



Publikationen des
Umweltbundesamtes

**Ermittlung von
Rollgeräusch- und
Rollwiderstandsbeiwerten
sowie Durchführung von
Nassbremsversuchen mit
Nutzfahrzeugreifen**

Forschungsprojekt im Auftrag des
Umweltbundesamtes
FuE-Vorhaben
Förderkennzeichen 299 54 114

Dezember 2000

**Walter Reithmaier
Stefan Kretschmer
Branislav Savic**

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

Umweltforschungsplan
des Bundesministers für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Lärmbekämpfung
Forschungsbericht 299 54 114

Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten sowie Durchführung von Nassbremsversuchen mit Nutzfahrzeugreifen

Zweite Auflage

von
Dipl.-Ing. (FH) Walter Reithmaier
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kretschmer
Dipl.-Ing. (FH) Branislav Savic

TÜV Automotive GmbH
Reifen/Räder-Test-Center
Ridlerstraße 57
D-80339 München

Geschäftsführer
Dr.-Ing. Michael Siedentop
Dr.-Ing. Thomas Aubel

**IM AUFTRAG DES
UMWELTBUNDESAMTES**

Januar 2000 bis Dezember 2000

Berichtsnummer UBA-FB 299 54 114		
Titel des Berichts Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten sowie Durchführung von Nassbremsversuchen mit Nutzfahrzeugreifen		
Autoren Dipl.-Ing. (FH) Walter Reithmaier Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kretschmer Dipl.-Ing. (FH) Branislav Savic	Abschlussdatum: 15.12.2000	
	Veröffentlichungsdatum	
Durchführende Institution TÜV Automotive GmbH, Unternehmensgruppe TÜV Süddeutschland, Reifen/Räder-Test-Center Ridlerstraße 57, D-80339 München	UFOPLAN-Nr.: 299 54 114	
	Seitenzahl: 41	
	Literaturangaben	
Fördernde Institution Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14191 Berlin	Tabellen und Diagramme: 57	
	Abbildungen: 35	
Zusätzliche Angaben		
Kurzfassung Es sollen in den Dimensionen 225/70 R15C , 215/75 R17,5 , 275/70 R22,5 und 315/80 R22,5 an jeweils einem Lenkachs- und Antriebsachsreifenkollektiv Geräusch, Rollwiderstand sowie Nassbremsverhalten untersucht werden. Die Kollektive umfassen je 4 bzw. 5 Reifenmarken und wurden nach marktrelevanten Gesichtspunkten zusammengestellt.		
Schlagwörter Reifen, Rollgeräusch, Rollwiderstand, Nassbremsen		
Preis		
Report No.: UBA-FB 299 54 114		

Report title: Determination of rolling noise and rolling-resistance coefficients and conduct of wet surface brake tests on utility-vehicle tires		
Authors: Dipl.-Ing. (FH) Walter Reithmaier Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kretschmer Dipl.-Ing. (FH) Branislav Savic	Report date: Dec. 15, 2000	
	Publication date:	
Testing organization: TÜV Automotive GmbH, TÜV Süddeutschland Group, Tire / Wheel Test Center Ridlerstraße 57, D-80339 Munich	UFOPLAN-Nr.: 299 54 114	
	No. of pages: 41	
	No. of references:	
Sponsoring agency: Federal Environmental Protection Agency, Bismarck- platz 1, 14191 Berlin	No. of tables and diagrams: 57	
	No. of figures: 35	
Additional information:		
Abstract: The aim of the study was to investigate rolling noise, rolling-resistance and wet-braking characteristics of various tires of the following size categories 225/70 R15C , 215/75 R17.5 , 275/70 R22.5 and 315/80 R22.5 mounted either to the steering axle or the drive axle. Each tire population comprised 4 or 5 tire brands selected according to market relevance.		
Keywords: Tires, rolling noise, rolling resistance, wet braking		
Price:		

I Allgemeiner Teil

I.1 Inhaltsverzeichnis:

I	Allgemeiner Teil.....	1
I.1	Inhaltsverzeichnis:.....	1
I.2	Abkürzungen:	4
II	Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten.....	5
II.1	Vorwort:	5
II.2	Einleitung:.....	5
II.3	Prüfkollektiv:	8
II.3.1	Sommerreifen 225/70 R15 C, LLKW, Lieferverkehr.....	8
II.3.2	Lenkachsreifen 215/75 R 17,5, LKW Nahverkehr	9
II.3.3	Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S, LKW Nahverkehr	10
II.3.4	Lenkachsreifen 275/70 R 22,5, Omnibus, Kommunalverkehr.....	11
II.3.5	Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S, Omnibus, Kommunalverkehr	12
II.3.6	Lenkachsreifen 315/80 R 22,5, LKW Fernverkehr	13
II.3.7	Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S, LKW Fernverkehr	14
II.4	Ausführung	15
II.4.1	Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948	15
II.4.1.1	Vorbereitung der Reifen.....	15
II.4.1.2	Prüfmaschine.....	15
II.4.1.3	Versuchsdurchführung	15
II.4.1.4	Reifengröße 225/70 R15 C	16
II.4.1.5	Reifengröße 215/75 R17,5	16
II.4.1.6	Reifengröße 275/70 R22,5	16
II.4.1.7	Reifengröße 315/80 R22,5	16
II.4.2	Massenbestimmung.....	17
II.4.3	Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG	17
II.4.3.1	Vorbereitung der Reifen.....	17
II.4.3.2	Testgelände.....	17
II.4.3.3	Versuchsdurchführung	18
II.4.3.4	Reifengröße 225/70 R15 C auf MB Sprinter	19
II.4.3.5	Reifengröße 215/75 R17,5 auf MB Atego	19
II.4.3.6	Reifengröße 275/70 R22,5 auf MB Actros.....	20
II.4.3.7	Reifengröße 315/80 R22,5 auf MB Actros.....	20

