichen.

9.3 Gefällswechsel vor und nach der Haltestelle

Ist mit Überstreichvorgängen bei der Zu- oder Wegfahrt zu rechnen, so sind Gefällswechsel in die Beurteilung der zulässigen Höhe der überstrichenen Zonen zu berücksichtigen.

10 Technik der Höheneinstellung

Die Vertreter der angefragten Busimporteure der Schweiz (MAN, Mercedes und Volvo) reagierten auf eine schriftliche Anfrage nicht, oder mit teilweise offensichtlich falschen Angaben (MAN), so dass über die minimal mögliche Kneelinghöhe-einstellung, die von allen Herstellern erreicht werden kann, keine Aussage gemacht werden kann.

Trotz dieser Auskunftsverweigerung war es dank Herr Äbischer von der Firma WABCO, Herr Gisler von der Firma Carrosserie HESS AG und dem Werkstattchef Herr Braun von aar bus&bahn möglich, etwas Transparenz in die „Geheimnisse“ der elektronischen Luftfederung zu bringen.

Betrachtet man den grossen Streubereich der gemessenen Einstieghöhen bei den Türen in der Fahrposition als auch in der Kneelingposition:

- 1. Tür von 209 mm bis 317 mm
- 2. Tür von 251 mm bis 364 mm

so ist ersichtlich, dass die

Höhenregulierung der Kneelingposition

das
zentrale Systemelement
für den
niveaugleichen Buszugang
ist

Dabei ist die gewählte Höhe der Fahreinstellung für diesen Aspekt nicht von Bedeutung, es sei denn die Höhe der Kneelingposition wird als Differenzmass zur Fahrposition programmiert.

In den folgenden Ausführungen wird das System näher beschrieben.

Die Federung in Niederflurbussen ist als Luftfederung mit hydraulischen Stossdämpfern ausgeführt. Durch die Erweiterung zum elektronisch geregelten Luftfedersystem (Electronically Controlled Air Suspension, ECAS) erfolgen die Höheneinstellungen über die zentrale Steuereinheit. Die Programmierung der Steuereinheit erfolgt in Werkstätten mit eigens hiezu geschultem Personal.

Hier ist gleich anzumerken, dass das System der Luftfederung zwischen Rad resp. Fahrzeugachse und Fahrzeugaufbau ausregelt und nicht zwischen Fahrzeugaufbau (Einstieghöhe) und Strassenniveau.

Es werden drei Niveauhöhen eingestellt

- **Normalniveau** (Fahrstellung) als Ausgangsniveau für die beiden andern Höheneinstellungen
- **unteres Niveau (Kneelingstellung)**, nur Einstiegsseite wird abgesenkt
- **oberes Niveau**, temporäre Anhebung des ganzen Fahrzeuges wenn mehr Bodenfreiheit z.B. bei Baustellen erforderlich ist.

Der Wechsel vom Normalniveau zum unteren resp. oberen Wert und zurück erfolgt über einen eingestellten festen Wert, der Anzahl der sogenannten „Counts“.

Die Höhe des Normalniveau ist werkseitig dasjenige der Höhen der Typenblätter. Es kann je nach Bedürfnis des jeweiligen Fahrzeughalters verändert werden.

Das Normalniveau kann ohne Beeinträchtigung der Fahrdynamik bei allen Achsen um 20 mm angehoben werden.

Der Toleranzwert der Steuerventile für die Balgniveaus wird werkseitig eingestellt. Präzise Angaben der Hersteller waren nicht erhältlich. Im folgenden sind zwei Werte aufgeführt:

- ± 8 mm, Herr Äbischer von der Firma WABCO (Schweiz) GmbH
- ± 5 mm, COST 322, S.69

Auf den ersten Blick erscheinen diese Werte gering zu sein.

Aus der Lage der Luftfederbälge ist aber ersichtlich, dass Höhentoleranzen im Bereich der Luftfederbälge projiziert auf die Karosserieausenkante grösser werden. Dieser Multiplikator ist bei der ersten Achse grösser als bei der zweiten Achse. Wird weiter berücksichtigt, dass die Toleranzen nicht immer gleichgerichtet sind, d.h. an einem Balg plus, am benachbarten Balg minus, so ist ersichtlich, dass Bereiche ausserhalb der Fläche der Luftfederbälge von grösseren \pm Abweichungen betroffen sind, als die vorigen Angaben suggerieren.

