
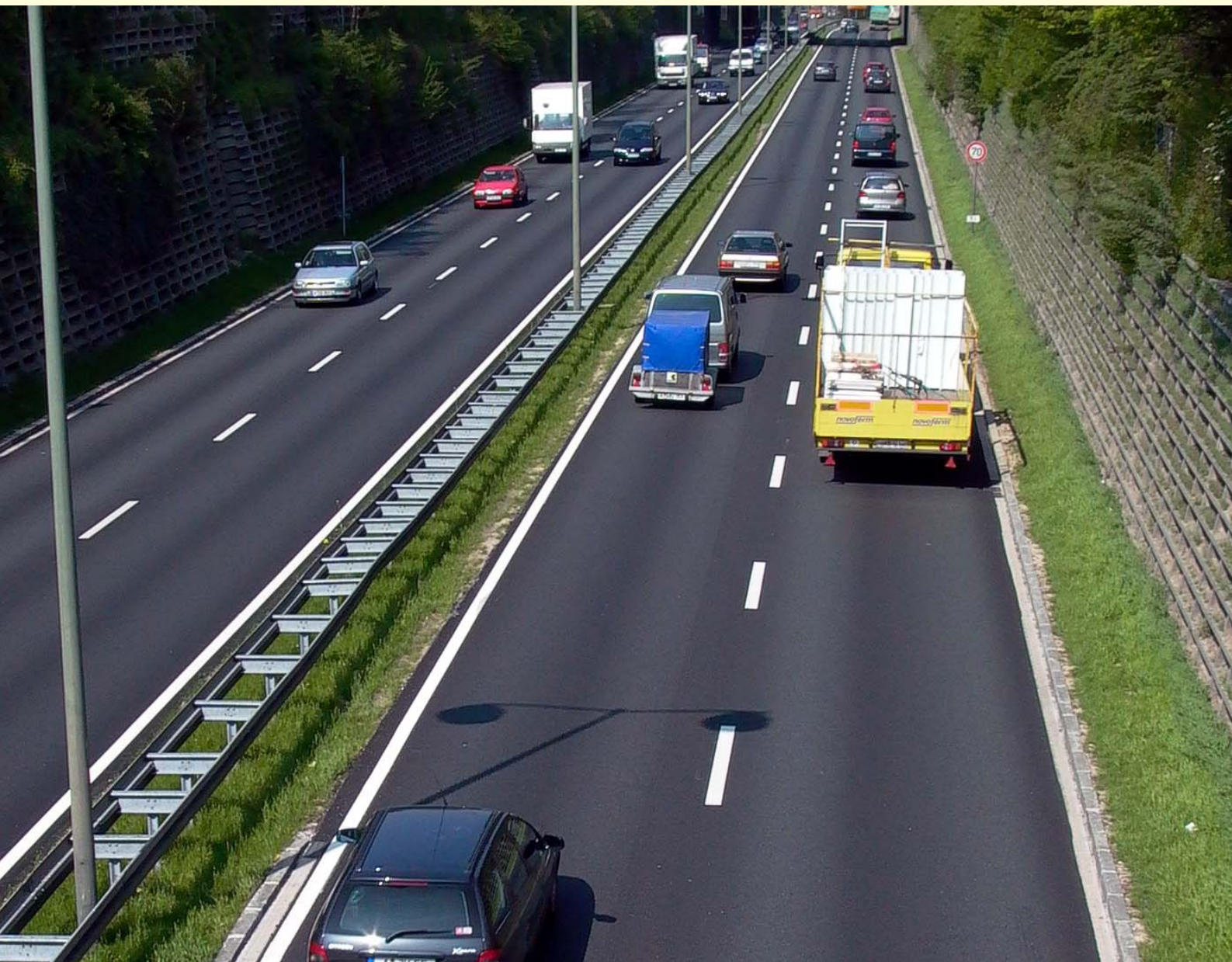


Lärmarme Reifen und geräuschkindernde Fahrbahnbeläge

 Erkenntnisse – Maßnahmen – Konzepte



Baden-Württemberg
LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ



IMPRESSUM

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52 www.lfu.baden-wuerttemberg.de Juni 2004
Bearbeitung	Lärmkontor GmbH 22767 Hamburg · Große Bergstraße 213-217 Christian Popp, Matthias Hintzsche
Redaktion	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 33 · Luftqualität, Lärm, Verkehr
Titelbild	Straße mit zweilagiger offenporiger Asphaltdeckschicht Foto: Ulrich Ratzel

Inhalt

1	Zusammenfassung.....	5
2	Lärmarme Reifen	7
2.1	Geräuscentstehung	7
2.1.1	Mechanische Entstehungsmechanismen.....	7
2.1.2	Aerodynamische Entstehungsmechanismen	8
2.1.3	Modelle zur Rollgeräuscentstehung	10
2.2	Umweltzeichen „Blauer Engel“	11
2.2.1	Messverfahren.....	11
2.2.2	Messergebnisse	12
2.2.3	Ausblick.....	16
2.3	Die „Reifenrichtlinie“ der Europäischen Union	17
2.3.1	Messverfahren.....	18
2.3.2	Reifenklassen und Grenzwerte	19
2.3.3	Auswirkungen der Reifenrichtlinie	21
2.3.4	Änderung der Reifenrichtlinie	23
2.4	Geräuschemissionswerte von Reifen	24
2.4.1	Pkw-Reifen	24
2.4.2	Nutzfahrzeugreifen	25
2.5	Minderungspotenziale.....	27
2.5.1	Anteil Rollgeräusch/Antriebsgeräusch.....	27
2.5.2	Minderung Rollgeräusch	28
2.5.3	Optimierung Messverfahren	29
2.6	Kosten lärmarmen Reifen.....	30
3	Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge	31
3.1	Geräuscentstehung	31
3.1.1	Einfluss bei der Schallentstehung	31
3.1.2	Einfluss bei der Schallabstrahlung und Schallausbreitung.....	32
3.2	Ausführungen von Fahrbahndeckschichten.....	33
3.2.1	Dichte Fahrbahndeckschichten	33
3.2.2	Offenporige Fahrbahndeckschichten	35
3.3	Erzielbare Minderungen.....	38
3.4	Kosten von offenporigen Asphaltdeckschichten	40
3.5	Probleme	41

3.5.1	Haltbarkeit	41
3.5.2	Winterdienst	43
3.5.3	Entwässerung.....	43
3.5.4	Reproduzierbarkeit.....	43
3.6	Europäische Erfahrungen	43
3.7	Ausblick	44
3.7.1	Entwicklungsziele	44
3.7.2	Parameterbeschreibung der Deckschichten	45
4	Gemeinsame Aspekte.....	48
4.1	Fahrweise	48
4.2	System Reifen-Fahrbahn - Forschungsverbund „Leiser Verkehr“	49
	Literaturverzeichnis	52
	Anhang 1: Reifenkennzeichnung.....	56
	Anhang 2: Geräuschemissionswerte von Reifen.....	58

1 Zusammenfassung

Straßenverkehrslärm stellt vor allen anderen Lärmarten die Hauptbelastungsquelle dar. Eine repräsentative Befragung ergab 2004 in Baden-Württemberg, dass sich rund 55 % der Bevölkerung in irgendeiner Form durch Straßenverkehr belästigt fühlen, etwa 14 % davon stark oder äußerst stark [1, 2]. Ein ähnliches Bild zeichnet der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) in seinem „Sondergutachten Umwelt und Gesundheit“ [3]. Hiernach fühlen sich ca. 70 % der Deutschen durch Straßenverkehrslärm belästigt.

Allein im Jahr 2001 wurden für die Lärmvorsorge (Lärmschutzwände, Lärmschutzfenster u. ä.) beim Neu- und Ausbau von Bundesfernstraßen 105 Mio. Euro ausgegeben [4]. Die Fläche der seit 1978 finanzierten Lärmschutzfenster beträgt in Baden-Württemberg ca. 144.000 m² (Bundesgebiet: 781.000 m²) [5]. An diesen Zahlen ist die große Bedeutung abzulesen, die einer Verminderung der Lärmemissionen zukommt, zumal für die kommenden Jahren eine weitere Zunahme des Straßenverkehrs prognostiziert wird.

Die Geräuschgrenzwerte für schwere Lkw wurden seit 1970 im Rahmen der Typprüfung EU-einheitlich um 12 dB(A), für Pkw um 10 dB(A) reduziert¹. Trotzdem nahm der Lärm nicht spürbar ab. Ursache hierfür sind das **Reifen-Fahrbahn-Geräusch**, das durch die Absenkung der Geräuschgrenzwerte nicht berührt ist, sowie der angewachsene Verkehr. Da das Reifen-Fahrbahn-Geräusch bei Pkw mittlerweile ab 40 km/h Fahrgeschwindigkeit zur pegelbestimmenden Schallquelle geworden ist, müssen wirksame Minderungsmaßnahmen am System Reifen-Fahrbahn ansetzen.

Die derzeit auf dem Markt befindlichen **Reifen** unterscheiden sich hinsichtlich Rollgeräusch, Rollwiderstand und Gewicht zum Teil erheblich. Damit der Verbraucher bei der Auswahl von Kraftfahrzeugreifen Umweltaspekte (lärmarm, kraftstoffsparend) berücksichtigen kann, ohne auf die üblichen Gebrauchseigenschaften (Laufleistung, Bremseigenschaften, Aquaplaning-Verhalten) zu verzichten, wurde vom Umweltbundesamt das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für „Lärmarme und kraftstoffsparende Kraftfahrzeugreifen“ geschaffen.

Die Reifenhersteller ignorieren zurzeit die Anwendung des Umweltzeichens, obwohl die Untersuchungen gezeigt haben, dass es eine Vielzahl von Modellen der verschiedenen Hersteller gibt, welche die Anforderungen des „Blauen Engels“ problemlos einhalten. Eine direkte Kennzeichnung der Produkte ist somit nicht möglich.