II.4.4	Bremsen nass.....	20
II.4.4.1	Vorbereitung der Reifen.....	20
II.4.4.2	Testgelände.....	21
II.4.4.3	Versuchsdurchführung	21
II.5	Bedingungen.....	23
II.5.1	Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948	23
II.5.2	Massenbestimmung.....	23
II.5.3	Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG	23
II.5.3.1	225/70 R15C.....	23
II.5.3.2	215/75 R17,5.....	23
II.5.3.3	275/70 R22,5.....	23
II.5.3.4	315/80 R22,5.....	23
II.5.4	Bremsen nass.....	24
II.5.4.1	225/70 R15C.....	24
II.5.4.2	215/75 R17,5.....	24
II.5.4.3	275/70 R22,5.....	24
II.5.4.4	315/80 R22,5.....	24
II.6	Ergebnisse.....	25
II.6.1	Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948	25
II.6.1.1	Sommerreifen 225/70 R15 C	25
II.6.1.2	Lenkachsreifen 215/75 R17,5	25
II.6.1.3	Antriebsachsreifen 215/75 R17,5 M&S	25
II.6.1.4	Lenkachsreifen 275/70 R22,5	26
II.6.1.5	Antriebsachsreifen 275/70 R22,5 M&S	26
II.6.1.6	Lenkachsreifen 315/80 R22,5	26
II.6.1.7	Antriebsachsreifen 315/80 R22,5 M&S	27
II.6.2	Massenbestimmung.....	27
II.6.2.1	Sommerreifen 225/70 R15 C	27
II.6.2.2	Lenkachsreifen 215/75 R 17,5	27
II.6.2.3	Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S	28
II.6.2.4	Lenkachsreifen 275/70 R 22,5	28
II.6.2.5	Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S	28
II.6.2.6	Lenkachsreifen 315/80 R 22,5	29
II.6.2.7	Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S	29
II.6.3	Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG	30
II.6.3.1	Sommerreifen 225/70 R15 C	30
II.6.3.2	Lenkachsreifen 215/75 R 17,5	30
II.6.3.3	Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S	30
II.6.3.4	Lenkachsreifen 275/70 R 22,5	31
II.6.3.5	Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S	31

II.6.3.6	Lenkachsreifen 315/80 R 22,5	31
II.6.3.7	Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S	32
II.6.4	Bremsen nass.....	32
II.6.4.1	Sommerreifen 225/70 R15 C	32
II.6.4.2	Lenkachsreifen 215/75 R 17,5	32
II.6.4.3	Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S	33
II.6.4.4	Lenkachsreifen 275/70 R 22,5	33
II.6.4.5	Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S	33
II.6.4.6	Lenkachsreifen 315/80 R 22,5	33
II.6.4.7	Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S	34
II.6.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	34
II.7	Schlussbemerkung und Ausblick.....	38
II.8	Anlagen	39

I.2 Abkürzungen:

ABS	Anti Blockier System
dB(A)	Dezibel A-bewertet
FA	Front Axle (=Vorderachse)
RA	Rear Axle (=Hinterachse)
VA	Vorderachse
HA	Hinterachse
VL	Radposition Vorne Links
VR	Radposition Vorne Rechts
HL	Radposition Hinten Links
HR	Radposition Hinten Rechts
LLKW	Leicht-Lastkraftwagen

II Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten

II.1 Vorwort:

Neben Einflüssen vieler Komponenten der Fahrzeugtechnik, des Fahrverhaltens, der Straßenoberfläche und der Zahl fahrender Fahrzeuge wird der Straßenverkehrslärm ganz wesentlich von den Rollgeräuschen (Reifen - Fahrbahn) bestimmt, an denen wiederum die Reifen einen erheblichen Anteil haben.

Dies gilt vor allem bei höheren Geschwindigkeiten, aber auch im fließenden Verkehr in der Stadt liegen die Rollgeräusche vielfach bereits über den Antriebsgeräuschen der Fahrzeuge.

Die heute angebotenen Reifen erzeugen (selbst bei gleicher Reifengröße) sehr unterschiedliche Rollgeräusche. Durch eine breite Markteinführung lärmarmen Reifen kann der Verkehrslärm im Mittel um die Hälfte reduziert werden; an Autobahnen und Landstraßen kann das Minderungspotential durchaus auch höher liegen.

Gleichzeitig zur Lärmoptimierung weisen neue Reifen oftmals auch einen geringeren Rollwiderstand auf, wodurch der Kraftstoffverbrauch beträchtlich vermindert werden kann.

Im Rahmen unserer Untersuchungen stellten wir, bei Reifentypen einer Größe, Gewichtsunterschiede bis zu 15% fest. Eine Reduzierung des Gewichtes trägt somit auch zur Ressourcenschonung bei, jedoch muss dabei die Lebensdauer / Laufleistung und im besonderen die Nachschneidbarkeit in Abhängigkeit vom Verwendungszweck berücksichtigt werden.

Andererseits dürfen bei der Einführung lärm- und rollwiderstandsoptimierter Reifen die allgemeinen Gebrauchseigenschaften und insbesondere die Verkehrssicherheit nicht vergessen werden. Es ist vor allem darauf zu achten, dass die Nässeigenschaften, hier im Besonderen das Bremsen auf nasser Fahrbahn, als sicherheitsrelevante Kriterien weiterhin dem Stand der Technik entsprechen.

