

Verifizierung der fahrzeugtechnischen Betrachtungen in den Funktionalen 'Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr'

Auftraggeber

Bundesamt für Verkehr BAV
Herr Hanspeter Oprecht
Sektion Schienennetz
Mobilitätsfragen
3003 Bern



Projektleiter und Autor

Soltermann Engineering Consulting SEC
Roland Soltermann
2533 Evilard

Evilard, März 2006

A handwritten signature in black ink, reading "R. Soltermann", enclosed in a light grey rectangular box.

Soltermann Engineering Consulting SEC



Zusammenfassung

Für die Funktionalen 'Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr' wurden die Luftfederung, die Reifen und die Karosserie verifiziert: Für den Einstieg vom Bordstein zum Bus ist die Einstiegshöhe mit den Möglichkeiten der elektronischen Niveauregelung und die Spaltbreite mit dem Abstand der Karosserie zu den Reifenflanken wichtig.

Wichtigste Einflüsse auf die Einstiegshöhe:

- Der Einfluss einer unebenen Bushaltestelle ist gross, ca. $\pm 10\text{mm}$
- Das Kneelingmass ist beim Absenken ca. $\pm 4\text{mm}$, beim Anheben des unbeladenen Busses infolge Übersteuern der Regelung jedoch ca. $\pm 9\text{mm}$
- Zwischen den Bussen ergeben sich Unterschiede durch die Einstellung der Luftfederregelung, bedingt auch durch die Fahrdynamik aufgrund der unterschiedlichen Achsgeometrie, jedoch auch infolge der Regelgenauigkeit. Dies mit einem grossen Einfluss auf die Einstiegshöhe von leider ca. $\pm 20\text{mm}$
- Sofern an der Bushaltestelle die Einstiegshöhe bei Beladungs-Änderung nicht geregelt wird, z.B. bei abgeschaltetem Bus, ist die Absenkung ebenfalls gross, ca. 24mm
- Die Einfederung der Reifen durch Beladung der Busse ist mit ca. 12mm gross. Beladungsänderungen zwischen Haltestellen sind jedoch eher gering (einzig am Hauptbahnhof oder im Zentrum der Stadt bedeutend)
- Der Reifenverschleiss hat mit der Profiltiefe 19mm einen grossen Einfluss auf die Einstiegshöhe. Mit dem Wechseln der Reifen zwischen den Achsen aufgrund der Jahreszeit (Sommer/Winter) ist dieser ca. $\pm 6\text{mm}$

Elektronische Luftfederregelung: Die Fahrzeughersteller sollten grösseres Augenmerk auf die von ihnen ausgewiesene Einstiegshöhe richten, diese auch im praktischen Betrieb einzuhalten mithelfen. Mit der Elektronik ist dies einfacher möglich. Die Einstell- und Regelgenauigkeit ist ca. $\pm 5\text{mm}$.

Mechanische Luftfederregelung: Die meisten Busse haben noch mechanische Luftfederungen, welche ungenauer sind im Einfluss auf die Einstiegshöhe und weniger Einstellmöglichkeiten bieten für sinnvolle Funktionen im Betrieb. Die Einstell- und Regelgenauigkeit ist ca. $\pm 10\text{mm}$.

Grösste Einflüsse auf die Einstiegshöhe

Einstellung Einstiegshöhe und Absenkmass des Kneeling:

- Die mechanische Luftfederregelung bietet weniger Einstell- und Korrekturmöglichkeiten als die elektronische Luftfederregelung
- Die Einstellung durch die Bushersteller wird nicht konsequent eingehalten
- Für die Nachstellung der Einstiegshöhe nach Reparatur/Ersatz fehlt das Verständnis (oder die Zeit)

Bautoleranzen der Bushaltestelle:

- Durch die „schlechte“ Geradlinigkeit der Bushaltestellenplattformen ergeben sich ebenfalls grosse Unterschiede in der Einstiegshöhe

Reifen: Durch widersprüchliche Vorgaben und Aufgummierung entstehen Fehler in der Interpretation. Die Reifenbreite ist durch den Abnutzungsgrad der Reifenflanke unterschiedlich.

Karosserie: Durch die gegenüber den Vorschriften effektiv geringeren Busbreiten ergeben sich Korrekturen beim Abstand der Radkomponenten zur Karosserie.

Längen: Es erfolgten geringe Korrekturen und Ergänzungen durch unterschiedliche Anordnung der Sitzreihen in den Bussen und durch die zusätzlich mögliche Buslänge 18.75m für Gelenkbusse

Front der Busse: Bei den Bussen gibt es unterschiedliche, zusätzlich angebrachte Schutzeinrichtungen unter der Karosserie, dies v.a. an der Frontunterkante

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Ausgangslage..... | 5 |
| 2 | Auftrag | 5 |
| 3 | Vorgehen..... | 5 |
| 4 | Ergebnisse des vorangehenden Projektes | 6 |
| 4.1 | Einflüsse der Betriebsbedingungen der Busse | 6 |
| 4.2 | Toleranzen am Fahrzeug und im Strassenbau..... | 7 |
| 5 | Einführung in die Technik der Luftfederung..... | 7 |
| 5.1 | Niveauregelung (Geregelte Federungssysteme) | 7 |
| 5.2 | Elektronically Controlled Air Suspension ECAS | 8 |
| 5.3 | Vorgaben..... | 9 |
| 6 | Messungen | 10 |
| 7 | Testmessung | 11 |
| 8 | Einflüsse bei den Messungen | 11 |
| 8.1 | Einfluss unebener Hallenboden..... | 11 |
| 8.2 | Einfluss Kneelingbewegung bei leerem Bus..... | 12 |
| 8.3 | Einfluss Fahrt auf unebener Strasse | 15 |
| 8.4 | Einfluss unebene Haltestellen | 16 |
| 8.5 | Eindrückung Luftfederbalg..... | 17 |
| 8.6 | Eindrückung Reifen | 20 |
| 8.7 | Fertigungstoleranzen im Fahrwerk resp. Blasbälge..... | 21 |
| 8.8 | Reifendurchmesser, statischer Radius und Luftdruck | 22 |
| 8.9 | Reifenverschleiss | 23 |
| 8.10 | Zusammenfassung der Einflüsse bei den Messungen | 24 |
| 8.11 | Kommentare zu den Einflüssen auf die Einstiegshöhe..... | 25 |
| 8.12 | Korrekturwerte der Einstiegshöhe im Depot und auf der Linie..... | 26 |
| 8.13 | Korrekturen Einstiegshöhe 12m-Busse im Depot | 28 |
| 8.14 | Korrekturen Einstiegshöhe 18m-Busse im Depot: | 29 |
| 9 | Messungen im Depot: Einstiegshöhe..... | 30 |
| 9.1 | Korrigierte Einstiegshöhe der 12m-Busse im Depot: | 33 |
| 9.2 | Korrigierte Einstiegshöhe der 18m-Busse im Depot: | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 10 | Messungen auf der Linie: Einstiegshöhe..... | 35 |
| 10.1 | Einstiegshöhe der 12m-Busse auf der Linie | 35 |
| 10.2 | Einstiegshöhe der 18m-Busse auf der Linie | 37 |
| 11 | Interpretation der Messungen Einstiegshöhe..... | 42 |
| 11.1 | Vergleich mit dem 1. Projekt..... | 44 |
| 11.2 | Grösste Einflüsse auf die Einstiegshöhe | 45 |
| 12 | Messungen im Depot: Reifen | 47 |
| 12.1 | Reifen der 12m-Busse im Depot..... | 47 |
| 12.2 | Reifen der 18m-Busse im Depot..... | 48 |
| 13 | Messungen im Depot: Karosserie..... | 49 |
| 13.1 | Abstand zu Karosserie 12m-Busse | 49 |
| 13.2 | Abstand zu Karosserie 18m-Busse | 50 |
| 13.3 | Messungen im Depot: Längen..... | 50 |
| 13.4 | Front der Busse und Balg beim Gelenkbus sowie Karosserie-Unterkante | 52 |
| 14 | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis..... | 55 |
| 15 | Detailliertes Inhaltsverzeichnis der BEILAGE..... | 56 |

1 Ausgangslage

Das Bundesamt für Verkehr verfolgt mit den Funktionalen 'Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr' auch das Ziel:

Behindertengerechte Gestaltung von Bushaltestellen bezüglich einer optimalen Haltestellenanfahrt durch Busse und Trolleybusse

Dazu wurden vom Dynamic Test Center DTC AG, 2537 Vauffelin, R. Soltermann und seinem Team Engineering Services EnS ein Projekt durchgeführt mit

Fahrzeugtechnischen Betrachtungen zu Normentwurf für rollstuhlgerechte Bushaltestellen¹

2 Auftrag

Die SEC, Roland Soltermann², erhält den Auftrag, basierend auf den Erkenntnissen des o.g. Berichtes, diese fahrzeugtechnischen Betrachtungen zu verifizieren.

Die Projektteilnehmer sind:

BAV, Herr Hanspeter Oprecht³

BOEV, Herr Anton Scheidegger⁴

mit Unterstützung vieler öffentlicher Verkehrsunternehmen in der Schweiz

3 Vorgehen

Die Funktionalen 'Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr' gehen von einer möglichst günstigen Anfahrt der Busse an den Bordstein einer Bushaltestelle aus. Für diese wurden im oben genannten Projekt Kriterien ermittelt, welche hier in der Praxis geprüft werden.

Deshalb werden für die meisten Erstinverkehrssetzungen der Busse in der Schweiz ab ca. dem Jahre 2000, also Busse mit 12 und 18m Länge die folgenden technischen Systeme betrachtet:

Luftfederung

- Einstiegskantenhöhe ohne und mit „Kneeling“, ohne und mit Passagieren
- Einstellung „Kneeling“

Reifen

- Bereifungs-Typ mit Abmessungen im innerstädtischen und Überland-Verkehr
- Reifendruck und deren Einstellbereich

Karosserie

- Bodenfreiheit der Überhänge / Faltenbalg
- seitlicher Karosserieüberhang über Aussenkante der Reifenflanke bei allen Achsen

¹ Der Bericht ist weiterhin auf der Homepage des Bundesamtes für Verkehr zugänglich: www.bav.admin.ch

² Soltermann Engineering Consulting SEC

Roland Soltermann, Dipl. Maschineningenieur HTL / ETH, 2533 Evilard, soltermann@aol.com

³ Bundesamt für Verkehr BAV

Hanspeter Oprecht, Sektion Schienennetz, Mobilitätsfragen, 3003 Bern, hanspeter.oprecht@bav.admin.ch

⁴ BOEV Schweizerische Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr

Anton Scheidegger, Froburgstrasse 4, 4601 Olten, anton.scheidegger@boev.ch

Dazu sind zusätzlich diejenigen Kriterien einzubeziehen, welche als detaillierte Auflistung der „Betrachtungspunkte, Karosseriedaten und Bauteile“ in der Beilage 1 aufgeführt sind.

4 Ergebnisse des vorangehenden Projektes

Wie bereits erwähnt, wurde vom Dynamic Test Center DTC AG, 2537 Vauffelin, R. Soltermann und Team EnS ein Projekt durchgeführt mit „Fahrzeugtechnischen Betrachtungen zu Normentwurf für rollstuhlgerechte Bushalttestellen“.

4.1 Einflüsse der Betriebsbedingungen der Busse

Im Kapitel 10 dieses Berichtes wurden die Einflüsse der Betriebsbedingungen der Busse betrachtet. Die Ergebnisse der Betrachtungen (ohne Nick- und Wankbewegungen des Busses) werden hier zusammengefasst.

4.1.1 Aufbausenkung durch Beladung:

| | | |
|---|---------------------|---------------|
| Statische Radiusänderung der Reifen: | Leerer Bus | Beladener Bus |
| Abhängig von Beladung | 0 (zu Null gesetzt) | 8 mm |

| | | |
|--|-------------|---------------|
| Hysterese der Blasbälge: | Leerer Bus | Beladener Bus |
| Kurzfristige Änderungen durch Fahrbahnunebenheiten | 2 mm | 0 mm |

4.1.2 Reifenverschleiss

| | | |
|---|--------------|--|
| Reifenverschleiss (Radiusänderung): | Neuer Reifen | Verschlissener Reifen (reduzierter Radius) |
| Langsam über Lebensdauer der Reifen abnehmend | 0 | 20 mm |

4.1.3 Durchbiegung des Aufbaus bei Belastung:

Die Biegelinie des Aufbaus infolge Belastung kann ± 15 mm von der neutralen Linie abweichen. In der Mitte der Achsen und für die halbe Belastung wird dieser Wert um die Hälfte auf ± 7.5 mm reduziert.

4.1.4 Luftdrucktoleranz in den Reifen:

Es muss von einem ungefähren Fehler in der Höhe der Radachsen von geschätzten **3 mm** ausgegangen werden, dies bei voller Beladung und linear reduziert auf den leeren Bus.

4.1.5 Einstellung Kneeling:

Die Einstellung der aufbauhöhenbestimmenden Luftfederbälge kann korrigiert werden. Die Toleranz der Steuerventile beträgt ± 5 mm.

4.2 Toleranzen am Fahrzeug und im Strassenbau

Dazu wurden im Kapitel 11 desselben Berichtes auch die Toleranzen am Fahrzeug und im Strassenbau abgeschätzt. Auch diese Ergebnisse sollen hier nochmals gekürzt wiedergegeben werden.

4.2.1 Fertigungstoleranzen des Aufbaus:

In der Geradheit der Unterkante des Chassis zwischen den Achsen eines geschweissten Buschassis dürfte der Fehler ca. $\pm 5\text{mm}$ sein.

In der Breite dürfte bei den Achsen die Toleranz bei $\pm 1\text{mm}$ und bei der Karosserie resp. bei der Fahrzeugbreite bei $\pm 2.5\text{mm}$ liegen. Dazu kommt eine Einbautoleranz der Achsen gegenüber der Karosserie, welche ca. $\pm 1\text{mm}$ in der Höhe und Breite beträgt (geschätzte Werte).

4.2.2 Herstelltoleranz der Reifenquerschnittes:

Der auf den Reifenquerschnitt bezogene Fehler ist bei $\pm 3\%$ als Konstruktionstoleranz beachtliche $\pm 6\text{ mm}$ als Unterschied im Aussenradius des Reifens. Hier wird angenommen, dass der Fehler auf den statischen Radius etwas geringer ist, nämlich geschätzte $\pm 4\text{mm}$

4.2.3 Bautoleranzen der Bushaltestelle:

Anschlaghöhe der Bordsteinkante ± 3 bis 4 mm

5 Einführung in die Technik der Luftfederung

5.1 Niveauregelung (Geregelte Federungssysteme)

Als Einführung in die Niveauregelung wird hier aus dem BOSCH-Taschenbuch zitiert ⁵:

Bei weichen Aufbaufedern (Fahrkomfort) treten z.B. bei Beladung grosse Federwege auf. Um ein zu starkes Absinken zu vermeiden, werden zusätzlich Luftfedern (oder hydropneumatische Federn) eingesetzt.

Das Gasvolumen wird zur Federung genutzt. Die Niveaulage wird mechanisch an Fahrwerksteilen abgegriffen. Luft wird durch Ventile direkt in die Federn geleitet bzw. daraus abgelassen oder es werden elektronische Niveauregler zwischengeschaltet, die Magnetventile ansteuern.

Vorteile des elektronischen Systems:

- beliebig einstellbare Niveaulage (z.B. Kneeling)
- geringer Energieverbrauch durch Vermeiden der Regelzyklen bei Bremsen, Beschleunigen oder Kurvenfahrt
- Anheben des Fahrzeugaufbau bei schlechten Wegstrecken

Übernimmt die Gasfeder die Federungsaufgabe alleine (also ohne Stahlfeder), nennt man dies ein volltragendes System. Die Regelung kann an allen Achsen erfolgen, insbesondere für langwellige Schwingungen und lenkungsbedingte Rollbewegungen. Dies erfordert ein elektronisches Steuergerät, welches auch die Regelzeiten überwacht und Systemfehler erkennt.

Mit dem Einbau der Regelung auf einzelne Räder, resp. Federbeinachsen ist ein Querkraftausgleich oder eben ein „Kneeling“,⁶ möglich.

⁵ BOSCH: Kraftfahrzeugtechnisches Taschenbuch (24. Auflage, April 2002)

⁶ knee [engl.]: Knie. In herkömmlichen Wörterbüchern nicht ersichtlich. Als Kurz-Bezeichnung durch die Interessengruppen des öffentlichen Verkehrs (öV's) gewählt für das Absenken der Busse für besseren Einstieg.

5.2 Elektronically Controlled Air Suspension ECAS

Systembeschreibung der elektronischen Niveauregelung ENR aus der Service-Dokumentation „CITARO“ von Mercedes Benz:

Die ENR dient der automatischen Niveauregulierung von luftgefederten Omnibussen. Drei Sensoren erfassen kontinuierlich das Fahrzeugniveau. Zwei Sensoren befinden sich rechts und links im Radlauf der Hinterachse. Der dritte Sensor ist im rechten Radlauf der Vorderachse angeordnet.

Ein Sensor, der in der Zuleitung der Luftfederbälge der nicht abzusenkenden Seite der Hinterachse angeordnet ist, erfaßt den Druck in den Bälgen und bestimmt dadurch den einzusteuernenden Druck (in die Luftfederbälge) für die Reifendruckkompensation bei belastetem Fahrzeug.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird bei der Niveauregulierung berücksichtigt. Ein Nachregeln während der Fahrt ($v = > 0$ km/h) bei einer dynamischen Achslastverlagerung erfolgt nur dann, wenn die in einem Zeitraum von 60 Sekunden ermittelten und von der Steuerelektronik gefilterten Sensorsignale ununterbrochen vom Sollniveau abweichen. Bei einer statischen Achslastveränderung ($v = 0$ km/h) erfolgt nach Ablauf einer über Parameter einstellbaren Regelverzögerung eine Höhenkorrektur.

Diese Höhenverstellung findet nur an dem Balg statt, an dem nach Ablauf der eingestellten Regelverzögerung eine Abweichung vom Sollniveau vorhanden ist (Einzel-Niveauregelung).

Bei betätigter Betriebsbremse wird jede Regelung unterbrochen, es sei denn, mindestens eine Tür ist geöffnet (optional einstellbar).

Die Schalter für die Bedienung der Absenk- bzw. Anhebeeinrichtung sind am standardisierten Fahrerarbeitsplatz angeordnet. Die Schalterinformationen werden eingelesen und über den J-Knoten mittels CAN-Bus zum ENR-Steuergerät übertragen. Das ENR-Steuergerät ist im E-Fach hinter dem Fahrerarbeitsplatz angeordnet.

Die einseitige Absenkung (Kneeling) wird über einen Schalter (Taster) auf der Instrumententafel eingeleitet. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, ein automatisches Absenken vorzuwählen (optional). Über einen separaten Schalter (Taster), der ebenfalls auf der Instrumententafel angeordnet ist, kann unter Berücksichtigung des Vorder- und Hinterachsschalters (innerhalb der FPS) das Fahrzeug insgesamt - oder auch achsweise, je nach Ausführung - angehoben bzw. abgesenkt werden.

Beim Betätigen der Taster für Hebe-, Senk- oder Kneelingvorgänge werden die Türstellungen (geöffnet/geschlossen) berücksichtigt. Öffnet sich während des manuellen Kneelings vor der Ausgabe des Türfreigabesignals eine Tür, so stoppt der Kneelingvorgang und das Fahrzeug geht in sein Normal-Niveau zurück (Reversierung). Eine Reversierung erfolgt nur wenn 70% des Kneelingweges nicht erreicht sind (über 70% keine Reversierung). Eingeleitete Regelvorgänge können ebenfalls durch einen Stoptaster (nur bei automatischem Kneeling) unterbrochen werden. Dieser Taster ist auf der Instrumententafel angeordnet.

Kneeling (automatisch oder manuell) kann nur gestartet werden, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit $v = < 5$ km/h und wenn vorher mindestens einmal das Normalniveau aktives Sollniveau gewesen ist. Die Senk-, Hebe- oder Kneelingfunktion des Fahrzeuges kann nur bei ausreichendem Vorratsdruck (min. 6,5 bar) ausgeführt werden (Vorratsdruckschalter).

Bei den Regelvorgängen kann in Abhängigkeit des Abstandes zum Sollniveau der Rohrquerschnitt der Luftzufuhrleitungen durch eine Hauptstromdrossel auf einen kleineren bzw. größeren Querschnitt geschaltet werden, wodurch eine ruhigere Regelung möglich wird.

Warnungen und Störungen werden über das Anzeigegerät (Display) am Fahrerarbeitsplatz angezeigt.

Die ENR-Elektronik kann durch Weginformationen der Sensoren nur das Niveau zwischen Fahrzeugaufbau und Fahrzeugachse ausregeln. Je nach Anzahl der Fahrgäste im Fahrzeug erhöht sich das Fahrzeuggesamtgewicht. Die Bereifung des Fahrzeuges wird mehr oder weniger zusammengedrückt und dadurch verändert sich der Abstand zur Fahrbahn. Um die unterschiedliche Eindrückung der Bereifung des Fahrzeuges zu kompensieren, ist es möglich, in Abhängigkeit des Balgdruckes das gewünschte Sollniveau um einen druckabhängigen Niveaue Ausgleich zu korrigieren. Dadurch wird der Abstand des Fahrzeuges zur Straße (Einstiegshöhe) konstant gehalten.

Über zu programmierende Parameter wird der ENR-Elektronik mitgeteilt, ab welchem minimalen Balgdruck die Kompensation einsetzt und bis zu welchem maximalen Balgdruck sie zulässig ist. Bei maximalem Balgdruck ist die maximale Kompensation wirksam.

5.3 Vorgaben

5.3.1 Einbau der Niveauregelung

Die verschiedenen Busanbieter bauen unterschiedliche Achsen ein wie Starrachse, resp. Faustachse, Portalachse usw. oder an der Vorderachse bereits auch eine Einzelradaufhängung. Dazu sind die Motoren an unterschiedlichen Orten eingebaut. Meistens sind diese auf der linken Seite im Heck eingebaut und bei den Gelenkbussen im Anhänger. Beim 18m-Bus Van Hool AG 300 wirkt der Antrieb als Ausnahme auf die 2. Achse und der Motor ist im Zugfahrzeug eingebaut. Der Einfluss des Gewichtes der Antriebe auf die Ausgleicheung des Niveaus der Regelung ist relevant.

Für die unterschiedlichen Ausführungen und Anordnungen bietet mit ca. 80 % Marktanteil WABCO und 20 % KNORR Niveauregelungen an.

Die entsprechenden Komponenten werden also in unterschiedlichen Geometrie- und Kräfteverhältnissen der Mechanik eingebaut. Beilage 9 zeigt Hinweise, welche statischen Gegebenheiten z.B. der Kräfteverteilung zu Stabilisatoren der Achsen beachtet werden müssen. Um diesen Unterschieden gerecht zu werden, bietet die Elektronik der Luftfederung vielfältige Einstellmöglichkeiten.

5.3.2 Kalibrierung der Niveauregelung

Zur Kalibrierung stehen von WABCO umfassende Empfehlungen bereit (Beilage 9).

Zwei Aussagen aus der Praxis zeigen, dass den Buserstellern die Einstellung der Luftfederung zusammen mit den Dämpfern nicht immer zufriedenstellend gelingt. Obwohl diese hier zitierten Aussagen für Fahrten im höheren Geschwindigkeitsbereich (ausserorts) gelten, wurde von einem schlechten, im zweiten Falle von einem sogar gefährlichen Fahrverhalten gesprochen (Aufschaukeln des Anhängers eines Gelenkbusses auf der Autobahn).

Ist dies einer der Gründe, dass ein Kundendienst-/Serviceleiter von den hier einbezogenen, wichtigen Buserstellern die Parameterdaten nicht bekannt geben wollte? Diese Parameter können trotzdem in der Beilage 10 eingesehen werden.

Die mehrheitlich leeren oder mit geringer Beladung gemessenen Bussen beinhalten zudem eine systembedingte Streuungsgrösse in der Einstiegshöhe bei den Türen. Bei einem leeren Bus übersteuert die Niveauregelung beim Anheben mittels Kneeling über das Sollniveau (Beilage 9).

Es kommt hinzu, dass die Einstellung der Einstiegshöhen von den Busherstellern beim gleichen Bustyp nicht einheitlich eingehalten wird (vgl. Beilage 11). Die Einstiegshöhe wird dann allenfalls von den öffentlichen Verkehrsunternehmen über die Parameter korrigiert (vgl. die Korrekturen von Stadtbus Winterthur ebenfalls in der gleichen Beilage).

Beklagenswert ist zudem die Erkenntnis einzelner öV's (öffentlicher Verkehrsunternehmen), dass die externen Servicemonteur in ihren Bussen die Parameter in der Elektronik der Niveauregelung verändern, dies ohne zufriedenstellende Dokumentation der Veränderungen.

Weiter ist zu erwähnen, dass die Elektronik nach n-Grössen im Umfang der gewählten Mikrocontroller vorgegeben ist und die Verarbeitung in 2ⁿ unterschiedlichen Zuständen (dargestellt als „Counts“) ausgegeben wird. Diese Counts können nicht direkt in z.B. mm als Mass für die Einstiegshöhe dargestellt werden, d.h. die Interpretation der Parameter ist schwierig.

5.3.3 Korrektur der Einstiegshöhe

Der Kenntnisstand über die Einstellmöglichkeiten mit der Elektronik der Niveauregelung ist unterschiedlich:

- Öffentliche Verkehrsunternehmen, die bereits günstigere, d.h. höhere Bordsteine an den Bushaltestellen verbaut haben, sind eher sensibilisiert auf die Einstellmöglichkeiten der Niveauregelung. Diese korrigieren z.B. die Höhe der Unterkante der Karosseriefront und auch diejenige am Heck sehr genau auf ihre Bedürfnisse (Beispiel Winterthur und Zug, vgl. Beilage 11 und Beilage 12).
- Es gibt auch öffentliche Verkehrsunternehmen, bei denen die Einstellmöglichkeiten über die Parameter der Niveauregelung nicht genau bekannt sind. Es kann sein, dass in diesen Städten die Bordsteinhöhen gering sind und deshalb die Busse ausreichend Abstand zu den Bordsteinen haben.

Das öffentliche Verkehrsunternehmen in Genf wendet das Kneeling z.B. in den Volvo 7000 konsequent nicht ein. Dies nicht prioritär aus der Furcht vor Beschädigung ihrer Busse bei Haltestellen, sondern vielmehr aufgrund des Zeitverlustes im Fahrplan der Buslinien.

6 Messungen

In der 1. Phase wurde in einer **Testmessung** an 1-2 unterschiedlichen Bussen die Variabilität eines Markentyps in einem Fuhrpark ermittelt. Daraufhin sollten für die voraussichtlichen Einflüsse und die geschätzten Toleranzwerte deren Relevanz und Grenzen abgeklärt und die Betrachtungspunkte korrigierend ergänzt werden. Zudem sollte untersucht werden, ob und wie eine bestimmte Einstiegshöhe mit Einstellungen am Fahrzeug vorgegeben und erreicht werden kann (Beilage 0).

Die nachfolgenden, ausführlichen Messungen fanden in den **Depots/Werkstätten** und auf der **Linie** möglichst mit Beladung durch Fahrgäste statt. Beilage 0 zeigt die Messverfahren und –grössen und die Beilage 3 die eingesetzten Messmittel für die Messungen in den Depots/Werkstätten. Auf der Linie wurde zur Messung der Einstiegshöhen das ebenfalls bereits in den Depots eingesetzte Laser-Distanzmessgerät verwendet.

7 Testmessung

Bei zwei Mercedes-Benz O 530 G (Citaro-Gelenkbus) wurden die **Einstiegshöhen der unbeladenen Busse** ermittelt. Zusammen mit der Profiltiefe der Reifen wurde die Einstiegshöhe hochgerechnet, die die Busse mit neuen Reifen aufweisen könnten (Details vgl. **Beilage 0**):

| Testmessung in den Bieler Verkehrsbetrieben | Bus-Nr. | 141 | 148 |
|---|---------|---------------|---------------|
| | | Einstiegshöhe | Einstiegshöhe |
| 1. Türe im Zugfahrzeug | | | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | | 343 | 366 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | | 281 | 306 |
| 2. Türe im Zugfahrzeug | | | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | | 374 | 394 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | | 321 | 343 |

Mercedes-Benz gibt für diesen Bus an, dass **bei einem beladenen Bus die Einstiegshöhe an der ersten Türe 320 mm und bei den nachfolgenden 340 mm betrage.**

Die VDV empfiehlt für Stadtbusse mit Kneeling (VDV-Schrift 230, 09/2001 ⁷) im Kapitel 5.4.1 Absenkanlage ("Kneeling"): Zur Verbesserung der Einstiegsverhältnisse und Absenkung der Eintrittshöhe muss der Omnibus auf der rechten Fahrzeugseite so weit abgesenkt werden können, dass entweder **an einer Türe eine Einstiegshöhe von 250 mm oder an zwei Türen eine Einstiegshöhe von jeweils 270 mm erreicht wird.**

Die Ziele der 1. Phase wurden mit diesen Testmessungen noch nicht erreicht, jedoch die Brauchbarkeit der selbstentwickelten Messmittel (Schieblehren für die Reifen) erfolgreich geprüft.

Es fällt auf, dass zwischen Bussen gleichen Typs bereits in unbeladenem Zustand ein Unterschied bei der Einstiegshöhe von ca. 25mm besteht.

8 Einflüsse bei den Messungen

8.1 Einfluss unebener Hallenböden

In den Depots haben die Hallenböden relativ stark abfallende Platten hin zu Abflussrillen, damit das Wasser abfließen kann. Bei der Stadtbus Winterthur musste im Depot Grütze festgestellt werden, dass der Unterschied wegen dieser abfallenden Platten in der Einstiegshöhe bei ca. 20mm liegen kann, sofern man den Bus nur um ein paar Meter verschiebt (Details vgl. **Beilage 11**).

| Einstiegshöhe 1. Türe | | | |
|-----------------------|----------------|-----|---|
| mit Kneeling | unebener Boden | 293 | <i>Im Depot Bus ein paar Meter verschoben</i> 317 |

| Einstiegshöhe 2. Türe | | | |
|-----------------------|----------------|-----|---|
| mit Kneeling | unebener Boden | 347 | <i>Im Depot Bus ein paar Meter verschoben</i> 329 |

⁷ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

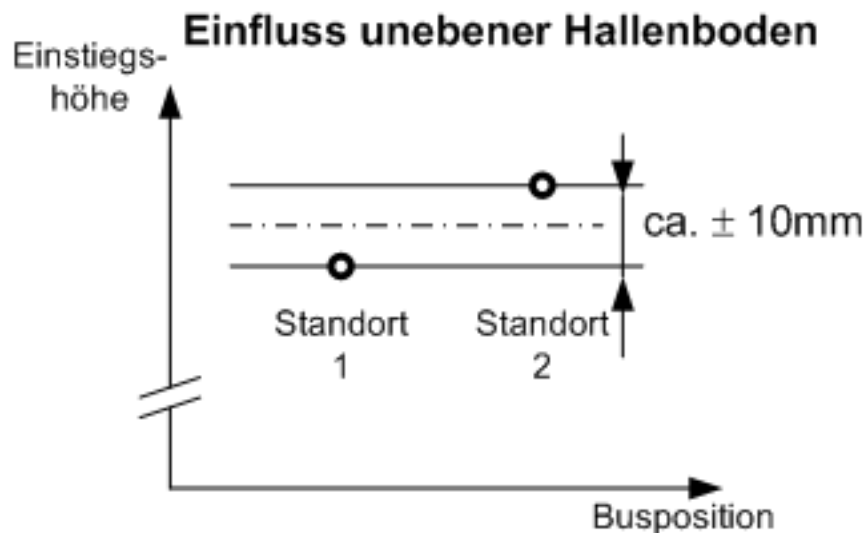


Abbildung 1: Einfluss unebener Hallenboden

8.2 Einfluss Kneelingbewegung bei leerem Bus

Für den hier betrachteten Bus Solaris Urbino 12, Bus-Nr. 203 der Stadtbus Winterthur sind die Parameter der ECAS-Regelung bekannt (Details vgl. Beilage 10 und Beilage 11).

Kneelingniveau Parameter 21 für 1WSA⁸ (Counts):

Differenz (Normalniveau1 – Kneelingniveau), um die die 1-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf: 35 Counts

Kneelingniveau Parameter 23 für 2WSA (Counts):

Differenz (Normalniveau1 – Kneelingniveau), um die die 2-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf: 35 Counts

Sollniveautoleranz Parameter 11 an der 1 WSA (hier Vorderachse):

Sollniveautoleranz 1-Wegsensorachse (≥ 3): 6 Counts

Sollniveautoleranz Parameter 13 an der 2 WSA (hier Hinterachse):

Sollniveautoleranz 2-Wegsensorachse (≥ 3): 5 Counts

Wie bereits in Kapitel 5.3 gezeigt wurde, können diese Werte schwer interpretiert werden, weil die Einbaubedingungen stark geometrieabhängig sind und nicht in mm-Massen ausgegeben werden.

Bei aufeinander folgenden Kneelinganhebungen liegt die Einstieghöhe in einem Variationsbereich von bis zu ca. Δ 14mm. Das Anhebemass des Kneelings kann um ca. 18mm unterschiedlich sein (vgl. nachfolgende Tabelle). Ähnliche Abweichungen zeigt auch Beilage 18. Der Grund liegt darin, dass bei einem unbeladenen Bus die Luftfederung beim Anheben zum Übersteuern neigt.

⁸ 1WSA, Achse mit einem Wegsensor (in der Regel die Vorderachse). 2WSA, Achse mit zwei Wegsensoren (in der Regel die Hinterachse)

In den Ausführungen der Luftregelung „Elektronically Controlled Air Suspension ECAS“ (*Beilage 9*) steht im Teil „Der Regelalgorithmus“ auch, dass bei einem unbeladenem Bus der Aufbau über das Sollniveau hinaus angehoben wird, weil dieses Übersteuern besonders bei einem leeren Fahrzeug mit dem großen Druckunterschied zwischen Vorratsdruck und Balgdruck zustande kommt. Dies weil die Luft sehr schnell in den Balg einströmt und hohe Hebegeschwindigkeiten entstehen.

| 1. Türe Einstiegshöhe | | Sollniveautoleranz Vorderachse 6 Counts | |
|--------------------------|----------|---|---------------------|
| 1. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 364 | <i>Kneelinghöhe</i> |
| 2. Messung MIT Kneeling | im Depot | 311 | <i>AB: 53</i> |
| 3. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 357 | <i>AUF: 46</i> |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 50</i> |
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 371 | <i>AUF: 64</i> |

| 2. Türe Einstiegshöhe | | Sollniveautoleranz Hinterachse 5 Counts | |
|--------------------------|----------|---|---------------------|
| 1. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 368 | <i>Kneelinghöhe</i> |
| 2. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 61</i> |
| 3. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 364 | <i>AUF: 57</i> |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 57</i> |
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 369 | <i>AUF: 62</i> |

Die Variation zwischen den Einstiegshöhen nach Absenkbewegung durch die Kneeling-Funktion ist kleiner, nämlich nur ca. $\Delta 4\text{mm}$. Das Absenkmass des Kneelings variiert ebenfalls um ca. 4mm .

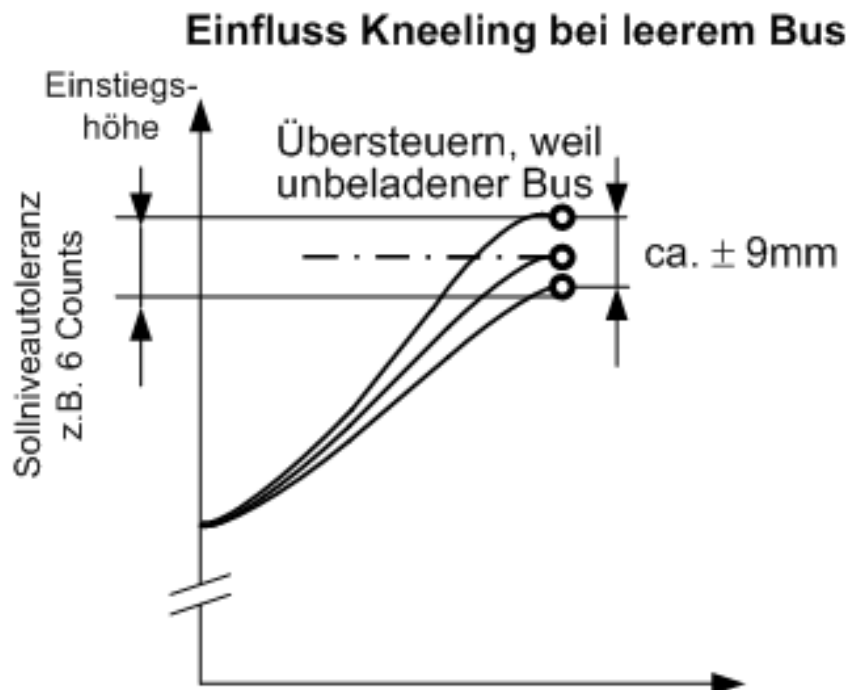


Abbildung 2: Einfluss Kneeling bei leerem Bus bei Anhebewegungen

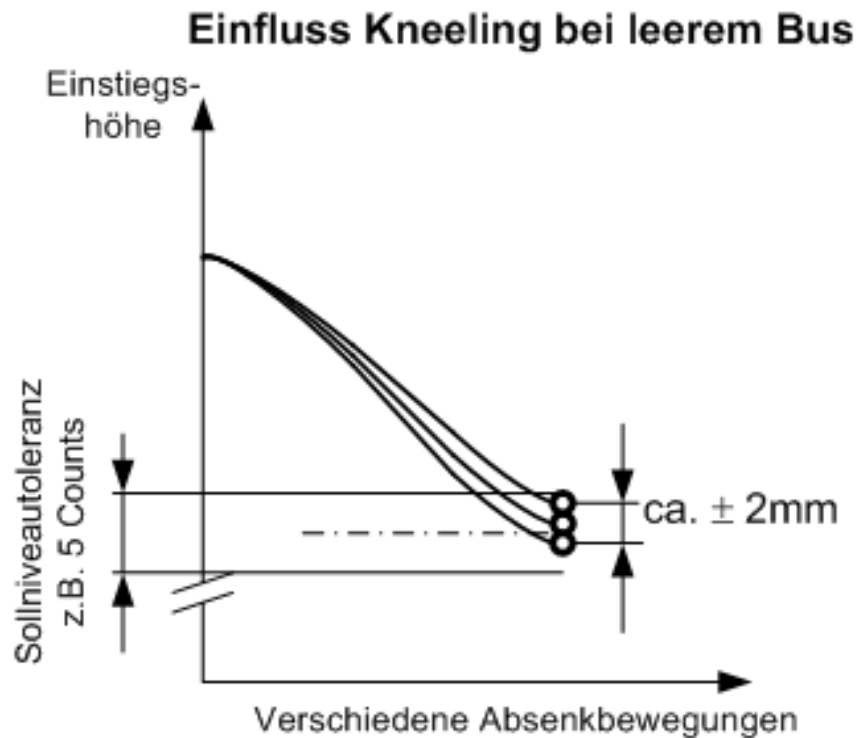


Abbildung 3: Einfluss Kneeling mit leerem Bus bei Absenkbewegungen

Die Anhebefunktion des Kneelings wurde hier an der Vorderachse ausgewiesen. Diese hat als Sollniveautoleranz⁹ 6 Counts in den ECAS-Parametern eingestellt. An der Hinterachse (vgl. Grafik oben) des Absenkens waren nur 5 Counts für das Absenken eingestellt. Dieser Unterschied zwischen den Counts kann geringfügig relevant sein, zeigt jedoch auch die Erschwernisse in deren Interpretation.

Es ist zu beachten, dass diese Überprüfung nur an einem Bus vorgenommen wurde.

Die Count-Einstellung an der Vorderachse ist mit 6 Counts eher gross. Bei der Einstellung mit geringeren Count-Werten für die Vorderachse müsste das Übersteuern etwas geringer sein, weil die Einstellung (≥ 3) empfohlen wird.

Diese Betrachtungen zeigen auch die schwierige Interpretation mit diesen „Counts“! Der unterschiedliche Einbau der Komponenten in den verschiedenen Bustypen trägt auch nicht bei zu einer einheitlichen, geradlinigen Interpretation.

Sofern der Bus (auch nur teilweise) beladen ist, wird dieses Übersteuern geringer ausfallen.

⁹ Hinweis für Leser mit Interesse für Details: In der Grafik „Beispiel eines gepulsten Regelvorgangs“ in der **Beilage 9** wird die Sollniveautoleranz genannt als Sollwerttoleranz

8.3 Einfluss Fahrt auf unebener Strasse

Der Einfluss von Fahrbewegungen auf die Einstiegshöhe beträgt bei dem hier gemessenen 12m-Bus Solaris der Stadtbus Winterthur ca. $\Delta 6\text{mm}$ (Details vgl. Beilage 11):

| 1. Türe Einstiegshöhe | | | |
|--|--------------------|-----|--|
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 371 | |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | | |
| 6. Messung OHNE Kneeling | B'hof O'winterthur | 379 | |

| 2. Türe Einstiegshöhe | | | |
|--|--------------------|-----|--|
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 369 | |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | | |
| 6. Messung OHNE Kneeling | B'hof O'winterthur | 374 | |

Beilage 18 zeigt jedoch, dass dieser Einfluss nach einer nur kurzen Fahrt auch grösser sein kann (vgl. Beispiel 2 mit der Fahrt auf dem ebenen Gelände, gemessene Einstiegshöhe bei der Türe 2).

Das scharfe Abbremsen in diesem Beispiel sollte keinen Einfluss haben, da bei einer Bremsung logischerweise die Luftfederung nicht geregelt wird. Allerdings kam wahrscheinlich ein unebener Hallenboden hinzu kam

(vgl. Kapitel 8.1), so dass die Abweichungen grösser sind:

| Einstiegshöhe | 1. Türe | 2. Türe | 4. Türe | 5. Türe |
|---|---------|---------|---------|---------|
| ohne Kneeling | 348 | 347 | 330 | 335 |
| Kurze Fahrt auf Gelände (2. Rechtskurven) mit scharfer Abbremsung | | | | |
| ohne Kneeling | 340 | 329 | 317 | 317 |

Diese Abweichungen werden hier (neben dem Einfluss des Hallenbodens) dahingehend interpretiert, dass die Solltoleranzen der Regelung in den Bussen mit unterschiedlicher Anzahl Counts eingegeben werden und verschiedene Busfabrikate differente Einbaubedingungen des Wegsensors haben (vgl. Kapitel 8.5). Bei diesem Bus beträgt der Unterschied der Einstiegshöhe bei der 2. Türe ca. 20mm.

Es wird hier angenommen, dass ein Einfluss des Hallenbodens von ca. 10mm zu diesem hohen Unterschied führte. Deshalb verbleiben in der Einstiegshöhe Unterschiede zwischen dem hier zitierten Busfabrikat von ca. $\Delta 10\text{mm}$ gegenüber dem vorher aufgeführten Bus mit ca. $\Delta 6\text{mm}$

Einfluss Fahrt auf unebener Strasse

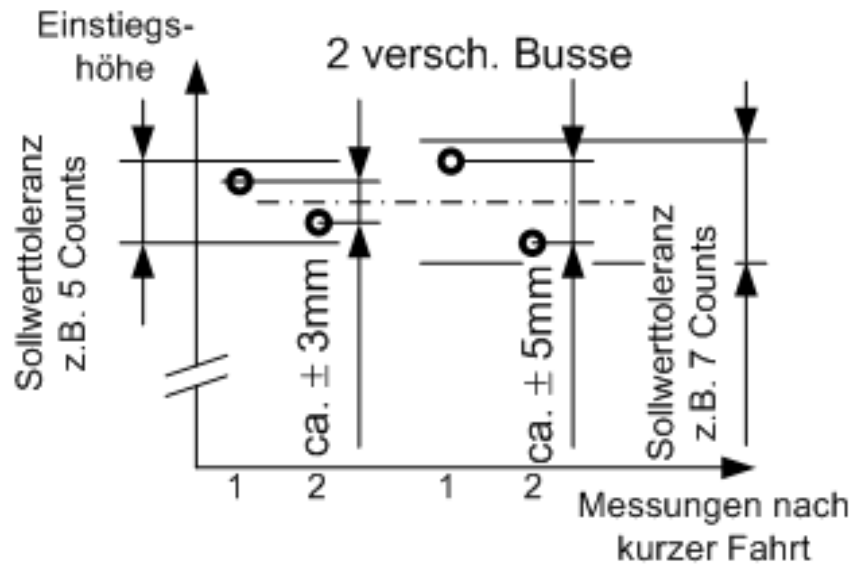


Abbildung 4: Einfluss Fahrt auf unebener Strasse

8.4 Einfluss unebene Haltestellen

Der Einfluss von unebenen Haltestellen auf die Einstiegshöhe kann bis ca. Δ 20mm betragen (Details vgl. ebenfalls Beilage 11):

| | | |
|---|---------------|-----|
| 1. Türe Einstiegshöhe | | |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | |
| danach | | |
| Fahrt mit beinahe leerem Bus vom Bahnhof Oberwinterthur an Hauptbahnhof Winterthur (Linie 10) | | |
| 7. Messung MIT Kneeling | HB Winterthur | 310 |

| | | |
|---|---------------|-----|
| 2. Türe Einstiegshöhe | | |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | |
| danach | | |
| Fahrt mit beinahe leerem Bus vom Bahnhof Oberwinterthur an Hauptbahnhof Winterthur (Linie 10) | | |
| 7. Messung MIT Kneeling | HB Winterthur | 326 |

Dies ist ungefähr der gleiche Wert, der auf der Linie mit den Volvo 7000 in Genf gemessen wurde (Details vgl. Beilage 13):

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---|---------------|--|---|---|--|
| Bus Nr. 330 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | |
| Volvo 7000 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 327 | 330 | 342 | 320 | 22 |
| 2. Türe | 363 | 363 | 375 | 349 | 26 |

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---|---------------|--|---|---|--|
| Bus Nr. 323 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | |
| Volvo 7000 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 330 | 330 | 335 | 325 | 10 |
| 2. Türe | 354 | 353 | 358 | 346 | 12 |

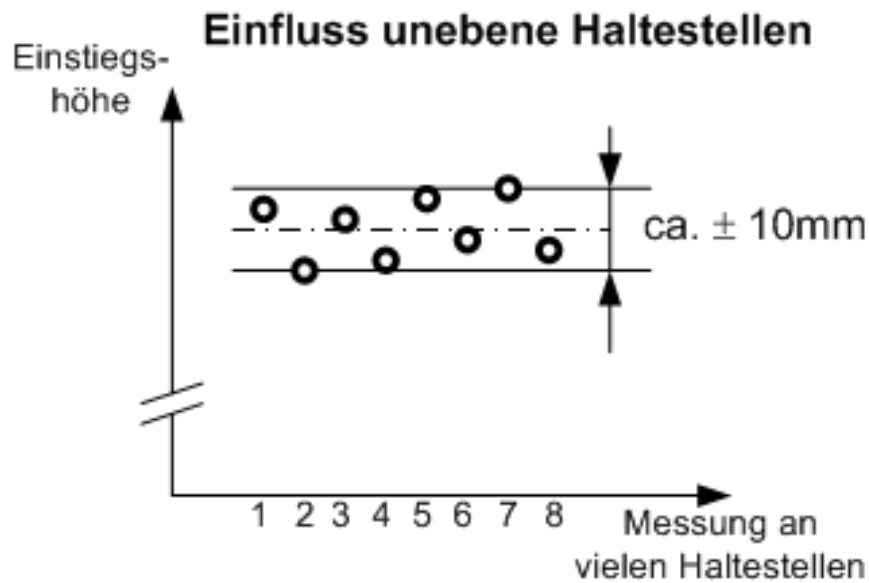


Abbildung 5: Einfluss unebene Haltestellen

Die Aussagen für folgende Werte werden im **Kapitel 9** näher erläutert:

| <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------------|--|---|---|--|
| | | | | |

8.5 Eindrückung Luftfederbalg

Die Höhe der Karosserie resp. der Federweg in mm ist nicht linear vergleichbar mit den Counts, weil der Einbau des Wegsensors stark von der Geometrie abhängig ist und zudem eine Höhenänderung in eine Drehbewegung im Sensor umgewandelt wird. Nachfolgende Abbildung ist der Datei 815_205.pdf, Elektronische Niveauregelung (ECAS) entnommen (vgl. **Beilage 9**):

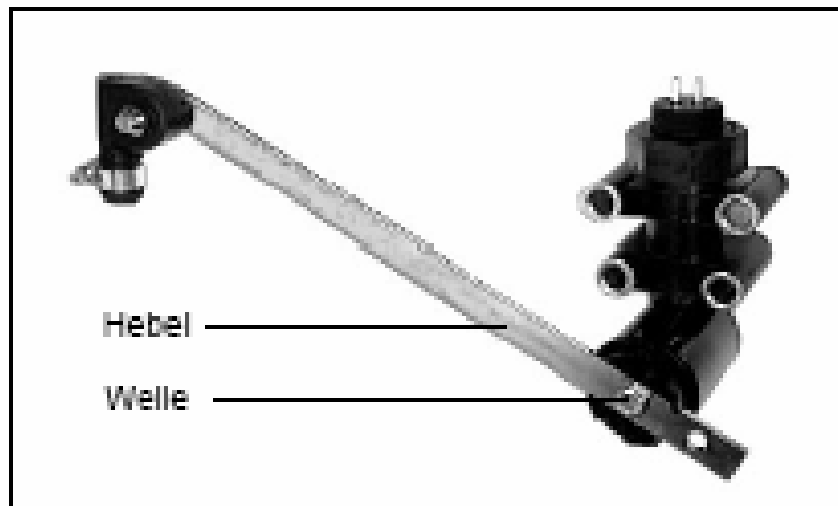


Abbildung 6: Wegsensor von WABCO

Die Werte für das Sollniveau sind: Parameter 11 = 6 Counts für die Toleranz des Sollniveaus an der 1WSA (Counts) und Parameter 13 = 5 Counts für die Toleranz des Sollniveaus an der 2WSA (Counts) (vgl. *Beilage 10*).

Da wie bereits erwähnt, die Count-Werte nicht direkt in mm umgerechnet werden können, sei hier angenommen, dass die Regel-Genauigkeit der Luftfederung bei einer Beladungs-Änderung bei geschätzten ± 5 mm liegen dürfte.

In der *Beilage 10* ist der ECAS-Parameter so eingestellt, dass dieser Solaris-Bus mit der Einstellung in Parameter 3 Bit 4 „keine Niveauregelung bei betätigter Bremse“ zulässt. Diese Bremse ist die Betriebsbremse (Fusspedal). Allerdings hat dieser Bus noch eine spezielle Haltestellenbremse, welche bei offener Türe mit etwas geringerem Druck den Bus gebremst hält. Es konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, ob mit dieser Haltestellenbremse trotz obiger Einstellung die Einstiegs-höhe bei Beladungsänderungen durch Fahrgäste geregelt wird.

Sofern keine Regelung erfolgt, dürfte zwischen leerem und voll beladenem Bus die Einfederung maximal ca. 24mm betragen (vgl. „Aufbausenkung durch Beladung“ im *Kapitel 10* „Einflüsse der Betriebsbedingungen der Busse“ *im Bericht des vorangehenden Projektes*):

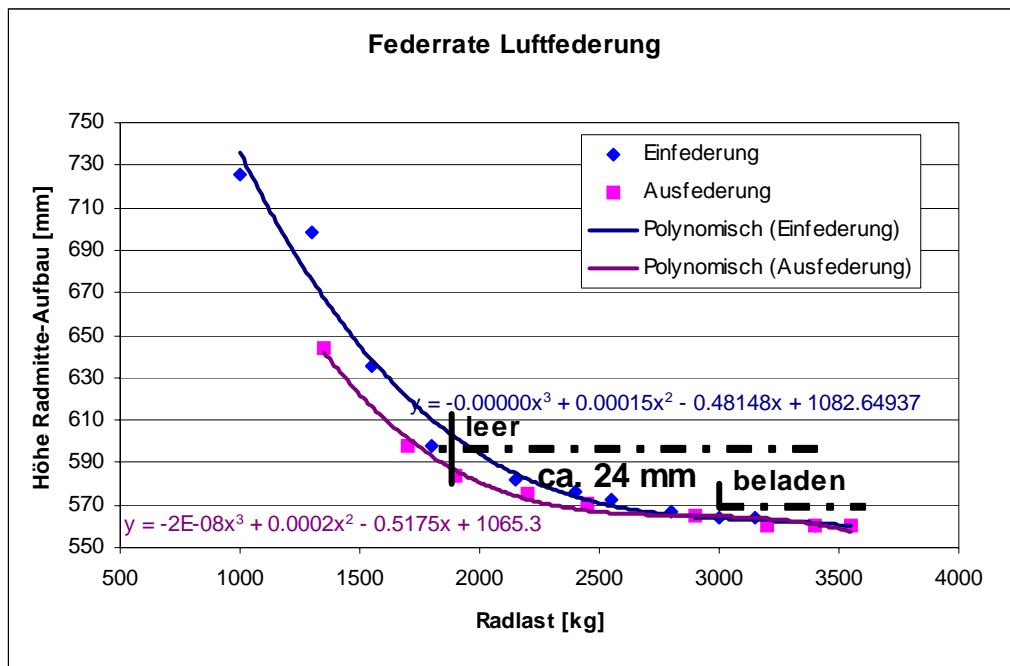


Abbildung 7: Federrate Luftfederung

Leider kann nicht abgeschätzt werden, wie viele Busse „keine Niveauregelung bei betätigter Bremse“ eingestellt haben und ob z.B. bei einer Bremsung mit einer speziellen Haltestellenbremse mit etwas geringerem Druck (bei offenen Türen) die Regelung trotzdem möglich ist.

Allerdings wird diese grosse Beladungsänderung von leer bis voll beladen an den Haltestellen selten erreicht. Nimmt man an, dass an einer vielfrequentierten Haltestelle der Bus ca. 50% beladen war und dass z.B. beim Hauptbahnhof einer Stadt alle Personen aussteigen, dürfte die Änderung der Einstiegshöhe ca. 10mm betragen.

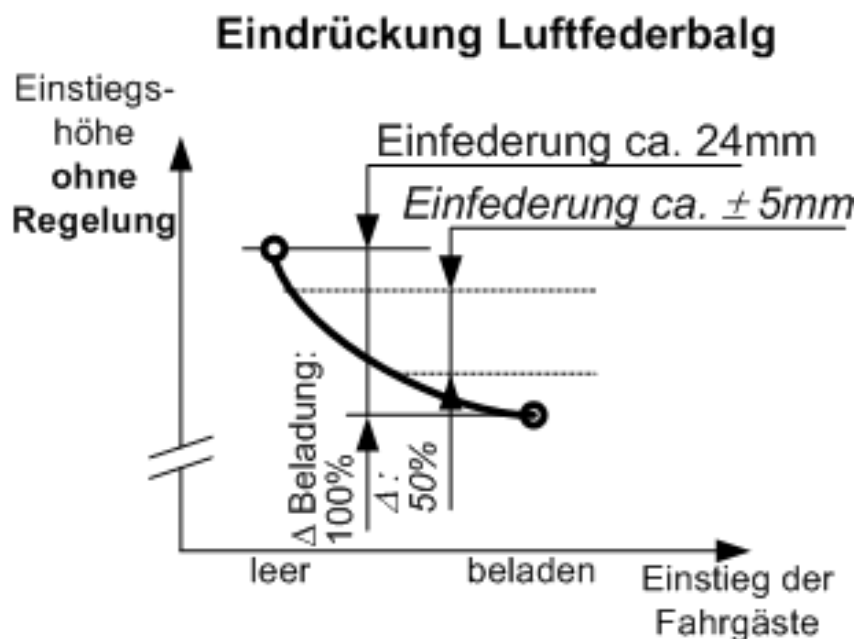


Abbildung 8: Eindrückung Luftfederbalg

8.6 Eindrückung Reifen

Bei der Beladung kommt noch die Reifeneindrückung dazu. Obwohl die Luftregelung mit einer Reifeneindrückkompensation erhältlich ist, wird hier angenommen, dass diese in den meisten Bussen nicht eingebaut ist.

Die Interpretation der Reifeneindrückung ist etwas problematisch. Die Messungen im Depot erfolgten immer mit leerem Bus und der Reifenverschleiss wurde berücksichtigt, so dass der statische Radius mit den Angaben der Normierungsbehörde für einen neuen Reifen mit Vollbeladung verglichen werden kann.

Zwischen den Vorgaben der Normierungsbehörde für Reifen und den Angaben der Reifenhersteller bestehen jedoch unterschiedliche Angaben für die Durchmesser und diese sind wegen dem Aufgummieren eher grösser als die Normvorgaben (vgl. Beilage 5).

Die Berechnung der Eindrückung ergab teilweise Fehler aufgrund dieser Unterschiede und ev. auch infolge Messfehler: In der Beilage 8 sind die ausführlichen Messungen aufgeführt und in Kapitel 12 zusammengefasst.

Reifen 12m-Busse:

| | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> |
|-------------------------------|--|
| Messpunkte Vorderachse | |
| Eindrückung leer->voll | 9 |
| Messpunkte Hinterachse | |
| Eindrückung leer->voll | 13 |

Reifen 18m-Busse:

| | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> |
|---|--|
| Messpunkte Vorderachse | |
| Eindrückung leer->voll | 7 |
| Messpunkte Hinterachse (Zugfahrzeug) | |
| Eindrückung leer->voll | 16 |

(Die Aussage der Werte „*Mittel ohne gestrichene Extremwerte*“ werden im Kapitel 9 näher erläutert.)

Für die Vorderachse gilt demnach eine ungefähre Eindrückung der Reifen durch 100%-Beladung von ca. 8mm und bei der 2. Achse von ca. 15mm, gemittelt ca. 12mm:

Eindrückung Reifen

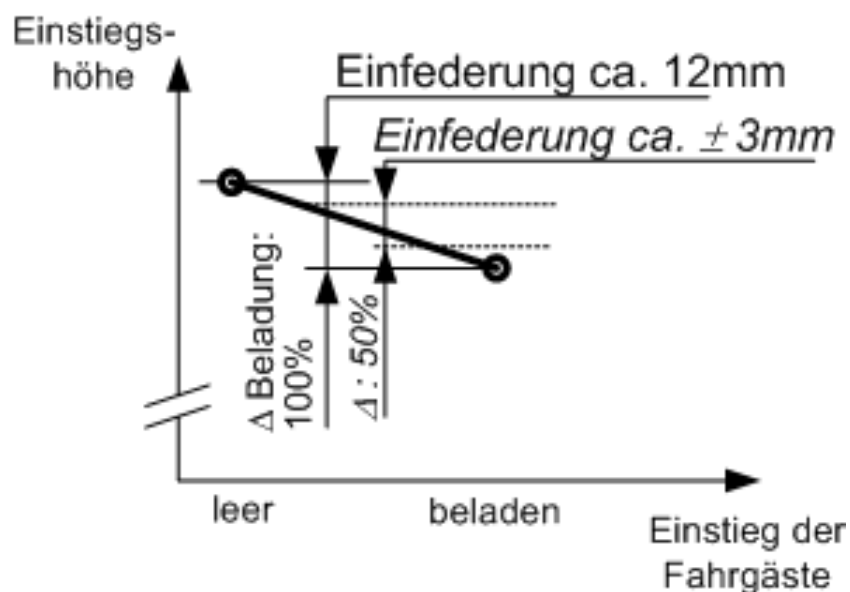


Abbildung 9: Eindrückung Reifen

Nimmt man an, dass die Beladung durch Fahrgäste auf der Linie meistens nur ca. 50% beträgt, reduziert sich die Reifeneindrückung um die Hälfte, also an der Vorderachse 4mm und bei der Hinterachse aufgerundet 8mm.

Mercedes-Benz nennt in ihrer Vertriebsdokumentation 15mm mit der optional in der Luftfederregelung erhältlichen Reifeneindrückkompensation. Zudem stehen obige Werte im Widerspruch zur Messung mit einem um 40% überladenen Bus, dies bei dem Weltrekordversuch mit einem 25m-Doppelgelenkbus, vgl. Beilage 12. Dort wurde eine Reifeneindrückung an der 1. Achse von ca. 18.5mm und an der 2. Achse mit Doppelbereifung von ca. 11.5mm gemessen, also an der 1. Achse eine grössere Eindrückung. (Diese 2 Tatsachen sind der Grund für das aufrunden der Werte in obiger Messinterpretation.)

8.7 Fertigungstoleranzen im Fahrwerk resp. Blasbälge

Es konnten gegenüber dem 1. Projekt (vgl. Kapitel 4) für das Fahrwerk keine weitergehenden Erkenntnisse gewonnen werden.

Die im 1. Projekt von den Zürcher Verkehrsbetrieben genannte Beschwerde infolge grosser Fertigungstoleranzen der Luftfederbälge wurde nicht hinterfragt. Uns scheint, dass diese Toleranzen kein Problem sein können, weil ein Luftfederbalg in der Höhe und auch in seiner Breitenausdehnung sehr flexibel ist (vgl. Beilage 12), wahrscheinlich nicht mal eine hemmende Gewebeverstärkung im Gummimantel eingebettet hat.

Ein möglicher Einfluss auf die Federcharakteristik und den Verschleiss ist hier trotzdem noch zu erwähnen, nämlich die Hitze auf den Luftfederbalg hinten links im Bus in der Nähe des Motors.

8.8 Reifendurchmesser, statischer Radius und Luftdruck

Der in den betrachteten öffentlichen Verkehrunternehmen verwendete Reifen hat die Bezeichnung 275/70 R 22,5 148/145J (DIN 70020):

Reifennennbreite 275mm, Höhe : Breite 70%, Bauart Radial, Felgen-Nenndurchmesser 22,5 in Zoll.

Dieser Reifen hat einen maximalen Aussendurchmesser im Betrieb von 973mm. Hier wird von der Normierungsbehörde ETRTO¹⁰ genannt, dass dies der maximale Durchmesser infolge bleibenden Wachstums während des Betriebes ist (vgl. Details in Beilage 5)

Als Zwischenbemerkung sei hier noch erwähnt:

-Einzig im 18m-Bus Van Hool AG 300 ist an der Vorder- und gelenkten „Anhängler“-Achse ein Reifen Michelin X 315/60 R 22.5 im Einsatz (Details vgl. Beilage 8)

-Für den 18m-Bus Hess BGT wird in Luzern an der 1. Achse der Einsatz eines tragfähigeren Reifens geprüft, nämlich ein Reifen Pirelli 305/70 R 22.5

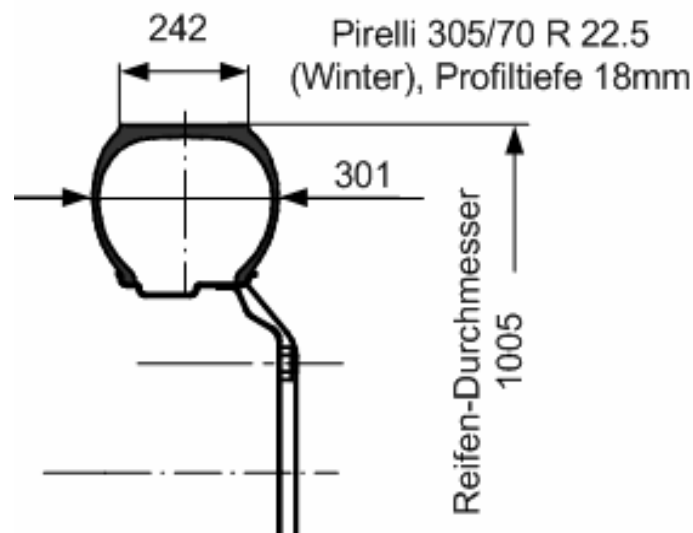


Abbildung 10: Reifen Pirelli 305/70 R 22.5

Nun wieder zu den Vorgaben der Normierungsbehörde ETRTO, zu deren Normierungsbemühungen hinzugefügt werden muss:

Die Messungen des Aussendurchmessers der Reifen zeigen teilweise einen um ca. 10mm grösseren Durchmesser. Diese Daten basieren auf einer Aufrechnung des bestehenden Reifendurchmesser mit dem Verschleiss nach ebenfalls gemessener Restprofiltiefe (vgl. Beilage 8)

Von einem öffentlichen Verkehrsunternehmen wissen wir, dass bis zu 90% der Reifen aufgummiert werden. Die Auskunftsperson der PNEU EGGGER (ebenfalls Beilage 8) konnte (oder wollte) jedoch trotz kompetenter Grundlagenerklärung nicht bekräftigen, dass diese Unterschiede infolge ihrer Aufgummierung entstehen.

Beim statischen Radius in den Messungen in Beilage 5 wird ersichtlich, dass die Vorgaben der Normierungsbehörde mit den Messungen nicht vergleichbar sind, sondern den Werten der Reifenhersteller eher Glaubwürdigkeit geschenkt werden muss (vgl. Beilage 5)

¹⁰ ETRTO, European Tyre and Rim Technical Organisation in Brüssel (jährliche Ausgaben ihrer Normierungsschrift)

Der Reifenluftdruck hat auf den Durchmesser und auch auf den statischen Radius des Reifens (bei einem leeren Bus) keinen erkennbaren Einfluss:

Im Depot wurde bei einem Reifen der 1. Achse rechts vorne gleich nachfolgend $\pm 10\%$ Reifenluftdruck simuliert. Die Auswirkungen auf den Reifendurchmesser waren mit unseren Messmitteln nicht erkennbar und sind daher vernachlässigbar.

