

# Der Reifen

Komfort – mechanisch und akustisch



## 7 Einführung



## 9 I Schwingungen und Vibrationen

### 12 I.1 WAS KENNZEICHNET EINE SCHWINGUNG?

#### 13 I.2 VOM GERÄUSCH ZUM LÄRM

- 13 ■ Was ist Schall?
- 14 ■ Der Schalldruck
- 14 ■ Der Begriff Dezibel
- 14 ■ Der Schallpegel
  - 15 *Ein kleiner Exkurs in...* die Schallstärke
  - 15 *Ein kleiner Exkurs in...* den Schallpegel
  - 15 *Ein kleiner Exkurs in...* den Schalldruckpegel
- 15 ■ Wie mit zunehmender Entfernung die Lautstärke abnimmt
  - 16 *Ein kleiner Exkurs in...* den Einfluss der Entfernung auf die Schallstärke

#### 17 I.3 MERKMALE EINER SCHWINGUNG, EINHEITEN UND BEZEICHNUNGEN

- 17 ■ Die Amplitude
  - 17 *Ein kleiner Exkurs in...* die Darstellung des Beschleunigungspegels in dB
- 18 ■ Periode und Frequenz
- 18 ■ Die Dämpfung

#### 19 I.4 EINFACHE UND KOMPLEXE SCHWINGUNGEN

# Mechanischer und akustischer Komfort

## Schwingungen und Vibrationen

### WAS IST EINE SCHWINGUNG?

### AKUSTISCHER LÄRM

die Schallstärke  
den Schallpegel  
den Schalldruckpegel  
Entfernung die Lautstärke abnimmt  
den Einfluss der Entfernung  
auf die Schallstärke

### SCHWINGUNG, SCHWINGUNGEN

die Darstellung des  
Beschleunigungspegels in dB

### KOMPLEXE SCHWINGUNGEN

- 20 **I.5 WAS IST EINE EIGENFREQUENZ?**
- 22 ■ Das Schwingungsverhalten eines Spanndrahtes
- 24 *Ein kleiner Exkurs in...* das Schwingungsverhalten homogener, elastischer Stoffe
- 25 *Ein kleiner Exkurs in...* das Schwingungsverhalten eines Spanndrahtes
- 26 ● Restriktionen
- 27 Schwingungen und Vibrationen: das Wichtigste in Kürze



## II Menschliche Wahrnehmung

- 30 **II.1 WAHRNEHMUNG VON SCHWINGUNGEN**
- 30 ■ Mechanische Schwingungen
- 30 ■ Akustische Schwingungen
- 31 **II.2 WIE DIE FREQUENZ DIE WAHRNEHMUNG VON SCHWINGUNGEN BESTIMMT**
- 32 **II.3 WIE DIE AMPLITUDE DIE WAHRNEHMUNG VON SCHWINGUNGEN BEEINFLUSST**
- 32 ■ Akustische Schwingungen
- 32 ■ Mechanische Schwingungen
- 33 **II.4 EMPFINDUNGSVERMÖGEN FÜR AKUSTISCHE SCHWINGUNGEN**
- 33 ■ Der menschliche Hörbereich
- 33 ■ Dezibel (A) oder dB(A)
- 34 ■ Spitzen und Grundrauschen



