



Dynamic Test Center
Centrum für Dynamische Tests
Centre de Tests Dynamiques

Untersuchungen zu Anhängerbetrieb Smart fortwo

Prüfgrundlagen: ECE-R 55
Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS)

Bericht Nr: 117SRM014-6 Auftragsnummer: aSi-13-1447

Auftraggeber: clevertrailer
Hans Grünig
Birkenweg 18
3250 Lyss

| | | |
|---------|-------------------------------------|----|
| Inhalt: | 1 Ausgangslage | 2 |
| | 2 Prüfbjekte | 2 |
| | 3 Fahrversuche | 6 |
| | 4 Schwingfestigkeitsprüfung | 8 |
| | 5 Berechnung der Bremswirkung | 8 |
| | 6 Schlussfolgerungen | 9 |
| | 7 Verwendungsbereich | 10 |

Anzahl Seiten im Bericht: 10 Anhang: 1

| Dokument | Name | Unterschrift | Datum |
|-------------|---------------------|--|-------------------|
| Autor | Tobias Schneeberger |  | 10. Dezember 2013 |
| Geprüft | Marcel Strub |  | 10. Dezember 2013 |
| Freigegeben | Bernhard Gerster |  | 11. Dezember 2013 |

1 Ausgangslage

Die Firma clevertrailer beauftragte die Dynamic Test Center AG (kurz: DTC) mit der Untersuchung eines mechanischen Verbindungsbauteils für Fahrzeuge des Typs Smart fortwo (die Variantenliste ist in Kapitel 2.1 und Kapitel 7 ersichtlich) zur Erlangung einer ECE-Genehmigung.

2 Prüfbjekte

2.1 Versuchsfahrzeuge

Die Prüfungen wurden mit den folgenden Versuchsfahrzeugen durchgeführt. Die technischen Daten sind in Tab. 1 aufgeführt.



Abb. 1: Smart fortwo (Benzin), Versuchsfahrzeug 1

| | | |
|--------------------------|---|----------|
| Handelsbezeichnung / Typ | Smart fortwo Cabrio | |
| Getriebe | automatisiertes 5-Gang-Schaltgetriebe | |
| CH TG-Nr. | 1SF229 | |
| VIN-Code | WME4514311K007466 | |
| Achsabstand | 1'867 mm | |
| Garantiegewichte | Vorderachse | 440 kg |
| | Hinterachse | 660 kg |
| | Total | 1'050 kg |
| | Anhängelast original | - |
| | Anhängelast neu (ungebremst) | 440 kg |
| | Stützlast neu | 40 kg |
| | D-Wert neu | 3.04 kN |
| Versuchsgewichte | Vorderachse | 435 kg |
| | Hinterachse | 613 kg |
| | Total | 1'048 kg |
| Feststellbremse | mech., hinten, Trommelbremse Ø 200 mm, Beläge: 28 x 160 mm / 28 x 195 mm | |

Tab. 1: Technische Daten Smart fortwo (Benzin), Versuchsfahrzeug 1

Zur Abdeckung der Smart fortwo Modelle mit Dieselantrieb wurde das Anfahrvermögen und die Wirksamkeit der Feststellbremse zusätzlich mit folgendem Fahrzeug überprüft (Tab. 2):

| | | |
|--------------------------|---|----------|
| Handelsbezeichnung / Typ | Smart fortwo Coupé cdi | |
| Getriebe | automatisiertes 5-Gang-Schaltgetriebe | |
| CH TG-Nr. | 1SF232 | |
| VIN-Code | WME4513001K022647 | |
| Achsabstand | 1'867 mm | |
| Garantiegewichte | Vorderachse | 440 kg |
| | Hinterachse | 660 kg |
| | Total | 1'050 kg |
| | Anhängelast original | - |
| | Anhängelast neu (ungebremst) | 440 kg |
| Versuchsgewichte | Stützlast neu | 40 kg |
| | D-Wert neu | 3.04 kN |
| | Vorderachse | 430 kg |
| | Hinterachse | 625 kg |
| | Total | 1'055 kg |
| Feststellbremse | mech., hinten, Trommelbremse Ø 200 mm, Beläge: 28 x 160 mm / 28 x 195 mm | |