II.2 Einleitung:

Im Hinblick auf die Erteilung eines Umweltzeichens für lärm mindernde und kraftstoffsparende Neureifen für LKW und Kraftomnibusse soll ein repräsentativer Querschnitt des derzeit aktuellen bundesdeutschen Reifenmarktes auf seine Eigenschaften untersucht werden.

Durchgeführt wurden an:

- 4 Satz Sommerreifen 225/70 R15C
(LLKW, Lieferverkehr)
- 5 Satz Lenkachsreifen 215/75 R17,5
(LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr)
- 5 Satz Antriebsachsreifen 215/75 R17,5
(LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr)
- 4 Satz Lenkachsreifen 275/70 R22,5
(Omnibus, Kommunalverkehr)
- 4 Satz Antriebsachsreifen 275/70 R22,5
(Omnibus, Kommunalverkehr)
- 5 Satz Lenkachsreifen 315/80 R22,5
(LKW schwere Baureihe, Fernverkehr)
- 5 Satz Antriebsachsreifen 315/80 R22,5
(LKW schwere Baureihe, Fernverkehr)

folgende Messungen:

- Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bei 50, 90 und 120 km/h (nur Dimension 225/70 R15C) bzw. nach ISO 9948 bei 80 km/h.
- Reifen-Fahrbahn Geräuschmessung nach Vorschlag zur 92/23/EWG (Stand März 2000).
- Messung des Bremsweges auf nasser Fahrbahn

Die Reifenauswahl wurde in 4 Verwendungsbereiche gegliedert: Kommunalverkehr, Lieferverkehr, Nahverkehr und Fernverkehr. Für jeden Verwendungsbereich wurde eine charakteristische Größe in Rücksprache mit den Fahrzeugherstellern ermittelt. Anschließend wurde aus den aktuellen Lieferprogrammen der Hersteller die zum jeweiligen Verwendungsbereich passenden Profile gewählt. Des weiteren wurde bei der Reifenauswahl auf eine Marktanalyse und eine Verkaufszahlenstatistik, unter Berücksichtigung des Standes der Technik, zurückgegriffen.

Das Hauptkriterium Reifen-Fahrbahn Geräusch wurde auf Basis des Vorschlages zur Richtlinie 92/23/EWG gemessen. Das zweite Hauptkriterium ist die Ermittlung des Rollwiderstandes nach ISO 8767 bzw. ISO 9948 und der Masse, beschrieben in der Anlage 2.

Bei der Ermittlung des Kriteriums „Messung des Bremsweges auf nasser Fahrbahn“, konnte nicht auf normierte Prüfverfahren zurückgegriffen werden. Für die Messungen der Reifengrößen 17,5" und 22,5" wurde ein mit ABS ausgerüsteter Bremsanhänger verwendet. Wegen nicht definierter Regeleigenschaften des

pneumatischen ABS unterhalb von 30 km/h wurde der Messbereich für die Reifengrößen 22,5" auf 70 bis 30 km/h festgelegt.

Für die Reifengröße 17,5" wurde der Messbereich von 60 bis 30 km/h definiert.

Die Reifengröße 225/70 R15C wurde mit einem handelsüblichen Mercedes Sprinter gemessen. Der Messbereich betrug 90 bis 10 km/h.

Die Messungen wurden im Zeitraum März bis Juni 2000 durchgeführt.



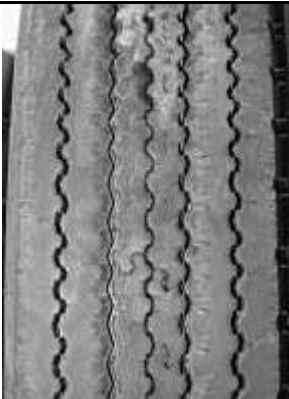

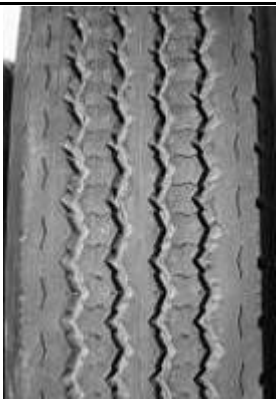
Sie erfolgten an jeweils einem Prüfmuster ohne Berücksichtigung von qualitativen Schwankungen in der Serienproduktion. Eine statistische Auswertung der exemplarisch ermittelten Resultate bzw. eine generelle Qualitätsaussage ist daher nicht möglich.

II.3 Prüfkollektiv:






II.3.1 Sommerreifen 225/70 R15 C, LLKW, Lieferverkehr

	
Michelin XCA	Goodyear CARGO G26
	
Continental Vanco 8	Dunlop SP LT 8





II.3.2 Lenkachsreifen 215/75 R 17,5, LKW Nahverkehr

	
Michelin XZE 1	Goodyear Unisteel G 291
	
Continental LS 45	Dunlop SP 351
	
Toyo M 109	





II.3.3 Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S, LKW Nahverkehr

	
Michelin XDE 1	Goodyear Unisteel G 124
	
Continental LD 75	Dunlop SP 431
	
Toyo M 608 z	






II.3.4 Lenkachsreifen 275/70 R 22,5, Omnibus, Kommunalverkehr

	
Michelin XZU	Goodyear Metro MCS
	
Continental HB	Dunlop SP 741 city



II.3.5 Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S, Omnibus, Kommunalverkehr