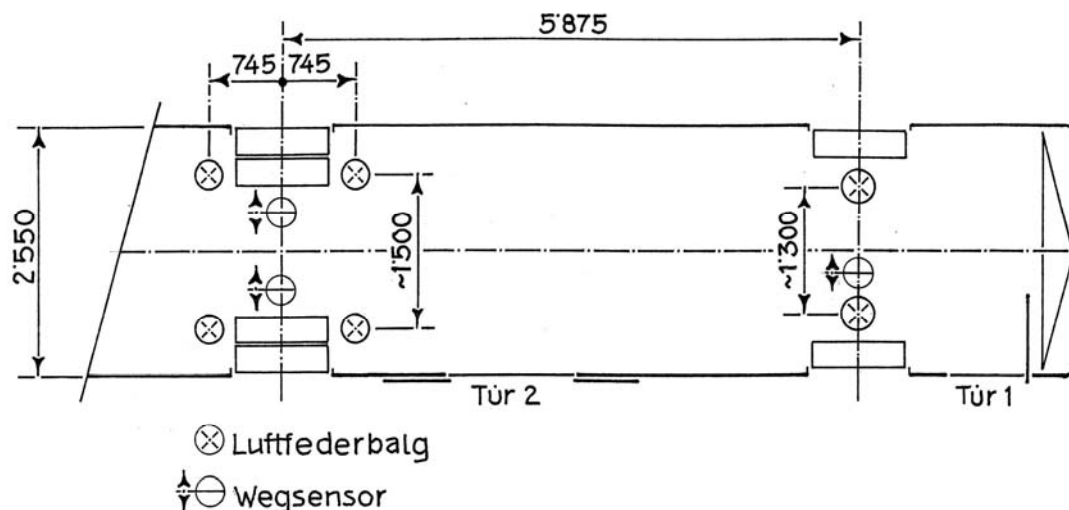


Abbildung 10 : Lage der Luftfederbälge bei HESS-Scania Bus

Theoretisch könnten die Toleranzwerte reduziert werden, das hätte aber zur Folge, dass viel häufiger nachreguliert werden müsste. Dies hätte einen höheren Luftverbrauch zur Folge. Bereits heute scheinen einige Luftkompressoren bedingt durch die Kneelingvorgänge an ihre Leistungsgrenze zu stossen, obwohl während der Fahrt das System keine Höhenanpassungen vornimmt.

Das ECAS-Luftfedersystem kann mittels Programmierung die Reduktion des statischen Reifenradius infolge grösserer Belastung kompensieren.

Ein höherer Druck im Luftbalg zur Beibehaltung des Höhenniveaus bedeutet mehr Last und somit ein kleinerer statischer Reifenradius. Mittels einer Korrekturkurve kann die Reduktion des statischen Reifenradius mit den Luftbälgen kompensiert werden. Der Funktionsverlauf dieser Kurve war Herr Äbischer nicht bekannt. Nach seinen Äusserungen wird diese Funktion herstellerseitig einprogrammiert.

11 Türen

In der folgenden Abbildung sind die Lagebereiche der Bustüren für 12m-Busse und Gelenkbusse bis 18.75 m aufgeführt.