## VERMÖGEN FÜR

### WINGUNGEN

...Korrekturfaktoren und ihre  
Bedeutung für den Automobilkomfort

g: das Wichtigste in Kürze

## fen als Schwingungsfilter

### IN VERFORMBARES SYSTEM

nen Richtungen

### ES REIFENS FÜR DEN KOMFORT

### GUNGEN

#### 30 Hz: Sprungfeder-Charakter

igkeit eines Reifens beim Überrollen

#### ad 250 Hz: Eigenschwingungsbereich

g eines Reifens gemessen wird

modus

ersalmodus

ahligen und halbzahligen Modus

#### chwingungen vor und hinter

ifen/Straße

ng des Reifens

51

### III.4 ÜBERTRAGUNGSWEGE

51

■ Strukturbedingte Übertragung auf die Passagiere

52

■ Strukturbedingte Übertragung auf Anwohner und Passanten

52

■ Luftübertragung auf Passagiere und Anwohner

53

Der Reifen als Schwingungsfilter: das Wichtigste in Kürze

55



## IV Über die Entstehung

### unangenehmer Schwingungen

56

#### IV.1 STÖSSE AUF HOLPRIGEN STRASSEN

56

■ Anregungsfrequenzen

57

■ Eigenschwingungen gefederter Fahrzeuge

58

● Stampfen und Pumpen

59

■ Einfluss der Reifen auf das Schwingungsniveau

60

*Ein kleiner Exkurs in...* die Eigenfrequenzen gefederter und ungederter Massen

61

#### IV.2 STÖSSE DURCH EINZELNE UNEBENHEITEN

61

■ Die Wirkungsweise

62

■ Die verstärkte Rückantwort

63

● Der Reifen – ein "Allesschlucker"

63

■ Reaktion des Reifens beim Überrollen eines Hindernisses

64

■ Einfluss der Reifen auf das Schwingungsniveau

65

#### IV.3 DIE UNGLEICHFÖRMIGKEITEN DER

#### RAD/REIFEN-EINHEIT

65

■ Massen-Ungleichförmigkeiten

66

● Das Prinzip des Auswuchtens

die Passagiere  
Anwohner und Passanten  
Anwohner  
Wichtigste in Kürze

## ehung Schwingungen

### STRASSEN

erzeuge

ungsniveau  
nfrequenzen gefederter  
gefederter Massen

### NE UNEBENHEITEN

llen eines Hindernisses  
ungsniveau

### KEITEN DER

67	■ Konturbedingte Ungleichförmigkeiten	83
68	■ Steifigkeitsbedingte Ungleichförmigkeiten	
69	■ Anregungsfrequenzen	84
70	<i>Ein kleiner Exkurs in...</i> die Schwebung	
71	■ Gründe der Ungleichförmigkeit	85
71	● Der "Flatspot" (Reifenabflachung)	85
72	<i>Ein kleiner Exkurs in...</i> das Matchen	85

73	<b>IV.4 DER MECHANISCHE KOMFORT UNGEFEDERTER FAHRZEUGE</b>	86
73	■ Erdbewegungsmaschinen	88
75	■ Land- und Forstwirtschaft	89
76	Unangenehme Schwingungen: das Wichtigste in Kürze	90



77	<b>V Über die Entstehung akustischer Belästigungen</b>	93
----	--	----

79	<b>V.1 INNENGERÄUSCH - AUSSENGERÄUSCH</b>	95
----	---	----

80	<b>V.2 ANREGUNG DURCH DIE FAHRBAHNOBERFLÄCHE</b>	96
----	--	----

80	<b>V.2.1 Stoßgeräusche durch einzelne Unebenheiten</b>	97
80	■ So lassen sich Stoßgeräusche im Fahrzeuginnern vermindern	
80	<b>V.2.2 Das Geräusch auf makrorauer Fahrbahn</b>	98
81	<i>Ein kleiner Exkurs in...</i> die Straßenrauigkeit	99
82	■ Schwingungen der Reifenstruktur	
83	■ Potenzielle Minderung der wahrgenommenen Fahrbahngeräusche	

förmigkeiten  
 eichförmigkeiten

die Schwebung  
 igkeit  
 lachung)  
 das Matchen

**HE KOMFORT  
 ZEUGE**

das Wichtigste in Kürze

**Entstehung**

**Belästigungen**

**H - AUSSENGERÄUSCH**

**CH DIE FAHRBAHNOBERFLÄCHE**

durch einzelne Unebenheiten  
 he im Fahrzeuginnern vermindern

**if makrorauer Fahrbahn**

... die Straßenrauigkeit

struktur

r wahrgenommenen Fahrbahngeräusche

83 *Ein kleiner Exkurs in...* die Wahrnehmung des Fahrbahn-  
 geräuschs im Fahrzeuginnern

84 ■ Luftschwingungen im Reifennern

85 **V.3 ANREGUNG DURCH DAS LAUFFLÄCHEN-PROFIL**

85 **V.3.1 Aufschlag der Gummiblöcke auf die Straße**

85 *Ein kleiner Exkurs in...* das Schwingungsverhalten des  
 Reifengürtels im Kontakteinlauf