8.9 Reifenverschleiss

Sofern die Profiltiefe der Reifen gemessen werden kann, ist der Reifen auf den Durchmesser eines neuen Reifens aufsummierbar. In den Testmessungen wurde von einer Profiltiefe von 20mm ausgegangen. Die Messungen an neuen Reifen ergab dann eine Profiltiefe von 19mm. Sofern das Profil nachgeschnitten wird, ist die „verschleissbare“ Profiltiefe resp. Reifenlaufläche 19mm. Mit diesem Wert wurde in Beilage 8 die Einstiegshöhe bei den Bussen im Depot und in Beilage 13 auf der Linie korrigiert.

Bei den Messungen der Profiltiefe war jedoch nicht erkennbar, ob es Reifen mit nachgeschnittenem Profil waren. Es ist auch nicht bekannt, ob von den öV's die Profile nachgeschnitten werden. Es konnte jedoch in Erfahrung gebracht werden, dass die meisten Reifen aufgummiert werden.

Sofern der Reifen nicht nachgeschnitten wird, vermindert sich der Verschleiss resp. Profiltiefe um die vorgeschriebene Mindestprofiltiefe.

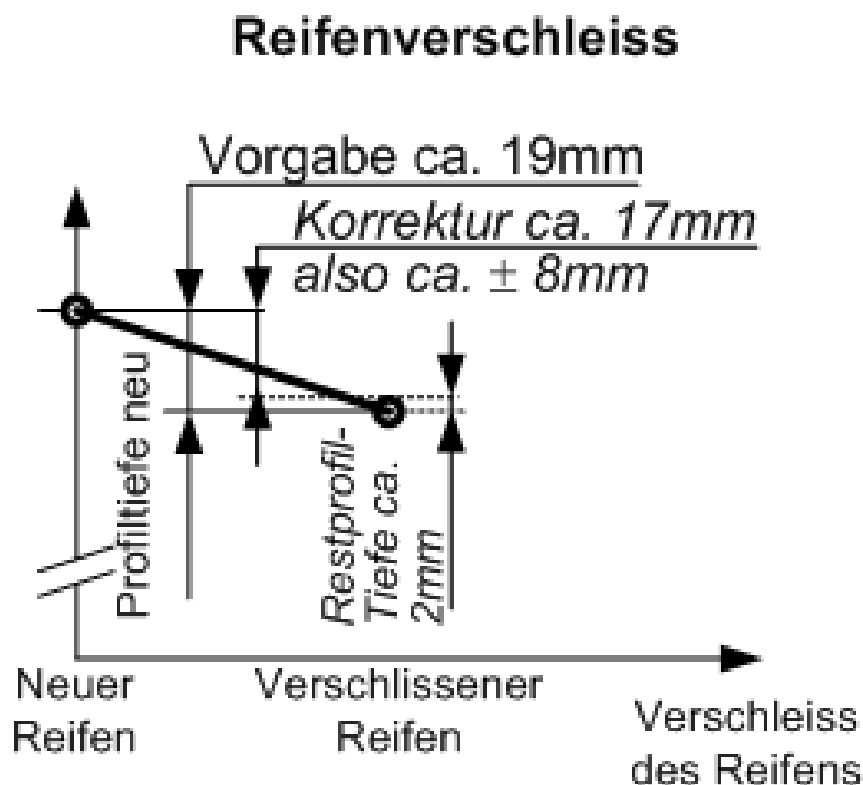


Abbildung 11: Reifenverschleiss

8.10 Zusammenfassung der Einflüsse bei den Messungen

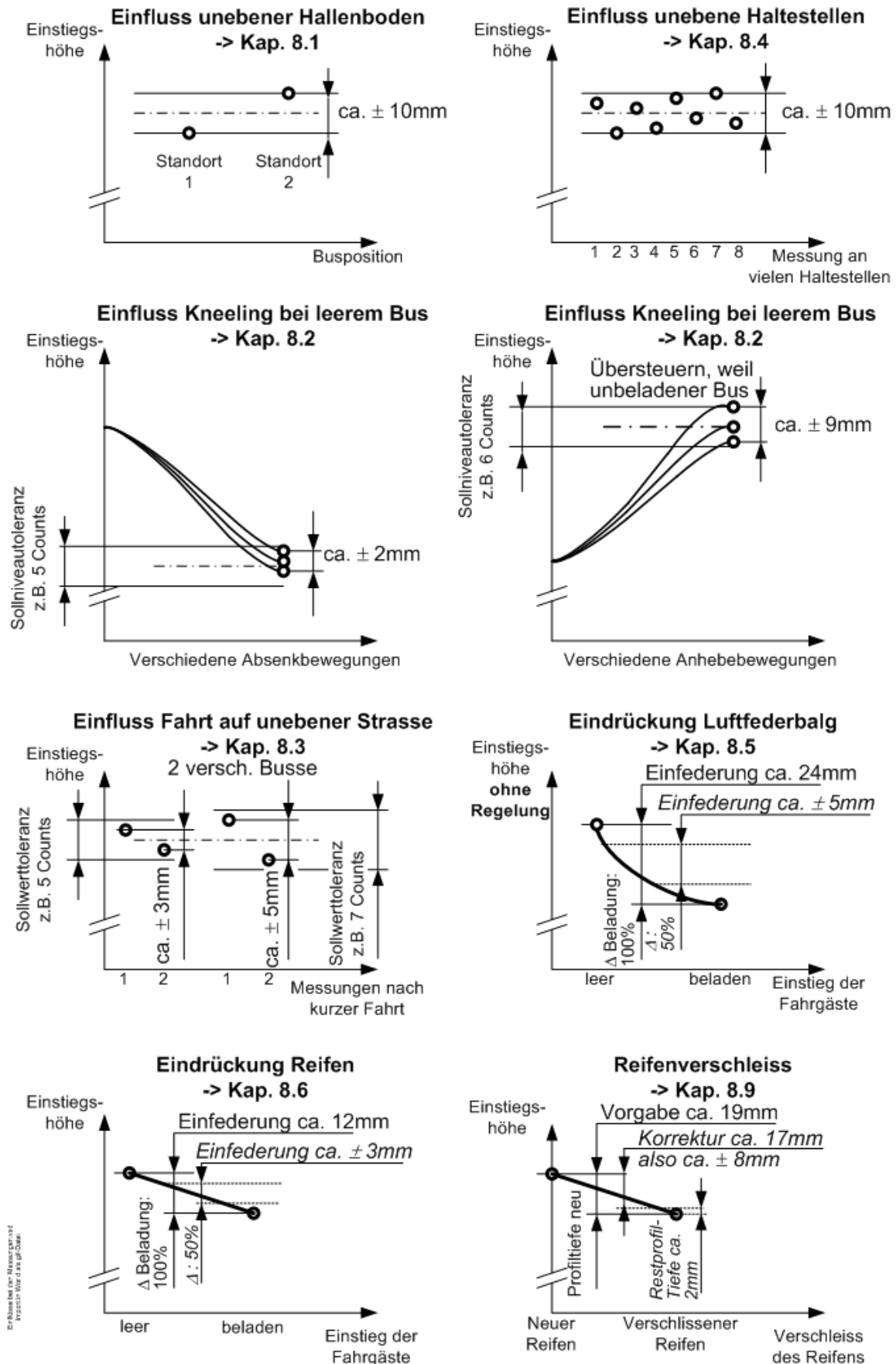
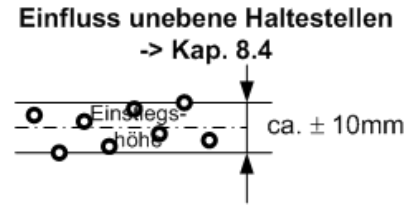
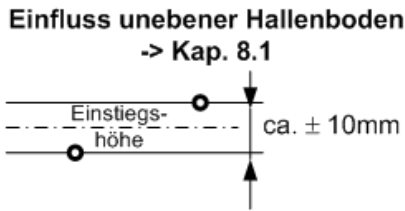


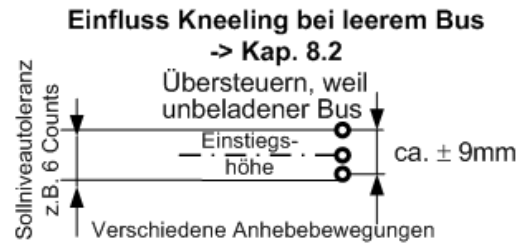
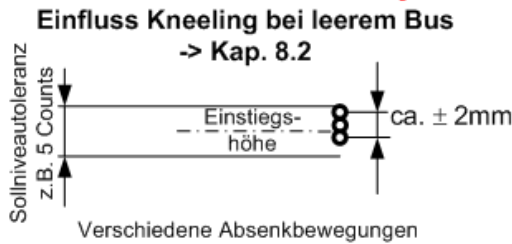
Abbildung 12: Zusammenfassung der Einflüsse bei den Messungen

8.11 Kommentare zu den Einflüssen auf die Einstiegshöhe

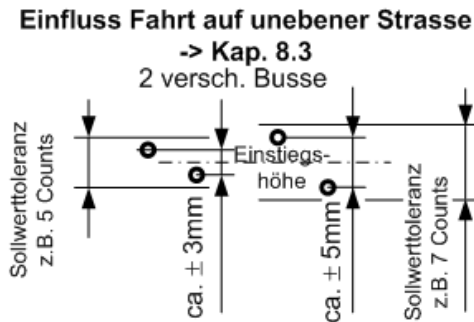
Der Einfluss eines unebenen Bodens ist gross, ca. $\pm 10\text{mm}$



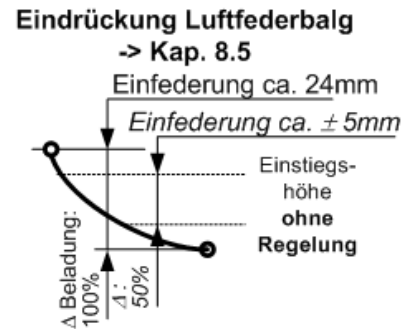
Das Kneelingmass ist beim Absenken ca. $\pm 4\text{mm}$, beim Anheben des unbeladenen Busses infolge Übersteuern der Regelung jedoch ca. $\pm 9\text{mm}$



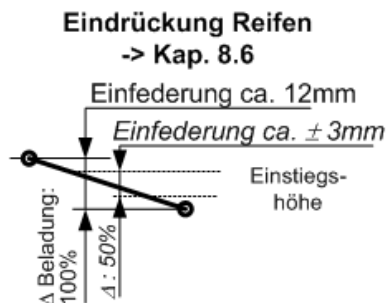
Zwischen 2 spontan gewählten Bussen ergeben sich Unterschiede in der Regelung (Achsgometrie und Parametereinstellungen)



Sofern an der Bushaltestelle die Einstiegshöhe bei Beladungsänderung nicht geregelt wird, ist die Absenkung ebenfalls gross



Die Einfederung der Reifen durch Beladung der Busse ist gross. Beladungsänderungen zwischen Haltestellen sind jedoch eher gering (einzig am HB)



Der Reifenverschleiss hat einen grossen Einfluss auf die Einstiegshöhe

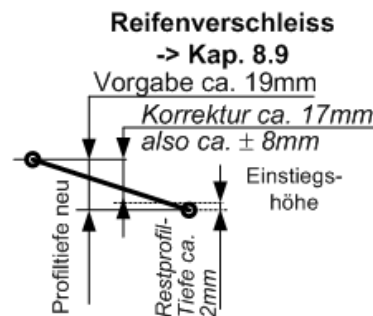


Abbildung 13: Kommentare zu den Einflüssen auf die Einstiegshöhe

8.12 Korrekturwerte der Einstiegshöhe im Depot und auf der Linie

Nachfolgend werden die Korrekturwerte für die Einstiegshöhe im Depot mit einer Beladungsänderung Δ 100% errechnet und mit angenommener Beladung Δ 50% auf der Linie verglichen.

Im Depot konnte die Profiltiefe gemessen werden, so dass der Reifen in den neuen Zustand hochgerechnet werden kann:

| | | |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Korrekturen Einstiegshöhe: Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% (vgl. <i>Tabelle 1</i> und <i>Tabelle 2</i>) | 1. Achse | 2. und folgende Achsen |
| Korrektur neuer Reifen gegenüber verschlissenen Reifen effektiv möglich, da (Rest-) Profiltiefe gemessen werden konnte In der <i>Tabelle 1</i> und <i>Tabelle 2</i> als Verschleiss eff. bezeichnet | 19- Profiltiefe = _ _ _ _ | 19- Profiltiefe = _ _ _ _ |
| Korrektur Eindrückung Reifen bei Δ 100% Beladung: 1. Achse -8mm, 2. und nachfolgende Achsen -15mm In der <i>Tabelle 1</i> und <i>Tabelle 2</i> als Eindrückung 100% bezeichnet | -8 | -15 |
| Korrektur kein Übersteuern Δ 100% Beladung: angenommener Mittelwert -3mm In der <i>Tabelle 1</i> und <i>Tabelle 2</i> als Übersteuern 100% bezeichnet | -3 | -3 |
| <i>Korrektur bei den Achsen</i> | _ _ _ _ - 11 | _ _ _ _ - 18 |
| <i>ca. gleicher Einfluss auf die Einstiegshöhe der</i> | <i>1. Türe</i> | <i>2. bis 5. Türe</i> |

Abbildung 14: Korrekturwerte im Depot bei Beladung Δ 100% mit gemessener Profiltiefe

Die gemessenen Profilwerte der Reifen im Depot seien zur Ermittlung eines Mittelwertes noch kurz analysiert:

| | Diverse Messungen der Profiltiefe im Depot | | | | | | | | Mittel |
|-------------------------------|--|----|----|-----|------|----|-----|----|-----------|
| Profil 12m 1. Achse | 10 | 19 | 9 | 7 | 11.5 | 6 | 5.5 | | 10 |
| Profil 12m 2. Achse | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 | | 16 |
| Profil 18m 1. Achse | 13.5 | 10 | 10 | 9 | 12.5 | 8 | 9 | 15 | 11 |
| Profil 18m 2. Achse | 19 | 8 | 10 | 10 | 14 | 18 | 11 | 10 | 13 |
| Profil 18m 3. Achse | 17 | 14 | 20 | 8.5 | 12 | 7 | 16 | 12 | 13 |
| <i>Mittel aller Messungen</i> | 12.5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|----|----|---|------|---|-----|----|-----------|
| Profil 12m 1. Achse | 10 | 19 | 9 | 7 | 11.5 | 6 | 5.5 | | 10 |
| Profil 18m 1. Achse | 13.5 | 10 | 10 | 9 | 12.5 | 8 | 9 | 15 | 11 |
| <i>Mittel aller Messungen</i> | 1. Achse 10.3, also ca. 10mm | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----|----|-----|----|----|----|----|-----------|
| Profil 12m 2. Achse | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 | | 16 |
| Profil 18m 2. Achse | 19 | 8 | 10 | 10 | 14 | 18 | 11 | 10 | 13 |
| Profil 18m 3. Achse | 17 | 14 | 20 | 8.5 | 12 | 7 | 16 | 12 | 13 |
| <i>Mittel aller Messungen</i> | 2. und nachfolgende Achsen 13.9, also ca. 14mm | | | | | | | | |

Die Messungen fanden im Herbst: Man sieht hier, dass bereits neue Winterpneu auf den Achsen 2 und 3 montiert waren. Allgemein gilt zudem bei den öffentlichen Verkehrsunternehmen, dass die neuen Reifen an den hinteren Achsen montiert werden, welche dann im Sommer an der vorderen Achse ausgefahren werden.

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Korrekturen Einstiegshöhe: Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | 1. Achse | 2. und folgende Achsen |
| Korrektur neuer Reifen gegenüber verschlissenen Reifen mit mittlerer Profiltiefe aus den Messungen in den Depots | 19- Profiltiefe 10mm = 9 | 19- Profiltiefe 14mm = 5 |
| Korrektur Eindrückung Reifen bei Δ 100% Beladung: 1. Achse -8mm, 2. und nachfolgende Achsen -15mm | -8 | -15 |
| Korrektur kein Übersteuern Δ 100% Beladung: angenommener Mittelwert -3mm | -3 | -3 |
| <i>Korrektur bei den Achsen</i> | -2 | -13 |
| <i>ca. gleicher Einfluss auf die Einstiegshöhe der</i> | <i>1. Türe</i> | <i>2. bis 5. Türe</i> |

Abbildung 15: Korrekturwerte im Depot bei Beladung Δ 100% mit mittlerer Profiltiefe 10 und 14mm

Obwohl in **Kapitel 8.9** von einem Verschleiss der Reifen von ca. 17mm ausgegangen wurde, sei hier der Verschleissmittelwert 8mm in Anlehnung an die Messungen der Profiltiefe in den Depots (vgl. oben) für die Messungen auf der Linie korrigiert. Die Messungen auf der Linie fanden im Sommer statt, so dass eher weniger neue Reifen montiert waren. Die Werte oben in den Depots werden etwas reduziert, also an der 1. Achse ca. **8mm** und an der 2. und den nachfolgenden Achsen **12mm**.

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Korrekturen Einstiegshöhe: Korrekturwerte auf der Linie: Beladung Δ 50% | 1. Achse | 2. und folgende Achsen |
| Verschleiss eff.: Mittelwert 8mm | 19- Profiltiefe 8mm = 11 | 19- Profiltiefe 12mm = 7 |
| Korrektur Eindrückung Reifen bei Δ 50% Beladung: 1. Achse -4 mm, 2. und nachfolgende Achsen -8mm | -4 | -8 |
| Korrektur kein Übersteuern Δ 50% Beladung: angenommener Wert -1mm | -1 | -1 |
| <i>Korrektur bei den Achsen</i> | 6 | -2 |
| <i>ca. gleicher Einfluss auf die Einstiegshöhe der</i> | <i>1. Türe</i> | <i>2. bis 5. Türe</i> |

Abbildung 16: Korrekturwerte auf der Linie bei Beladung Δ 50% mit Profiltiefe 8 und 12mm

Sofern auch auf der Linie das Reifenprofil gemessen werden konnte, werden hier die Werte „Korrektur neuer Reifen“ aus der **Beilage 13** entnommen und mit den Werten „Korrektur Eindrückung Reifen“ und „Korrektur kein Übersteuern“ zur korrigierten Einstiegshöhe ergänzt:

| | | |
|--|----------------|------------------------|
| Korrekturen Einstiegshöhe: Korrekturwerte auf der Linie: Beladung Δ 50% | 1. Achse | 2. und folgende Achsen |
| Korrektur neuer Reifen (Wert aus Beilage 13 , sofern vorhanden) | --- | --- |
| Korrektur Eindrückung Reifen bei Δ 50% Beladung: 1. Achse -4 mm, 2. und nachfolgende Achsen -8mm | -4 | -8 |
| Korrektur kein Übersteuern Δ 50% Beladung: angenommener Wert -1mm | -1 | -1 |
| <i>Korrektur bei den Achsen</i> | --- - 5 | --- - 9 |
| <i>ca. gleicher Einfluss auf die Einstiegshöhe der</i> | <i>1. Türe</i> | <i>2. bis 5. Türe</i> |

Abbildung 17: Korrekturwerte auf der Linie bei Beladung Δ 50% mit effektiver Profiltiefe

8.13 Korrekturen Einstiegshöhe 12m-Busse im Depot

Da im Depot die Profiltiefen gemessen wurden (zwischen 5.5 bis 20mm), wird die Einstiegshöhe mit effektiven Werten korrigiert (vgl. **Abbildung 14**):

| Marke und Typ | MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino | Van Hool A 330 | Volvo HESS B7L |
|---|------------|-------------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 350 | 323 | 338 | 338 | 349 | 349 | 337 |
| * MIT Kneeling | 270 | 240 | 255 | 244 | 286 | 281 | 252 |
| Kneeling | 80 | 83 | 83 | 94 | 63 | 68 | 85 |
| Profiltiefe | 10 | 19 | 9 | 7 | 11.5 | 6 | 5.5 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 9 | 0 | 10 | 12 | 7.5 | 13 | 13.5 |
| Eindrückung 100% -8 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 348 | 312 | 337 | 339 | 345.5 | 351 | 339.5 |
| * MIT Kneeling | 268 | 229 | 254 | 245 | 282.5 | 283 | 254.5 |

2. Türe vor Hinterachse

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| * OHNE Kneeling | 370 | 351 | 370 | 348 | 372 | 352 | 351 |
| * MIT Kneeling | 290 | 259 | 287 | 266 | 316 | 294 | 310 |
| Kneeling | 80 | 92 | 83 | 82 | 56 | 58 | 41 |
| Profiltiefe | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 11 | 0 |
| Eindrückung 100% -15 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 355 | 333 | 352 | 333 | 357 | 345 | 333 |
| * MIT Kneeling | 275 | 241 | 269 | 251 | 301 | 287 | 292 |

3. Türe nach Hinterachse

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| * OHNE Kneeling | 346 | 347 | 374 | | 374 | 325 | 366 |
| * MIT Kneeling | 274 | 247 | 292 | 307 | 322 | 272 | 364 |
| Kneeling | 72 | 100 | 82 | | 52 | 53 | 2 |
| Profiltiefe | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 11 | 0 |
| Eindrückung 100% -15 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 331 | 329 | 356 | | 359 | 318 | 348 |
| * MIT Kneeling | 259 | 229 | 274 | 292 | 307 | 265 | 346 |

* Einstiegshöhe

Tabelle 1: Korrektur der Einstiegshöhe der 12m-Busse im Depot bei Beladung Δ 100% mit gemessener Profiltiefe

8.14 Korrekturen Einstiegshöhe 18m-Busse im Depot:

Mit den gemessenen Profiltiefen wird die Einstiegshöhe auch hier korrigiert (vgl. **Abbildung 14**):

| Marke und Typ | HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA |
|---|-----------------|------------|------------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------------|------------|--------------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 317 | 361 | 293 | 299 | 348 | 368 | 306 | - | 330 |
| * MIT Kneeling | 248 | 245 | 228 | 221 | | 296 | 260 | - | 278 |
| Kneeling | 69 | 116 | 65 | 78 | | 72 | 46 | | 52 |
| Profiltiefe | 13.5 | 10 | 10 | 9 | | 12.5 | 8 | 9 | 15 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 5.5 | 9 | 9 | 10 | | 6.5 | 11 | | 4 |
| Eindrückung 100% -8 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 311.5 | 359 | 291 | 298 | | 363.5 | 306 | | 323 |
| * MIT Kneeling | 242.5 | 243 | 226 | 220 | | 291.5 | 260 | | 271 |

2. Türe vor Hinterachse

| | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|----------|-----|----------|----------|----|----------|
| * OHNE Kneeling | 349 | 365 | 376 | 338 | 347 | 353 | 351 | - | 360 |
| * MIT Kneeling | 278 | 290 | 305 | 282 | | 292 | 309 | - | 313 |
| Kneeling | 71 | 75 | 71 | 56 | | 61 | 42 | | 47 |
| Profiltiefe | 19 | 8 | 10 | 10 | | 14 | 18 | 11 | 10 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 0 | 11 | 9 | 9 | | 5 | 1 | | 9 |
| Eindrückung 100% -15 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 331 | 358 | 367 | 329 | 329 | 340 | 334 | | 351 |
| * MIT Kneeling | 260 | 283 | 296 | 273 | | 279 | 292 | | 304 |

(Beim Gelenkbus gibt es keine 3. Türe zwischen der 2. Achse und dem Abdeckbalg des Gelenkes. Deshalb wird die nächste Türe im Anhänger als 4. Türe bezeichnet.)

4. Türe vor Anhängerachse im Gelenkbus

| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|----|-----|
| * OHNE Kneeling | 333 | 360 | 365 | 330 | 330 | 350 | 321 | - | 367 |
| * MIT Kneeling | 264 | 287 | 283 | 280 | | 291 | 276 | - | 329 |
| Kneeling | 69 | 73 | 82 | 50 | | 59 | 45 | | 38 |
| Profiltiefe | 17 | 14 | 20 | 8.5 | | 12 | 7 | 16 | 12 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 2 | 5 | -1 | 10.5 | | 7 | 12 | | 7 |
| Eindrückung 100% -15 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | 317 | 347 | 346 | 322.5 | | 339 | 315 | | 356 |
| * MIT Kneeling | 248 | 274 | 264 | 272.5 | | 280 | 270 | | 318 |

5. Türe nach Anhängerachse im Gelenkbus

| | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|-------|-----|-----|-----|----|-----|
| * OHNE Kneeling | - | 352 | | 393 | 335 | 361 | 324 | - | 313 |
| * MIT Kneeling | - | 262 | | 335 | | 295 | 269 | - | 283 |
| Kneeling | | 90 | | 58 | | 66 | 55 | | 30 |
| Profiltiefe | 17 | 14 | 20 | 8.5 | | 12 | 7 | 16 | 12 |
| Korrekturwerte im Depot: Beladung Δ 100% | | | | | | | | | |
| Verschleiss eff. | 2 | 5 | -1 | 10.5 | | 7 | 12 | | 7 |
| Eindrückung 100% -15 Übersteuern 100% -3 | | | | | | | | | |
| * OHNE Kneeling | | 339 | | 385.5 | | 350 | 318 | | 302 |
| * MIT Kneeling | | 249 | | 327.5 | | 284 | 263 | | 272 |

* Einstiegshöhe

Tabelle 2: Korrektur der Einstiegshöhe der 18m-Busse im Depot bei Beladung Δ 100% mit gemessener Profiltiefe

9 Messungen im Depot: Einstiegshöhe

In der Beilage 8 sind die einzelnen Messresultate aus umfangreichen Messprotokollen bereits zusammengefasst, da die Wiedergabe dieser Protokolle in diesem Bericht Grenzen überschreiten würde.

Zur Auswertung wurden zudem der maximale und der minimale Wert gestrichen (vgl. Beilage 8). Die Spalten mit der Bemerkung „ohne gestrichene Extremwerte“ enthalten demnach diese Extreme nicht mehr. Diese pragmatische Vorgehensweise wurde anstelle umfassender statistischer Analysen gewählt. Damit werden die grössten Fehler durch unregelmässige Messgegebenheiten und Messungsfehler für die Messauswertung rausgenommen.

Das Schema sieht wie folgt aus:

| | | | | | |
|--|---------------|--|---|---|--|
| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|--|---------------|--|---|---|--|

Mittel: Sofern mehrere Messungen durchgeführt werden konnten, kann eine Mittelung erfolgen. Bei wenigen Messungen ist eine Mittel nicht sinnvoll und die wenigen Messungen müssen eher vorsichtig interpretiert werden.

Mittel ohne gestrichene Extremwerte: Wie bereits gleich oben erwähnt, wird das Mittel wiedergegeben ohne den Maximal- und Minimalwert.

Maximum ohne gestrichene Extremwerte: Ohne den gelöschten Maximalwert aus den Messwerten wird der verbleibende höchste Messwert aufgeführt.

Minimum ohne gestrichene Extremwerte: Ohne den gelöschten tiefsten Messwert wird wiederum aus der Messreihe der tiefste Messwert dargestellt.

Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte): Interessant ist auch die Spanne zwischen dem obersten und untersten Messresultat, dies ohne den obersten und untersten Wert, der ja vereinfacht angenommen auf einem Fehler am Messobjekt (dem Bus), in der Messumgebung oder Messung selber basieren könnte.

Die gewählte Auswertung der Messresultate wird v.a. in den Messungen auf der Linie schwierig einzuhalten sein, weil in diesen uneinheitliche resp. nichtvollständige Messergebnisse erzielt werden konnten.

Zum Beispiel wurde bei einer geringen Anzahl Messwerten an nur ca. 3 Bussen oder mit mehreren Bussen, bei denen für das gleiche Messkriterium nur ca. 3 Messungen möglich waren, das Mittel noch gebildet, jedoch keine Extremwerte gelöscht.

Wie stellt man nun die grosse Anzahl der Zahlen schnell erkennbar dar? Hier wurden die Farben gewählt, welche als Schriftfarben in der Word-Textverarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Für Schriften sind dies (ohne die weiteren Farben anzuwählen) 8 x 5 Möglichkeiten (in 8 Spalten und 5 Zeilen). Aus diesem Auswahlfenster Schriftfarben in der WORD-Textverarbeitung wurden folgende Farben gewählt und mit den hier eingeführten „Farb-Nummern“ versehen:

| | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|----|----|
| 17 | 2 | | 15 | | 14 | 13 | 16 |
| 7 | 1 | 8 | | 10 | 12 | | |
| 6 | | | 9 | | 11 | 4 | |
| 5 | | | | | | 3 | |
| | | | | | | | |

Diese Farben werden den gemessenen Werten der Einstiegshöhe zwischen 220 bis 390 mm Höhe wie folgt zugeordnet:

| Gewählte Farben aus den Auswahlfenster in der WORD-Textverarbeitung (vgl. gleich oben oder in Ihrer WORD-SW im Fenster Schriftfarbe): | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|---|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Einstiegshöhe (mm, von - bis): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 370 | 380 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 229 | 239 | 249 | 259 | 269 | 279 | 289 | 299 | 309 | 319 | 329 | 339 | 349 | 359 | 369 | 379 | 389 |
| Zusammenfassung für einfachere Interpretation: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Einstiegshöhe 220-290 mm in den Farben gelb-violett-rot-braun | | | | | | Einstiegshöhen 290-350 mm im Farbenbereich grün-blau | | | | | | Einstiegshöhen 350-390 mm in dunklen Farben | | | | |
| Korrekte Einstiegshöhe 1. Türe OHNE Kneeling* | | | | | | | | | | 310 | 320 | | | | | |
| | | | | | | | | | | - | - | | | | | |
| Korrekte Einstiegshöhe 2. Türe OHNE Kneeling* | | | | | | | | | | 330 | 340 | | | | | |
| | | | | | | | | | | - | - | | | | | |
| | | | | | | | | | | 319 | 329 | | | | | |
| | | | | | | | | | | 339 | 349 | | | | | |
| | | 240 | 250 | Korrekte Einstiegshöhe 1. Türe MIT Kneeling** | | | | | | | | | | | | |
| | | - | - | | | | | | | | | | | | | |
| | | 249 | 259 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 260 | 270 | Korrekte Einstiegshöhe 2. Türe MIT Kneeling** | | | | | | | | | | |
| | | | | - | - | | | | | | | | | | | |
| | | | | 269 | 279 | | | | | | | | | | | |

Tabelle 3: Korrekte Einstiegshöhen

* Im Kapitel 7 mit den Testmessungen wurde schon die vom Marktführers Mercedes-Benz genannte Einstiegshöhe ihrer Busse (ohne Kneeling, allerdings beladen) wiedergegeben. Diese werden hier aufgrund der grossen Verbreitung ihrer Busse als Massstab genommen. Zudem zeigen die Angaben der anderen Bushersteller, dass bei ihnen an der Türe 1 ebenfalls eine Einstiegshöhe von 320mm und an der 2. Türe von 340mm gilt (vgl. Beilage 4):

Bei beladenem Bus sollte die Einstiegshöhe ohne Kneeling an der ersten Türe 320 mm und bei den nachfolgenden 340 mm betragen.

** Wie ebenfalls in diesem Kapitel 7 erwähnt, gilt als Empfehlung des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) mit Kneeling:

Mit Kneeling sollte die Einstiegshöhe an einer Tür 250 mm oder an zwei Türen eine Einstiegshöhe von jeweils 270 mm sein.

9.1 Korrigierte Einstiegshöhe der 12m-Busse im Depot:

Hier werden die bereits im Kapitel 8.13 korrigierten Werte der Einstiegshöhe nochmals wiedergegeben und mit der korrekten Einstiegshöhe (Table 3) verglichen, indem diese bei Übereinstimmung blau und rot umrahmt werden:

| Marke und Typ | MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino | Van Hool A 330 | Volvo HESS B7L |
|---------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 348 | 312 | 337 | 339 | 345.5 | 351 | 339.5 |
| ** MIT Kneeling | 268 | 229 | 254 | 245 | 282.5 | 283 | 254.5 |
| Kneeling | 80 | 83 | 83 | 94 | 63 | 68 | 85 |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 355 | 333 | 352 | 333 | 357 | 345 | 333 |
| ** MIT Kneeling | 275 | 241 | 269 | 251 | 301 | 287 | 292 |
| Kneeling | 80 | 92 | 83 | 82 | 56 | 58 | 41 |
| 3. Türe nach Hinterachse | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 331 | 329 | 356 | | 359 | 318 | 348 |
| ** MIT Kneeling | 259 | 229 | 274 | 292 | 307 | 265 | 346 |
| Kneeling | 72 | 100 | 82 | | 52 | 53 | 2 |

** Einstiegshöhe korrigiert

Messauswertung:

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|--------------------------------|---------------|--|---|---|--|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 339 | 342 | 348 | 337 | 11 |
| ** MIT Kneeling | 259 | 261 | 282.5 | 245 | 38 |
| Kneeling | 79 | 80 | 85 | 68 | 17 |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 344 | 344 | 355 | 333 | 22 |
| ** MIT Kneeling | 274 | 275 | 292 | 269 | 23 |
| Kneeling | 70 | 72 | 83 | 56 | 27 |
| 3 Türe nach Hinterachse | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 340 | 341 | 356 | 329 | 27 |
| ** MIT Kneeling | 282 | 279 | 307 | 259 | 48 |
| Kneeling | 60 | 68 | 82 | 52 | 30 |

** Einstiegshöhe korrigiert

Nachfolgend werden für die 18m-Busse die korrigierten Werte aus dem Kapitel 8.14 wiederum in blauen und roten Rahmen als korrekte Einstiegshöhe (Table 3) markiert.

9.2 Korrigierte Einstiegshöhe der 18m-Busse im Depot:

| Marke und Typ | HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA 6x2 |
|---------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 311.5 | 359 | 294 | 298 | | 363.5 | 306 | | 323 |
| ** MIT Kneeling | 242.5 | 243 | 226 | 220 | | 291.5 | 260 | | 271 |
| Kneeling | 69 | 116 | 65 | 78 | | 72 | 46 | | 52 |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 331 | 358 | 367 | 329 | 329 | 340 | 334 | | 351 |
| ** MIT Kneeling | 260 | 283 | 296 | 273 | | 279 | 292 | | 304 |
| Kneeling | 71 | 75 | 71 | 56 | | 61 | 42 | | 47 |
| 4. Türe vor Achse im Anhänger | | | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 317 | 347 | 346 | 322.5 | | 339 | 315 | | 356 |
| ** MIT Kneeling | 248 | 274 | 264 | 272.5 | | 280 | 270 | | 318 |
| Kneeling | 69 | 73 | 82 | 50 | | 59 | 45 | | 38 |
| 5. Türe nach Achse im Anhänger | | | | | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | | 339 | | 385.5 | | 350 | 318 | | 302 |
| ** MIT Kneeling | | 249 | | 327.5 | | 284 | 263 | | 272 |
| Kneeling | | 90 | | 58 | | 66 | 55 | | 30 |

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte)</i> |
|---------------------------------------|---------------|--|---|---|---|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 322 | 320 | 359 | 298 | 61 |
| ** MIT Kneeling | 251 | 249 | 271 | 226 | 45 |
| Kneeling | 71 | 67 | 78 | 52 | 26 |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 342 | 341 | 358 | 329 | 29 |
| ** MIT Kneeling | 284 | 285 | 296 | 273 | 23 |
| Kneeling | 60 | 61 | 71 | 47 | 24 |
| 4. Türe vor Achse im Anhänger | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 335 | 334 | 347 | 317 | 30 |
| ** MIT Kneeling | 275 | 272 | 280 | 264 | 16 |
| Kneeling | 59 | 59 | 73 | 45 | 28 |
| 5. Türe nach Achse im Anhänger | | | | | |
| ** OHNE Kneeling | 339 | 336 | 350 | 318 | 32 |
| ** MIT Kneeling | 279 | 273 | 284 | 263 | 21 |
| Kneeling | 60 | 60 | 66 | 55 | 11 |

10 Messungen auf der Linie: Einstiegshöhe

Die Einstiegshöhe konnte auf der Linie bei den nachfolgend aufgeführten Bussen gemessen werden. Hier im Bericht sind nur die Einstiegshöhe bei der 1. und 2. Türe wiedergeben (Ausführliche Messzusammenfassung vgl. Beilage 13).

12m-Busse:

| | | | | |
|--------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| MAN NL 313** | Merc.-Benz O 530 | Neoplan N 4516** | Scania N 94 UB | Solaris Urbino 12 |
|--------------|------------------|------------------|----------------|-------------------|

**baugleich

18m-Busse:

| | | | | | | | |
|------------|--------------------|-----------------|------------|-----------------|---------------|------------|-------------------|
| MAN NG 353 | Merc.-Benz O 530 G | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo HESS B7LA | Hess BGT-N2 C | MAN NG 363 | Solaris Urbino 18 |
|------------|--------------------|-----------------|------------|-----------------|---------------|------------|-------------------|

Das Ziel war, diese Busse auch mit Beladung einzubeziehen. Aufgrund der ein- und aussteigenden Gästen war die Messung jedoch schwierig und nur teilweise durchführbar. Dazu kommt, dass die Beladung durch Fahrgäste eher gering war. Entsprechend der wichtigen Funktion der elektronischen geregelten Luftfederung, nämlich die Belastung auszugleichen, sollte eigentlich auch kein Unterschied festgestellt werden können. Diese Messungen machen trotzdem Sinn, nämlich durch die grössere Menge der Messungen eine höhere Vertraulichkeit zu erhalten.

Zur Auswertung der gemessenen Einstiegshöhen wurden bei ausreichender Anzahl Messwerte - wie bereits im obigen Kapitel genannt - der maximale und der minimale Wert gestrichen.

Sofern die Profiltiefe nicht gemessen werden konnte, könnte man bei angenommener Profiltiefe an der 1. Achse von 8mm und an der 2. und nachfolgenden Achsen von 12mm eine Korrektur der Eindrückung der Reifen und eine Korrektur des Übersteuern vornehmen (vgl. Abbildung 16). Weil der Unterschied an der 1. Achse 6mm und an der 2. und nachfolgenden Achsen -2mm beträgt, wird hier auf die Korrektur verzichtet.

Sofern jedoch die Profiltiefe erfasst wurde, wird nachfolgend die Einstiegshöhe mit den Werten aus der Abbildung 17 vorgenommen.

10.1 Einstiegshöhe der 12m-Busse auf der Linie

MAN NL 313

| | STI (BE) | | | | <i>Mittel</i> |
|---------|---------------|----|-----|-----|-----------------|
| Bus-Nr. | 99 | 96 | 94 | 77 | 4 Busse in 1 öV |
| | MAN NL 313* | | | | MAN NL 313* |
| | OHNE Kneeling | | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | 348 | | 310 | 343 | 334 |
| 2. Türe | 387 | | 339 | 362 | 363 |
| | MIT Kneeling | | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 284 | | 266 | 257 | 269 |
| 2. Türe | 292 | | 286 | 285 | 288 |

Korrigierte Einstiegshöhe (Da die Profiltiefe gemessen werden konnte, wird die Einstiegshöhe gemäss **Abbildung 17** korrigiert):

| | STI (BE) | | | | <i>Mittel</i> |
|---------|---------------|-----|-----|-----|-----------------|
| Bus-Nr. | 99 | 96 | 94 | 77 | 4 Busse in 1 öV |
| | MAN NL 313* | | | | MAN NL 313* |
| | OHNE Kneeling | | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | 350 | | 312 | 350 | 337 |
| 2. Türe | 379 | | 335 | 361 | 358 |
| | MIT Kneeling | | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 286 | 325 | 268 | 264 | 273 |
| 2. Türe | 284 | 355 | 284 | 284 | 284 |

Mercedes.-Benz O 530

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------------------|---------------|--|---|---|--|
| 7 Busse in 2 öV | | | | | |
| Mercedes-Benz O 530 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 318 | 317 | 322 | 305 | 17 |
| 2. Türe | 342 | 342 | 343 | 338 | 5 |
| MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 235 | 235 | 238 | 230 | 8 |
| 2. Türe | 262 | 262 | 273 | 253 | 20 |

Neoplan N 4516

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|-----------------|---------------|--|---|---|--|
| 5 Busse in 1 öV | | | | | |
| Neoplan N 4516 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 324 | 324 | 324 | 319 | 5 |
| 2. Türe | 350 | 349 | 353 | 346 | 7 |
| MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 249 | 244 | 248 | 239 | 9 |
| 2. Türe | 275 | 273 | 277 | 268 | 9 |

Scania N 94 UB

| | ZVB (ZG) | | | VBL (LU) |
|-----------------------|----------|-----|-----|----------|
| Bus-Nr. | 121 | 120 | 123 | 57 |
| Scania N 94 UB | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 308 | 325 | 352 | 319 |
| 2. Türe | 349 | 340 | 365 | 340 |
| MIT Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 252 | 277 | | 229 |
| 2. Türe | 282 | 298 | | 252 |

Solaris Urbino 12

| | WV (ZH) | | | | | <i>Mittel</i> |
|---------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| Bus-Nr. | 284 | 207 | 203 | 209 | 289 | 5 Busse in 1 öV |
| | Solaris Urbino 12 | | | | | Solaris Urbino 12 |
| | OHNE Kneeling | | | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | | | 340 | 359 | 361 | 353 |
| 2. Türe | | | 369 | 358 | 358 | 362 |
| | MIT Kneeling | | | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 282 | 294 | 286 | 309 | 295 | 296 |
| 2. Türe | 290 | 289 | 312 | 304 | | 302 |

Korrigierte Einstiegshöhe (Die Profiltiefe wurde bei der Bus-Nr. 203 gemessen, deshalb wird die Einstiegshöhe gemäss **Abbildung 17** korrigiert):

| | WV (ZH) |
|---------|-------------------|
| Bus-Nr. | 203 |
| | Solaris Urbino 12 |
| | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | 346 |
| 2. Türe | 373 |
| | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 292 |
| 2. Türe | 316 |

10.2 Einstiegshöhe der 18m-Busse auf der Linie

MAN NG 353

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|------------------------|---------------|--|---|---|--|
| 5 Busse in 1 öV | | | | | |
| MAN NG 353 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 350 | 349 | 353 | 346 | 7 |
| 2. Türe | 363 | 362 | 369 | 358 | 11 |
| MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 284 | 286 | 291 | 277 | 14 |
| 2. Türe | 294 | 293 | 294 | 291 | 3 |

Korrigierte Einstiegshöhe

Da diese Busse alle an einer Endhaltestelle gemessen wurden, also ohne Beladung, wird hier eingesetzt:

1. Achse: **Korrektur neuer Reifen (Beilage 13), Eindrückung 100% -8, Übersteuern 100% -3**

2. Achse: **Korrektur neuer Reifen (Beilage 13), Eindrückung 100% -15, Übersteuern 100% -3**

| | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | BVB (BS) | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 787 | 780 | 755 | 774 | 785 | 5 Busse in 1 öV | | | | |
| | MAN NG 353 | | | | | MAN NG 353 | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | OHNE Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 337 | 358 | 342 | 346 | 343 | 345 | 344 | 346 | 342 | 4 |
| 2. Türe | 357 | 345 | 362 | 345 | 344 | 351 | 349 | 357 | 345 | 12 |
| | MIT Kneeling | | | | | MIT Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 272 | 286 | 267 | 284 | 286 | 279 | 281 | 286 | 272 | 14 |
| 2. Türe | 281 | 281 | 291 | 278 | 278 | 282 | 280 | 281 | 278 | 3 |

Mercedes.-Benz O 530 G

| | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|--------------------|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 9 Busse in 3 öV | | | | | |
| Merc.-Benz O 530 G | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 312 | 313 | 330 | 295 | 35 |
| 2. Türe | 343 | 343 | 357 | 327 | 30 |
| MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 237 | 238 | 246 | 223 | 23 |
| 2. Türe | 287 | 287 | 318 | 273 | 45 |

Korrigierte Einstiegshöhe (Die Profiltiefe wurde gemessen, deshalb wird die Einstiegshöhe gemäss **Abbildung 17** ebenfalls korrigiert):

| | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------|--------------------|-----|----------|----------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | STI (BE) | | | VBL (LU) | | 5 Busse in 2 öV | | | | |
| Bus-Nr. | 74 | 76 | -> 76 | 132 | 135 | 5 Busse in 2 öV | | | | |
| | Merc. Benz O 530 G | | | | Merc.-Benz O 530 G | | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 327 | 312 | 284 | 321 | 312 | 306 | 310 | 316 | 307 | 9 |
| 2. Türe | 350 | 346 | 323 | 353 | 333 | 332 | 334 | 341 | 324 | 17 |
| | MIT Kneeling | | | | MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 255 | 268 | 248 | 246 | 218 | 242 | 245 | 250 | 241 | 9 |
| 2. Türe | 318 | 325 | 313 | 292 | 279 | 296 | 299 | 309 | 283 | 26 |

Van Hool AG 300

| | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|-----------------|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 6 Busse in 1 öV | | | | | |
| Van Hool AG 300 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 319 | 320 | 327 | 312 | 15 |
| 2. Türe | 340 | 338 | 343 | 335 | 8 |

Volvo 7000

An 2 Bussen wurden Messungen der Einstiegshöhe an nachfolgenden Haltestellen auf ihrer Linie durchgeführt (immer ohne Kneeling):

| | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|--|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Bus Nr. 330 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | |
| Volvo 7000 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 327 | 330 | 342 | 320 | 22 |
| 2. Türe | 363 | 363 | 375 | 352 | 23 |

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---|---------------|--|---|---|--|
| Bus Nr. 323 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | |
| Volvo 7000 | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 330 | 330 | 335 | 325 | 10 |
| 2. Türe | 354 | 353 | 358 | 346 | 12 |

Volvo HESS B7LA

| | VBSH (SH) | | | <i>Mittel</i> |
|---------|-----------------|-----|-----|-----------------|
| Bus-Nr. | 16 | 11 | 8 | 3 Busse in 1 öV |
| | Volvo HESS B7LA | | | Volvo HESS B7LA |
| | OHNE Kneeling | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | | 342 | | |
| 2. Türe | | 330 | | |
| | MIT Kneeling | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 258 | 267 | 227 | 251 |
| 2. Türe | 274 | 275 | 277 | 275 |

Zusätzlich wurden Messungen am Volvo HESS B7LA in Bern durchgeführt:

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Maximum ohne gestrichene Extremwerte</i> | <i>Minimum ohne gestrichene Extremwerte</i> | Diff. Max.-Min. (ohne gestrichene Extremwerte) |
|------------------------|---------------|--|---|---|--|
| 3 Busse in 1 öV | | | | | |
| Volvo HESS B7LA | | | | | |
| OHNE Kneeling | | | | | |
| 2. Türe | 371 | 373 | 376 | 368 | 4 |
| MIT Kneeling | | | | | |
| 2. Türe | 322 | 324 | | | |

Hess BGT-N2 C

| | TPG (GE) | |
|---------------|----------|--------|
| Bus-Nr. | 731 | -> 731 |
| Hess BGT-N2 C | | |
| OHNE Kneeling | | |
| 1. Türe | 283 | 316 |
| 2. Türe | 322 | 308 |

MAN NG 363

| | STI (BE) | |
|---------------|----------|-----|
| Bus-Nr. | 102 | 105 |
| MAN NG 363 | | |
| OHNE Kneeling | | |
| 1. Türe | 331 | 309 |
| 2. Türe | 360 | 362 |
| MIT Kneeling | | |
| 1. Türe | 261 | 234 |
| 2. Türe | 298 | 282 |

Solaris Urbino 18

| | VW (ZH) |
|--------------------|---------|
| Bus-Nr. | 331 |
| Solaris Urbino 18m | |
| OHNE Kneeling | |
| 1. Türe | 343 |
| 2. Türe | 352 |
| MIT Kneeling | |
| 1. Türe | 286 |
| 2. Türe | 294 |

11 Interpretation der Messungen Einstiegshöhe

In **Kapitel 9** wurde gezeigt:

Bei beladenem Bus sollte die Einstiegshöhe ohne Kneeling an der ersten Türe 320 mm und bei den nachfolgenden 340 mm betragen.

Beilage 4 zeigt die Werte der Hersteller für die Einstiegshöhe bei beladenem Bus (mit neuen Reifen):

| Marke und Typ | Abstand Boden zu Karosserieunterkante | Einstiegshöhe Tür #1 | Einstiegshöhe Tür #2 |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 12m-Busse | | | |
| MAN NL 313** | 280 | 320 | 340 |
| Merc.-Benz O 530 | 273 | 320 | 340 |
| Neoplan N 4516** | 280 | 320 | 340 |
| Scania N 94 UB | 275 | 327 | 327 |
| Solaris Urbino 12 | | 320 | |
| Volvo HESS B7L | | 327 | 327 |
| 18m-Busse | | | |
| MAN NG 353 | 280 | 320 | 340 |
| Merc.-Benz O 530 G | 273 | 320 | 340 |
| Van Hool AG 300 | | 330 | 330 |
| Volvo 7000 | 275 | 320 | 340 |
| Volvo HESS B7LA | | 327 | 327 |
| Neoplan N 6121 Bimode | | | |

Die Höhe des Aufbaus im Zusammenspiel mit der Geometrie und Massen resp. Kräfte sind in der Luftfederregelung zusammen mit der Dämpfung so aufeinander abzustimmen, dass ein ausgewogener und sicherer Fahrdynamikzustand entsteht. Dies ist zwar eine nicht allzu einfache Aufgabe, sollte jedoch von den Busherstellern angestrebt werden hin zu den von ihnen angegebenen Einstiegshöhen.

An den Bushaltestellen stehen die Busse still, müssen keiner Fahrdynamik gerecht werden. Allenfalls kommen im abgesenkten Zustand mittels Kneeling Kräfte auf die Achsgeometrie, die beachtet werden müssen. Ansonsten ist die Einstellung der Einstiegshöhe mit Kneeling durch die Parameter der Luftfederregelung frei einstellbar. Diese sollte nach Empfehlung des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) mit Kneeling betragen (vgl. ebenfalls **Kapitel 9**):

Mit Kneeling sollte die Einstiegshöhe an einer Tür 250 mm oder an zwei Türen eine Einstiegshöhe von jeweils 270 mm sein.

Für die Messungen der Einstiegshöhe wurden in **Kapitel 8** die Einflüsse analysiert. Infolge dieser Einflüsse wurde das Betrachtungsfenster der optimalen Einstiegshöhe auf eine Spanne ± 10 mm erweitert:

| | |
|---|-----------|
| Korrekte Einstiegshöhe 1. Türe OHNE Kneeling* | |
| | 310 - 329 |
| Korrekte Einstiegshöhe 2. Türe OHNE Kneeling* | |
| | 330 - 349 |
| Korrekte Einstiegshöhe 1. Türe MIT Kneeling** | |
| | 240 - 259 |
| Korrekte Einstiegshöhe 2. Türe MIT Kneeling** | |
| | 260 - 279 |

Bei der Auswertung in Kapitel 9 und Kapitel 10 wurden die Einstiegshöhen korrigiert, sofern es aufgrund bekannter Einflüsse möglich war. In diesen Kapiteln ist auch ersichtlich, wie gross sich diese Einflüsse auf die Einstiegshöhe auswirken.

Mit elektronischer Luftfederregelung

Ohne jede einzelne Auswertetabelle der Einstiegshöhe in diesen beiden Kapiteln noch zusätzlich zu kommentieren, muss folgendes erwähnt werden:

Die Fahrzeughersteller sollten grösseres Augenmerk auf die von ihnen ausgewiesene Einstiegshöhe richten, diese auch im praktischen Betrieb einzuhalten mithelfen.

Diese Aussage basiert auf der Einsicht in die genauen Einstellmöglichkeiten der elektronischen Luftfederregelung von z.B. WABCO. Mit diesen ist es relativ einfach möglich, die Einstiegshöhe den Wünschen resp. Vorgaben entsprechend einzustellen.

Ohne elektronische Luftfederregelung

Wir gestehen: Etwas geblendet von den Möglichkeiten der Einstellbarkeit und Vielfältigkeit der elektronischen Luftfederregelung wurde angenommen, dass Bushersteller ab ca. dem Jahre 2000 diese elektronischen Hilfen in ihrer Luftfederung einsetzen. Mercedes-Benz ermöglichte ab ca. dem Jahre 2000 die elektronische Kneeling-Absenkung und verbindet die elektronischen Möglichkeiten heute zu einem umfassenden Gesamtsystem, welche die Luftfeder-Elektronik als Teilsystem einbezieht.

Tatsache ist jedoch, dass nach Auskunft von Herrn Gisler der Firma HESS in Bellach in den Zwischenjahren die Busse meistens mit herkömmlichen, mechanischen Luftfederungen angeboten wurden, erst zukünftig mit elektronischen Systemen ausgerüstet werden.

Dilemma in der Interpretation der Messergebnisse sowie deren Auswertung:

Im Kapitel 8 wurden die Einflüsse der Luftregelung mit den Möglichkeiten der Elektronik ermittelt.

Der nächste Schritt wäre nun also zu ergründen, welche der betrachteten Busse elektronische oder noch mechanische Luftfederungen haben. Dies um die teils grossen Abweichungen in der Einstiegshöhe zuzuordnen.

Der hier gewählte Weg ist einfacher und soll im nachfolgenden Kapitel die Brücke schlagen zu den Erkenntnissen im 1. Projekt ¹¹.

¹¹ Fahrzeugtechnischen Betrachtungen zu Normentwurf für rollstuhlgerechte Bushaltestellen, Dynamic Test Center DTC, R. Soltermann

11.1 Vergleich mit dem 1. Projekt

Im o.g. 1. Projekt wurde von einer Empfehlung für die ideale Einstellung der Höhe der Unterkante von ca. 277 mm der Karosserie ausgegangen. Diese Empfehlung kann nun weitergehend kommentiert werden:

Aufbausenkung durch Beladung:

Die Annahme im 1. Projekt ging von einer Änderung des statischen Radius' von 8mm aus. Kapitel 8.6 zeigt höhere Werte, obwohl die Ermittlung der Reifeneindrückung etwas problematisch war:

| | 1. Projekt | Vorliegendes Projekt/Bericht |
|-------------------------------------|------------|---|
| Aufbausenkung durch Beladung | 8mm | 8mm an der 1. Achse, jedoch bis 15mm an der 2. Achse. |

Im 1. Projekt wurde auch die Hysterese der Blasbälge der Luftfederbälge mit 2mm einbezogen. Dieser Wert wurde nicht weiter untersucht und ist klein.

| | 1. Projekt | Vorliegendes Projekt/Bericht |
|-------------------------|------------|------------------------------|
| Hysterese der Blasbälge | 2mm | belanglos klein |

Reifenverschleiss:

Der Reifenverschleiss mit ca.19- 20mm kann übernommen werden, obwohl durch Aufgummieren der Reifen die Laufflächenhöhe nicht exakt ermittelt werden kann resp. sich Fehler in der Interpretation ergeben.

Durchbiegung des Aufbaus bei Belastung:

Die Biegelinie des Aufbaus in der Mitte der Achsen und für die halbe Belastung wurde auf ± 7.5 mm geschätzt und in diesem Nachfolgeprojekt nicht näher hinterfragt.

Luftdrucktoleranz in den Reifen:

Ursprünglich wurde von einem Fehler von 3mm ausgegangen. Sofern kein Schaden am Reifen den Luftdruck vermindert und die Einstelltoleranzen des Luftdruckes von ca. $\pm 10\%$ eingehalten werden, ist dieser Einfluss nicht erkennbar.

Fertigungstoleranzen des Aufbaus:

Die Erkenntnisse im Kapitel 4.2.1 bleiben bestehen, weil sie nicht näher analysiert wurden und nicht durch bessere Erkenntnisse korrigiert werden können:

- Geradheit des Chassis zwischen den Achsen eines geschweissten Buschassis ± 5 mm
- Toleranz bei der Breite der Achsen ± 1 mm
- Toleranz bei der Karosserie resp. bei der Fahrzeugbreite ± 2.5 mm
- Einbautoleranz der Achsen ca. ± 1 mm

Herstelltoleranz des Reifenquerschnittes:

Der auf den Reifenquerschnitt bezogene Fehler ist mit $\pm 3\%$ als Konstruktionstoleranz beachtliche ± 6 mm als Unterschied im Aussenradius des Reifens.

Im 1. Projekt wurde angenommen, dass der Fehler auf den statischen Radius etwas geringer ist, nämlich geschätzte ± 4 mm. Diese Annahme erwies sich als falsch, da zwischen unseren Messungen gegenüber den Normierungsbehörde ERTRO Fehler erkennbar wurden, die Angaben der Reifenhersteller besser sind. Dazu kommen für die Interpretation Fehlmasse durch die Firmen, welche die Reifen aufgummieren.

11.2 Grösste Einflüsse auf die Einstiegshöhe

Einstellung Einstiegshöhe und Absenkmass des Kneeling:

Die Einstellung der aufbauhöhenbestimmenden Luftfederbälge kann korrigiert werden. Die Toleranz der Steuerventile beträgt $\pm 5\text{mm}$. Dies war die ursprüngliche Aussage aus dem 1. Projekt.

Hier wird unterschieden zwischen einer herkömmlichen „mechanischen Luftfederregelung“ und einer „elektronischen Luftfederregelung“, die mit einem System ähnlich der in diesem Bericht näher betrachteten ECAS-Regelung von WABCO unterstützt wird:

| | mechanische Luftfederregelung | elektronische Luftfederregelung |
|---|---|--|
| Einbau durch Bushersteller | Abstimmung der Fahrwerkgeometrie für möglichst harmonische Fahrdynamik nahe an propagierter Einstiegshöhe | |
| Einstellung durch Bushersteller | Bushersteller übernehmen Vorgaben der öV's oder bestimmen als Vorgabe die technischen Masswerte selbst | |
| Voreinstellung der Luftfederregelung | Ca. $\pm 5\text{mm}$ am „Stängeli“ zwischen Busaufbau und Fahrwerk | Starre Verbindung |
| Kalibrierung | Mit obiger Einstellung am „Stängeli“ | Feinfühlige Möglichkeiten unter Einbezug von Richtlinien der elektronischen Logik (geschulte Mitarbeiter nötig!) |
| Regelgenauigkeit | geschätzte ca. $\pm 10\text{mm}$ | Geschätzte ca. $\pm 5\text{mm}$ |
| Einstellbarkeit der Einstiegshöhe | Mechanisch orientiert, Prüfung mit Messung in mm am Bus notwendig | Abstrakte elektronische Eingaben, Prüfung zusätzlich mit Messung in mm am Bus notwendig |
| Nachstellung der Einstiegshöhe nach Reparatur oder Ersatz | Nachprüfung mit Messung in mm am Bus | |

Geschätzte Werte für die Regelgenauigkeit: Es konnten keine Aussagen über die Regelgenauigkeit ermittelt werden. Deshalb wird angenommen, dass die mechanische Luftfederregelung etwas ungenauer sein dürfte als die elektronische.

Für folgende Aussagen muss nicht unterschieden werden zwischen mechanischer und elektronischer Luftfederregelung.

Die Bushersteller werden sagen, dass sie die Einstellung genau vornimmt:

| | |
|---------------------------------|--|
| Einstellung durch Bushersteller | Bushersteller übernehmen Vorgaben der öV's oder bestimmen als Vorgabe die technischen Masswerte selbst |
|---------------------------------|--|

Wir haben jedoch bemerkt, dass dies teilweise nicht stimmt und in den Werkstätten der öffentlichen Verkehrunternehmen die Einstiegshöhe korrigiert werden musste (Beilage 11).

Am wichtigsten ist das Verständnis für eine möglichst richtige Einstiegshöhe. Dies erfordert jedoch eine neue Einstellung der massgebenden Elemente, sofern die Nachprüfung eine unterschiedliche Einstiegshöhe ergibt:

| | |
|---|----------------------------------|
| Nachstellung der Einstiegshöhe nach Reparatur oder Ersatz | Prüfung mit Messung in mm am Bus |
|---|----------------------------------|

Wir glauben, dass nur so die grossen Unterschiede in der Einstiegshöhe verbessert werden können. Allerdings gibt es neben den hier aufgeführten und diskutierten Einflüssen ein weiteres, wichtiges Kriterium mit einem grossen Einfluss. Dies sind die Bautoleranzen der Bushaltestelle.

Bautoleranzen der Bushaltestelle:

Anschlaghöhe der Bordsteinkante ± 3 bis 4 mm.

Diese Angabe aus dem 1. Projekt dürfte weiterhin richtig sein. In den Messungen kam jedoch ein viel grösserer Einfluss auf die Einstiegshöhe hinzu, nämlich die Geradlinigkeit der Bushalteplattform: Die Messungen der Einstiegshöhe ohne Kneeling an nachfolgenden Bushaltestellen ergaben bei einer Belastung von ca. 0 – 50% Fahrgästen Unterschiede in der Einstiegshöhe bis 20mm.

Es kann angenommen werden, dass zwischen den Bushaltestellen normalverteilte Unterschiede in der Geradlinigkeit bestehen und durch die grosse Anzahl Messungen die Abweichung der Luftfederung unberücksichtigt bleiben kann.

Die Messungen an aufeinanderfolgenden Bushaltestellen mit einem Bus Volvo 7000, Bus Nr. 330 in Genf, ergaben folgende Einstiegshöhen (immer ohne Kneeling) (**Beilage 13**):

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. Türe | 285 | 341 | 326 | 325 | 326 | 342 | 332 | 342 | 320 | 330 | 328 | |
| 2. Türe | 361 | 383 | 346 | 352 | 365 | 375 | 370 | 362 | 362 | 366 | 349 | 368 |

Streicht man den maximalen und minimalen Wert (um mögliche Messfehler auszuschliessen), verbleiben folgende Einstiegshöhen:

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. Türe | - | 341 | 326 | 325 | 326 | - | 332 | 342 | 320 | 330 | 328 | |
| 2. Türe | 361 | - | - | 352 | 365 | 375 | 370 | 362 | 362 | 366 | 349 | 368 |

| | Mittelwert | Standardabweichung | Varianz | Maximalwert | Minimalwert | Max-Min |
|---------|------------|--------------------|---------|-------------|-------------|---------|
| 1. Türe | 330 | 7.3 | 53 | 342 | 320 | 22 |
| 2. Türe | 363 | 7.8 | 65 | 375 | 349 | 26 |

Mit 95% Sicherheit liegen die Bushaltestellen auf dieser Linie in Genf in einem Bereich ‚Mittelwert ± 2 *Standardabweichung‘, also bei der 1. Türe zwischen 345 und 315mm und an der 2. Türe zwischen 379 und 347mm.

Diese gegenüber **Kapitel 8.4** etwas genauere Betrachtung zeigt also Unterschiede der Einstiegshöhe an der 1. Türe von ± 14.6 mm und an der 2. Türe ± 15.6 mm

68% der Bushaltestellen liegen innerhalb ‚Mittelwert \pm Standardabweichung‘, also bei der 1. Türe ± 7.3 mm (zwischen 337 und 323mm) und an der 2. Türe ± 7.8 mm (zwischen 371 und 355mm).

Der zweite gemessene Bus mit vielen Messungen auf seiner Linie (gleiche Beilage) ergab geringere Unterschiede. Allerdings wurden mit diesem auch eine kleinere Anzahl Messungen der Einstiegshöhe aufgenommen.

12 Messungen im Depot: Reifen

Im Depot wurden die Reifen gemessen und mit den Vorgaben der Normierungsbehörde für Reifen oder mit den Angaben der Reifenhersteller verglichen. Bereits im **Kapitel 8.6** wurde darauf hingewiesen, dass die Interpretation der Reifeneindrückung problematisch ist. Mit dem effektiven Reifendurchmesser und der Profiltiefe ergaben sich hochgerechnet Werte für neue Reifen, die im Durchmesser teilweise über den Vorgaben der Normierungsbehörde oder der Reifenhersteller waren (Details vgl. **Beilage 5** und **Beilage 8**). Die Ursache kann im Aufgummieren der Reifen liegen. Deshalb sind Werte in der untenstehenden Auswertung, welche schlicht nicht möglich sind, vgl. z.B. die mittlere Reifeneindrückung der 18m-Busse an der Vorderachse, welche als Eindrückung von leer zu voll beladen negativ ist (Minuszeichen heisst hier nach oben).

Bei den Messungen der Reifenbreite ergaben sich zudem Unterschiede, weil die Breite abhängig ist vom Abnutzungsgrad der Reifenflanke auf beiden Seiten des Reifens. Dies kann auch Auswirkungen haben auf die Messwerte der Abplattung.

Ob die mittlere halbe Abplattung an der 2. Achse der Gelenkbusse nur die Hälfte der übrigen Abplattungswerte durch höheren Luftdruck zustande kam, ist nicht bekannt. Es könnte durchaus sein, dass dieser Luftdruck an dieser Achse wegen höher zu erwartende Belastung grösser vorgeschrieben wird.