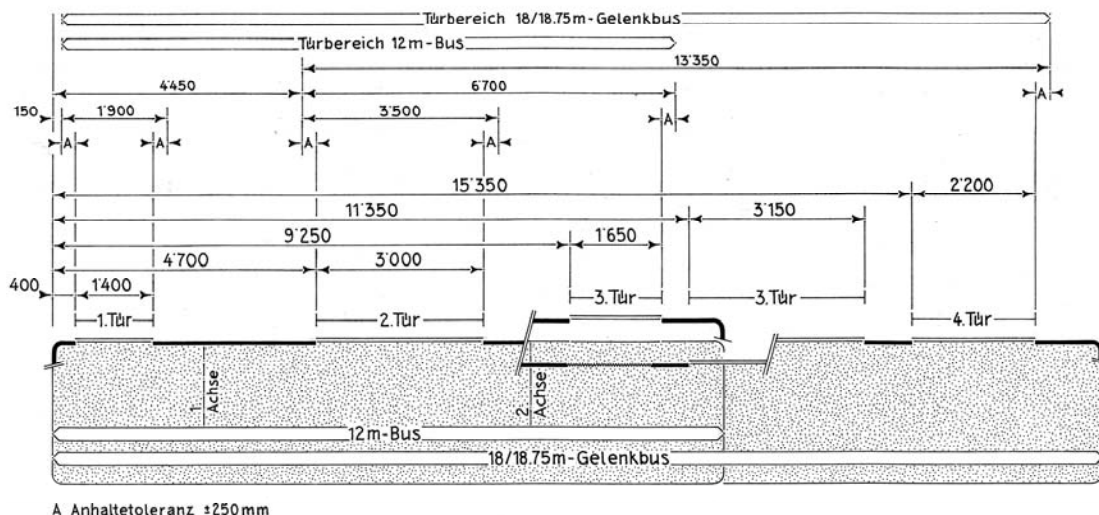


Abbildung 11 : Tür lagebereiche 12 m-Bus und Gelenkbus bis 18.75 m

11.1 1. Tür

Die Lage der 1. Tür unterscheidet sich bei den verschiedenen Fahrzeugen nur unwesentlich. Im dm-Bereich bezüglich des Abstandes von der Front und dann in der Öffnungsbreite nach Einflügler oder zweiflügliger Tür.

11.2 2. Tür

Die mögliche Lage der zweiten Tür unterliegt einem Streubereich von 300 cm. Innerhalb dieses Bereiches kommen in der Regel die in der nebenstehenden Abbildung gezeichneten Varianten vor.

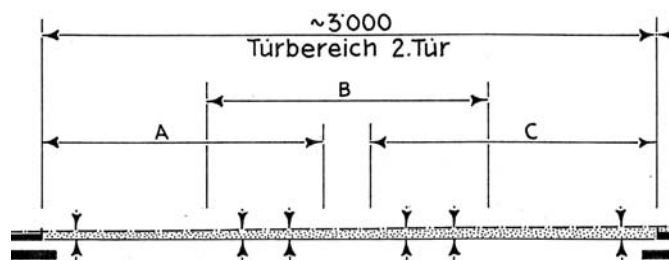


Abbildung 12 : Tür lagevarianten 2. Tür

11.3 Türsysteme

Es wird nach den folgenden Türsystemen unterschieden:

- Innenschwenktür (IST)
- Aussenschwingtür (AST)*
- Schwenkschiebetür (SST)*

In der folgenden Tabelle sind planungsrelevante Daten der Türsysteme aufgelistet.

	Türsystem		
	IST	SST*	AST*
Karosserieüberkragung seitlich			
• Endstellung	60 mm	110 mm	110 mm
• Weg bis Endstellung	60 mm	110 cm	300 mm
Türflügelunterkante über über (+) oder unter (-) Einstiegshöhe			
• Gummidichtung	0	- 15 mm	- 15 mm
• Metallkonstruktion des Flügels	0	+ 20 mm	+20 mm

* Diese Türsysteme werden auch als Ausführung geliefert, bei welchen die Metallstruktur bis U.K. Karosserie reicht, und bei den Aussenschwingtüren unterhalb U.K. Karosserie gar noch eine Türführungsstruktur angebracht ist.

Tabelle 5 : Türsystemdaten

Im Handel sind für das SST- und AST-Türsystem Flügелеlemente erhältlich, deren Metallkonstruktionsteil unten eingekürzt ist, und als Höhenkompensation die Lippe der Gummidichtung auf das Niveau - 15 mm ab O.K. Einstieg verlängert ist.

11.4 Tür mit Klapptritt

Im Schienenverkehr (Tram, Schmalspur und Normalspur) werden Türsysteme mit integrierten Klapptritten, d.h. niveaugleich mit der Einstiegskante häufig eingebaut. Im Busverkehr ist der Einbau einer solchen Tür bis jetzt nicht bekannt.

11.5 Tür mit Schiebetritt

Eine solche Konzeption müsste als „intelligenter“ Schiebetritt, d.h. Ausfahrweite mit Anschlagdedektion geplant werden. Der Vorteil einer solchen Konzeption läge darin, dass die Spaltbreite zwischen Karosserie und Haltekante so gross gewählt werden könnte, dass die Türflügel der Schwenkschiebetüren in diesem Bereich sich bewegen würden, womit der Höhentoleranzbereich erweitert werden könnte. In Nantes verkehren Busse mit Schiebetritt. Ob sich deren Einsatz aber bloss auf die Linie des Bus Rapid Systems beschränkt entzieht sich unserer Kenntnis.