	
Michelin XZU 2T	Goodyear G 267
	
Continental HDU	Dunlop SP 531 city

II.3.6 Lenkachsreifen 315/80 R 22,5, LKW Fernverkehr

	
Michelin XZA 2 Energy	Goodyear Marathon LHS
	
Continental HSL eco - plus	Dunlop SP 351
	
Toyo M 111	

II.3.7 Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S, LKW Fernverkehr

	
Michelin XDA 2 Energy	Goodyear Marathon LHD
	
Continental HDL eco - plus	Dunlop SP 451
	
Toyo M 622	

II.4 Ausführung

II.4.1 Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948

Definition des Rollwiderstandsbeiwertes c_R :

Der Koeffizient c_R [%] errechnet sich aus den Mittelwerten der Rollwiderstandswerte in Newton [N] geteilt durch die Radlast in [N] multipliziert mit 100 [%].

II.4.1.1 Vorbereitung der Reifen

Vor der eigentlichen Messung laufen die Reifen der Dimension 225/70 R15C 30 Minuten bei 50 km/h unter Prüfbedingungen ein.

Bei den Reifen der Größen 215/75 R17,5, 275/70 R22,5 und 315/80 R22,5 laufen die Reifen 120 min bei 80 km/h ein.

Alle Reifen werden mindestens sechs Stunden unter Prüfraumbedingungen konditioniert.

II.4.1.2 Prüfmaschine

Der Rollwiderstand wird auf einer Prüfmaschine mit Trommeldurchmesser 2000mm für die Dimension 225/70R15C nach der ISO 8767 ermittelt und mit einem Trommeldurchmesser 1707mm für die Dimensionen 215/75R17,5, 275/70R22,5 und 315/80R22,5 nach der ISO 9948 ermittelt.

II.4.1.3 Versuchsdurchführung

Bei der Reifengröße 225/70 R15C wird die elektrische Leistungsaufnahme bei angepresstem und abgehobenen Reifen gemessen; die Differenz stellt den Rollwiderstand dar.

Bei den Reifengrößen 215/75 R17,5, 275/70 R22,5 und 315/80 R22,5 wird bei angepresstem Reifen der auftretende Geschwindigkeitsabfall und die benötigte Zeit gemessen. Hierbei darf die Geschwindigkeitsänderung nicht größer als 1 km/h und die Messzeit nicht größer als 0,5 s werden. Der Rollwiderstand wird nach einer in der ISO 9948 festgelegten Formel errechnet.

Die Messung wird an insgesamt zwei Reifen durchgeführt.

Der Luftdruck wird im konditionierten Zustand eingestellt; freier Druckaufbau während der Messung. Radlast und Fülldruck werden nach Vorgaben der ISO 8767 bzw. ISO 9948 ermittelt.

	225/70R15C	215/75 R17,5 275/70 R22,5 315/80 R22,5
Trommeldurchmesser:	2000 mm	1707 mm
Messgeschwindigkeit:	50, 90, 120 km/h	80 km/h
Sturzwinkel:	0°	0°
Prüfraumtemperatur:	25°C	25°C

II.4.1.4 Reifengröße 225/70 R15 C

Radlast: 896 kg

Fülldruck (kalt): 3,6 bar

II.4.1.5 Reifengröße 215/75 R17,5

Radlast: 1473 kg

Fülldruck (kalt): 7,0 bar

II.4.1.6 Reifengröße 275/70 R22,5

Radlast: 2730 kg

Fülldruck (kalt): 9,0 bar

II.4.1.7 Reifengröße 315/80 R22,5

Radlast: 3466 kg

Fülldruck (kalt): 8,5 bar

II.4.2 Massenbestimmung

Die durchschnittliche Masse von allen Reifentypen wurde im Vorfeld der Rollwiderstandsmessung auf einer kalibrierten Waage ermittelt.

II.4.3 Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG

II.4.3.1 Vorbereitung der Reifen

Die Reifen wurden vor der eigentlichen Messung ca. 200 km auf öffentlichen Straßen eingefahren, um Formtrennmittel, Formaustriebe und ähnliches von den Reifen zu entfernen.

Der Einfahrvorgang wurde mit mittleren Geschwindigkeiten von ca. 80 km/h bei den Größen 215/75 R17,5; 275/70 R22,5; 315/80 R22,5 und ca. 120 km/h bei der Größe 225/70 R15 C durchgeführt. Eine Reifenabnutzung in Kurven wurde weitestgehend vermieden.

II.4.3.2 Testgelände

Die Teststrecke entspricht den Anforderungen von ISO 10844. Die Messgeräte entsprechen Klasse 1 der ISO 651.

Die Mikrofone sind im Abstand von 7,5 m zur Mittellinie in einer Höhe von 1,20 m über der Messfläche angeordnet.

Die Mikrofone wurden vor Beginn der Messungen kalibriert.



Abbildung 1: Geräuschmessstrecke

II.4.3.3 Versuchsdurchführung

Das Fahrzeug wurde durch die Messstrecke mit abgeschaltetem Motor und Getriebe in Leerlaufposition gerollt. Der maximale Schalldruckpegel in dB(A) für die rechte und linke Fahrzeugseite wurde zusammen mit der Geschwindigkeit aufgezeichnet.

Diese Messung wurde 8 mal bei verschiedenen Geschwindigkeiten durchgeführt; die einzelnen Geschwindigkeiten werden möglichst gleichmäßig auf das Geschwindigkeitsfenster verteilt. Die Ergebnisse werden mittels Regressionsanalyse auf die Referenzgeschwindigkeit bezogen.