12.1 Reifen der 12m-Busse im Depot

Wiederum die gleichen betrachteten **12m-Busse**:

| | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| MAN NL 313** | Mercedes-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516** | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino 12m | Van Hool A 330 | Volvo HESS B7L |
|-----------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|

Reifen 12m-Busse:

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> |
|-------------------------------|---------------|--|
| Messpunkte Vorderachse | | |
| Reifendurchmesser neu | 977 | 977 |
| Eindrückung leer->voll | 9 | 9 |
| Reifenbreite neu | 275 | 274 |
| halbe Abplattung | 8 | 8 |
| Messpunkte Hinterachse | | |
| Reifendurchmesser neu | 977 | 978 |
| Eindrückung leer->voll | 13 | 13 |
| Reifenbreite neu | 274 | 274 |
| halbe Abplattung | 8 | 8 |

12.2 Reifen der 18m-Busse im Depot

Bei den **18m-Bussen** wurden dieselben wie in den oberen Kapiteln betrachtet:

| | | | | | | | |
|---------------|---------------------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------------------|
| MAN NG 353 | Merc.- Benz O 530 G | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo HESS B7LA | Hess BGT- N2 C | MAN NG 363 | Solaris Urbino 18 |
|---------------|---------------------------|--------------------|------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------------------|

Reifen 18m-Busse:

| | <i>Mittel</i> | <i>Mittel ohne gestrichene Extremwerte</i> |
|---|---------------|--|
| Messpunkte Vorderachse | | |
| Reifendurchmesser neu | 976 | 975 |
| Eindrückung leer->voll | -2 | 7 |
| Reifenbreite neu | 279 | 274 |
| halbe Abplattung | 9 | 10 |
| Messpunkte Hinterachse (Zugfahrzeug) | | |
| Reifendurchmesser neu | 972 | 972 |
| Eindrückung leer->voll | 14 | 16 |
| Reifenbreite neu | 275 | 275 |
| halbe Abplattung | 4 | 4 |
| Messpunkte Achse im Anhänger, <u>Gelenkbus</u> | | |
| Reifendurchmesser neu | 974 | 972 |
| Eindrückung leer->voll | 7 | 6 |
| Reifenbreite neu | 277 | 272 |
| halbe Abplattung | 8 | 8 |

Es ist bekannt, dass innerorts und meistens auch über Land ein Reifen 275/70 R 22.5 verwendet wird.

Einzig Van Hool setzt einen speziellen Reifentyp an der Vorder- und „Anhänger“-Achse ein:

Van Hool New AG 300 (18m) mit einem Reifen Michelin X 315/60 R 22.5, in der ersten Achse sowieso und in der letzten Achse auch nicht doppelbereift, jedoch auch „gelenkt“.

13 Messungen im Depot: Karosserie

Im Depot wurde auch der Abstand der Radkomponenten zur Karosserie aufgenommen. Die Messpunkte sind in der Beilage 2 beschrieben und die Messwerte sind in der Beilage 8 aufgeführt.

In der gleichen Beilage 8 sind auch die Längenmasse der Busse eingetragen, so dass nachfolgend die Daten aus dem früheren Projekt (Beilage 4) ergänzt werden können.

13.1 Abstand zu Karosserie 12m-Busse

| Marke und Typ | | | | | | | |
|---------------|------------|-------------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino | Van Hool A 330 CNG | Volvo HESS B7L |

| Messpunkte Vorderachse | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -21 | -10 | -10 | -22 | | -7 | -18 |
| Laufflächeseite | 64 | 77 | 64 | 93 | 63 | 78 | 85 |
| Innerer Verschleissring | 49 | 65 | 55 | 83 | 53 | 70 | 71 |
| Felge | 64 | 83 | 76 | 101 | 70 | 87 | 89 |
| Radkappe (Schutzring) | 5 | -2 | 17 | 28 | 13 | 6 | 4 |

| Messpunkte Hinterachse | | | | | | | |
|-------------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -15 | -9 | | | | -8 | -22 |
| Laufflächeseite | 29 | 44 | 31 | 81 | 34 | 34 | 42 |
| Innerer Verschleissring | 15 | 33 | | 62 | 19 | 18 | 27 |
| Felge | 29 | 51 | 24 | 80 | 37 | 31 | 36 |
| Radkappe (Schutzring) | -10 | | | | 16 | | 16 |

Die halbe Abplattung der Reifen liegt bei ca. 8mm (vgl. Messungen Reifen). Das heisst, dass die Reifen unten um ca. 16mm breiter sind.

Diese halbe Abplattung kann bei obigen Messungen beim Abstand des inneren Verschleissringes zur Karosserie abgezogen werden.

13.2 Abstand zu Karosserie 18m-Busse

| Marke und Typ | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|------------|------------|---------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------|-----------------|
| | HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz Citaro O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino | Van Hool New AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA |

Messpunkte Vorderachse

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -16 | -8 | -16 | -5 | -12 | | -7 | -9 | -18 |
| Laufflächeseite | 105 | 62 | 63 | 84 | 61 | 60 | 64 | 96 | 103 |
| Innerer Verschleissring | 87 | 45 | 44 | 72 | 49 | 50 | 52 | 81 | 84 |
| Felge | 101 | 57 | 59 | 90 | 68 | 65 | 67 | 96 | 99 |
| Radkappe (Schutzring) | 15 | -26 | -2 | 5 | 12 | 9 | 9 | 19 | 15 |

Messpunkte Hinterachse (Zugfahrzeug)

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -22 | -8 | -15 | -7 | -16 | | -5 | -8 | -19 |
| Laufflächeseite | 74 | 36 | 30 | 49 | | 34 | 28 | 34 | 69 |
| Innerer Verschleissring | 50 | 19 | 13 | 32 | 3 | 26 | 11 | 20 | 42 |
| Felge | 68 | 36 | 32 | 54 | | 43 | 26 | 38 | 59 |
| Radkappe (Schutzring) | | 9 | -9 | | | 24 | | | |

Messpunkte Achse im Anhänger, Gelenkbus

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -20 | -10 | -14 | -8 | -6 | | -9 | -8 | -20 |
| Laufflächeseite | 70 | 41 | 28 | 54 | | 44 | 66 | 39 | 63 |
| Innerer Verschleissring | 49 | 21 | 19 | 39 | 10 | 28 | 54 | 25 | 38 |
| Felge | 66 | 36 | 37 | 52 | | 37 | 70 | 42 | 57 |
| Radkappe (Schutzring) | | 15 | -12 | | | | 10 | | |

Diese halbe Abplattung von ca. 8mm kann wiederum beim Abstand des Verschleissringes zur Karosserie abgezogen werden.

13.3 Messungen im Depot: Längen

Die Tabelle aus dem 1. Projekt kann ergänzt werden mit den zusätzlich einbezogenen Bussen, der „neuen“ Fahrzeuglänge für Gelenkbusse 18,75 m (vgl. **Beilage 14**) und kleinen Korrekturen (Details vgl. am Ende der **Beilage 8**).

| Marke und Typ | Anzahl zwischen 2000-2004 | Gesamtlänge | Radstand | Radstand Anhängerachse | Vorderer Überhang | hinterer Überhang | Position Tür #1 | Position Tür #2 | Position Tür #3 | Abstand Front zu 1. Türe | Abstand 1. Türe zu 2. Türe | Abstand 1. Türe zu 3. Türe im Anhänger |
|--|---------------------------|--------------|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 12m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NL 313** | 60 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2810 | | | -4423 | |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | 11950 | 5845 | | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | | 1105 | -5820 | |
| Neoplan N 4516** | 41 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2815 | | | -4418 | |
| Scania N 94 UB | 28 | 11995 | 5875 | | 2731 | 3389 | 1610 | 3520 | | | -5130 | |
| Solaris Urbino 12 | 32 | 12000 | 5900 | | 2700 | 3400 | 1580 | 3590 | | 1120 | -5170 | |
| Volvo HESS B7L | 28 | 11965 | 5845 | | 2750 | 3370 | 1610 | 2860 | | 1140 | -4470 | |
| Van Hool A 330 CNG | 22 | 11995 | 5790 | | 2715 | 3490 | 1640 | 3400 | | 1075 | -5040 | |
| 18m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NG 353 | 29 | 17950 | 5105 | 6770 | 2700 | 3375 | 1650 | 3550 | 10250 | 1050 | -5200 | -11900 |
| Merc-Benz O 530 G | 153 | 17940 | 5845 | 5990 | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | 10180 | 1105 | -5820 | -11780 |
| Van Hool AG 300 | 32 | 17985 | 5790 | 7150 | 2715 | 2330 | 1700 | 3300 | 10800 | 1015 | -5000 | -12500 |
| Volvo 7000 | 90 | 17944 | 5190 | 6755 | 2665 | 3334 | 1585 | 2715 | 9485 | 1080 | -4300 | -11070 |
| Volvo HESS B7LA | 25 | 17989 | 5230 | 6660 | 2700 | 3399 | 1610 | 2860 | 9480 | 1090 | -4470 | -11090 |
| | | | 5817 | 6100 | | | | | | | | |
| Van Hool AG 300 | 32 | 17985 | 5790 | 7150 | 2715 | 2330 | 1700 | 3300 | 10800 | 1015 | -5000 | -12500 |
| Van Hool AG 300 (Zeichnung) | | 18735 | 5790 | 7550 | 2715 | 2680 | 1515 | 3450 | 11595 | 1200 | -4965 | -13110 |
| Neoplan N 4522 | 20 | 18720 | 5875 | 6770 | 2700 | 3375 | 1620 | 4300 | 11045 | 1080 | -5920 | -12665 |
| Solaris Urbino | 20 | 18000 | 5130 | 6770 | 2700 | 3400 | 1600 | 2815 | 10173 | 1100 | -4415 | -11773 |
| MAN NL 363 | 20 | 17956 | 5078 | 6807 | 2725 | 3346 | 1623 | 3554 | 10307 | 1102 | -5177 | -11930 |
| HESS BGT.N2C | 34 | 17922 | 5858 | 5959 | 2700 | 3405 | 1584 | 2755 | 10204 | 1116 | -4339 | -11788 |
| Erklärung: (alle Masse in mm bis zur Mitte der Türen) | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #1: Abstand Vorderachse-vordere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #2: Abstand Vorderachse-mittlere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #3: Abstand Vorderachse -Türe vor der Achse des Anhängers | | | | | | | | | | | | |
| Radstand Anhängerachse: Abstand zwischen 2. Achse im Zugfahrzeug und Achse im Anhänger | | | | | | | | | | | | |
| Vorderer Überhang: Abstand zwischen Front und Vorderachse | | | | | | | | | | | | |
| Hinterer Überhang: Abstand zwischen Heck und Hinterachse | | | | | | | | | | | | |

13.4 Front der Busse und Balg beim Gelenkbus sowie Karosserie-Unterkante

Bei den Bussen gibt es unterschiedliche Schutzeinrichtungen unter der Karosserie, dies v.a. an der Frontunterkante (Details mit Fotos vgl. Beilage 15):

| 12m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis Ende 2005 | Öffentlicher Verkehrs-betrieb | VERSCHLEISSSCHUTZ |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| MAN NL 313** | 60 | STI (BE) | FRONT Trapezklotz |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | VBL (LU) | FRONT - |
| Neoplan N 4516** | 41 | VBZ (ZH) | FRONT Trapezklotz , HECK Abdeckblech |
| Scania N 94 UB | 28 | ZVB (ZG) | FRONT - , HECK Abdeckblech |
| Solaris Urbino 12 | 32 | WV (ZH) | FRONT halbrunder Klotz , HECK halbrunder Klotz |
| Volvo HESS B7L | 28 | VBRF (ZH) | FRONT Verschleissplatte |
| Van Hool A 330 CNG | 22 | TL (VD) | FRONT - |

** baugleich

| 18m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis Ende 2005 | Öffentlicher Verkehrs-betrieb | VERSCHLEISSSCHUTZ |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| MAN NG 353 | 29 | BVB (BS) | FRONT - , HECK Abdeckblech |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | VBL (LU) | FRONT - |
| Van Hool AG 300 | 32 | TL (VD) | FRONT - |
| Volvo 7000 | 90 | TPG (GE) | FRONT Abdeckblech (beschädigt) |
| Volvo HESS B7LA | 25 | SVB (BE) | FRONT Verschleissplatte |
| Hess BGT-N2 C | 34 | TPG (GE) | FRONT - |
| MAN NG 363 | 20 | STI (BE) | FRONT Trapezklotz |
| Neoplan 4522 | Ca. 20 | VBZ (ZH) | FRONT Trapezklotz |
| Solaris Urbino 18 | Ca. 20 | WV (ZH) | FRONT halbrunder Klotz , HECK halbrunder Klotz |

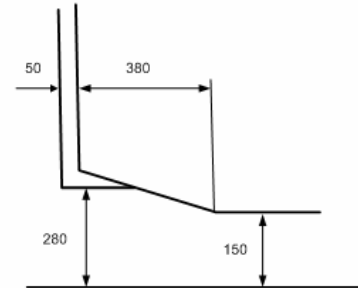
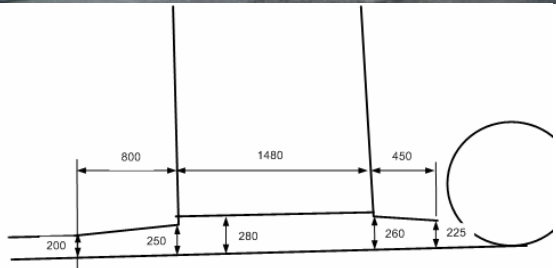
Die Abdeckbälge sind sich in den Abmessungen ähnlich und scheinen nach Auskunft eines Buschauffeurs nicht gefährdet zu sein, dies bei den heutigen Bordsteinhöhen.

Die bereits im 1. Projekt erwähnten Beispiele eines weit nach unten reichenden Balg beim Mercedes-Benz Citaro O 530 G und der hochgezogene Balg beim Van Hool AG 300 können hier näher illustriert werden (Details vgl. Beilage 16):

Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 G Luzern 25.11.05, Bus-Nr. 128:



Depot Van Hool AG 300 Lausanne 15.11.05, Bus-Nr. 563:



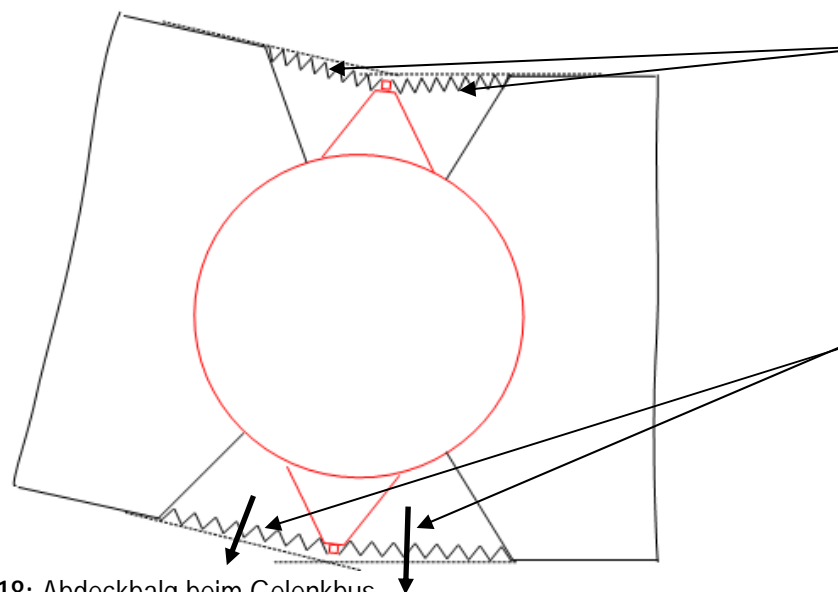
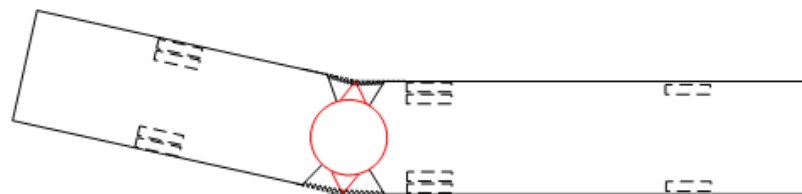
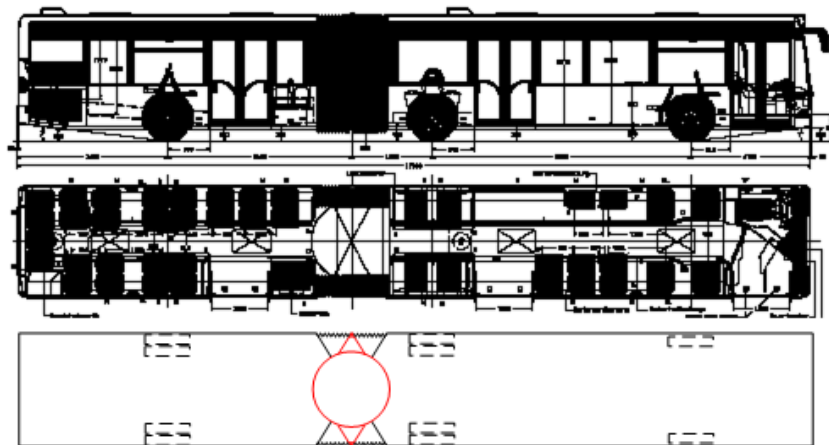
(Obige Massskizzen sind in der **Beilage 16** vergrössert wiedergegeben.)

Aus dem Ersatzteilkatalog des Volvo 7000 wird ersichtlich, dass über der Anhängerkupplung eine drehbare Platte aufgelegt ist mit einem starren Rahmen für die Fixierung des Abdeckbalges. Sofern der Gelenkbus eine Kurve fährt, zieht sich dieser günstigerweise nach innen zurück.

Allerdings scheint die Stauchung des Balges im kurveninneren Bereich auf der äusseren Seite den Balg nach aussen zu drücken:



Beispielfoto aus einem Prospekt



Stauchung des Balges im kurveninneren Bereich

Aufgrund der Stauchung Verschiebung des Balges nach aussen

Abbildung 18: Abdeckbalg beim Gelenkbus

14 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Einfluss unebener Hallenboden | 12 |
| Abbildung 2: Einfluss Kneeling bei leerem Bus bei Anhebewegungen | 13 |
| Abbildung 3: Einfluss Kneeling mit leerem Bus bei Absenkbewegungen..... | 14 |
| Abbildung 4: Einfluss Fahrt auf unebener Strasse | 16 |
| Abbildung 5: Einfluss unebene Haltestellen | 17 |
| Abbildung 6: Wegsensor von WABCO..... | 18 |
| Abbildung 7: Federrate Luftfederung | 19 |
| Abbildung 8: Eindrückung Luftfederbalg | 19 |
| Abbildung 9: Eindrückung Reifen..... | 21 |
| Abbildung 10: Reifen Pirelli 305/70 R 22.5 | 22 |
| Abbildung 11: Reifenverschleiss..... | 23 |
| Abbildung 12: Zusammenfassung der Einflüsse bei den Messungen..... | 24 |
| Abbildung 13: Kommentare zu den Einflüssen auf die Einstiegshöhe | 25 |
| Abbildung 14: Korrekturwerte im Depot bei Beladung Δ 100% mit gemessener Profiltiefe | 26 |
| Abbildung 15: Korrekturwerte im Depot bei Beladung Δ 100% mit mittl. Profiltiefe 10 und 14mm.... | 27 |
| Abbildung 16: Korrekturwerte auf der Linie bei Beladung Δ 50% mit Profiltiefe 8 und 12mm..... | 27 |
| Abbildung 17: Korrekturwerte auf der Linie bei Beladung Δ 50% mit effektiver Profiltiefe | 27 |
| Abbildung 18: Abdeckbalg beim Gelenkbus..... | 54 |
| | |
| Tabelle 1: Korrektur der Einstiegshöhe der 12m-Busse im Depot bei Beladung Δ 100%..... | 28 |
| Tabelle 2: Korrektur der Einstiegshöhe der 18m-Busse im Depot bei Beladung Δ 100%..... | 30 |
| Tabelle 3: Korrekte Einstiegshöhen | 32 |

15 Detailliertes Inhaltsverzeichnis der BEILAGE

| | SEITE |
|--|-----------|
| 0 Testmessungen 1. Phase | 2 |
| Messungen Einstiegshöhe unbeladener Bus: | 2 |
| Einstiegshöhen mit neuen Reifen, jedoch noch leerem Bus: | 4 |
| Erkenntnisse zu den Einstiegshöhen: | 5 |
| Variationen der Einstiegshöhe: | 6 |
| Statische Radiusänderung infolge Beladung: | 7 |
| Reifenbreite und Abplattung: | 8 |
| Abstände der Radkomponenten zur Karosserie auf vertikaler Skala: | 9 |
| Abstände der Radkomponenten zur Karosserie auf horizontaler Skala: | 10 |
| Einzelne Abstandsmessungen: | 11 |
| Vergleich der Abstandsmessungen: | 15 |
| Interpretation: | 16 |
| 1 Betrachtungspunkte, Karosseriedaten und Bauteile | 17 |
| Praxiserfahrungen der Toleranzen und Einflüsse: | 17 |
| 2 Messungen | 18 |
| 3 Messmittel | 22 |
| 4 Daten aus früherem Projekt | 26 |
| 5 Reifen und Felgen | 28 |
| Abmessungen für Reifen 275/70 R 22,5 148/145J (DIN 70020): | 29 |
| Messung neuer Reifen Pirelli 275/70 R 22,5 auf Felge im Pneulager: | 30 |
| Messung neuer Reifen 275/70 R 22,5 am Fahrzeug: | 30 |
| Messpunkte Hinterachse (Zugfahrzeug) Michelin X XZU 275/70 R 22.5: | 31 |
| Vergleich neuer Reifen am Fahrzeug: | 32 |
| Profiltiefe und Nachschneiden: | 32 |
| Beispiel für Reifenkennzeichnung: | 34 |
| Bleibendes Wachstum während des Betriebes: | 34 |
| 6 Messungen in den Depots/Werkstätten | 35 |
| Adressen öffentliche Verkehrsbetriebe für Messungen in den Depots/Werkstätten: | 36 |
| 7 Messtermine | 38 |
| 8 Messprotokolle (Messungen in den Depots/Werkstätten) | 39 |
| Einstiegshöhe 12m-Busse: | 40 |
| Einstiegshöhe 18m-Busse: | 42 |
| Reifen 12m-Busse: | 43 |
| Reifen 18m-Busse: | 46 |
| Abstand zu Karosserie 12m-Busse: | 50 |
| Abstand zu Karosserie 18m-Busse: | 54 |
| Längen 12m-Busse und 18m-Busse: | 57 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| | Korrigierte Tabellen aus Beilage 4: | 59 |
| | Busbreiten 12m-Busse und 18m-Busse | 60 |
| 9 | WABCO http://www.wabco-auto.com/intl/de/ | 62 |
| | Das Kalibrieren: | 65 |
| | Der Regelalgorithmus: | 67 |
| 10 | WABCO ECAS-Parameter | 71 |
| | Niveaus: | 82 |
| | Geschwindigkeiten: | 88 |
| | Regelung: | 89 |
| | Zeiten: | 91 |
| | Drücke: | 93 |
| | ECAS-Printscreens: | 96 |
| 11 | Notizen zu 12m-Bus Solaris | 102 |
| 12 | Aufbausenkung durch Beladung | 106 |
| | Analyse der vertikalen Bewegungen: | 106 |
| | Reifeneindrückung Hess-Doppelgelenkbus 25mm bei Weltrekordversuch: | 109 |
| | Kneelingbewegung: | 110 |
| | Kneeling-Einstellungen: | 112 |
| 13 | Messungen auf der Linie | 113 |
| | Einstiegshöhe 12m-Busse: | 114 |
| | Einstiegshöhe 18m-Busse: | 119 |
| 14 | Auszug aus Verkehrsregelverordnung 741.11 | 128 |
| | Gelenkbusse mit einer Gesamtlänge von 18,75 m: | 128 |
| 15 | Karosserie | 129 |
| | Übersicht Verschleisschutz an Karosserie-Unterkante: | 129 |
| | Ohne Verschleisschutz unter Vorderkante: | 130 |
| | Trapezklotz unter Vorderkante: | 134 |
| | Verschleissplatte unter Vorderkante: | 138 |
| | Halbrunder Klotz unter Vorderkante: | 139 |
| | Abdeckblech: | 141 |
| 16 | Abdeckbalg Gelenkbus | 145 |
| 17 | Unterkante Karosserie | 153 |
| | Unterkante Karosserie 12m-Busse: | 155 |
| | Unterkante Karosserie 18m-Busse: | 157 |
| | Unterkante Karosserie 12m-Busse (Bereinigte Daten): | 159 |
| | Unterkante Karosserie 18m-Busse (Bereinigte Daten): | 160 |
| 18 | Unterschiedliche Einstiegshöhe | 167 |

Beilagen zu Bericht

Verifizierung der fahrzeugtechnischen Betrachtungen in den Funktionalen 'Anforderungsprofilen für einen behindertengerechten Busverkehr'



Inhaltsverzeichnis

| Beilage | | Seite |
|---------|---|-------|
| 0 | Testmessungen 1. Phase | 2 |
| 1 | Betrachtungspunkte, Karosseriedaten und Bauteile | 17 |
| 2 | Messungen | 18 |
| 3 | Messmittel | 22 |
| 4 | Daten aus früherem Projekt | 26 |
| 5 | Reifen und Felgen | 28 |
| 6 | Messungen in den Depots/Werkstätten | 35 |
| 7 | Messtermine | 38 |
| 8 | Messprotokolle (Messungen in den Depots/Werkstätten) | 39 |
| 9 | WABCO http://www.wabco-auto.com/intl/de/ | 62 |
| 10 | WABCO ECAS-Parameter | 71 |
| 11 | Notizen zu 12m-Bus Solaris | 102 |
| 12 | Aufbausenkung durch Beladung | 106 |
| 13 | Messungen auf der Linie | 113 |
| 14 | Auszug aus Verkehrsregelverordnung 741.11 | 128 |
| 15 | Karosserie | 129 |
| 16 | Abdeckbalg Gelenkbus | 145 |
| 17 | Unterkante Karosserie | 153 |
| 18 | Unterschiedliche Einstiegshöhe | 167 |

BEILAGE 0: Testmessungen 1. Phase

Zuerst wird an 1-2 unterschiedlichen Bussen die Variabilität eines Markentyps in einem Fuhrpark ermittelt. Daraufhin werden für die voraussichtlichen Einflüsse und die geschätzten Toleranzwerte deren Relevanz und Grenzen abgeklärt und die Betrachtungspunkte korrigierend ergänzt. Zudem wird untersucht, ob und wie eine bestimmte Einstiegshöhe mit Einstellungen am Fahrzeug vorgegeben und erreicht werden kann.

Ziel der Testmessung:

- Variabilität eines Markentyps in einem Fuhrpark und innerhalb eines Markentyps
- Relevanz und Grenzen der voraussichtlichen Einflüsse und der geschätzten Toleranzwerte
- Vorgabe und Einstellbarkeit einer sinnvollen Einstiegshöhe

An zwei Tagen wurden Testmessungen bei den Bieler Verkehrsbetrieben durchgeführt:

| | | | |
|----------------|--|--|-----------------------------------|
| Marke und Typ | Mercedes-Benz O 530 G (Citaro-Gelenkbus) | Mercedes-Benz O 530 G (Citaro-Gelenkbus) | Mercedes-Benz O 530 (Citaro) |
| Bus-Nr. | 141 | 148 | 124 |
| Datum | 5. September 2005 | 5. September 2005 | 15. September 2005 |
| Ansprechperson | Hostettler, Longchamp | Hostettler, Longchamp | Hostettler, Longchamp |
| Bemerkung | Testmessung mit Herren Oprecht und Scheidegger | Testmessung mit Herren Oprecht und Scheidegger | Testmessung mit Herrn Scheidegger |

Messungen Einstiegshöhe UNBELADENER Bus:

Die Einstiegshöhen sind gemäss Zeichnung von Mercedes-Benz vorne 320 mm und an den nachfolgenden Türen 340 mm. Die effektiv gemessenen Einstiegshöhen sind jedoch sehr unterschiedlich. Zudem verringert sich das Absenkmass „Kneeling“ von vorne nach hinten.

| | Einstiegshöhe | Kneeling | Einstiegshöhe | Kneeling | Einstiegshöhe | Kneeling |
|-------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Bus-Nr. | 141 | 141 | 148 | 148 | 124 | 124 |
| 1. Türe im Zugfahrzeug | | | | | | |
| Messung OHNE Kneeling | 337 | | 363 | | 327 | |
| Messung MIT Kneeling | 275 | 62 | 303 | 60 | 274 | 53 |
| Profiltiefe 1. Achse | 14 | | 17 | | 13 | |
| 2. Türe im Zugfahrzeug | | | | | | |
| Messung OHNE Kneeling | 359 | | 382 | | Keine Messung | |
| Messung MIT Kneeling | 306 | 53 | 331 | 51 | Keine Messung | |
| Profiltiefe 2. Achse | 5 | | 8 | | 5 | |
| 3. Türe im Anhänger | | | | | | |
| Messung OHNE Kneeling | 345 | | 374 | | | |
| Messung MIT Kneeling | 311 | 34 | 336 | 38 | | |
| Profiltiefe 3. Achse | 3 | | 2 | | | |

In den Messprotokollen wird anhand der Messungen der Reifenverschleiss errechnet, ausgehend von einer angenommenen Profiltiefe bei neuen Reifen von 20 mm.

Beispiel für den Bus Nr. 141, 2. Achse:

| | | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------------------|------|--------------------------------------|
| Aussen-ø max. im Betrieb | 973 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) | | |
| gemessener Reifen-ø | 942 | Verschleiss | 15.5 | aus Durchm.-Messungen |
| Annahme Profiltiefe neu | 20 | Verschleiss | 15 | Profiltiefe neu-Profiltiefe gemessen |

Aus den Messungen des Durchmessers und des statischen Radius ergibt sich ein vorhandener Verschleiss von 15,5 mm an diesem Reifen. Mit der gemessenen Profiltiefe von 5 mm ergibt sich eine Profiltiefe von ca. 20.5 mm, die dieser Reifen im neuen Zustand hatte (Die Profiltiefe konnte bisher in den Angaben der Reifenhersteller nicht gefunden werden). Die Annahme stimmt demnach recht gut, dass Reifen eine Profiltiefe von 20 mm haben.

Nun kann für diesen Reifen der Durchmesser errechnet werden, den dieser Reifen im neuen, unverschlissenen Zustand hatte.

| | | | | |
|---------------------|-----|-------------|----|---|
| gemessener Reifen-ø | 942 | Verschleiss | 15 | Mit angenommener Profiltiefe 20mm abzügl. Restprofiltiefe 5mm |
|---------------------|-----|-------------|----|---|

Dieser Reifen hat ohne Verschleiss einen Durchmesser von $942 + (2 \cdot 15) = 972$ mm. Dies stimmt recht gut mit den Vorgaben der ERTRO überein:

| | | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------------------|--|--|
| Aussen-ø max. im Betrieb | 973 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) | | |
|--------------------------|-----|--------------------------------------|--|--|

Das Konstruktionsmass für diese Reifen 275/70 R 22,5 ist 961 mm im Durchmesser.

Dieser Reifen darf einen max. Durchmesser 973 mm im Betrieb aufweisen, dies infolge „bleibenden Wachstums während des Betriebes“ (vgl. auch Beilage 5). Dies heisst, dass ein Reifen wahrscheinlich nicht primär durch den Reifenluftdruck, sondern durch Ermüdung aufgrund der Walkarbeit etwas „weicher“ wird und im Durchmesser etwas zulegt.

Die Einstiegshöhe ist gegenüber der gemessenen Einstiegshöhe um (20 mm – gemessene Profiltiefe in mm) nach oben zu korrigieren.

Es kann dabei vereinfachend angenommen werden, dass die Profiltiefe der ersten Achse zur Korrektur der Einstiegshöhe der ersten Türe, die Profiltiefe der 2. Achse für die Einstiegshöhe der 2. Türe usw. beigezogen wird.

Nachfolgend werden also die Einstiegshöhen errechnet, sofern die Busse mit neuen Reifen ausgestattet wären. Da die Messungen im Depot stattfanden, erfolgten die Messungen mit leerem Bus (ohne Beladung durch Fahrgäste).

Natürlich wird das Kneeling-Mass durch die Korrektur der Einstiegshöhe zwischen teils verschlissenen Reifen und neuen Reifen nicht verändert.

Einstieghöhen mit neuen Reifen, jedoch noch leerem Bus:

| | Einstiegs- höhe | Kneeling | Einstiegs- höhe | Kneeling | Einstiegs- höhe | Kneeling |
|--|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| Bus-Nr. | 141 | 141 | 148 | 148 | 124 | 124 |
| 1. Türe im Zugfahrzeug | | | | | | |
| Profiltiefe 1. Achse | 14 | | 17 | | 13 | |
| Korrektur | 6 | | 3 | | 7 | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 343 | | 366 | | 334 | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 281 | 62 | 306 | 60 | 281 | 53 |
| 2. Türe im Zugfahrzeug | | | | | | |
| Profiltiefe 2. Achse | 5 | | 8 | | 5 | |
| Korrektur | 15 | | 12 | | | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 374 | | 394 | | Keine Messung | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 321 | 53 | 343 | 51 | Keine Messung | |
| 3. Türe im Anhänger | | | | | | |
| Profiltiefe 3. Achse | 3 | | 2 | | | |
| Korrektur | 17 | | 18 | | | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 362 | | 392 | | | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 328 | 34 | 354 | 38 | | |

Erkenntnisse zu den Einstiegshöhen:

Bei den gemessenen 3 Bussen ergeben sich folgende Variationen, einer davon ein 12m-Bus, der in den hier betrachteten Abmessungen im Zugfahrzeug gleich sein sollte wie das Zugfahrzeug im Citaro-Gelenkbus (unabhängig von der Anordnung der Antriebsachsen):

- Einstiegshöhe an der 1. Türe variiert zwischen 366 und 334 mm (ohne Kneeling)
- Einstiegshöhe an der 1. Türe variiert zwischen 281 und und 306 mm (mit Kneeling)
- Kneeling an der 1. Türe variiert zwischen 53 und und 62 mm

| Bus-Nr | 141 | 148 | 124 |
|--|-----|-----|-----|
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 343 | 366 | 334 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 281 | 306 | 281 |
| Kneeling | 62 | 60 | 53 |

- Einstiegshöhe an der 2. Türe variiert zwischen 394 und 374 mm (ohne Kneeling)
- Einstiegshöhe an der 2. Türe variiert zwischen 321 und und 343 mm (mit Kneeling)
- Kneeling an der 2. Türe variiert zwischen 51 und und 53 mm

| Bus-Nr | 141 | 148 | 124 |
|--|-----|-----|------------------|
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 374 | 394 | Keine Messung |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 321 | 343 | Keine Messung |
| Kneeling | 53 | 51 | |

- Einstiegshöhe an der 3. Türe (im Anhänger) variiert zwischen 362 und 392 mm (ohne Kneeling)
- Einstiegshöhe an der 3. Türe (im Anhänger) variiert zwischen 328 und und 354 mm (mit Kneeling)
- Kneeling an der 3. Türe (im Anhänger) variiert zwischen 34 und und 38 mm

| Bus-Nr | 141 | 148 | |
|--|-----|-----|--|
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 362 | 392 | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 328 | 354 | |
| Kneeling | 34 | 38 | |

Variation der Einstiegshöhe:

- Zwischen der 1. bis 3. Türe im ersten Gelenkbus variiert die Einstiegshöhe ohne Kneeling von 343 bis 362 mm
- Zwischen der 1. bis 3. Türe im ersten Gelenkbus variiert die Einstiegshöhe mit Kneeling von 381 bis 328 mm
- Zwischen der 1. bis 3. Türe im ersten Gelenkbus variiert das Kneeling von 62 bis 34 mm

| | |
|---|-----|
| 1. Türe im Zugfahrzeug | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 343 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 281 |
| Kneeling | 62 |
| 2. Türe im Zugfahrzeug | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 374 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 321 |
| Kneeling | 53 |
| 3. Türe im Anhänger | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 362 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 328 |
| Kneeling | 34 |

- Zwischen der 1. bis 3. Türe im zweiten Gelenkbus variiert die Einstiegshöhe ohne Kneeling von 366 bis 394 mm
- Zwischen der 1. bis 3. Türe im zweiten Gelenkbus variiert die Einstiegshöhe mit Kneeling von 306 bis 354 mm
- Zwischen der 1. bis 3. Türe im zweiten Gelenkbus variiert das Kneeling von 60 bis 38 mm

| | |
|---|-----|
| 1. Türe im Zugfahrzeug | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 366 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 306 |
| Kneeling | 60 |
| 2. Türe im Zugfahrzeug | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 394 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 343 |
| Kneeling | 51 |
| 3. Türe im Anhänger | |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, OHNE Kneeling | 392 |
| EINSTIEGSHÖHE MIT NEUEN REIFEN, MIT Kneeling | 354 |
| Kneeling | 38 |

Statische Radiusänderung infolge Beladung:

Aus der Messung der Reifenhöhe und dem Reifendurchmesser ergibt sich der statische Radius des unbelasteten Busses. Der vorliegende, bereits teilweise verschlissene Reifen kann mit der Profiltiefe (Annahme wie oben: 20 mm) zum Reifendurchmesser eines neuen Reifens zurückgerechnet werden (immer noch leerer Bus).

Als Vergleich mit dem vorgegebenen Mass der ERTRO für den statischen Radius bei voller Beladung ergibt sich die statische Radiusänderung zwischen dem leeren und vollen Bus.

In der früheren Studie von DTC wurde eine Eindrückung zwischen einem unbelasteten und belasteten Reifen von ca. 8 mm vorgegeben.

Herr Zeugin vom VOLVO-Importeur hat mal ca. 15 mm gemessen. Unsere Messungen gehen auch von etwas grösseren Werten aus. Es ist hier jedoch nicht mehr nachvollziehbar, wieso sich beim 18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148 an der 2. Achse sogar eine resultierende Eindrückung von 22.5 mm ergibt.

12m-Citaro Nr. 124, 1. Achse:

| | | |
|-------------------------|------------|--|
| Stat. Radius leerer Bus | 452.5 | gemessen, obiger Reifen, teilweise abgenutzt |
| Stat. Radius leerer Bus | 454.5 | neuer Reifen (zuzgl. berechn. Verschleiss, mit gemess. Durchm.) |
| Stat. Radius voller Bus | 447 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) |
| Res. Eindrückung | 7.5 | zwischen leerem und vollem Bus (hochgerechnet aus Messg.) |

12m-Citaro Nr. 124, 2. Achse:

| | | |
|-------------------------|------------|--|
| Stat. Radius leerer Bus | 443.5 | gemessen, obiger Reifen, teilweise abgenutzt |
| Stat. Radius leerer Bus | 454.5 | neuer Reifen (zuzgl. berechn. Verschleiss, mit gemess. Durchm.) |
| Stat. Radius voller Bus | 447 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) |
| Res. Eindrückung | 7.5 | zwischen leerem und vollem Bus (hochgerechnet aus Messg.) |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 141, 2. Achse:

| | | |
|-------------------------|-------------|--|
| Stat. Radius leerer Bus | 442 | gemessen, obiger Reifen, teilweise abgenutzt |
| Stat. Radius leerer Bus | 457.5 | neuer Reifen (zuzgl. berechn. Verschleiss, mit gemess. Durchm.) |
| Stat. Radius voller Bus | 447 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) |
| Res. Eindrückung | 10.5 | zwischen leerem und vollem Bus (hochgerechnet aus Messg.) |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148, 2. Achse:

| | | |
|-------------------------|-------------|--|
| Stat. Radius leerer Bus | 454 | gemessen, obiger Reifen, teilweise abgenutzt |
| Stat. Radius leerer Bus | 469.5 | neuer Reifen (zuzgl. berechn. Verschleiss, mit gemess. Durchm.) |
| Stat. Radius voller Bus | 447 | neuer Reifen (aus ERTRO-Richtlinien) |
| Res. Eindrückung | 22.5 | zwischen leerem und vollem Bus (hochgerechnet aus Messg.) |

Reifenbreite und Abplattung:

Der meistverbreitete Reifen 275/70 R 22.6 hat eine max. Reifenbreite 279 mm im Einsatz inkl. Scheuerleisten und bleibendes Wachstum während des Betriebes (vgl. Beilage 5).

Die Breite der Scheuerleiste, in unseren Messungen auch Verschleissring-Breite bezeichnet, beträgt etwa 3.5 bis 4mm. Aus den Messungen ist es jedoch schwierig, aufgrund der Reifenbreite einen Zusammenhang zu erstellen zu dem auch innenliegenden Verschleissring. Bei diesem Reifen kann der Reifen auf der Felge umgekehrt montiert werden, da aufgrund der geringen Geschwindigkeiten keine Laufrichtung vorgegeben wird.

12m-Citaro Nr. 124, 1. Achse:

| | | |
|---------------------------------|-----|------------------------------------|
| Reifenbreite | 268 | |
| Reifenbreite | 283 | MIT ABPLATTUNG (also unten) |
| <i>resultierende Abplattung</i> | 7.5 | <i>auf 1 Seite</i> |
| Verschleissring-Breite | 3.5 | (Messung nur aussen möglich) |

12m-Citaro Nr. 124, 2. Achse:

| | | |
|---------------------------------|-----|------------------------------------|
| Reifenbreite | 269 | nur äusserer Reifen gemessen |
| Reifenbreite | 280 | MIT ABPLATTUNG (also unten) |
| <i>resultierende Abplattung</i> | 5.5 | <i>auf 1 Seite</i> |
| Breite Doppelreifen | 599 | <i>ohne Abplattung</i> |
| Verschleissring-Breite | 3 | (Messung nur aussen möglich) |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 141, 2. Achse:

| | | |
|---------------------------------|-----|------------------------------------|
| Reifenbreite | 274 | nur äusserer Reifen gemessen |
| Reifenbreite | 284 | MIT ABPLATTUNG (also unten) |
| <i>resultierende Abplattung</i> | 5 | <i>auf 1 Seite</i> |
| Breite Doppelreifen | 605 | |
| Abstand Reifen | 56 | |
| Verschleissring-Breite | | (Messung nur aussen möglich) |

Messung von Herrn Scheidegger:

| | | |
|---------------------------------|----|------------------------------------|
| Felgenreif-Pneufanke | 17 | äusserer Reifen |
| Felgenreif-Abplattung | 27 | MIT ABPLATTUNG (also unten) |
| <i>resultierende Abplattung</i> | 10 | <i>auf 1 Seite</i> |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148, 2. Achse:

| | | |
|---------------------------------|-----|------------------------------------|
| Reifenbreite | 272 | nur äusserer Reifen gemessen |
| Reifenbreite | 280 | MIT ABPLATTUNG (also unten) |
| <i>resultierende Abplattung</i> | 4 | <i>auf 1 Seite</i> |
| Breite Doppelreifen | | |
| Abstand Reifen | 60 | |

Für bessere Aussagen empfiehlt sich eine nochmalige, sorgfältige Messung nach Möglichkeit bei einem auf einer Auffahrschiene „aufgebockten“ Bus, bei dem die Zugänglichkeit besser ist.

Abstände der Radkomponenten zur Karosserie auf vertikaler Skala:

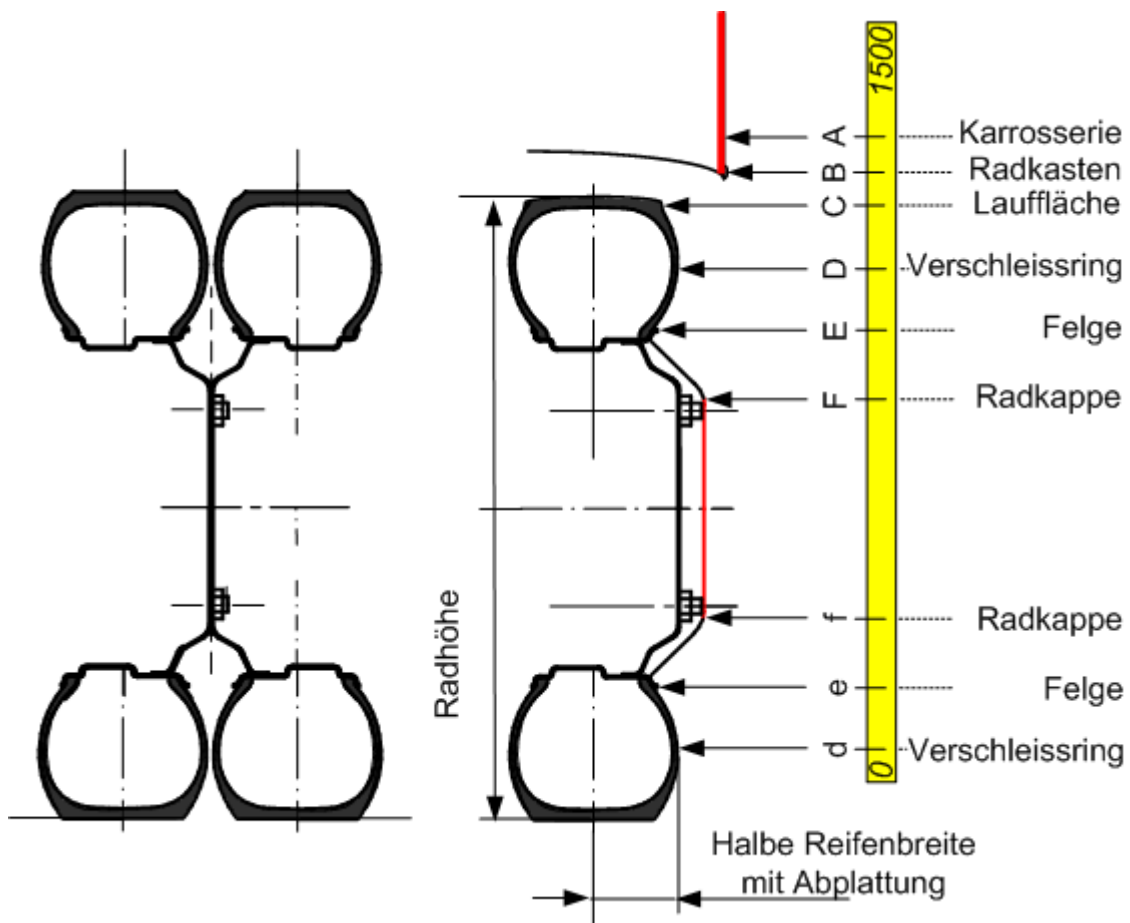


Abbildung 1: Abstände auf vertikaler Skala

Mit dieser Messung sollte eigentlich auch der Sturzwinkel eine Berücksichtigung finden.

Definition Sturzwinkel (Sturz)

ist der Neigungswinkel des Rades zur Senkrechten. Die Neigung oben nach außen bedeutet positiven Sturz. Ein Sturzwinkel über 2° reduziert die Tragfähigkeit des Reifens.

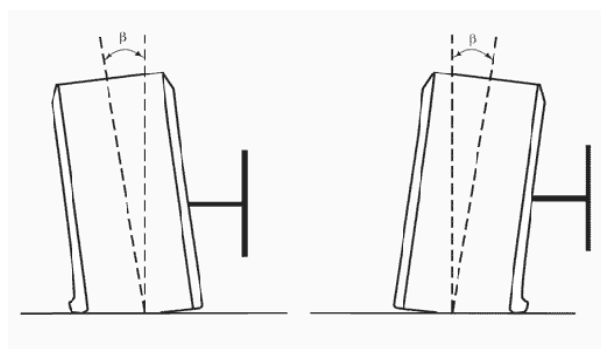


Abbildung 2: Sturzwinkel

Die Messung hat sich jedoch als schwierig herausgestellt, da das vertikale Führungsprofil mit der vertikalen Skala exakt ausgerichtet werden muss. Diese Messung wird aufgrund der doch geringen Aussagekraft ersatzlos gestrichen. Aus der Literatur oder aus Handbüchern der Busimporteure ist der Sturzwinkel sicher mal ersichtlich, so dass die massliche Abweichung beim Reifen abgeschätzt werden kann.

Abstände der Radkomponenten zur Karosserie auf horizontaler Skala:

Interessant und aussagekräftig ist die Messung der Abstände der Radkomponenten zur Karosserie-Aussenkante auf der Höhe der Achsmittle.

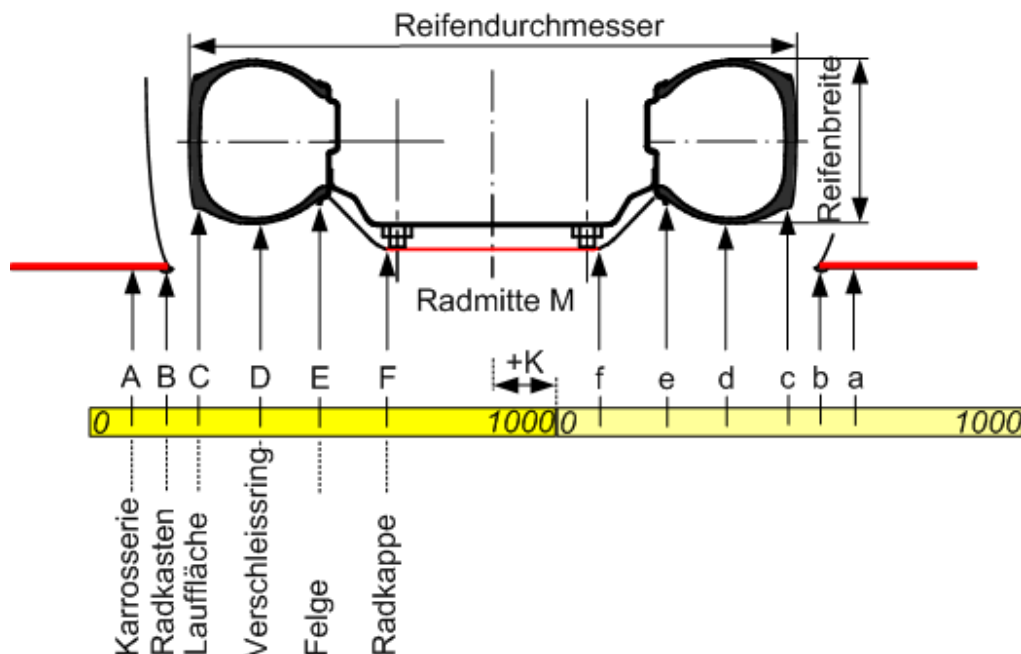
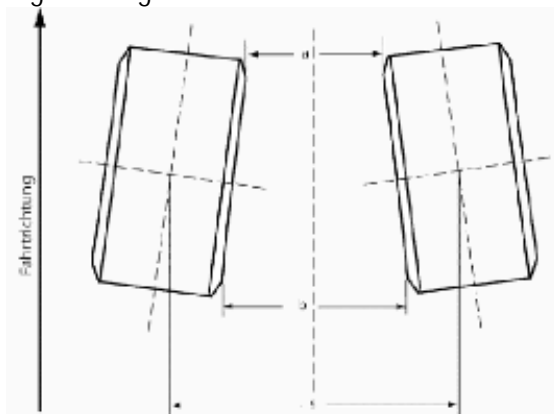


Abbildung 3: Abstände auf horizontaler Skala

Es ist jedoch so, dass das Führungsprofil nicht genau parallel auf die Karosserie ausgerichtet wurde und beim Vorderrad sogar das Rad eingelenkt ist. Beide „Fehler“ werden im Messprotokoll korrigiert, indem rechnerisch die Karosserie auf einen gleichen Abstand gesetzt wird, also Abstand A = Abstand a und alle anderen Werte um den gleichen Winkel („Tangens-Abstand“) korrigiert werden. Desgleichen wird der bei der gelenkten Vorderachse der möglicherweise gegenüber der Längsrichtung ausgelenkte Reifen auf die Lauffläche korrigiert, so dass Abstand D = Abstand d. Danach wird von allen Werten der Karosserie-Abstand A abgezogen, so dass für jede Messung an den Rädern der positive Wert dem Abstand von der Karosseriekante nach innen entspricht. Die Spur wird jedoch nicht korrigiert.

Definition Spur

ist die Differenz der Abstände der Felgenhörner einer Achse vorne und hinten bei Geradeausfahrt in Höhe der Felgenmitte gemessen.



Wenn $b < a$ Nachspur,
 $b = a$ Spur Null und
 $b > a$ Vorspur.

Abbildung 4: Spur

Einzelne Abstandsmessungen:

12m-Citaro Nr. 124, 1. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm | Korrektur gelenktes Vorderrad: Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|--|
| Karosserie | 270 | 1.167 | A | 1.160 | 0 | |
| Radkasten-Scheuerleiste | 345 | 1.158 | B | 1.151 | -9 | |
| Laufflächeseite | 417 | 1.225 | C | 1.219 | 59 | 62 |
| Innerer Verschleissring | 506 | 1.209 | D | 1.203 | 43 | 46 |
| Felge | 589 | 1.224 | E | 1.219 | 59 | 61 |
| Radkappe (Schutzring) | 680 | 1.139 | F | 1.134 | -26 | -24 |
| Radkappe (Schutzring) | 78 | 1.138 | f | 1.136 | -24 | -25 |
| Felge | 168 | 1.223 | e | 1.221 | 61 | 60 |
| Innerer Verschleissring | 245 | 1.208 | d | 1.207 | 47 | 45 |
| Laufflächeseite | 334 | 1.225 | c | 1.224 | 64 | 62 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 400 | 1.150 | b | 1.150 | -10 | |
| Karosserie | 450 | 1.160 | a | 1.160 | 0 | |

12m-Citaro Nr. 124, 2. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|
| Karosserie | 260 | 0.660 | A | 0.664 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 315 | 0.654 | B | 0.658 | -6 |
| Laufflächeseite | 408 | 0.691 | C | 0.695 | 31 |
| Innerer Verschleissring | 488 | 0.673 | D | 0.676 | 12 |
| Felge | 568 | 0.687 | E | 0.690 | 26 |
| Radkappe (Schutzring) | | | F | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | f | | |
| Felge | 152 | 0.692 | e | 0.693 | 29 |
| Innerer Verschleissring | 233 | 0.679 | d | 0.680 | 16 |
| Laufflächeseite | 315 | 0.695 | c | 0.696 | 32 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 385 | 0.663 | b | 0.663 | -1 |
| Karosserie | 470 | 0.664 | a | 0.664 | 0 |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 141, 1. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm | Korrektur gelenktes Vorderrad: Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|--|
| Karosserie | 270 | 1.023 | A | 1.022 | 0 | |
| Radkasten-Scheuerleiste | 310 | 1.014 | B | 1.013 | -9 | |
| Laufflächeseite | 400 | 1.076 | C | 1.075 | 53 | 64 |
| Innerer Verschleissring | 490 | 1.063 | D | 1.062 | 40 | 49 |
| Felge | | | E | | | |
| Radkappe (Schutzring) | 657 | 0.997 | F | 0.996 | -26 | -21 |
| | | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | 60 | 1.004 | f | 1.004 | -18 | -23 |
| Felge | | | e | | | |
| Innerer Verschleissring | 235 | 1.078 | d | 1.078 | 56 | 47 |
| Laufflächeseite | 320 | 1.096 | c | 1.096 | 74 | 64 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 390 | 1.013 | b | 1.013 | -9 | |
| Karosserie | 440 | 1.022 | a | 1.022 | 0 | |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 141, 2. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|
| Karosserie | 460 | 0.929 | A | 0.928 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 545 | 0.921 | B | 0.920 | -8 |
| Laufflächeseite | 650 | 0.960 | C | 0.959 | 31 |
| Innerer Verschleissring | 733 | 0.941 | D | 0.940 | 12 |
| Felge | | | E | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | F | | |
| | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | f | | |
| Felge | | | e | | |
| Innerer Verschleissring | 472 | 0.940 | d | 0.940 | 12 |
| Laufflächeseite | 553 | 0.959 | c | 0.959 | 31 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 640 | 0.921 | b | 0.921 | -7 |
| Karosserie | 700 | 0.928 | a | 0.928 | 0 |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 141, 3. Achse (Achse im Anhänger):

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|
| Karosserie | 240 | 0.756 | A | 0.758 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 400 | 0.749 | B | 0.751 | -7 |
| Laufflächeseite | 495 | 0.767 | C | 0.769 | 11 |
| Innerer Verschleissring | 575 | 0.762 | D | 0.764 | 6 |
| Felge | | | E | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | F | | |
| | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | f | | |
| Felge | | | e | | |
| Innerer Verschleissring | 295 | 0.768 | d | 0.768 | 10 |
| Laufflächeseite | 390 | 0.771 | c | 0.771 | 13 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 500 | 0.750 | b | 0.750 | -8 |
| Karosserie | 580 | 0.758 | a | 0.758 | 0 |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148, 1. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm | Korrektur gelenktes Vorderrad: Abstand zu Karos- serie mm |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------|--|----------------------------------|--|
| Karosserie | 280 | 1.088 | A | 1.089 | 0 | |
| Radkasten-Scheuerleiste | 375 | 1.082 | B | 1.083 | -6 | |
| Laufflächeseite | 430 | 1.191 | C | 1.192 | 103 | 89 |
| Innerer Verschleissring | 520 | 1.171 | D | 1.172 | 83 | 71 |
| Felge | 690 | 1.097 | E | 1.098 | 9 | 2 |
| Radkappe (Schutzring) | | | F | | | |
| | | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | f | | | |
| Felge | 90 | 1.085 | e | 1.085 | -4 | 2 |
| Innerer Verschleissring | 265 | 1.147 | d | 1.147 | 58 | 70 |
| Laufflächeseite | 360 | 1.163 | c | 1.163 | 74 | 89 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 430 | 1.082 | b | 1.082 | -7 | |
| Karosserie | 530 | 1.089 | a | 1.089 | 0 | |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148, 2. Achse:

| | Horizontale Skala mm | Abstand Laser- Messung m | Mass | Korrektur schiefe Führungs- schiene | Abstand zu Karos- serie mm |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|--|----------------------------------|
| Karosserie | 290 | 1.089 | A | 1.092 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 405 | 1.082 | B | 1.085 | -7 |
| Laufflächeseite | 490 | 1.134 | C | 1.137 | 45 |
| Innerer Verschleissring | 580 | 1.117 | D | 1.119 | 27 |
| Felge | | | E | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | F | | |
| | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | f | | |
| Felge | | | e | | |
| Innerer Verschleissring | 325 | 1.121 | d | 1.122 | 30 |
| Laufflächeseite | 410 | 1.140 | c | 1.140 | 48 |
| Radkasten-Scheuerleiste | 510 | 1.086 | b | 1.086 | -6 |
| Karosserie | 600 | 1.092 | a | 1.092 | 0 |

18m-Citaro Gelenkbus Nr. 148, 3. Achse (Achse im Anhänger):
nicht gemessen

Vergleich der Abstandsmessungen:

| | Korrektur gelenktes Vorderrad: | | Korrektur gelenktes Vorderrad: | | Korrektur gelenktes Vorderrad: |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Abstand zu Karosserie mm | Abstand zu Karosserie mm | Abstand zu Karosserie mm | Abstand zu Karosserie mm | Abstand zu Karosserie mm | Abstand zu Karosserie mm |

| 1. Achse | 12m, Nr. 124 | | 18m, Nr. 141 | | 18m, Nr. 148 | |
|-------------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|----|
| Karosserie | 0 | | 0 | | 0 | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -9 | | -9 | | -6 | |
| Laufflächeseite | 59 | 62 | 53 | 64 | 103 | 89 |
| Innerer Verschleissring | 43 | 46 | 40 | 49 | 83 | 71 |
| Felge | 59 | 61 | | | 9 | 2 |
| Radkappe (Schutzring) | -26 | -24 | -26 | -21 | | |
| Radkappe (Schutzring) | -24 | -25 | -18 | -23 | | |
| Felge | 61 | 60 | | | -4 | 2 |
| Innerer Verschleissring | 47 | 45 | 56 | 47 | 58 | 70 |
| Laufflächeseite | 64 | 62 | 74 | 64 | 74 | 89 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -10 | | -9 | | -7 | |
| Karosserie | 0 | | 0 | | 0 | |

| | Abstand zu Karosserie mm | | Abstand zu Karosserie mm | | Abstand zu Karosserie mm |
|-------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| 2. Achse | 12m, Nr. 124 | | 18m, Nr. 141 | | 18m, Nr. 148 |
| Karosserie | 0 | | 0 | | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -6 | | -8 | | -7 |
| Laufflächeseite | 31 | | 31 | | 45 |
| Innerer Verschleissring | 12 | | 12 | | 27 |
| Felge | 26 | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | |
| Felge | 29 | | | | |
| Innerer Verschleissring | 16 | | 12 | | 30 |
| Laufflächeseite | 32 | | 31 | | 48 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -1 | | -7 | | -6 |
| Karosserie | 0 | | 0 | | 0 |

| | | Abstand zu Karos- serie mm | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| 3. Achse | 12m, Nr. 124 | 18m, Nr. 141 | 18m, Nr. 148 | |
| <hr/> | | | | |
| Karosserie | | 0 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | | -7 | | |
| Laufflächeseite | | 11 | | |
| Innerer Verschleissring | | 6 | | |
| Felge | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | |
| Felge | | | | |
| Innerer Verschleissring | | 10 | | |
| Laufflächeseite | | 13 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | | -8 | | |
| Karosserie | | 0 | | |

Interpretation:

Der Gelenkbus Nr. 148 fällt eindeutig aus dem Rahmen, indem die Radkomponenten gegenüber den vergleichbaren, anderen Bussen um 15 – 20mm weiter innen liegen!

Die Ursachen können hier nicht diskutiert werden, da diese noch gar nicht bekannt sind.

Erst später wird sich die Ursache herausstellen:

Der Bus Mercedes-Benz Citaro ist in 2 Breiten, nämlich 2500 und 2550mm erhältlich!

Früher wurden denn auch ein paar Busse mit einer Breite von 2500mm geliefert. Nach Auskunft von Evobus, dem Importeur der Mercedes-Benz Citaro, werden heute jedoch nur noch Busse mit einer Breite von 2550 in Verkehr gesetzt.

Ziel der Testmessung:

Variabilität eines Markentyps in einem Fuhrpark

Relevanz und Grenzen der voraussichtlichen Einflüsse und der geschätzten Toleranzwerte

Vorgabe und Einstellbarkeit einer sinnvollen Einstiegshöhe

Das Ziel der Testmessung wurde nicht ganz erreicht:

Die Relevanz und Grenzen der voraussichtlichen Einflüsse und der geschätzten Toleranzwerte sowie die Vorgabe und Einstellbarkeit einer sinnvollen Einstiegshöhe wird erst in dem Hauptbericht erläutert.

Zumindest wurde schon klar, dass zwischen den Bussen gleichen Typs grosse Unterschiede bestehen in der Einstiegshöhe.

Zudem konnte die Messmethodik geprüft und verbessert werden sowie die Messprotokolle auf ihre Tauglichkeit für die Erfassung und v.a. nachfolgende Auswertung getestet werden.