Zur Information der Verbraucher bleibt daher nur der Weg der indirekten Information. Um beim Reifenkauf richtig entscheiden zu können, müssen Informationen über die Lärmemissionen der Reifen zur Verfügung stehen. Dies ist über eine verstärkte Presse- und Öffentlichkeitsarbeit in Zusammenarbeit mit Automobil- und Verbraucherzeitschriften möglich.

Weiterer Nachfragedruck kann durch die öffentliche Hand aufgebaut werden. Im Rahmen der EU-Reifenrichtlinie (siehe 2.3) ist schrittweise ab 2009 (vereinzelt schon ab 2004) die Angabe der Geräuschwerte aller Reifen bei der Typgenehmigung notwendig.

¹ Nominell ergeben sich aufgrund der Änderung von Messverfahren sogar noch höhere Reduktionen. Da die Grenzwerte in den 1970er Jahren nicht völlig ausgeschöpft waren, fallen die durch die Grenzwertabsenkungen erzwungenen tatsächlichen Rückgänge der Prüfpegel jedoch etwas geringer aus (7 dB(A) bei Pkw und 9 dB(A) bei schweren LKW [70]).

Dies kann dann im Rahmen einer umweltfreundlichen Beschaffung genutzt werden, um bei Ausschreibungen nur solche Fahrzeugreifen zu berücksichtigen, welche die Kriterien des Umweltzeichens erfüllen.

Mit der Veröffentlichung der europäischen Richtlinie 2001/43/EG über „Reifen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern und über ihre Montage“ wurde das Rollgeräusch einer gesetzlichen Regelung unterworfen. In der Richtlinie sind für Pkw und Nutzfahrzeuge abgestufte Geräuschgrenzwerte festgelegt. Die Differenzierung der Grenzwerte erfolgt bei Pkw nach Reifenbreite und bei Nutzfahrzeugen nach Einsatzzweck.

Die Grenzwerte der Richtlinie sind für moderne Reifen jedoch wenig anspruchsvoll. Messungen haben gezeigt, dass aktuelle Reifen kein Problem bei der Einhaltung der Grenzwerte haben. Die Grenzwerte werden daher bei Pkw und Nutzfahrzeugen keinerlei Minderungen der Geräuschemission zur Folge haben, sogar das Gegenteil könnte der Fall sein.

Um spürbare Minderungseffekte zu erzielen, müssen die Grenzwerte sowohl für Pkw als auch für Nutzfahrzeuge deutlich abgesenkt werden. Der Geltungsbereich der Reifenrichtlinie sollte außerdem auf runderneuerte Reifen ausgedehnt werden. Eine Nichtberücksichtigung von runderneuerten Reifen würde ihre Wirksamkeit stark einschränken.

Aktuelle Reifen weisen in den einzelnen Reifenkollektiven eine Streuung von bis zu 3 dB(A) auf. Durch ausschließliche Verwendung der leisesten Reifen kann bereits beim heutigen Stand der Technik eine Minderung des Rollgeräuschs von 1 bis 2 dB(A) erreicht werden. Als realistisches Minderungsziel für eine breite Reifenpalette wird ein Wert von 69 dB(A) angesehen. Dies entspricht den aktuell leisesten Reifen und damit einer Verminderung zum heutigen Stand der Emission von 3 bis 4 dB(A).

Ein tendenzieller Unterschied in den Anschaffungskosten zwischen lärmarmen und herkömmlichen Reifen konnte nicht festgestellt werden. Die Preisdifferenzen innerhalb der einzelnen Reifenkollektive zwischen Sekundär- bzw. Handelsmarken und Markenreifen liegen um ein Vielfaches höher.

Für die Entstehung des Reifen-Fahrbahn-Geräusches ist neben dem Reifen auch der **Fahrbahnbelag** von entscheidender Bedeutung. Die Fahrbahndeckschicht hat Einfluss auf die Schallentstehung sowie auf die Schallabstrahlung und Schallausbreitung. Für niedrige Geschwindigkeiten (innerorts) kommen derzeit nur dichte Straßenoberflächen in Frage. Für höhere Geschwindigkeiten (außerorts) eignen sich geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in Form einlagiger offenporiger Asphaltdeckschichten. Insbesondere die Beläge der neusten, dritten Generation (Hohlraumgehalt 22-25 %) lassen ein gutes akustisches und mechanisches Langzeitverhalten erwarten. Die erreichbaren Minderungen betragen im Neuzustand deutlich über 5 dB(A). In Zukunft können zweilagige offenporige Asphaltdeckschichten an Bedeutung gewinnen.

Probleme bei offenporigen Deckschichten bestehen bei der lärm- und bautechnischen Dauerhaftigkeit und den höheren Aufwendungen im Winterdienst. Die speziellen Konstruktionen der Entwässerungssysteme stellen bei Unfällen mit gefährlichen Flüssigkeiten erhöhte Anforderungen an die Havariebekämpfung. Bei notwendigen Reparaturen des Fahrbahnbelags sind hohe Aufwendungen erforderlich. Aufgrund des komplexen Aufbaus offenporiger Fahrbahnbeläge ist bei der Herstellung noch eine relativ große Schwankung der akustischen Eigenschaften zu beobachten.

2 Lärmarme Reifen

2.1 Geräuscentstehung

Das Reifen-Fahrbahn-Geräusch entsteht beim Abrollen des Reifens an der Kontaktfläche zwischen Reifen- und Fahrbahn. An der Geräuscentstehung sind mechanische Schwingungen des Reifens und aerodynamische Ereignisse an der Kontaktfläche beteiligt [6,7].

2.1.1 Mechanische Entstehungsmechanismen

Bei den mechanischen Entstehungsmechanismen werden unterschieden (Bild 1):

- Radiale Schwingungen des Reifenprofils
- Tangentiale Schwingungen des Reifenprofils
- Adhäsionseffekte durch den „stick-snap“-Effekt
- Seitenwand- und Gürtelschwingungen
- „Stick-slip“-Effekte

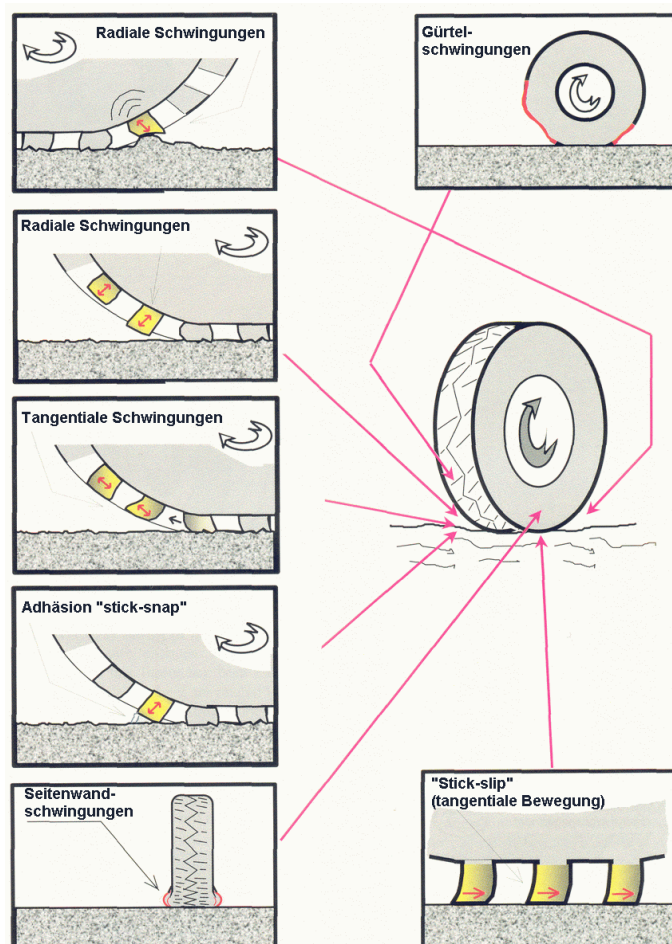


Bild 1: Mechanische Entstehungsmechanismen des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs [6]

Radiale Schwingungen des Reifenprofils treten beim Aufschlagen der Reifenprofilelemente auf die Fahrbahnoberfläche auf. Die Profilelemente werden beim Abrollen des Reifens verformt und entspannen sich beim Auslauf wieder. Hierdurch kommt es zu Schwingungsanregungen.

Innerhalb der Kontaktfläche werden neben den radialen Kräften auch **tangentiale Kräfte** freigesetzt. Diese verformen die Profilelemente und es kommt zu Schwingungsanregungen.

Ein weiterer Effekt der mechanischen Entstehungsmechanismen ist der durch Adhäsion verursachte **„stick-snap“-Effekt**. Dieser tritt auf, wenn das Reifenprofil bzw. die Fahrbahnoberfläche durch Erwärmung klebrig werden. Bei sommerlichen Temperaturen kann sich die Asphaltoberfläche erwärmen und die Adhäsion nimmt zu. Ein ähnlicher Effekt kann bei Winterreifen beobachtet werden, deren Stoffzusammensetzung für Temperaturen unterhalb von 10 °C optimiert ist. Es kommt zu einer stärkeren Verformung der Profilelemente und dadurch zu einem Anwachsen der radialen Schwingungen im Auslauf des Reifen-Fahrbahnkontaktes.

Durch die Schwingungsanregungen im Bereich des Reifen-Fahrbahnkontaktes entstehen im Reifenkörper Pegel von über 150 dB [8]. Diese werden, zumindest teilweise, über die Seitenwand des Reifens abgestrahlt. **Gürtelschwingungen** entstehen hauptsächlich durch die starke Verformung des Reifens beim Eintritt und beim Austritt aus der Reifen-Fahrbahnkontaktfläche. Ein zweiter Entstehungsmechanismus für die Gürtelschwingungen ist die Schwingungsenergie der Profilklotze, die in den Reifengürtel geleitet wird.