Abbildung 2: Geräuschmessung MB Actros, Reifengröße 315/80 R22,5

Die Radlast soll zwischen 50% und 90% der maximal erlaubten Reifentragfähigkeit liegen, zugleich soll das Gesamtgewicht des jeweiligen Fahrzeugs zwischen 70% und 80% der max. Reifentragfähigkeit multipliziert mit der Anzahl der Reifen liegen (entsprechend Vorschlag 92/23 EWG). Der Reifenfülldruck wird mittels einer gegebenen Formel berechnet.

Reifengröße:	225/70 R15C	215/75 R17,5 275/70 R22,5 315/80 R22,5
Referenzgeschwindigkeit:	80 km/h	70 km/h
Geschwindigkeitsfenster:	70 - 90 km/h	60 - 80 km/h

II.4.3.4 Reifengröße 225/70 R15 C auf MB Sprinter

Radlast Vorderachse: 785 kg

Fülldruck Vorderachse: 3,1 bar

(berechnet nach Vergaberichtlinie)

Auslastung Vorderachse: 70 %

Radlast Hinterachse: 795 kg

Fülldruck Hinterachse: 3,1 bar

(berechnet nach Vergaberichtlinie)

Auslastung Hinterachse: 71 %

Auslastung Gesamt: 71 %

II.4.3.5 Reifengröße 215/75 R17,5 auf MB Atego

Radlast Vorderachse: 1300 kg

Fülldruck Vorderachse: 5,2 bar

(berechnet nach Vergaberichtlinie)

Auslastung Vorderachse: 76 %

Radlast Hinterachse: 1300 kg

Fülldruck Hinterachse: 5,2 bar

(berechnet nach Vergaberichtlinie)

Auslastung Hinterachse: 76 %

Auslastung Gesamt: 76 %

II.4.3.6 Reifengröße 275/70 R22,5 auf MB Actros

Radlast Vorderachse:	2740 kg
Fülldruck Vorderachse:	7,7 bar (7,8 bar bei Dunlop SP 741)*
(berechnet nach Vergaberichtlinie)	
Auslastung Vorderachse:	87 %
Radlast Hinterachse:	1680 kg
Fülldruck Hinterachse:	4,2 bar
(berechnet nach Vergaberichtlinie)	
Auslastung Hinterachse:	53 %
Auslastung Gesamt:	70 %

* Anmerkung: Beim Reifen Dunlop SP741 war, um die gleiche prozentuale Auslastung wie bei den übrigen Testreifen zu erreichen, auf Grund eines höheren Lastindex ein erhöhter Luftdruck notwendig.

II.4.3.7 Reifengröße 315/80 R22,5 auf MB Actros

Radlast Vorderachse:	2850 kg
Fülldruck Vorderachse:	6,2 bar
(berechnet nach Vergaberichtlinie)	
Auslastung Vorderachse:	76 %
Radlast Hinterachse:	2735 kg
Fülldruck Hinterachse:	6,2 bar
(berechnet nach Vergaberichtlinie)	
Auslastung Hinterachse:	73 %
Auslastung Gesamt:	74 %

II.4.4 Bremsen nass

II.4.4.1 Vorbereitung der Reifen

Die Reifen wurden im Rahmen der vorhergehenden Geräuschmessung bereits eingefahren.

Der Luftdruck wird auf den vom Fahrzeughersteller für die entsprechende Belastung vorgegebenen Wert eingestellt.

II.4.4.2 Testgelände

Die Nassbremsversuche wurden auf einer künstlich beregneten Asphalt - Fahrbahn durchgeführt.

II.4.4.3 Versuchsdurchführung

Der Mercedes Sprinter und der Versuchsanhänger waren auf $65\% \pm 5\%$ der Reifentragfähigkeit beladen.

Der bei der Reifengröße 225/70 R15C verwendete Mercedes Sprinter wurde mittels des serienmäßigen 4-Rad ABS verzögert.

Der einachsige Versuchsanhänger war mit zwei Reifen bestückt. Er wurde mittels ABS verzögert. Das Zugfahrzeug befand sich im ausgekuppelten Zustand und wurde nicht gebremst. Die Vollbremsung wurde durch ein Magnetventil am Anhängerbremsventil ausgelöst.

Geschwindigkeit und Bremsweg wurden mittels eines Radar - Sensors erfasst, die durchschnittliche Verzögerung errechnet.

	Geschwindigkeit
225/70 R15 C	90 - 10 km/h
215/75 R17,5	60 - 30 km/h
275/70 R22,5	70 - 30 km/h
315/80 R22,5	70 - 30 km/h

Es wurden pro Reifensatz insgesamt fünf Versuche gewertet.