86 ■ Profilheulen

88 ● Laufflächenanpassung

89 ■ Amplitudenmodulation oder Schwebung

90 ■ Profilheulen und Schwebung: die Kunst der Profilgestaltung

91 ■ Lautstärke

93 **V.3.2 Reibgeräusch des Gummis auf der Straße**

93 ■ Zischen

93 ■ Quietschen

95 **V.3.3 Luftkompression (Air Pumping)**

95 **V.3.4 Verstärkende Effekte**

95 ■ Die Orgelpfeife

96 ■ Der Trichter-Effekt

97 **V.4 EINFLUSS VON KONSTRUKTION, PROFIL UND  
 REIFENBREITE AUF DEN AUSSENGERÄUSCHPEGEL**

98 **V.5 FAHRBAHNEINFLUSS AUF DAS AUSSENGERÄUSCH**

99 Die Ursachen akustischer Belästigungen: das Wichtigste in Kürze



## **VI Mechanischer und akustischer Komfort im Test**

- 103 **VI.1 TESTS MIT ANALYTISCHEN MASCHINEN**
- 103 ■ Stöße durch Einzelhindernisse  
(mechanischer und akustischer Komfort)
- 104 ■ Messung der Übertragungsfunktion des Fahrzeugs
- 105 ■ Messungen der Geräuschintensität
- 106 **VI.2 FAHRZEUGVERSUCHE AUF TESTGELÄNDEN**
- 106 ■ Vereinfachte Messungen der Stöße auf holprigen Strecken
- 106 *Ein kleiner Exkurs in...* die Berechnung der Werte für  
RMS und RSS
- 107 ■ Messung des Innengeräuschs, hervorgerufen durch makrorauere  
Fahrbahn und das Reifenprofil
- 108 **VI.3 BEWERTUNG VON AKUSTISCHEN  
UND MECHANISCHEN SCHWINGUNGEN**
- 109 ● "Eichung" der Eindrücke eines Testfahrers
- 110 **VI.4 BESTIMMUNGEN ÜBER  
GESETZLICH ZULÄSSIGE FAHRZEUGGERÄUSCHE**
- 110 ■ Beschleunigte Vorbeifahr-Geräuschmessung nach EU-Richtlinie 92/97
- 113 ■ Beschleunigte Vorbeifahrtstests mit schallgedämpften Fahrzeugen
- 115 ■ Messmethode: Kombination aus beschleunigter Vorbeifahrt  
und Vorbeirollen
- 115 ■ Vorbeirolltests mit abgestelltem Motor nach neuer EU-Richtlinie  
2001/43/CE

## **Physikalischer und akustischer Test**

### **ANALYTISCHEN MASCHINEN**

Ergebnisse  
(akustischer Komfort)  
Nutzfunktion des Fahrzeugs  
Lärmintensität

### **VERSUCHE AUF TESTGELÄNDEN**

Einfluss der Stöße auf holprigen Strecken  
*Exkurs in...* die Berechnung der Werte für  
RMS und RSS  
Geräuschs, hervorgerufen durch makrorauere  
Reifenprofil

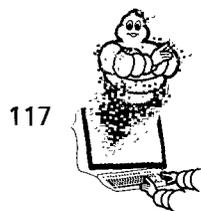
### **VERGLEICH VON AKUSTISCHEN REIFEN SCHWINGUNGEN**

Reaktion eines Testfahrers

### **VERGLEICHEN ÜBER STÄRKE FAHRZEUGGERÄUSCHE**

Vorbeifahr-Geräuschmessung nach EU-Richtlinie 92/97  
Vorbeifahrttests mit schallgedämpften Fahrzeugen  
Kombination aus beschleunigter Vorbeifahrt  
auf abgestelltem Motor nach neuer EU-Richtlinie

- 116 *Ein kleiner Exkurs in...* die Berechnung des Reifen/Fahrbahn-  
Geräuschs vorbeifolender Fahrzeuge  
116 *Ein kleiner Exkurs in...* Temperaturkorrekturen



117

## **VII Reifen aus dem Computer**

121

## **Anhang** Überwachung der Rundlaufeigenschaften bei der Herstellung

123 A, B, C...



## **Register**

128

## **Quellennachweis**