„Stick-slip“-Effekte können auftreten, wenn hohe tangentielle Kräfte auf den Reifen einwirken. Dies ist zum Beispiel beim Beschleunigen, Bremsen oder Kurvenfahrten zu beobachten. Es kommt hierbei zu einem wiederholten impulshaltigen Rutschen der Profilklotze über die Fahrbahnoberfläche.

2.1.2 Aerodynamische Entstehungsmechanismen

Bei den aerodynamischen Entstehungsmechanismen werden unterschieden (Bild 2):

- „Air-pumping“
- Hohlraumresonanzen im Radreifen
- Horneffekt
- Helmholtzresonanzen
- Röhrenresonanzen im Reifenprofil

Beim Abrollen des Reifens kommt es im Bereich des Profileinlaufs durch die Profilklotze zu einem „Ansaugen“ von Luft. Diese wird durch die Verformung der Profilklotze innerhalb des Profil-Fahrbahnkontaktes stark komprimiert. Am Reifenauslauf kann sich die im Reifenprofil eingeschlossene Luft ruckartig entspannen (**Air-pumping**). Aufgrund der räumlichen Trennung von Profilein- und Profilauslauf kommt es zur Abstrahlung hochfrequenter Strömungsgeräusche im Frequenzbereich von über 1 kHz.

Innerhalb des Radreifens (von der Umgebung abgeschlossener Hohlraum) kommt es durch Schwingungsanregungen zu Resonanzen. Diese **Hohlraumresonanzen im Radreifen** sind für das Außengeräusch von untergeordneter Bedeutung.

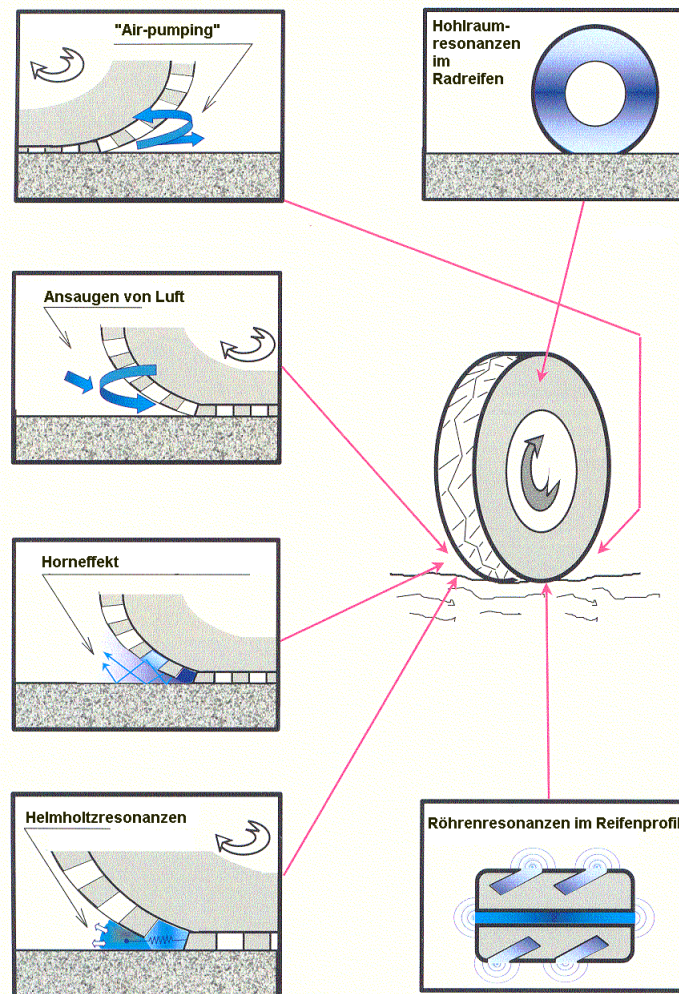


Bild 2: Aerodynamische Entstehungsmechanismen des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs [6]

Zwischen der gekrümmten Reifenfläche und der Fahrbahn entsteht am Reifenein- und am Reifenauslauf ein Schalltrichter (Horn). Dieser bewirkt eine Verstärkung des abgestrahlten Schalls (**Horneffekt**). Die Verstärkung hängt jedoch wesentlich von den Umgebungsbedingungen der Fahrbahnoberfläche ab. So ist auf einer schallabsorbierenden Fahrbahn der Effekt weniger stark ausgebildet als auf einer schallreflektierenden Fahrbahn. Einen weiteren Einflussfaktor auf die Schallabstrahlung stellt die Rauigkeit der Fahrbahnoberfläche dar. Eine rauere Oberfläche bewirkt einen größeren Abstand der Radlauffläche von der reflektierenden Straßenoberfläche. Der Horneffekt wird dadurch vermindert.

Beim Abrollvorgang des Reifens werden an der Kontaktfläche Reifen-Fahrbahnoberfläche im Reifenprofil Hohlräume gebildet, die durch enge Stellen an die Umgebung angekoppelt sind (siehe auch Bild 2, links unten). Bei diesem System handelt es sich um einen Helmholtzresonator. **Helmholtzresonatoren** sind frequenzselektiv, d. h. basierend auf den spezifischen Bedingungen (z. B. Volumen des Hohlräume) entstehen jeweils verschiedene impulsartige Resonanzfrequenzen. Diese liegen im Frequenzbereich zwischen 1 und 2 kHz.

Beim Rollvorgang bilden die Längs- und Querrillen des Reifenprofils mit der Fahrbohnoberfläche eine Vielzahl von **Röhrenresonatoren**. Durch Strömungsvorgänge und periodische Wechselwirkungen mit diesen Resonatoren kann es zur Geräuscentstehung kommen.

2.1.3 Modelle zur Rollgeräuscentstehung

Der Anteil der einzelnen mechanischen und aerodynamischen Entstehungsmechanismen am Gesamtgeräusch ist zurzeit nicht eindeutig geklärt. Anhand von verschiedenen Ansätzen wird eine mathematische Modellierung der unterschiedlichen Mechanismen angestrebt. Diese Modellierung ist die Grundvoraussetzung, um die genauen physikalischen Entstehungsmechanismen qualitativ und quantitativ beschreiben zu können. Nur so ist eine weitere Verminderung der Rollgeräusche zu erreichen.

Es gibt international eine Vielzahl von Modellen [6,7], die versuchen, die Rollgeräuscentstehung theoretisch / mathematisch zu beschreiben. So geht Kropp [9] zum Beispiel in seinem Modell von drei verschiedenen Teilmodellen aus: Reifenmodell, Kontaktmodell und Abstrahlungsmodell. Die Beschreibung erfolgt z. B. über die Theorie der Biegewellen von Platten. Weitere Modelle sind u. a. das Sandberg / Descornet-Modell, das Heckl-Modell und das Fong-Modell.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderten Forschungsverbundes „Leiser Verkehr“ wird im Bereich Straßenverkehr auch an „Reduzierten Reifen-Fahrbohn-Geräuschen“ gearbeitet (siehe auch 4.2 System Reifen-Fahrbohn - Forschungsverbund „Leiser Verkehr“). Die Technische Universität Hamburg-Harbohn entwickelt im Teilbereich Modellierung zum Beispiel eine Finite-Elemente-Methode zur Beschreibung von Reifeneigenschaften als Simulationsmodell [10].

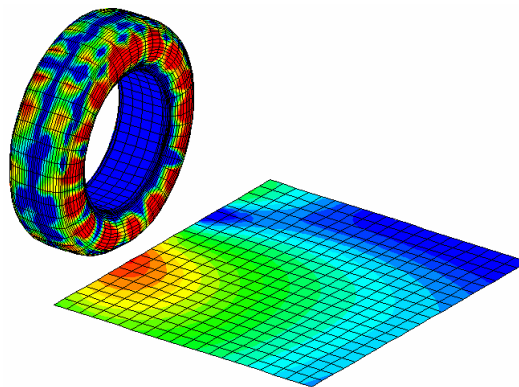


Bild 3: Beispiel Schalldruckverteilung Simulationsmodell TU Hamburg-Harbohn [10]

2.2 Umweltzeichen „Blauer Engel“

Im Umweltbundesamt Berlin (UBA) wurde seit den 80er Jahren intensiv an einem Konzept für lärmarme und kraftstoffsparende Reifen gearbeitet. Um die Vergleichbarkeit von verschiedenen Reifen zu gewährleisten, wurde ein praxisorientiertes Messverfahren für das Reifen-Fahrbahn-Geräusch von Pkw erarbeitet [11].

Aufgrund der Erkenntnisse und Messwerte dieses Forschungsvorhabens wurden von der Jury Umweltzeichen beim Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL) und vom Umweltbundesamt die Vergabe eines Umweltzeichen für „Lärmarme und kraftstoffsparende Kraftfahrzeugreifen (RAL-UZ 89)“ beschlossen.



Bild 4: Umweltzeichen „Lärmarme und kraftstoffsparende Kraftfahrzeugreifen“ [10]

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Reifen unterscheiden sich hinsichtlich Rollgeräusche, Rollwiderstand und Gewicht zum Teil erheblich. Ziel des Umweltzeichens ist es, dem Verbraucher ein Hilfsmittel in die Hand zu geben, um bei der Auswahl von Kraftfahrzeugreifen Umweltaspekte (lärmarm, kraftstoffsparend) berücksichtigen zu können, ohne auf die üblichen Gebrauchseigenschaften (Laufleistung, Bremseigenschaften, Aquaplaning-Verhalten) zu verzichten.

2.2.1 Messverfahren

Für die Vergabe des Umweltzeichens werden über Geschwindigkeitssymbole (siehe Anhang 1) Baureihen für Sommer- und Winterreifen definiert, die jeweils repräsentativ hinsichtlich Marktpräsenz und Verkaufszahlen sind.

	Geschwindigkeitssymbol	Reifengröße
Sommerreifen	S / T	175/70 R 13
Sommerreifen	H / V	195/65 R 15
Winterreifen	Q	175/70 R 13
Winterreifen	T / H	195/65 R 15

Tabelle 1: Zuordnung der Reifengrößen für die Prüfung innerhalb der Baureihen [13]

Reifenhersteller, welche die festgelegten Reifengrößen nicht anbieten, können die Einhaltung der Anforderungen des Umweltzeichens anhand alternativer Reifengrößen mit gleicher Nennbreite belegen.