Ein gewichtiger Nachteil dürfte die Einbauhöhe darstellen. Die Einbauhöhe dürfte sich in etwa in der Grössenordnung der fremdkraftbetriebenen Rampenkassetten, also ca. 80 mm, bewegen und die Bodenfreiheit entsprechend reduzieren, mit der damit einhergehenden erhöhten Beschädigungsgefahr.

12 Höhenreduktionen U.K. Karosserie

12.1 Pneuerschleiss

Der maximal zulässige Pneuerschleiss kann mit dem Wert von 19 mm zuverlässig und präzise quantifiziert werden.

12.2 Beladung

In Abhängigkeit von der Anzahl der Fahrgäste im Bus ändert sich der statische Radius (Reifeneindrückung; Höhendifferenz zwischen der Aufstandfläche des Pneus und der Radachse) der Pneus.

Für die maximale Beladung (Anzahl der im Fahrzeug aufgeführten Sitz-+ Stehplätze) kann eine Reduktion des statischen Radius von 10 mm angenommen werden, sofern das Luftfedersystem dies nicht kompensiert.

12.3 Frontnicken infolge Bremsen

Die elektronische Steuerung des Luftfedersystemes ist so programmiert, dass Höhenveränderungen infolge Bremsverzögerung nicht nachgeregelt werden. Dies hat zur Folge dass sich der Frontbereich unter gleichzeitigem Anheben des Heckbereichs absenkt. Messungen und Berechnungen von R. Soltermann haben gezeigt dass das Absenken des Frontbereiches bei einer leichten Verzögerung im Bereich von 10 mm und bei einer Schreckbremsung 35 mm erreichen kann.

13 Anfahrt an Bordsteinkante

13.1 Anfahrverhalten der Chauffeure

Beobachtungen in Dresden haben gezeigt, dass die Anfahrt an die Haltekante immer in einem sehr spitzen Winkel erfolgt. Der geübte Fahrer berührt die Flanke des Profilsteines im Idealfall gleichzeitig mit dem Rad der 1. Achse und dem Rad der 2. Achse. Radparallele Flankenfahrten sind selten zu beobachten. Solche Flankenfahrten würden bei der 2. Achse infolge des grösseren Radstandes zu einem hohen Seitendruck führen, das einen erhöhten Reifenverschleiss nach sich ziehen würde.

Sowohl Dresden als auch Erfurt haben auf dem Bushofgelände Übungshaltestellen gebaut.

13.2 Anlegehilfen

Versuche zur Spurführung von Bussen ist ein immerwährendes Thema. Ausführlichere Informationen finden sich unter Wikipedia, Suchbegriff „Spurbus“.

Am 1. ÖPNV-Innovationskongress in Freiburg im Breisgau im Jahre 2003 wurde von Herr Wolfgang Prokop, Leiter Entwicklung Linienbusse bei EvoBus das Referat „Fahrerassistenzsysteme einschliesslich optischer Spurführung bei Bussen“ gehalten. In einer ersten Ausbaustufe war die Technologie als Assistenzsystem für den Fahrer gedacht, um ihn bei der Anfahrt an die Haltestelle zu entlasten, mit dem Ziel „Positionsgenauer Halt mit Komfortverzögerung“.

Was aus diesem Projekt geworden ist entzieht sich unserer Kenntnis. D.h. aber nicht, dass in diesem Bereich nicht weiter geforscht wird. Im Bereich des Güterumschlages laufen Projekte, und es ist zu erwarten, dass irgendwann in der Zukunft als „Abfallprodukt“ auch Adaptionen für den Busverkehr anfallen könnten. In unserer Studie beschränken wir uns auf die passive Spurführung.

passiv	aktiv
Die Spurführung erfolgt über die Reifen auf die Fahrerlenkung mit Hilfe geeigneter Bordsteinkanten, die bei Reifenberührung keine Reifenschäden oder übermässige Abnutzung zur Folge haben.	Die Spurführung wird durch fahrerunabhängige Systemkomponenten übernommen: - mechanische Spurführung - optische Spurführung - induktive Spurführung