BEILAGE 1: Betrachtungspunkte, Karosseriedaten und Bauteile

Praxiserfahrungen der Toleranzen und Einflüsse:

| Kriterium / Bauteil | Prüfthema | Verifizierung (1. Prior.) Umfrage* (2. Prior.) Interview** (3. Prior.) |
|---------------------|--|--|
| Luftfederung | Fertigungstoleranzen im Fahrwerk resp. Blasbälge | Erfahrungen bei der VBZ einbeziehen** |
| Luftfederung | Elektronically Controlled Air Suspension | Verbreitung prüfen* |
| Reifenverschleiss | Profiltiefe und Nachschneiden | Prüfen |
| Kneeling | Einstellung | Praxiserfahrung einbeziehen** |
| Karosserie-Aufbau | Fertigungstoleranzen | Stichprobenkontrolle durchführen |
| Reifenquerschnitt | seitlicher Karosserieüberhang über Aussenkante der Reifenflanke bei allen Achsen | Nachmessen |
| Reifenquerschnitt | Herstelltoleranzen | Stichprobenkontrolle bei Reifenimporteuren durchführen |
| Reifenquerschnitt | Mittenabstand bei Doppelbereifung | Nachmessen |
| Reifenquerschnitt | Reifenbreite mit Abplattung | Nachmessen |

Positionen der Türen und Einstiegshöhe der Busse

| | | |
|---------------------|--|------------------------------|
| Höhe der Unterkante | Empfehlung Einstellung der Höhe der Unterkante von ca. 277 mm | Akzeptanz in Praxis prüfen** |
| Höhe der Unterkante | Einstiegshöhen ohne und mit Kneeling, ohne und mit Passagieren | Nachmessen |

Bodenfreiheit der Busse in den Bereichen der potentiellen Überstreichbereichen

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Überstreichende Bereiche der Busse | Front der Busse und Balg beim Gelenkbus sowie Karosserie-Unterkante | Gestaltung und Masse aufnehmen |
| Aufbau des leeren Busses | Statischer Radius und Luftdruck sowie Reifendurchmesser | nachmessen / kontrollieren |
| Aufbausenkung durch Beladung | Elektronische Niveauregelung NR | Stand der Technik und Verbreitung prüfen* |

Folgende dynamische Einflüsse können nicht geprüft werden:

- Beschleunigungen und Geschwindigkeit der Busse bei der Einfahrt in eine Bushaltestelle
- Genaue Aufbausenkung durch Beladung (Statische Radiusänderung durch Beladung und Hysterese der Blasbälge)
- Nicken und Wanken bei der Einfahrt in eine Bushaltestelle
- Durchbiegung des Aufbaus bei Beladung

BEILAGE 2: Messungen

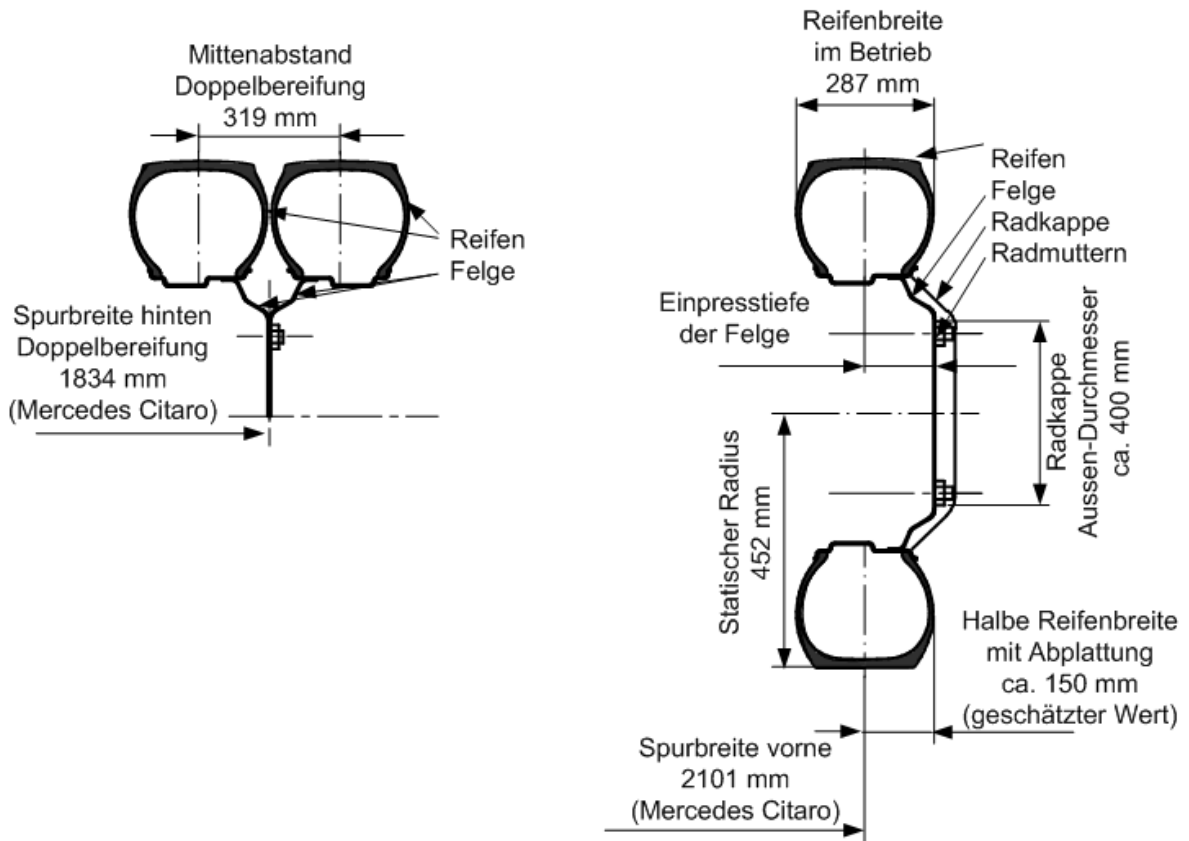


Abbildung 5: Vorgaben Mercedes-Benz Citaro und ETRTO

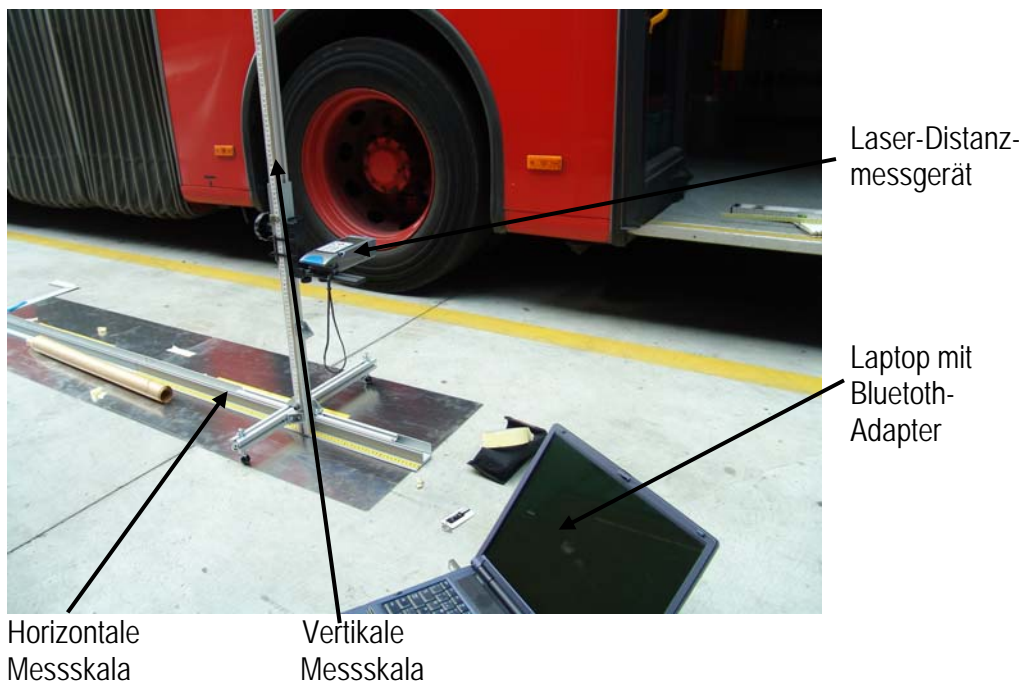


Abbildung 6: Messvorrichtung

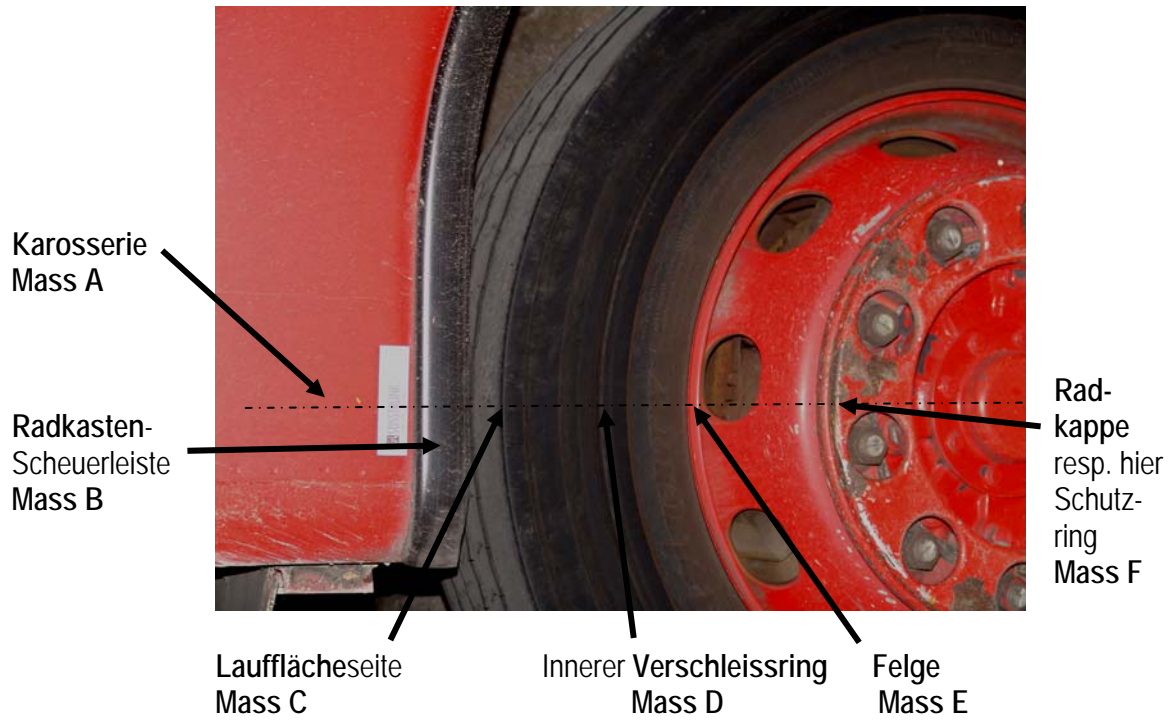


Abbildung 7: Messpunkte

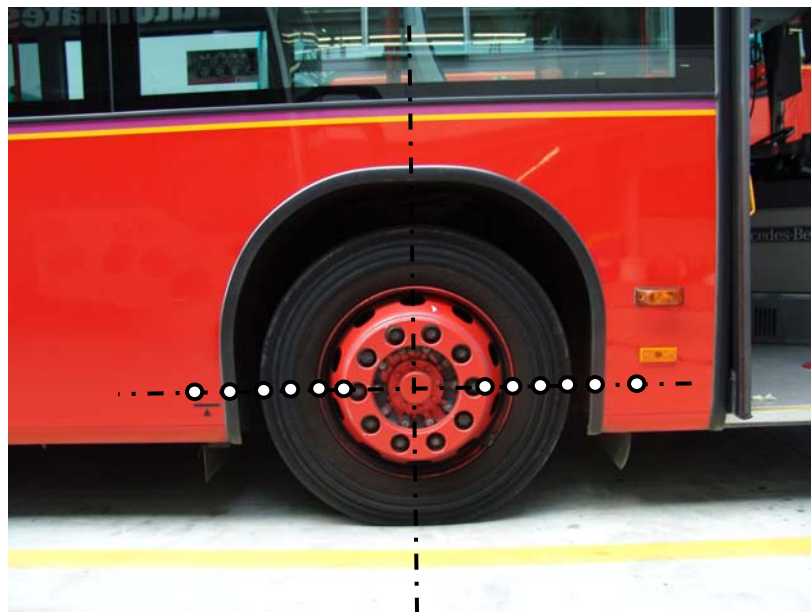


Abbildung 8: Messpunkte Vorderrad

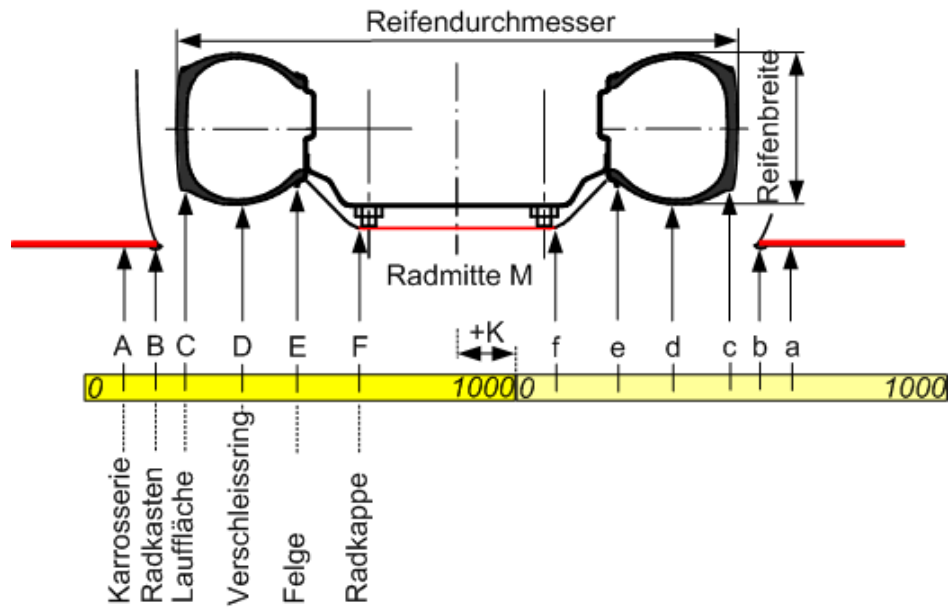


Abbildung 9: Messungen Vorderachse

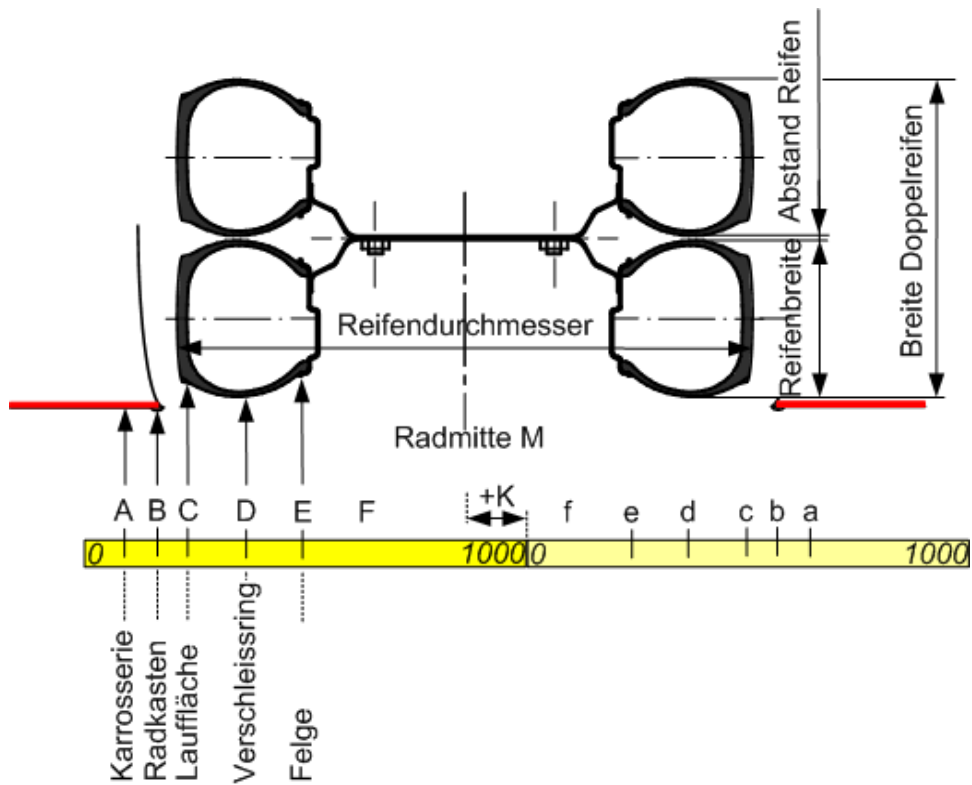


Abbildung 10: Messungen Hinterachse

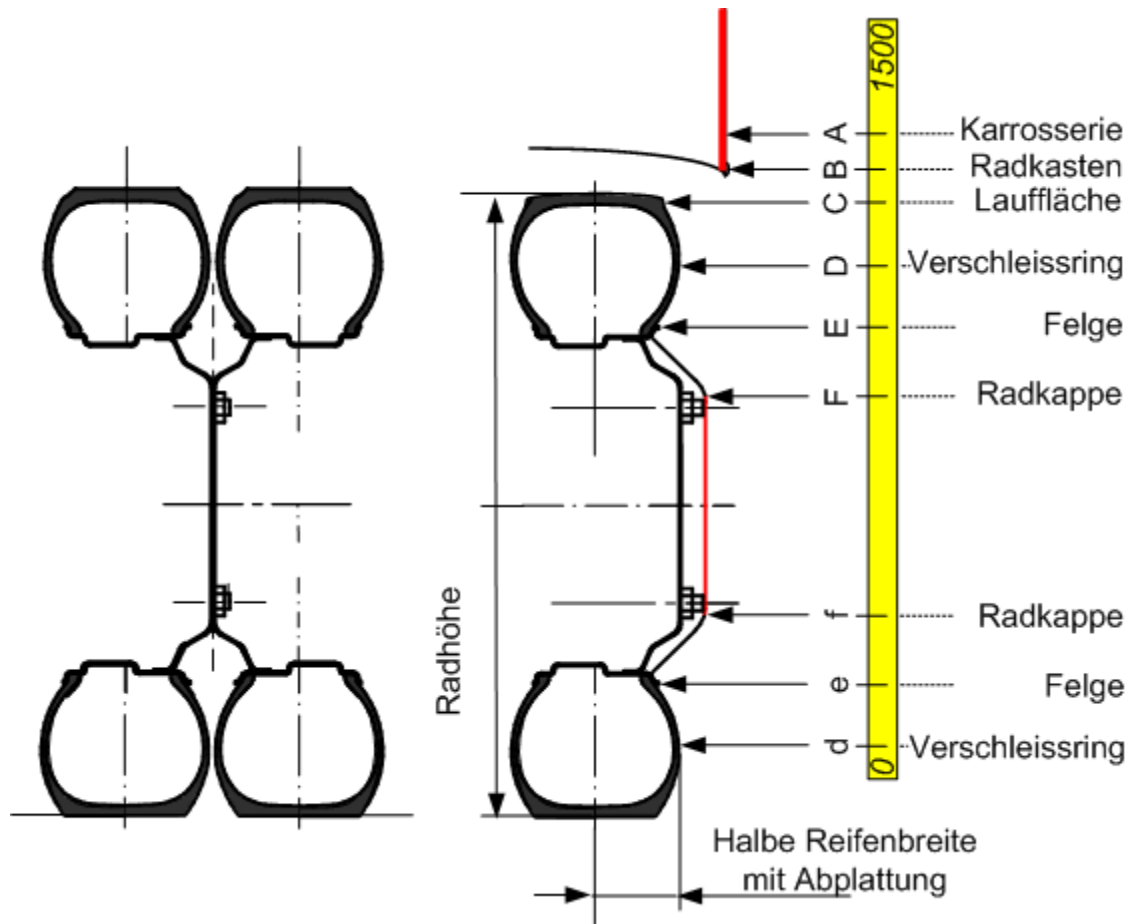


Abbildung 11: Messungen Reifen vertikal

BEILAGE 3: Messmittel



Abbildung 12: Schieblehre für Reifenhöhe



Abbildung 13: Schieblehre für Reifendurchmesser

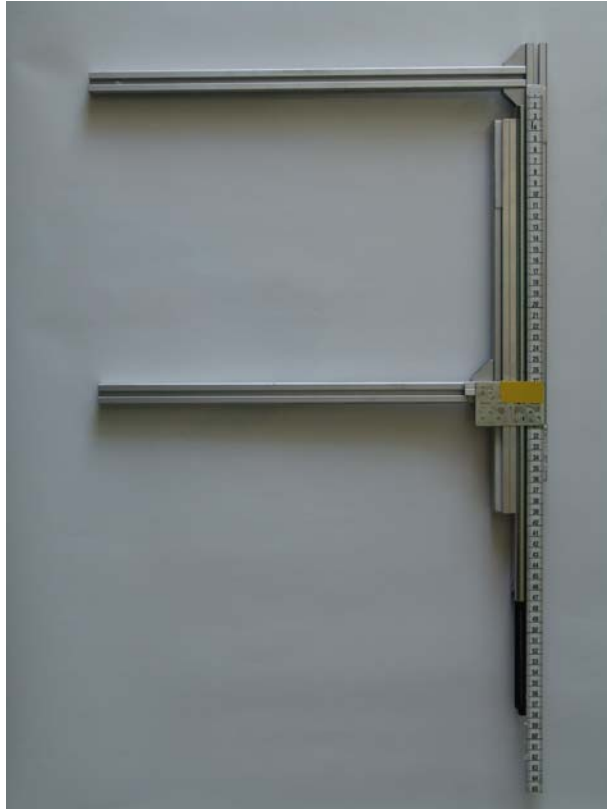


Abbildung 14: Schieblehre für Reifenbreite und Breite Doppelreifen



Abbildung 15: Schieblehre für Abstand Reifen



Abbildung 16: Schieblehre für Profiltiefe und Verschleissring-Breite

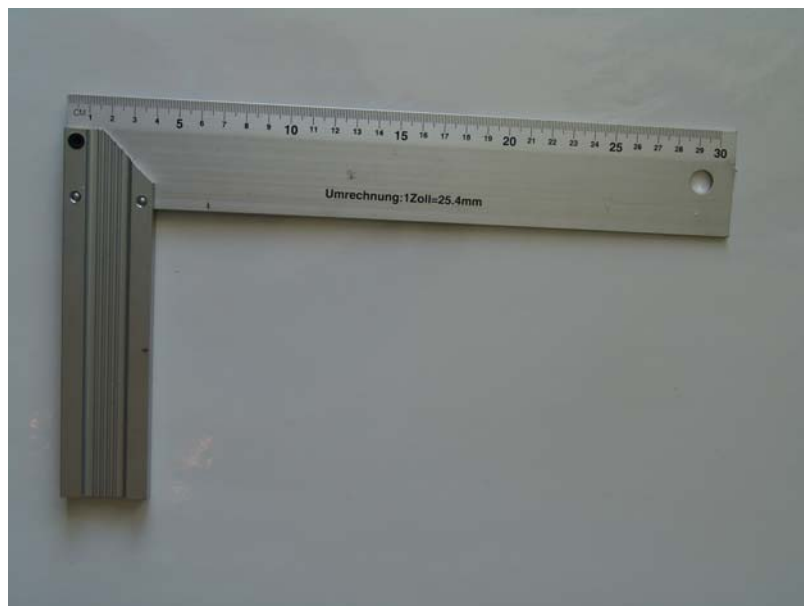


Abbildung 17: 2 Winkel für Fahrzeugbreite (mit Laufmeter)



Abbildung 18: Laufmeter für Fahrzeugbreite (zusammen mit Winkel)



Abbildung 19: Wasserwaage für Justierungen

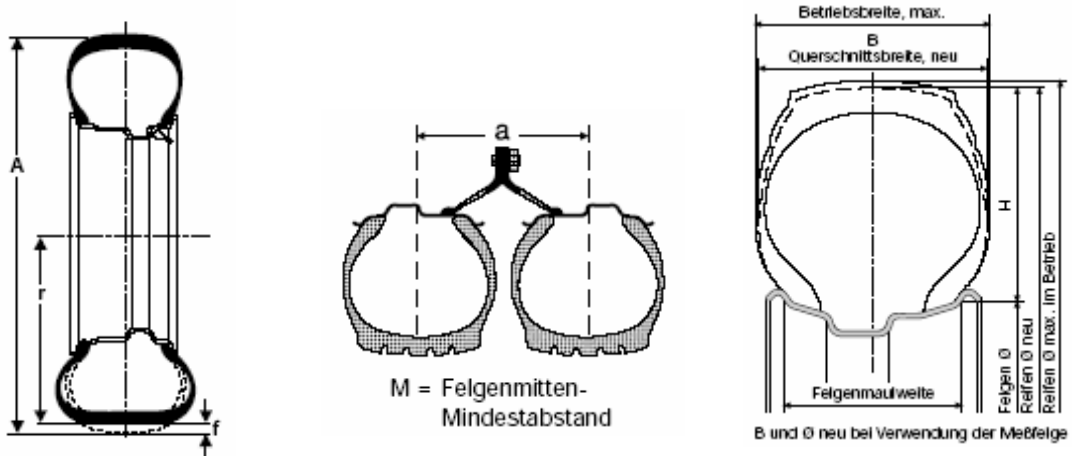
BEILAGE 4: Daten aus früherem Projekt

| Marke und Typ | Anzahl zwischen 2000-2004 | Gesamtlänge | Radstand | Radstand Anhängerachse | Vorderer Überhang | hinterer Überhang | Position Tür #1 | Position Tür #2 | Position Tür #3 | Abstand Front zu 1. Türe | Abstand 1. Türe zu 2. Türe | Abstand 1. Türe zu 3. Türe im Anhänger |
|--|---------------------------|-------------|----------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 12m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NL 313** | 60 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | 11950 | 5845 | | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | | 1105 | -5820 | |
| Neoplan N 4516** | 41 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| Scania N 94 UB | 28 | 11995 | 5875 | | 2731 | 3389 | 1610 | 3520 | | | -5130 | |
| Solaris Urbino 12 | 32 | 12000 | 5900 | | 2700 | 3400 | 1580 | 3590 | | 1120 | -5170 | |
| Volvo HESS B7L | 28 | 11965 | 5845 | | 2750 | 3370 | 1610 | 2860 | | 1140 | -4470 | |
| 18m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NG 353 | 29 | 17950 | 5105 | 6770 | 2700 | 3375 | 1650 | 3550 | 10250 | 1050 | -5200 | -11900 |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | 17940 | 5845 | 5990 | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | 10180 | 1105 | -5820 | -11780 |
| Van Hool AG 300 | 32 | 17985 | 5790 | 7150 | 2715 | 2330 | 1700 | 3300 | 10800 | 1015 | -5000 | -12500 |
| Volvo 7000 | 90 | 17944 | 5190 | 6755 | 2665 | 3334 | 1585 | 2715 | 9485 | 1080 | -4300 | -11070 |
| Volvo HESS B7LA | 25 | 17989 | 5230 | 6660 | 2700 | 3399 | 1610 | 2860 | 9480 | 1090 | -4470 | -11090 |
| Neoplan N 6121 Bimode | 27 | 17982 | 6170 | | | | | | | | | |
| * Unterschiede gegenüber den nachfolgenden Daten vom BAV: | | | | | | | | | | | | |
| Van Hool AG 300 | 20 | 17980 | 6150 | 7000 | | | | | | | | |
| Erklärung: (alle Masse in mm bis zur Mitte der Türen) | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #1: Abstand Vorderachse-vordere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #2: Abstand Vorderachse-mittlere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #3: Abstand Vorderachse -Türe vor der Achse des Anhängers | | | | | | | | | | | | |
| Radstand Anhängerachse: Abstand zwischen 2. Achse im Zugfahrzeug und Achse im Anhänger | | | | | | | | | | | | |
| Vorderer Überhang: Abstand zwischen Front und Vorderachse | | | | | | | | | | | | |
| Hinterer Überhang: Abstand zwischen Heck und Hinterachse | | | | | | | | | | | | |

| Marke und Typ | Abstand Boden zu Karosserieunterkante | Einstiegshöhe Tür #1 | Einstiegshöhe Tür #2 | Einstiegshöhe Tür #3 | Busbreite | Spurbreite vorne | Spurbreite Antriebsachse (mittig zwischen Doppelräder) | Halbe Reifenbreite mit Abplattung | Halber Mittenabstand Doppelbereifung | Abstand Reifenaussenkante Vorderachse zu Aussenkante Karosserie (Fahrzeugbreite) | Abstand Reifenaussenkante Hinterachse mit Doppelbereifung zu Aussenkante Karosserie (Fahrzeugbreite) |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 12m-Busse | | | | | | | | | | | |
| MAN NL 313** | 280 | 320 | 340 | | 2500 | 2076 | 1826 | 150 | 160 | 62 | 27.5 |
| Merc.-Benz O 530 | 273 | 320 | 340 | | 2550 | 2101 | 1834 | 150 | 160 | 74.5 | 48.5* |
| Neoplan N 4516** | 280 | 320 | 340 | | 2500 | 2076 | 1826 | 150 | 160 | 62 | 27.5 |
| Scania N 94 UB | 275 | 327 | 327 | | 2550 | | | 150 | 160 | | |
| Solaris Urbino 12 | | 320 | | | | | | 150 | 160 | | |
| Volvo HESS B7L | | 327 | 327 | | | | | 150 | 160 | | |
| 18m-Busse | | | | | | | | | | | |
| MAN NG 353 | 280 | 320 | 340 | 340 | 2500 | 2076 | 1825 | 150 | 160 | 62 | 28 |
| Merc.-Benz O 530 G | 273 | 320 | 340 | 340 | 2550 | 2101 | 1834 | 150 | 160 | 74.5 | 48.5* |
| Van Hool AG 300 | | 330 | 330 | 330 | 2550 | | | 150 | 160 | | |
| Volvo 7000 | 275 | 320 | 340 | 340 | 2550 | 2070 | 1854 | 150 | 160 | 90 | 38.5 |
| Volvo HESS B7LA | | 327 | 327 | 327 | | | | 150 | 160 | | |
| Neoplan N 6121 Bimode | | | | | | | | | | | |

BEILAGE 5: Reifen und Felgen

Definitionen DIN 70020:



A = Außen-Ø des Reifens
r = Halbmesser statisch
f = Einfederung unter Last

Außendurchmesser neu (Konstruktionsmaß)
ist ein Nennmaß auf die Laufflächenmitte bezogen.

Außendurchmesser im Betrieb max.
ist der in der Laufflächenmitte infolge bleibenden Wachstums während des Betriebes maximal zulässige Durchmesser. Dynamische Verformungen sind nicht eingeschlossen.

Querschnittsbreite neu (Konstruktionsmaß)
ist ein Nennmaß auf die glatte Seitenwand bezogen.

Betriebsbreite max.
ist die maximal zulässige Breite. Sie schließt Scheuerleisten, Zierrippen, Beschriftung und bleibendes Wachstum während der Benutzung mit ein. Dynamische Verformungen sind **nicht** eingeschlossen.

Halbmesser statisch (statischer Reifenradius)
ist der Abstand von der Radmitte bis zur Standebene / Aufstandsfläche unter **Maximallast**. Kontrolle der Abmessungen am montierten und aufgepumpten Reifen mit Meßluftdruck nach DIN 70020, Bl. 5.

Felgenmittenabstand
Durch die Einhaltung des mind. Felgenmittenabstandes wird eine einwandfreie Funktion zweier Reifen nach ETRTOstandard ohne Ketten in Zwillingsmontage gewährleistet.

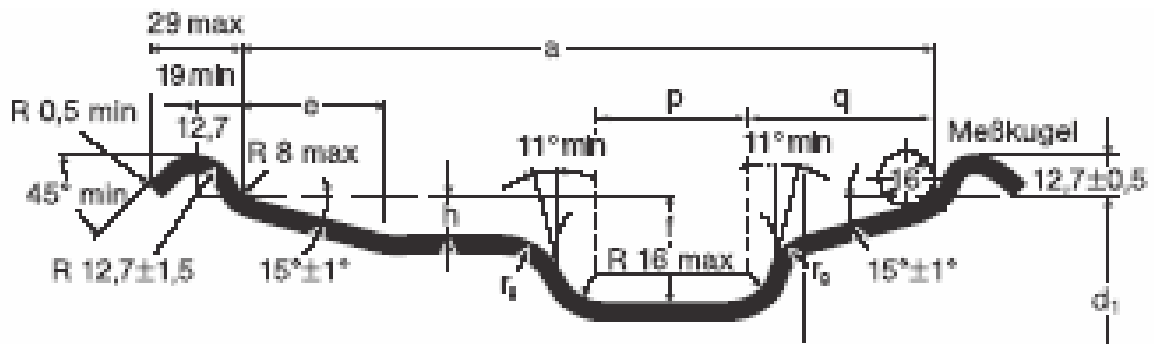
Abmessungen für Reifen 275/70 R 22,5 148/145J (DIN 70020):

Aufschlüsselung der Bezeichnung 275/70 R 22,5: Reifennennbreite 275mm, Höhe : Breite 70%, Bauart Radial, Felgen-Nenndurchmesser 22,5 als Code

| Grösse | Felge | | Reifenmasse | | | | | |
|---------------|--------------|--------------------------|---|---|--|--------------|------------------|--------------|
| | Felgenbreite | Min. Felgenmittenabstand | Max. Nennmasse im Betrieb | | Istmasse Neureifen (Konstruktionsmass) | | Stat. Halbmesser | Abrollumfang |
| | | | Breite max. | Aussen-ø max. | Breite +1% | Aussen-ø ±1% | ±1,5 % | ±2 % |
| | | | <i>inkl. Scheuerleisten und bleibendes Wachstum während des Betriebes</i> | <i>infolge bleibenden Wachstums während des Betriebes</i> | <i>glatte Seitenwand</i> | | | |
| 275/70 R 22.5 | 7.50 | 307 | 279 | 973 | 267 | 961 | 452 447** | 2920 |
| 275/70 R 22.5 | 8.25* | 316 | 287 | 973 | 276 | 958 | 452 447** | 2920 |

* Messfelge

** Stat. Radius: Unterschiedliche Angaben zwischen ERTRO 452mm und Reifenhersteller 447mm



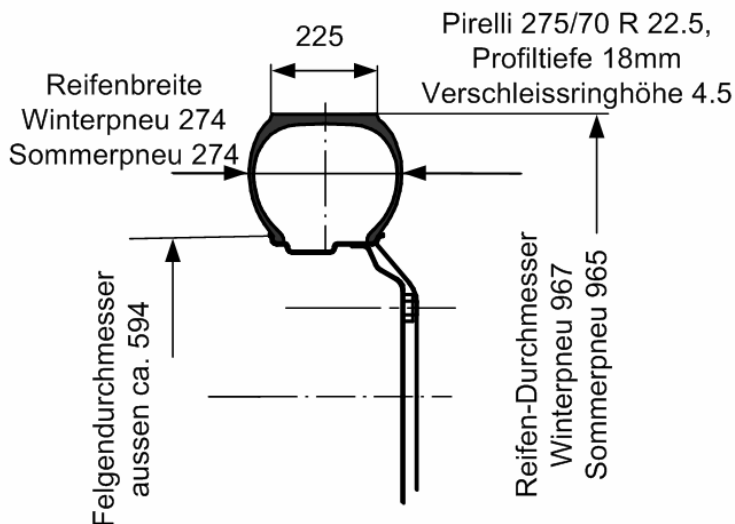
| Felgenreis | | Maulweite | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Maulweitenbezeichnung | Felgendurchmesserbezeichnung | a | Grenzabmasse | e min. | p min. | q max. | f min. | h min. |
| 7.50 | 22.5 | 190.5 | ±3.2 | 34 | 21 | 68 | 30 | 10 |
| 8.25 | 22.5 | 209.6 | ±3.2 | 36 | 28 | 70 | 30 | 10 |

Bei der Stadtbus Winterthur¹ werden heute ausschliesslich Felgen mit einer Breite von 7.50" eingesetzt. Evobus² liefert ihre Mercedes-Benz Citaro auch mit diesen Reifen aus.

¹ Auskunft Herr Gerber, Stadtbus Winterthur (Telefon vom 21. März 2006)

² Auskunft Herr Krieg, Evobus Kloten (Telefon vom 21. März 2006)

Messung neuer Reifen Pirelli 275/70 R 22,5 auf Felge im Pneulager:



Messung neuer Reifen 275/70 R 22,5 am Fahrzeug:

Messungen an neuem Bus Mercedes-Benz Citaro O 530 (unbeladen) mit neuen Reifen:

Messpunkte Vorderachse Michelin X XZU 275/70 R 22.5

| | |
|--------------------------|-----|
| Reifenhöhe | 939 |
| Reifendurchmesser | 974 |
| Profiltiefe (neuer Pneu) | 19 |

| | |
|---|-----|
| Stat. Radius leerer Bus (berechnet aus Messungen) | 452 |
|---|-----|

| | |
|-----------------------------|-----|
| Reifenbreite | 274 |
| Reifenbreite MIT ABPLATTUNG | 290 |

| | |
|--|-----|
| Verschleissanzeige (beidseitig Verschl.löcher) | 4.5 |
| Verschleiss seitlich (neuer Reifen) | 0 |

Auswertung

| | |
|--|-----|
| Stat. Radius leerer Bus mit neuen Reifen (berechnet aus Messungen) | 452 |
| Stat. Radius voller Bus (Vorgaben ERTRO) | 452 |
| Stat. Radius voller Bus (Angaben Reifenhersteller) | 447 |

| | |
|--|---|
| Res. Eindrückung zwischen leerem und vollem Bus (Vorgaben ERTRO) | 0 |
| Res. Eindrückung zwischen leerem und vollem Bus (Angaben Reifenhersteller) | 5 |

Messpunkte Hinterachse (Zugfahrzeug) Michelin X XZU 275/70 R 22.5:

| | |
|--------------------------|-----|
| Reifenhöhe | 939 |
| Reifendurchmesser | 974 |
| Profiltiefe (neuer Pneu) | 19 |

| | |
|---|---|
| Verschleiss auf Lauffläche (neuer Reifen) | 0 |
|---|---|

| | |
|---|-----|
| Stat. Radius leerer Bus (berechnet aus Messungen) | 452 |
|---|-----|

| | |
|-----------------------------|-----|
| Reifenbreite | 275 |
| Reifenbreite MIT ABPLATTUNG | 292 |

| | |
|---------------------|-----|
| Breite Doppelreifen | 605 |
| Abstand Reifen | 57 |

| | |
|--|-----|
| Verschleissanzeige (beidseitig Verschl.löcher) | 4.5 |
| Verschleiss seitlich (neuer Reifen) | 0 |

Auswertung

| | |
|----------------|-----|
| Reifenbreite | 275 |
| Abstand Reifen | 57 |

| | |
|------------------|------|
| ½ Abstand Reifen | 28.5 |
|------------------|------|

| | |
|---|-------|
| Abstand Reifenflanke zu Spurweiten-Achse (Reifenbreite + ½ Abstand Reifen) | 303.5 |
|---|-------|

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Breite Doppelreifen (ohne Abplattung) | 605 |
|---------------------------------------|-----|

| | |
|--|-------|
| Abstand Reifenflanke zu Spurweiten-Achse (½ Breite Doppelreifen) | 302.5 |
|--|-------|

Aussage

- Fehler in den Messungen nur 1mm als positive Bemerkung zur Wahl und Auslegung der Messmittel

Auswertung

| | |
|--|-----|
| Stat. Radius leerer Bus aus Messungen (neuer Reifen) | 452 |
| Stat. Radius voller Bus (Vorgaben ERTRO) | 452 |
| Stat. Radius voller Bus (Angaben Reifenhersteller) | 447 |

| | |
|---|---|
| Res. Eindrückung zwischen leerem und vollem Bus (Vorgaben ERTRO) | 0 |
| Res. Eindrückung zwischen leerem und vollem Bus (Angaben Reifenhersteller) | 5 |

Aussage

- Die ERTRO-Vorgaben werden nicht weiter berücksichtigt, weil sich damit keine Eindrückung zwischen leerem und vollem Bus ergeben würde. Es gelten also die Angaben der Reifenhersteller.

Vergleich neuer Reifen Pirelli 275/70 R 22,5 auf Felge im Pneulager mit neuem Reifen Michelin 275/70 R 22,5 am Fahrzeug:

| | |
|--|-----|
| Reifenbreite Pirelli 275/70 R 22,5 | 274 |
| Verschleissring -Breite Pirelli 275/70 R 22,5 | 4.5 |
| Profiltiefe Pirelli 275/70 R 22,5 | 18 |

| | |
|--|-----|
| Reifenbreite Michelin 275/70 R 22,5 | 274 |
| Verschleissloch -Tiefe Michelin 275/70 R 22,5 | 4.5 |
| Profiltiefe Michelin 275/70 R 22,5 | 19 |

Aussage

- Der mögliche Verschleiss der Reifenflanke durch Abrieb an Bordsteinen beträgt 4.5mm. Die Abnützung wird angezeigt mit einem nach aussen ragenden Verschleissing oder nach innen eingebrachten Verschleissloch.
- Die Reifenbreite reduziert sich um 4.5 mm bei einseitiger Abnützung der Reifenflanke. Reifenbreite einseitig abgenützt: 269.5mm
- Sofern der Reifen nach dem Verschleiss der einen Flanke auf der Felge gedreht wird, kann sich die 2. Flanke ebenfalls bis 4.5mm abnützen. Reifenbreite beidseitig abgenützt: 265mm
- Die Profiltiefe ist 18 bis 19mm (ohne Nachschneiden des Profils)

Profiltiefe und Nachschneiden:

Informationen aus dem Ratgeber Nfz-Reifen von Semperit:

Profiltiefe

Die in Deutschland (und in der Schweiz) gesetzlich zulässige Mindestprofiltiefe ist seit 1.1.92 1,6 mm. Die Mindestprofiltiefe muss über die gesamte Breite und den gesamten Umfang der Lauffläche vorhanden sein. Bei Reifen mit Abnutzungsindikatoren (Stege in den Profilrillen mit 1,6 mm Höhe) ist in diesen Rillen zu messen, wobei die Flächen der Abnutzungsindikatoren nicht in die Messung mit einzubeziehen sind.

Nachschneiderichtlinien

Alle Semperit-Reifen, bei denen ein Nachschneiden zulässig ist, tragen in Übereinstimmung mit ECE-Regelung 54 an beiden Seitenwänden das Wort **REGROOVABLE**.

Die durch das Nachschneiden zusätzlich gewonnene Profiltiefe bis zu 4 mm bedeutet eine erhebliche Mehrleistung.

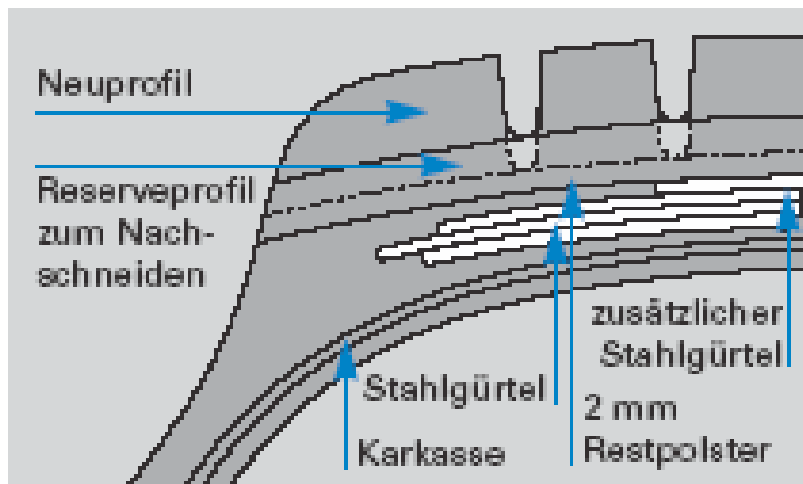


Abbildung 20: Reifenquerschnitt zum Nachschneiden

Beispiel

Reifengröße 315/80 R 22.5 M 430

Profiltiefe des neuen Reifens 20,0 mm

Zusätzliche Profiltiefe durch Nachschneiden 4,0 mm

Lkw-GS-Reifen haben in ihrem Aufbau zwischen Gürteloberkante und den Profilrillen die sogenannte Grundstärke.


Diese Polsterschicht soll das Eindringen von Fremdkörpern in den Stahlgürtel und die Karkasse verhindern.

Um die Kilometerleistung noch zu erhöhen, können Lkw-Reifen nachgeschnitten werden. Neben der zusätzlich gewonnenen max. Profiltiefe muß gemäß § 36 Erläuterung 6 StVZO 4.2 eine Restgrundstärke von 2 mm erhalten bleiben.

Für Reifen, die nach Erreichen der Abfahrgrenze runderneuert werden sollen, ist das Nachschneiden nicht in jedem Fall zu empfehlen. Durch die Verringerung der Grundstärke können Fremdkörper sehr viel schneller in den Stahlgürtel eindringen und durch Beschädigung zu Rostbildung führen. Hierdurch ist dann die Eignung zur Runderneuerung z.T. stark beeinträchtigt.

Der günstigste Zeitpunkt zum Nachschneiden ist erreicht, wenn das Profil des Neureifens bis auf ca. 3 mm abgefahren ist. Der Reifen ist dann auf eine gleichmäßige Abnutzung zu kontrollieren.

Blockierstellen oder unregelmäßiger Verschleiß sind zu beachten.

Aus einem Artikel aus dem Internet steht als Begriffserklärung für **Regroovable**: (engl.) Reifen dürfen nachgeschnitten werden, wenn sie die Bezeichnung "REGROOVABLE", das Zeichen  oder das Zeichen "v" tragen.

Aussage

- ➔ Der mögliche Verschleiss der Lauffläche eines Reifens 275/70 R 22,5 ist 18 bis 19mm als Profiltiefe abzüglich der gesetzlichen Restprofiltiefe von 1,6mm. Damit nicht zwischen ungeschnittenen und nachgeschnittenen Reifen unterschieden werden muss, wird hier zur Abschätzung des effektiven Verschleisses mit einer **Profiltiefe von 19mm** abzüglich der gemessenen Profiltiefe gerechnet.

Hier noch erläuternd die Reifenkennzeichnung für einen Reifen 315/70 R 22,5:

Beispiel für Reifenkennzeichnung:

315/70 R 22.5 152/148 L   0092542 tpls M 349

315 Reifenbreite in mm
70 Querschnittsverhältnis
 H:B in %
R Radialbauweise
22.5 Durchmessercode der
 Steilschulterfelge
152 3550 kg E Tragfähigkeit
 (Nenn-Betriebskennung)
148 3150 kg Zw Tragfähigkeit
 (Nenn-Betriebskennung)
L Geschwindigkeit 120 km/h
 (Nenn-Betriebskennung)
154 3750 kg E Tragfähigkeit
 (Zusatz-Betriebskennung)
150 3350 kg Zw Tragfähigkeit
 (Zusatz-Betriebskennung)
K Geschwindigkeit 110 km/h
 (Zusatz-Betriebskennung)
E12 0092542 Genehmigungs-
 kennzeichnung
tpls schlauchlos
M 349 Profilbezeichnung des
 Herstellers

Am Reifen können ferner uncodier-
te maximale Tragfähigkeits- und
Luftdruckwerte eingeeizt sein in
LBS (pounds - 1 lbs = 0,4536 kg)
bzw. PSI (pounds per square inch -
1 bar = 14,5 psi). Diese Angaben
gehören zu der Kennzeichnung
nach **US-Sicherheits-Gesetz**
FMVSS 119**). Es betrifft hier alle
neuen Luftreifen für Leicht-Lkw,
Lkw, Busse und Anhänger, die für
den Verkehr auf öffentlichen
Straßen bestimmt sind, ferner
auch Motorradreifen. Angewendet
wird es auch von Kanada sowie
Israel.

**) FMVSS = Federal Motor Vehicle Safety Standard

Bleibendes Wachstum während des Betriebes:

| Felgen- breite | Min. Felgen- mittenabstand | Max. Nennmasse im Betrieb | |
|-------------------|-------------------------------|--|--|
| | | Breite max. <i>inkl. Scheuerleisten und bleibendes Wachstum während des Betriebes</i> | Aussen-ø max. <i>infolge bleibenden Wachstums während des Betriebes</i> |
| 7.50 | 307 | 279 | 973 |
| 8.25* | 316 | 287 | 973 |

Aussage

- Ein Reifen dehnt sich aufgrund der Erfahrung der Reifenhersteller, wiedergegeben als Bemerkung „*bleibendes Wachstum*“ durch Walkarbeit des Reifens und damit „weicher“ werdendem Aufbau (Ermüdung) in der Breite und im Durchmesser aus.

BEILAGE 6: Messungen in den Depots/Werkstätten

| 12m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Öffentliche Verkehrsbetriebe mit grösserer Anzahl Busse |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| MAN NL 313** | 60 | | STI (BE) 14, TN (NE) 8, BVB (BS) 8 |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | | TPF (FR) 38, VZO (ZH) 22, TPL (TI) 18, BLT (BL) 18, BSU (SO) 10, VB (BE) 10, VBL (LU) |
| Neoplan N 4516** | 41 | | VBZ (ZH) 40 |
| Scania N 94 UB | 28 | | ZVB (ZG) 11, RVBW (AG) 6, BBA (AG) 5 |
| Solaris Urbino 12 | 32 | | WV (ZH) 25 |
| Volvo HESS B7L | 28 | | VBSH (SH) 10, VBRF (ZH) 9, AHW (ZH) 7 |
| Van Hool A 330 CNG | | 22 | TL (VD) 22 |

** baugleich

| 18m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Öffentliche Verkehrsbetriebe mit grösserer Anzahl Busse |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|---|
| MAN NG 353 | 29 | | BVB (BS) 20, TN (NE) 2 |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | | VBL (LU) 24, TPF (FR) 22, VB (BE) 12, VZO (ZH) 11, BSU (SO) 10, ZVB (ZG) 10 |
| Van Hool AG 300 | 32 | | TL (VD) 30 |
| Volvo 7000 | 90 | | TPG (GE) 90 |
| Volvo HESS B7LA | 25 | | SVB (BE) 21, VBSH (SH) 5 |
| Neoplan N 6121 Bimode | 27 | | TL (VD) 27 |
| Hess BGT-N2 C | | 34 | TPG (GE) 26, VBL (LU) 8 |
| MAN NG 363 | | 20 | STI (BE) 10, TN (NE) 10 |
| Neoplan 4522 | | ca. 20 | VBZ (ZH) |
| Solaris Urbino 18 | | ca. 20 | WV (ZH) |

Adressen öffentliche Verkehrsbetriebe für Messungen in den Depots/Werkstätten:

BVB (BS)

Basler Verkehrs-Betriebe
(Claragraben 55, Postfach 4005, 4058 Basel BS , 061 685 12 12)
Rankstr. 35
4058 Basel
061 686 96 33
Herr Edgar Studer, 061 686 96 37

STI (BE)

Verkehrsbetriebe STI (Steffisburg, Thun, Interlaken)
Grabenstr. 36
3600 Thun BE
033 225 13 13
Hr. Alfred Fankhauser

SVB (BE)

Bernmobil
Eigerplatz 3
Postfach 3000
3007 Bern
031 321 88 88
Herr Rolf Fankhauser, direkt 031 321 84 04

TL (VD)

TL Transports Publics de la région lausannoise SA
ch. du Closel 15
Case postale 1020 Renens 1
1020 Renens VD
021 621 01 11
Herr Yves Regamey

TPG (GE)

TPG Transports publics genevois
rte de La-Chapelle 1
Case postale 950
1212 Grand-Lancy GE
022 308 33 11
Hr. Rainer Schiele, direkt 022 308 34 85

VB (BE)

Verkehrsbetriebe Biel
Bözingenstrasse 80
Postfach 4025
2500 Biel 4 032 344 63 63

VBL (LU)

Verkehrsbetriebe Luzern AG
Tribtschenstr. 65
Postfach 6000 Luzern 12
6005 Luzern LU
041 369 65 65
Herr Walter Heimann, Werkstattchef, direkt 041 369 66 11

VBRF (ZH)

VBRF Meier E. AG resp. VBG Verkehrsbetriebe Glatttal
Eurobus
Althardstr. 174
8105 Regensdorf ZH
Herr H. Hayoz, 01 870 60 55

VBZ (ZH)

Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)
(Luggwegstr. 65, Postfach, 8048 Zürich
8048 Zürich ZH 01 434 41 11)
Herr K. Hallauer, 044 308 96 26
Garagechef Garage Hagenholz
Hagenholzstrasse 77
8050 Zürich

WV (ZH)

Verkehrsbetriebe Winterthur resp. Stadtbus Winterthur
Tösstalstr. 86
Postfach 8402, Winterthur
8400 Winterthur
052 235 35 35
Hr. Christoph Gerber, direkt 052 235 35 41

ZVB (ZG)

Hr. Michael Roost
Zugerland Verkehrsbetriebe AG
General-Guisan-Str.
6300 Zug ZG
Hr. Gusti Villiger, direkt 041 728 58 82

BEILAGE 7: Messtermine

| | | | |
|-------------------------|------------|----------------|--------------|
| Messungen auf der Linie | 24. Okt 05 | TPG (GE) | Genf |
| | | | |
| | 26. Okt 05 | STI (BE) | Thun |
| | | | |
| | 27. Okt 05 | SVB (BE) | Bern |
| | | | |
| | 28. Okt 05 | TL (VD) | Lausanne |
| | | | |
| | 29. Okt 05 | BVB (BS) | Basel |
| | 29. Okt 05 | VBSH (SH) | Schaffhausen |
| | 29. Okt 05 | WV (ZH) | Winterthur |
| | | | |
| | 31. Okt 05 | ZVB (ZG) | Zug |
| | 31. Okt 05 | VBL (LU) | Luzern |
| | 31. Okt 05 | VBZ (ZH) | Zürich |
| | 31. Okt 05 | VBG /VBRF (ZH) | Kloten |
| | | | |
| Messungen im Depot | 08. Nov 05 | BVB (BS) | Basel |
| | | | |
| | 09. Nov 05 | ZVB (ZG) | Zug |
| | | | |
| | 11. Nov 05 | STI (BE) | Thun |
| | | | |
| | 15. Nov 05 | TL (VD) | Lausanne |
| | | | |
| | 18. Nov 05 | WV (ZH) | Winterthur |
| | | | |
| | 24. Nov 05 | TPG (GE) | Genf |
| | | | |
| | 25. Nov 05 | VBL (LU) | Luzern |
| | | | |
| | 29. Nov 05 | VBZ (ZH) | Zürich |
| | | | |
| | 02. Dez 05 | VBG /VBRF (ZH) | Kloten |
| | 02. Dez 05 | VBZ (ZH) | Zürich |
| | | | |
| | 08. Dez 05 | SVB (BE) | Bern |
| | | | |
| | 09. Dez 05 | WV (ZH) | Winterthur |

BEILAGE 8: Messprotokolle (Messungen in den Depots/Werkstätten)

| 12m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Gewählter Öffentlicher Verkehrsbetrieb für Messungen |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| MAN NL 313** | 60 | | STI (BE) |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | | VBL (LU) |
| Neoplan N 4516** | 41 | | VBZ (ZH) |
| Scania N 94 UB | 28 | | ZVB (ZG) |
| Solaris Urbino 12 | 32 | | WV (ZH) |
| Volvo HESS B7L | 28 | | VBRF (ZH) |
| Van Hool A 330 CNG | | 22 | TL (VD) |

** baugleich

| 18m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Gewählter Öffentlicher Verkehrsbetrieb für Messungen |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| MAN NG 353 | 29 | | BVB (BS) |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | | VBL (LU) |
| Van Hool AG 300 | 32 | | TL (VD) |
| Volvo 7000 | 90 | | TPG (GE) |
| Volvo HESS B7LA | 25 | | SVB (BE) |
| Hess BGT-N2 C | | 34 | TPG (GE) |
| MAN NG 363 | | 20 | STI (BE) |
| Neoplan 4522 | | ca. 20 | VBZ (ZH) |
| Solaris Urbino 18 | | ca. 20 | WV (ZH) |

Keine Messung möglich:

| | | | |
|-----------------------|----|--|---------|
| Neoplan N 6121 Bimode | 27 | | TL (VD) |
|-----------------------|----|--|---------|

Nachfolgend sind die Messungen für die Einstiegshöhen zusammengefasst.

Zur Auswertung im Bericht wurden der maximale und der minimale Wert gestrichen (unten dargestellt als durchgestrichener Wert).

Einstiegshöhe 12m-Busse:

| Marke und Typ | MAN NL 313 | Mercedes-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino | Van Hool A 330 | Volvo HESS B7L |
|--|------------|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 350 | 323 | 338 | 338 | 349 | 349 | 337 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 270 | 240 | 255 | 244 | 286 | 281 | 252 |
| Kneeling | 80 | 83 | 83 | 94 | 63 | 68 | 85 |
| Profiltiefe | 10 | 19 | 9 | 7 | 11.5 | 6 | 5.5 |
| Korrekturmass neuer Reifen Vorderachse | 9 | 0 | 10 | 12 | 7.5 | 13 | 13.5 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 359 | 323 | 348 | 350 | 356.5 | 362 | 350.5 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 279 | 240 | 265 | 256 | 293.5 | 294 | 265.5 |
| Kneeling | 80 | 83 | 83 | 94 | 63 | 68 | 85 |
| Höhe Karosserie b. Türe | | 54 | | | | | |
| Kontrolle Höhe Unterkant | 275 | 275 | | | | | |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 370 | 351 | 370 | 348 | 372 | 352 | 351 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 290 | 259 | 287 | 266 | 316 | 294 | 310 |
| Kneeling | 80 | 92 | 83 | 82 | 56 | 58 | 41 |
| Profiltiefe | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 |
| Korrekturmass neuer Reifen Hinterachse | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 11 | 0 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 373 | 351 | 370 | 351 | 375 | 363 | 351 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 293 | 259 | 287 | 269 | 319 | 305 | 310 |
| Kneeling | 80 | 92 | 83 | 82 | 56 | 58 | 41 |
| Höhe Karosserie b. Türe | | 79 | | | | | |
| Kontrolle Höhe Unterkant | | 280 | | | | | |
| 3. Türe nach Hinterachse | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 346 | 347 | 374 | | 374 | 325 | 366 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 274 | 247 | 292 | 307 | 322 | 272 | 364 |
| Kneeling | 72 | 100 | 82 | | 52 | 53 | 2 |
| Profiltiefe | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 |
| Korrekturmass neuer Reifen Hinterachse | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 11 | 0 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 349 | 347 | 374 | | 377 | 336 | 366 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 277 | 247 | 292 | 310 | 325 | 283 | 364 |
| Kneeling | 72 | 100 | 82 | | 52 | 53 | 2 |
| Höhe Karosserie b. Türe | | 75 | | | | | |
| Kontrolle Höhe Unterkant | | 275 | | | | | |

Die „Höhe Karosserie b. Türe“ ist das Mass zwischen der Einstiegshöhe zur Unterkante der Karosserie. Leider wurde diese Höhe als Kontrolle nur bei einem Bus gemessen.

Fett dargestellt ist die Messung der Einstiegshöhe des Volvo HESS B7L bei der VBRF (ZH) in Regensdorf. Diese Messung ist widersprüchlich, sogar falsch. Der Grund liegt in einem defekten Luftfedersystem, das ständig ohne äussere Einflüsse nachgeregelt hat.

Dies zeigt folgende Kontrolle nach einer kurzen Fahrt:

| Einstiegshöhe nach Fahrt um Gebäude (mit laufendem Motor) | | | | |
|---|---------------|-----|-------------------|---|
| | | | Weitere Messungen | |
| 1. Türe | ohne Kneeling | 322 | 353, 334; 371: | Kontrolle bei der 1. Türe: regelt ständig |
| | mit Kneeling | 271 | Kneeling 51 | |
| 2. Türe | ohne Kneeling | 349 | 351 | |
| | mit Kneeling | 311 | Kneeling 38 | |
| 3. Türe | ohne Kneeling | 376 | 358 | |
| | mit Kneeling | 365 | Kneeling 11 | |

Einstiegshöhe 18m-Busse:

| Marke und Typ | HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA 6x2 |
|--|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------------|
| 1. Türe vor Vorderachse | | | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 317 | 361 | 293 | 299 | 348 | 368 | 306 | - | 330 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 248 | 245 | 228 | 221 | | 296 | 260 | - | 278 |
| Kneeling | 69 | 116 | 65 | 78 | | 72 | 46 | | 52 |
| Profiltiefe | 13.5 | 10 | 10 | 9 | | 12.5 | 8 | 9 | 15 |
| Korrektur neuer Reifen Vorderachse | 5.5 | 9 | 9 | 10 | | 6.5 | 11 | | 4 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 322.5 | 370 | 302 | 309 | | 374.5 | 317 | | 334 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 253.5 | 254 | 237 | 231 | | 302.5 | 271 | | 282 |
| Kneeling | 69 | 116 | 65 | 78 | | 72 | 46 | | 52 |
| Höhe Karosserie b. Türe | | | | | | | | | 48 |
| 2. Türe vor Hinterachse | | | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 349 | 365 | 376 | 338 | 347 | 353 | 351 | - | 360 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 278 | 290 | 305 | 282 | | 292 | 309 | - | 313 |
| Kneeling | 71 | 75 | 71 | 56 | | 61 | 42 | | 47 |
| Profiltiefe | 19 | 8 | 10 | 10 | | 14 | 18 | 11 | 10 |
| Korrektur neuer Reifen Hinterachse | 0 | 11 | 9 | 9 | | 5 | 1 | | 9 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 349 | 376 | 385 | 347 | | 358 | 352 | | 369 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 278 | 301 | 314 | 291 | | 297 | 310 | | 322 |
| Kneeling | 71 | 75 | 71 | 56 | | 61 | 42 | | 47 |
| Höhe Karosserie b. Türe | | | | | | | | | 144 |
| 4. Türe vor Anhängerachse | | | | | | | | | |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 333 | 360 | 365 | 330 | 330 | 350 | 324 | - | 367 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 264 | 287 | 283 | 280 | | 291 | 276 | - | 329 |
| Kneeling | 69 | 73 | 82 | 50 | | 59 | 45 | | 38 |
| Profiltiefe | 17 | 14 | 20 | 8.5 | | 12 | 7 | 16 | 12 |
| Korrektur neuer Reifen Anhängerrachse | 2 | 5 | -1 | 10.5 | | 7 | 12 | | 7 |
| Einstiegshöhe OHNE Kneeling | 335 | 365 | 364 | 340.5 | | 357 | 333 | | 374 |
| Einstiegshöhe MIT Kneeling | 266 | 292 | 282 | 290.5 | | 298 | 288 | | 336 |
| Kneeling | 69 | 73 | 82 | 50 | | 59 | 45 | | 38 |

Reifen 12m-Busse:

| Marke und Typ | MAN NL 313 | Mercedes-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino | Van Hool A 330 | Volvo HESS B7L |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | |
| Reifenhersteller / -Typ | Michelin X(?) XZU | Michelin X XZU 275/70 R 22.5 | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Continental HSU 275/70 R 22.5 Urban Traffic |
| Reifenhöhe | 925 | 939 | 928 | 927 | 927 | 922 | 921 |
| Reifendurchmesser | 962 | 974 | 957 | | 956 | 958 | 950 |
| Reifenbreite | 280 | 274 | 275 | 273 | 273 | 272 | 271 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 290 | 290 | 289 | 292 | 286 | 289 | 290 |
| Profiltiefe | 10 | 19 | 9 | 7 | 11.5 | 6 | 5.5 |
| Verschleissanzeige Flanke | | 4.5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2.5 |
| | | Loch | Loch | Loch | Loch | Loch | |
| Verschleiss Flanke | 4.5 | 0 | 0.5 | -0.5 | -0.5 | 0.5 | 2 |
| Verschleiss Lauffläche | 9 | 0 | 10 | | 7.5 | 13 | 13.5 |
| Reifenhöhe neu | 943 | 939 | 948 | | 942 | 948 | 948 |
| Reifendurchmesser neu | 980 | 974 | 977 | | 971 | 984 | 977 |
| Stat. Radius | 453 | 452 | 459.5 | | 456.5 | 456 | 459.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 | 447 | 447 | | 447 | 447 | 447 |
| Eindrückung leer->voll | 6 | 5 | 12.5 | | 9.5 | 9 | 12.5 |
| Reifenbreite neu | 284.5 | 274 | 275.5 | 272.5 | 272.5 | 272.5 | 273 |
| halbe Abplattung | 5 | 8 | 7 | 9.5 | 6.5 | 8.5 | 9.5 |

| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|
| Reifenhersteller / -Typ | Michelin X XZU ICE Grip | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Pirelli CT 40 City 275/70 Winter | Michelin XZU (Winter-pneu) | Michelin XZU 275/70 R 22.5 Winter-pneu | Dunlop SP 531 City | Bridgestone W 990 275/70 R 22.5 SNOW |
| Reifenhöhe | 931 | 939 | 957 | 943 | 948 | 924 | 956 |
| Reifendurchmesser | 965 | 974 | 983 | | 973 | 958 | 977 |
| Reifenbreite | 272 | 275 | 273 | 277 | 278 | 266 | 261 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 291 | 292 | 290 | 297 | 288 | 283 | 271 |
| Breite Doppelreifen | 603 | 605 | 602 | 596 | 611 | 585 | 584 |
| Abstand Reifen | 57 | 57 | 57 | 40 | 46 | 53 | 61 |
| Profiltiefe | 16 | 19 | 19 | 16 | 16 | 8 | 19 |
| Verschleissanzeige Flanke | 0 | 4.5 | 4 | 3.5 | 0 | 2 | 2 |
| | | Loch | Ring | Ring | | Ring | Ring |
| Verschleiss Flanke | 4.5 | 0 | 0.5 | 1 | 4.5 | 2.5 | 2.5 |
| Verschleiss Lauffläche | 3 | 0 | 0 | | 3 | 11 | 0 |
| Reifenhöhe neu | 937 | 939 | 957 | | 954 | 946 | 956 |
| Reifendurchmesser neu | 971 | 974 | 983 | | 979 | 980 | 977 |
| Stat. Radius | 451.5 | 452 | 465.5 | | 464.5 | 456 | 467.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 | 447 | 447 | | 447 | 447 | 447 |
| Eindrückung leer->voll | 4.5 | 5 | 18.5 | | 17.5 | 9 | 20.5 |
| Reifenbreite neu | 276.5 | 275 | 273.5 | 278 | 282.5 | 268.5 | 263.5 |
| halbe Abplattung | 9.5 | 8.5 | 8.5 | 10 | 5 | 8.5 | 5 |

Den Angaben „Reifenhersteller / -Typ“ wurde nicht allzu sehr Aufmerksamkeit geboten und nicht mit Herstellerangaben verglichen:

-Das Angebot an unterschiedlichen Reifen (Hersteller, Reifengröße, Profiltyp aufgrund Einsatzbereich usw.) ist gross

--Die Aufschrift auf den Reifen konnte wegen Abriebverschleiss auf den Reifenflanken mehrheitlich nicht zufriedenstellend interpretiert werden

Zum Beispiel bei dem öffentlichen Verkehrsunternehmen STI (BE) werden 90% der Reifen aufgummiert. In der **Beilage 5** wird gezeigt, dass für die meistverwendeten Reifen 275/70 R 22.5 der Aussen-Durchmesser maximal 973mm sein darf:

| Felgenbreite | Min. Felgenmittenabstand | Max. Nennmasse im Betrieb | |
|--------------|--------------------------|--|--|
| | | Breite max. <i>inkl. Scheuerleisten und bleibendes Wachstum während des Betriebes</i> | Aussen-ø max. <i>infolge bleibenden Wachstums während des Betriebes</i> |
| 7.50 | 307 | 279 | 973 |
| 8.25* | 316 | 287 | 973 |

In den Tabellen der Messungen erkennt man jedoch, dass der Durchmesser der Reifen (effektiv gemessener Durchmesser, mit der restlichen Profiltiefe gegenüber der Profiltiefe auf einen neuen Reifen hochgerechnet) über diesem Durchmesser von 973mm liegt.