Für das Vorbeifahrgeräusch ist der Grenzwert für alle Reifengrößen auf $\leq 72 \text{ dB(A)}$ festgelegt.

Die Messungen zur Ermittlung des Vorbeifahrgeräusches erfolgen entsprechend dem Messverfahren des Anhang 1 der Vergabegrundlage RAL-UZ 89. Dieses Verfahren basiert auf der Richtlinie 92/23/EWG [18] und entspricht einer kontrollierten Vorbeifahrtmessung. Bei diesem Verfahren werden die Reifen unter definierten Versuchsbedingungen (Felge, Last, Luftdruck) bei mittlerer Geschwindigkeit (80 – 100 km/h) ca. 100 km warmgefahren. Der Aufbau der Teststrecke ist entsprechend ISO 10844 [19] genormt. Die Mikrofone befinden sich beidseitig der Teststrecke in einer Entfernung von 7,5 m von der Fahrbahnmitte und einer Höhe von 1,2 m über dem Boden. Gemessen wird der Schalldruckmaximalpegel mit der Zeitbewertung „FAST“ und der Frequenzbewertung „A“.

Es werden jeweils 2 Messfahrten bei 70, 75, 85 und 90 km/h durchgeführt. Dabei muss der Motor ca. 50 m vor Erreichen der Mikrofone abgeschaltet werden. Das Getriebe soll sich im Leerlauf befinden, die Kupplung nicht getreten sein. An die Messwertpaare wird eine logarithmische Ausgleichfunktion angepasst.

$$SDP = a + b \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad (1)$$

Die verwendeten Formelzeichen haben folgende Bedeutung:

- SDP Schalldruckpegel
- v Geschwindigkeit an den Mikrofonen
- v_0 Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h

Aus dieser Kurve wird der Schalldruckpegel bei 80 km/h berechnet und zusammen mit dem Vertrauensbereich angegeben. Der Schalldruckpegel ist auf 20 °C Fahrbahntemperatur nach 92/33/EWG umzurechnen und mathematisch auf ganze Zahlen zu runden. Es erfolgt keine zusätzliche Messwertkorrektur.

2.2.2 Messergebnisse

Im Jahr 1997 wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes durch die TÜV Automotive GmbH in einer repräsentativen Markterhebung 48 Reifen für Pkw hinsichtlich ihrer Geräusch- und Rollwiderstandswerte untersucht [12]. Im Einzelnen wurden geprüft:

- 12 Satz Sommerreifen der Dimension 175/70 R 13 82 T
- 12 Satz Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 91 V
- 12 Satz Winterreifen der Dimension 175/70 R 13 82 Q M&S
- 12 Satz Winterreifen der Dimension 195/65 R 15 91 H M&S

In den Tabellen 8 bis 11 (Anhang Seite 58 und 59) sind die Ergebnisse nach Reifenkollektiven sortiert zusammengefasst. Eine Einhaltung des Geräuschgrenzwertes des Umweltzeichens „Blauer Engel“ ist grün dargestellt, eine Überschreitung ist rot markiert. Eine graphische Darstellung der Messergebnisse ist Bild 5 zu entnehmen.

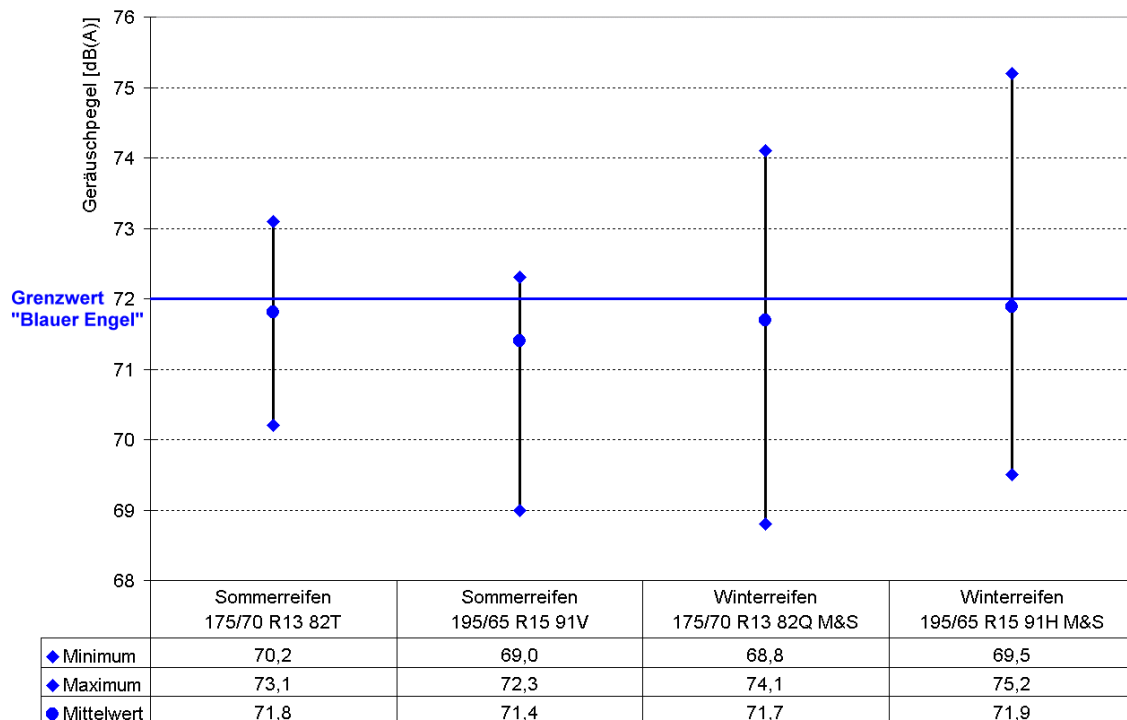


Bild 5: Geräuschpegel von Pkw-Reifen 1997 [12]

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Mittelwert aller Reifenkollektive den Geräuschgrenzwert des Umweltzeichens von 72 dB(A) nicht überschreitet. Der Geräuschgrenzwert kann von ca. 60 % der am Markt befindlichen Reifen eingehalten werden [20].

Die untersuchten Reifen erzeugen bei gleicher Reifengröße unterschiedliche Rollgeräusche. Bei einem Vergleich der Sommer- und Winterreifen ist festzustellen, dass die Streuung zwischen leisestem und lautestem Reifen der Kollektive bei Sommerreifen nur 3 dB beträgt, bei Winterreifen dagegen 5 bzw. 6 dB.

Da es zurzeit keine Anwender des Umweltzeichens durch die Reifenhersteller gibt, hat das Umweltbundesamt im Jahr 2002 eine erneute, breiter angelegte Markterhebung an 82 Pkw-Reifen durchführen lassen [14] [71], um den aktuellen Umweltverträglichkeits- und Sicherheitsstand der auf deutschen Straßen verwendeten Reifen zu untersuchen.

Bei der Reifenauswahl wurde sowohl im Hinblick auf die Dimensionen als auch auf die Hersteller ein realistisches und breit gefächertes Bild angestrebt. Zusätzlich erfolgte die Vermessung von drei Reifentypen der Dimension 155/60 R 14, die als Erstausrüstung bei kraftstoffsparenden 3-Liter-Autos eingesetzt werden.

Im Einzelnen wurden geprüft:

- 3 Satz Sommerreifen der Dimension 155/60 R 14 75 T
- 10 Satz Sommerreifen der Dimension 165/70 R 14 81 T
- 11 Satz Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 165/70 R 14 81 T/Q
- 7 Satz Sommerreifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H
- 7 Satz Winterreifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H
- 10 Satz Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 91 H
- 11 Satz Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 195/65 R 15 91 T
- 8 Satz Sommerreifen der Dimension 205/55 R 16 91 H/W
- 8 Satz Winterreifen der Dimension 205/55 R 16 91 H
- 7 Satz Sommerreifen der Dimension 225/45 R 17 91 W/Y/ZR

In der Tabellen 12 bis 21 (Anhang Seite 60 bis 64) sind die Ergebnisse, nach Reifenkollektiven sortiert, zusammengefasst. Eine Einhaltung des Geräuschgrenzwertes des Umweltzeichens „Blauer Engel“ ist grün dargestellt, eine Überschreitung ist rot markiert. Eine graphische Darstellung der Messergebnisse ist Bild 6 und Bild 7 zu entnehmen.