14 Realisierte Beispiele von niveaugleichen Schnittstellen

14.1 Dresden

Das funktionierende Vorzeigeobjekt mit dem Dresdner-Combibord

Combibord, weil es zugleich Tram- und Bushaltestelle ist. Das Querschnittprofil entspricht bis in einer Höhe von 14 cm demjenigen des „Kasseler Sonderbordes“, und hat anschliessend bis zur Höhe von 23 cm einen Rückversatz. Dieser Rückversatz wird als Sicke bezeichnet. Die gerade An- und Wegfahrt ist immer sichergestellt. Beobachtungen haben gezeigt, dass bei einer Normalanfahrt Spaltbreiten von 10 cm bis 15 cm üblich sind. Ist aber eine Person im Rollstuhl im Bus oder an der Haltestelle, so wird eine perfekte Anfahrt mit einer Spaltbreite von 5 cm bis 7 cm hingelegt.

Bezüglich der Türen ist anzumerken, dass alle Türen der Busse mit Innenschwenktüren ausgerüstet sind.

14.2 Erfurt

Eine Weiter- oder ev. Rückentwicklung des Dresdner-Combibordes? Die Sicke ist gleich ausgebildet wie beim Dresdner-Combibord. Der untere Bereich, die Berührungsfläche mit dem Reifen ist weniger geneigt, nur ca. 7°, gegenüber 15° beim Dresdner Combibord und im Übergang zum Strassenniveau nicht ausgerundet. Der Hersteller ist ebenfalls Railbeton. Wenn hier die Frage nach einer allfälligen Rückentwicklung aufgeworfen wird, so bezieht sich dies auf die abgeänderte Flankenausbildung. Es ist zu befürchten, dass bei einer flankentouchierenden Fahrt die Reifenflanke einem erhöhten Abrieb unterworfen ist. Warum diese Änderung vorgenommen wurde, konnte nicht plausibel erklärt werden, könnte aber im Bereich des Patentschutzes und der damit verbundenen Lizenzgebühren liegen. Denn Railbeton muss an Profilbeton Lizenzgebühren entrichten, wenn deren Profil verwendet wird.

14.3 Biel

Biel baut Haltestellen mit einer Haltekantenhöhe von 21 cm. Die Flankenausbildung ist aber nicht derart, dass mit den Reifen eine Flankenberührung erwünscht wird. Die Chauffeure halten gebührend Abstand. Ob ein spaltminimierendes Heranfahren beim Erscheinen einer Person im Rollstuhl stattfinden würde, haben wir bis jetzt nicht ausgetestet. Und ob die Kneelinghöhen mit den Haltekantenhöhen innerhalb der zulässigen 5 cm kompatibel sind wurde auch noch nicht überprüft.

14.4 Locarno

Hier wurden Haltekantenhöhen von 30 cm gebaut. Im Normalfall ohne Rollstuhl halten die Chauffeure einen gebührenden Sicherheitsabstand, reichen doch die Karosserieunterkanten bereits im Fahrbetrieb unter die Haltekantenhöhe.

14.5 Euskirchen

Das Beispiel mit einer Anlegekantenhöhe von 25 cm. Gebietsdeckender Ansatz, publizistisch gut bearbeitet, dann stillschweigen. Ein Augenschein vor Ort zeigte: Reste sind noch vorhanden, es wird Rückgebaut.

Was lief wahrscheinlich falsch? Das Profil der Anlegekante wurde oben und Strassenseitig zur Fahrzeugschonung bei Berührung mit einem Gummibelag überzogen. Dieser war an der Flanke mit einem elastischen Material, einer Art Schaumstoff hinterlegt. Man hat wohl zuwenig bedacht, dass der Reibungskoeffizient Gummi auf Gummi relativ hoch ist, mit der Folge, dass bei der Flankenberührung durch den Pneu der Gummibelag zerrissen wurde.

14.6 Profilbeton

Auf dem Werkareal der Firma gibt es drei oder vier Abschnitte mit Haltekantenhöhen von 21 resp. 24 cm Höhe. Die eine Variante ohne Sicken und die andere mit Sicken. Testfahrten mit Bussen der Kasseler Verkehrsbetriebe und der Berliner Verkehrsbetriebe haben gezeigt, dass bei Kanten in diesen Höhenbereichen die Ausbildung von Sicken zwingend notwendig ist.

15 Auf dem Markt erhältliche Produkte

15.1 Railbeton

Railbeton ist der Hersteller des Dresdner Combibord, der „Mutter“ der hohen Anlegekante für Busse.