PNEU EGGER gibt auf ihrer Homepage Auskunft über Neugummierung an (Quelle: Bandag):

1. Inspektion

Ein Spezialist von Pneu Egger inspiziert mittels Lasershearographie die Karkasse. Für das Auffinden verdeckter Schäden stehen Verfahren aus der Luft- und Raumfahrt zur Verfügung. Kein Schaden bleibt unentdeckt.

2. Rauhen

Durch das Rauhen entfernt der Spezialist von Pneu Egger nicht nur das Restprofil, sondern stellt auch die ursprünglichen Einfederungspunkte wieder her. Das erhöht die Belastbarkeit und die Zuverlässigkeit des Reifens.

3. Reparatur

Indem er alle sichtbaren und verdeckten Schäden repariert, bereitet der Spezialist von Pneu Egger den Reifen auf die Neugummierung vor.

4. Aufbau

Der Spezialist von Pneu Egger trägt eine vorvulkanisierte Lauffläche auf die Karkasse auf. Ein Computer stellt sicher, dass die Fläche gleichmässig und mit der richtigen Spannung aufliegt.

5. Anbringen der Aussenhülle

Der Vulkanisier-Autoklave verbindet die Lauffläche mit der Karkasse. Eine vorher angebrachte Aussenhülle verhindert Verformungen.

6. Abschlussinspektion

Jeder Auftrag wird bei der Abschlussinspektion durch den Spezialisten von Pneu Egger dokumentiert.

Die Auskünfte von Herrn Zehnder, Aufgummierungswerk EGGER geben nähere Erkenntnisse:

- Pneu Egger ist einer der vier Lizenznehmer in der Schweiz des BANDAG-Verfahrens
- Bei den gebrauchten Reifen wird das abgefahrene Profil mit computergesteuerten Maschinen bis auf einen reifenspezifischen Durchmesser abgetragen.
- Der neue aufgetragene und daraufhin vulkanisierte Profillaufstreifen ist in der Höhe abhängig vom Profiltyp. Deshalb kann es im Durchmesser zu Abweichungen kommen.
- Da die verschlissenen Flanken ebenfalls wieder aufgummiert werden können, kann es auch in der Breite zu pneumarkenspezifischen Abweichungen kommen. Für die Breitenabweichung gilt zudem, dass der Reifen 275/70 R 22.5 auf einer 7.50" oder 8.25"-Felge montiert werden kann. Dies entspricht einer Felgenbreiten-Differenz von 0.75" = 19mm. (Es konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, welche öV's welche der Felgen einsetzen und vom Bushersteller/Handel geliefert bekommen). Ein Teil dieser Abweichung von 19mm wird sich in der Breite der Reifen zeigen.
- Herr Zehnder hat in der Breite von Neureifen ebenfalls Unterschiede festgestellt und begründet dies mit dem Einsatz unterschiedlicher Form-Werkzeuge der global verstreuten Herstellwerke. Ein Werkstattchef eines öV's glaubt jedoch, bei den heutigen computergesteuerten Herstellprozessen für Reifen keine grossen geometrischen Abweichungen feststellen zu können.

Reifen18m-Busse:

| Marke und Typ | HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino | Van Hool AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA 6x2 |
|--|-------------------------------------|------------|------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Reifenhersteller / -Typ | Pirelli CT 40 City 275/70 R 22.5 | | | Miche-llin X XZU 275/70 R 22.5 | | Michelin XZU (Sommer) | Michelin X 315/60 R 22.5 | Dunlop SP 741 City 275/70 R 22.5 | Pirelli CT40 CITY 275/70 R 22.5 |
| Reifenhöhe | 913 | 926 | 925 | 911 | | 925 | 907 | 908 | 927 |
| Reifendurchmesser | 966 | 962 | 955 | 955 | | 961 | 953 | 954 | 967 |
| Reifenbreite | 268 | 284 | 270 | 275 | | 271 | 310 | 266 | 271 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 295 | 290 | 290 | 294 | | 288 | 333 | 284 | 290 |
| Profiltiefe | 13.5 | 10 | 10 | 9 | | 12.5 | 8 | 9 | 15 |
| Verschleissanzeige Flanke | 0 | 4 | 4.5 | 3 | | 4.5 | 3.5 | 2 | 3.5 |
| | Ring | Loch | Loch | Loch | | Loch | Loch | Ring | Ring |
| Verschleiss Flanke | 4.5 | 0.5 | 0 | 1.5 | | 0 | 1 | 2.5 | 1 |
| Verschleiss Lauffläche | 5.5 | 9 | 9 | 10 | | 6.5 | 11 | 10 | 4 |
| Reifenhöhe neu | 924 | 944 | 943 | 931 | | 938 | 929 | 928 | 935 |
| Reifendurchmesser neu | 977 | 980 | 973 | 975 | | 974 | 975 | 974 | 975 |
| Stat. Radius | 435.5 | 454 | 456.5 | 443.5 | | 451 | 441.5 | 441 | 447.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 | 447 | 447 | 447 | | 447 | 447 | 447 | 447 |
| Eindrückung leer->voll | -11.5 | 7 | 9.5 | -3.5 | | 4 | -5.5 | -6 | 0.5 |
| Reifenbreite neu | 272.5 | 284.5 | 270 | 276.5 | | 271 | 311 | 268.5 | 272 |
| halbe Abplattung | 13.5 | 3 | 10 | 9.5 | | 8.5 | 11.5 | 9 | 9.5 |

| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|----------------|---------------------------------|--|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| Reifenhersteller / -Typ | Pirelli CT 40 City 275/70 R 22.5 Winterpneu | Pirelli C 140 | Michelin X XZU | Michelin X XZU 275/70 R 22.5 | | Michelin (Sommer) | Dunlop SP 431 City 275/70 R 22.5 | Michelin X XZU 275/70 R 22.5 | Dunlop SP 531 City M + S 275/70 R 22.5 |
| Reifenhöhe | 933 | 931 | 942 | 931 | | 938 | 943 | 928 | 940 |
| Reifendurchmesser | 971 | 951 | | 955 | | 960 | 972 | 947 | 961 |
| Reifenbreite | 271 | 271 | 280 | 278 | | 273 | 269 | 279 | 266 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 285 | 282 | 287 | 286 | | 281 | 280 | 285 | 272 |
| Breite Doppelreifen | 605 | 603 | 609 | 611 | | 592 | 590 | 593 | 600 |
| Abstand Reifen | 57 | 53 | 58 | 52 | | 44 | 51 | 43 | 65 |
| Profiltiefe | 19 | 8 | 10 | 10 | | 14 | 18 | 11 | 10 |
| Verschleissanzeige Flanke | 3.5 | 0 | 4.5 | 4 | | 5 | 3 | 5 | 1 |
| | Ring | | Ring | Loch | | Loch | Ring | Loch | Ring |
| Verschleiss Flanke | 1 | 4.5 | 0 | 0.5 | | -0.5 | 1.5 | -0.5 | 3.5 |
| Verschleiss Lauffläche | 0 | 11 | | 9 | | 5 | 1 | 8 | 9 |
| Reifenhöhe neu | 933 | 953 | | 949 | | 948 | 945 | 944 | 958 |
| Reifendurchmesser neu | 971 | 973 | | 973 | | 970 | 974 | 963 | 979 |
| Stat. Radius | 447.5 | 466.5 | | 462.5 | | 463 | 458 | 462.5 | 468.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 | 447 | 447 | 447 | | 447 | 447 | 447 | 447 |
| Eindrückung leer->voll | 0.5 | 19.5 | | 15.5 | | 16 | 11 | 15.5 | 21.5 |
| Reifenbreite neu | 272 | 275.5 | 280 | 278.5 | | 272.5 | 270.5 | 278.5 | 269.5 |
| halbe Abplattung | 7 | 5.5 | 3.5 | 4 | | 4 | 5.5 | 3 | 3 |

| Messpunkte Achse im Anhänger HORIZONTAL, Gelenkbus | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-------------|------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| Reifenhersteller / -Typ | Pirelli CT 40 City 275/70 R 22.5 | Continental | Michelin X XM 51 | Dunlop SP 630 ? SNOW 275/70 R 22.5 | | Dunlop 531 City (Winter) | Michelin X 315/60 R 22.5 (gelenkt) | Michelin X XZU 275/70 R 22.5 | Dunlop Sp 531 City M + S 275/70 R 22.5 |
| Reifenhöhe | 933 | 940 | 944 | 920 | | 922 | 904 | 932 | 938 |
| Reifendurchmesser | 968 | 974 | | 955 | | 958 | 938 | 966 | 963 |
| Reifenbreite | 271 | 271 | 274 | 266 | | 267 | 312 | 276 | 268 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 288 | 288 | 293 | 280 | | 286 | 328 | 292 | 283 |
| Breite Doppelreifen | 603 | 598 | 601 | 592 | | 588 | | 600 | 596 |
| Abstand Reifen | 60 | 55 | 54 | 67 | | 58 | | 48 | 61 |
| Profiltiefe | 17 | 14 | 20 | 8.5 | | 12 | 7 | 16 | 12 |
| Verschleissanzeige Flanke | 4.5 | 4.5 | 5 | 0 | | 2 | 3.5 | 4 | 2 |
| | Ring | Loch | Ring | Ring | | Ring | Loch | Loch | Ring |
| Verschleiss Flanke | 0 | 0 | -0.5 | 4.5 | | 2.5 | 1 | 0.5 | 2.5 |
| Verschleiss Lauffläche | 2 | 5 | | 10.5 | | 7 | 12 | 3 | 7 |
| Reifenhöhe neu | 937 | 950 | | 941 | | 936 | 928 | 938 | 952 |
| Reifendurchmesser neu | 972 | 984 | | 976 | | 972 | 962 | 972 | 977 |
| Stat. Radius | 451 | 458 | | 453 | | 450 | 447 | 452 | 463.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 | 447 | | 447 | | 447 | 447 | 447 | 447 |
| Eindrückung leer->voll | 4 | 11 | | 6 | | 3 | 0 | 5 | 16.5 |
| Reifenbreite neu | 271 | 271 | 273.5 | 270.5 | | 269.5 | 313 | 276.5 | 270.5 |
| halbe Abplattung | 8.5 | 8.5 | 9.5 | 7 | | 9.5 | 8 | 8 | 7.5 |

Folgende Messwerte zeigen viele Fehler, die einfach gelöscht werden:

| | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|---|-----|------|--|---|------|----|-----|
| Eindrückung leer->voll | -11.5 | 7 | 9.5 | -3.5 | | 4 | -5.5 | -6 | 0.5 |
|------------------------|-------|---|-----|------|--|---|------|----|-----|

Diese Fehler sind unterschiedlich begründet:

- Reifenspezifische Aufgummierung (Auskünfte PNEU EGGER, Hr. Zehnder)
- Widersprüchliche Normierungsvorgaben (z.B. Statischer Radius als Vorgabe der Normierungsbehörde ERTRO zu abweichenden Angaben der Reifenherstellern, vgl. Beilage 5)
- Nicht zuletzt können auch eigene Messfehler die Ursache sein
- Auch nachfolgend dargestellte Möglichkeit unterschiedlich abgenutzter Reifen kann ein Grund für Schwierigkeiten in der Messinterpretation sein.

Weitere mögliche Abweichungen sind:

Bei Zwillingmontage von Reifen mit unterschiedlichem Erhaltungszustand muss der grössere Reifen nach innen montiert werden. Dabei sollte die Differenz im Durchmesser des aufgepumpten Reifens nicht mehr als 6 mm sein.

Bei Reifen mit Abnutzungsindikatoren (TWI=Tread Wear Indikator, stegähnliche Erhöhungen von 1,6 mm) ist in den Rillen zu messen, in denen sich diese Abnutzungsindikatoren befinden. Abnutzungsindikatoren bei NFZ-Reifen zeigen, ob der Reifen die Abfahrsgrenze erreicht hat. Profiltiefenmessungen sind daher niemals auf, sondern neben den Abnutzungsindikatoren vorzunehmen. Dies konnte in den Messungen der Profiltiefe möglicherweise nicht eingehalten werden.

Ein "exotisch" eingesetzter Reifen an der Vorder- und „Anhänger“-Achse im 18m-Bus Van Hool wird hier näher angegeben:

| | |
|--|------------------------------------|
| Marke und Typ | Van Hool New AG 300 (18m) |
| Vorderachse: Michelin X 315/60 R 22.5 | |
| Reifenhersteller / -Typ | Michelin X 315/60 R 22.5 |
| Reifenhöhe | 907 |
| Reifendurchmesser | 953 |
| Reifenbreite | 310 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 333 |
| Profiltiefe | 8 |
| Verschleissanzeige Flanke | 3.5 (Loch) |
| Verschleiss Flanke | 1 |
| Verschleiss Lauffläche | 11 |
| Reifenhöhe neu | 929 |
| Reifendurchmesser neu | 975 |
| Stat. Radius | 441.5 |
| Stat. Radius beladen | 447 |
| Eindrückung leer->voll | -5.5 |
| Reifenbreite neu | 311 |
| halbe Abplattung | 11.5 |
| Hinterachse (Zugfahrzeug): Dunlop SP 431 City 275/70 R 22.5 (Doppelbereifung) | |
| Achse im Anhänger, Gelenkbus: Michelin X 315/60 R 22.5 (gelenkt) | |
| Reifenhersteller / -Typ | Michelin X 315/60 R 22.5 (gelenkt) |
| Reifenhöhe | 904 |
| Reifendurchmesser | 938 |
| Reifenbreite | 312 |
| Reifenbreite mit Abplattung | 328 |
| Breite Doppelreifen | Nur 1 Reifen (auf einer Seite) |
| Abstand Reifen | Nur 1 Reifen (auf einer Seite) |
| Profiltiefe | 7 |
| Verschleissanzeige Flanke | 3.5 (Loch) |
| Verschleiss Flanke | 1 |
| Verschleiss Lauffläche | 12 |
| Reifenhöhe neu | 928 |
| Reifendurchmesser neu | 962 |
| Stat. Radius | 447 |
| Stat. Radius beladen | 447 |
| Eindrückung leer->voll | 0 |
| Reifenbreite neu | 313 |
| halbe Abplattung | 8 |

Abstand zu Karosserie 12m-Busse:

| Marke und Typ | MAN NL 313 | | | Merc.-Benz Citaro O 530 | | | Neoplan N 4516 | | |
|--|------------|-------|--------|----------------------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -21 | -1 | -21 | -9 | 1 | -10 | -10 | 0 | -10 |
| Laufflächeseite | 64 | 0 | 64 | 77 | 0 | 77 | 64 | 0 | 64 |
| Innerer Verschleissring | 50 | 1 | 49 | 65 | 0 | 65 | 56 | 1 | 55 |
| Felge | 65 | 1 | 64 | 82 | -1 | 83 | 75 | -3 | 76 |
| Radkappe (Schutzring) | 6 | 2 | 5 | -3 | -2 | -2 | 17 | -1 | 17 |
| Radkappe (Schutzring) | 4 | | | -1 | | | 18 | | |
| Felge | 64 | | | 84 | | | 77 | | |
| Innerer Verschleissring | 49 | | | 64 | | | 54 | | |
| Laufflächeseite | 64 | | | 77 | | | 64 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -20 | | | -10 | | | -9 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -18 | -6 | -15 | -8 | 1 | -9 | | | |
| Laufflächeseite | 30 | 1 | 29 | 44 | 1 | 44 | 29 | -4 | 31 |
| Innerer Verschleissring | 15 | 0 | 15 | 33 | 1 | 33 | 6 | -11 | |
| Felge | 28 | 0 | 29 | 51 | 1 | 51 | 23 | -2 | 24 |
| Radkappe (Schutzring) | -9 | 3 | -10 | | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | -12 | | | | | | | | |
| Felge | 29 | | | 50 | | | 25 | | |
| Innerer Verschleissring | 15 | | | 32 | | | 117 | | |
| Laufflächeseite | 29 | | | 43 | | | 33 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -12 | | | -9 | | | | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

Die halbe Abplattung der Reifen liegt bei ca. 8mm (vgl. Messungen Reifen). Das heisst, dass die Reifen unten um ca. 16mm breiter sind.

Diese halbe Abplattung kann bei obigen Messungen beim Abstand der Laufflächeseite bis zur Karosserie abgezogen werden.

Das Messverfahren über nachfolgende Messpunkte wurde bereits in der Beilage 0 erklärt. Die Messpunkte liegen links und rechts vom Radmittelpunkt:

| |
|-------------------------|
| Karosserie |
| Radkasten-Scheuerleiste |
| Laufflächeseite |
| Innerer Verschleissring |
| Felge |
| Radkappe (Schutzring) |
| |
| Radkappe (Schutzring) |
| Felge |
| Innerer Verschleissring |
| Laufflächeseite |
| Radkasten-Scheuerleiste |
| Karosserie |

Die Messwerte werden zur Null-Referenz der Karosserie errechnet. Dann wird hier in der Auswertung die **Differenz** der Messungen zwischen rechts und links des Pneumittelpunktes ermittelt. Bei Abweichungen der Messungen an gleichen Messorten wird nochmals das **Mittel** errechnet. Kleine Abweichungen von in diesen Berechnungen liegen aufgrund Rundungsfehlern bei nur 1mm.

| | Diff. | Mittel |
|-----|-------|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| -10 | 0 | -10 |
| 64 | 0 | 64 |
| 56 | 1 | 55 |
| 75 | -3 | 76 |
| 17 | -1 | 17 |

18
77
54
64
-9
0

Grössere Abweichungen sind markiert und grobe Messfehler einfach gelöscht worden, vgl. nachfolgender Auszug:

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----|----|-----|----|---|----|----|------|----|
| Radkasten-Scheuerleiste | -18 | -6 | -15 | -8 | 1 | -9 | | | |
| Laufflächeseite | 30 | 1 | 29 | 44 | 1 | 44 | 29 | -4 | 31 |
| Innerer Verschleissring | 15 | 0 | 15 | 33 | 1 | 33 | 6 | -111 | |
| Felge | 28 | 0 | 29 | 51 | 1 | 51 | 23 | -2 | 24 |

| Marke und Typ | Scania HESS N 94 UB | | | Solaris Urbino | | | Van Hool A 330 CNG | | |
|--|------------------------|-------|--------|----------------|-------|--------|-----------------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -25 | -6 | -22 | | | | -8 | -3 | -7 |
| Laufflächeseite | 93 | 0 | 93 | 63 | 0 | 63 | 78 | 0 | 78 |
| Innerer Verschleissring | 84 | 0 | 83 | 53 | 1 | 53 | 68 | -2 | 70 |
| Felge | 100 | -2 | 101 | 71 | 2 | 70 | 86 | -3 | 87 |
| Radkappe (Schutzring) | 27 | -3 | 28 | 13 | 0 | 13 | 5 | -2 | 6 |
| Radkappe (Schutzring) | 30 | | | 13 | | | 7 | | |
| Felge | 102 | | | 68 | | | 89 | | |
| Innerer Verschleissring | 83 | | | 52 | | | 71 | | |
| Laufflächeseite | 93 | | | 63 | | | 78 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -19 | | | | | | -5 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | | | | | | | -6 | 4 | -8 |
| Laufflächeseite | 80 | -1 | 81 | 33 | -2 | 34 | 32 | -3 | 34 |
| Innerer Verschleissring | 60 | -3 | 62 | 17 | -3 | 19 | 15 | -6 | 18 |
| Felge | 81 | 2 | 80 | 35 | -5 | 37 | 29 | -4 | 31 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 14 | -6 | 16 | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 19 | | | | | |
| Felge | 79 | | | 39 | | | 33 | | |
| Innerer Verschleissring | 63 | | | 20 | | | 21 | | |
| Laufflächeseite | 82 | | | 35 | | | 35 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | | | | | | | -10 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

| Marke und Typ | Volvo HESS B7L | | |
|--|----------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -17 | 1 | -18 |
| Laufflächeseite | 85 | 0 | 85 |
| Innerer Verschleissring | 70 | -3 | 71 |
| Felge | 86 | -6 | 89 |
| Radkappe (Schutzring) | 4 | -1 | 4 |
| Radkappe (Schutzring) | 5 | | |
| Felge | 92 | | |
| Innerer Verschleissring | 73 | | |
| Laufflächeseite | 85 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -18 | | |
| Karosserie | 0 | | |

| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | |
|--|-----|----|-----|
| Karosserie | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -23 | -2 | -22 |
| Laufflächeseite | 45 | 7 | 42 |
| Innerer Verschleissring | 29 | 5 | 27 |
| Felge | 37 | 2 | 36 |
| Radkappe (Schutzring) | 19 | 5 | 16 |
| Radkappe (Schutzring) | 14 | | |
| Felge | 35 | | |
| Innerer Verschleissring | 24 | | |
| Laufflächeseite | 38 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -20 | | |
| Karosserie | 0 | | |

Abstand zu Karosserie 18m-Busse:

| Marke und Typ | HESS BGT.N2C | | | MAN NG 353 | | | MAN NL 363 | | |
|---|--------------|-------|--------|------------|-------|--------|------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -17 | -2 | -16 | -8 | 0 | -8 | -16 | 1 | -16 |
| Laufflächeseite | 105 | 0 | 105 | 62 | 0 | 62 | 63 | 0 | 63 |
| Innerer Verschleissring | 89 | 2 | 87 | 39 | -12 | 45 | 44 | 0 | 44 |
| Felge | 102 | 0 | 101 | 53 | -8 | 57 | 59 | 0 | 59 |
| Radkappe (Schutzring) | 17 | 2 | 15 | -28 | -4 | -26 | -1 | 3 | -2 |
| Radkappe (Schutzring) | 14 | | | -24 | | | -4 | | |
| Felge | 101 | | | 60 | | | 59 | | |
| Innerer Verschleissring | 86 | | | 51 | | | 44 | | |
| Laufflächeseite | 105 | | | 62 | | | 63 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -15 | | | -7 | | | -17 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -21 | 0 | -22 | -9 | -1 | -8 | -13 | 4 | -15 |
| Laufflächeseite | 74 | -1 | 74 | 34 | -3 | 36 | 27 | -6 | 30 |
| Innerer Verschleissring | 52 | 2 | 50 | 21 | 3 | 19 | 13 | -1 | 13 |
| Felge | 69 | 2 | 68 | 37 | 2 | 36 | 33 | 2 | 32 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 8 | -1 | 9 | -7 | 3 | -9 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 9 | | | -10 | | |
| Felge | 67 | | | 34 | | | 32 | | |
| Innerer Verschleissring | 49 | | | 18 | | | 14 | | |
| Laufflächeseite | 75 | | | 38 | | | 33 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -22 | | | -8 | | | -16 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Achse im Anhänger HORIZONTAL, Gelenkbus | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -20 | 0 | -20 | -10 | 0 | -10 | -14 | -1 | -14 |
| Laufflächeseite | 69 | -1 | 70 | 41 | 1 | 41 | 23 | -10 | 28 |
| Innerer Verschleissring | 49 | 1 | 49 | 21 | -1 | 21 | 18 | -3 | 19 |
| Felge | 66 | 1 | 66 | 36 | 0 | 36 | 34 | -5 | 37 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 14 | -2 | 15 | -13 | -1 | -12 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | 16 | | | -11 | | |
| Felge | 65 | | | 36 | | | 39 | | |
| Innerer Verschleissring | 48 | | | 21 | | | 21 | | |
| Laufflächeseite | 70 | | | 40 | | | 33 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -19 | | | -9 | | | -14 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

| Marke und Typ | Merc.-Benz Citaro O 530 G | | | Neoplan N 4522 | | | Solaris Urbino | | |
|---|------------------------------|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -4 | 4 | -5 | -12 | 0 | -12 | | | |
| Laufflächeseite | 84 | 0 | 84 | 61 | 0 | 61 | 60 | 0 | 60 |
| Innerer Verschleissring | 72 | 0 | 72 | 48 | -1 | 49 | 49 | -3 | 50 |
| Felge | 90 | 0 | 90 | 68 | 0 | 68 | 65 | 0 | 65 |
| Radkappe (Schutzring) | 5 | -1 | 5 | 12 | 2 | 12 | 8 | -2 | 9 |
| Radkappe (Schutzring) | 5 | | | 11 | | | 11 | | |
| Felge | 90 | | | 68 | | | 65 | | |
| Innerer Verschleissring | 71 | | | 50 | | | 51 | | |
| Laufflächeseite | 84 | | | 61 | | | 60 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -7 | | | -13 | | | | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -7 | -1 | -7 | -16 | 0 | -16 | | | |
| Laufflächeseite | 50 | 0 | 49 | | | | 36 | 4 | 34 |
| Innerer Verschleissring | 31 | -1 | 32 | 1 | -2 | 3 | 28 | 5 | 26 |
| Felge | 54 | -1 | 54 | | | | 45 | 4 | 43 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | 26 | 3 | 24 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | 23 | | |
| Felge | 55 | | | | | | 41 | | |
| Innerer Verschleissring | 33 | | | 4 | | | 23 | | |
| Laufflächeseite | 49 | | | | | | 33 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -6 | | | -16 | | | | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Achse im Anhänger HORIZONTAL, Gelenkbus | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -9 | -1 | -8 | 1 | 14 | -6 | | | |
| Laufflächeseite | 54 | 0 | 54 | | | | 44 | 0 | 44 |
| Innerer Verschleissring | 39 | 1 | 39 | 9 | -2 | 10 | 28 | 0 | 28 |
| Felge | 53 | 3 | 52 | | | | 35 | -2 | 37 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | 15 | ### | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | 116 | | |
| Felge | 50 | | | | | | 38 | | |
| Innerer Verschleissring | 38 | | | 10 | | | 28 | | |
| Laufflächeseite | 54 | | | | | | 45 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -8 | | | -13 | | | | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

| Marke und Typ | Van Hool New AG 300 | | | Volvo 7000 | | | Volvo Hess B7LA | | |
|---|------------------------|-------|--------|------------|-------|--------|--------------------|-------|--------|
| | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel | | Diff. | Mittel |
| Messpunkte Vorderachse HORIZONTAL | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -5 | 4 | -7 | -8 | 1 | -9 | -19 | -4 | -18 |
| Laufflächeseite | 64 | 0 | 64 | 96 | 0 | 96 | 103 | 0 | 103 |
| Innerer Verschleissring | 52 | 0 | 52 | 81 | -1 | 81 | 85 | 1 | 84 |
| Felge | 66 | -2 | 67 | 98 | 2 | 96 | 100 | 1 | 99 |
| Radkappe (Schutzring) | 8 | -3 | 9 | 19 | -1 | 19 | 14 | -2 | 15 |
| Radkappe (Schutzring) | 11 | | | 20 | | | 17 | | |
| Felge | 68 | | | 95 | | | 98 | | |
| Innerer Verschleissring | 52 | | | 81 | | | 84 | | |
| Laufflächeseite | 64 | | | 96 | | | 103 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -10 | | | -9 | | | -16 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Hinterachse HORIZONTAL (Zugfahrzeug) | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -4 | 2 | -5 | -9 | 0 | -8 | -19 | 2 | -19 |
| Laufflächeseite | 29 | 1 | 28 | 33 | -4 | 34 | 69 | 0 | 69 |
| Innerer Verschleissring | 10 | -3 | 11 | 20 | 0 | 20 | 45 | 5 | 42 |
| Felge | 26 | -1 | 26 | 37 | -3 | 38 | 61 | 5 | 59 |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | | | | | | | | | |
| Felge | 26 | | | 40 | | | 57 | | |
| Innerer Verschleissring | 13 | | | 20 | | | 40 | | |
| Laufflächeseite | 27 | | | 36 | | | 68 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -5 | | | -8 | | | -20 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| Messpunkte Achse im Anhänger HORIZONTAL, Gelenkbus | | | | | | | | | |
| Karosserie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Radkasten-Scheuerleiste | -10 | -2 | -9 | -7 | 3 | -8 | -20 | -1 | -20 |
| Laufflächeseite | 64 | -5 | 66 | 38 | -1 | 39 | 63 | 0 | 63 |
| Innerer Verschleissring | 51 | -6 | 54 | 22 | -4 | 25 | 37 | -1 | 38 |
| Felge | 68 | -3 | 70 | 40 | -4 | 42 | 57 | 0 | 57 |
| Radkappe (Schutzring) | 8 | -4 | 10 | | | | | | |
| Radkappe (Schutzring) | 13 | | | | | | | | |
| Felge | 72 | | | 44 | | | 56 | | |
| Innerer Verschleissring | 57 | | | 27 | | | 38 | | |
| Laufflächeseite | 68 | | | 40 | | | 63 | | |
| Radkasten-Scheuerleiste | -8 | | | -9 | | | -19 | | |
| Karosserie | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

Längen 12m-Busse:

| Marke und Typ | Vorderer Überhang * | Mitte 1. Türe | 1. Achse | 2. Türe | 2. Achse | 3. Türe | | | | | | Hinterer Überhang * | Fahrzeuglänge |
|-------------------------|---------------------|---------------|----------|---------|----------|---------|--|--|--|--|--|---------------------|---------------|
| MAN NL 313 | 398 | 1077 | 2690 | 5500 | 8536 | 10128 | | | | | | 10887 | 11933 |
| Merc.-Benz Citaro O 530 | - | - | - | - | - | - | | | | | | - | - |
| Neoplan N 4516 | 406 | 1084 | 2687 | 5502 | 8568 | 10150 | | | | | | 10865 | 11945 |
| Scania HESS N 94 UB | - | - | - | - | - | - | | | | | | - | - |
| Solaris Urbino | 525 | 1042 | 2642 | 6225 | 8551 | 10285 | | | | | | 10984 | 11877 |
| Volvo HESS B7L | 400 | 1134 | 2705 | 5586 | 8562 | 10131 | | | | | | 10818 | 11938 |
| Van Hool A 330 CNG | 833 | 1009 | 2707 | 6067 | 8487 | 10129 | | | | | | 10184 | 11963 |

* hier gilt für den vorderen und hinteren Überhang das Mass von vorne gemessen bis zur Kante horizontale Karosserie-Unterkante zur 7° abgeschrägten Karosserieunterkante des Überhangs

Längen 18m-Busse:

| Marke und Typ | Vorderer Überhang * | Mitte 1. Türe | 1. Achse | 2. Türe | 2. Achse | 3. Türe | Anfang Balg | Ende Balg | 3. Türe | 3. Achse | 4. Türe | Hinterer Überhang * | Fahrzeuglänge |
|---------------------------|---------------------|---------------|----------|---------|----------|---------|-------------|-----------|---------|----------|---------|---------------------|---------------|
| MAN NG 353 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Merc.-Benz Citaro O 530 G | 393 | 1075 | 2691 | 6897 | 8534 | | 9542 | 11199 | 12891 | 14529 | 16118 | 16816 | 17900 |
| Van Hool AG 300 | 687 | 1006 | 2724 | 6000 | 8520 | | 9547 | 11048 | 13513 | 15648 | 17014 | 17320 | 17983 |
| Volvo 7000 | 376 | 1097 | 2682 | 5378 | 7829 | | 8939 | 10515 | 12143 | 14586 | 16154 | 16885 | 17839 |
| Volvo Hess B7LA | 407 | 1078 | 2715 | 5589 | 8532 | | 9022 | 10667 | 12272 | 14632 | 16203 | 16880 | 18015 |
| Neoplan N 4522 | 423 | 1087 | 2718 | 7011 | 8587 | | 9524 | 11049 | 13764 | 15320 | 16903 | 17642 | 18720 |
| Solaris Urbino | 598 | 1150 | 2710 | 5548 | 7841 | | 8894 | 10410 | 12885 | 14605 | 16339 | 17007 | 17936 |
| MAN NL 363 | 416 | 1102 | 2725 | 6279 | 7803 | | 8783 | 10309 | 13032 | 14610 | | 16907 | 17956 |
| HESS BGT.N2C | 412 | 1116 | 2700 | 5455 | 8558 | | 9617 | 11147 | 12904 | 14517 | 16122 | 16858 | 17922 |

* hier gilt für den vorderen und hinteren Überhang das Mass von vorne gemessen bis zur Kante horizontale Karosserie-Unterkante zur 7° abgeschrägten Karosserieunterkante des Überhangs

Die Tabelle in **Beilage 4** (Werte aus dem früheren Projekt) wird ergänzt durch die zusätzlich gemessenen Busse:

12m-Busse

Van Hool A 330 CNG

18m-Busse

Van Hool AG 300

Van Hool AG 300 (Masse nicht gemessen, nur aus Zeichnung vorhanden)

Neoplan N 4522

Solaris Urbinio

MAN NL 363

HESS BGT.N2C

Die baugleichen 12m-Busse**, welche ausgemessen wurden, hatten die 2. Türe um zwei Sitzreihen weiter vorne. Beim 18m-Bus Volvo HESS B7LA eine Differenz beim Radstand.

| Marke und Typ | Anzahl zwischen 2000-2004 | Gesamtlänge | Radstand | Radstand Anhängerachse | Vorderer Überhang | hinterer Überhang | Position Tür #1 | Position Tür #2 | Position Tür #3 | Abstand Front zu 1. Türe | Abstand 1. Türe zu 2. Türe | Abstand 1. Türe zu 3. Türe im Anhänger |
|------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 12m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NL 313** | 60 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2810 | | | -4423 | |
| Neoplan N 4516** | 41 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2815 | | | -4418 | |
| 18m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| Volvo HESS B7LA | 25 | 17989 | 5230 | 6660 | 2700 | 3399 | 1610 | 2860 | 9480 | 1090 | -4470 | -11090 |
| | | | 5817 | 6100 | | | | | | | | |

Seit dem 1. Dez. 2002 gilt für Gelenkbusse eine Gesamtlänge von 18,75 m (vgl. Beilage 14).

Der gemessene Neoplan N 4522 hatte bereits diese Länge, vom Van Hool AG 300 sind die Masse aus einer Zeichnung wiedergegeben:

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| Van Hool AG 300 (Zeichnung) | | 18735 | 5790 | 7550 | 2715 | 2680 | 1515 | 3450 | 11595 | 1200 | -4965 | -13110 |
| Neoplan N 4522 | 20 | 18720 | 5875 | 6770 | 2700 | 3375 | 1620 | 4300 | 11045 | 1080 | -5920 | -12665 |

Nachfolgend ist die Tabelle mit der Struktur der Zusammenstellung in **Beilage 4** nochmals aufgeführt, hier zusammen mit den Zusätzen:

Korrigierte Tabellen aus Beilage 4:

| Marke und Typ | Anzahl zwischen 2000-2004 | Gesamtlänge | Radstand | Radstand Anhängerachse | Vorderer Überhang | hinterer Überhang | Position Tür #1 | Position Tür #2 | Position Tür #3 | Abstand Front zu 1. Türe | Abstand 1. Türe zu 2. Türe | Abstand 1. Türe zu 3. Türe im Anhänger |
|--|---------------------------|--------------|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| 12m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NL 313** | 60 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2810 | | | -4423 | |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | 11950 | 5845 | | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | | 1105 | -5820 | |
| Neoplan N 4516** | 41 | 11950 | 5875 | | 2700 | 3375 | 1650 | 4250 | | 1050 | -5900 | |
| | | | | | | | | 2815 | | | -4418 | |
| Scania N 94 UB | 28 | 11995 | 5875 | | 2731 | 3389 | 1610 | 3520 | | | -5130 | |
| Solaris Urbino 12 | 32 | 12000 | 5900 | | 2700 | 3400 | 1580 | 3590 | | 1120 | -5170 | |
| Volvo HESS B7L | 28 | 11965 | 5845 | | 2750 | 3370 | 1610 | 2860 | | 1140 | -4470 | |
| Van Hool A 330 CNG | 22 | 11995 | 5790 | | 2715 | 3490 | 1640 | 3400 | | 1075 | -5040 | |
| 18m-Busse | | | | | | | | | | | | |
| MAN NG 353 | 29 | 17950 | 5105 | 6770 | 2700 | 3375 | 1650 | 3550 | 10250 | 1050 | -5200 | -11900 |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | 17940 | 5845 | 5990 | 2705 | 3400 | 1600 | 4220 | 10180 | 1105 | -5820 | -11780 |
| Van Hool AG 300 | 32 | 17985 | 5790 | 7150 | 2715 | 2330 | 1700 | 3300 | 10800 | 1015 | -5000 | -12500 |
| Volvo 7000 | 90 | 17944 | 5190 | 6755 | 2665 | 3334 | 1585 | 2715 | 9485 | 1080 | -4300 | -11070 |
| Volvo HESS B7LA | 25 | 17989 | 5230 | 6660 | 2700 | 3399 | 1610 | 2860 | 9480 | 1090 | -4470 | -11090 |
| | | | 5817 | 6100 | | | | | | | | |
| Van Hool AG 300 | 32 | 17985 | 5790 | 7150 | 2715 | 2330 | 1700 | 3300 | 10800 | 1015 | -5000 | -12500 |
| Van Hool AG 300 (Zeichnung) | | 18735 | 5790 | 7550 | 2715 | 2680 | 1515 | 3450 | 11595 | 1200 | -4965 | -13110 |
| Neoplan N 4522 | 20 | 18720 | 5875 | 6770 | 2700 | 3375 | 1620 | 4300 | 11045 | 1080 | -5920 | -12665 |
| Solaris Urbino | 20 | 18000 | 5130 | 6770 | 2700 | 3400 | 1600 | 2815 | 10173 | 1100 | -4415 | -11773 |
| MAN NL 363 | 20 | 17956 | 5078 | 6807 | 2725 | 3346 | 1623 | 3554 | 10307 | 1102 | -5177 | -11930 |
| HESS BGT.N2C | 34 | 17922 | 5858 | 5959 | 2700 | 3405 | 1584 | 2755 | 10204 | 1116 | -4339 | -11788 |
| Erklärung: (alle Masse in mm bis zur Mitte der Türen) | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #1: Abstand Vorderachse-vordere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #2: Abstand Vorderachse-mittlere Tür | | | | | | | | | | | | |
| Position Tür #3: Abstand Vorderachse -Türe vor der Achse des Anhängers | | | | | | | | | | | | |
| Radstand Anhängerachse: Abstand zwischen 2. Achse im Zugfahrzeug und Achse im Anhänger | | | | | | | | | | | | |
| Vorderer Überhang: Abstand zwischen Front und Vorderachse | | | | | | | | | | | | |
| Hinterer Überhang: Abstand zwischen Heck und Hinterachse | | | | | | | | | | | | |

Busbreiten

Die Breite der Busse darf höchstens 2.55 m betragen. An der Unterkante der Karosserie wurden folgende gemessen:

Busbreiten 12m-Busse:

| | | | | | | | |
|---------------|------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Marke und Typ | MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino 12m | Van Hool A 330 CNG | Volvo HESS B7L |
| Breite | 2470 | | 2450 | 2540 | 2510 | 2500 | 2480 |
| | | | Nach 1. Achse | Vor Vorderrad | vorne | | Vor Hinterachse |

Busbreiten 18m-Busse:

| | | | | | | | | | |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------|-----------------|
| Marke und Typ | HESS BGT.N2 C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz Citaro O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino 18m | Van Hool New AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA |
| Breite | 2540 | 2470 resp. 2450 | 2470 | | 2450 | 2520 | 2500 | 2500 | 2530 |
| | Vor Vorderachse und vor Balg | Vor Vorderachse resp. vor Balg | Ohne aufgeklebte Reflektoren | | Vor Hinterachse | vor Balg | | | vor Balg |

Die maximale Breite der Karosserie eines Busses darf 2550mm nicht überschreiten. Die an der Front an gebrachten Rückspiegel ragen natürlich weiter hinaus, damit die Übersicht gewahrt werden kann.

In den meisten Zeichnungen und Angaben der Hersteller ist denn auch diese maximale Breite von 2550mm eingetragen. Dieses Mass schliesst angeklebte Reflektoren, Türoffnungsschalter und auch die Radkasten-Scheuerleisten mit ein. Die Radkasten-Scheuerleisten ragen bis ca. 20mm gegenüber der seitlichen Karosseriefäche hervor.

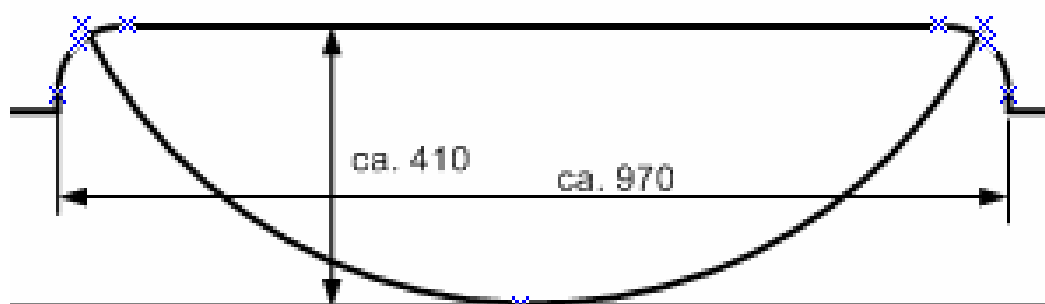
Die seitliche Karosseriefäche, welche in obigen Messungen „Abstand zu Karosserie“ als Null-Referenz dient, unterliegt gegenüber der gesetzlichen Breite einer Abweichung von ca. 20mm (nach innen), welche durch den fahrzeugspezifischen Karosserieaufbau (und ev. durch Fertigungstoleranzen) begründet werden kann. Zwei Beispiele aus der Testmessung **Beilage 1** zeigen dies, obwohl das erste Beispiel noch ein Bus mit einer Fahrzeugbreite von 2500 gewesen sein könnte:

| | | | |
|---|------------------------------|-------------|-------------|
| | Mercedes-Benz Citaro O 530 G | Bus-Nr. 141 | Bus-Nr. 148 |
| Fahrzeugbreite zwischen 1. Türe und Radkasten der Vorderachse | | 2450 | 2500 |
| Fahrzeugbreite vor 2. Türe | | 2460 | 2510 |
| Fahrzeugbreite vor 3. Türe | | 2460 | |

Die Busbreite beim Neoplan N 4522 wurde neben der Radabdeckung gemessen.



ca. 40mm vorstehend
gegenüber Karrosserie



BEILAGE 9: WABCO <http://www.wabco-auto.com/intl/de/>

Die Homepage von WABCO bietet umfangreiche Informationen. Als kleine Lesehilfe sei hier teilweise wiedergegeben:



WABCO: Produktkatalog: Druckschriften

Willkommen zur WABCO Druckschriftenübersicht.

Geben Sie den Titel ein oder einen Teil davon. Mit % werden alle Titel angezeigt.

Suche Anzeige max: je Seite

Alle Angaben dienen nur der Information.

1. [ECAS 4x2 / 6x2, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
2. [ECAS 4x2 S2000, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
3. [ECAS 4x2-A, 6x2-A, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (fr)
4. [ECAS 4x2-A, 6x2-A, BUS-A, Bedienungsanl. D.C.](#) (2)
5. [ECAS 4x2-KWP, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
6. [ECAS 6x2-DV, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
7. [ECAS Anhänger - Systembeschreibung](#) (12)
8. [ECAS Bedieneinheiten](#) (2)
9. [ECAS BUS - SAE, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (en)

10. [ECAS Bus Citaro, Bedienungsanleitung Diagn. Contr.](#) (de)
11. [ECAS Bus mit/ohne DS, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
12. [ECAS für Anh., Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
13. [ECAS für Anhängfahrzeuge](#) (2)
14. [ECAS für Anhängfahrzeuge, Bedienungsanleitung](#) (2)
15. [ECAS für luftgefederte Busse](#) (5)
16. [ECAS für luftgefederte Busse / CAN](#) (2)
17. [ECAS für Nutzkraftwagen](#) (2)
18. [ECAS für PKW und leichte Nutzfahrzeuge](#) (2)
19. [ECAS im Motorwagen](#) (4)
20. [ECAS/ESAC, Bedienungsanl. Diagn. Contr.](#) (de)
21. [Trainings-Unterlagen ECAS](#) (de)

| |
|--|
| <p>815_170.pdf Bedienungsanleitung für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte ECAS 4x2-A 446 300 520 0 oder ECAS 6x2-A 446 300 526 0 oder ECAS BUS-A 446 300 528 0</p> |
| <p>815_181.pdf Bedienungsanleitung für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte ECAS-Anhänger 446 300 539 0</p> |
| <p>815_182.pdf Bedienungsanleitung ECAS für Anhängfahrzeuge</p> |
| <p>815_205.pdf Elektronische Niveauregelung (ECAS) für luftgefederte Busse Systemfunktionen Systemkonfiguration Komponenten Sicherheitskonzept Diagnose Blinkcode Servicekonzept Schaltpläne Ausgabe 1997</p> |
| <p>815_281.pdf Bedienungsanleitung für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte ECAS 6x2-DV 446 300 623 0</p> |
| <p>815_285.pdf Bedienungsanleitung für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte 446 300 881 0</p> |
| <p>815_286.pdf Bedienungsanleitung für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte 446 300 880 0</p> |
| <p>815_305.pdf</p> |

Bedienungsanleitung

für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit
Diagnostic Program **BUS Citaro** 446 300 894 0

815_319.pdf

ECAS für Busse

Systemfunktionen

Systemkonfiguration

Komponenten

Sicherheitskonzept

Diagnose

Schaltpläne

Ausgabe April 2000

815_321.pdf

Bedienungsanleitung

für den WABCO Diagnostic Controller 446 300 320 0 mit Programmkarte 446 300 882 0 ECAS 4x2-S2000

820_023.pdf

ECAS Elektronische Niveauregulierung für luftgefederte Anhängfahrzeuge

6003_002.pdf

ECAS RCU / Bedieneinheit / Télécommande

8150200253_t1.pdf

Elektronische Niveauregelung für luftgefederte Anhängfahrzeuge (ECAS)

8150200253_t2.pdf

Elektronische Niveauregelung für luftgefederte Anhängfahrzeuge (ECAS)

8150200253_t3.pdf

Elektronische Niveauregelung für luftgefederte Anhängfahrzeuge (ECAS)

8150200253_t4.pdf

Elektronische Niveauregelung für luftgefederte Anhängfahrzeuge (ECAS)

Wichtig zur Betrachtung eines 12m-Busses (ohne Anhänger) sind:

815_205.pdf

Elektronische Niveauregelung (ECAS) für luftgefederte Busse

Ausgabe 1997

815_319.pdf

ECAS für Busse

Ausgabe April 2000

Die Dateien können aus dem Internet einfach heruntergeladen werden. Zwei wichtige Kapitel zur Beurteilung sind „Kalibrierung“ und „Regelalgorithmus“, deshalb diese nachfolgend aufgeführt werden:

Das Kalibrieren:

Damit die ECU die Sensorwerte richtig bewerten kann, muß nach Erstinstallation des Systems oder auch nach Reparaturarbeiten z.B. am Wegsensor (Fahrzeugherstellerhinweise beachten) die ECAS-Anlage neu auf die Fahrzeugspezifischen Daten (Höhen) eingestellt werden, d.h., daß z.B. ein momentan gemessener Wegsensorwert dem Normalniveau entspricht.

Dieser Wert wird in den nicht flüchtigen Speicher der Elektronik mit der Bewertung „Normalniveau“ eingeschrieben und steht von nun an immer wieder für den Befehl „Normalniveau“ zur Verfügung. Durch die Kalibrierung werden die Toleranzen der Systembestandteile ausgeglichen. Bei Austausch einer Systemkomponente muß deshalb erneut ein Kalibriervorgang durchgeführt werden.

Es werden die drei Höhenwerte der Wegsensoren Normalniveau, obere und untere Niveaubegrenzung kalibriert. **Die obere oder untere Niveaugrenze muß dabei nicht einem Pufferanschlag entsprechen. Die kalibrierten Werte werden von ECAS als höchstes und tiefstes Niveau übernommen.**

Optional braucht nur das Normalniveau kalibriert zu werden, die Niveaus für die obere und untere Höhenbegrenzung werden dann als Zahlenwerte eingegeben.

Vor der Kalibrierung muß die richtige Funktion des Wegsensors sichergestellt sein. Das Fahrzeug muß auf einem waagerechten und ebenen Untergrund stehen.

Bei Systemen mit Drucksensor muß zusätzlich ein Drucksensorwert (Atmosphärendruck) kalibriert werden.

Die Kalibrierung mittels Diagnostic Controller ist anzustreben.

Kalibrierung von Fahrzeugen mit zwei Wegsensoren an einer Achse

Bei der Kalibrierung kann trotz gleicher Höhe des Aufbaus auf beiden Seiten auf Grund der Wirkung des Achsstabilisators ein unterschiedlicher Balgdruck vorherrschen. Da das Magnetventil für die Achse mit zwei Wegsensoren keine Querdrossel besitzt, wird dieser Druckunterschied nicht ausgeglichen. Bei geringer Solltoleranz wird im späteren Betrieb immer wieder mit diesem Druckunterschied gefahren, mit dem Nachteil, daß die Achse einseitig stärker belastet ist.

Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, während der Kalibrierung die Bälge der Achse an den Prüfanschlüssen mit einem Schlauch zu verbinden. So haben die Bälge dann gleichen Druck, und es tritt keine Verspannung im Achskörper auf.

Wegsensorkalibrierung mit dem Diagnostic Controller

Die Systemkalibrierung mit Diagnostic Controller wird folgendermaßen durchgeführt:

- a) Es wird damit begonnen, das Fahrzeug mittels Ansteuerung per Diagnostic Controller in die Normalniveaus I (Normalniveau jeweils für Vorder und Hinterachse) zu bringen. Danach den Beginn der Kalibrierung auslösen (Istniveaus werden als Normalniveaus gespeichert).
- b) Fahrzeug mittels Diagnostic Controller auf obere Anschlagniveaus bringen. Danach erneut Kalibrierung auslösen. (Istniveaus werden als obere Anschlagniveaus gespeichert.)
- c) Fahrzeug mit Diagnostic Controller auf untere Anschlagniveaus bringen. Danach erneut Kalibrierung auslösen. (Istniveaus werden als untere Anschlagniveaus gespeichert.)

Nach Beendigung der einzelnen Kalibrierungsphasen zeigt der Diagnostic Controller mittels Überprüfung des Fehlerspeichers an, ob die Kalibrierung korrekt oder fehlerhaft durchgeführt wurde.

Hierbei ist auf folgende Anforderungen zu achten:

- die eingegebenen Wegsensorwerte müssen >4 Counts sein
- die eingegebenen Wegsensorwerte müssen <255 Counts sein
- das obere Anschlagniveau muß größer sein als das Normalniveau plus dreifacher Toleranz des Sollniveaus plus drei Counts
- das untere Anschlagniveau muß kleiner sein als das Normalniveau minus zweifacher Toleranz des Sollniveaus

Kalibrierung nur eines Niveaus (Normalniveau)

Ausgehend vom Normalniveau hinten links und rechts sind die Kalibrierwerte „oberes/unteres Anschlagniveau hinten“ wie folgt festzulegen:

1. Die Differenzen „oberes Anschlagniveau hinten links“ – „Normalniveau hinten links“ und „oberes Anschlagniveau hinten rechts“ – „Normalniveau hinten rechts“ sind zu berechnen.
2. Die geringere Differenz ist zu dem erwarteten Kalibrierwert „Normalniveau hinten links“ zu addieren und ergibt so den einzutragenden Kalibrierwert „oberes Anschlagniveau hinten“.
3. Die Differenzen „Normalniveau hinten links“ – „unteres Anschlagniveau hinten links“ und „Normalniveau hinten rechts“ – „unteres Anschlagniveau hinten rechts“ sind zu berechnen.
4. Die geringere Differenz ist von dem erwarteten Kalibrierwert „Normalniveau hinten links“ zu subtrahieren und ergibt so den einzutragenden Kalibrierwert „unteres Anschlagniveau hinten“.

Die errechneten Daten werden mit dem Diagnostic Controller eingespeichert. Anschließend wird der Kalibriervorgang wie folgt ausgelöst:

- Fahrzeug durch Ansteuerung über Diagnostic Controller in das Normalniveau bringen.
- Durch Auslösen des Kalibriervorgangs wird das Niveau als Normalniveau erkannt.

Nach Beendigung der einzelnen Kalibrierungsphasen zeigt der Diagnostic Controller mittels Überprüfung des Fehlerspeichers an, ob die Kalibrierung korrekt oder fehlerhaft durchgeführt wurde.

Drucksensorkalibrierung mit Diagnostic Controller

Durch Entlüften der Bälge ist sicherzustellen, daß der vom Drucksensor erfaßte Druck dem Atmosphärendruck entspricht (eingelesene Counts dann 10 bis $30 = 1.000 \text{ mbar} \pm 500 \text{ mbar}$). Anschließend ist die Kalibrierung auszulösen. Ein Kalibrierfehler wird von dem Diagnostic Controller angezeigt.

Der Regelalgorithmus:

Um die ECAS-Regelfunktion verständlich machen zu können, bedarf es eines kleinen Einstiegs in die Physik des Luftfedersystems.

Grundsätzliches Problem jeder Regelung ist es, daß entweder eine lange Regelzeit, d. h. eine längere Zeit zwischen Beginn und Abschluß einer Regelung hingenommen werden muß, oder daß die Gefahr besteht, bei schneller Nachregelung eine Überschreitung des Sollwertes zu erhalten, das System also übersteuert oder überschwingt.

Anschauliches Beispiel hierfür ist ein großer Heizkörper in einem kleinen Raum, der diesen schnell aufheizen wird, leicht jedoch auch eine Überhitzung (Überschwingen) bewirkt, der wiederum mit dem Lüften des Raumes begegnet werden muß.

Der große Vorteil von ECAS ist die schnelle Regelung des Niveaus. Aufgrund der großen Nennweite der ECAS- Magnetventile kann es jedoch vorkommen, daß, obwohl das Magnetventil sehr schnell schaltet, eine zu große Luftmenge in den Balg eingeblasen wurde, die einen Moment später ein höheres Niveau bewirkt, als vorgegeben ist.

Insbesondere die Wirkung des Schwingungsdämpfers spielt bei schnellen Niveauänderungen eine große Rolle. Innerhalb des Dämpfers muß Öl von einem Raum über eine enge Drosselbohrung in einen anderen Raum strömen, und dies um so schneller, je höher die Bewegungsgeschwindigkeit ist, mit der sich der Aufbau von der Achse bei der Niveauänderung entfernt. Es ergibt sich eine der Bewegung entgegenwirkende Kraft, die ein Schwingen des Aufbaus oder Springen des Rades von der Fahrbahn verhindert. In gleicher Art wirkt der Dämpfer auch der Niveauänderung entgegen.

Im Stillstand des Fahrzeugs entspricht die Kraft der Luftfeder dem Anteil der Gewichtskraft, die auf dem Rad abgelagert ist. Der Druck in der Luftfeder multipliziert mit der Querschnittsfläche bewirkt diese Kraft. Dieser Druck ist bei einer zylindrischen Luftfeder nur von der Last abhängig, nicht von der Niveauhöhe (Ausnahme: Bereich unterer Pufferanschlag).

Soll das Niveau erhöht werden, so wird Luft in den Balg geblasen. Dabei erhöht sich der Druck im Balg, zunächst, um die träge Masse des Aufbaus zu beschleunigen, später, um die Dämpferkraft zu überwinden.

Sind die Magnetventile geschlossen und das Sollniveau erreicht, entsteht durch den Druckanteil, der zur Überwindung der Dämpferkraft notwendig war, ein Ungleichgewicht.

Die Luft im Balg entspannt sich, bis Druck mal Balgfläche wieder der statischen Last entspricht. Das durch diese Expansion entstehende Zusatzvolumen hebt den Aufbau über das Sollniveau hinaus.

Dieses Übersteuern tritt besonders bei einem leeren Fahrzeug auf, da bei dem großen Druckunterschied zwischen Vorratsdruck und Balgdruck die Luft sehr schnell in den Balg einströmt und hohe Hebegeschwindigkeiten zustande kommen. Die Dämpferkraft wird im Verhältnis zur Gewichtskraft sehr groß, was nach Schließen der Magnetventile zu einem entsprechend großen überschüssigen Balgvolumen führt.

Ein Überschwingen über das Sollniveau hinaus erzeugt ein Gegenregeln. Wenn dieses Gegenregeln wiederum ein Übersteuern bedingt, kann ein nicht endendes Schwingen um das Sollniveau herum folgen. Das ständige Regelspiel ist einerseits unschön, zum anderen wird die Lebensdauer des Magnetventils erheblich reduziert.

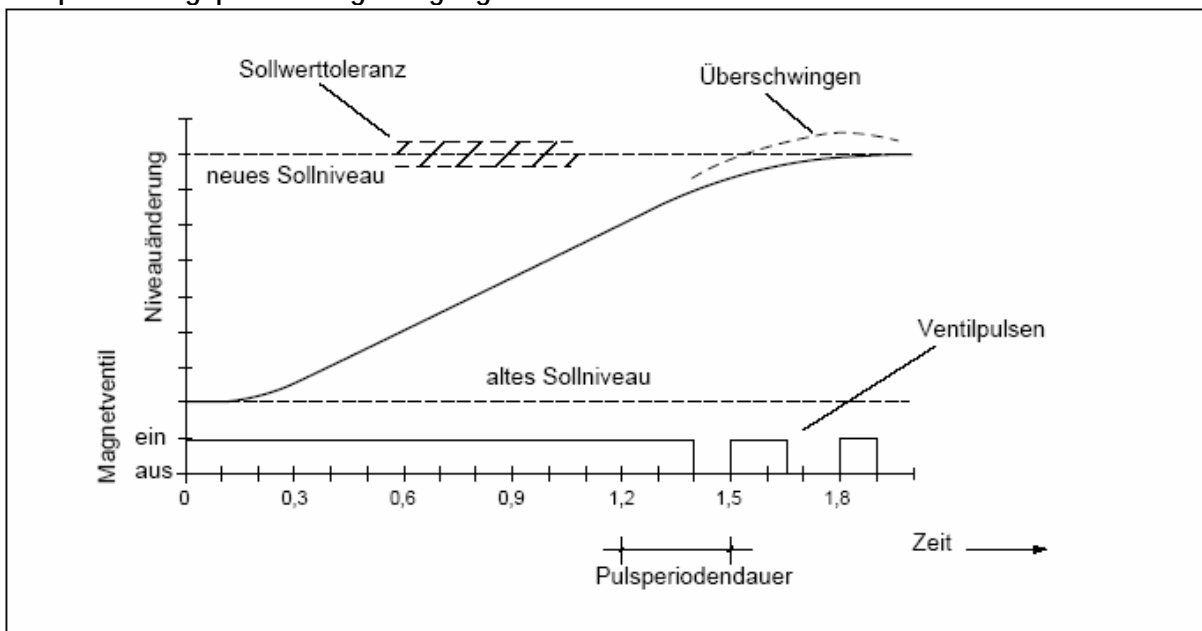
Natürlich würde ein Gegenregeln nicht erfolgen, wenn das Sollniveau nicht millimetergenau eingehalten werden muß. Ein Überschwingen innerhalb eines breiten Toleranzbandes würde von der ECU quasi nicht zur Kenntnis genommen.

Ist jedoch die Einhaltung eines genauen Maßes gewünscht, so muß der Regelvorgang dahingehend verbessert werden, daß bereits vor Erreichen des Sollniveaus die einströmende Luftmenge reduziert wird. Die Hubgeschwindigkeit verringert sich, und bei optimaler Abstimmung wird das Überschwingen völlig unterbunden.

Da das Magnetventil den Luftstrom nur ein- oder ausschalten, aber nicht drosseln kann, wird über ein Pulsen des Magnetstroms der Luftstrom kurzzeitig unterbrochen, was sich wie ein Drosselvorgang auswirkt.

Die Berechnung der Pulslänge durch die ECU erfolgt in Abhängigkeit von dem Abstand zwischen Sollniveau und Istniveau sowie der Hubgeschwindigkeit. Ein großer Hubweg bewirkt, da hier die Gefahr des Überschwingens noch nicht gegeben ist, einen langen Puls, während eine große Hubgeschwindigkeit die Pulslänge reduziert.

Beispiel eines gepulsten Regelvorgangs



Wie stark die beiden Anteile in der Berechnung wirksam werden, wird durch parametrierbare Faktoren bestimmt:

$$\text{Pulslänge} = \text{Hubweg} * \text{Proportionalbeiwert} - \text{Hubgeschwindigkeit} * \text{Differentialbeiwert}$$

Die Pulslänge wird für jede Pulsperiodendauer neu berechnet.

Eine berechnete Pulslänge, die länger als die Pulsperiodendauer (in der Regel 0,3 s) ist, führt zur kontinuierlichen Bestromung des Magneten (Dauerpuls).

Die geringste Pulslänge, die ausgeführt wird, liegt bei 75 ms (0,075 s), da kürzere Pulszeiten keinen sicheren Schaltvorgang des Magnetventils gewährleisten.

Die Bestimmung der Parameter für den Proportional- und Differentialbeiwert

Die Bestimmung der Faktoren muß über einen Versuch am Fahrzeug ermittelt werden. Sie liegt wie die Bestimmung der übrigen Parameter in der Verantwortung des Fahrzeugherstellers. Es wird jedoch die folgende Empfehlung für die Parameterfindung gegeben:

Die Festlegung bzw. die Optimierung der Parameter erfolgt grundsätzlich beim unbeladenen Fahrzeug und mit maximalem Vorratsdruck. Zuerst werden die Fahrzeugachsen einzeln abgestimmt, anschließend werden die Einstellungen an Hand von Niveauregelungen des ganzen Fahrzeugs geprüft.

Zunächst werden die Parameter, die durch die Systemausführung festgelegt sind, und die, die besondere Systemanforderungen aufzeigen (Kneelingniveau etc.), in die ECU eingeschrieben. Das Kapitel "Übersicht über die Parameter" kann eine Hilfe hierfür sein.

Die Werte für zulässige Rechts/Links- und Vorn/Hinten-Abweichung (Parameter 13, 14, 15) werden zunächst auf 255, die Werte für die Differentialbeiwerte (Parameter 34, 36) werden auf 0 Counts gesetzt.

Für die Pulsperiodendauer hat sich 300 ms als ein sinnvoller Wert gezeigt. Der Parameter 28 sollte deshalb auf den Wert 12 gesetzt werden.

Nun wird das Fahrzeug kalibriert.

Nach dieser Vorarbeit wird nun zunächst ein Wert für die Sollwerttoleranzen (Parameter 10,12) parametrieren. Dieser Wert darf aufgrund der Arbeitsweise des Regelsystems nicht kleiner als drei Counts sein. Je größer der gewählte Wert ist, desto einfacher ist die weitere Einstellarbeit; die zugelassene Abweichung zum Sollniveau wird dann aber größer.

Nun wird ein Wert für den Proportionalbeiwert K_p errechnet, der bei einer Hubgeschwindigkeit nahe Null und kleinster auszuregelnder Sollwertabweichung gerade noch einen Dauerpuls erzeugt:

$$K_p = (\text{Pulsperiodendauer} - 2) / (\text{Sollwerttoleranz} - 1)$$

(Eingabe in Counts)

Mit dieser Einstellung wird erreicht, daß in dem ungünstigen Fall eines beladenen Fahrzeugs mit geringem Vorratsdruck das Magnetventil nicht über längere Zeit gepulst wird, um den Aufbau um den letzten Millimeter in die Sollwerttoleranz hineinzuhoben.

Für die oben genannte Pulsperiodendauer (300 ms) gilt nach dieser Formel:

| Sollwerttoleranz | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------|----|-----|-----|---|-----|
| K_p | 5 | 3.3 | 2.5 | 2 | 1.7 |
| K_p (Parameterwert) | 15 | 10 | 8 | 6 | 5 |

Der Parameterwert K_p wird aus dem ganzzahligen Betrag des dreifachen K_p -Wertes gebildet.

Nach Einschreiben dieser Werte in den Parametersatz wird das Fahrzeug auf ein Niveau gebracht, das direkt unter der Toleranzgrenze des Normalniveaus liegt, und der Befehl „Normalniveau“ gegeben.

Wird das Normalniveau jetzt ohne Überschwingen angefahren bzw. führt diese Niveaueinstellung nicht zu mehrfachem Be- und Entlüften, ist die Einstellung der Werte für Sollniveautoleranz und Proportionalbeiwert in Ordnung, andernfalls muß die zulässige Sollwertabweichung vergrößert und der Proportionalbeiwert entsprechend angepaßt werden.

Die Einstellungen für Hinter- und Vorderachse dürfen voneinander abweichen.

Stellt sich heraus, daß die ermittelte Sollniveautoleranz aufgrund zu großer Ungenauigkeit nicht akzeptiert werden kann, **und kann außerdem ein einmaliges Überschwingen des leeren Fahrzeugs nicht toleriert werden**, so muß die Nennweite der Rohrleitungen verkleinert oder eine Drossel in die Leitung eingebaut werden. In der Regel genügt der Einbau einer Drossel in die Leitung zwischen Magnetventil und Druckbehälter. Würde durch diese Drossel andere Achsen mit betroffen, so empfiehlt sich eher der Einbau von Drosseln in die Balgzuleitung der betroffenen Achse.

Noch besser, aber aufwendiger ist die Anwendung einer schaltbaren Drossel, der sogenannten Hauptstromdrossel. Bei entsprechender Parametrierung der Elektronik wird diese Drossel erst bei Annäherung an das Sollniveau in die Verbindung zu den Luftfederbälgen geschaltet, so daß einerseits eine hohe Niveauänderungsgeschwindigkeit möglich ist, aber andererseits ein „Abbremsen“ vor Erreichen des Sollniveaus ein Überschwingen verhindert.