Tab. 2: Technische Daten Smart fortwo (Diesel), Versuchsfahrzeug 2

Zur Abdeckung der Smart fortwo Modelle mit Elektroantrieb wurde das Anfahrvermögen und die Wirksamkeit der Feststellbremse zusätzlich mit folgendem Fahrzeug überprüft (siehe Abb. 2). Die technischen Daten sind in Tab. 3 aufgeführt.



Abb. 2: Smart fortwo (Elektroantrieb), Versuchsfahrzeug 3

| | | |
|--------------------------|---|----------|
| Handelsbezeichnung / Typ | Smart fortwo Coupé ed | |
| Getriebe | Einfache Übersetzung, m1a | |
| CH TG-Nr. | 1SF271 | |
| VIN-Code | WME4513901K735667 | |
| Achsabstand | 1'867 mm | |
| Garantiegewichte | Vorderachse | 505 kg |
| | Hinterachse | 660 kg |
| | Total | 1'150 kg |
| | Anhängelast original | - |
| | Anhängelast neu (ungebremst) | 430 kg |
| | Stützlast neu | 40 kg |
| | D-Wert neu | 3.07 kN |
| Versuchsgewichte | Vorderachse | 520 kg |
| | Hinterachse | 640 kg |
| | Total | 1'160 kg |
| Feststellbremse | mech., hinten, Trommelbremse Ø 200 mm, Beläge: 28 x 160 mm / 28 x 195 mm | |

Tab. 3: Technische Daten Smart fortwo (Elektroantrieb), Versuchsfahrzeug 3

Die Übereinstimmung der tragenden Struktur wurde mittels Bauteilvergleich anhand des Ersatzteilkataloges nachgewiesen.

2.2 Anhängerbock

Das mechanische Verbindungsbauteil wird mittels vier horizontalen (M8 x 16, 8.8) und zwei vertikalen Schrauben (M12 x 1.5 x 135, 8.8) mit dem originalen Fahrschemel verschraubt (Abb. 3).