**Abbildung 3: Nassbremsung mit Versuchsanhänger,
Reifengröße 215/75 R17,5**

II.5 Bedingungen

II.5.1 Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948

Temperatur: 25°C
Trommeloberfläche: Stahl, glatt

II.5.2 Massenbestimmung

Waage: Sartorius F150S, Nr. QS-06M0027

II.5.3 Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG

II.5.3.1 225/70 R15C

Lufttemperatur: 21°C bis 22°C
Fahrbahntemperatur: 41°C bis 50°C
Fahrbahn: Asphalt nach ISO10844

II.5.3.2 215/75 R17,5

Lufttemperatur: 12°C bis 15°C
Fahrbahn: Asphalt nach ISO10844

II.5.3.3 275/70 R22,5

Lufttemperatur: 8°C bis 13°C
Fahrbahn: Asphalt nach ISO10844

II.5.3.4 315/80 R22,5

Lufttemperatur: 18°C bis 23°C
Fahrbahn: Asphalt nach ISO10844

II.5.4 Bremsen nass

II.5.4.1 225/70 R15C

Lufttemperatur: 17°C - 19°C

Fahrbahntemperatur: 20°C - 24°C

II.5.4.2 215/75 R17,5

Lufttemperatur: 14°C bis 19°C

Fahrbahntemperatur: 15°C bis 26°C

II.5.4.3 275/70 R22,5

Lufttemperatur: 21°C bis 26°C

Fahrbahntemperatur: 19°C bis 26°C

II.5.4.4 315/80 R22,5

Lufttemperatur: 14°C bis 24°C

Fahrbahntemperatur: 17°C bis 28°C

II.6 Ergebnisse

II.6.1 Rollwiderstandsmessung nach ISO 8767 bzw. ISO 9948

Mittlere Rollwiderstandskraft bei 50, 90 und 120 km/h (nur II.6.1.1) bzw. 40, 60 und 80 km/h und Rollwiderstandskoeffizient c_R :

II.6.1.1 Sommerreifen 225/70 R15 C

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c_R [%]
Michelin	XCA	81,40	0,93
Goodyear	CARGO G26	81,27	0,93
Continental	Vanco 8	79,19	0,90
Dunlop	SP LT8	86,18	0,98

II.6.1.2 Lenkachsreifen 215/75 R17,5

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c_R [%]
Michelin	XZE 1	92,73	0,65
Goodyear	Unisteel G291	101,58	0,72
Continental	LS 45	105,69	0,75
Dunlop	SP 351	94,98	0,67
Toyo	M 109	107,91	0,76

II.6.1.3 Antriebsachsreifen 215/75 R17,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c_R [%]
Michelin	XDE 1	106,71	0,75
Goodyear	Unisteel G124	108,82	0,77
Continental	LD 75	121,28	0,86
Dunlop	SP 431	114,64	0,81
Toyo	M 608 z	120,09	0,85

II.6.1.4 Lenkachsreifen 275/70 R22,5

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c _R [%]
Michelin	XZU	170,53	0,65
Goodyear	Metro MCS	149,61	0,57
Continental	HB	169,88	0,65
Dunlop	SP 741	158,03	0,60

II.6.1.5 Antriebsachsreifen 275/70 R22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c _R [%]
Michelin	XZU 2T	160,09	0,61
Goodyear	G 267	159,38	0,61
Continental	H DU	183,08	0,70
Dunlop	SP 531 city	181,92	0,69

II.6.1.6 Lenkachsreifen 315/80 R22,5

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c _R [%]
Michelin	XZA 2 Energy	162,59	0,49
Goodyear	Marathon LHS	145,18	0,44
Continental	HSL eco - plus	154,90	0,46
Dunlop	SP 351	161,11	0,48
Toyo	M 111	181,43	0,54

II.6.1.7 Antriebsachsreifen 315/80 R22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Rollwiderstand [N]	c _R [%]
Michelin	XDA 2 Energy	194,21	0,58
Dunlop	Marathon LHD	190,43	0,57
Continental	HDL eco - plus	187,05	0,56
Goodyear	SP 451	220,31	0,66
Toyo	M 622	233,68	0,70

II.6.2 Massenbestimmung

Mittlere Masse eines Reifens in kg.

II.6.2.1 Sommerreifen 225/70 R15 C

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XCA	14,71
Goodyear	Cargo G 26	15,51
Continental	Vanco 8	15,22
Dunlop	SP LT 8	17,53

II.6.2.2 Lenkachsreifen 215/75 R 17,5

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XZE1	24,48
Goodyear	Unisteel G291	24,65
Continental	LS 45	25,18
Dunlop	SP 351	24,20
Toyo	M109	25,27

II.6.2.3 Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XDE1	24,42
Goodyear	Unisteel G124	24,57
Continental	LD 75	25,54
Dunlop	SP 431	25,29
Toyo	M 608 z	25,41

II.6.2.4 Lenkachsreifen 275/70 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XZU	57,96
Goodyear	Metro MCS	56,63
Continental	HB	52,04
Dunlop	SP 741	54,42

II.6.2.5 Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XZU 2T	53,18
Goodyear	G 267	51,11
Continental	H DU	52,35
Dunlop	SP 531 city	57,18

II.6.2.6 Lenkachsreifen 315/80 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XZA 2 Energy	64,13
Goodyear	Marathon LHS	71,28
Continental	HSL eco - plus	59,64
Dunlop	SP 351	64,30
Toyo	M111	62,91

II.6.2.7 Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Masse [kg]
Michelin	XDA 2 Energy	72,60
Goodyear	Marathon LHD	75,73
Continental	HDL eco - plus	68,20
Dunlop	SP 451	71,90
Toyo	M 622	67,39

II.6.3 Reifen/Fahrbahn Geräusch nach 92/23/EWG

Aufgezeichnetes Reifen-Fahrbahn Geräusch in dB(A), bei der Reifengröße 225/70 R15 C temperaturkompensiert auf eine Fahrbahntemperatur von 20°C und mathematisch gerundet

II.6.3.1 Sommerreifen 225/70 R15 C

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XCA	72,32	72
Goodyear	CARGO G26	73,14	73
Continental	Vanco 8	70,89	71
Dunlop	SP LT8	72,71	73