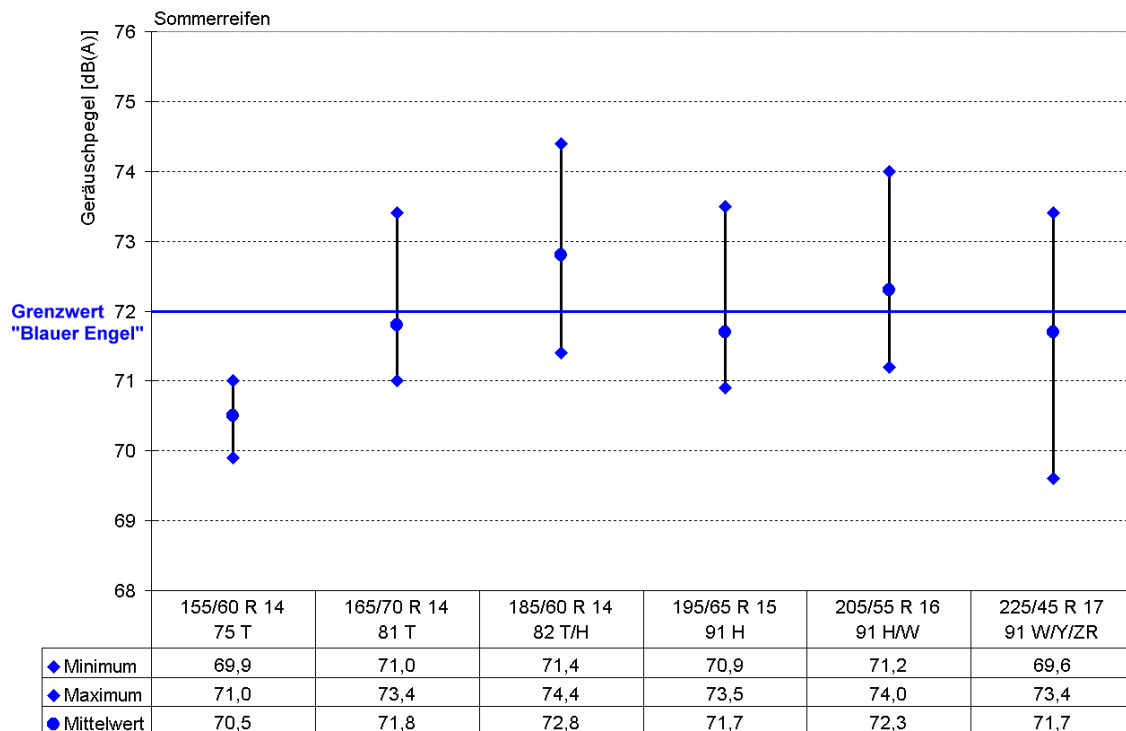


Bild 6: Geräuschpegel von Pkw-Sommerreifen 2002 [14]

Die aktuellen Messungen haben ergeben, dass die am Markt befindlichen Reifen den Geräuschgrenzwert von 72 dB(A) im Mittelwert aller Reifenkollektive nicht überschreiten. Dies trifft sowohl für die Sommer- als auch für die Winter- und Ganzjahresreifen zu.

Auffällig ist bei den Sommerreifen der geringe Wert bei Reifen der Dimension 155/60 R 14 75 T (Reifen für das 3-Liter-Auto). Offensichtlich ist es der Reifenindustrie möglich, bei entsprechendem Entwicklungsdruck durch die Autohersteller (geringerer Rollwiderstand für geringeren Kraftstoffverbrauch), Reifen zu produzieren, die einen niedrigeren Geräuschwert als herkömmliche Reifen aufweisen. Die Streuung innerhalb dieses Reifenkollektivs beträgt nur 1 dB.

Bei den herkömmlichen Sommerreifen ist eine Streuung von 3 dB zu beobachten. Dies entspricht den Werten der Untersuchung von 1997. Eine Ausnahme bilden hierbei Breitreifen für den Hochgeschwindigkeitsbereich (Dimension 225/45 R 17 91 W/Y/ZR). Die Streuung innerhalb des Reifenkollektivs beträgt 4 dB.

Der Mittelwert der Sommerreifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H liegt über dem Grenzwert von 72 dB(A). Dies ist umso erstaunlicher, da breitere und schmalere Reifen den Grenzwert einhalten. In dieser Reifenklasse wurde auch der höchste Wert eines Reifens mit 74,4 dB(A) ermittelt.

Ein Vergleich der Geräuschpegel bei Sommerreifen aus den Untersuchungen von 1997 und 2002 zeigt eine gute Übereinstimmung der Werte. Eine Entwicklung hin zu leiseren Reifen ist in den letzten 5 Jahren nicht zu erkennen.

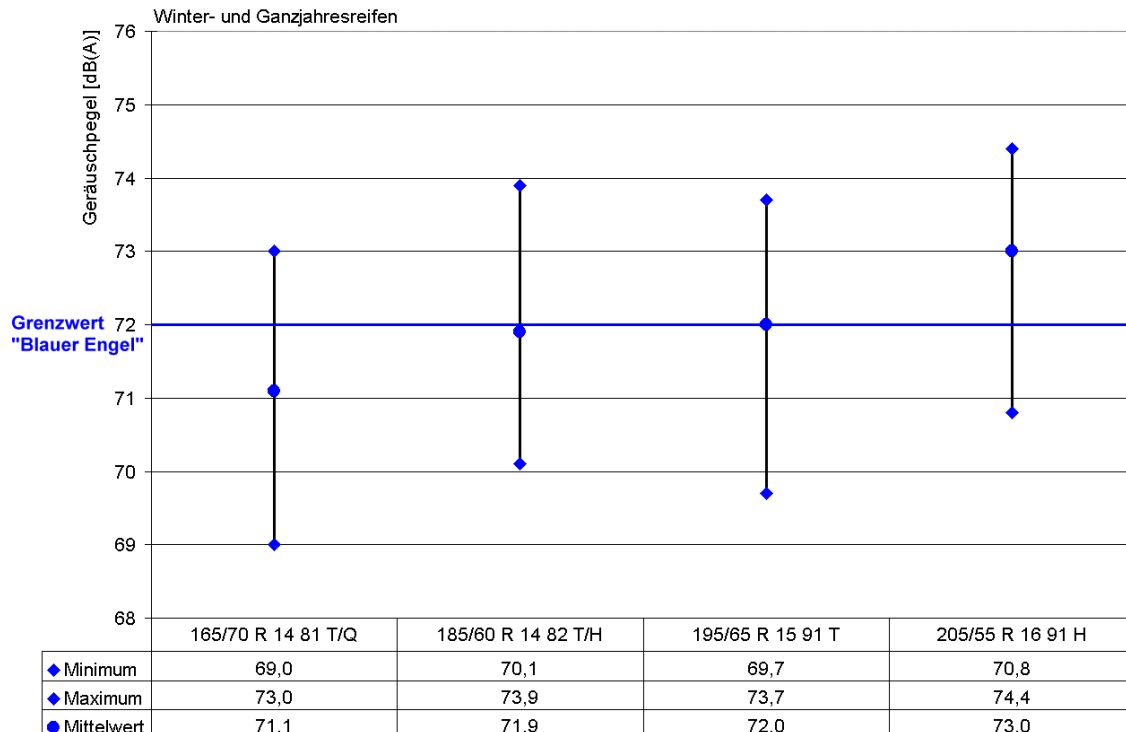


Bild 7: Geräuschpegel von Pkw-Winter- und Ganzjahresreifen 2002 [14]

Bei den Winter- und Ganzjahresreifen ist ein etwas anderes Bild zu beobachten. Auffällig ist der Anstieg der Geräuschpegel mit zunehmender Reifengröße. So steigt der Geräuschpegel von 71 dB(A), bei Reifen der Dimension 165/70 R 14 81 T/Q, über 72 dB(A), bei Reifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H und 195/65 R 15 91 T, auf 73 dB(A), bei Reifen der Dimension 205/55 R 16 91 H, an.

Der Grenzwert des Umweltzeichens „Blauer Engel“ wird, mit Ausnahme von Reifen der Dimension 205/55 R 16 91 H, im Mittel eingehalten. Es gibt jedoch auch Reifen mit der Dimension 205/55 R 16 91 H, die den Grenzwert deutlich unterschreiten.

Die Streuung innerhalb der Reifenkollektive liegt mit 4 dB(A) etwas über der Streuung der Sommerreifen mit 3 dB(A). Im Vergleich zur Untersuchung von 1997 ist jedoch eine deutliche Abnahme (1997: 5 bis 6 dB) zu erkennen.

Ein Vergleich der Geräuschpegel bei Winter- und Ganzjahresreifen aus den Untersuchungen von 1997 und 2002 zeigt eine gute Übereinstimmung der Werte. Eine Entwicklung hin zu leiseren Reifen ist in den letzten 5 Jahren nicht zu erkennen.

2.2.3 Ausblick

Die im Auftrag des Umweltbundesamtes in den Jahren 1997 [12] und 2002 [14] durchgeführten Markterhebungen lassen keine Abnahme der Geräuschpegel der auf dem Markt befindlichen Reifen erkennen.

Dies ist u. a. auf die fehlende Nachfrage der Verbraucher und damit des Marktes nach lärmarmen und kraftstoffsparenden Reifen zurückzuführen. Eine fehlende Nachfrage ist jedoch kein Zeichen von mangelndem Interesse, sondern von nicht ausreichend vorhandener Information. Wie soll sich ein Verbraucher für solche Produkte entscheiden, wenn er nicht weiß, dass es diese gibt?

Um die Ergebnisse der Reifentests [12] einer breiteren Öffentlichkeit bekannt zu machen, gab das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg eine Broschüre heraus worin u. a. die Reifentypen aufgeführt wurden, welche die Vergabekriterien des "Blauen Engel" für lärmarme Reifen erfüllten [21].

Baden-Württemberg hat sich wiederholt an die Automobilhersteller mit der Bitte gewandt, verstärkt lärmarme und rollwiderstandsarme Reifen einzusetzen. Außerdem wurden die Automobilhersteller gebeten, über ihre Fachwerkstätten Reifen anzubieten, welche die Kriterien des „Blauen Engel“ erfüllen.

Bereits im November 1998 hat die Umweltministerkonferenz auf Vorschlag Baden-Württembergs einen Beschluss gefasst, in dem die Reifenhersteller aufgefordert wurden, die Auszeichnung des „Blauen Engel“ für entsprechende Reifen zu beantragen. Sie bat außerdem die für die Beschaffungspolitik zuständigen Stellen in Bund, Ländern und Gemeinden, Grundsatzbeschlüsse zu Gunsten lärmarmen Reifen zu fassen und appellierte an die KfZ-Hersteller, lärmarme Reifen bei der Erstausrüstung zu verwenden.

Die Reifenhersteller ignorieren zurzeit die Anwendung des Umweltzeichens für ihre Reifen, obwohl die Untersuchungen gezeigt haben, dass es eine Vielzahl von Modellen der verschiedensten Hersteller gibt, welche die Anforderungen des „Blauen Engels“ hinsichtlich Geräusch, Abrollwiderstand und Gebrauchseigenschaften problemlos ein-

halten. Eine Änderung dieser Einstellung ist augenblicklich nicht zu erkennen. Die direkte Kennzeichnung der Produkte ist somit nicht möglich.