Das Sortiment wurde erweitert. Aufgeführt sind nur die Produkte mit Haltekantenhöhen ≥ 21 cm.

- Dresdner Combibord DDCB 23 Z*, Einstiegshöhe 23 cm
 - Dresdner Combibord DDCB 21/22*, Einstiegshöhe 21 cm
 - Dresdner Combibord DDCB 22 G Variante gerade,
- Einstiegshöhe 22 cm
 - Erfurter Busbord EBB 21/24*, Einstiegshöhe 24 bzw. 21 cm
 - Combibord CB 25 D, Einstiegshöhe 24 bzw. 25 cm.
- * Diese Borde verfügen über eine Breite Reifenaufstandsfläche und müssen auf Fundamentbalken versetzt werden.

15.2 Profilbeton

Profilbeton führt in ihrem Standardsortiment Höhen von 16 / 18 / 21 und 24 cm Höhe und die entsprechenden Profilübergangsteine.

Das Sortiment verfügt noch über keine Querschnittprofile mit Sicken.

In naher Zukunft dürfte unter dem Namen "Kasseler Sonderbord plus" eine Produkteserie mit einer Höhe von 22 cm in den Handel kommen.

16 Handlungsbedarf

16.1 Infrastruktur

Höhe der Bordsteinkante

- Schweizweit muss eine Höhe über der Busstandfläche in der Kneelingposition festgelegt werden, um die Interoperabilität im Busverkehr (Bahnreform → zwingende Ausschreibung) sicherzustellen.
- Diskussion der Kantenhöhen bei den Türen 1, 3 und 4, die nicht zwingend niveaugleich ausgebildet sein müssen.

Versetzgenauigkeit

- An die Versetzpräzision sind erhöhte Anforderungen zu stellen, um trotz Flankenberührungsfahrt nicht einen erhöhten seitlichen Reifenabrieb zu provozieren. In Fahrrichtung darf nie ein nachfolgender Stein gegenüber dem vorhergehenden vorstehen.

16.2 Busse

Buskäufer (Konzessionsnehmer und Linienbetreiber)

- Sensibilisierung zum Thema, damit beim Kauf von Bussen dem Aspekt des niveaugleichen Zuganges Rechnung getragen wird.

Höheneinstellung Kneeling

- Sensibilisierung der Bushersteller für die Fahrzeuganforderungen an einen niveaugleichen Buszugang.
- Erweiterung der Steuerung um ein Element, das für die Kneelingposition einen absoluten Wert bezogen auf das Strassenniveau einnimmt, um den Pneuverschleiss und die statische Radiusänderung mitzuberechnen.
- Streuungsbereich der Höhe der Kneelingposition reduzieren.
- Die Bushersteller müssen angehalten werden, werkseitig programmierte Parameter offen zu legen.

Türkonstruktion

Innenschwingtüren (IST)

- In der offenen Position A.K. Türflügel (Gummidichtung) und auf dem Weg dahin nie mehr als 3 cm über A.K. Karosserie.

Schwenkschiebetüren und Aussenschwingtüren

- Schwenkschiebetüren (SST) und Aussenschwingtüren (AST) mit unterer Dichtung beim Öffnungsvorgang und in der Offenstellung nie tiefer als O.K. Einstieg. Besser bis 5 cm höher, um den Höhentoleranzbereich von + 5 cm auf + 5cm bis – 2 cm zu erhöhen. (± 5 cm sind nicht zulässig, da bei einem negativen Wert (Buseinstiegskante liegt tiefer als Bordsteinkante) infolge des Kneelings und dem dadurch entstehenden Gefälle im Eingangsbereich eine muldenähnliche Situation entsteht).