II.6.3.2 Lenkachsreifen 215/75 R 17,5

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XZE 1	72,49	72
Goodyear	Unisteel G291	71,28	71
Continental	LS 45	70,96	71
Dunlop	SP 351	69,99	70
Toyo	M 109	69,81	70

II.6.3.3 Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XDE 1	75,54	76
Goodyear	Unisteel G124	74,88	75
Continental	LD 75	73,48	73
Dunlop	SP 431	74,29	74
Toyo	M 608 z	72,72	73

II.6.3.4 Lenkachsreifen 275/70 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XZU	70,46	70
Goodyear	Metro MCS	70,30	70
Continental	HB	70,76	71
Dunlop	SP 741 city	70,90	71

II.6.3.5 Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XZU 2 T	74,71	75
Goodyear	G 267	72,35	72
Continental	H DU	75,37	75
Dunlop	SP 531 city	74,90	75

II.6.3.6 Lenkachsreifen 315/80 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XZA 2 Energy	68,04	68
Goodyear	Marathon LHS	69,12	69
Continental	HSL eco - plus	68,57	69
Dunlop	SP 351	70,34	70
Toyo	M 111	70,93	71

II.6.3.7 Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Geräusch [dB(A)]	gerundet [dB(A)]
Michelin	XDA 2 Energy	73,64	74
Goodyear	Marathon LHD	72,76	73
Continental	HDL eco - plus	75,70	76
Dunlop	SP 451	73,06	73
Toyo	M 622	74,08	74

II.6.4 Bremsen nass

Mittlerer Bremsweg bei Verzögerung auf nasser Asphaltfahrbahn und Abweichung vom interpolierten Mittelwert des Kollektives.

Die positive Abweichung kennzeichnet den kürzeren Bremsweg, d.h. den 'besseren' Reifen.

II.6.4.1 Sommerreifen 225/70 R15 C

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XCA	60,65	-10,45
Goodyear	CARGO G26	49,24	12,87
Continental	Vanco 8	65,12	-17,09
Dunlop	SP LT8	44,90	25,12

II.6.4.2 Lenkachsreifen 215/75 R 17,5

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XZE 1	107,16	-8,24
Goodyear	Unisteel G291	92,76	7,87
Continental	LS 45	97,38	2,93
Dunlop	SP 351	97,58	3,27
Toyo	M 109	98,84	2,42

II.6.4.3 Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XDE 1	101,92	-2,93
Goodyear	Unisteel G124	100,66	-1,62
Continental	LD 75	96,74	2,54
Dunlop	SP 431	98,52	0,70
Toyo	M 608 z	95,32	4,23

II.6.4.4 Lenkachsreifen 275/70 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XZU	114,30	0,86
Goodyear	Metro MCS	112,84	1,89
Continental	HB	118,84	-3,45
Dunlop	SP 741 city	114,60	-0,16

II.6.4.5 Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XZU 2 T	115,76	-2,73
Goodyear	G 267	106,30	5,61
Continental	H DU	111,66	-0,11
Dunlop	SP 531 city	111,02	-0,04

II.6.4.6 Lenkachsreifen 315/80 R 22,5

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XZA 2 Energy	101,62	2,44
Goodyear	Marathon LHS	100,68	2,19
Continental	HSL eco - plus	104,14	-2,24
Dunlop	SP 351	104,96	-4,06
Toyo	M 111	100,24	-0,77

II.6.4.7 Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5 M&S

Hersteller	Bezeichnung	Bremsweg [m]	Abweichung [%]
Michelin	XDA 2 Energy	105,58	0,60
Goodyear	Marathon LHD	107,60	-1,47
Continental	HDL eco - plus	104,48	1,26
Dunlop	SP 451	107,82	-2,05
Toyo	M 622	104,28	1,06

II.6.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

LLKW, LIEFERVERKEHR

225/70 R15 C, Klasse C2, normal				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,93	14,71	72	60,65
Goodyear	0,93	15,51	73	49,24
Continental	0,90	15,22	71	65,12
Dunlop	0,98	17,53	73	44,90

LKW MITTLERE BAUREIHE, NAHVERKEHR

215/75 R17,5, Klasse C3, normal Lenkachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,65	24,48	72	107,16
Goodyear	0,72	24,65	71	92,76
Continental	0,75	25,18	71	97,38
Dunlop	0,67	24,20	70	97,58
Toyo	0,76	25,27	70	98,84

215/75 R17,5, Klasse C3, M&S Antriebsachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,75	24,42	76	101,92
Goodyear	0,77	24,57	75	100,66
Continental	0,86	25,54	73	96,74
Dunlop	0,81	25,29	74	98,52
Toyo	0,85	25,41	73	95,32

OMNIBUS, KOMMUNALVERKEHR

275/70 R22,5, Klasse C3, normal Lenkachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,65	57,96	70	114,30
Goodyear	0,57	56,63	70	112,84
Continental	0,65	52,04	71	118,84
Dunlop	0,60	54,42	71	114,60

275/70 R22,5, Klasse C3, M&S Antriebsachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,61	53,18	75	115,76
Goodyear	0,61	51,11	72	106,30
Continental	0,70	52,35	75	111,66
Dunlop	0,69	57,18	75	111,02

LKW SCHWERE BAUREIHE, FERNVERKEHR

315/80 R22,5, Klasse C3, normal Lenkachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,49	64,13	68	101,62
Goodyear	0,44	71,28	69	100,68
Continental	0,46	59,64	69	104,14
Dunlop	0,48	64,30	70	104,96
Toyo	0,54	62,91	71	100,24

315/80 R22,5, Klasse C3, M&S Antriebsachsreifen				
	Rollwiderstand cr [%]	Masse [kg]	Geräusch [dB(A)]	Nassbremsen [m]
Michelin	0,58	72,60	74	105,58
Goodyear	0,57	75,73	73	107,60
Continental	0,56	68,20	76	104,48
Dunlop	0,66	71,90	73	107,82
Toyo	0,70	67,39	74	104,28

II.7 Schlussbemerkung und Ausblick

In unserer Gesellschaft ist Lärm- und Abgasminderung in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. Ständig steigendes Verkehrsaufkommen auf den Straßen führt zur wachsenden Belastung für die Bevölkerung.

