

TECHNIK UND UMWELTSCHUTZ
LUFT - WASSER - BODEN - LÄRM

Schallminderung durch rechnergestützte Konstruktion von Verkehrsmitteln

Herausgeber
Kommission Umweltschutz
beim Präsidium
der Kammer der Technik



DEUTSCHER VERLAG
FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG

Inhaltsverzeichnis

GÜNTHER ENGLER

Prüfvorschriften für Kraftfahrzeuggeräusche und gegenwärtiger Stand der Einhaltung

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Einleitung | 13 |
| 2. | Prüfvorschriften für Kraftfahrzeugaußengeräusche | 13 |
| 3. | Zur Einhaltung der Grenzgrößen für Kraftfahrzeugaußengeräusche | 15 |
| 4. | Prüfvorschriften für Kraftfahrzeuginnengeräusche | 17 |
| 5. | Zur Einhaltung der Grenzgrößen für Kraftfahrzeuginnengeräusche | 19 |
| 6. | Programmsystem fahrzeugakustischer Berechnungen | 19 |
| 7. | Ausblick | 23 |
| 8. | Zusammenfassung | 24 |
| 9. | Quellenangaben | 25 |

GÜNTHER ENGLER, GÜNTER REIMER und NORBERT RÜMLER

Berechnung von Kraftfahrzeugaußengeräuschen und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Einleitung | 28 |
| 2. | Ableitung des Berechnungsverfahrens | 28 |
| 3. | Vergleich berechneter und gemessener Außengeräusche | 37 |
| 3.1. | Vergleich bei bekannter Schallemission des Motors | 37 |
| 3.2. | Vergleich bei unbekannter Schallemission des Motors | 38 |
| 4. | Anwendung des Berechnungsverfahrens | 39 |
| 5. | Berechnung des Außengeräusches bei mehreren Teilgeräuschquellen | 42 |
| 6. | Zusammenfassung | 44 |
| 7. | Quellenangaben | 45 |

GÜNTHER ENGLER und DIETER BRÜCKNER

Berechnung von Kraftfahrzeuginnengeräuschen und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Einleitung | 46 |
| 2. | Charakteristische Fälle zur Erfassung von Innengeräuschen | 46 |
| 2.1. | Anormaler Verlauf der Innengeräusch-Motordrehzahl-Kennlinie | 46 |
| 2.2. | Normaler Verlauf der Innengeräusch-Motordrehzahl-Kennlinie | 47 |
| 2.3. | Abbruch der Innengeräuschprüfung bei 120 km/h | 47 |
| 3. | Aufbau des Berechnungsverfahrens | 48 |
| 4. | Vergleich berechneter und gemessener Innengeräusche | 54 |
| 5. | Anwendung des Berechnungsverfahrens | 55 |
| 6. | Zusammenfassung | 58 |
| 7. | Quellenangaben | 58 |

GÜNTHER ENGLER

Berechnung von Kraftfahrzeuginnengeräuschen auf der Basis technischer und ökonomischer Kenngrößen

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Einleitung | 59 |
| 2. | Meßvorschrift | 59 |
| 3. | Berechnung von PKW-Innengeräuschen | 59 |
| 4. | Kontrolle der PKW-Gleichung | 61 |
| 5. | Einfluß konstruktiver Veränderungen bei PKW | 63 |
| 6. | Berechnung von GKW-Innengeräuschen | 68 |
| 7. | Kontrolle der GKW-Gleichung | 68 |
| 8. | Anwendung der Gleichungen | 71 |
| 9. | Zusammenfassung | 72 |
| 10. | Quellenangabe | 72 |