Zur Information der Verbraucher bleibt daher nur der Weg der indirekten Information. Dies ist über eine verstärkte Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sowie durch Zusammenarbeit mit Automobil- und Verbraucherzeitschriften möglich. Das Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg hat im Mai 2000 die „Stiftung Warentest“ und die „ADAC Motorwelt“ gebeten, bei Reifentests verstärkt auf die Lärmemissionen zu achten und dem Leser eine transparente Informationsmöglichkeit über die unterschiedlichen Lärmwerte verschiedener Reifentypen zu bieten. Die „Stiftung Warentest“ hat in ihrem Antwortschreiben eine intensivere Darstellung von Messwerten und eine entsprechende Information und Motivation der Verbraucher zugesagt. Seit 2001 gibt die „Stiftung Warentest“ Messwerte des Vorbeifahrgeräusches in ihren Testberichten zu Kraftfahrzeugreifen an. Eine entsprechende Veröffentlichung wäre bei allen Reifentests (z. B. ADAC, auto motor sport) wünschenswert. Bisher erfolgt die Bewertung dort über eine Notenskala.

Im zeitlichen Zusammenhang mit der Veröffentlichung solcher Testberichte kann auf die Problematik der notwendigen Verringerung der Immissionsbelastung und der Schonung der Ressourcen (Kraftstoffeinsparung) hingewiesen werden.

Eine derart verstärkte Nachfrage nach lärmarmen und kraftstoffsparenden Fahrzeugreifen führt dann bei den Reifenherstellern zu einem Umdenken und damit zu einem verbesserten Angebot.

Weiterer Nachfragedruck kann durch die öffentliche Hand aufgebaut werden. Im Rahmen der EU-Reifenrichtlinie (siehe 2.3) ist schrittweise ab 2009 (vereinzelt schon ab 2004) die Angabe der Geräuschwerte aller Reifen bei der Typgenehmigung notwendig. Dies kann im Rahmen einer umweltfreundlichen Beschaffung genutzt werden, um bei Ausschreibungen nur solche Fahrzeugreifen zu berücksichtigen, welche die Kriterien des Umweltzeichens erfüllen.

Eine immer wieder angedachte steuerliche Begünstigung von lärmarmen und kraftstoffsparenden Fahrzeugreifen, analog den Schadstoffklassen, ist nicht praktikabel, da einerseits ein sehr hoher Verwaltungsaufwand entsteht und andererseits keine Kontrolle über die tatsächlich eingesetzte Bereifung umsetzbar ist.

Eine steuerliche Begünstigung der Reifen über den Verkaufspreis direkt beim Handel würde ebenfalls keine Auswirkungen auf die Marktpräsenz haben, da es aufgrund der sehr hohen Preisdifferenzen immer Reifen geben wird, die auch ohne steuerliche Subventionen preislich günstiger sind. Es kommt dann nur zu Mitnahmeeffekten.

Der einzig gangbare und Erfolg versprechende Weg zu einer hohen Marktdurchdringung ist die vorstehend beschriebene Erhöhung des Nachfragedrucks durch intensive Öffentlichkeits- und Informationsarbeit und die umweltfreundliche Beschaffung der öffentlichen Hand.

2.3 Die „Reifenrichtlinie“ der Europäischen Union

Im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 04.08.2001 wurde die Richtlinie 2001/43/EG zur Änderung der Richtlinie 92/23/EWG des Rates über Reifen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern und über ihre Montage veröffentlicht [25].

Damit wurde eine der wichtigsten Geräuschquellen von Kraftfahrzeugen, das Rollgeräusch, einer gesetzlichen Regelung unterworfen. In dieser Richtlinie sind für Pkw und Nutzfahrzeuge abgestufte Geräuschgrenzwerte festgelegt wurden. Die Differenzierung der Grenzwerte erfolgt bei Pkw nach Reifenbreite, bei Nutzfahrzeugen, nach Einsatzzweck. Die Differenzierung bei Nutzfahrzeugen berücksichtigt z. B. die Tatsache, dass Traktionsreifen, Winterreifen und Spezialreifen meistens höhere Emissionen verursachen als Reifen für Lenkachsen, Sattelaufleger und Anhänger.

2.3.1 Messverfahren

Das zu verwendende Messverfahren ist im Anhang V der Richtlinie beschrieben. An einem Fahrzeug mit zwei Achsen werden 4 Reifen montiert. Das Fahrzeug fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit an die Messstrecke heran. Vor Erreichen der Messmikrofone wird der Motor ausgeschaltet und ausgekuppelt. Die Messmikrofone befinden sich beidseitig der Messstrecke in einer Entfernung von 7,5 m von der Fahrstreifenmitte. Die Mikrofonhöhe beträgt 1,2 m. Die während der Vorbeifahrt gemessenen Schalldruckmaximalpegel bilden das Ergebnis einer Messung.

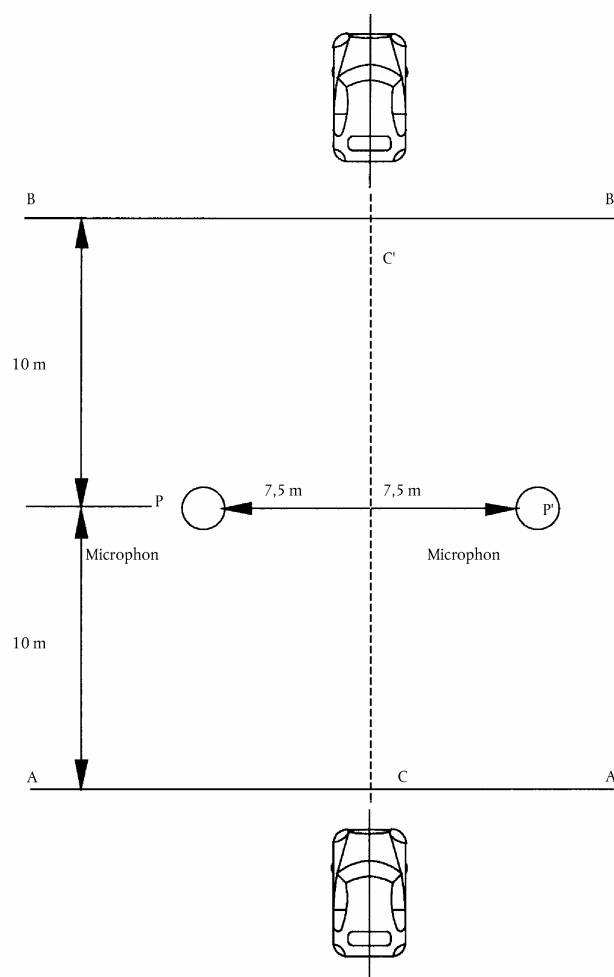


Bild 8: Anordnung der Mikrofone für die Messung [25]

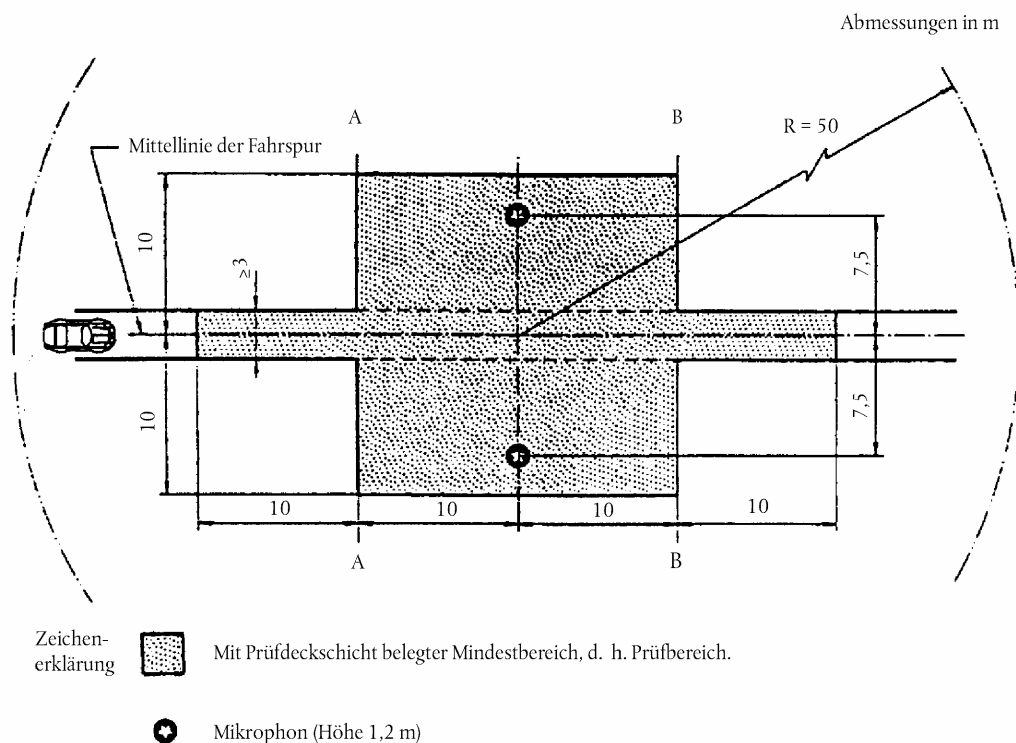


Bild 9: Mindestanforderungen an den Prüfstellbereich [25]

Insgesamt werden 8 Messungen gleichmäßig verteilt über den Geschwindigkeitsbereich von 70 bis 90 km/h (bei schweren Nutzfahrzeugen 60 bis 80 km/h) durchgeführt. Aus den gewonnenen Messwerten wird für jede Fahrzeugseite getrennt eine Regressionsanalyse für eine Bezugsgeschwindigkeit von 80 km/h berechnet. Der höhere der beiden Werte ist das Messergebnis. Dieses wird auf ganze dB(A) abgerundet und um 1 dB(A) Toleranzabzug vermindert.