Anhänge

	1. Tür			2. Tür			Höhen- differenz		Verschleiss- schutz		
	O.K. Einstieg			O.K. Einstieg			2. Tür - 1. Tür		Höhe über Fahrbahn		
	Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass	Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass					
	Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung	Fahrstellung	Kneelingstellung	
	2			4					(A)	(A)	
Aufnahmen in Werkstätten											
12m-Busse											
1	MAN NL 313	350	270	80	370	290	80	20	20	267	187
2	MB Citaro O 530	323	240	83	351	259	92	28	19	239	157
3	Neoplan N 4516	338	255	83	370	287	83	32	32	255	170
4	Scania HESS N 94 UB	338	244	94	348	266	82	10	22	257	161
5	Solaris Urbino	349	286	63	372	316	56	23	30	266	202
6	Van Hool A 330	349	281	68	352	294	58	3	13	268	199
7	Volvo HESS B7L	337	252	85	351	310	41	14	58	255	164
	Mittelwert 12m-Busse	341	261	79	359	289	70	19	28	258	177
Gelenkbusse 18m											
11	HESS BGT.N2C	317	248	69	349	278	71	32	30	232	164
12	MAN NG 353	361	245	116	365	290	75	4	45	276	159
13	MAN NL 363	293	228	65	376	305	71	83	77	201	137
14	MB Citaro O 530 G	299	221	78	338	282	56	39	61	213	132
15	Solaris Urbino *1	368	296	72	353	292	61	-15	-4	290	217
16	Van Hool AG 300	306	260	46	351	309	42	45	49	219	173
17	Volvo HESS B7LA 6x2	330	278	52	360	313	47	30	35	246	193
	Mittelwert Gelenkbusse 18m	325	254	71	356	296	60	31	42	240	168
Mittelwert alle Fahrzeuge											
	Mittelwert alle Fahrzeuge	330	258	72	356	292	64	26	35	249	173
	Median	337	255	72	352	292	61			255	167
	Max	368	296	94	376	316	92	83	77	290	217
	Δ Max - Min	75	75	48	38	57	51	98	81	89	85
	Min	293	221	46	338	259	41	-15	-4	201	132
Mittelwert ohne Fahrzeug Nr. 15											
	Mittelwert ohne Fahrzeug Nr. 15	330	254	76	358	292	66	28	38	246	169

(A) Rechenwerte aus 1. + 2. Tür und Verschleisschutzhöhe von 40 mm

*1 Niveau 1. Tür höher als Niveau 2. Tür,
sowohl in der Fahrstellung als auch in der Kneelingstellung

Tabelle 6 : Effektiv gemessene Werte von im Einsatz stehenden Bussen
Messungen in Werkstätten ohne Fahrgäste

	Bus Nr des Betriebes	1. Tür			2. Tür			Höhen- differenz		
		O.K. Einstieg			O.K. Einstieg			2. Tür - 1. Tür		
		Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass	Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass	Fahrstellung	Kneelingstellung	
		Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung				
Messungen auf der Linie										
STI										
101	MAN NL 313	99	348	284	64	387	292	95	39	8
102		96	317			364			47	0
103		94	310	266	44	339	286	53	29	20
104		77	343	257	86	362	285	77	19	28
MW	Mittelwerte STI		330	269	65	363	288	75	34	14
VBL / VBG / VBRF										
105	MB O 530	65	322	237	85	332	251	81	10	14
106		33	320	243	77	353	274	79	33	31
107		768	335	238	97	350	273	77	15	35
108		?	318	228	90	343	253	90	25	25
109		95	305	230	75	339	261	78	34	31
VBZ										
110	Neoplan N 4516	245	324	276	48	359	292	67	35	16
111		283	319	239	80	344	264	80	25	25
112		258	333	246	87	343	273	80	10	27
113		268	319	237	82	349	268	81	30	31
114		252	323	248	75	346	277	69	23	29
MW	Mittelwerte VBZ		324	249	74	348	275	75	25	26
ZVB										
115		121	308	252	56	349	282	67	41	30
116	Scania N 94 UB	120	325	277	48	340	298	42	15	21
117	VBL Scania N 94 UB	57	319	229	90	340	252	88	21	23
118	WV	203	340	286	54	369	312	57	29	26
119	Solaris Urbino 12	209	359	309	50	358	304	54	-1	-5
BVB										
201	MAN NG 353	787	342	277	65	369	293	76	27	16
202		780	361	289	72	358	294	64	-3	5
203		755	346	271	75	373	302	71	27	31
204		774	353	291	62	358	291	67	5	0
205		785	348	291	57	357	291	66	9	0
MW	Mittelwerte BVB		350	284	66	363	294	69	13	10

Tabelle 7 : Effektiv gemessene Werte von im Einsatz stehenden Bussen
Messungen im Linieneinsatz; Busse mit Fahrgästen