GÜNTHER ENGLER und GÜNTER REIMER

Grenzen und Möglichkeiten zur Geräuschkinderung an Verbrennungsmotoren

| | | |
|------|--------------------------------|----|
| 1. | Einleitung | 73 |
| 2. | Zur Schallemission von Motoren | 73 |
| 2.1. | Schallabstrahlmaß | 75 |
| 2.2. | Flächenpegel | 76 |
| 2.3. | Schwinggeschwindigkeitspegel | 78 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.4. | Gesamtemission | 78 |
| 3. | Zur Geräuschkinderung durch konstruktive Änderungen an äußeren Motorbauteilen | 82 |
| 3.1. | Kurbelgehäuse | 84 |
| 3.2. | Steuergehäusedeckel | 85 |
| 3.3. | Ventilhauben | 85 |
| 3.4. | Ölwanne | 86 |
| 4. | Zusammenfassung | 86 |
| 5. | Quellenangaben | 86 |

GÜNTHER ENGLER und NORBERT RÜMLER

Ein Rechenprogramm zur mathematischen Modellierung der akustischen Wirkkette Anregung - Übertragung - Abstrahlung bei Motorstrukturen von Einzylinder-Zweitakt-Ottomotoren

| | | |
|----|---------------------------|-----|
| 1. | Einleitung | 88 |
| 2. | Wesen des Modells | 89 |
| 3. | Beschreibung des Modells | 90 |
| 4. | Verifizierung des Modells | 103 |
| 5. | Anwendung des Modells | 103 |
| 6. | Zusammenfassung | 106 |
| 7. | Quellenangaben | 106 |

GÜNTHER ENGLER und CLAUS THUM

Berechnung der Geräuschemission aus der Kolben-Zylinder-Gruppe, dargestellt am Beispiel von Einzylinder-Zweitakt-Ottomotoren

| | | |
|------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 108 |
| 2. | Analyse des Standes der Technik | 108 |
| 3. | Programm zur Berechnung der Geräuschemission aus der Kolben-Zylinder-Gruppe | 109 |
| 3.1. | Zielstellung | 109 |
| 3.2. | Modell zur Geräuschemission aus der Kolben-Zylinder-Gruppe | 110 |
| 3.3. | Aufbau des Rechenprogramms | 112 |
| 4. | Zusammenfassung | 118 |
| 5. | Quellenangaben | 118 |

NGUYEN THANH LUONG und GÜNTHER ENGLER

Zur Geräuschenstehung und -minderung bei Zylinderköpfen
von Kraftradmotoren

| | | |
|----|---|-----|
| 1. | Einleitung | 119 |
| 2. | Geräuschanregung bei Zylinderköpfen | 119 |
| 3. | Verfahren zur Berechnung von Zylinderköpfen | 122 |
| 4. | Anwendung des Verfahrens bei der konstruktiven Gestaltung eines Zylinderkopfes | 122 |
| 5. | Zusammenfassung | 124 |
| 6. | Quellenangabe | 126 |

GÜNTHER ENGLER und FRANK-THOMAS WINTER

Berechnungsmodell zur Auspuffschallentstehung und zur
Ermittlung primärer Schallminderungsmaßnahmen

| | | |
|------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 127 |
| 2. | Ableitung des Berechnungsmodells | 127 |
| 3. | Verifizierung des Berechnungsmodells | 134 |
| 4. | Anwendung des Berechnungsmodells | 134 |
| 4.1. | Einfluß von Veränderungen der Querschnittsform des Auslaßschlitzes | 136 |
| 4.2. | Einfluß von Veränderungen des Auslaßkanals | 138 |
| 4.3. | Einfluß von Veränderungen weiterer Konstruktions- und Betriebskenngrößen | 140 |
| 5. | Zusammenfassung | 141 |
| 6. | Quellenangaben | 141 |