Anschließend wird die Einstellung der Differentialbeiwerte K_d , die ja noch zu Null gesetzt sind, vorgenommen.

Wird das Fahrzeug über eine große Niveauänderung in das Normalniveau gebracht, so soll das Fahrzeug weder überschwingen, noch soll schon weit vor Erreichen des Sollniveaus ein Ventilpuls einsetzen.

Zunächst kann diese große Niveauänderung mit dem eingeschriebenen Wert 0 geprüft werden. Tritt ein Überschwingen auf, wird der K_d -Wert schrittweise vergrößert und erneut die Niveauänderung untersucht.

Der Wert für K_d sollte das Vierfache des Wertes von K_p nicht überschreiten. Findet trotz Pulsen ein Übersteuern statt, so muß die Sollwerttoleranz weiter vergrößert bzw. die oben erwähnte Drossel eingebaut werden.

Desweiteren kann an der Achse mit zwei Wegsensoren der Schiefstand des Fahrzeugs begrenzt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn große Sollwerttoleranzen vorliegen.

Bei der Einstellung der Parameter für die Rechts/ Links-Abweichung sollte nach Möglichkeit ein größerer Wert (> 4 Counts) gewählt werden, da es sonst sein kann, **daß ECAS bei leerem Fahrzeug gegen den Stabilisator arbeitet**.

Aus diesem Grund ist auch bei der Kalibrierung des Normalniveaus ein geringfügig schiefes Fahrzeug mit eingespanntem Stabilisator der millimetergenauen Höheneinstellung vorzuziehen.

BEILAGE 10: WABCO ECAS-Parameter

Elektronische Niveauregelung (ECAS) von Wabco, basierend auf 815_205.pdf, Ausgabe 1997 (aus homepage WABCO) ergänzt mit Daten für Solaris-Bus 12m der Stadtbuss Winterthur (Winterthurer-Verkehrsbetriebe), Bus-Nr. 203, Stand 9. Dezember 2005 (mit Diagnose-Computer im Bus rausgelesen, vgl. „Bildschirm-Ausdrucke am Ende dieser Beilage).

Zwischen der Beschreibung in 815_205.pdf und der in diesem Bus herausgelesenen Daten (Gerätenummer 446 055 055 0 / Diagnosekennung 10700400 kann in der Bezeichnung der Daten ein leichter Unterschied von 1 Zählnummer der Parameter auftreten, vgl. z.B. Parameter 18)

ECAS Bus A Diagnostic Software (de) V1.00 246 301 851 0

ECU DATEN

Gerätenummer 446 055 055 0

Produktionsdatum 2004-W18

Softwareversion 7.0.1.0.

Diagnosekennung 10700400

ECU Seriennummer ---

AKTUELLER HINWEIS

Kein aktueller Hinweis in der ECU gespeichert

ACHTUNG! Hinweise können nur mit dem Diagnosespeicherdialog aktualisiert oder gelöscht werden!

KONFIGURATION

Luftfederung Vorder- und Hinterachse

Sensierte 2-WS-Achse

Sensierte 1-WS-Achse

AKTUELLE MESSWERTE

Spannung Klemme 15 25.7 V

Spannung Ventilrelais 25.0 V

Geschwindigkeit 0 km/h

ACHTUNG!

Während des ECAS-Diagnose unbedingt das FAHRZEUG ABSICHERN! Während der Diagnosearbeiten kann eine automatische ECAS-Regelung einsetzen und es kann zu PLÖTZLICHEN BEWEGUNGEN DES FAHRZEUGES kommen.

446 055 055 0 / 10700400 (*Gerätenummer, Diagnosekennung*)

Parameter 1

6 Parameterwert

Parameter 1 Bit 0

x ohne Bedeutung
ohne Bedeutung

Parameter 1 Bit 1

Bit 1: Luftfederung an Hinter- und Vorderachse

Verfügt der Bus über eine luftgefederte Vorder- und Hinterachse, die mit ECAS geregelt werden soll, dann muß dieses Bit zu "1" gesetzt werden. Soll, wie z. B. im Nachläufer, nur eine Achse geregelt werden, so wird "0" eingeschrieben.

Diese eine Achse muß über zwei Wegsensoren verfügen.

nur Achse mit 2 Wegsensoren ist luftgefedert (siehe Hinweis 1 und 2)

| | |
|---|---|
| x | Luftfederung an Vorder- und Hinterachse (siehe Hinweis 1 und 2) |
|---|---|

Parameter 1 Bit 2

Bit 2: Kneeling der Achse mit einem Wegsensor

Es gibt die Wahlmöglichkeit zwischen dem Kneeling einer ganzen Achse (links und rechts), einer ganzen Fahrzeugseite, oder des Kneelings nur einer Seite einer Achse.

Soll eine Achse links und rechts abgesenkt werden, so kommt hierfür nur die Achse in Frage, die nur mit einem Wegsensor ausgestattet ist (sinnvollerweise die Vorderachse). Bit 2 ist zu "0" zu setzen.

Soll das Fahrzeug rechtsseitig gekneelt werden, so wird Bit 2 zu "1" gesetzt. Damit wird die Einstellung gemäß der Bits 3 und 4 gültig.

rechts und links 1-Wegsensorachse Kneeling (Bit 3 und 4 ohne Bedeutung)

| | |
|---|--|
| x | nur rechte Seite Kneeling (Bit 3 und 4 beachten) |
|---|--|

Parameter 1 Bit 3

Bit 3 und Bit 4: Kneeling der rechten Seite

Je nach Einstellung der Bits 3 und 4 sind die folgenden Kneelingformen an der Achse mit einem Wegsensor (1WSA, in der Regel die Vorderachse) und an der Achse mit zwei Wegsensoren (2WSA, in der Regel die Hinterachse) möglich:

| | Bit 3 | Bit 4 |
|----------------------------------|--------|--------|
| Kneeling nur der 1 WSA rechts | 1 | 0 |
| Kneeling nur der 2 WSA rechts | 0 | 1 |
| Kneeling rechts beide Achsen | 0 1 | 0 1 |

| | |
|---|----------------|
| x | Bit 4 beachten |
|---|----------------|

1-Wegsensorachse rechts Kneeling

Parameter 1 Bit 4

| | |
|---|----------------|
| x | Bit 3 beachten |
|---|----------------|

2-Wegsensorachse rechts Kneeling

Parameter 1 Bit 5

Bit 5: Anordnung der Wegsensoren

Für die richtige Zuordnung der Wegsensoren zu den Magnetventilen muß der Elektronik über Bit 5 die Position der Wegsensoren mitgeteilt werden:

Ist die 2WSA die Hinterachse und die 1WSA vorn, so ist Bit 5 zu "0" zu setzen, im umgekehrten Falle zu "1".

Wenn nur eine Achse (mit zwei Wegsensoren) geregelt wird, muß Bit 5 angeben, wo sich diese eine Achse befindet: "0" für hinten und "1" für vorn.

| | |
|---|--|
| x | 1 Wegsensor vorn, 2 Wegsensoren hinten bzw. nur 2 Wegsensoren hinten (siehe Bit 1 und Hinweis 2 und 3) |
|---|--|

| | |
|--|--|
| | 2 Wegsensoren vorn, 1 Wegsensoren hinten bzw. nur 2 Wegsensoren vorn (siehe Bit 1 und Hinweis 2 und 3) |
|--|--|

Parameter 1 Bit 6

Bit 6: Anzahl Kalibrierniveaus

Wird hier der Wert "0" eingegeben, so erwartet die ECU bei dem Kalibriervorgang drei Niveaulagen, Normalniveau I, das höchste und das niedrigste anzusteuernde Niveau.

Wird der Wert "1" gesetzt, so wird nur das Normalniveau kalibriert. Vor dem Kalibrieren dieses einen Niveaus müssen jedoch die beiden anderen Niveaus in Form von Countwerten des Wegsensors mit dem Diagnostic Controller eingegeben werden.

| | |
|---|-----------------------|
| x | 3 Niveaus kalibrieren |
|---|-----------------------|

nur Normalniveau kalibrieren

Parameter 1 Bit 7

Bit 7: Automatische Peripherieerkennung

Ist Bit 7 = "1" gesetzt, so überprüft die ECU vor dem Kalibrieren die elektrischen Anschlüsse und schließt daraufhin auf die ausgeführte Systemkonfiguration.

Entsprechend werden dann die Parameter, die die Konfiguration beschreiben, automatisch gesetzt.

Wird Bit 7 = "0" gesetzt, so sind die Optionen nach Vorgabe des eingegebenen Parametersatzes gültig.

| | |
|---|-------------------------------------|
| x | Einstellung gemäss Optionsparameter |
|---|-------------------------------------|

automatische Peripherieerkennung

Parameter 2

120 Parameterwert

Parameter 2 Bit 0

Bit 0: Ausgang Türfreigabe

Bei Start der Kneeling-Bewegung darf nach deutschem Gesetz keine Fahrzeugtür geöffnet sein. Um diese Vorgabe zu erfüllen, wird beim Kneeling sowie beim Heben und Senken die Türsteuerung über Pin 11 der ECASECU gesperrt und anschließend wieder freigegeben.

Nach Einstellung von Bit 0 erfolgt die Freigabe entweder durch Bestromung des Pin 11 (Wechsel von stromlos auf +Ub – Bit 0 = "1") oder durch Beenden der Bestromung (Wechsel von +Ub auf stromlos – Bit 0 = "0"). Eine Belastung des Pins darf mit Strömen bis maximal 500 mA erfolgen.

In der ECU ... 050 0 erfolgt die Freigabe der Tür grundsätzlich durch den Wechsel von +Ub auf stromlos, eine andere Einstellung ist nicht möglich. Bit 0 hat in dieser Abwandlung keine Funktion und sollte zu "0" gesetzt werden.

| | |
|---|--|
| x | Türfreigabe -> Pin11 hochohmig Türfreigabe -> Pin 11 +UBatt |
|---|--|

Parameter 2 Bit 1

| | |
|---|----------------------------------|
| x | ohne Bedeutung ohne Bedeutung |
|---|----------------------------------|

Parameter 2 Bit 2

Bit 2: System mit Drucksensor

Besitzt die Anlage einen Drucksensor, um z. B. eine Reifeneindrückungskompensation durchführen zu können, so ist Bit 2 zu "1" zu setzen, andernfalls auf "0".

Für die ECU446 055 050 0 ist der Anschluß eines Drucksensors nicht vorgesehen. Die Einstellung des Bits 2 ist daher bedeutungslos. Für die Übersichtlichkeit des Parametersatzes sollte der Wert "0" gesetzt werden.

| | |
|---|---|
| x | ohne Drucksensor (siehe Hinweis 1 und 4) mit Drucksensor (siehe Hinweis 1 und 4) |
|---|---|

Parameter 2 Bit 3

Bit 3: Manuelles/automatisches Kneeling

Der Kneelingvorgang kann wahlweise über einen kurzen Tastendruck (automatisch) oder einen langen, den gesamten Absenkvorgang begleitenden Tastendruck (manuell) herbeigeführt werden.

Unterschied dieser beiden Kneelingtypen ist ein Sicherheitskriterium:

Bei dem manuellen Kneeling genügt es, daß der Fahrer bei Erkennung einer Gefahr den Kneelingtaster (Pin 23) losläßt, um den Absenkvorgang abubrechen.

Für den Abbruch des Absenkens während des automatischen Kneelings ist die Betätigung der Stoptaste oder das Ansprechen einer Sicherheits-Kontaktleiste („Bordsteinfühler“) unterhalb des Einstiegs erforderlich.

Um dem Fahrer die freie Wahl zwischen den beiden Kneelingformen ermöglichen zu können, sind in Bit 3 die folgenden Optionen möglich:

Bit 3 = "0". Über einen an Pin 21 angeschlossenen Schalter wird zwischen automatischem und manuellem Kneeling gewählt. Ein Taster an Pin 23 führt den vorgewählten Kneelingvorgang aus.

Anstelle des Schalters kann selbstverständlich auch eine dauerhafte Voreinstellung mit einer Kabelbrücke an Pin 21 ausgeführt werden.

Bit 3 = "1". Es können z. B. zwei Taster im Armaturenbrett verbaut werden: Der für den automatischen Kneelingvorgang wird an Pin 21 angeschlossen, der andere wird für die Durchführung eines manuellen Kneelings an Pin 23 angeschlossen.

automatisches/manuelles Kneeling mit Schalter an Pin21

| | |
|---|---|
| x | automatisches Kneeling mit Schalter an Pin21/manuelles Kneeling mit Schalter an Pin23 |
|---|---|

Parameter 2 Bit 4

Bit 4: Ventilüberwachung an Pin 11

Wird Bit 4 zu "0" gesetzt, so wird die Verbindung zu dem an Pin 11 angeschlossenen Ventil oder Relais zur Freigabe der Tür auf Unterbrechung, Kurzschluß nach Masse und Kurzschluß nach +Ub überwacht. Zusätzlich muß jedoch die allgemeine Ventilüberwachung eingeschaltet (Bit 6 = "0") sein.

Ist Bit 4 = "1", dann erfolgt keine Überwachung dieses Ausgangs und damit auch kein Eintrag in den Fehlerspeicher, wenn z. B. durch einen Notschalter eine Unterbrechung herbeigeführt wird.

Ventilüberwachung an Pin11 bei $v > 7\text{km/h}$

| | |
|---|----------------------------------|
| x | keine Ventilüberwachung an Pin11 |
|---|----------------------------------|

Parameter 2 Bit 5

Bit 5: Ventilüberwachung an Pin 29

Wird Bit 5 zu "0" gesetzt, so wird die Verbindung zu dem an Pin 29 angeschlossenen Ventil oder Relais für die Anfahrsperrung auf Unterbrechung, Kurzschluß nach Masse und Kurzschluß nach +Ub überwacht. Zusätzlich muß jedoch die allgemeine Ventilüberwachung eingeschaltet (Bit 6 = "0") werden.

Ist Bit 5 = "1", dann erfolgt keine Überwachung dieses Ausgangs und damit auch kein Eintrag in den Fehlerspeicher, wenn z. B. durch einen Notschalter eine Unterbrechung herbeigeführt wird.

Bei der ECU ... 051 0 erfolgt eine Überwachung dieser Ausgänge grundsätzlich nur bei Geschwindigkeiten oberhalb 7 km/h, so daß bei Stillstand eine externe Beschaltung keine Fehler verursacht.

Ventilüberwachung an Pin29 bei $v > 7\text{km/h}$

| | |
|---|----------------------------------|
| x | keine Ventilüberwachung an Pin29 |
|---|----------------------------------|

Parameter 2 Bit 6

Bit 6: Überwachung der Magnetventile

Wird Bit 6 zu "0" gesetzt, so werden die angeschlossenen Magnetventile für die Steuerung der Luftfederbälge sowie die entsprechend Bit 4 und 5 vereinbarten Ventile zur Steuerung der Türfreigabe und der Anfahrsperrung auf Unterbrechung, Kurzschluß gegen Masse und Kurzschluß gegen +Ub überwacht.

Ist Bit 6 = "1" gesetzt, dann erfolgt keine Überwachung der Magnetventile und damit im Fehlerfalle auch kein Eintrag in den Fehlerspeicher.

mit Ventilüberwachung

| | |
|---|------------------------|
| x | ohne Ventilüberwachung |
|---|------------------------|

Parameter 2 Bit 7

Bit 7: Meßwertausgabe

Wird Bit 7= "1" gesetzt, so sendet die ECU während des regulären Betriebs ständig acht aus den Sensorwerten errechnete Meßwerte aus. Die Meßstellen sind entsprechend der folgenden Zuordnung festgelegt:

1 Istwert Wegsensor 2WSA links

2 Istwert Wegsensor 2WSA rechts

3 Istwert Wegsensor 1WSA

4 Istwert Drucksensor

5 Sollwert Niveau 2WSA links

6 Sollwert Niveau 2WSA rechts

7 Sollwert Niveau 1WSA

8 derzeitige Fahrzeuggeschwindigkeit.

Die Meßwerte 1 bis 7 werden in Counts ausgegeben, die Ausgabe der Geschwindigkeit erfolgt in km/h.

Die Werte für die Sollniveaus werden entsprechend der Vorgaben der Reifeneindrückungskompensation ausgegeben.

Deshalb wird bei vorgewähltem Sollwert „Normalniveau I“ und beladenem Fahrzeug ein höherer als der kalibrierte Wert ausgegeben, wenn eine Reifeneindrückungskompensation vereinbart ist.

Besitzt das System eine der Meßstellen nicht (z. B. Meßstelle 3 bei Anlagen mit nur einer geregelten Achse), wird der Wert "0" oder "255" ausgegeben.

Die Meßwertausgabe darf nur während der Festlegung der Parameter angewendet werden. Da die Elektronik ständig Daten sendet, kann sonst mit der Diagnose-Programmkarte 446 300 528 2 kein Diagnosebetrieb aufgenommen werden.

Zum Abschluß der Parametrierung muß Bit 7 zu "0" gesetzt werden.

| | |
|---|-------------------------|
| x | ohne Messtechnikausgabe |
|---|-------------------------|

mit Messtechnikausgabe

Parameter 3

106 Parameterwert

Parameter 3 Bit 0

Bit 0: Steuerung einer Hauptstromdrossel

Um bei einer Niveauregelung ein Überschwingen über das gewünschte Niveau hinaus zu verhindern, kann zusätzlich zu der Abstimmung der im Abschnitt „der Regelalgorithmus“ beschriebenen Regelparameter eine Hauptstromdrossel gesteuert werden.

Diese Hauptstromdrossel, zwischen dem Belüftenventil und den 2/2-Wegeventilen der einzelnen Luftfedern geschaltet, kann mit einem Magneten von der Ruhestellung (großer Querschnitt) in eine Drosselstellung (z. B. $\varnothing 2$) gebracht werden.

Wird Bit 0 zu "1" gesetzt, so wird nach einer durch Parameter 17 definierten Annäherung an das Sollniveau die Drosselstellung aktiviert, um nur noch langsame Niveauänderungen zu ermöglichen.

Soll keine Hauptstromdrossel zum Einsatz kommen, so ist Bit 0 = "0" zu setzen.

| | |
|---|---|
| x | ohne Hauptstromdrossel (Siehe Hinweis 1) mit Hauptstromdrossel (Siehe Hinweis 1) |
|---|---|

Parameter 3 Bit 1

Bit 1: Schaltbare Querdrossel an der 1WSA

Grundsätzlich gilt, daß an einer Achse, die mit nur einem Wegsensor sensiert wird, die beiden Luftfedern zumindest über eine Querdrossel miteinander verbunden sein müssen. Damit wird auch dann, wenn die Magnetventile geschlossen sind, ein langsamer Druckausgleich zwischen den Bälgen ermöglicht und damit ein Schiefstand des Fahrzeugs durch unterschiedliche Drücke verhindert.

Soll jedoch der Bus einseitig kneelen, so muß der Druck auf dieser Seite abgesenkt werden. Ein Druckausgleich zwischen den Bälgen muß in diesem Moment verhindert werden, die Querdrossel muß für den Zeitraum des Kneelings durch ein Magnetventil gesperrt werden können.

Mit Bit 1 = "1" ist eine Querdrossel an Pin 18 der ECU vereinbart. Solange eine Kneelingfunktion aktiv ist, wird in diesem Fall der Pin 18 stromlos geschaltet, im anderen Fall liegen an Pin 18 +Ub.

Wird keine Querdrossel verbaut, ist Bit 1 zu "0" zu setzen.

| | |
|---|---|
| | ohne Querstromdrossel (Siehe Hinweis 1) |
| x | mit Querstromdrossel (Siehe Hinweis 1) |

Parameter 3 Bit 2

Bit 2: Türstatus bei Kneeling

Nach deutschem Gesetz darf während des Starts eines Kneelingvorgangs die Tür nicht geöffnet sein.

Über einen Signaleingang der ECU (Pin 5) wird der Status der Tür abgefragt, sofern Bit 2 = "1" gesetzt ist. Bei geöffneter Tür wird ein automatisch gestartetes Kneeling oder ein Heben/Senken- Befehl dann nicht ausgeführt.

Für im Ausland eingesetzte Busse läßt sich diese Funktion abschalten: wird Bit 2 = "0" gesetzt, kann auch bei geöffneter Tür ein automatisches Kneeling herbeigeführt werden. Wird manuelles Kneeling trotz offener Tür gefordert, kann dies mit einfachen Mitteln ermöglicht werden:

Parameter 3, Bit 7 wird zu "0" gesetzt, und der Schalteingang für den Türstatus, Pin 5, bleibt unbeschaltet.

| | |
|---|--|
| x | Türstellung bei automatischem Kneeling nicht beachten Türstellung bei automatischem Kneeling beachten |
|---|--|

Parameter 3 Bit 3

Bit 3: Regelung der linken Seite in Kneeling-Position

Durch das Kneelen der rechten Seite wird sich je nach Anlenkungspunkt des linken Wegsensors und der Kraftabgabe des Achsstabilisators auch ein anderes Niveau auf der linken Fahrzeugseite ergeben, obwohl die Luftmenge in den linken Bälgen nicht verändert wurde.

Mit Bit 3 kann nun eingestellt werden, ob das sich nach einem Kneelingvorgang auf der linken Fahrzeugseite einstellende Niveau beibehalten werden soll, solange sich das Fahrzeug in Kneeling-Position befindet.

Wird Bit 3 = "0" gesetzt, erfolgt in Kneeling-Position eine Regelung.

Wird Bit 3 = "1" gesetzt, wird erst nach dem Heben der rechten Seite ins Normalniveau eine Regelung der linken Seite durchgeführt – sofern erforderlich.

Dasselbe gilt für die zweite Achse, wenn ein achsweises Kneeling durchgeführt wird.

Regelung an nicht zu kneelender Seite bei Kneeling

| | |
|---|--|
| x | keine Regelung an nicht zu kneelender Seite bei Kneeling |
|---|--|

Parameter 3 Bit 4

Bit 4: Niveauregelung bei betätigter Bremse

Normalerweise regelt ECAS bei betätigter Bremse nicht, da die durch das Abbremsen entstehende Niveauänderung sinnvollerweise nicht nachgeregelt werden muß:

Durch die beim Bremsen eintretende Achslastverlagerung sinkt das Fahrzeug ja nur kurzzeitig ein, im nächsten Moment hat sich das alte Niveau wieder von selbst ergeben. Würde aber im Augenblick der Nickbewegung Luft in die vorderen Bälge eingespeist, so würde diese später wieder abgelassen werden müssen.

Anders jedoch an der Haltestelle: Hier wird das Fahrzeug zwar mit der Bremse vor dem Wegrollen gesichert, aber durch die Beladungsänderung (Aus- oder Einsteigen der Passagiere) ist die Niveauregelung vielleicht wirklich erforderlich.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, kann bei betätigter Bremse eine Regelung herbeigeführt werden, sofern zusätzlich die Tür geöffnet ist. Bit 4 ist für diesen Fall zu "1" zu setzen.

Ist Bit 4 = "0", dann erfolgt in jedem Fall keine Regelung, solange die Bremse betätigt wird.

| | |
|---|---|
| x | keine Niveauregelung bei betätigter Bremse Niveauregelung trotz betätigter Bremse zulässig, wenn Tür offen |
|---|---|

Parameter 3 Bit 5

Bit 5: Ausgang Türfreigabe

Die Funktion der Türfreigabe wurde bereits für die Einstellung von Parameter 2, Bit 4, beschrieben.

Bit 5 = "1" ermöglicht die Verwendung der Türfreigabe an Pin 11. Wird der Ausgang nicht beschaltet, so ist Bit 5 zu "0" zu setzen.

ohne Türfreigabe-Ausgang an Pin11 (Siehe Hinweis 1)

| | |
|---|--|
| x | mit Türfreigabe-Ausgang an Pin11 (Siehe Hinweis 1) |
|---|--|

Parameter 3 Bit 6

Bit 6: Ausgang Anfahrsperr

Die Funktion der Anfahrsperr wurde bereits für Parameter 2, Bit 5, beschrieben.

Bit 6 = "1" ermöglicht die Nutzung der Anfahrsperr an Pin 29. Wird der Ausgang nicht beschaltet, so ist Bit 6 zu "0" zu setzen.

ohne Anfahrsperr-Ausgang Pin29 (Siehe Hinweis 1)

| | |
|---|---|
| x | mit Anfahrsperr-Ausgang Pin29 (Siehe Hinweis 1) |
|---|---|

Parameter 3 Bit 7

Bit 7: Eingang Türstatus

Entsprechend der Beschreibung für Parameter 3, Bit 2, kann die Durchführung des automatischen Kneelings sowie Hebe/Senkvorgänge von der Stellung der Tür abhängig gemacht werden.

Die Information darüber, ob eine Tür geöffnet oder geschlossen ist, wird über den Signaleingang Pin 5 abgefragt.

Hierbei kann frei gewählt werden, ob eine geöffnete Tür durch Verbindung von Pin 5 mit Masse (Bit 7 = "0" oder die Verbindung mit +Ub (Bit 7 = "1") definiert ist. Die geschlossene Tür wird durch das jeweils andere Potential oder durch Freischalten des Pins (bei ECU 050 0 eventuell ein zusätzlicher Widerstand erforderlich) angezeigt.

| | |
|---|-----------------------------|
| x | Tür geöffnet bei 0V an Pin5 |
|---|-----------------------------|

Tür geöffnet bei UBatt an Pin5

Parameter 4

12 Parameterwert

Parameter 4 Bit 0

| | |
|---|---|
| x | ohne Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste mit Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste |
|---|---|

Parameter 4 Bit 1

| | |
|---|---|
| x | Sicherheitsleiste als Öffner Sicherheitsleiste als Schliesser ODER ohne Sicherheitsleiste (nur ohne Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste) |
|---|---|

Parameter 4 Bit 2

Parameter 4, Bit 2 :

Wenn kein rechtsseitiges Kneeling aktiv ist, besteht zwischen den Bälgen der 1-Wegsensor-Achse eine gedrosselte Verbindung über die geöffnete Quersperre (Elektronik-PIN 18 = +UB). Diese Verbindung ist je nach Einstellung von Optionsparameter 4, Bit 2

- nur im Stillstand (Bit 2) oder
- im Stillstand und bei Fahrt vorhanden (Bit 2=0)

Bei der Einstellung Optionsparameter 4, Bit 2=1 wird bei Kurvenfahrt ein Überströmen von den Luftfederbälgen der kurvenäußeren in diejenigen der kurveninneren Seite verhindert. Dadurch läßt sich das Wankverhalten bei längerer Kurvenfahrt und anschließender Ausfahrt aus der Kurve verbessern. Diese Einstellung wird daher empfohlen.

Querdrosselfunktion bei $v = 0$ km/h oder $v > 0$ km/h

| | |
|---|--|
| x | Querdrosselfunktion nur bei $v = 0$ km/h |
|---|--|

Parameter 4 Bit 3

Parameter 4, Bit 3 :

Je nach Einstellung von Optionsparameter 4, Bit 3, bezieht sich der Nachlauf auf unterschiedliche Funktionen :

Bit 3=0 : Bei Ausschalten der Zündung vorhandene Ausgangsspannungen an den Elektronik-PINs 11 (Türfreigabe), 18 (Querdrossel), 29 (Anfahrsperr), 32 (Kneelinglampe) und 35 (Hauptstromdrossel) werden für die Dauer der Nachlaufzeit beibehalten (Vorsicht bei Anfahrsperr!!!)

Bit 3=1 : Bei Ausschalten der Zündung vorhandene Ausgangsspannungen an den Elektronik-PINs 11, 18, 29, 32, und 35 werden nach ca. 250 ms auf 0 V geschaltet.

Die Einstellung Bit 3=1 wird empfohlen, um ein eventuelles Wegrollen des Busses nach Ablauf der Nachlaufzeit zu vermeiden (lösen der Anfahrsperr).

mit Nachlauf für die Pins 11, 18, 29, 32, 35

| | |
|---|---|
| x | ohne Nachlauf für die Pins 11, 18, 29, 32, 35 |
|---|---|

Parameter 4 Bit 4

x ohne Bedeutung

ohne Bedeutung

Parameter 4 Bit 5

x ohne Bedeutung
ohne Bedeutung

Parameter 4 Bit 6

x ohne Bedeutung
ohne Bedeutung

Parameter 4 Bit 7

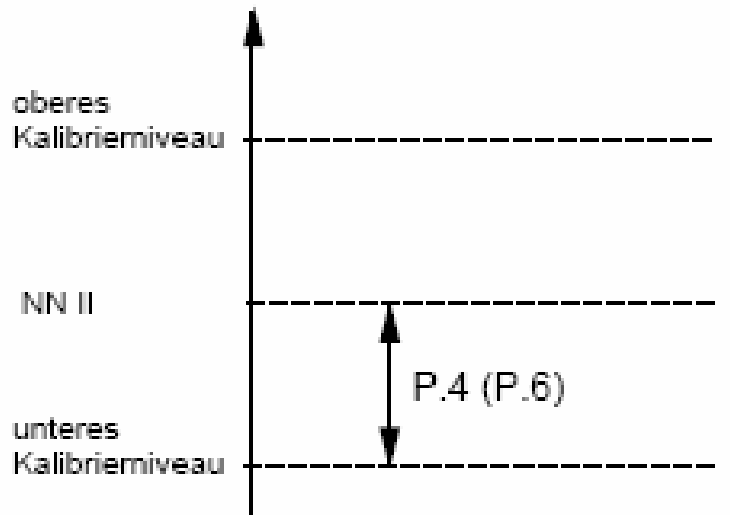
x ohne Bedeutung
ohne Bedeutung

NIVEAUS:

Parameter 5

Höhe Normalniveau II der 1WSA (Counts). Die Eingabe des über einen Schaltkontakt einzustellenden zweiten Normalniveaus erfolgt als Differenz (Abstand) zum unteren Kalibrierniveau.

Die Einstellung verdeutlicht die folgende Abbildung (Anstelle P.4 (P.6) gilt hier P5):



| |
|---|
| Differenz Normalniveau 2 zu unterem Kalibrierniveau an 1-Wegsensorachse |
|---|

| |
|-----------|
| 75 counts |
|-----------|

Parameter 6

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 7

| |
|---|
| Differenz Normalniveau 2 zu unterem Kalibrierniveau an 2-Wegsensorachse |
|---|

| |
|-----------|
| 75 counts |
|-----------|

Parameter 8

Plausibilitätsgrenze an der 1WSA (Counts)

Je nach Bestimmung des niedrigsten zulässigen Niveaus wird P.7 unterschiedlich wirksam:

- Untere Höhenbegrenzung (Tiefstniveau) ist der Gummipuffer
- P.7 wird größer als 100 gewählt. Der einzugebende Wert wird durch die Elastizität der Gummipuffer vorgegeben; ein leeres Fahrzeug drückt den Gummipuffer nicht so weit zusammen wie ein beladenes.

Wurde das Fahrzeug beladen kalibriert, dann wird das unbeladene Fahrzeug dieses Tiefstniveau trotz vollständiger Entlüftung der Bälge nicht erreichen können und dementsprechend einen Plausibilitätsfehler melden.

- Die ECU erkennt den „Gummipuffer“ und beendet den Entlüftungsvorgang, wenn $(\text{Anschlagniveau} + P.7 - 100)$ unterschritten wird und während der mit P.29

spezifizierten Zeit (Puffererkennungszeit) keine Wegänderung mehr erfolgt. Damit wird verhindert, daß die Bälge vollständig entlüftet werden. Das erreichte Niveau wird als neues Sollniveau gespeichert.

Einstellempfehlung: Wurde unbeladen kalibriert, so sollte ein Wert zwischen 110 und 125 parametrieren werden, damit auch bei schiefstehendem Fahrzeug, das nur einseitig auf dem Puffer aufliegt, kein Plausibilitätsfehler erkannt wird. Wurde das Fahrzeug beladen kalibriert, ist ein Wert zwischen 120 und 135 sinnvoll.

– Das Tiefstniveau liegt oberhalb des Gummipuffers

– Liegt die untere Höhenbegrenzung oberhalb des Gummipuffers, so wird dies mit einem Wert von P.7 unterhalb 100 mitgeteilt. In diesem Fall kann der Bus nur bis auf das kalibrierte untere Niveau abgesenkt werden.

– Setzt der Aufbau aufgrund eines unebenen Untergrunds dennoch oberhalb dieses Niveau auf dem Puffer auf, so gilt folgendes: Der Entlüftungsvorgang wird beendet, wenn (Kalibrierniveau + P.7) unterschritten ist **und** keine Wegänderung mehr während der mit P.29 spezifizierten Zeit (Puffererkennungszeit) erfolgt. Da in der Regel nur bei starkem Fahrzeugschiefstand Plausibilitätsprobleme möglich sind, wird eine Einstellung zwischen 5 und 20, je nach Abstand Kalibrierniveau-Puffer, empfohlen.

Wird **oberhalb** der aus P.7 und Anschlagniveau gebildeten Grenze bei einem Senkvorgang innerhalb von 30 s keine Wegänderung (mindestens 1 Count) nach unten beobachtet, erkennt die ECU einen Plausibilitätsfehler.

Besonders bei Bussen mit rechtsseitigem Kneeling muß beachtet werden, daß durch den Achsstabilisator ein ausreichendes Absenken verhindert werden könnte.

Wird Kneelingniveau = Pufferanschlag parametrieren, der Puffer aber nicht erreicht, besteht für die ECU ein Plausibilitätsfehler.

Außerdem wird ein Wegsensor der 2WSA, der nicht direkt am Rad angebracht ist, bei seitlichem Kneeling nicht das Tiefstniveau ausgeben, obwohl der Pufferanschlag erreicht ist. Während beim Kalibrieren des Busses auf dem Puffer Achse und Aufbau parallel stehen, liegen sie beim Kneeling im Winkel zueinander. Wenn der Wegsensor mehr zur Mitte der Achse hin montiert ist, liegt der Sensorwert beim Kneeling irgendwo zwischen Normalniveau und Tiefstniveau.

Abhilfe schafft hier nur eine erhöhte Plausibilitätsgrenze oder ein höher gewähltes Kneelingniveau, das mit der Meßwertausgabe ausgelesen werden kann.

| |
|--|
| Grenze Plausibilitätsfehlererkennung beim Senken an 1-Wegsensorachse (Siehe Hinweis 5) |
|--|

| |
|------------|
| 120 counts |
|------------|

Parameter 9

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 10

Plausibilitätsgrenze an der 2WSA (Counts)

Analog P.7 für die 2WSA.

| |
|--|
| Grenze Plausibilitätsfehlererkennung beim Senken an 2-Wegsensorachse (Siehe Hinweis 5) |
|--|

| |
|------------|
| 120 counts |
|------------|

Parameter 11

Toleranz des Sollniveaus an der 1WSA (Counts)

Die Einstellung dieses Parameters bestimmt gemeinsam mit den Proportional- und Differentialbeiwerten die Regelgüte des Systems an der Vorderachse. Siehe Kapitel „Der Regelalgorithmus“.

| |
|--|
| Sollniveautoleranz 1-Wegsensorachse (≥ 3) |
|--|

| |
|----------|
| 6 counts |
|----------|

Parameter 12

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 13

Toleranz des Sollniveaus an der 2WSA (Counts)

Entspricht Parameter 11 für die 2WSA

| |
|--|
| Sollniveautoleranz 2-Wegsensorachse (≥ 3) |
|--|

| |
|----------|
| 5 counts |
|----------|

Parameter 14

Zulässige Rechts/Links-Abweichung im Sollniveau (Counts)

Dieser Parameter ist an der 2WSA wirksam. Er gibt den zulässigen Schiefstand des Aufbaus bei z. B. seitlich ungleicher Lastverteilung an.

Werte größer $2 \times P.12$ sind nicht sinnvoll und werden von der ECU selbstständig auf $2 \times P.12$ begrenzt.

| |
|--|
| zulässige Rechts/Links-Abweichung innerhalb der Sollniveaus (≥ 3) |
|--|

| |
|-----------|
| 10 counts |
|-----------|

Parameter 15

Zulässige Rechts/Links-Abweichung beim Heben/ Senken-Vorgang (Counts)

Anders als bei P.13 wird nicht der Regelvorgang im Bereich um das Sollniveau, sondern während größerer Niveauänderungen spezifiziert. Bei dem einseitig beladenen Fahrzeug wird sich die weniger belastete Seite schneller als die andere heben (bzw. die höher Belastete schneller senken) und damit möglicherweise einen ungewollten Schiefstand bei der Niveauänderung bewirken.

Durch Pulsen des entsprechenden Balges wird ein gleichmäßigeres Heben/Senken erreicht.

Die Länge des Pulses wird durch den Pulsteiler (P.30) bestimmt.

| |
|--|
| zulässige Rechts/Links-Abweichung ausserhalb der Sollniveaus |
|--|

| |
|-----------|
| 10 counts |
|-----------|

Parameter 16

Zulässige Vorn/Hinten-Abweichung beim Heben/Senken-Vorgang (Counts)

Die Niveauänderung des Fahrzeugs mit zwei luftgederten Achsen soll in der Regel so erfolgen, daß der Aufbau vorn und hinten ungefähr zur selben Zeit das

gewünschte neue Sollniveau erreicht. Die Achse mit dem kürzeren Weg in das neue Niveau wird durch entsprechende Be-/Entlüftungspulse langsamer gehoben/gesenkt. Mit Parameter 15 kann vorgegeben werden, wie genau die Regelung einer ideal gleichmäßigen Höhenänderung der beiden Achsen entsprechen soll.

Eine sehr kleine Toleranz sollte deshalb nicht angestrebt werden, da sie ein ständiges Pulsen der Magnetventile während des Regelvorgangs hervorruft.

| | |
|---|--|
| zulässige Vorn/Hinten-Abweichung ausserhalb der Sollniveaus | |
|---|--|

| | |
|----|--------|
| 10 | counts |
|----|--------|

Parameter 17

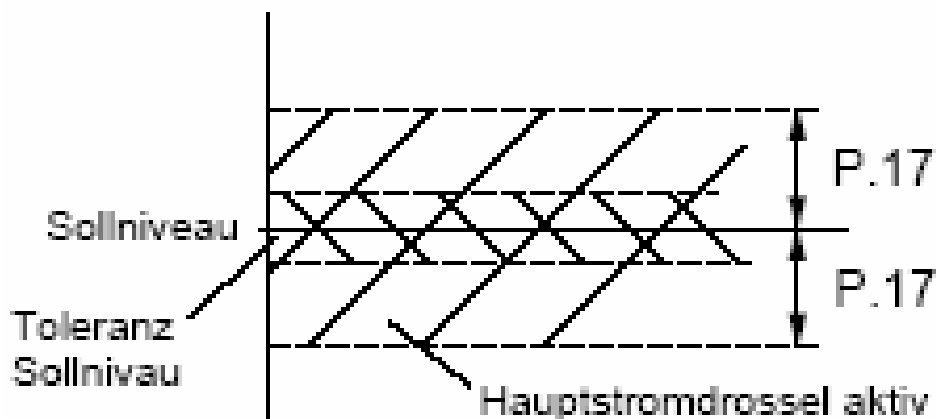
ohne Bedeutung

| | |
|---|---|
| 0 | - |
|---|---|

Parameter 18

Abstand zum Sollniveau für die Aktivierung der Hauptstromdrossel (Counts)

Wenn das System über eine Hauptstromdrossel verfügt (siehe auch Parameter 3, Bit 0), dann kann bei der Annäherung des Aufbaus an das geforderte Sollniveau der Luftstrom über eine Drossel reduziert werden, damit die weitere Bewegung gebremst erfolgt. Damit kann verhindert werden, daß die Regelung über das Zielniveau hinaus erfolgt (Überschwingen) und ein Gegenregeln folgen muß. P.17 gibt nun an, bei welcher Entfernung zum Sollniveau eine Drosselung erfolgen muß, unabhängig davon, ob es sich um eine Heben- oder Senkbewegung handelt (soll > 2x Toleranz sein).



| | |
|--|--|
| Differenz (Sollniveau - Istniveau), bei der die Hauptstromdrossel auf kleinen Querschnitt umschaltet (siehe Hinweis 6) | |
|--|--|

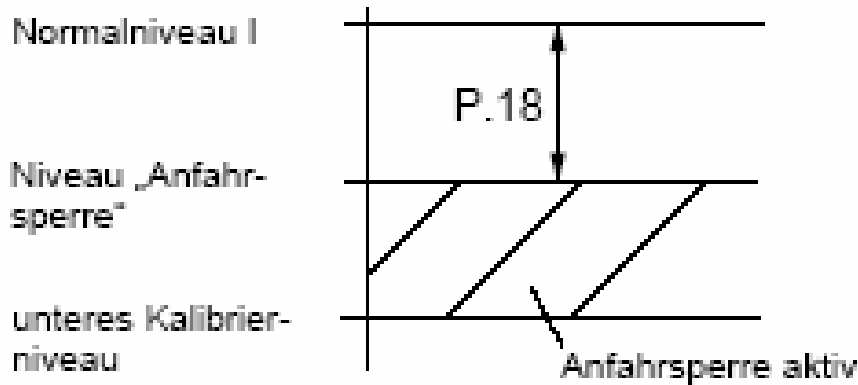
| | |
|---|---|
| 0 | - |
|---|---|

Parameter 19

Niveau für das Einschalten der Anfahrsperr(e) (Counts)

Nach Absenken des Fahrzeugs mittels Kneeling wird bei Unterschreitung des Normalniveaus die Anfahrsperr(e) aktiviert. Nach Beendigung des Kneeling und der Überschreitung des mit P.18 vorgegebenen Niveaus wird die Anfahrsperr(e) wieder aufgehoben.

Dieses Niveau wird als Differenz zum Normalniveau I (Kalibrierniveau) vereinbart (> 2x Toleranz):



| |
|--|
| Differenz (Normalniveau1 – Istniveau), bei deren Überschreitung die Anfahr-sperre aktiv ist (nur bei Kneeling) |
|--|

| |
|-----------|
| 20 counts |
|-----------|

Parameter 20

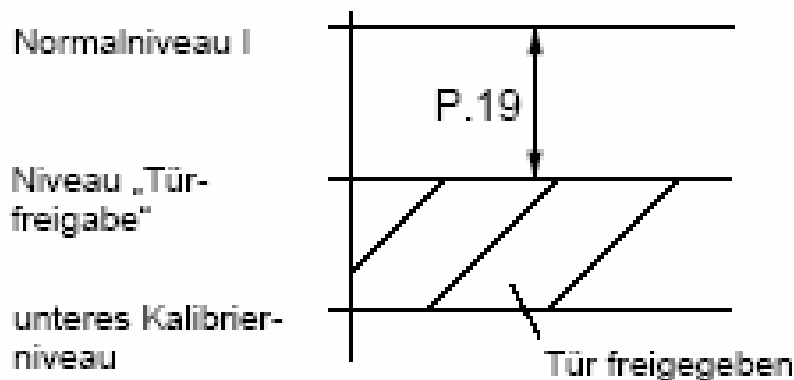
Niveau für das Einschalten der Türfreigabe (Counts)

Die Tür ist grundsätzlich in jedem Niveau freigegeben. Nur während einer Niveauänderung wird sie vorübergehend gesperrt.

Um während des Kneelings Zeit sparen zu können, ist es nach deutschem Recht zulässig, bereits vor Erreichen des Kneelingniveaus die Türen zu öffnen, allerdings mit der Maßgabe, das bei Erreichen des Kneelingniveaus die Tür erst zu 80% geöffnet sein darf.

Es kann deshalb ein Niveau vereinbart werden, unterhalb dessen bei Durchführung des automatischen oder manuellen Kneelings die Türfreigabe „vorzeitig“ erfolgen darf.

Dieses Niveau wird in Bezug auf das Normalniveau I vereinbart:



| |
|--|
| Differenz (Normalniveau1 – Istniveau), bei deren Überschreitung (1WS und 2WS Achse) die Türfreigabe erfolgt (nur bei Kneeling) |
|--|

| |
|-----------|
| 19 counts |
|-----------|

Parameter 21

Kneelingniveau 1WSA (Counts)

Mit diesem Parameter wird für die 1WSA das Niveau definiert, bis auf welches das Fahrzeug beim automatischen Kneeling absenkt.

Beim manuellen Kneeling muß der Fahrer mindestens solange den Taster gedrückt halten, bis dieses Niveau (genauer: Kneelingniveau + 2 x Toleranz Sollniveau) erreicht ist, ansonsten wird das Absenken abgebrochen.

Sofern über P. 23 vereinbart, schließt sich sogar ein Wiederanheben des Fahrzeugs an.

Bei der ECU ... 051 0 leuchtet nach Erreichen dieses Niveaus (+ 2 x Toleranz) die Signallampe „Kneelingniveau erreicht“ auf.

Die Einstellung dieses Niveaus erfolgt analog zu den Parametern 18 und 19 in Bezug auf das Normalniveau I.

| |
|---|
| Differenz (Normalniveau1 – Kneelingniveau), um die die 1-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf |
|---|

| |
|-----------|
| 35 counts |
|-----------|

Parameter 22

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 23

| |
|---|
| Differenz (Normalniveau1 – Kneelingniveau), um die die 2-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf |
|---|

| |
|-----------|
| 35 counts |
|-----------|

Parameter 24

Reversieren nach Abbruch Kneeling (Counts)

Wird während des manuellen Kneelings der Taster losgelassen, bevor das Kneelingniveau erreicht ist, so erfolgt ein sofortiger Abbruch der Absenkbewegung, gefolgt von einer Aufwärtsbewegung um den durch P. 23 vorgegeben Weg. Ein Reversiervorgang über das Normalniveau I hinaus wird nur bis zum Normalniveau II ausgeführt.

| |
|--|
| Kneeling-Offset: um diesen Wert wird bei manuellem Kneeling nach Loslassen des Tasters an 1- + 2-Wegsensorachse reversiert (wenn Istniveau > Kneeling-Niv. + 2 * Toleranz) |
|--|

| |
|-----------|
| 35 counts |
|-----------|

GESCHWINDIGKEITEN:

Parameter 25

Fahrgeschwindigkeit, bis zu der die Heben/Senken-Befehle angenommen werden (km/h)

Mit diesem Parameter kann eingestellt werden, bis zu welcher Fahrgeschwindigkeit gezielte Veränderungen der Niveauhöhe durch den Fahrer vorgenommen werden können.

Die höchste Geschwindigkeit, bis zu der der Fahrer die Fahrhöhe verändern kann, ist die in Parameter 25 vorgegebene Geschwindigkeit.

Die maximale Geschwindigkeit, bis zu der ein Kneeling gefordert werden kann, ist auf 5 km/h festgelegt.

| |
|---|
| Fahrgeschwindigkeit, bis zu der gezielte Höhenänderungen durchführbar sind (\leq Parameter 26, wird sonst auf Parameter 26 begrenzt) |
|---|

| |
|---------|
| 10 km/h |
|---------|

Parameter 26

Automatisch Normalniveau (km/h)

Aus Sicherheitsgründen kann es erforderlich sein, dass bei höheren Geschwindigkeiten nur in den Normalniveaus gefahren werden darf. Mit P. 25 kann eine Geschwindigkeitsgrenze benannt werden, oberhalb der automatisch auf das vorgewählte Normalniveau geregelt wird.

Der Wert für P.25 muß größer als der Wert von P. 24 und größer 0 km/h sein!

| |
|---|
| Fahrgeschwindigkeit, bei deren Überschreitung automatisch Normalniveau aktiviert wird (\geq Parameter 25 und > 0) |
|---|

| |
|---------|
| 15 km/h |
|---------|

Parameter 27

Automatische Rückkehr in altes Sollniveau (km/h)

In der Regel soll nicht direkt unterhalb der mit P.25 vorgegebenen Geschwindigkeit eine Rückkehr in das Sollniveau erfolgen, das vorher (vor Überschreiten der Geschwindigkeitsgrenze P.25) aktuell war. In diesem Fall würde sonst bei Fahrgeschwindigkeit um diese Grenze (z. B. Kolonnenfahrt) ständig eine Regelung erfolgen.

Sinnvoller ist es, eine zweite Grenzgeschwindigkeit mit einigem Abstand zu P.25 festzulegen, unterhalb der dann wieder zu dem alten Sollniveau zurückgekehrt wird.

Diese zweite Geschwindigkeitsgrenze kann frei definiert werden, muß jedoch unbedingt unterhalb des Wertes von P. 25 liegen.

Soll nicht wieder zu dem alten Sollniveau zurückgekehrt werden, sondern weiterhin Normalniveau aktuell bleiben, so wird P. 26 zu Null gesetzt.

| |
|--|
| Fahrgeschwindigkeit, bei deren Unterschreitung automatisch das alte Sollniveau wieder eingestellt wird ($<$ Parameter 26, wird sonst auf Parameter 26 begrenzt) |
|--|

| |
|--------|
| 0 km/h |
|--------|

REGELUNG:

Parameter 28

Regelverzögerung im Stand (in 250 ms)

Als sinnvoller Wert für die Regelverzögerung im Stand wird meist eine Sekunde gewählt (4 Counts). Diese Regelverzögerung läßt eine Beruhigungsphase nach jeder Regelung zu, in der sich die endgültige Niveaulage einstellen kann, bevor z. B. bereits wieder eine Gegenregelung erfolgt.

| |
|---------------------------|
| Regelverzögerung im Stand |
|---------------------------|

| |
|--------|
| 1.00 s |
|--------|

Parameter 29

Pulsperiodendauer (25 ms)

Die Funktion der Pulsperiodendauer ist in dem Kapitel „Der Regelalgorithmus“ beschrieben. Ein Sinnvoller Wert für P. 28 ist 300 ms. Entsprechend sind 12 Counts einzutragen.

| |
|---------------------|
| Pulsperiodendauer T |
|---------------------|

| |
|---------|
| 0.300 s |
|---------|

Parameter 30

Puffererkennungzeit (in 250 ms).

Die Puffererkennungzeit sollte < 30 s (< 120 counts) sein, um Plausibilitätsfehler zu vermeiden.

Siehe Parameter 7.

| |
|---------------------|
| Puffererkennungzeit |
|---------------------|

| |
|--------|
| 2.00 s |
|--------|

Parameter 31

Pulsteiler (Counts)

Siehe P.14. Beschreibt den Zeitanteil einer Periodendauer, über den der Balg der sich schneller bewegenden Fahrzeugseite gepulst wird. Pulszeiten unter 75 ms werden nicht ausgeführt.

Wird z. B. der Wert "255" eingetragen, so wird auf der sich schneller bewegenden Seite solange das Magnetventil geschlossen, bis der Aufbau wieder in der Toleranz gemäß P. 14 ist.

| |
|------------|
| Pulsteiler |
|------------|

| |
|-------|
| 255 - |
|-------|

Parameter 32

Proportionalbeiwert K_p für die 1WSA (1/3 Counts)

Die Einstellung des Niveaureglers ist im Kapitel „Der Regelalgorithmus“ beschrieben.

| | |
|--|--|
| Proportionalbeiwert K_{pv} für Sollniveauregler 1-Wegsensorachse | |
|--|--|

| | |
|---|--------------|
| 6 | 1/(3 counts) |
|---|--------------|

Parameter 33

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 34

Proportionalbeiwert K_p für die 2WSA (1/3 Counts)

Die Einstellung des Niveaureglers ist im Kapitel „Der Regelalgorithmus“ beschrieben.

| | |
|--|--|
| Proportionalbeiwert K_{ph} für Sollniveauregler 2-Wegsensorachse | |
|--|--|

| | |
|---|--------------|
| 8 | 1/(3 counts) |
|---|--------------|

Parameter 35

Differentialbeiwert K_d für die 1WSA (1/3 Counts)

Die Einstellung des Niveaureglers ist im Kapitel „Der Regelalgorithmus“ beschrieben.

| | |
|--|--|
| Differentialbeiwert K_{dv} für Sollniveauregler 1-Wegsensorachse | |
|--|--|

| | |
|----|--------------|
| 24 | T/(3 counts) |
|----|--------------|

Parameter 36

ohne Bedeutung

0 -

Parameter 37

Differentialbeiwert K_d für die 2WSA (1/3 Counts)

Die Einstellung des Niveaureglers ist im Kapitel „Der Regelalgorithmus“ beschrieben.

| | |
|--|--|
| Differentialbeiwert K_{dh} für Sollniveauregler 2-Wegsensorachse | |
|--|--|

| | |
|----|--------------|
| 24 | T/(3 counts) |
|----|--------------|

ZEITEN:

Parameter 38

Verzögerung der Plausibilitätsfehlererkennung (in 10 s)

Wenn ECAS direkt nach Anlassen des Motors eine Niveauänderung durchführen soll, kann aufgrund des nicht ausreichenden Vorratsdrucks ein Plausibilitätsfehler eintreten.

Dieser kann über P.37 solange verzögert werden, bis der Kompressor genügend Luft für eine einwandfreie Funktion gefördert hat.

Vor Ablauf dieser Verzögerungszeit wird das rechtsseitige Kneeling durch gleichzeitiges Ausregeln der linken und rechten Seite beendet. Dies tritt zwar in der Praxis kaum auf, kann jedoch während eines Tests mit der Kneelingfunktion (häufiges Ein- und Ausschalten der Zündung) durch Wankbewegungen bzw. starkes Überschwingen auffallen.

| |
|---|
| Verzögerung Plausibilitätsfehlererkennung |
|---|

| |
|-------|
| 600 s |
|-------|

Parameter 39

Nachlaufzeit nach Zündung aus (10 s)

Es ist denkbar, daß nach Erreichen eines Fahrziels der Motor abgeschaltet wird, bevor die Fahrgäste ausgestiegen sind.

Da aber ECAS nur mit eingeschalteter Zündung arbeitet, wird sich dann das Niveau erhöhen, da keine Gegenregelung erfolgt.

Mit P. 38 läßt sich eine Nachlaufzeit vereinbaren, innerhalb der ECAS auf eine Erhöhung des Niveaus reagiert, und eine Entlüftung vornimmt.

Andere Regelungen als die der Entlüftung werden trotz gesetztem P.38 nicht durchgeführt.

| |
|---|
| Nachlaufzeit (Stand-By) (nur noch Abwärtsregelungen sind zulässig, dann ECAS „AUS“) |
|---|

| |
|-----|
| 0 s |
|-----|

Parameter 40

Verzögerung der Regelung gemäß Fahrt (in 1s)

Sobald die ECU eine Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs feststellt, tritt die Regelverzögerung von 60 s ein, damit Ausregelungen von Fahrbahnunebenheiten unterbleiben.

Dies kann jedoch nach dem Anfahren von einer Haltestelle von Nachteil sein, wenn die Haltebucht einen unebenen Untergrund besitzt und das Fahrzeug vor Fahrtantritt schief stand, das Fahrzeug mit der Betriebsbremse vor Wegrollen gesichert wurde und während des Stands deshalb keine Niveaueinstellung durchgeführt wurde, unter Verwendung des Eingangs „Bremse“ eine Regelung während der geöffneten Tür bewusst verhindert werden soll, um eine Gefahr des Stolperns über die sich im Niveau ändernde Einstiegschwelle zu unterbinden.

In jedem der genannten Fälle könnte der Bus bei Fahrtantritt ein ungünstiges Niveau besitzen, das erst 60 Sekunden später ausgeglichen würde.

Nach der mit P.39 definierten Zeit wird nach dem Verlassen der Haltestelle (Fahrtbeginn) auf dem ebenen Untergrund der Straße einmalig eine weitere Niveaueinkorrektur durchgeführt. Erst anschließend wird wieder die Regelverzögerung für Fahrt aktiv.

Anmerkung: Bei der Verwendung dieses Parameters muß berücksichtigt werden, daß das Fahrzeug zum Zeitpunkt dieser Regelung gerade eine Kurve fahren könnte, und dann die Kurvenneigung ausgeregelt wird.

Die folgenden Parameter sind in der ECU ... 050 0 ohne Funktion, da diese Elektronik nicht über eine Reifeneindrückungskompensation verfügt. Die Werte der folgenden Parameter sind deshalb hier zu Null zu setzen.

| |
|--|
| Verzögerung für Aktivierung der Regelverzögerung bei Fahrt |
|--|

| |
|-----|
| 0 s |
|-----|

DRÜCKE:

Parameter 41

Druckwert, bei dessen Überschreitung die Reifeneindrückung kompensiert wird (in 1/20 bar)

Bei Bussen mit besonders hohen Aufbauten kann zur Einhaltung der gesetzlichen vorgeschriebenen Fahrzeughöhe ein besonders geringer Einfederweg der Luftfeder notwendig werden.

Bei stark beladenem Fahrzeug und großen Fahrbahnnunebenheiten wird es dadurch möglicherweise zu einem Durchschlagen des Aufbaus auf die Puffer kommen.

Bei schwerer Beladung wird jedoch gleichzeitig der Reifen stärker zusammengedrückt, wodurch die Gesamtfahrzeughöhe sinkt.

Mit Hilfe eines Drucksensors kann bei der ECU 446 055 051/052/054/055 0 der Beladungsgrad erfasst werden. Bei steigender Last kann der Abstand Achse/ Aufbau erhöht und damit ein größerer Einfederweg bei konstanter Fahrzeughöhe realisiert werden.

Mit P. 40 wird der Druckwert eingestellt, oberhalb dessen die Kompensation wirksam werden soll. In der Regel ist dies der Wert, der im Tragbalg bei unbeladenem Fahrzeug vorherrscht.

| |
|---|
| minimaler Druck, ab dessen Überschreitung die Reifeneindrückungskompensation wirksam wird |
|---|

| |
|----------|
| 0.00 bar |
|----------|

Parameter 42

Druck für maximale Kompensation (in 1/20bar)

P.41 beschreibt den Druck im Tragbalg, bei dem die größte Reifeneindrückung auftritt, die kompensiert werden soll. In der Regel wird dies der Balgdruck bei voll beladenem Fahrzeug sein.

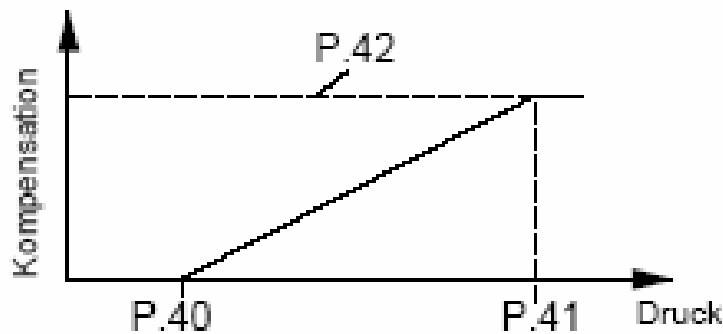
| |
|--|
| minimaler Druck, bei dem mit dem maximalen Offset die Reifeneindrückung kompensiert wird |
|--|

| |
|----------|
| 0.00 bar |
|----------|

Parameter 43

Maximaler Offset, mit dem die Reifeneindrückung kompensiert wird (in Counts)

Hier wird die Verschiebung des Normalniveaus eingegeben, die den verstärkten Reifeneindruck bei erhöhter Last kompensiert. Der Offset ist linear von der Beladung abhängig, d. h. die Sollwertverschiebung erfolgt gleichmäßig zwischen dem unteren Druckwert entsprechend P.40 (Verschiebung = 0) und der Beladung entsprechend P.41 (Verschiebung = max. Wert = P.42).



| |
|--|
| maximaler Offset, mit dem die Reifeneindrückung kompensiert wird |
|--|

| |
|----------|
| 0 counts |
|----------|

Parameter 44

Bei der Wahl des Parameters 44, der die Einstellung der Verzögerungszeit von 0 63,75 sec erlaubt, sollte folgendes beachtet werden:

- Geringer Luftverbrauch -> Verzögerungszeit möglichst groß
- Hohe Ventillebensdauer (Anzahl der Ventilspiele) -> Verzögerungszeit möglichst groß
- Beschleunigungsmanöver -> Verzögerungszeit möglichst groß, um durch Beschleunigungsmanöver verursachte Regelungen zu vermeiden
- Kurvenfahrt -> Verzögerungszeit muß ein Kompromiß sein: Einerseits soll in einer Kurve möglichst nicht geregelt werden, andererseits soll sich das Fahrzeug auch nicht zu lange außerhalb der Sollniveaus befinden.

Der Parameter 44 ist je nach Prioritätsfestlegung des Fahrzeugherstellers zu wählen. Es empfiehlt sich jedoch ein Wert von 60 sec.

| |
|----------------------------|
| Regelverzögerung bei Fahrt |
|----------------------------|

| |
|------|
| 10 s |
|------|

Hinweise:

(1)

Das Bit wird bei automatischer Peripherieerkennung automatisch gesetzt

(2)

Nach der Änderung dieses Bits sind die Wegsensoren der ECAS neu zu kalibrieren!

(3)

Betrieb nur mit 1 Wegsensor ist nicht möglich!

(4)

Nach der Änderung dieses Bits von „0“ auf „1“ ist der Drucksensor der ECAS neu zu kalibrieren!