2.3.2 Reifenklassen und Grenzwerte

In der Richtlinie 2001/43/EG werden zur Festlegung von Grenzwerten Reifenklassen definiert:

- Klasse C1: Reifen für Personenkraftwagen
- Klasse C2: Reifen für Nutzfahrzeuge mit einer Tragfähigkeitskennzahl für Einzelreifen ≤ 121 (siehe Anhang Tabelle 6, Seite 57) und einem Symbol für die Geschwindigkeitskategorie \geq „N“ (siehe Anhang Tabelle 7, Seite 57)
- Klasse C3: Reifen für Nutzfahrzeuge mit einer Tragfähigkeitskennzahl für Einzelreifen ≤ 121 und einem Symbol für die Geschwindigkeitskategorie \leq „M“ und Reifen für Nutzfahrzeuge mit einer Tragfähigkeitskennzahl für Einzelreifen ≥ 122

Die für Pkw-Reifen geltenden Grenzwerte und Zeiträume sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Bei verstärkten Reifen (Extra-Load-Reifen) werden die Grenzwerte um 1 dB(A) erhöht. Für „Spezialreifen“ werden die Grenzwerte um 2 dB(A) erhöht.

Reifenklasse	Nennbreite in mm	Grenzwerte in dB(A)		
		A	B ⁽¹⁾	C ⁽¹⁾ ⁽²⁾
C1a	≤ 145	72 (*)	71 (*)	70
C1b	> 145 ≤ 165	73 (*)	72 (*)	71
C1c	> 165 ≤ 185	74 (*)	73 (*)	72
C1d	> 185 ≤ 215	75 (**)	74 (**)	74
C1e	> 215	76 (***)	75 (***)	75

(*) Die Grenzwerte in Spalte A gelten bis 30. Juni 2007
Die Grenzwerte in Spalte B gelten ab dem 1. Juli 2007

(**) Die Grenzwerte in Spalte A gelten bis 30. Juni 2008
Die Grenzwerte in Spalte B gelten ab dem 1. Juli 2008

(***) Die Grenzwerte in Spalte A gelten bis 30. Juni 2009
Die Grenzwerte in Spalte B gelten ab dem 1. Juli 2009

⁽¹⁾ Nur als Hinweis dienende Zahlen. Die endgültigen Zahlen hängen ab von der Änderung der Richtlinie im Anschluss an den gemäß Artikel 3 (2) erforderlichen Bericht.

⁽²⁾ Die Grenzwerte in Spalte C werden sich aus der Änderung im Anschluss an den gemäß Artikel 3 (2) erforderlichen Bericht ergeben.

Tabelle 2: Grenzwerte für Reifenklasse C1 (Pkw-Reifen) nach EU-Reifenrichtlinie [25]

In Tabelle 2 ist die Realisierung von weiteren Grenzwertstufen bereits vorgesehen. Diese Werte sind zurzeit jedoch nur als Hinweis auf einen möglichen Grenzwert zu verstehen. Die Einführung solcher Werte hängt von einem Bericht der Kommission ab, der 36 Monate nach Inkrafttreten der Richtlinie vorgelegt werden soll.

In dem Bericht soll untersucht werden, inwieweit eine Absenkung der Grenzwerte in Spalte A ohne Gefährdung der Sicherheit möglich ist. Auf der Grundlage dieses Berichtes schlägt die Kommission innerhalb von 12 Monaten eine Änderung der Richtlinie vor.

Diese Anpassung betrifft jedoch nicht die Reifenklassen C 2 und C 3 (Nutzfahrzeugreifen). Eine Änderung der Grenzwerte (Tabelle 3) ist nicht vorgesehen.

Verwendung	Reifenklasse C2 Grenzwert in dB(A)	Reifenklasse C3 Grenzwert in dB(A)
normal	75	76
M + S	77	78
spezial	78	79

Tabelle 3: Grenzwerte für Reifenklasse C2 und C3 (Nutzfahrzeugreifen) nach EU-Reifenrichtlinie [25]

Die Anwendung der Richtlinie ist für die einzelnen Reifenklassen zeitlich gestaffelt und verteilt sich über mehrere Jahre:

- 4. Februar 2003: Ab diesem Zeitpunkt dürfen die Mitgliedsstaaten weder die Genehmigung, den Verkauf oder die Inbetriebnahme von Fahrzeugen oder Reifen verweigern, wenn die Reifen die Geräuschgrenzwerte dieser Richtlinie erfüllen.
- 4. August 2004: Die Mitgliedsstaaten dürfen keine Genehmigung mehr für Reifen erteilen, welche die Anforderungen der Richtlinie nicht erfüllen. Davon nicht betroffen sind bestehende Genehmigungen.
- 4. Februar 2005: Neufahrzeuge, die in Verkehr gebracht werden, müssen die Anforderungen der Richtlinie erfüllen. Dies gilt folglich für Erstausrüstungsreifen.
- 1. Oktober 2009: Alle Reifen (außer Reifenklasse C1d und C1e) müssen die Anforderungen der Richtlinie erfüllen.
- 1. Oktober 2010: Reifen der Reifenklasse C1d (Pkw-Reifen mit einer Nennbreite $> 185 \leq 215$ mm) müssen die Anforderungen der Richtlinie erfüllen.
- 1. Oktober 2011: Reifen der Reifenklasse C1e (Pkw-Reifen mit einer Nennbreite > 215 mm) müssen die Anforderungen der Richtlinie erfüllen.

2.3.3 Auswirkungen der Reifenrichtlinie

Die vorgesehenen Grenzwerte der Richtlinie sind für moderne Reifen wenig anspruchsvoll. So haben Messungen gezeigt (siehe 2.2.2, Seite 12), dass aktuelle Reifen kein Problem mit der Einhaltung der Grenzwerte haben.

Beim Vergleich der Messwerte mit den Grenzwerten der Richtlinie ist der Toleranzabzug und das Abrunden auf ganze dB(A) zu berücksichtigen. Die Messwerte sind daher mit einem Abschlag von 1 bis 2 dB(A) anzupassen.

Es zeigt sich z. B., dass mehr als 90 % der 1997 untersuchten Pkw-Reifen bereits um 3 bzw. 4 dB(A) unter den Grenzwerten liegen [12]. Die Grenzwerte für Nachrüstreifen sollen erst ab 2009 (bzw. 2010/2011) angewendet werden.

Beim Vergleich der 2002 untersuchten Pkw-Reifen [14] mit den Grenzwerten ist festzustellen, dass bislang kein einziger untersuchter Reifen die Grenzwerte überschreitet (Bild 10). Im Mittel liegen die Geräuschemissionen 3 bis 6 dB(A) unterhalb der Grenzwerte.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei Nutzfahrzeugreifen (Bild 11). Die untersuchten Nachrüstreifen (siehe 2.4.2) liegen in der Reifenklasse C2 um 3 bis 6 dB(A) unterhalb des Grenzwertes. In der Reifenklasse C3 werden die Grenzwerte um 4 bis 9 dB(A) unterschritten [26,27].

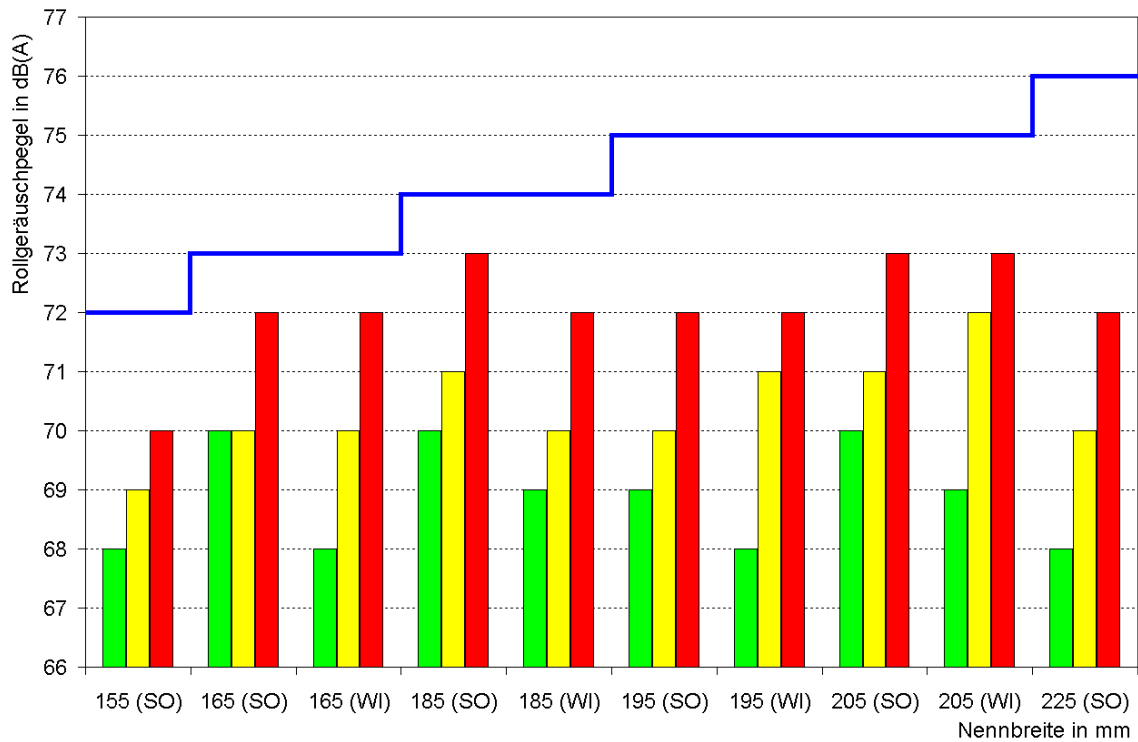


Bild 10: Vergleich Rollgeräuschpegel von Pkw-Reifen 2002 (Minimum, Mittelwert, Maximum) [14] mit den Grenzwerten der EU-Reifenrichtlinie in Abhängigkeit von der Nennbreite (SO – Sommerreifen, WI – Winterreifen)