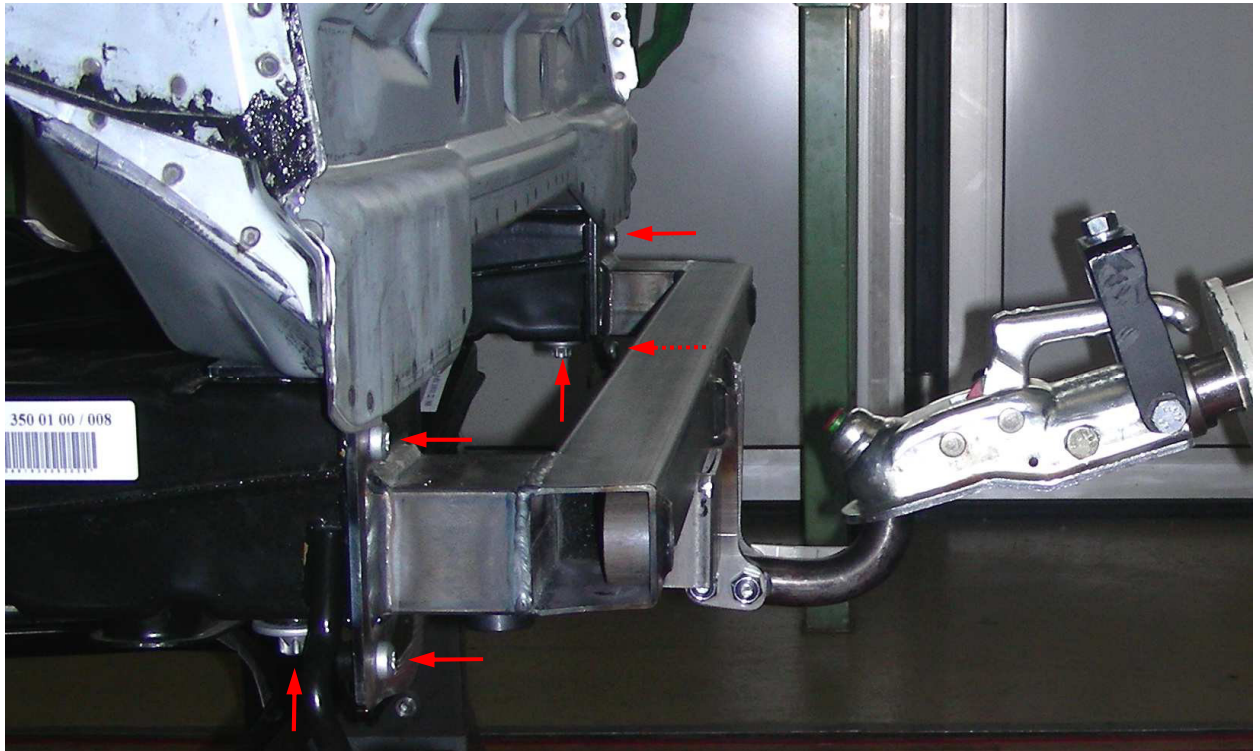


Abb. 3: Verschraubungen Anhängerbock

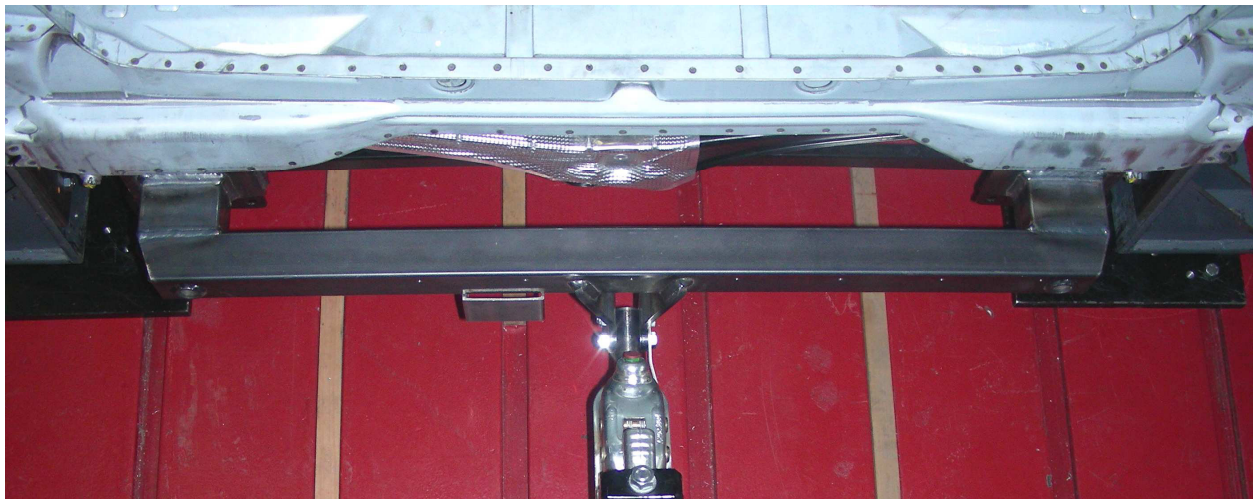


Abb. 4: Anhängerbock

3 Fahrversuche

3.1 Anfahrvermögen

Gemäss Art. 54 der Verordnung über technische Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) muss das Zugfahrzeug mit der bis auf das Gesamtzuggewicht von 1'490 kg (Benzin und Diesel), resp. von 1'580 kg (Elektroantrieb) beladenen Fahrzeugkombination in einer Steigung von 12% innerhalb von fünf Minuten fünfmal einwandfrei anfahren können.