(5)

Einer- und Zehnerstelle geben die Distanz in Counts an

- Hunderterstelle = 0: Pufferbereich = untere Endlage ... untere Endlage + Distanz

- Hunderterstelle = 1: Pufferbereich = 0 ... untere Endlage + Distanz

(6)

Einer- und Zehnerstelle geben die Distanz in Counts an

- Hunderterstelle = 0: vom Kneeling-Niveau heben ins Normalniveau mit entsprechendem Querschnitt der Hauptstromdrossel

- Hunderterstelle = 1: vom Kneeling-Niveau heben ins Normalniveau nur mit grossem Querschnitt der Hauptstromdrossel, in allen anderen Fällen regeln/heben/senken mit entsprechendem Querschnitt der Hauptstromdrossel unter Berücksichtigung der programmierten Differenz

ECAS-Printscreens:

The screenshot displays the ECAS Bus A Diagnostic Software (de) V1.00 interface. The main window is titled "ECAS Bus A Diagnostic Software (de) V1.00 246 301 851 0" and contains several sections:

- ECU DATEN:**

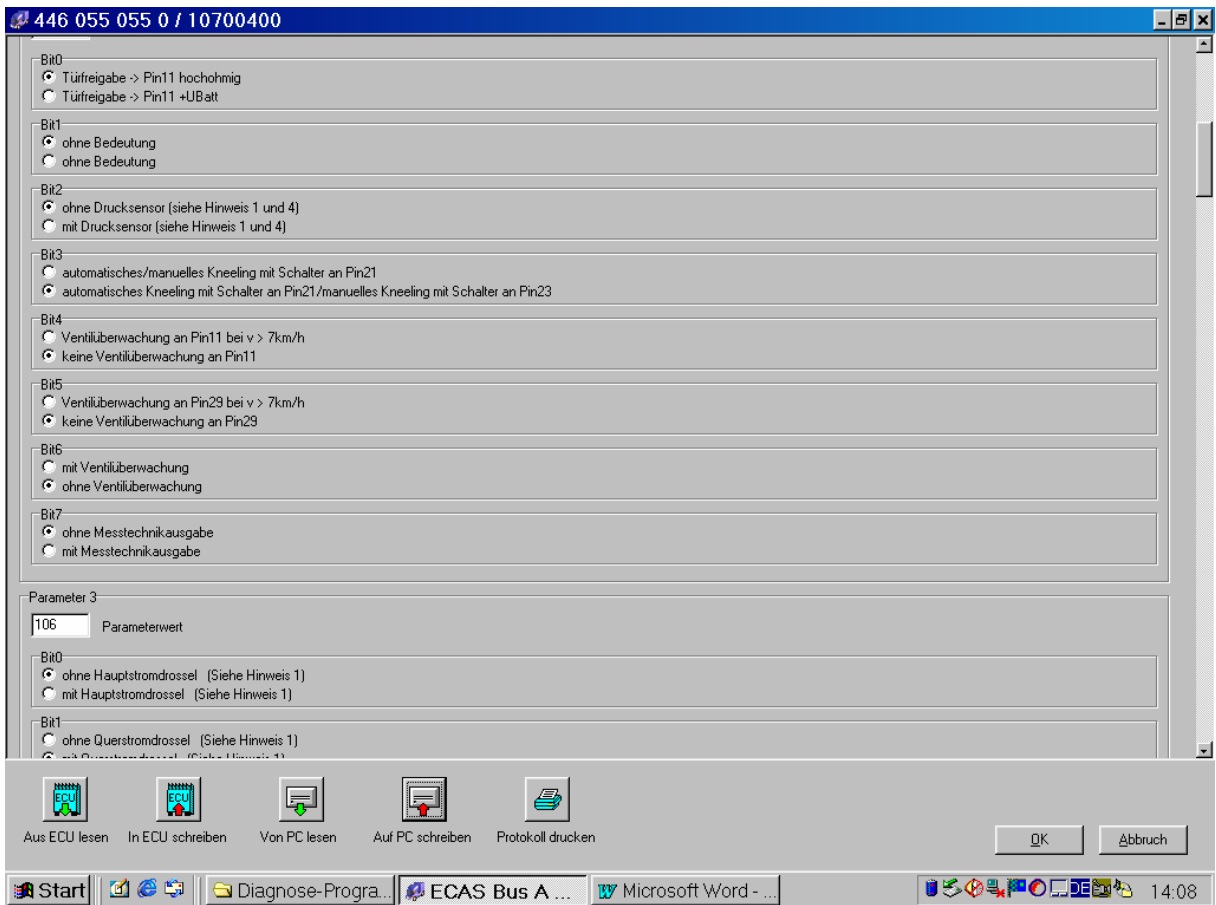
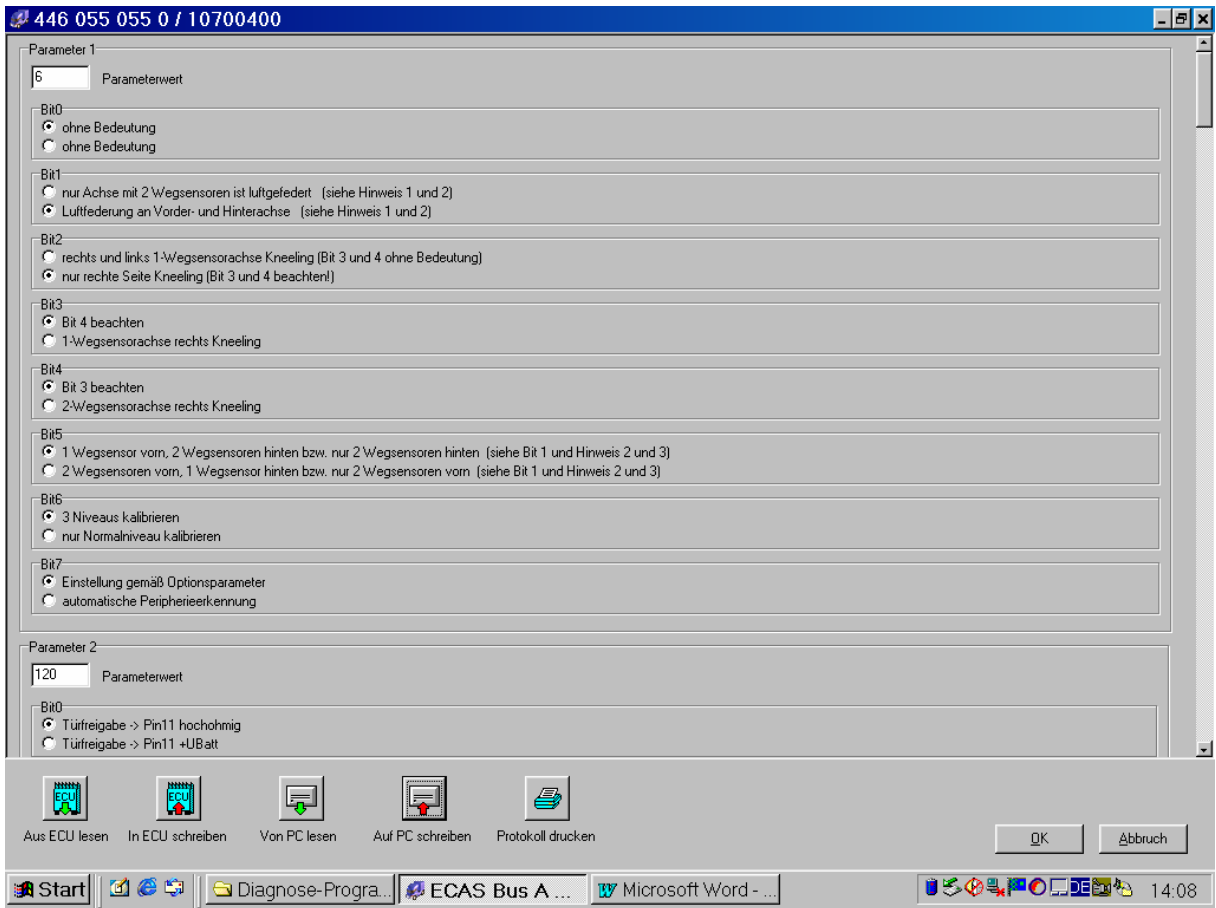
| | |
|------------------|---------------|
| Gerätenummer | 446 055 055 0 |
| Produktionsdatum | 2004-w18 |
| Softwareversion | 7.0.1.0 |
| Diagnosekennung | 10700400 |
| ECU Seriennummer | --- |
- AKTUELLER HINWEIS:**

Kein aktueller Hinweis in der ECU gespeichert
- ACHTUNG! Hinweise können nur mit dem Diagnose Speicherdialog aktualisiert oder gelöscht werden!**
- KONFIGURATION:**
 - Luftfederung Vorder- und Hinterachse
 - Sensierte 2-W/S-Achse
 - Sensierte 1-W/S-Achse
- AKTUELLE MESSWERTE:**

| | |
|----------------------|--------|
| Spannung Klemme 15 | 25.7 V |
| Spannung Ventirelais | 25.0 V |
| Geschwindigkeit | 0 km/h |

The interface also features a central image of various WABCO diagnostic tools and components. A prominent warning message reads: **ACHTUNG ! Während der ECAS-Diagnose unbedingt das FAHRZEUG ABSICHERN ! Während der Diagnosearbeiten kann eine automatische ECAS - Regelung einsetzen und es kann zu PLÖTZLICHEN BEWEGUNGEN DES FAHRZEUGS kommen.**

At the bottom right, the WABCO logo is displayed with the text: Copyright © 2004 WABCO Vehicle Control Systems An American Standard Company ALL RIGHTS RESERVED. The status bar shows "COM1 <-> K-Line".



446 055 055 0 / 10700400

mit Hauptstromdrossel (Siehe Hinweis 1)

Bit1
 ohne Querstromdrossel (Siehe Hinweis 1)
 mit Querstromdrossel (Siehe Hinweis 1)

Bit2
 Türstellung bei automatischem Kneeling nicht beachten
 Türstellung bei automatischem Kneeling beachten

Bit3
 Regelung an nicht zu kneelender Seite bei Kneeling
 keine Regelung an nicht zu kneelender Seite bei Kneeling

Bit4
 keine Niveauregelung bei betätigter Bremse
 Niveauregelung trotz betätigter Bremse zulässig, wenn Tür offen

Bit5
 ohne Türfreigabe-Ausgang an Pin11 (Siehe Hinweis 1)
 mit Türfreigabe-Ausgang an Pin11 (Siehe Hinweis 1)

Bit6
 ohne Anfahrsperr-Ausgang Pin29 (Siehe Hinweis 1)
 mit Anfahrsperr-Ausgang Pin29 (Siehe Hinweis 1)

Bit7
 Tür geöffnet bei DV an Pin5
 Tür geöffnet bei UBatt an Pin5

Parameter 4
 Parameterwert

Bit0
 ohne Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste
 mit Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste

Bit1
 Sicherheitsleiste als Öffner
 Sicherheitsleiste als Schließer ODER ohne Sicherheitsleiste (nur ohne Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste)

Bit2
 Querdrosselfunktion bei $v = 0\text{km/h}$ oder $v > 0\text{km/h}$

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Progra... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:08

446 055 055 0 / 10700400

Sicherheitsleiste als Öffner
 Sicherheitsleiste als Schließer ODER ohne Sicherheitsleiste (nur ohne Fehlerüberwachung der Sicherheitsleiste)

Bit2
 Querdrosselfunktion bei $v = 0\text{km/h}$ oder $v > 0\text{km/h}$
 Querdrosselfunktion nur bei $v = 0\text{km/h}$

Bit3
 mit Nachlauf für die Pins 11, 18, 29, 32, 35
 ohne Nachlauf für die Pins 11, 18, 29, 32, 35

Bit4
 ohne Bedeutung
 ohne Bedeutung

Bit5
 ohne Bedeutung
 ohne Bedeutung

Bit6
 ohne Bedeutung
 ohne Bedeutung

Bit7
 ohne Bedeutung
 ohne Bedeutung

Parameter 5
 Differenz Normalniveau 2 zu unterem Kalibrierniveau an 1-Wegsensorachse
 counts

Parameter 6
 ohne Bedeutung
 -

Parameter 7
 Differenz Normalniveau 2 zu unterem Kalibrierniveau an 2-Wegsensorachse
 counts

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Progra... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:09

446 055 055 0 / 10700400

Differenz Normalniveau 2 zu unterem Kalibrierniveau an 2-Wegsensorachse
 counts

Parameter 8
 Grenze Plausibilitätsfehlererkennung beim Senken an 1-Wegsensorachse (Siehe Hinweis 5)
 counts

Parameter 9
 ohne Bedeutung
 -

Parameter 10
 Grenze Plausibilitätsfehlererkennung an 2-Wegsensorachse (Siehe Hinweis 5)
 counts

Parameter 11
 Sollniveautoleranz 1-Wegsensorachse (>=3)
 counts

Parameter 12
 ohne Bedeutung
 -

Parameter 13
 Sollniveautoleranz 2-Wegsensorachse (>=3)
 counts

Parameter 14
 zulässige Rechts/Links-Abweichung innerhalb der Sollniveaus (>= 3)
 counts

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Program... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:10

446 055 055 0 / 10700400

Parameter 14
 zulässige Rechts/Links-Abweichung innerhalb der Sollniveaus (>= 3)
 counts

Parameter 15
 zulässige Rechts/Links-Abweichung außerhalb der Sollniveaus
 counts

Parameter 16
 zulässige Vorn/Hinten-Abweichung außerhalb der Sollniveaus
 counts

Parameter 17
 ohne Bedeutung
 -

Parameter 18
 Differenz (Sollniveau - Istniveau), bei der die Hauptstromdrossel auf kleinen Querschnitt umschaltet (siehe Hinweis 6)
 -

Parameter 19
 Differenz (Normalniveau1 - Istniveau), bei deren Überschreitung die Anfahrsperrung aktiv ist (nur bei Kneeling)
 counts

Parameter 20
 Differenz (Normalniveau1 - Istniveau), bei deren Überschreitung (1WS und ZWS Achse) die Türfreigabe erfolgt (nur bei Kneeling)
 counts

Parameter 21
 Differenz (Normalniveau1 - Kneelingniveau), um die die 1-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf
 counts

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Program... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:10

446 055 055 0 / 10700400

Parameter 21
Differenz (Normalniveau1 - Kneelingniveau), um die 1-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf
35 counts

Parameter 22
ohne Bedeutung
0 -

Parameter 23
Differenz (Normalniveau1 - Kneelingniveau), um die 2-Wegsensorachse beim Kneeling gesenkt werden darf
35 counts

Parameter 24
Kneeling-Offset: um diesen Wert wird bei manuellem Kneeling nach Loslassen des Tasters an 1+2-Wegsensorachse reversiert (wenn Istriveau > Kneeling-Niv. + 2 * Toleranz)
35 counts

Parameter 25
Fahrgeschwindigkeit, bis zu der gezielte Höhenänderungen durchführbar sind (<= Parameter 26, wird sonst auf Parameter 26 begrenzt)
10 km/h

Parameter 26
Fahrgeschwindigkeit, bei deren Überschreitung automatisch Normalniveau aktiviert wird (>= Parameter 25 und > 0)
15 km/h

Parameter 27
Fahrgeschwindigkeit, bei deren Unterschreitung automatisch das alte Sollniveau wieder eingestellt wird (< Parameter 26, wird sonst auf Parameter 26 begrenzt)
0 km/h

Parameter 28
Regelverzögerung im Stand

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Progra... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:10

446 055 055 0 / 10700400

0 km/h

Parameter 28
Regelverzögerung im Stand
1.00 s

Parameter 29
Pulsperiodendauer T
0.300 s

Parameter 30
Puffereerkennungszeit
2.00 s

Parameter 31
Pulsteiler
255 -

Parameter 32
Proportionalbeiwert Kpv für Sollniveauregler 1-Wegsensorachse
6 1/(3 counts)

Parameter 33
ohne Bedeutung
0 -

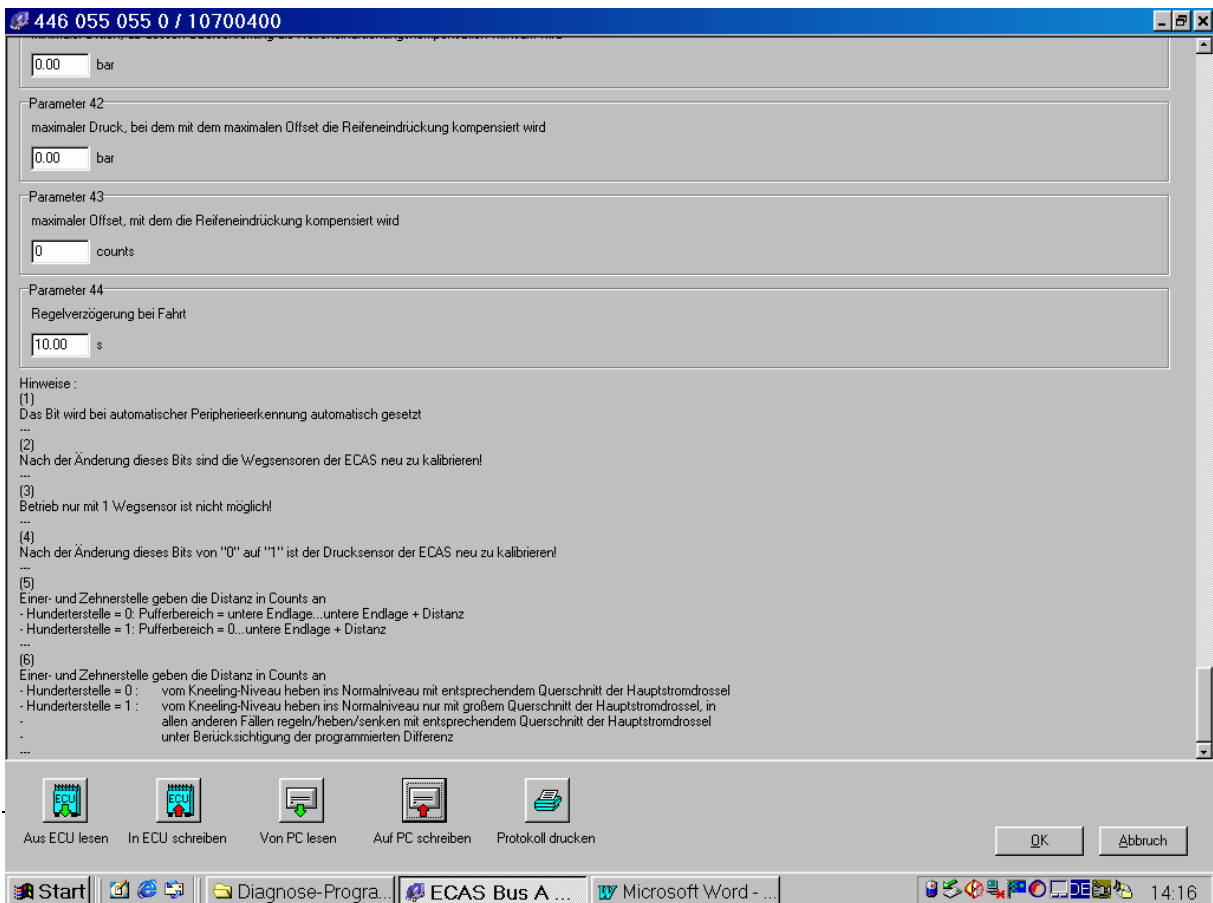
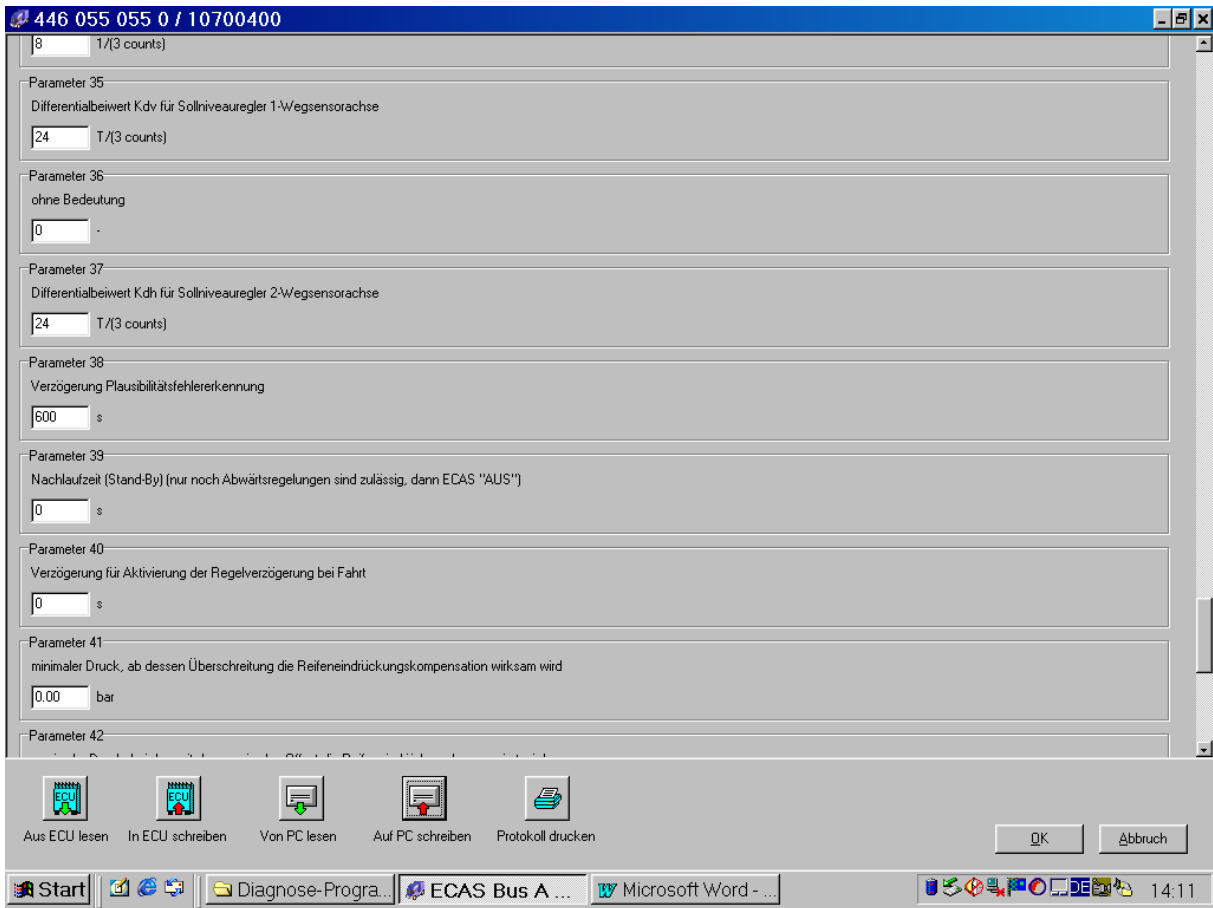
Parameter 34
Proportionalbeiwert Kph für Sollniveauregler 2-Wegsensorachse
8 1/(3 counts)

Parameter 35
Differentialbeiwert Kdv für Sollniveauregler 1-Wegsensorachse

Aus ECU lesen In ECU schreiben Von PC lesen Auf PC schreiben Protokoll drucken

OK Abbruch

Start Diagnose-Progra... ECAS Bus A ... Microsoft Word - ... 14:10



BEILAGE 11: Notizen zu 12m-Bus Solaris

| | |
|--------------------------|---|
| Datei | Notizen Busabnahme in Winterthur 9. Dezember 2005 |
| Marke und Typ | Solaris Trollino 18 AC El.trolley |
| Bus-Nr. | 177 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Stadtbus Winterthur |
| Datum | 9. Dez 05 |
| Ansprechperson, Tel.Nr. | Hr. Gerber und Haslimeier, Schwaller, Lang |
| Bemerkung | Dieselmotor auf Generator (nicht als Notantrieb) Abnahme mit Formular 13.20 CAN-Bus |

Einstellung gemäss Servicemonteur aus Polen (Hr. Piotr Wojnarski)

1. Türe Unterkante auf einer Höhe von 320mm. Dies entspricht einer Einstiegshöhe von 367mm

Messung Einstiegshöhe 1. Türe: 330 mm

dann nochmalige Messung

Einstiegshöhe 1. Türe: 335 mm

Einstiegshöhe 2. Türe: 348 mm

Einstiegshöhe 4. Türe: 331 mm

Einstiegshöhe 5. Türe: 337 mm

Luftdruck:

1. Achse: 9 bar / 900 kPa

2. Achse: 7.5 bar / 750 kPa

3. Achse: 9 bar / 900 kPa

Gesamtgewicht: 29'000kg

46 + 1 Sitzplätze

84 Stehplätze

131 total

Zul. Achslast:

1. Achse: 7'100 kg

2. Achse: 10'000 kg

3. Achse: 12'000 kg

1 WSA: 1 Wegsensor auf Vorderachse (Einzelradaufhängung)

2 WSA: 2 Wegventile auf Hinterachse im Zugfahrzeug

Da vermehrt Einzelradaufhängungen an der Vorderachse angeboten werden, besteht ein Trend, diese mit 2 Wegsensoren auszustatten (und dann an der Hinterachse im Zugfahrzeug nur 1 Wegsensor)

| | |
|--------------------------|--|
| Marke und Typ | Solaris Urbino 12 |
| Bus-Nr. | 203 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Stadtbus Winterthur |
| Datum | 9. Dez 05 |
| Ansprechperson, Tel.Nr. | Hr. Odermatt (Gerber und Haslimeier) |
| Bemerkung | Ohne Druckwächter im ECAS (keine Reifeneindrückkompensation) |

Einstellung nach Werk:

Einstiegshöhe 1. Türe: 360 mm

Einstiegshöhe 2. Türe: 380 mm

Einstiegshöhe 4. Türe: 385 mm

(2. Türe etwas höher wegen Klapprampe)

Daraufhin hat Hr. Odermatt die Fahrzeughöhe resp. Einstiegshöhe (seine Messungen vgl. untenstehende Tabelle bisheriger Einstiegshöhen) mit entsprechender Parameteränderung (GAB Pin 1959 / AB Pin 4117) auf 360 mm eingestellt (nach einer Probefahrt eingehalten mit ± 5 mm).

Zusätzlich hat er weitere Parameter korrigiert (Pin 1969 oder 4117):

Parameter 4 auf 8

Parameter 40 auf 7 (Verzögerung für Aktivierung der Regelverzögerung bei Fahrt von 0 auf 7 sec)

Parameter 44 auf 30 (Regelverzögerung bei Fahrt von 10 auf 30 sec)

| Bus.Nr. | Einstiegshöhe alt in mm | | | Parameter alt vor Korrektur |
|---------|-------------------------|--------|--------|-----------------------------|
| Bus.Nr. | Türe 1 | Türe 2 | Türe 3 | Nr. 4 / Nr. 40 / Nr. 44 |
| 201 | 360 | 370 | 370 | 12 / 0 / 40 |
| 202 | 360 | 360 | 360 | 12 / 0 / 40 |
| 204 | 375 | 385 | 365 | 12 / 0 / 10 |
| 205 | 350 | 350 | 360 | |
| 206 | 350 | 375 | 370 | 12 / 0 / 40 |
| 207 | 360 | 370 | 390 | 12 / 0 / 10 |
| 208 | 390 | 390 | 390 | 12 / 0 / 10 |
| 211 | 360 | 380 | 385 | 12 / 0 / 10 |
| 281 | 360 | 370 | | 12 / 0 / 40 |
| 284 | 380 | 380 | | 12 / 0 / 40 |
| 285 | 380 | 380 | | 12 / 0 / 40 |
| 286 | 380 | 380 | | 12 / 0 / 40 |
| 287 | 340 | 375 | | 12 / 0 / 40 |
| 288 | 370 | 370 | | 12 / 0 / 10 |
| 289 | 380 | 380 | | 12 / 0 / 10 |
| 290 | 370 | 380 | | 12 / 0 / 10 |
| 291 | 380 | 395 | | 12 / 0 / 40 |
| 292 | 370 | 375 | | 12 / 0 / 40 |
| 293 | 360 | 390 | | 12 / 0 / 10 |
| 294 | 365 | 380 | | 12 / 0 / 10 |
| 295 | 360 | 390 | | 12 / 0 / 10 |
| 296 | 375 | 395 | | 12 / 0 / 10 |

| | |
|---------------|-------------------|
| Marke und Typ | Solaris Urbino 12 |
| Bus-Nr. | 203 |

| | | | |
|-----------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 1. Türe | | vor Vorderachse | |
| Messung OHNE Kneeling | | 380 | <i>Kneelinghöhe</i> |
| Messung MIT Kneeling | unebener Boden 293 | 317 | 63 |

| | | | |
|-----------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 2. Türe | | vor Hinterachse | |
| Messung OHNE Kneeling | | 391 | <i>Kneelinghöhe</i> |
| Messung MIT Kneeling | unebener Boden 347 | 329 | 62 |

| | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| 3. Türe | | nach Hinterachse | |
| Messung OHNE Kneeling | | 395 | <i>Kneelinghöhe</i> |
| Messung MIT Kneeling | unebener Boden 322 | 334 | 61 |

ECAS-counts mit obiger Höhe ohne Kneeling:

Vorderachse (rechts, Einzelradaufhängung) 1 WSA 103 counts
Hinterachse links 2 WSA links 81 counts
Hinterachse rechts 2 WSA links 96 counts

ca. 30 sec. warten, da diese Zeit während Fahrt für Ausnivellierung benötigt wird (auch wegen Motor hinten links). Auch im Stillstand bemerkt man beim Anheben über mehrere Sekunden Ausgleichbewegungen.

ECAS-counts mit Federbälge belüftet in oberen Anschlag:

Vorderachse (rechts, Einzelradaufhängung) 1 WSA 178 counts
Hinterachse links 2 WSA links 121 counts
Hinterachse rechts 2 WSA links 135 counts

ECAS-counts mit Federbälge entlüftet in unteren Anschlag:

Vorderachse (rechts, Einzelradaufhängung) 1 WSA 44 counts
Hinterachse links 2 WSA links 17 counts
Hinterachse rechts 2 WSA links 25 counts

Solaris-Ansprechpartner:

Piotr Wojnarski
Kundendienstleiter

Solaris Bus&Coach S.A. (Polen)
tel. 0048 618118 502, fax. 0048 618118 525

Am 24. Februar 2006 wurden genau beim gleichen Bus nochmals Messungen durchgeführt:

| | |
|---------------|-------------------|
| Marke und Typ | Solaris Urbino 12 |
| Bus-Nr. | 203 |

Entgegen obigen Messungen bei unebenem Boden (Wasserablauf) war der Hallenboden nun ausgeglichen eben. Der Bus war korrekt an der Luftdruckleitung angeschlossen und es konnten mehrere Messungen bei Busstillstand durchgeführt werden, so dass die Einstiegshöhen nach mehrmaligen Kneelingbewegungen gemessen werden konnten:

| 1. Türe Einstiegshöhe | | | vor Vorderachse | |
|---|--------------------|-----|---------------------|--|
| 1. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 364 | <i>Kneelinghöhe</i> | |
| 2. Messung MIT Kneeling | im Depot | 311 | <i>AB: 53</i> | |
| 3. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 357 | <i>AUF: 46</i> | |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 50</i> | |
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 371 | <i>AUF: 64</i> | |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | | | |
| 6. Messung OHNE Kneeling | B'hof O'winterthur | 379 | | |
| Fahrt mit beinahe leerem Bus vom Bahnhof Oberwinterthur an Hauptbahnhof Winterthur (Linie 10) | | | | |
| 7. Messung MIT Kneeling | HB Winterthur* | 310 | <i>AB: 69</i> | |

| 2. Türe Einstiegshöhe | | | vor Hinterachse | |
|---|--------------------|-----|---------------------|--|
| 1. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 368 | <i>Kneelinghöhe</i> | |
| 2. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 61</i> | |
| 3. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 364 | <i>AUF:57</i> | |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 307 | <i>AB: 57</i> | |
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 369 | <i>AUF: 62</i> | |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | | | |
| 6. Messung OHNE Kneeling | B'hof O'winterthur | 374 | | |
| Fahrt mit beinahe leerem Bus vom Bahnhof Oberwinterthur an Hauptbahnhof Winterthur (Linie 10) | | | | |
| 7. Messung MIT Kneeling | HB Winterthur* | 326 | <i>48</i> | |

| 3. Türe Einstiegshöhe | | | nach Hinterachse | |
|---|--------------------|-----|---------------------|--|
| 1. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 361 | <i>Kneelinghöhe</i> | |
| 2. Messung MIT Kneeling | im Depot | 291 | <i>AB: 70</i> | |
| 3. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 360 | <i>AUF: 69</i> | |
| 4. Messung MIT Kneeling | im Depot | 299 | <i>AB: 61</i> | |
| 5. Messung OHNE Kneeling | im Depot | 357 | <i>AUF: 58</i> | |
| Fahrt mit leerem Bus vom Depot Deutweg an Bahnhof Oberwinterthur | | | | |
| 6. Messung OHNE Kneeling | B'hof O'winterthur | 355 | | |
| Fahrt mit beinahe leerem Bus vom Bahnhof Oberwinterthur an Hauptbahnhof Winterthur (Linie 10) | | | | |
| 7. Messung MIT Kneeling | HB Winterthur* | 319 | <i>AB: 36</i> | |

*leicht nach rechts abgesenkte Bushaltestelle für schmale Wasserabflussspalte (breiterer Abflusskanal unterirdisch bei Bushaltestelle vor Hauptpost Winterthur, Linie 10)

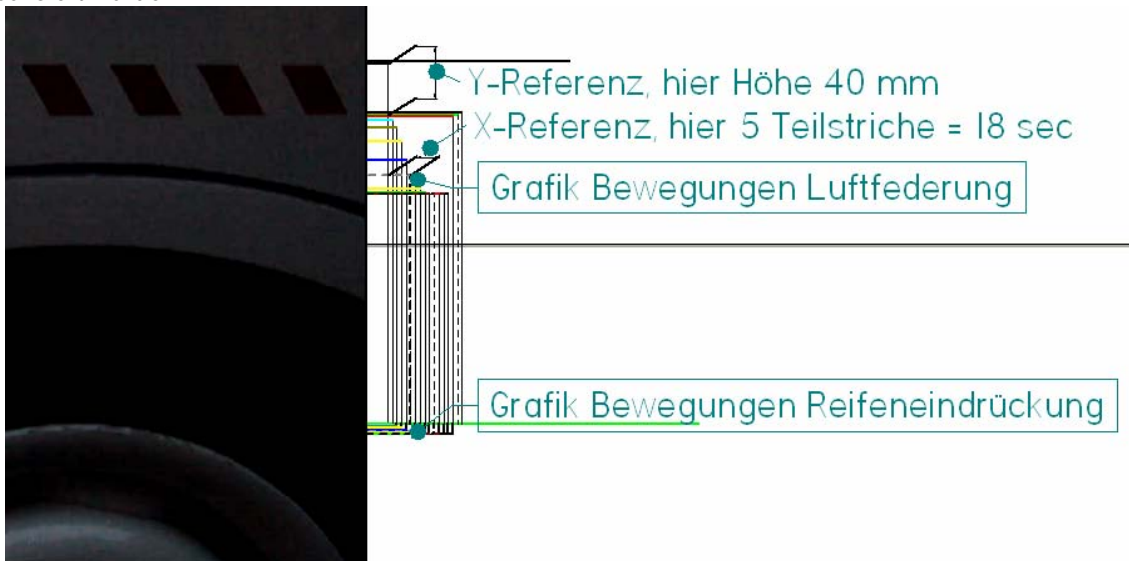
| | 1. Achse | 2. Achse |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Reifen-Durchmesser | 969 mm | 961 mm |
| Reifenhöhe | 937 mm | 928 mm |
| Profiltiefe | 16 mm (Reifen rechts) | 9 mm (Reifen rechts aussen) |
| Reifentyp (Reifen rechts) | Michelin XZU 275/70 R 22.5 | Continental 275/70 R 22.5 |

BEILAGE 12: Aufbausenkung durch Beladung

Mit entsprechender Idee, Soft- und Hardware können die Bewegungen eines Busses an einer Bushaltestelle aufgenommen werden.

Analyse der vertikalen Bewegungen:

1. Schulbus vor 8.00 Uhr bei Hauptpost Winterthur (3. Aufnahme, 24. Februar 2006, Busführerin Frau Gröbli), Solaris 12m, Linie 10, wahrscheinlich ähnliche WABCO-Parameter wie Bus 203. Beladung von sicher ca. 50% (mehrheitlich Schüler). Die schlechte Bildausleuchtung frühmorgens Ende Februar war kein Hindernis für eine gute Messauswertung, die wie hier dargestellt im CAD realisiert wurde.



Links in obiger Darstellung wird nur das Bild am Anfang der Filmaufnahme dargestellt. Natürlich müssen für die Grafik rechts nachfolgende Bilder in der Höhe ausgewertet werden (die Zeit als horizontale Achse bietet die Videoauswertung über die zeitgleich ablaufenden Bilder). Der Film wurde in eine CAD-SW importiert und mit entsprechend besseren Vermessungsmöglichkeiten ausgewertet. Wichtig ist ein stabiles Stativ für die Filmaufnahme, Aufmerksamkeit in der Ermittlung der Vergrößerungsfaktoren und mit der hier gewählten, genauen Auswertungs-SW viel Zeit auf die Ausgabe von der HW.

Film 3:

| Zeit (Bildfolge in in dieser Auswertung 3,6 sec**) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|------------------|------|-----|------|------|------|---------------------------|-----|------|------|------|------|----|------|
| 0 | 3.6 | 7.2 | 10.8 | 14.4 | 18 | 21.6 | 25.2 | 28.8 | 32.4 | 36 | 39.6 | 43.2 | 46.8 | 50.4 | 54 | 57.6 |
| gerundete Werte: Vertikale Eindrückung der Karosserie (inkl Reifeneindrückung)* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -3 | -10 | -20 | -35 | -46 | -56 | -57 | -60 | -60 | -61 | -61 | -61 | -61 | -60 | 0 | 4 |
| Gerundete Werte: Reifeneindrückung* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -1 | -2 | -3 | -5 | -6 | -7 | -7 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 | -8 |
| Bewegung Karosserie 1. Schulbus 2. Achse (<u>Film 3</u>): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertikale Absenkung abzüglich der Reifeneindrückung * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -2 | -8 | -17 | -30 | -40 | -49 | -50 | -52 | -52 | -53 | -53 | -53 | -53 | -52 | 8 | 12 |
| Einstieg der Schüler bis kurz vor Wegfahrt | | | Motor abgestellt | | | | | | Wegfahrt nach 57.6 sec | | | | | | | |

* negatives Vorzeichen: Bewegung nach unten

** Die Bildfolge-Zeitintervalle für eine Schnellübersicht über den Film werden von der Software gewählt und konnten für diese und nachfolgende Auswertungen übernommen werden

Es sei hier betont, dass diese grosse Absenkung nicht der Kneeling-Bewegung entspricht. Die Kneeling-Bewegung ist nämlich viel schneller (vgl. nachfolgend).

Dieser 2. Schulbus wird wohl auch die gleichen Parameter haben wie der Bus mit der Nr. 203. Darin hat der Parameter 3 Bit 4 folgende Einstellung:

Bit 4: Niveauregelung bei betätigter Bremse

| | |
|---|--|
| x | keine Niveauregelung bei betätigter Bremse |
|---|--|

Es gibt 3 Möglichkeiten, diese grosse Einfederung zu verhindern:

1. Parameter 3 Bit 4 umstellen auf „Niveauregelung trotz betätigter Bremse zulässig, wenn Tür offen“
2. Die im Solaris eingebaute Haltestellenbremsfunktion elektrisch entkoppeln von dieser Überprüfung im Parameter 3 Bit 4
3. Überprüfen, ob in diesem Bus die Niveauregelung richtig funktioniert und Reparatur derselben, sofern ein Defekt (oder eine falsche Parametereinstellung) die Ursache war.

Das Kneeling wird eingeleitet durch Luftablassen im Luftfederbalg. Bei gleichem Beladungszustand des Busses ist deshalb im Luftbalg der gleiche Betriebsdruck vorhanden im normalen Niveau wie auch in abgesenktem Zustand.

Angenommen, der gleiche Bus würde sich mittels Kneeling um ca. 65mm absenken lassen, kämen dann bei Beladung die oben gemessenen 53mm vertikale Absenkung (abzüglich der Reifeneindrückung) hinzu. Allenfalls ist diese vertikale Absenkung in der abgesenkten Kneelingposition durch Geometrieänderungen in der Radaufhängung etwas geringer). Dies würde heissen, dass dieser Bus gegenüber Normalniveau an der Haltestelle mit Kneeling und zusätzlicher Beladung eine um über 100mm tiefere Einstiegshöhe hat!

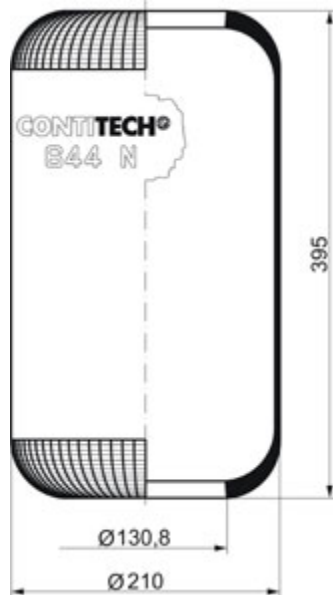
Ist die Absenkung durch Belastung realistisch, oder handelt es sich um einen mechanischen Defekt der Luftfederung?

Nachfolgende Technische Angaben zeigen, dass zumindest für den Luftfederbalg dieser grosse Unterschied in der Einstiegshöhe aufnehmen kann. Dies aufgrund des grossen möglichen Federwegs:

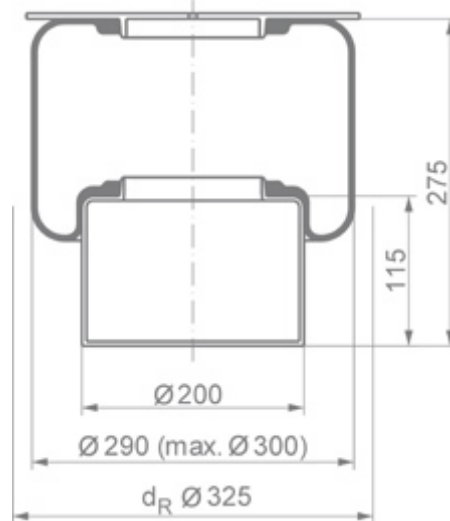
In den Solaris-Bussen werden Luftfederbälge von Phoenix eingebaut: An der Vorderachse Typ 1DF 25a-2 und an der Hinterachse Typ 1DF 25a-1.

Mercedes-Benz verwenden an allen Achsen die Luftfederbälge Conti 644. Für den Typ 644N sind die technischen Angaben:

Schnittzeichnung



Konstruktionsvorschlag



● Bolzen ○ Buchse ⊗ Kombinations-Bolzen ⊗ Luftanschluß

Technische Daten

| | |
|---|----------------------|
| Bestell-Nr. | 2688001000 |
| Gewicht | 1,6 kg |
| Tragkraft bei Überdruck $p_{\text{ü}} = 5$ bar | 21,0 kN |
| Tragkraft bei Überdruck $p_{\text{ü max.}} = 7,0$ bar | 29,5 kN |
| Tragkraft bei Überdruck $p_{\text{ü min.}} = 1,0$ bar | 4,0 kN |
| Federweg (Höhe min.) | *155 mm |
| Federweg (Höhe max.) | *415 mm |
| Abmessung d max. | 300 mm |
| Raumbedarf (dR) | 325 mm |
| Konstruktionshöhe (h) | 275 mm |
| Eigenfrequenz | *1,15 Hz |
| Kolbenvolumen | *3,4 dm ³ |

Anmerkungen

Standard Bus Luftfeder, z.B. MB, Volvo, Setra, Neoplan, Van Hool, Kia, Daewoo

Es fällt auf, dass auch der zylindrische Teil des Balges sich radial verformen kann und durch axiale Verformung den grossen Federweg zusammen mit den abgerundeten Enden aufnimmt. (Die Bälge sind demnach nicht oder unwesentlich gewebeverstärkt.)

Reifeneindrückung und Karosserie-Absenkung Hess-Doppelgelenkbus 25mm bei Weltrekordversuch:

Weltrekordversuch von der VBZ (Gruppenleiter Hr. Schneeberger) am 25. Februar 2006 mit einem Hess-Doppelgelenkbus 25mm.

Erlaubte Beladung: 60 Sitzplätze, 120 Stehplätze

Messung der Reifeneindrückung für Weltrekordversuch: Beladung mit 251 Personen (auch Kinder), also ca. 40% Überbeladung

Reifeneindrückung:

1. Achse ca. 18.5mm (2 Messungen „von Hand“ 19mm und 18mm)
2. Achse mit Doppelbereifung ca. 11.5mm (2 Messungen „von Hand“ 10mm und 13mm), gegenüber 10.1mm mit Film und Auswertung in CAD-SW

Die mögliche Reifeneindrückungskompensation als Option vom Niveauregelungs-Anbieter WABCO (vgl. Quelle Mercedes-Benz Vertriebsdokumentationen) angeboten, gehen von einer Reifeneindrückung von 15mm aus. Für die erste Achse ist dieser Wert in etwa richtig gewählt, für die 2. Achse mit Doppelbereifung geringfügig zu hoch.

Es wurde auch die Karosserieabsenkung auf Film aufgenommen und in der CAD-SW ausgewertet:

Foto 25m Hess-Doppelgelenkbus: unbeladen



Foto 25m Hess-Doppelgelenkbus: beladen mit ca. 40% mehr Personen als offiziell zugelassen



Masstab: 43.33mm in Zeichnung = 140mm am Bus, also 1 : 3.231
 Absenkung Karosserie 2. Achse (inkl. Reifeneindrückung) = 12.91mm in Zeichnung = 41.7mm am Bus
 Reifeneindrückung 2. Achse = 3.12mm in Zeichnung = 10.1mm am Bus
Absenkung der Karosserie 2. Achse abzgl. Reifeneindrückung: 41.7 – 10.1 = 31.6mm

Kontrolle des Masstabes mit Höhe Post-it Kleber:
 Höhe in Zeichnung 4.84mm, Höhe effektiv 14.5 mm, Masstab = 1 : 2.996

Kneelingbewegung:

Beim 2. Schulbus wurde an derselben Bushaltestelle gleich danach die Vorderachse gefilmt und ausgewertet; **Film 4:**

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Zeit (Bildfolge in in dieser Auswertung 4,7 sec**) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 4.7 | 9.4 | 14.1 | 18.8 | 23.5 | 28.2 | 32.9 | 37.6 | 42.3 | 47 | 51.7 | 56.4 | 61.1 | 65.8 | 70.5 |
| gerundete Werte: Vertikale Eindrückung der Karosserie (inkl Reifeneindrückung)* | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | -16 | -2 | -5 | -14 | -8 | -14 | -15 | -15 | -15 | -15 | -15 | -15 | -2 | -2 | -2 |
| Gerundete Werte: Reifeneindrückung* | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -2 | -1 | -2 | -5 | -3 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -5 | -5 | -5 |
| Bewegung Karosserie 2. Schulbus 1. Achse (<i>Film 4</i>): | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertikale Absenkung abzüglich der Reifeneindrückung * | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | -14 | 0 | -3 | -9 | -5 | -10 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | 3 | 3 | 3 |

Beim Bus mit der Nr. 203 der Stadtbus Winterthur wurde an der Bushaltestelle Oberwinterthur mit dem gleichen Verfahren (Film in CAD-Programm) die Kneeling-Bewegung (runter, dann wieder rauf auf Normalniveau) an der Vorderachse aufgenommen (leerer Bus); **Film 1:**

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Zeit (Bildfolge in dieser Auswertung 1,37 sec) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.4 | 2.7 | 4.1 | 5.5 | 6.9 | 8.2 | 9.6 | 11.0 | 12.3 | 13.7 | 15.1 | 16.4 | 17.8 | 19.2 | 20.6 | 21.9 |
| Bewegung Karosserie 1. Achse (Film 1): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertikale Absenkung durch Kneeling (gerundete Werte) bei leerem Bus | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | -1 | -28 | -62 | -64 | -65 | -65 | -65 | -50 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 |
| Kneeling nach unten | | | | | | | Kneeling nach oben | | | | | | | | | |

Gleich darauf konnte mit einem weiteren Kneeling auch die Karosseriebewegung über der 2. Achse gemessen werden; **Film 2:**

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Zeit (Bildfolge in dieser Auswertung 0.83 sec) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 0.8 | 1.7 | 2.5 | 3.3 | 4.2 | 5.0 | 5.8 | 6.6 | 7.5 | 8.3 | 9.1 | 10.0 | 10.8 | 11.6 | 12.5 | 13.3 |
| Bewegung Karosserie 2. Achse (Film 2): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertikale Absenkung durch Kneeling (gerundete Werte) bei leerem Bus | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | -12 | -31 | -51 | -55 | -55 | -55 | -55 | -55 | -43 | -7 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| Kneeling nach unten | | | | | | | Kneeling nach oben | | | | | | | | | |

(Es sei nochmals erwähnt, dass in obigen 2 Messungen der gleiche Bus mit der Nr. 203 der Stadtbus Winterthur gemessen wurde. Dies in Kenntnis für Vergleichmöglichkeiten mit den Parametern der WABCO-Elektronik weiter oben in der **Beilage 10.**)

Beim Bus 203 konnte die Beladung durch Schüler (ca. 30% Beladung) an der Hinterachse gefilmt werden. Die Ausgangsposition war abgesenkt mittels Kneeling; **Film 6:**

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Zeit (Bildfolge in dieser Auswertung 1.66 sec) | | | | | | | | | | | | | |
| 0.0 | 1.7 | 3.3 | 5.0 | 6.6 | 8.3 | 10.0 | 11.6 | 13.3 | 14.9 | 16.6 | 18.3 | 19.9 | |
| Bewegung Karosserie 2. Achse (Film 6): | | | | | | | | | | | | | |
| Bei Beladung keine Absenkung, danach Kneeling (gerundete Werte) nach oben | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 42 | 58 | 58 | 60 | 60 | 60 | 59 | 55 | 55 | 56 | |

Kneeling-Einstellungen:

Die Einstellungen, welche von den Werkstatt-Mitarbeitern in Erfahrung gebracht werden konnten, sind hier wiedergegeben.

12m-Busse

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Neoplan N 4516** | VBZ (ZH) |
|-------------------------|-----------------|

Einstiegshöhe 320-340, waagrechte Karosserie zw. 90-100 counts. Oberes Niveau: oberer Anschlag - 5 counts. Unteres Niveau: Unterer Anschlag + 5 counts

Normaleinstellung VA 96 counts, HR 97, HL 95 counts
entspricht Einstiegshöhe 1. Türe 341mm, 2. Türe 372mm, 3. Türe 368mm
nach Fahrt im Depotgelände VA 96, HR 94, HL 97
entspricht Einstiegshöhe 1. Türe 338mm, 2. Türe 370mm, 3. Türe 374mm

| | |
|-----------------------|-----------------|
| Scania N 94 UB | ZVB (ZG) |
|-----------------------|-----------------|

Einstellung Einstiegshöhe 320mm mit 1. Prior. an 1. Türe
Einstellung nach hinten etwas angehoben (Fahrdynamik und Optik sowie Überhang gegenüber Strasse)
Frontunterkante 200-210mm, da in Zug 180mm Bordstein am Bahnhof
Vorteil bei Kneeling nicht gegen Block resp. Puffer: weichere Absenkung

| | |
|--------------------------|----------------|
| Solaris Urbino 12 | WV (ZH) |
|--------------------------|----------------|

Einstellung Einstiegshöhe 360 1. Türe als Werkseinstellung

Bus Nr. 204:

| | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|
| Messg. OHNE / MIT / OHNE KNEELING | 344 / 286 / 349 | 1. Türe |
| (gleich darauffolgende Messungen) | 372 / 316 / 372 | 2. Türe |
| | 374 / 322 / 374 | 3. Türe |

18m-Busse

| | |
|-------------------|-----------------|
| MAN NG 353 | BVB (BS) |
|-------------------|-----------------|

Einstiegshöhe 1. und 2. Türe 340mm, dann Kneeling auf Block resp. Puffer

| | |
|-------------------|-----------------|
| MAN NG 363 | STI (BE) |
|-------------------|-----------------|

Kein Vorgabe für Einstiegshöhe (bei 340 wäre Federkomfort zu gering)
Übernahme der Werkeinstellung, dann Kneeling auf Block resp. Puffer

BEILAGE 13: Messungen auf der Linie

| 12m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Gewählter Öffentlicher Verkehrsbetrieb für Messungen |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| MAN NL 313** | 60 | | STI (BE) |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | | VBL (LU), VBG /VBRF (ZH) |
| Neoplan N 4516** | 41 | | VBZ (ZH) |
| Scania N 94 UB | 28 | | ZVB (ZG) |
| Solaris Urbino 12 | 32 | | WV (ZH) |

** baugleich

Von folgenden 12m-Bussen wurden keine Messungen durchgeführt:

| | | | |
|--------------------|----|----|--------------------------------------|
| Volvo HESS B7L | 28 | | VBZ (SH) 10, VBRF (ZH) 9, AHW (ZH) 7 |
| Van Hool A 330 CNG | | 22 | TL (VD) 22 |

| 18m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis 2004 | Anzahl 2000 bis Ende 2005 | Gewählter Öffentlicher Verkehrsbetrieb für Messungen |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| MAN NG 353 | 29 | | BVB (BS) 20 |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | | VBL (LU), WV (ZH), STI (BE) |
| Van Hool AG 300 | 32 | | TL (VD) |
| Volvo 7000 | 90 | | TPG (GE) |
| Volvo HESS B7LA | 25 | | SVB (BE), VBZ (SH) |
| Hess BGT-N2 C | | 34 | TPG (GE) |
| MAN NG 363 | | 20 | STI (BE) |
| Solaris Urbino 18 | | ca. 20 | WV (ZH) |

Von folgenden 18m-Bussen wurden keine Messungen durchgeführt:

| | | | |
|-----------------------|----|--------|------------|
| Neoplan 4522 | | ca. 20 | VBZ (ZH) |
| Neoplan N 6121 Bimode | 27 | | TL (VD) 27 |

Gegenüber den Messungen in den Depots/Werkstätten wurde zusätzlich vom HESS Scania L 94 UA 6x2 bei den VBL (LU) eine Messung durchgeführt.

Einstiegshöhe 12m-Busse:

MAN NL 313*

| | | | | | |
|---------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---------------------------------------|
| | | | | | Mittel |
| | STI (BE) | | | | |
| Bus-Nr. | 99 | 96 | 94 | 77 | 4 Busse in 1 öV |
| | MAN NL 313* | | | | MAN NL 313* |
| | OHNE Kneeling | | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | 348 | | 310 | 343 | 334 |
| 2. Türe | 387 | | 339 | 362 | 363 |
| 3. Türe | | | | | |
| | MIT Kneeling | | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 284 | 317 | 266 | 257 | 269 |
| 2. Türe | 292 | 364 | 286 | 285 | 288 |
| 3. Türe | | | | | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen |
| 1. Türe | 355 | | 317 | 355 | 342 |
| 2. Türe | 388 | | 346 | 370 | 368 |
| 3. Türe | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen |
| 1. Türe | 291 | 330 | 273 | 269 | 278 |
| 2. Türe | 293 | 364 | 293 | 293 | 293 |
| 3. Türe | | | | | |
| | Kneeling | | | | Kneeling |
| 1. Türe | 64 | | 44 | 86 | 65 |
| 2. Türe | 95 | | 53 | 77 | 75 |

Merc.-Benz O 530

| | | | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) | |
|---------|---------------------------------------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| | VBL (LU) | VBG /VBRF (ZH) | | | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 65 | 33 | 604 | 768 | | 95 | 94 | 6 Busse in 2 öV | | | | | |
| | Merc.-Benz O 530 | | | | | | | Merc.-Benz O 530 | | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | | | OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 322 | 320 | 320 | 335 | 318 | 305 | 304 | 318 | 317 | 322 | 305 | 17 | |
| 2. Türe | 332 | 353 | 340 | 350 | 343 | 339 | 338 | 342 | 342 | 343 | 338 | 5 | |
| 3. Türe | 331 | 357 | 337 | 330 | 346 | 345 | 346 | 342 | 340 | 346 | 331 | 15 | |
| | MIT Kneeling | | | | | | | MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 237 | 243 | | 238 | 228 | 230 | | 235 | 235 | 238 | 230 | 8 | |
| 2. Türe | 254 | 274 | | 273 | 253 | 261 | | 262 | 262 | 273 | 253 | 20 | |
| 3. Türe | 251 | 275 | | 275 | 248 | 265 | | 263 | 264 | 275 | 251 | 24 | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | |
| 1. Türe | 329 | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 337 | | | | | | | | | | | | |
| 3. Türe | | | | | | | | | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | |
| 1. Türe | 244 | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 256 | | | | | | | | | | | | |
| 3. Türe | | | | | | | | | | | | | |
| | Kneeling | | | | | | | Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 85 | 77 | | 97 | 90 | 75 | | 85 | 83 | 90 | 75 | 15 | |
| 2. Türe | 81 | 79 | | 77 | 90 | 78 | | 81 | 79 | 81 | 78 | 3 | |
| 3. Türe | 80 | 82 | | 55 | 98 | 80 | | 79 | 81 | 82 | 80 | 2 | |

Neoplan N 4516

| | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------|--|-----|-----|-----|-----|--|--|---|---|---|
| | VBZ (ZH) | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 245 | 283 | 258 | 268 | 252 | 5 Busse in 1 öV | | | | |
| | Neoplan N 4516* | | | | | Neoplan N 4516* | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | OHNE Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 324 | 319 | 333 | 319 | 323 | 324 | 324 | 324 | 319 | 5 |
| 2. Türe | 359 | 344 | 353 | 349 | 346 | 350 | 349 | 353 | 346 | 7 |
| 3. Türe | 358 | 382 | 364 | 372 | 355 | 366 | 365 | 372 | 358 | 14 |
| | MIT Kneeling | | | | | MIT Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 276 | 239 | 246 | 237 | 248 | 249 | 244 | 248 | 239 | 9 |
| 2. Türe | 292 | 264 | 273 | 268 | 277 | 275 | 273 | 277 | 268 | 9 |
| 3. Türe | 272 | 300 | 296 | 294 | 293 | 291 | 294 | 296 | 293 | 3 |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | | | | | | | | | | |
| 3. Türe | | | | | | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | | | | | | | | | | |
| 3. Türe | | | | | | | | | | |
| | Kneeling | | | | | Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 48 | 80 | 87 | 82 | 75 | 74 | 79 | 82 | 75 | 7 |
| 2. Türe | 67 | 80 | 80 | 81 | 69 | 75 | 76 | 80 | 69 | 11 |
| 3. Türe | 86 | 82 | 68 | 78 | 62 | 75 | 76 | 82 | 68 | 14 |

Scania N 94 UB

| | ZVB (ZG) | | VBL (LU) | |
|---------|--|-----|----------|-----|
| Bus-Nr. | 121 | 120 | 123 | 57 |
| | Scania N 94 UB | | | |
| | OHNE Kneeling | | | |
| 1. Türe | 308 | 325 | 352 | 319 |
| 2. Türe | 349 | 340 | 365 | 340 |
| 3. Türe | | | 390 | 385 |
| | MIT Kneeling | | | |
| 1. Türe | 252 | 277 | | 229 |
| 2. Türe | 282 | 298 | | 252 |
| 3. Türe | | | | 296 |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | |
| 1. Türe | | | | 322 |
| 2. Türe | | | | 341 |
| 3. Türe | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | |
| 1. Türe | | | | 232 |
| 2. Türe | | | | 253 |
| 3. Türe | | | | |
| | Kneeling | | | |
| 1. Türe | 56 | 48 | | 90 |
| 2. Türe | 67 | 42 | | 88 |
| 3. Türe | | | | 89 |

Solaris Urbino 12

| | | | | | | |
|---------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|
| | | | | | | Mittel |
| | WV (ZH) | | | | | |
| Bus-Nr. | 284 | 207 | 203 | 209 | 289 | 5 Busse in 1 öV |
| | Solaris Urbino 12 | | | | | Solaris Urbino 12 |
| | OHNE Kneeling | | | | | OHNE Kneeling |
| 1. Türe | | | 340 | 359 | 361 | 353 |
| 2. Türe | | | 369 | 358 | 358 | 362 |
| 3. Türe | | | 362 | 374 | | |
| | MIT Kneeling | | | | | MIT Kneeling |
| 1. Türe | 282 | 294 | 286 | 309 | 295 | 296 |
| 2. Türe | 290 | 289 | 312 | 304 | | 302 |
| 3. Türe | | 284 | 303 | 318 | | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen |
| 1. Türe | | | 351 | | 368 | 360 |
| 2. Türe | | | 382 | | 366 | |
| 3. Türe | | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen |
| 1. Türe | | 304 | 297 | | 302 | 301 |
| 2. Türe | | | 325 | | | |
| 3. Türe | | | | | | |
| | Kneeling | | | | | Kneeling |
| 1. Türe | | | 54 | 50 | 66 | 57 |
| 2. Türe | | | 57 | 54 | | |
| 3. Türe | | | | | | |

Einstiegshöhe 18m-Busse:

MAN NG 353

| | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------|--|-----|-----|-----|-----|--|--|---|---|---|
| | BVB (BS) | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 787 | 780 | 755 | 774 | 785 | 5 Busse in 1 öV | | | | |
| | MAN NG 353 | | | | | MAN NG 353 | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | OHNE Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 342 | 361 | 346 | 353 | 348 | 350 | 349 | 353 | 346 | 7 |
| 2. Türe | 369 | 358 | 373 | 358 | 357 | 363 | 362 | 369 | 358 | 11 |
| 4. Türe | 367 | 348 | 361 | 343 | 354 | 355 | 354 | 361 | 348 | 13 |
| | MIT Kneeling | | | | | MIT Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 277 | 289 | 271 | 291 | 291 | 284 | 286 | 291 | 277 | 14 |
| 2. Türe | 293 | 294 | 302 | 291 | 291 | 294 | 293 | 294 | 291 | 3 |
| 4. Türe | 287 | 274 | 281 | 275 | 280 | 279 | 279 | 281 | 275 | 6 |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | 348 | 369 | 353 | 357 | 354 | 356 | 355 | 357 | 353 | 4 |
| 2. Türe | 375 | 363 | 380 | 363 | 362 | 369 | 367 | 375 | 363 | 12 |
| 4. Türe | 370 | 356 | 372 | 353 | 364 | 363 | 363 | 370 | 356 | 14 |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | 283 | 297 | 278 | 295 | 297 | 290 | 292 | 297 | 283 | 14 |
| 2. Türe | 299 | 299 | 309 | 296 | 296 | 300 | 298 | 299 | 296 | 3 |
| 4. Türe | 290 | 282 | 292 | 285 | 290 | 288 | 286 | 290 | 282 | 8 |
| | Kneeling | | | | | Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 65 | 72 | 75 | 62 | 57 | 66 | 66 | 72 | 62 | 10 |
| 2. Türe | 76 | 64 | 71 | 67 | 66 | 69 | 68 | 71 | 67 | 4 |
| 4. Türe | 80 | 74 | 80 | 68 | 74 | 75 | 74 | 80 | 68 | 12 |

Merc.-Benz O 530 G

| | | | | | | | | | | | | Mittel | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) | |
|---------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|---------------------------------------|---|---|---|---|--|
| | STI (BE) | | | | WV (ZH) | VBL (LU) | | | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 74 | 76 | -> 76 | -> 76 | 325 | 132 | 138 | 135 | 129 | 126 | 712 | 9 Busse in 3 öV | | | | | |
| | Merc.-Benz O 530 G | | | | | | | | | | | Merc.-Benz O 530 G | | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | | | | | | | OHNE Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 318 | 308 | 280 | 320 | 327 | 312 | 333 | 303 | 295 | 307 | 330 | 312 | 313 | 330 | 295 | 35 | |
| 2. Türe | 350 | 341 | 318 | 357 | 351 | 342 | 369 | 327 | 333 | 347 | 338 | 343 | 343 | 357 | 327 | 30 | |
| 4. Türe | 340 | 343 | 322 | 346 | 340 | 355 | 373 | 351 | 338 | 355 | 371 | 349 | 349 | 371 | 338 | 33 | |
| 5. Türe | | | | | 320 | 379 | 368 | | 328 | 389 | 375 | 360 | 271 | 379 | 328 | 51 | |
| | MIT Kneeling | | | | | | | | | | | MIT Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 246 | 264 | 244 | | | 237 | 237 | 209 | 234 | 243 | 223 | 237 | 238 | 246 | 223 | 23 | |
| 2. Türe | 318 | 320 | 308 | | | 281 | 277 | 273 | 273 | 278 | 252 | 287 | 287 | 318 | 273 | 45 | |
| 4. Türe | 323 | 313 | 312 | | | 297 | 268 | 286 | 284 | 293 | 286 | 296 | 296 | 313 | 284 | 29 | |
| 5. Türe | | | | | | 311 | 358 | | 284 | 330 | 276 | 312 | 231 | 330 | 284 | 46 | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | |
| 1. Türe | 327 | 312 | 284 | 324 | | 321 | | 312 | | | | 313 | 311 | 324 | 312 | 12 | |
| 2. Türe | 350 | 346 | 323 | 362 | | 353 | | 333 | | | | 345 | 346 | 353 | 333 | 20 | |
| 4. Türe | 340 | 357 | 336 | 360 | | 367 | | 365 | | | | 354 | 355 | 365 | 336 | 29 | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | |
| 1. Türe | 255 | 268 | 248 | | | 246 | | 218 | | | | 247 | 250 | 255 | 246 | 9 | |
| 2. Türe | 318 | 325 | 313 | | | 292 | | 279 | | | | 305 | 308 | 318 | 292 | 26 | |
| 4. Türe | 323 | 327 | 326 | | | 309 | | 300 | | | | 317 | 319 | 326 | 309 | 17 | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kneeling | | | | | | | | | | | Kneeling | | | | | |
| 1. Türe | 72 | 44 | 36 | | | 75 | 96 | 94 | 61 | 64 | 107 | 72 | 72 | 96 | 44 | 52 | |
| 2. Türe | 32 | 21 | 10 | | | 61 | 92 | 54 | 60 | 69 | 86 | 54 | 55 | 86 | 21 | 65 | |
| 4. Türe | 17 | 30 | 10 | | | 58 | 105 | 65 | 54 | 62 | 85 | 54 | 53 | 85 | 30 | 55 | |
| 5. Türe | | | | | | 68 | 10 | | 44 | 59 | 99 | 56 | 57 | 68 | 44 | 24 | |

Van Hool AG 300

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|----|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | TL (VD) | | | | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 552 | 568 | 546 | 565 | 545 | 561 | 6 Busse in 1 öV | | | | | | |
| | Van Hool AG 300 | | | | | | Van Hool AG 300 | | | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | | OHNE Kneeling | | | | | | |
| 1. Türe | 329 | 320 | 305 | 327 | 320 | 312 | 319 | 320 | 327 | 312 | 15 | | |
| 2. Türe | 335 | 338 | 332 | 358 | 343 | 336 | 340 | 338 | 343 | 335 | 8 | | |
| 4. Türe | 326 | 323 | | 344 | | 313 | 326 | 639 | 326 | 313 | 13 | | |

Volvo 7000

In Genf wurden zwei 18m-Bus begleitet und die Messungen fanden an folgenden Haltestellen statt. (In Genf wird aus Zeitgründen bei der Bushaltestelle prinzipiell kein Kneeling eingesetzt. Die Kneeling-Funktion ist in den Bussen gesperrt):

Einstiegshöhe Volvo 7000, Bus Nr. 330 (Ohne Kneeling)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|-------------------|-----|----------------|----------|----------|------|--|----------------|----------------|--------|------|----------|----------------|-----|-----------|----------|------------|--------------|------------|--------|------------|----------|-----------|---------|
| 1. Türe | 285 | 341 | 326 | | | | 325 | | 326 | 342 | 332 | | 342 | | | | 320 | 330 | | | 328 | | | | |
| 2. Türe | 361 | 383 | | 346 | 352 | 365 | | | 375 | 370 | | 362 | | | | | 362 | 366 | 349 | | | 368 | | | |
| 4. Türe | 370 | 378 | | | 370 | | 377 | | 347 | 371 | 364 | | | 384 | 377 | | | 363 | | | 351 | | | | |
| 5. Türe | 333 | 329 | | | | | | | | 330 | | | | | | | | 335 | | | | | | | |
| Personen | Im Depot | Endstation Meyrin | | Vernes | Balexert | Servette | Lyon | | Gare Cornavin | Chantepoulet | Molard | Lyon | Servette | Vieusseux | | Balexpert | Avanchet | Blandonnet | Jardin-Alpin | Forumeyrin | Meyrin | Blandonnet | Avanchet | Balexpert | Bouchet |
| | 0 | | | 40 | 30 | 28 | | | 5 | | 0 | | | | | 30 | 30 | 20 | 5 | 0 | 30 | 30 | 35 | 35 | |

Fasst man die Daten in einer Tabelle zusammen, wird diese zur Auswertung kleiner, so dass sie ausgewertet werden kann:

| | | | | | | | | | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|--|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Bus Nr. 330 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | | | | | | | | | Bus Nr. 330 in Genf, viele Messungen (ohne Kneeling) | | | | | |
| Volvo 7000 | | | | | | | | | | | | | Volvo 7000 | | | | | |
| 1. Türe | 285 | 341 | 326 | 325 | 326 | 342 | 332 | 342 | 320 | 330 | 328 | | | 327 | 330 | 342 | 320 | 22 |
| 2. Türe | 361 | 383 | 346 | 352 | 365 | 375 | 370 | 362 | 362 | 366 | 349 | 368 | | 363 | 363 | 375 | 349 | 26 |
| 4. Türe | 370 | 378 | 370 | 377 | 347 | 371 | 364 | 384 | 377 | 363 | 351 | | | 368 | 369 | 378 | 351 | 27 |
| 5. Türe | 333 | 329 | 330 | 342 | 335 | | | | | | | | | 334 | 334 | 335 | 330 | 5 |
| Korrektur neuer Reifen | | | | | | | | | | | | | Korrektur neuer Reifen | | | | | |
| 1. Türe | 296 | 352 | 336 | 337 | 353 | 343 | 353 | 331 | 341 | 339 | | | | 338 | 341 | 353 | 331 | 22 |
| 2. Türe | 370 | 392 | 355 | 361 | 374 | 384 | 379 | 371 | 371 | 375 | 358 | 377 | | 372 | 372 | 384 | 358 | 26 |
| 4. Türe | 374 | 382 | 374 | 381 | 354 | 375 | 368 | 385 | 381 | 367 | 355 | | | 372 | 373 | 382 | 355 | 27 |
| 5. Türe | 337 | 333 | 334 | 346 | 339 | | | | | | | | | 338 | 337 | 339 | 334 | 5 |

Volvo HESS B7LA

| | | | | |
|---------|-----------------|-----------|------------------------|------------------------|
| | | | | <i>Mittel</i> |
| | VBSH (SH) | | | |
| Bus-Nr. | 16 | 11 | 8 | 3 Busse in 1 öV |
| | Volvo HESS B7LA | | Volvo HESS B7LA | |
| | OHNE Kneeling | | OHNE Kneeling | |
| 1. Türe | | 342 | | |
| 2. Türe | | 330 | | |
| 4. Türe | | 329 | | |
| 5. Türe | | 297 | | |
| | MIT Kneeling | | MIT Kneeling | |
| 1. Türe | 258 | 267 | 227 | 251 |
| 2. Türe | 274 | 275 | 277 | 275 |
| 4. Türe | 292 | 297 | 294 | 294 |
| 5. Türe | | 285 | 302 | |

Zusätzlich wurden Messungen am Volvo HESS B7LA in Bern durchgeführt:

| | | | | | | | | | | | Mittel | Mittel ohne gestrichene Extremwerte | Maximum ohne gestrichene Extremwerte | Minimum ohne gestrichene Extremwerte | Diff. Maximum-Minimum (ohne gestrichene Extremwerte) |
|---------|---------------------------------------|----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | SVB (BE) | | | | | | | | | | | | | | |
| Bus-Nr. | 265 | 257 | 257 | -> | -> | -> | -> | -> | -> | -> | 3 Busse in 1 öV | | | | |
| | Volvo HESS B7LA | | | | | | | | | | Volvo HESS B7LA | | | | |
| | OHNE Kneeling | | | | | | | | | | OHNE Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 352 | 329 | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 339 | 375 | 376 | 368 | 391 | 372 | | 373 | | 371 | 373 | 376 | 368 | 4 | |
| 4. Türe | | 385 | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MIT Kneeling | | | | | | | | | | MIT Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 279 | 281 | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 301 | 339 | | | | | 323 | | 325 | 322 | 324 | | | | |
| 4. Türe | 293 | 343 | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | | | | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | 359 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 350 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | | | | | | | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | | |
| 1. Türe | 286 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 312 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Türe | 293 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kneeling | | | | | | | | | | Kneeling | | | | |
| 1. Türe | 73 | 48 | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Türe | 38 | 36 | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Türe | | 42 | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Türe | | | | | | | | | | | | | | | |

Hess BGT-N2 C und MAN NG 363

| | TPG (GE) | | STI (BE) | |
|---------|--|-----------|-------------------|-----|
| Bus-Nr. | 731 | -> 731 | 102 | 105 |
| | Hess BGT-N2 C | | MAN NG 363 | |
| | OHNE Kneeling | | | |
| 1. Türe | 283 | 316 | 331 | 309 |
| 2. Türe | 322 | 308 | 360 | 362 |
| 4. Türe | 343 | 324 | 353 | 365 |
| 5. Türe | 317 | 325 | | |
| | MIT Kneeling | | | |
| 1. Türe | | | 261 | 234 |
| 2. Türe | | | 298 | 282 |
| 4. Türe | | | 279 | 277 |
| 5. Türe | | | | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | |
| 1. Türe | 289 | 322 | 339 | 324 |
| 2. Türe | 329 | 315 | 373 | 375 |
| 4. Türe | 350 | 331 | 353 | 376 |
| 5. Türe | 324 | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | | |
| 1. Türe | | | 269 | 249 |
| 2. Türe | | | 311 | 295 |
| 4. Türe | | | 279 | 288 |
| 5. Türe | | | | |
| | Kneeling | | | |
| 1. Türe | | | 70 | 75 |
| 2. Türe | | | 62 | 80 |
| 4. Türe | | | 74 | 88 |
| 5. Türe | | | | 0 |

Solaris Urbino 18m und HESS Scania L 94 UA 6x2 sowie Volvo 7000

| | VW (ZH) | VBL (LU) | TPG (GE) |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|------------|
| Bus-Nr. | 331 | 27 | 311 |
| | Solaris Urbino 18m | HESS Scania L 94 UA 6x2 | Volvo 7000 |
| | OHNE Kneeling | | |
| 1. Türe | 343 | 298 | 350 |
| 2. Türe | 352 | 329 | 357 |
| 4. Türe | 348 | 339 | 336 |
| 5. Türe | 343 | | |
| | MIT Kneeling | | |
| 1. Türe | 286 | 213 | |
| 2. Türe | 294 | 252 | |
| 4. Türe | 292 | 268 | |
| 5. Türe | 286 | | |
| | OHNE Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | |
| 1. Türe | | 298 | 357 |
| 2. Türe | | 329 | 373 |
| 4. Türe | | 347 | 351 |
| 5. Türe | | | |
| | MIT Kneeling, Korrektur neuer Reifen | | |
| 1. Türe | | 213 | |
| 2. Türe | | 252 | |
| 4. Türe | | 276 | |
| 5. Türe | | | |
| | Kneeling | | |
| 1. Türe | 57 | 85 | |
| 2. Türe | 58 | 77 | |
| 4. Türe | 56 | 71 | |
| 5. Türe | 57 | | |

BEILAGE 14: Auszug aus Verkehrsregelverordnung VRV 741.11

Gelenkbusse mit einer Gesamtlänge von 18,75 m:

Seit dem 1. Dez. 2002 gilt für Gelenkbusse eine Gesamtlänge von 18,75 m

Verkehrsregelverordnung
vom 13. November 1962 (Stand am 9. Dezember 2003)

Der Schweizerische Bundesrat,
gestützt auf die Artikel 57 und 106 Absatz 1 des Strassenverkehrsgesetzes vom
19. Dezember 19582 (im folgenden SVG genannt)
sowie Artikel 12 Absätze 1 Buchstabe c und 2 des Bundesgesetzes vom
7. Oktober 19833 über den Umweltschutz (im folgenden USG genannt),
verordnet:

. . . .in Artikel 65:

Art. 65¹⁹² Länge

(Art. 9 Abs. 2 SVG)¹⁹³

1 Die Länge der Fahrzeuge darf ohne Ladung höchstens betragen für:
Meter

| | |
|--|----------------------------|
| a. Motorwagen, ausgenommen Gesellschaftswagen | 12,00 |
| b. Anhänger, ausgenommen Sattelanhänger | 12,00 |
| c. Gesellschaftswagen mit zwei Achsen | 13,50 |
| d. Gesellschaftswagen mit mehr als zwei Achsen | 15,00 |
| e. Sattelmotorfahrzeuge | 16,50 |
| f. Anhängerzüge | 18,75 |
| g. Gelenkbusse | 18,75¹⁹⁴ |

2 Die Länge der Gelenkbusse und der anderen Gesellschaftswagen darf einschliesslich der Länge von abnehmbaren Zubehöriteilen wie Skiboxen die Höchstlänge nach Absatz 1 nicht überschreiten.¹⁹⁵

¹⁹³ Fassung gemäss Ziff. I der V vom 15. Nov. 2000, in Kraft seit 1. Jan. 2001 (AS 2000 2883).