Hierbei gewinnt der Lastkraftwagenverkehr immer mehr an Bedeutung, da die Kilometerfahrleistungen in Deutschland seit 1980 um ca. 111 % gestiegen sind. Der Güterverkehr auf Deutschlands Straßen wird in den nächsten 15 Jahren um über 58 Prozent ansteigen. Nach dem aktuellen Bericht des Bundesverkehrsministeriums wird die Transportleistung im Güterverkehr von 236 Milliarden Tonnenkilometern im Jahr 1997 auf 374 Milliarden im Jahr 2015 anwachsen.

An diesen Zahlen ist zu erkennen, dass der LKW-Verkehr noch immer die wirtschaftlichste Version des Güterverkehrs darstellt. Somit müssen in Zukunft von Politik, Wirtschaft und Industrie alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die eine Entlastung der Umwelt versprechen.

Schlagworte wie Kraftstoffverbrauch, Abgas- und Lärmemissionen, Ressourcenschonung müssen zukünftig in den Mittelpunkt rücken.

Wenn z.B. im LKW-Güterverkehr rollwiderstandsoptimierte Reifen verwendet werden, können nicht nur Lärmemissionen gemindert sondern auch Kraftstoffverbrauch zwischen 4% bis 12% gesenkt werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Kraftstoffeinsparung größer ist, je flacher der gefahrene Streckenprofil und je gleichmäßiger die Geschwindigkeit ist. Außerdem ist die Aerodynamik des Fahrzeuges ausschlaggebend, da bei nicht luftwiderstandsoptimierten Fahrzeugen der Rollwiderstand geringeren Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch hat.

Selbstverständlich darf auch die Wirtschaftlichkeit aller Maßnahmen nicht außer Acht gelassen werden, um eine Umsetzung der Verbesserungen im Bereich Umweltschutz zu ermöglichen.

II.8 Anlagen

Liste der Anlagen

A.II.1.1	225/70 R15C	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.2	225/70 R15C	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.3	215/75 R17,5 L	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.4	215/75 R17,5 L	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.5	215/75 R17,5 T	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.6	215/75 R17,5 T	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.7	275/70 R22,5 L	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.8	275/70 R22,5 L	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.9	275/70 R22,5 T	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.10	275/70 R22,5 T	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.11	315/80 R22,5 L	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.12	315/80 R22,5 L	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.1.13	315/80 R22,5 T	Rollwiderstand Tabelle
A.II.1.14	315/80 R22,5 T	Rollwiderstandskoeffizient Diagramm
A.II.2.1	225/70 R15 C	Masse Tabelle
A.II.2.2	225/70 R15 C	Masse Diagramm
A.II.2.3	215/75 R17,5	Masse Tabelle
A.II.2.4	215/75 R17,5	Masse Diagramm
A.II.2.5	275/70 R22,5	Masse Tabelle
A.II.2.6	275/70 R22,5	Masse Diagramm
A.II.2.7	315/80 R22,5	Masse Tabelle
A.II.2.8	315/80 R22,5	Masse Diagramm
A.II.3.1	225/70 R15C	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.2	225/70 R15C	Geräuschmessung Diagramm
A.II.3.3	215/75 R17,5 L	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.4	215/75 R17,5 L	Geräuschmessung Diagramm
A.II.3.5	215/75 R17,5 T	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.6	215/75 R17,5 T	Geräuschmessung Diagramm
A.II.3.7	275/70 R22,5 L	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.8	275/70 R22,5 L	Geräuschmessung Diagramm
A.II.3.9	275/70 R22,5 T	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.10	275/70 R22,5 T	Geräuschmessung Diagramm
A.II.3.11	315/80 R22,5 L	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.12	315/80 R22,5 L	Geräuschmessung Diagramm

A.II.3.13	315/80 R22,5 T	Geräuschmessung Übersichtstabelle
A.II.3.14	315/80 R22,5 T	Geräuschmessung Diagramm
A.II.4.1	225/70 R15C	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.2	225/70 R15C	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.3	225/70 R15C	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.4	215/75 R17,5 L	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.5	215/75 R17,5 L	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.6	215/75 R17,5 L	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.7	215/75 R17,5 T	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.8	215/75 R17,5 T	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.9	215/75 R17,5 T	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.10	275/70 R22,5 L	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.11	275/70 R22,5 L	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.12	275/70 R22,5 L	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.13	275/70 R22,5 T	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.14	275/70 R22,5 T	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.15	275/70 R22,5 T	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.16	315/80 R22,5 L	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.17	315/80 R22,5 L	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.18	315/80 R22,5 L	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert
A.II.4.19	315/80 R22,5 T	Bremsen nass Übersichtstabelle
A.II.4.20	315/80 R22,5 T	Bremsen nass Diagramm Bremsweg
A.II.4.21	315/80 R22,5 T	Bremsen nass Diagramm Abweichung vom Mittelwert