GÜNTHER ENGLER und FRANK WINKLER

Zur Schallübertragung und -abstrahlung bei Fahrzeugkarosserien

| | | |
|--------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 142 |
| 2. | Beschreibungsgrößen für das Kraftanregungs- und Schallabstrahlungsverhalten von Karosseriestrukturen | 143 |
| 3. | Prinzipielle Strukturmeßverfahren | 147 |
| 3.1. | Schwingungserregerverfahren | 147 |
| 3.2. | Modifiziertes Schwingungserregerverfahren | 149 |
| 3.3. | Reziprozitätsmeßverfahren | 150 |
| 4. | Strukturanregungssignale und Analysemethoden | 153 |
| 4.1. | Schnelle Analysemethoden mit stationärer und nichtstationärer Anregung | 153 |
| 4.1.1. | Allgemeine Bedingungen | 153 |
| 4.1.2. | Anregung mit Pseudozufallssignal | 154 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.1.3. | Direkte Kraftstoßanregung | 154 |
| 4.1.4. | Impulsanregung nach dem Reziprozitätsverfahren | 155 |
| 4.2. | Langsame Analysen mit stationärer Anregung | 155 |
| 4.2.1. | Allgemeine Bedingungen | 155 |
| 4.2.2. | Anregung mit Gleitsinus | 156 |
| 4.2.3. | Anregung mit Rauschen | 156 |
| 5. | Rechnergesteuertes Messen mit dem Meßcomputer PSA 1305-1 | 157 |
| 5.1. | Beschreibung des rechnergesteuerten Meßplatzes für Gleitsinusanregung nach dem Reziprozitätsverfahren | 157 |
| 5.2. | Beschreibung des rechnergesteuerten Meßplatzes für Rauschanregung nach dem Reziprozitätsverfahren | 159 |
| 5.3. | Prinzipielle Merkmale des rechnergesteuerten Messens | 160 |
| 6. | Untersuchungsergebnisse | 161 |
| 7. | Zusammenfassung | 164 |
| 8. | Quellenangaben | 165 |

KLAUS TÖPFER

Schienenfahrzeuglärm

| | | |
|--------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 166 |
| 1.1. | Anliegen der Lärmabwehr an Schienenfahrzeugen | 166 |
| 1.2. | Geltende nationale und internationale Normen | 168 |
| 1.2.1. | Schutz des Triebfahrzeug- und Betriebspersonals | 168 |
| 1.2.2. | Sicherung des Komforts in Fahrgasträumen | 169 |
| 1.2.3. | Lärmschutz für Anwohner der Bahnanlagen | 170 |
| 1.3. | Messung und Bewertung der Schienenfahrzeuggeräusche | 172 |
| 2. | Geräuschquellen und Einflußgrößen | 174 |
| 2.1. | Rollgeräusch und Einflüsse des Oberbaus | 174 |
| 2.2. | Antriebsanlage als Geräuschquelle | 176 |
| 2.2.1. | Schallquelle Dieselmotor | 176 |
| 2.2.2. | Schallquelle Abgasanlage | 178 |
| 2.3. | Weitere Geräuscherreger | 180 |
| 2.3.1. | Bremsgeräusch | 180 |
| 2.3.2. | Aerodynamisches Geräusch | 181 |
| 2.3.3. | Ansaug- und Lüftergeräusch | 183 |
| 2.4. | Schalldruckpegel im Führerstand von Diesellokomotiven | 186 |
| 2.4.1. | Einflußgrößen | 186 |
| 2.4.2. | Zeiteinflüsse | 186 |
| 2.5. | Infraschall bei Schienenfahrzeugen | 188 |
| 3. | Berechnung der Schallübertragung | 190 |
| 3.1. | Übertragungswege zum Innenraum oder in die Umgebung | 190 |
| 3.2. | Klassische Berechnungsmethoden und Modellierung | 191 |
| 3.3. | Rechenmodell auf der Grundlage der statistischen Energieanalyse (SEA) | 193 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.4. | Ähnlichkeitsmodell für die Körperschallübertragung im Fußboden | 195 |
| 3.5. | Hybridmodell für die Körperschallübertragung | 198 |
| 3.6. | CAD-Programme für die Auswahl von Lärminderungsmaßnahmen | 201 |
| 4. | Ergebnisse der technischen Lärmabwehr an Schienenfahrzeugen | 205 |
| 4.1. | Verminderung des Körperschalls | 205 |
| 4.1.1. | Analyse des Körperschallanteils | 205 |
| 4.1.2. | Anwendung eingezwängter Beläge | 208 |
| 4.1.3. | Schwimmender Fußboden | 209 |
| 4.2. | Klimaanlage und Abteilmgestaltung | 211 |
| 4.3. | Mehrschalige Wände | 212 |
| 4.4. | Probleme der Aggregatauflagerung | 215 |
| 4.5. | Ergebnisse und Erfolge der Lärmabwehrmaßnahmen | 216 |
| 4.5.1. | Reisezugwagen | 216 |
| 4.5.2. | Diesellokomotiven | 217 |
| 5. | Zusammenfassung | 219 |
| 6. | Quellenangaben | 219 |