Die entsprechenden Versuche wurden auf der Bergstrasse Biel-Bönzingenberg in einem Abschnitt mit einer mittleren Steigung von 12% durchgeführt. Dabei konnte das geforderte Anfahrvermögen mit beiden Versuchsfahrzeugen realisiert werden. Die Versuchsbedingungen sind der Tab. 4 zu entnehmen.

| | | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Datum | 18.4.2007 | 5.11.2007 | 6.12.2013 |
| Fahrzeug | 1SF229 | 1SF232 | 1SF271 |
| Fahrer | DAH | BOM | DAH |
| Messort | Vauffelin, Bönzingenbergstrasse | Vauffelin, Bönzingenbergstrasse | Vauffelin, Bönzingenbergstrasse |
| Belag | Asphalt | Asphalt | Asphalt |
| Zustand | trocken | trocken | nass |
| Belagtemperatur | 13.2 °C | 5.8 °C | 0.3 °C |
| Luftdruck | 937 mbar | 941 mbar | 940 mbar |
| Reifendruck vorne | 2.4 bar | 2.2 bar | 2.0 bar |
| Reifendruck hinten | 2.6 bar | 2.5 bar | 2.5 bar |
| Lufttemperatur | 10.3 °C | 9.3 °C | 3 °C |
| Luftfeuchtigkeit | 58.7 % | 57.9 % | 82.8 % |

Tab. 4: Versuchsbedingungen Anfahrvermögen und Wirksamkeit Feststellbremse



Abb. 5: Überprüfung des Anfahrvermögens (links: Versuchsfahrzeug 1, rechts: Versuchsfahrzeug 2, unten: Versuchsfahrzeug 3)

3.2 Wirksamkeit der Feststellbremse

Die Feststellbremse des Zugfahrzeuges muss so dimensioniert sein, dass die bis zum Gesamtzuggewicht beladene Fahrzeugkombination in einer Neigung von 12% im Stillstand gehalten werden kann (VTS: Anhang 7, Ziffer 213).

Die Feststellbremse hielt die gesamten beladenen Fahrzeugkombinationen sowohl in der Steigung (12%), wie auch im Gefälle (12%) im Stillstand. Die Umgebungsbedingungen entsprachen den Werten in Tab. 4.