	Bus Nr des Betriebes	1. Tür			2. Tür			Höhen- differenz		
		O.K. Einstieg			O.K. Einstieg			2. Tür- 1. Tür		
		Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass	Höhe über Fahrbahn		Kneelingmass	Fahrstellung	Kneelingstellung	
		Fahrstellung	Kneelingstellung		Fahrstellung	Kneelingstellung				
	STI									
206	MB O 530 G	74	318	246	72	350	318	32	32	72
207		76	308	264	44	341	320	21	33	56
	VBL								0	0
208	MB O 530 G	132	312	237	75	342	281	61	30	44
209		138	333	237	96	369	277	92	36	40
210		135	303	209	94	327	273	54	24	64
211		129	295	234	61	333	273	60	38	39
212		126	307	243	64	347	278	69	40	35
213		712	330	223	107	338	252	86	8	29
MW	Mittelwerte VBL		313	231	83	343	272	70	29	42
214	VBSh Volvo HESS B7LA	11	342	267	75	330	275	55	-12	8
215	SVB Volvo HESS B7LA	265	352	279	73	339	301	38	-13	22
216		257	329	281	48	375	339	36	46	58
217	STI MAN NG 363	102	331	261	70	360	298	62	29	37
218		105	309	234	75	362	282	80	53	48
219	VW Solaris Urbino 18	331	343	286	57	352	294	58	9	8
220	VBL HESS Scania L94	27	298	213	85	329	252	77	31	39

Mittelwert Fhgz Nr. 101 - 220	327	255	73	350	284	68	23	29
Median	324	248	75	349	281	69		
Max	359	309	107	375	339	92		
Min	295	209	44	327	251	21		

Zusammenstellung der Mittelwerte der markierten Busunternehmen

STI		330	269		363	288		
VBZ		324	249		348	275		
BVB		350	284		363	294		
VBL		313	231		343	272		

Tabelle 8 : Fortsetzung Tabelle 7, Messungen im Linieneinsatz; Busse mit Fahrgästen

Literaturverzeichnis

[1]	A. Kühn, A. Braddock, „Niederflurhaltestellen für Strassenbahn und Bus“ Der Nahverkehr 1-2/2004
[2]	Basler&Hofmann, „Rollstuhlgerechter Buseinstieg“,2006
[3]	COST 322, „Niederflurbusse“, Brüssel-Luxemburg 1995
[4]	CROW, „Handboek halteplaatsen“, CROW publicatie 233, 2006
[5]	direkt 46, „Niederflur-Verkehrssystem: Gestaltung von Haltestellen in den alten und neuen Bundesländern“, Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg 1992
[6]	direkt 47, „Bürgerfreundliche und behindertengerechte Gestaltung des Strassenraums“, Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg 1992
[7]	T. Dittmer, U. Kloppe, „Umsteigeanlagen richtig planen“, Der Nahverkehr 6/2010
[8]	DTC, „Behindertengerechte Gestaltung von Bushaltestellen bezüglich einer optimalen Haltestellenanfahrt durch Busse und Trolleybusse“, Biel 2005
[9]	Jürgen Ernst, Eberhard Kieffer, „Barrierefreies Reisen durch Harmonisierung der Einstiegshöhen“, ETR, Heft 5 2006
[10]	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln, Arbeitsgruppe Strassenentwurf, „Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs EAÖ, Ausgabe 2003
[11]	PROFILBETON, „Kasseler Sonderbord“, Produktkatalog 2010
[12]	RAILBETON „Combiborde und Busborde“, Produktkatalog 2010
[13]	R. Solterman, „Verifizierung der fahrzeugtechnischen Betrachtungen in den funktionalen Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr“
[14]	STUVA, „Beurteilung von Niederflurbussen durch behinderte Personen“, Köln 1990
[15]	STUVA, „Erfahrungen mit dem Einsatz von Niederflurbussen in Bremen“, Forschungsbericht 24/90, Köln 1990
[16]	STUVA, „Fahrgastfreundliche und behindertengerechte Linienbusse“, Forschungsbericht 28/91, Köln 1991
[17]	STUVA, „Empfehlungen für die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs“, Forschungsbericht 31/92, Köln 1991
[18]	VDV-Publikation, „Barrierefreier ÖPNV in Deutschland“, Düsseldorf 2003
[19]	VDV-Publikation, „Zukunftsfähige Mobilität, Menschen bewegen, ÖPNV in Deutschland, Düsseldorf 1997