KLAUS WENZEL

Verkehrsfluglärm - Bewertung und Entwicklungstendenzen

| | | |
|--------|--|-----|
| 1. | Vorschriften zur Fluglärmbekämpfung | 221 |
| 1.1. | Schallemissionsgrößen | 221 |
| 1.2. | Emissionsgrenzwerte | 223 |
| 1.3. | Immission | 223 |
| 1.3.1. | Allgemeines | 223 |
| 1.3.2. | Bewertungsgrößen | 224 |
| 1.3.3. | Methoden zur Vorhersage der Lärmbelastung | 224 |
| 2. | Entwicklungstendenzen | 225 |
| 2.1. | Verkehrsaufkommen | 225 |
| 2.2. | Entwicklung der Lärmquellen | 225 |
| 2.2.1. | Historischer Überblick | 225 |
| 2.2.2. | Gegenwärtige Situation | 228 |
| 2.3. | Lärmreduktion durch technologische Maßnahmen | 229 |
| 2.3.1. | Lärmarmer Start | 229 |
| 2.3.2. | Lärmarme Landung | 229 |
| 2.3.3. | Administrative Schutzmaßnahmen | 231 |
| 2.4. | Ausblick | 231 |
| 3. | Zusammenfassung | 232 |
| 4. | Quellenangaben | 232 |

Vorschriften für die Messung und Bewertung der Lärmimmission von Schiffen

| | | |
|------|--|-----|
| 1. | Allgemeines | 233 |
| 2. | IMO-Cddee für Schallpegel auf Schiffen | 233 |
| 2.1. | Allgemeines | 233 |
| 2.2. | Meßbedingungen und Meßgeräte | 234 |
| 2.3. | Zulässige Werte für die Lärmimmission | 234 |
| 2.4. | Grenzwerte für die Lärmexposition | 237 |
| 2.5. | Schallisolierung zwischen Unterkunftsräumen | 237 |
| 2.6. | Sonstige Empfehlungen | 237 |
| 3. | Empfehlung der IMO über Methoden zur Messung von Schallpegeln an Hörstellen | 238 |
| 4. | Empfehlungen der ECE über technische Forderungen an Binnenschiffe | 238 |
| 5. | DSRK-Vorschriften für die Begrenzung der Lärm- und Schwingungsmission von Schiffen | 239 |
| 5.1. | Allgemeines | 239 |
| 5.2. | Aufsichtsumfang und Unterlagen | 239 |
| 5.3. | Messungen | 239 |
| 5.4. | Zulässige Werte | 240 |
| 6. | DSRK-Vorschriften für Sportboote | 241 |
| 6.1. | Allgemeines | 241 |
| 6.2. | Teil I "Klassifikation und Bau von Yachten" | 241 |
| 6.3. | Teil II "Technische Aufsicht über Hausboote mit Motorantrieb" | 242 |
| 7. | Hygienevorschriften des MDV | 242 |
| 7.1. | Hygienevorschrift für den Bau von Seeschiffen | 242 |
| 7.2. | Hygienevorschrift für den Bau von Binnenschiffen | 242 |
| 8. | Sportbootanordnung | 243 |
| 9. | Standards | 243 |
| 10. | Zusammenfassung | 243 |
| 11. | Quellenangaben | 244 |