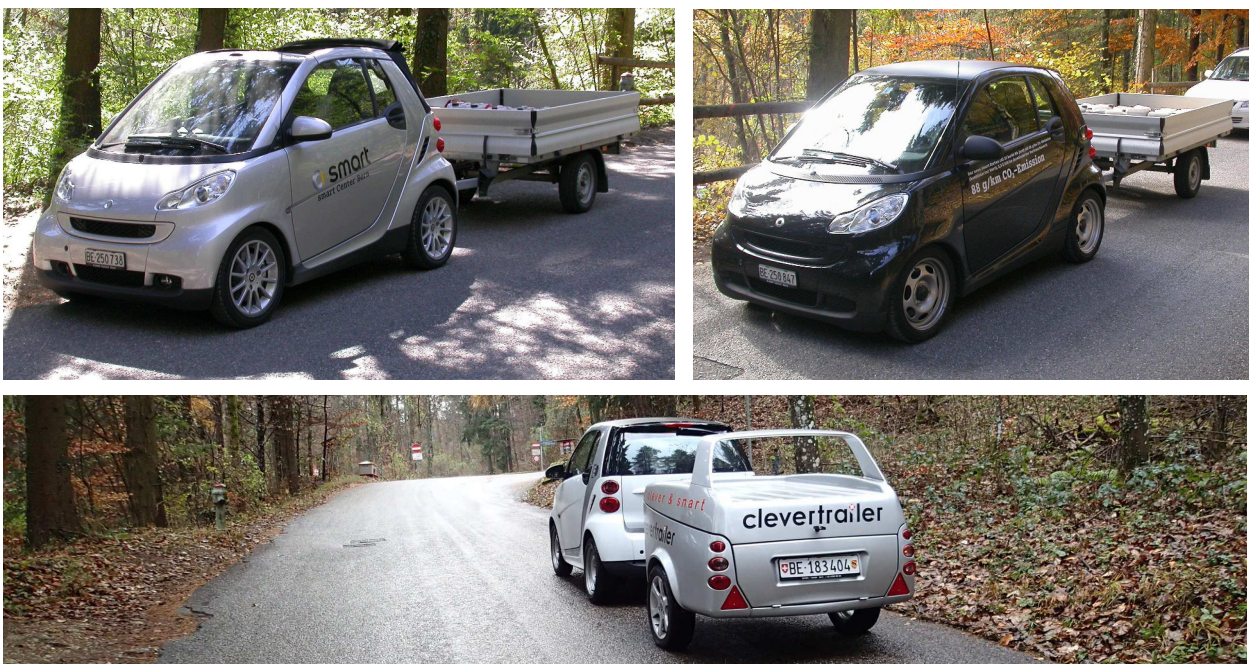


Abb. 6: Überprüfung der Feststellbremse (links: Versuchsfahrzeug 1, rechts: Versuchsfahrzeug 2, unten: Versuchsfahrzeug 3)

3.3 Überprüfung des Brems- und Stabilitätsverhaltens

Zur Überprüfung des Brems- und Stabilitätsverhaltens wurden die Versuchsfahrzeuge bis zum Gesamtgewicht von 1'050 kg, resp. 1'150 kg (mit Elektroantrieb) beladen und ein ungebremster Zentralachsanhänger mit einer Achslast von total 440 kg (40 kg Stützlast), resp. 430 kg (mit Elektroantrieb) angekoppelt.

Mittels Lenkradimpulsen wurde die Fahrzeugkombination bei Geschwindigkeiten von bis zu 80 km/h zum Pendeln angeregt. Dabei blieb das Fahrzeug gut beherrschbar, und der Anhängerzug stabilisierte sich selbstständig. Auch beim Bremsen blieb das Fahrzeug stabil und gut manövrierbar.

4 Schwingfestigkeitsprüfung

Prüfung gemäss ECE-R 55 Anh. 6 Kap. 3.1



Beschreibung

Für die Durchführung der 1-achsialen Schwingfestigkeitsprüfung wurde eine einstufige, wechselnde sinusförmige Kraft von $\pm 1.825 \text{ kN}$ (60% des D-Wertes von 3.04 kN) mit einem servohydraulischen Zylinder (Schenck PL 16) unter einem Winkel von 20° mit einer Frequenz von 7 Hz auf den Kupplungspunkt eingeleitet.

Das Fahrzeugchassis wurde zu diesem Zweck starr (Aufhängungsfedern und Stossdämpfer wurden durch starre Elemente ersetzt) auf dem Aufspannboden des Laborprüfstandes befestigt.

Nach der Schwingfestigkeitsprüfung waren keine Anrisse feststellbar. Die Anforderungen gemäss ECE-R 55 Anh. 6 Kap. 3.1 werden erfüllt.

5 Berechnung der Bremswirkung

Die Berechnung der Bremswirkung erfolgte nach ECE-R 13 (Anhang 4). Die vorgeschriebene Mindestbremswirkung für die Fahrzeugkombination berechnet sich wie folgt:

$$d_{M+R} = d_M \times \frac{PM}{PM + RP} \geq 5.4 \text{ m/s}^2$$

Dabei sind:

d_{M+R} = berechnete mittlere Vollverzögerung des Kraftfahrzeuges in m/s^2 , das an einen ungebremsten Anhänger angekuppelt ist

d_M = maximale mittlere Vollverzögerung des Kraftfahrzeuges allein in m/s^2 , die während der Prüfung Typ 0 mit ausgekuppeltem Motor erreicht wird

PM = Gewicht des Kraftfahrzeugs (beladen)

PR = maximales Gewicht eines ungebremsten Anhängers, der angekuppelt sein darf

Die gemäss Bremsgenehmigung Nr. 000273 des Kraftfahrt-Bundesamtes erreichte Bremswirkung (d_M) des beladenen Zugfahrzeuges ohne Anhänger beträgt $9.6 m/s^2$. Die Bremswirkung der Fahrzeugkombination beträgt somit:

$$d_{M+R} = 9.5 m/s^2 \times \frac{1050 kg}{1050 kg + 440 kg} = 6.69 m/s^2$$

Die vorgeschriebene Mindestbremswirkung wird erfüllt.