¹⁹⁴ Fassung gemäss Ziff. I der V vom 16. Okt. 2002, in Kraft seit 1. Dez. 2002 (AS 2002 3565).

¹⁹⁵ Fassung gemäss Ziff. I der V vom 16. Okt. 2002, in Kraft seit 1. Dez. 2002 (AS 2002 3565).

(Die gleiche Länge für Gelenkbusse wird natürlich auch in der „Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS), 741.41, genannt.)

Zusatzbemerkung:

Heute werden bereits 25m-Doppelgelenkbusse, in der Schweiz wahrscheinlich noch mit Sondergenehmigung, eingesetzt. Nach dem Versuchsbetrieb der VBZ mit einem Doppelgelenker aus Genf wird die VBZ wahrscheinlich nächstens ca. 17 Busse der Firma Hess bestellen (auch Van Hool bietet 25m-Busse an). Die offizielle Zulassung durch die Behörden wird dann vorhanden sein.

BEILAGE 15: Karosserie

Übersicht Verschleisschutz an Karosserie-Unterkante:

| 12m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis Ende 2005 | Öffentlicher Verkehrs-betrieb | VERSCHLEISSSCHUTZ |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|
| MAN NL 313** | 60 | STI (BE) | FRONT Trapezklotz |
| Merc.-Benz O 530 | 262 | VBL (LU) | FRONT - |
| Neoplan N 4516** | 41 | VBZ (ZH) | FRONT Trapezklotz, HECK Abdeckblech |
| Scania N 94 UB | 28 | ZVB (ZG) | FRONT -, HECK Abdeckblech |
| Solaris Urbino 12 | 32 | WV (ZH) | FRONT halbrunder Klotz, HECK halbrunder Klotz |
| Volvo HESS B7L | 28 | VBRF (ZH) | FRONT Verschleissplatte |
| Van Hool A 330 CNG | 22 | TL (VD) | FRONT - |

** baugleich

| 18m-Busse | Anzahl zwischen 2000 bis Ende 2005 | Öffentlicher Verkehrs-betrieb | VERSCHLEISSSCHUTZ |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|
| MAN NG 353 | 29 | BVB (BS) | FRONT -, HECK Abdeckblech |
| Merc.-Benz O 530 G | 153 | VBL (LU) | FRONT - |
| Van Hool AG 300 | 32 | TL (VD) | FRONT - |
| Volvo 7000 | 90 | TPG (GE) | FRONT Abdeckblech (beschädigt) |
| Volvo HESS B7LA | 25 | SVB (BE) | FRONT Verschleissplatte |
| Hess BGT-N2 C | 34 | TPG (GE) | FRONT - |
| MAN NG 363 | 20 | STI (BE) | FRONT Trapezklotz |
| Neoplan 4522 | Ca. 20 | VBZ (ZH) | FRONT Trapezklotz |
| Solaris Urbino 18 | Ca. 20 | WV (ZH) | FRONT halbrunder Klotz, HECK halbrunder Klotz |

Ohne Verschleisschutz unter Vorderkante:

Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 Luzern 25.11.05, NEUER BUS noch ohne Nr.):



Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 G Luzern 25.11.05, Bus-Nr. 128:



Depot Scania HESS N 94 UB 4x2 Zug 9.11.05, Bus-Nr. 124:



Auch der 12m Van Hool A 330 und der 18m Van Hool A 300 besitzen keinen speziellen Verschleisschutz. (Bei diesen Bussen ist jedoch unter der Vordertüre ein Abdeckblech angebracht.)

Depot Van Hool A 330 CNG Lausanne 15.11.05, Bus-Nr. 444:



Depot Van Hool AG 300 Lausanne 15.11.05, Bus-Nr. 563:



HESS bringt unter dem neueren 18m-Bus Hess BGT-N2C keinen speziellen Verschleisschutz an (dies im Gegensatz einer kräftigen Verschleissplatte unter früheren Bussen, vgl. nachfolgend).

Depot Hess BGT-N2C Luzern, Bus-Nr. 203:



Trapezklotz unter Vorderkante:

Der Verschleisschutz ist nicht zwingend markttypisch, sondern eher kundenspezifisch: Der 12m MAN NL 313 und der 18m MAN NG 363 der Thuner Verkehrsbetriebe STI haben einen Trapezförmigen Verschleissklotz unter der Vorderkante der Karosserie angebracht. Am MAN NG 353 der Basler Verkehrsbetriebe befindet sich kein solcher Verschleissklotz.

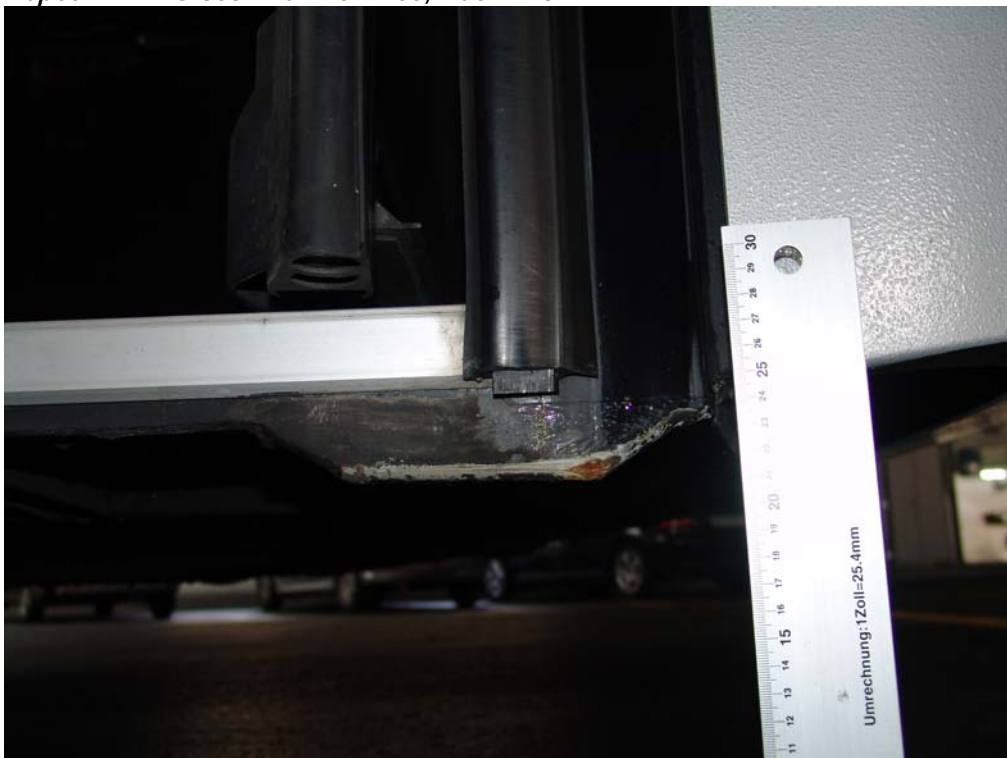
Depot MAN NL 313 Thun 10.11.05, Bus-Nr. 96:



Depot MAN NG 353 Basel 8.11.05, Bus. Nr. 777:



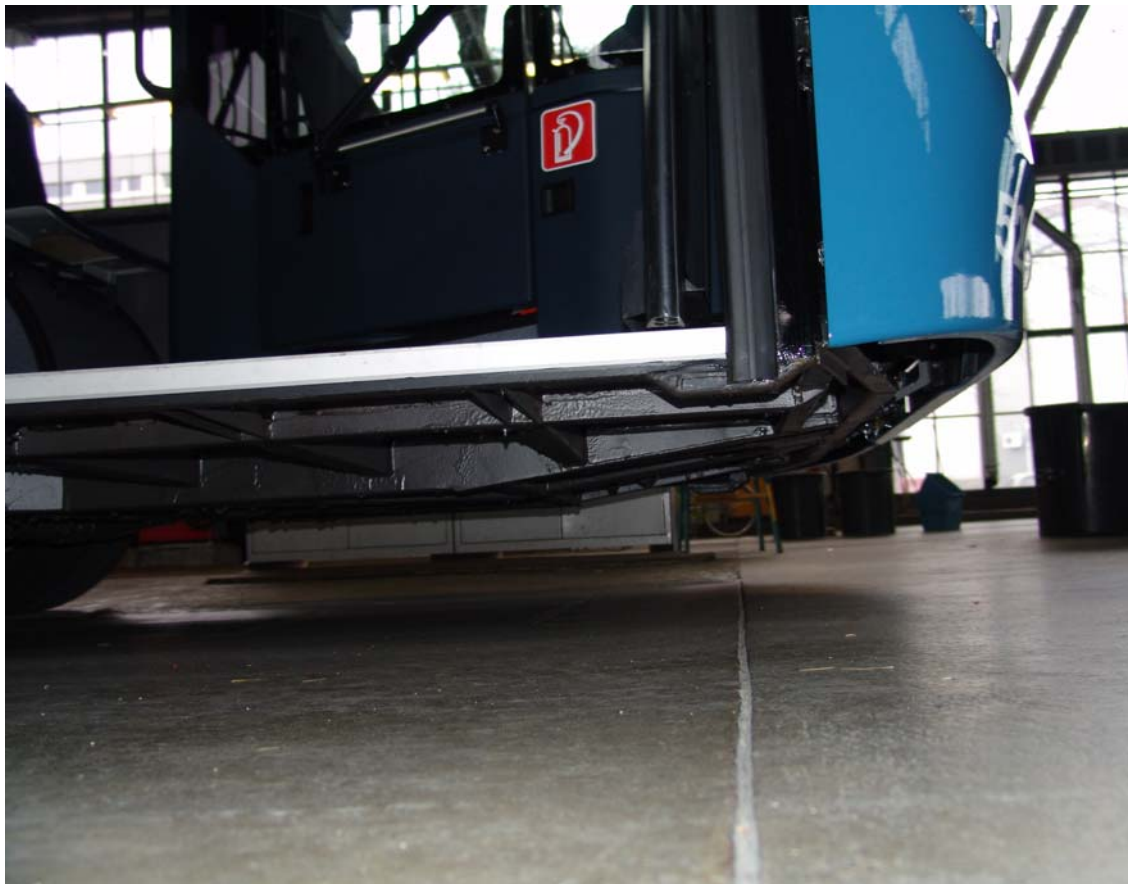
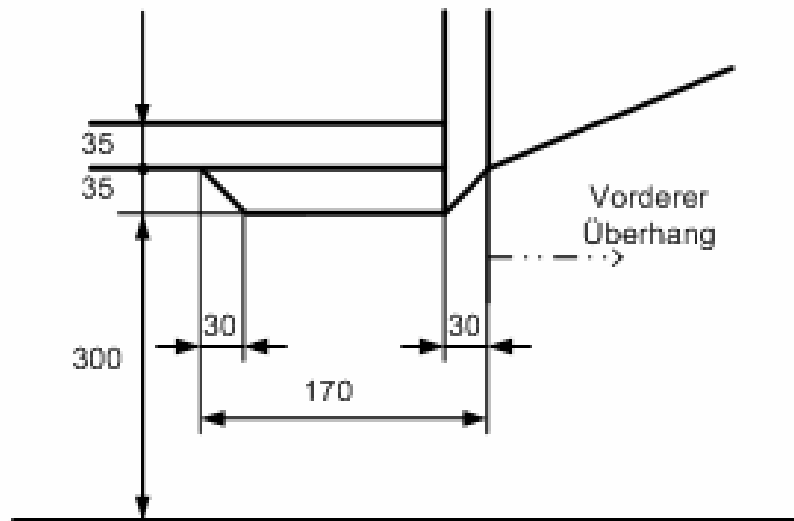
Depot MAN NG 363 Thun 10.11.05, Bus-Nr. 87:



Auch der 12m Neoplan N 4516 und der 18m Neoplan N 4522 der Verkehrsbetriebe Zürich haben einen solchen Trapezklotz unter der Vorderkante der Karosserie:

Depot Neoplan N 4516 Zürich 29.11.05, Bus-Nr. 273:





Verschleissplatte unter Vorderkante:

HESS bringt unter der Vorderkante sowohl am 12m Volvo HESS B7L wie auch am 18m Volvo HESS B7LA eine kräftige Verschleissplatte an:

Depot Volvo HESS B7L VBG (VBRF Regensdorf) 2.12.05, Bus-Nr. 44:



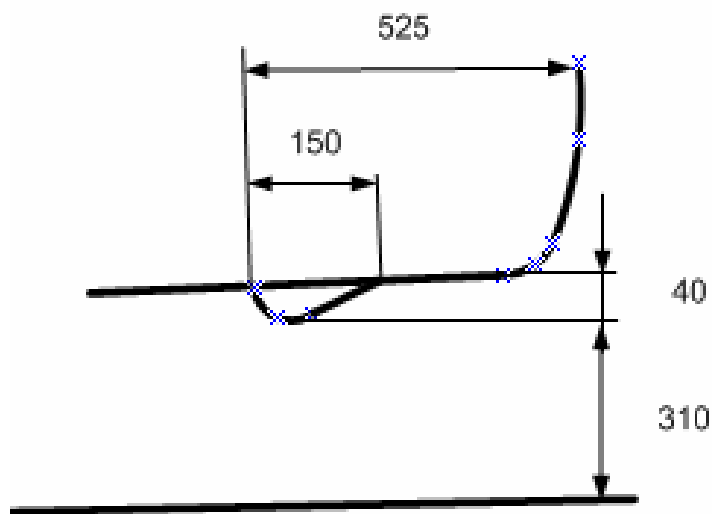
Depot Volvo HESS B7LA Bern 8.12.05, Bus-Nr. 256:



halbrunder Klotz unter Vorderkante:

Die Solaris-Busse mit 12 und 18m Länge haben sowohl vorne wie hinten halbrunde Klötze als Verschleisschutz angebracht:

Depot Solaris Urbino 12m Winterthur 11.11.05, Bus-Nr. 204:





Abdeckblech:

VOLVO verbaut unter der Vorderkante des 18m-Busses keinen speziellen Verschleisschutz, jedoch ein Abdeckblech, welches gegenüber dem dahinterliegenden Profilträger 10mm weiter nach unten reicht:

Depot Volvo 7000 Genf 24.11.05, Bus-Nr. 330:



Fazit:

Beim Aufschlagen der Frontunterkante kann es sogar zum Bersten der Frontscheibe kommen. Allerdings scheint HESS mit der kräftigen Stahlplatte unter der Vorderkante eher gegen leichtes Schleifen der Unterkante auf dem Bordstein vorzubeugen (heute sind die Bordsteine noch nicht hoch).

Obiges Bild beim VOLVO 7000 zeigt jedoch, dass die Vorderkante durchaus beschädigt werden kann.

Das Heck scheint weniger gefährdet zu sein. Wie nachfolgende Bilder am 12m Neoplan und 12m Scania sowie 18m MAN NG 353 zeigen, sind unter der Karosserie sogar noch Abdeckbleche angebracht:

Depot Neoplan N 4516 Zürich 29.11.05, Bus-Nr. 273:



Depot Scania HESS N 94 UB 4x2 Zug 9.11.05, Bus-Nr. 124:



Depot MAN NG 353 Basel 8.11.05, Bus-Nr. 777:



Allerdings kann es auch am Heck zu leichten Beschädigungen kommen, wie hier am Beispiel 18m-VOLVO gezeigt:

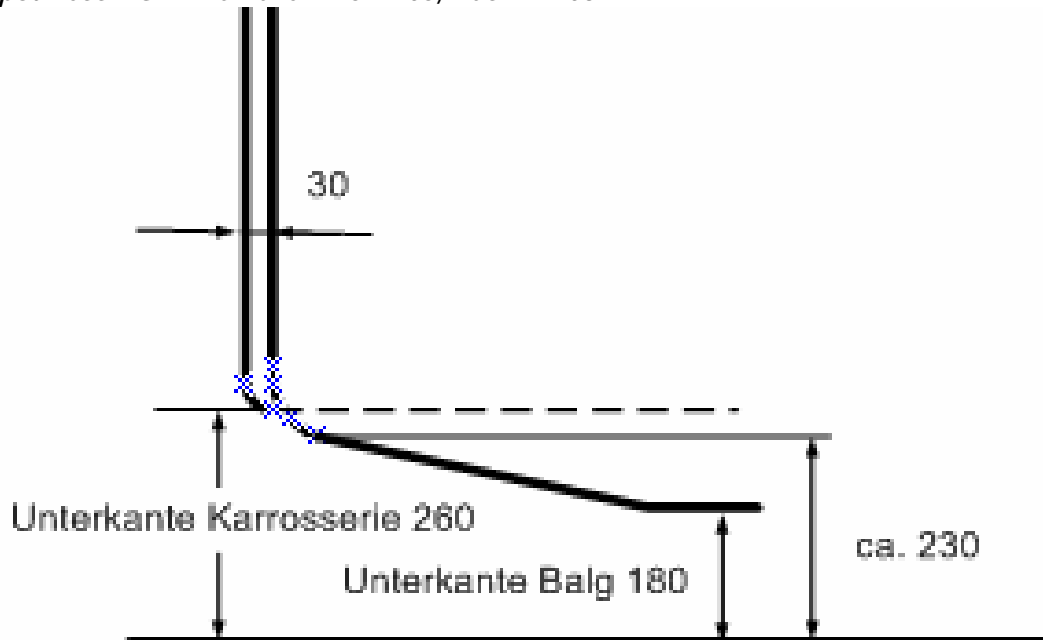
Depot Volvo 7000 Genf 24.11.05, Bus-Nr. 330:



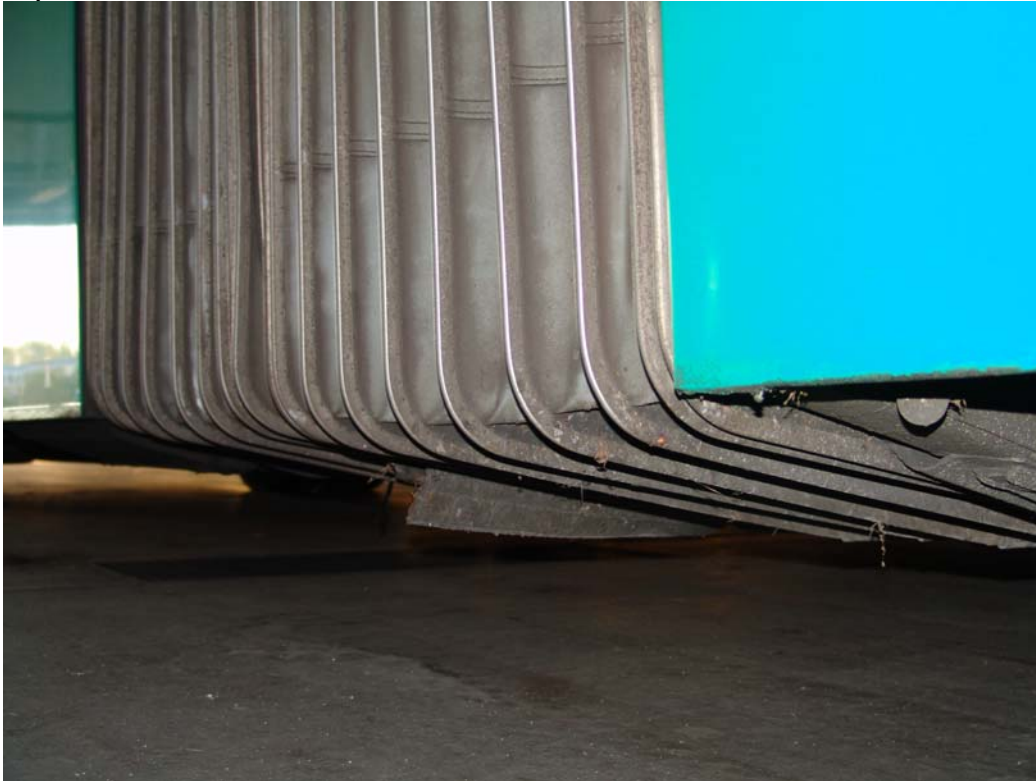
BEILAGE 16: Abdeckbalg Gelenkbus

Alle Gelenkbusse haben an der Unterkante des Abdeckbalges ungefähr die gleiche Geometrie:

Depot Hess BGT-N2C Luzern 25.11.05, Bus-Nr. 203:



Depot MAN NG 353 Basel 8.11.05, Bus-Nr. 777:



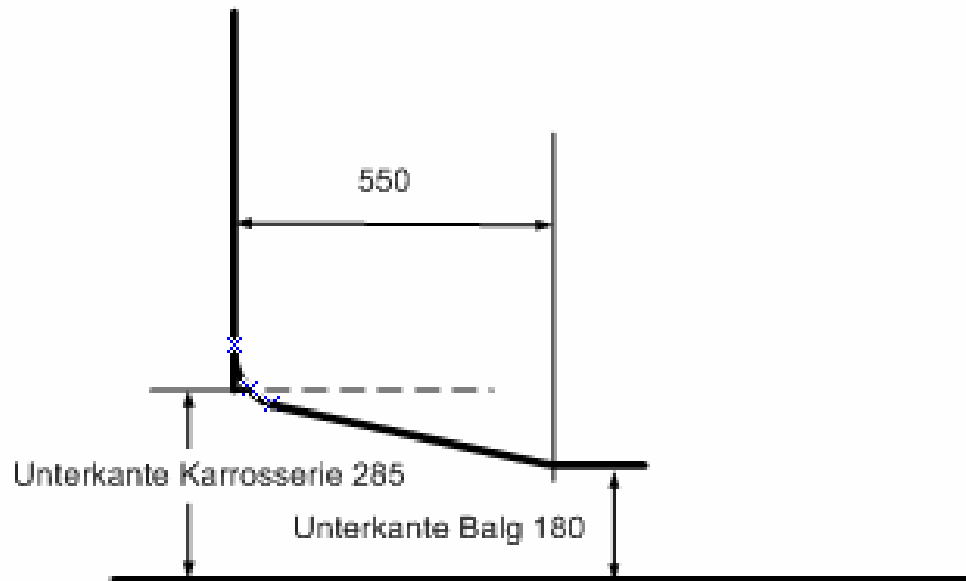
Depot MAN NG 363 Thun 10.11.05, Bus-Nr. 87:



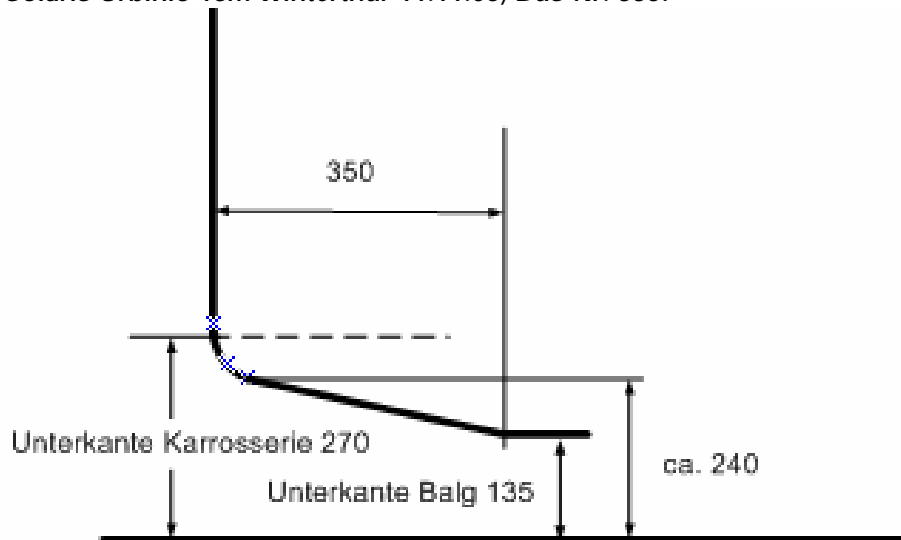
Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 G Luzern 25.11.05, Bus-Nr. 128:



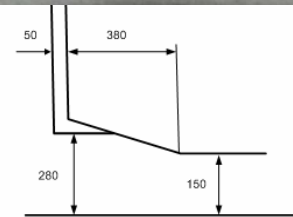
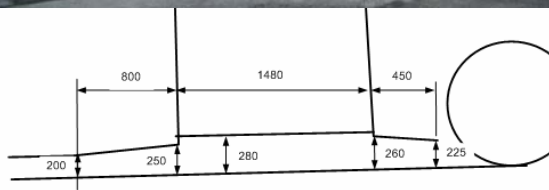
Depot Neoplan N 4522 Zürich 2.12.05, Bus-Nr. 529:



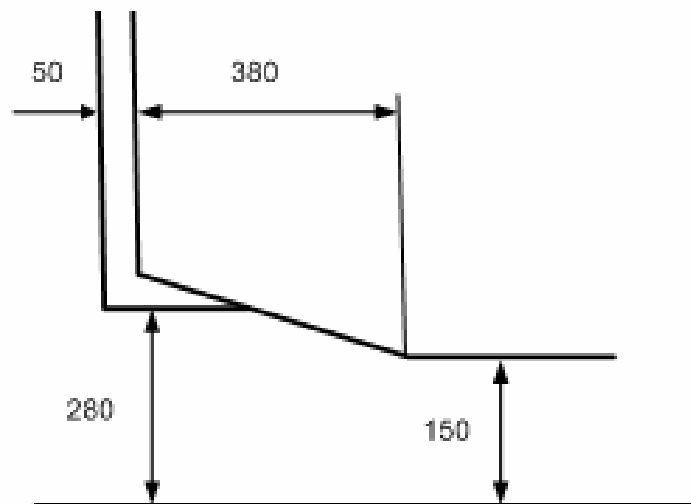
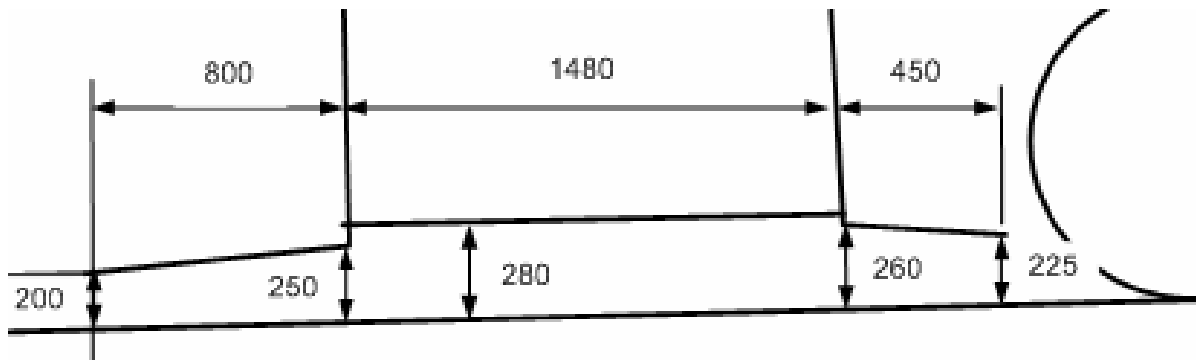
Depot Solaris Urbino 18m Winterthur 11.11.05, Bus-Nr. 335:



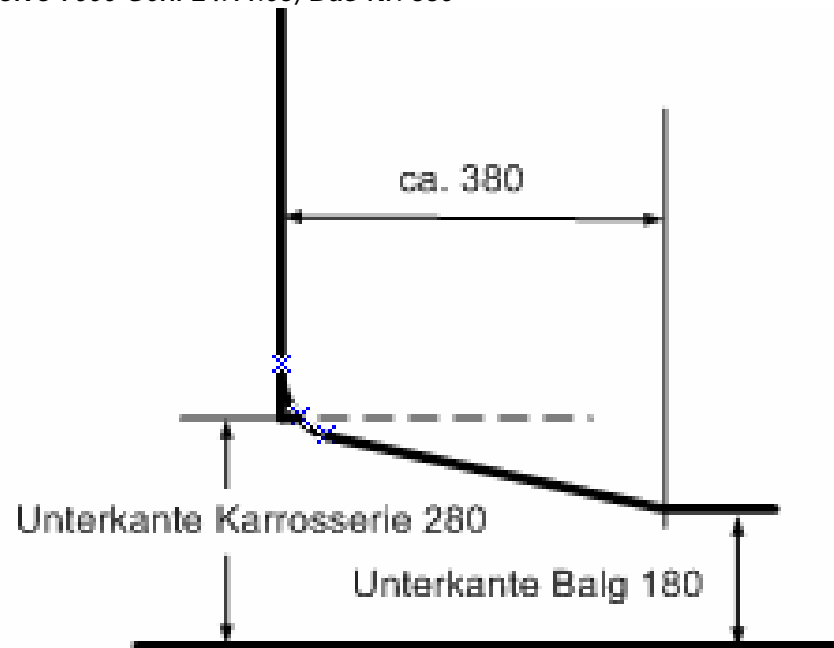
Depot Van Hool AG 300 Lausanne 15.11.05, Bus-Nr. 563:



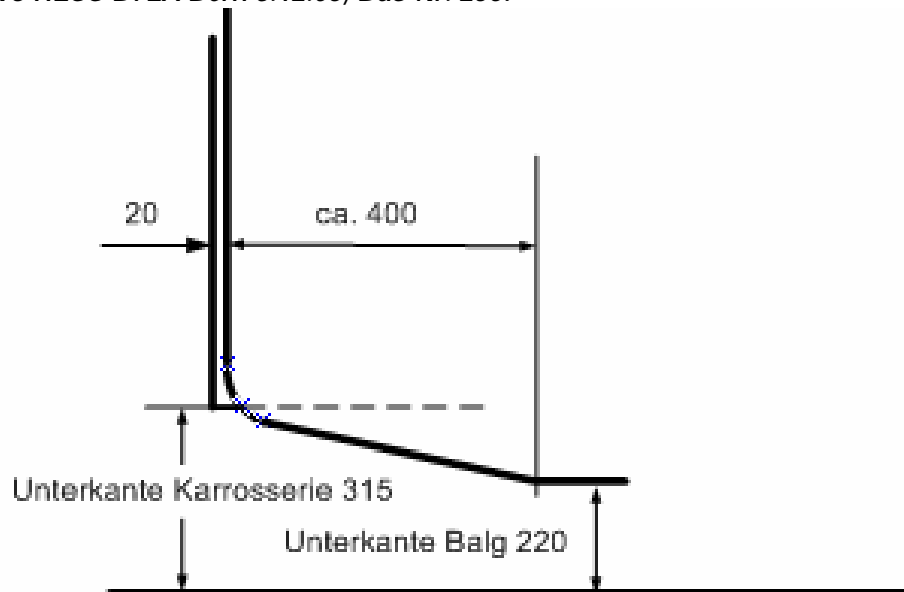
Einstiegshöhe vor Achse (Rad rechts) 340 mm,
ohne Kneeling (mit zuwenig Druck in der
Anzeige am Armaturenbrett)



Depot Volvo 7000 Genf 24.11.05, Bus-Nr. 330



Depot Volvo HESS B7LA Bern 8.12.05, Bus-Nr. 256:



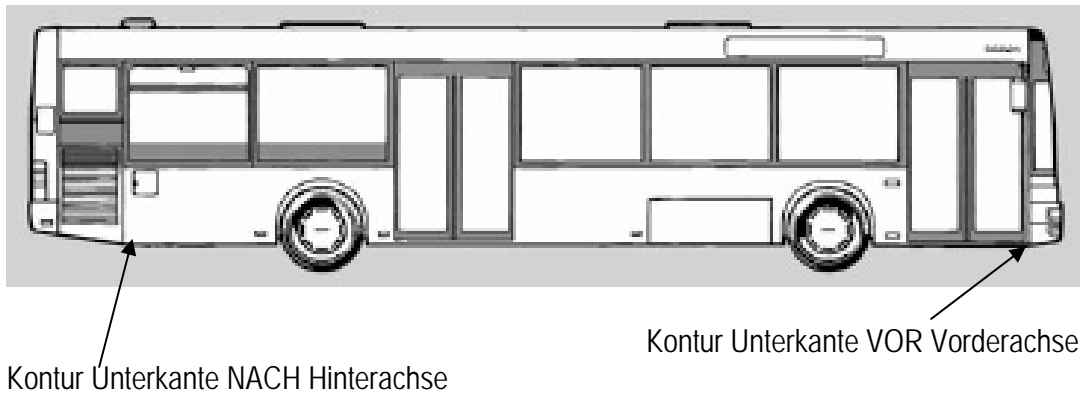
Fazit:

Gemäss Aussagen eines Busführers sind die Abdeckbälge (bei den heutigen Bordsteinhöhen) nicht gefährdet, am Bordstein zu schleifen.

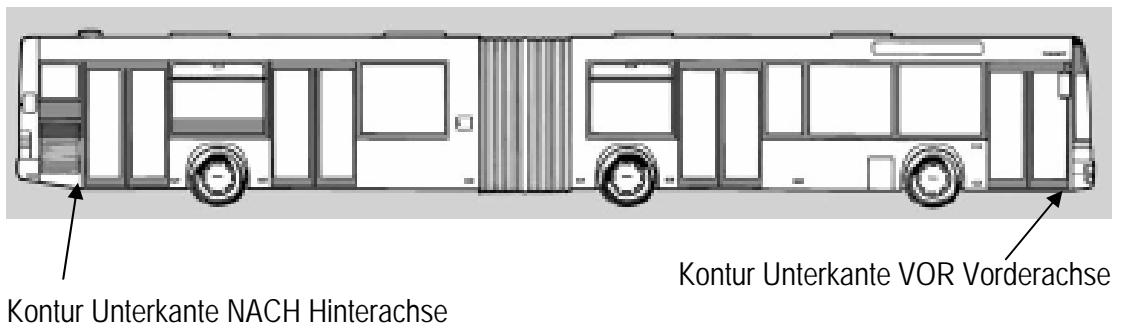
Dies obwohl obiges Bild leichte Beschädigungen zeigt, welche jedoch nach innen versetzt liegen.

BEILAGE 17: Unterkante Karosserie

Messung am 12m-Bus:



Messung am 18m-Bus:



Die Messungen erfolgten als horizontaler Abstand mit der nochmals dargestellten Messeinrichtung:



Der Abstand als horizontale Distanz kann dann mit dem Offset gegenüber der seitlichen, vertikalen Karosseriewand abgezogen werden (Kontur Unterkante + mm nach innen, Offset abgezogen, damit Karosserie als Referenz zu Null gesetzt ist). Es ergibt sich die horizontale Karosserieeinrückung. Eine Messung mit einem grossen Wert (unten Wert 5429 mm) sagt aus, dass das Laser-Messgerät unter der Karosserie hindurch an irgendeine Wand des Depots gemessen hat.

| Mögliche vertikale Skala mm | Abstand mm mit Laser-Distanzgerät | Kontur Unterkante „+ mm“ nach innen (Offset abgezogen, damit Karosserie als Referenz zu Null gesetzt ist) | Offset mm als Abzug zur Messung, damit in der linken Spalte die Karosserie 0-Referenz ist |
|-----------------------------|-----------------------------------|---|---|
| 370 | | | |
| 360 | | | |
| 350 | | | |
| 340 | | | |
| 330 | | | |
| 320 | | | |
| 310 | 1106 | 0 | 1106 |
| 300 | 1106 | 0 | 1106 |
| 290 | 1125 | 19 | 1106 |
| 280 | 5429 | 4323 | 1106 |
| 270 | 1143 | 37 | 1106 |
| 260 | 1143 | 37 | 1106 |
| 250 | 5429 | 4323 | 1106 |
| 240 | | | |

Wieso in diesem Beispiel zwei Male unter der Karosserie hindurch gemessen wurde, verdeutlicht die Sonderform dieses Busses: Zwischen dem Aufbau und der Verschleissplatte ist ein Luftspalt.



In nachfolgender Tabelle wird die Kontur Unterkante als „+ mm“-Mass (oder Messnotizen) dargestellt, die als Mass der horizontalen Einrückung der Karosserie in 10mm Abständen.

Unterkante Karosserie 12m-Busse:

| Marke und Typ | MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino 12m | Van Hool A 330 CNG | Volvo HESS B7L |
|--|--|-------------------------|--|---------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------|
| 1. Türe | vor Vorderachse | | | | | | |
| Einstiegs- höhe OHNE Kneeling | 350 | 323 | 338 | 338 | 349 | 349 | 337 |
| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | | | | | | | |
| Vertikale Skala mm | Masse reinkopiert 50mm höher aus MAN NG 363 | | ohne Laser- Distanz- mess- gerät gemessen | | | | |
| 320 | 0 | | 0 | | | | |
| 310 | 0 | | 0 | 0 | Unterkant Karosserie | | 0 |
| 300 | 13 | | 0 | 0 | | | 0 |
| 290 | 25 | | 5 | 0 | (Höhe Verschleiss- klotz 39mm) | | 19 |
| 280 | 26 | | 10 | 0 | | 0 | 4323 |
| 270 | 27 | | 5728 | 4769 | Unterkant Verschleiss- klotz | 629 | 37 |
| 260 | 1617 | | | | | 16788 | 37 |
| 250 | | | | | | | 4323 |
| Berech- nete Dicke | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

| 3. Türe | nach Hinterachse | | | | | | |
|---|------------------|-----|------|------|----------------------------------|-----|------|
| Einstiegs- höhe OHNE Kneeling | 346 | 347 | 374 | | 374 | 325 | 366 |
| | | | | | | | |
| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | | | | | | | |
| vertikale Skala mm | | | | | | | |
| 370 | | | | | 0 | | |
| 360 | | | | | 4 | | |
| 350 | | | | | 9 | | |
| 340 | | | | | 13 | | |
| 330 | | | 0 | | 14 | | |
| 320 | | | 0 | | 14 | | 0 |
| 310 | 0 | | 68 | 0 | Unterkant Karr. 14 | | 4438 |
| 300 | 0 | | 56 | 0 | 50 | | |
| 290 | 0 | | 56 | 55 | 50 | | |
| 280 | 70 | | 107 | 131 | 50 | | |
| 270 | | | | | Unterkant Verschl.klotz 49 | | |
| 260 | 125 | | 107 | 3843 | 4907 | | |
| | 367 | | 6157 | | | | |
| Berech- nete Dicke | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

Unterkante Karosserie 18m-Busse:

| Marke und Typ | HESS BGT.N2 C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.-Benz Citaro O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino 18m | Van Hool New AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA |
|--|------------------------|------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|------------|---------------------------|
| 1. Türe | vor Vorderachse | | | | | | | | |
| Einstiegs höhe OHNE Kneeling | 317 | 361 | 293 | 299 | 348 | 368 | 306 | - | 330 mit Motor |
| | | | | VBiel Nr. 141 | | | | | |
| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | | | | | | | | | |
| vertikale Skala mm | | | | | | | | | |
| 360 | | 0 | | 0 | | | | | |
| 350 | | 45 | | 2 | | | | | |
| 340 | | 45 | | 3 | | | | | |
| 330 | | 296 | | 4 | | | | | |
| 320 | | 1299 | | 6 | | | | | |
| 310 | | | 0 | 11 | | | | | Platte vgl Volvo HESS B7L |
| 300 | 0 | | 0 | 17 | | Unterkant Karosserie | 0 | 0 | 0 (Einstiegshöhe 330) |
| 290 | 0 | | 0 | 24 | | | 0 | 0 | 0 (bei 285: 1305) |
| 280 | 0 | | 0 | 163 | | | 0 | 0 | 35 |
| 270 | 0 | | 0 | 772 | | | 0 | 8 | 36 |
| 260 | 0 | | 0 | 771 | | Unterkant Verschleiss klotz | 0 | 1308 | 36 (Unterkant ca 260) |
| 250 | 0 | | Unterkante 225mm, 13 | 770 | | | 196 | 3663 | 10482 |
| 240 | 23277 | | 25 | 777 | | | 7920 | | |
| 230 | | | 26 | 1015 | | | | | |
| 220 | | | 27 | 721 | | | | | |
| 210 | | | 1617 | 717 | | | | | |
| 200 | | | | 4591 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Berechnete Dicke | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

| | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----|--------------------------|-----|-------------|---------------------------------------|-----|---------------------------|------------------|
| 5. Türe Gelenkbus | nach Anhängerachse | | | | | | | | |
| Einstiegs- höhe OHNE Kneeling | - | 352 | | 393 | 335 | 361 | 324 | - | 313 mit Motor |
| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | | | | | | | | | |
| Vertikale Skala mm | | | | | | | | | |
| 310 | | 0 | | | 0 | | | 0 | |
| 300 | 0 | 0 | 0 | | Abdeckblech | | | 0 | 0 |
| 290 | 0 | 0 | 0 | | 0 | Unterkant Karosserie 295 | | 0 | 0 |
| 280 | 13 | 59 | 0 | | 0 | | | 0 | 0 |
| 270 | 3408 | 59 | 0 | | 0 | Verschleiss klotz | | 0 | 0 |
| 260 | | 835 | 67 (Unterkant 260) | | 0 | halber Zyl. Durchm. 80 | | 18 | 0 |
| 250 | | | 783 | | 841 | | | 350 (Unterkant 245) | |
| 240 | | | | | 824 | Unterkant Verschleiss klotz 240 | | 4093 | 4146 |
| 230 | | | | | 850 | | | | |
| 220 | | | | | 788 | | | | |
| 210 | | | | | 844 | | | | |
| 200 | | | | | 14663 | | | | |
| Berech- nete Dicke | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

Wichtige Bemerkung zu „berechnete Dicke“, in obigen Tabellen markiert als *** in den Zellen:

Die Messidee war, mit der Messung der Einstiegshöhe der 1. Türe bei der Front und der letzten Türe im Heck (3. Türe beim 12m-Bus und 5. Türe im 18m-Gelenkbus) auf die Höhe der Karosserie zwischen Einstiegshöhe und Unterkante der Karosserie schliessen zu können (da die Messorte nahe beieinander liegen).

Diese Idee konnte aus folgenden Gründen nicht realisiert werden:

- Bei den Messungen wurde nicht genau festgehalten, in welchem Zustand der Bus sich dann bei der Messung der Karosserie-Unterkante befand (mit oder ohne Kneeling)
- Weit wichtiger sind jedoch unterschiedliche Einstiegshöhen bei nachfolgenden Kneeling-Bewegungen der Busse am gleichen Standort im Depot ohne Beladung (vgl. **Beilage 18**).

Obige chaotisch erscheinenden Tabellen sehen also ohne Höhenangabe besser aus. In den nachgeführten Tabellen eingeführtes **Zeichen !!** bedeutet, dass hier unterhalb der Karosserie gemessen wurde, eine sog. Karosserieeinrückung gegenüber der vertikalen Karosserie nicht mehr besteht. Dies ist mit einer Messaufnahme-Genauigkeit zwischen jeder Zeile von 10mm die Bodenfreiheit. Hier wird zudem eine Zeile „**Interpretation mit Bildern**“ eingeführt, die nach den Tabellen mit Fotos kommentiert wird.

Unterkante Karosserie 12m-Busse (Bereinigte Daten):

| | | | | | | |
|------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| MAN NL 313 | Merc.-Benz Citaro O 530 | Neoplan N 4516 | Scania HESS N 94 UB | Solaris Urbino 12m | Van Hool A 330 CNG | Volvo HESS B7L |
|------------|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|

1. Türe vor Vorderachse

| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | | | | | | |
|-----------------------------------|--|----|----|--|-----|---------------|
| 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| 13 | | 5 | !! | | 629 | 19 |
| 25 | | 10 | | | !! | !! |
| 26 | | !! | | | | 37 |
| 27 | | | | | | 37 |
| !! | | | | | | !! |
| <i>Bild 1</i> | | | | | | <i>Bild 2</i> |

3. Türe nach Hinterachse

| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | | | | | | |
|------------------------------------|--|-----|-----|----------------------------------|--|----|
| 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 70 | | 68 | 55 | 4 | | !! |
| 125 | | 56 | 131 | 9 | | |
| 367 | | 56 | !! | 13 | | |
| !! | | 107 | | 14 | | |
| | | 107 | | 14 | | |
| | | !! | | 14 | | |
| | | | | 50 | | |
| | | | | 50 | | |
| | | | | 50 | | |
| | | | | Unterkant Verschl.klotz 49 | | |
| | | | | !! | | |
| | | | | <i>Bild 3</i> | | |

Unterkante Karosserie 18m-Busse (Bereinigte Daten):

| | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|
| HESS BGT.N2C | MAN NG 353 | MAN NL 363 | Merc.- Benz Citaro O 530 G | Neoplan N 4522 | Solaris Urbino 18m | Van Hool New AG 300 | Volvo 7000 | Volvo Hess B7LA |
|-----------------|---------------|---------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|

1. Türe vor Vorderachse

Kontur Unterkante VOR Vorderachse

| | | | | | | | | |
|----|------|-------------------------|---------------|--|-----------------------------------|-----|----|---------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | Unterkant Karosserie | 0 | 0 | Platte vgl Volvo HESS B7L |
| !! | 45 | Unterkante 225mm, 13 | 2 | | | 196 | 8 | 0 (Einstiegs- höhe 330) |
| | 45 | 25 | 3 | | | !! | !! | 0 (bei 285: 1305) |
| | 296 | 26 | 4 | | | | !! | 35 |
| | 1299 | 27 | 6 | | Unterkant Verschleissk lotz | | | 36 |
| | !! | 1617 | 11 | | | | | 36 (Unter- kant ca 260) |
| | | !! | 17 | | | | | !! |
| | | | 24 | | | | | |
| | | | 163 | | | | | |
| | | | 772 | | | | | |
| | | | 771 | | | | | |
| | | | 770 | | | | | |
| | | | 777 | | | | | |
| | | | 1015 | | | | | |
| | | | 721 | | | | | |
| | | | 717 | | | | | |
| | | | !! | | | | | |
| | | | <i>Bild 4</i> | | | | | <i>Bild 2</i> |

| 5. Türe Gelenkbus nach Anhängerachse | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-------------------------|--|------------------|--|--|------------------------|
| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | 0 | Unterkant Karosserie 295 | | 0 0 |
| 13 | 59 | 67 (Unter- kant 260) | | Abdeck- blech | | | 180 (Unterkant 245) |
| !! | 59 | 783 | | 0 | Verschleiss- klotz | | 35 !! |
| | 835 | !! | | 0 | halber Zyl. Durchm. 80 | | !! |
| | !! | | | 0 | | | |
| | | | | 0 | Unterkant Verschleiss- klotz 240 | | |
| | | | | 841 | | | |
| | | | | 824 | | | |
| | | | | 850 | | | |
| | | | | 788 | | | |
| | | | | 844 | | | |
| | | | | !! | | | |
| | | | | <i>Bild 5</i> | | | |

Bild 1:

| | |
|-----------------------------------|---|
| MAN NL 313 | |
| 1. Türe vor Vorderachse | |
| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | |
| 0 | |
| 13 | |
| 25 | |
| 26 | Trapezklotz unter Vorderkante (vgl. <u>Beilage 15</u>) resp. nachfolgendes Bild) |
| 27 | |
| !! | |

Depot MAN NL 313 Thun 10.11.05, Bus-Nr. 96:



Bild 2:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Volvo HESS B7L | |
| 1. Türe vor Vorderachse | |
| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | |
| 0 | |
| 19 | |
| !! | |
| 37 | Verschleissplatte unter Vorderkante (vgl. <u>Beilage 15</u>) resp. nachfolgendes Bild) |
| 37 | |
| !! | |

Depot Volvo HESS B7L VBG (VBRF Regensburg) 2.12.05, Bus-Nr. 44:



Bei diesem Bus wurde die Differenz zwischen Einstiegshöhe und Unterkante der Karosserie gemessen:

| | | | |
|--|-----|-------------------------------|-------------------|
| Depot Volvo HESS B7L VBG (VBRF Regensburg) 2.12.05 | | | |
| 1. Türe | | vor Vorderachse | |
| Einstiegshöhe ohne Kneeling | 337 | Höhe/Dicke Karosserie b. Türe | 45 in 40 Tiefe 65 |
| 2. Türe | | vor Hinterachse | |
| Einstiegshöhe ohne Kneeling | 351 | Höhe/Dicke Karosserie b. Türe | 45 in 40 Tiefe 65 |
| 3. Türe | | nach Hinterachse | |
| Einstiegshöhe ohne Kneeling | 366 | Höhe/Dicke Karosserie b. Türe | 45 in 40 Tiefe 65 |

Bild 3:

| | |
|------------------------------------|--|
| Solaris Urbino 12m | |
| 3. Türe nach Hinterachse | |
| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | |
| 0 | |
| 4 | |
| 9 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 14 | |
| 14 | |
| 50 | |
| 50 | |
| 50 | halbrunder Klotz unter Vorderkante (vgl. <u>Beilage 15</u>) resp. nachfolgendes Bild) |
| Unterkant Verschl.klotz 49 | |
| !! | |

Depot Solaris Urbino 12m Winterthur 11.11.05, Bus-Nr. 204:



Bild 4:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Merc.-Benz Citaro O 530 G | |
| 1. Türe vor Vorderachse | |
| Kontur Unterkante VOR Vorderachse | |
| 0 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 6 | |
| 11 | |
| 17 | |
| 24 | |
| 163 | |
| 772 | |
| 771 | Diverse Karosserie-Trägerprofile (vgl. <u>Beilage 15</u>) resp. nachfolgendes Bild) |
| 770 | |
| 777 | |
| 1015 | |
| 721 | |
| 717 | |
| !! | |

Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 G Luzern 25.11.05, Bus-Nr. 128:



Bild 5:

| | |
|--------------------------------------|--|
| Neoplan N 4522 | |
| 5. Türe Gelenkbus nach Anhängerachse | |
| Kontur Unterkante NACH Hinterachse | |
| 0 | |
| Abdeckblech | Beschädigtes Abdeckblech |
| 0 | |
| 0 | Nach unten ragende Blechlaschen des beschädigtes Abdeckblech |
| 0 | (vgl. nachfolgendes Bild) |
| 0 | |
| 841 | |
| 824 | |
| 850 | Karosserie-Trägerprofil (vgl. nachfolgendes Bild) |
| 788 | |
| 844 | |
| !! | |

Depot Neoplan N 4522 Zürich 2.12.05:



BEILAGE 18: Unterschiedliche Einstiegshöhe

Zur Verdeutlichung der Unterschiede in der Einstiegshöhe bei nachfolgenden Kneeling-Bewegungen der Busse am gleichen Standort im Depot (ohne Beladung) seien hier ein paar Beispiele wiedergegeben. Ein weiteres Beispiel befindet sich in Beilage 11.

Beispiel 1

| | |
|--------------------------|------------------------------------|
| | Depot Hess BGT-N2C Luzern 25.11.05 |
| Marke und Typ | HESS BGT.N2C NAW-Fahrwerk |
| Bus-Nr. | 203, Fabr.nr 7696 0003 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Verkehrsbetriebe Luzern AG |
| Datum | 25. Nov 05 |

| Einstiegshöhe | 1. Türe | 2. Türe | 4. Türe | 5. Türe |
|---------------|----------|----------|----------|---------|
| ohne Kneeling | 317, 309 | 349, 340 | 333, 312 | _, 335 |
| mit Kneeling | 248, 251 | 278, 282 | 264, 255 | _, 280 |

(Hier und nachfolgend wird für 18m-Gelenkbusse die 3. Türe nicht aufgeführt, da diese bei diesen nicht vorhanden ist. Die 4. Türe ist dieTüre gleich nach dem Gelenk im Anhänger des 18m-Busses)

Beispiel 2

| | |
|--------------------------|---|
| | Depot Neoplan N 4522 Zürich 2.12.05.xls |
| Marke und Typ | Neoplan N 4522 18m |
| Bus-Nr. | 529 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Verkehrsbetriebe Zürich VBZ, Hagenholz, Zürich-Oerlikon |
| Datum | 02. Dez 05 |

| Einstiegshöhe | 1. Türe | 2. Türe | 4. Türe | 5. Türe |
|---|---------|---------|---------|---------|
| ohne Kneeling | 348 | 347 | 330 | 335 |
| Kurze Fahrt auf Gelände (2. Rechtskurven) mit scharfer Abbremsung | | | | |
| ohne Kneeling | 340 | 329 | 317 | 317 |
| mit Kneeling | 236 | 265 | 250 | 232 |
| ohne Kneeling | 346 | 329 | 319 | 323 |

Beispiel 3

| | |
|--------------------------|--|
| | Depot Solaris Urbino 18m Winterthur 11.11.05 |
| Marke und Typ | Solaris Urbino 18m |
| Bus-Nr. | 335 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Stadtbus Winterthur |
| Datum | 18. Nov 05 |
| Bemerkung | Jahrgang 2002 Starrachse (vorne), 2004 Einzelradaufhängung |

| Einstiegshöhe | 1. Türe | 2. Türe | 4. Türe | 5. Türe |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
| ohne Kneeling | 367 | 344 | 333 | 343 |
| mit Kneeling | 296 | 292 | 291 | 295 |
| ohne Kneeling | 368 | 353 | 350 | 361 |

Beispiel 4

| | |
|--------------------------|------------------------------------|
| | Depot Volvo HESS B7LA Bern 8.12.05 |
| Marke und Typ | Volvo Hess B7LA 6x2 |
| Bus-Nr. | 256 |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Bernmobil |
| Datum | 08. Dez 05 |

| Einstiegshöhe | 1. Tür | 2. Tür | 4. Tür | 5. Tür |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| ohne Kneeling | 354 | 371 | 367 | 322 |
| mit Kneeling | 278 | 313 | 329 | 283 |
| ohne Kneeling | 330 | 360 | 367 | 313 |

Beispiel 5

| | |
|--------------------------|--|
| | Depot Mercedes-Benz Citaro O 530 Luzern 25.11.05 |
| Marke und Typ | Mercedes-Benz Citaro O 530 |
| Bus-Nr. | NEUER BUS noch ohne Nr. |
| öffentl. Verkehrsbetrieb | Verkehrsbetriebe Luzern |
| Datum | 25. Nov 05 |

| Einstiegshöhe | 1. Türe | 2. Türe | 3. Türe |
|-----------------|---------|---------|---------|
| ohne Kneeling * | 307 | 332 | 323 |
| mit Kneeling | 240 | 259 | 247 |
| ohne Kneeling | 323 | 351 | 347 |

* (Bus wahrscheinlich mehrere Stunden gestanden)

Ähnliche Unterschiede der Einstiegshöhe im Bereich von ca. 20mm bei nachfolgenden Bewegungen mittels Kneeling (leerer Bus am gleichen Standort) wurden mehrmals bei diversen Bussen in Depots der öV's festgestellt.

Als wichtige Zwischenbemerkung sei hier eingefügt, dass Busführern wohl eher wegen dem Zustand der Luftfederbälge (Alterung und Verschleiss) das Anheben aus der abgesenkten Kneelingposition nicht möglich war, sie den Einsatz des Kneeling aus ihrer schlechten Erfahrung eher meiden. Leider kann diese Aussage hier nicht näher hinterfragt werden, weil Verschleissgrenzen oder andere Kriterien in dieser Richtung im Rahmen dieser Arbeit nicht einbezogen wurden. Dieses Argument gilt hier allerdings nicht, da der oben betrachtete Bus neu ist und noch keine Betriebsstunde auf der Linie hatte.

Diese Unterschiede von ca. 20mm führten uns zu Fragen an Experten der Luftfederung, z.B. hier an den Kundendienstleiter der WABCO (die Antworten sind rot eingefügt):

Inhalt des mails vom 6. März 2006 an Herrn Patrick Aebi, Kundendienstleiter WABCO (Schweiz) GmbH, Patrick.Aebi@wabco-auto.com:

„Sind bei nachfolgenden Kneelingbewegungen mit leerem stillstehenden Bus Unterschiede in der gemessenen Einstiegshöhe von ca. 20mm durch Überschwingen (Messungen bei leerem Bus) oder Hysteresen begründet oder ist das einfach die gegebene (UN-) Genauigkeit des Luftfedersystems ECAS?“

Der Fahrzeughersteller hat die Möglichkeit über Parameter eine Toleranz zur Ausregelung von Niveaus festzulegen. Stellen Sie sich folgendes vor: Ein ECAS-Wegsensor ist bezogen auf seinen Arbeitsbereich (ca 90 Winkel-Grade) in 255 Zähler (Counts) aufgeteilt. Dabei ist natürlich von entscheidender Bedeutung, inwiefern dieser zur Verfügung stehende Arbeitsbereich des Wegsensors nun effektiv auch ausgenutzt wird. Macht der Sensor bei einer gesamten Hubbewegung nur eine Auslenkung von 45 Grad, so bleiben damit auch ca. 130 Counts „ungenutzt“. Hat der Fahrzeughersteller dann noch eine relativ grosszügige Toleranz festgelegt (+/- 5 Counts; Siehe Parameter 13), so kann dies durchaus letztendlich ein paar Millimeter Höhenunterschied ausmachen.

„Sind die vertikalen Bewegungen bei abgesenkter Karosserie mit Kneeling bei gleich starker Beladungszunahme ev. geringer wegen ev. höherer Steifigkeit der Luftfederbälge und ev. sogar aufsetzen auf Gummipuffer. Wir wissen, dass die Federrate bei hoher Beladung gering ist, der Bus bei hoher Beladung also weniger federn kann. Gilt dies auch in abgesenkter Kneelingposition?“

Dies hängt auch sehr stark von der Radaufhängung ab. Ist das Fahrzeug neu? Dann kann es gut möglich sein, dass die Gelenke der Aufhängung noch etwas schwergängig sind. Das kann sich mit der Zeit ändern. Wie hart sind die Dämpfer eingestellt? Möglicherweise würde auch hier ein Wechsel der Dämpfer eine Änderung bringen.