6 Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Untersuchungen an Fahrzeugen des Typs Smart fortwo führen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Anforderungen bezüglich des Anfahrvermögens werden erfüllt.
- Die Anforderungen bezüglich der Wirksamkeit der Feststellbremse in einem Gefälle von 12% werden erfüllt.
- Bei den subjektiv durchgeführten Brems- und Stabilitätsuntersuchungen wurden keine negativen Einflüsse auf das Fahrverhalten festgestellt.
- Nach der Schwingfestigkeitsprüfung waren sowohl am Anhängerbock als auch am Chassis keine Anrisse feststellbar.

Mit den in diesem Prüfbericht erwähnten Untersuchungen konnte der Nachweis der Betriebs- und Verkehrssicherheit erbracht werden. Der Auftraggeber kann gemäss Art. 41 eine Garantie für eine Anhängelast von 440 kg (Benzin und Diesel), resp. 430 kg (Elektroantrieb) übernehmen. Die Prüfstelle (DTC) behält sich vor, zu einem späteren Zeitpunkt aus der laufenden Produktion, Fahrzeuge hinsichtlich der Masshaltigkeit und der Verarbeitung zu beurteilen.

Durch die höhere Anhängelast kann die thermische und mechanische Beanspruchung des gesamten Antriebsstranges zunehmen, und dadurch dessen Lebensdauer unter Umständen verkürzt werden. Dieser Umstand war jedoch nicht Gegenstand der hier beschriebenen Untersuchungen.

7 Verwendungsbereich

7.1 Benzin- und Dieselantrieb

Gestützt auf diesen Prüfbericht kann der Hersteller ein Gesuch für die Erlangung einer ECE-Genehmigung für folgende Konfigurationen, Typen, und mit dem in diesem Bericht beschriebenen Anhängelock beantragen:

| Fahrzeugtypen: | |
|------------------------------------|--|
| e1*70/156-2001/116*0413 | e1*70/156-2007/37*0413 |
| Anhänger, Verbindungseinrichtung: | |
| Verwendbare Verbindungseinrichtung | Kugelkupplung |
| max. Anhängerterasse | 440 kg |
| Kennwerte | D-Wert max. 3.04 kN S-Wert max. 40 kg |
| Max. zulässige Fahrzeugterasse | 1'050 kg |
| Max. zulässiges Gesamtzugteracht | 1'490 kg |

Tab. 5: Konfiguration für Benzin- und Dieselantrieb

7.2 Variante mit Elektroantrieb

Gestützt auf diesen Prüfbericht kann der Hersteller ein Gesuch für die Erlangung einer ECE-Genehmigung für folgende Konfigurationen, Typen, und mit dem in diesem Bericht beschriebenen Anhängelock beantragen:

| Fahrzeugtypen: | |
|------------------------------------|--|
| e1*2007/46-371/2010*0540 | |
| Anhänger, Verbindungseinrichtung: | |
| Verwendbare Verbindungseinrichtung | Kugelkupplung |
| max. Anhängerterasse | 430 kg |
| Kennwerte | D-Wert max. 3.07 kN S-Wert max. 40 kg |
| Max. zulässige Fahrzeugterasse | 1'150 kg |
| Max. zulässiges Gesamtzugteracht | 1'580 kg |

Tab. 6: Konfiguration für die Variante mit Elektroantrieb

A Anhang

A.1 Zeichnung