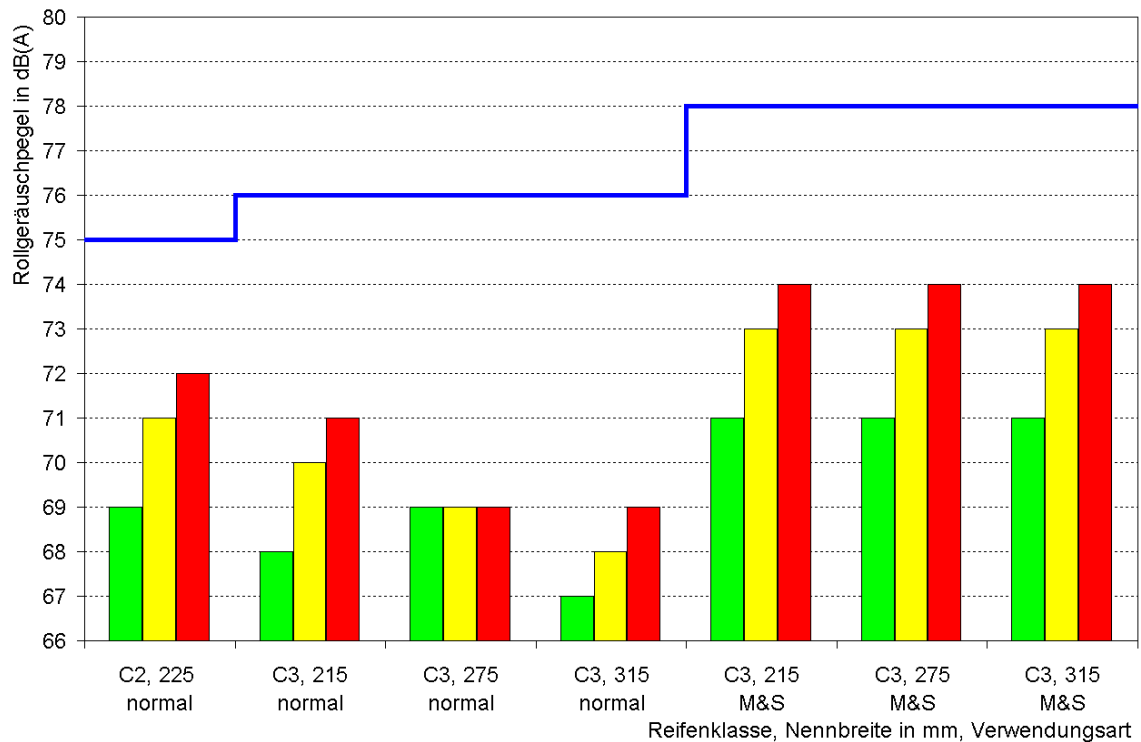


Bild 11: Vergleich Rollgeräuschpegel von Nutzfahrzeugreifen 2002 (Minimum, Mittelwert, Maximum) [14] mit den Grenzwerten der EU-Reifenrichtlinie in Abhängigkeit von der Reifenklasse und der Verwendungsart

Die Grenzwerte der EU-Reifenrichtlinie werden bei Pkw und Nutzfahrzeugen keinerlei Minderungen der Geräuschemission zur Folge haben.

Es ist sogar möglich, dass durch die Einführung derart hoher Grenzwerte die Hersteller ihre Reifen unter Beachtung anderer Faktoren (z. B. Herstellungskosten) derart „optimieren“, dass es zu einem Anstieg der Geräuschemission kommt. Die Auswirkungen auf die Geräuschemission könnten durchaus + 3 dB(A) betragen.

2.3.4 Änderung der Reifenrichtlinie

Um einen spürbaren Effekt bei der Problematik der notwendigen Verringerung der Immissionsbelastung zu erzielen, sind deutliche Absenkungen der Grenzwerte notwendig.

- Bei einer einheitlichen Absenkung des Grenzwertes für Pkw-Reifen auf 72 dB(A), bei Beibehaltung des Toleranzabschlages, wären nur die lautesten Reifen betroffen.
- Nach einer Marktbeobachtung könnte in einem zweiten Schritt geprüft werden, ob eine weitere Absenkung auf 71 bzw. 70 dB(A) möglich ist. Hierbei ist die Einhaltung von Sicherheits- und Gebrauchseigenschaften (Bremsverhalten, Aquaplaning, Lebensdauer etc.) zu berücksichtigen.
- Die bisherige Grenzwertfestsetzung in Abhängigkeit von der Nennbreite kann durch Messwerte nicht bestätigt werden und sollte ersatzlos gestrichen werden.
- Bei den Nutzfahrzeugreifen ist eine sofortige Absenkung der Grenzwerte um 4 dB(A) möglich. Nur einige der lautesten Reifen wären von den verschärften Grenzwerten betroffen. Analog zu den Pkw-Reifen kann dann in einem zweiten Schritt geprüft werden, ob eine weitere Absenkung um 1 bis 2 dB(A) möglich ist. In der jetzigen Form der Reifenrichtlinie ist eine Absenkung der Grenzwerte bei Nutzfahrzeugreifen nicht vorgesehen.
- Neben der deutlichen Absenkung der Grenzwerte für Pkw- und Nutzfahrzeugreifen ist die Ausweitung des Geltungsbereiches der Reifenrichtlinie auf runderneuerte Reifen notwendig. Diese haben z. B. bei schweren Nutzfahrzeugen einen Marktanteil von 50 %. Eine Nichtberücksichtigung von runderneuerten Reifen würde die Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen stark einschränken.

Zur Ermittlung eines eventuell abweichenden Grenzwertes für runderneuerte Reifen ist eine Markterhebung der aktuellen Emissionsdaten notwendig [28].

- Die Messungen nach der Reifenrichtlinie werden auf einem Testbelag nach ISO 10844 [19] durchgeführt. Dieser Testbelag ist auch für die Geräuschemessungen der Kraftfahrzeuge zu verwenden. Der eigentlich für die Typprüfung entwickelte Belag sollte das Rollgeräusch minimieren. Es wurde ein Asphaltbeton 0/8 mit einer vergleichsweise glatten Textur und einem relativ hohen Hohlraumgehalt als Referenz festgelegt. Auf diesem Referenzbelag sind die Rollgeräusche von Pkw-Reifen ca. 2 dB(A) geringer als auf einem praxisorientierteren Splittmastixasphalt 0/11.

Der Anteil der Rollgeräusche durch Reifenschwingungen ist auf dem Referenzbelag sehr gering. Geräuschkinderungsmaßnahmen an den Reifen sind damit auf die Anpassung der Profilgestaltung konzentriert. Erzielte Minderungen auf dem Referenzbelag kommen bei realen Fahrbahnbelägen nicht im selben Umfang zur Geltung.

Es ist deshalb wichtig, einen zweiten Referenzbelag für die Rollgeräuschemessungen zu definieren, welcher der Deckschicht von Hauptverkehrsstraßen entspricht. Für diesen raueren Belag könnte z. B. Splittmastixasphalt verwendet werden.

2.4 Geräuschemissionswerte von Reifen

Die Ermittlung konkreter Geräuschemissionswerte von Reifen ist sehr schwierig, da sich die Fahrzeug- und Reifenindustrie bei der öffentlichen Angabe von Werten sehr bedeckt hält. Dies ist möglicherweise vor dem Hintergrund der eventuellen Verschärfung der Grenzwerte der EU-Reifenrichtlinie zu sehen. Somit sind Angaben zum Stand der Technik nur den einschlägigen Forschungsberichten des Umweltbundesamtes und den Testberichten der Auto- und Verbraucherzeitschriften zu entnehmen.

2.4.1 Pkw-Reifen

Eine erste umfangreiche Untersuchung an mehr als 100 Pkw-Reifen zum Stand der Technik wurde 1993 [29] im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt.

Im Jahr 1997 wurde dann im Rahmen eines UBA-Forschungsvorhabens in einer repräsentativen Markterhebung 48 Reifen für Pkw untersucht [12]. Die detaillierten Ergebnisse zur Geräuschemission sind Tabelle 8 bis Tabelle 11 (Anhang Seite 58 und 59) nach Reifenkollektiven sortiert zu entnehmen. Eine Einhaltung des Geräuschgrenzwertes des Umweltzeichens „Blauer Engel“ ist grün dargestellt, eine Überschreitung ist rot markiert. Eine Auswertung der Messungen sowie eine graphische Darstellung der Ergebnisse sind Abschnitt 2.2.2, Seite 12 zu entnehmen.

Da es zurzeit keine Anwender des Umweltzeichens durch die Reifenhersteller gibt, hat das Umweltbundesamt im Jahr 2002 eine erneute, breiter angelegte Markterhebung an 82 Pkw-Reifen durchführen lassen [14], um den aktuellen Umweltverträglichkeits- und Sicherheitsstand der auf deutschen Straßen verwendeten Reifen zu untersuchen.

In Tabelle 12 bis Tabelle 21 (Anhang Seite 60 bis 64) sind die Ergebnisse zur Geräuschemission, nach Reifenkollektiven sortiert, zusammengefasst. Eine Auswertung der Messungen sowie eine graphische Darstellung der Ergebnisse sind Abschnitt 2.2.2, Seite 12 zu entnehmen.

Die Stiftung Warentest veröffentlicht zweimal jährlich Testergebnisse zu Kraftfahrzeugreifen in der Zeitschrift „test“ (Ergebnisse Pkw-Reifen 2001-2004 siehe Anhang ab Tabelle 22). Bei der Beurteilung der dort ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt werden. So wird z. B. der Geräuschpegel ausschließlich bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h ermittelt, statt den Geschwindigkeitsbereich von 70 bis 90 km/h zu vermessen.

So liegen z. B. die Ergebnisse bei Sommerreifen in Tabelle 25 im Bereich von 60 bis 62 dB(A) sehr niedrig. Auf der anderen Seite ist bei Winterreifen in Tabelle 26 zu beobachten, dass kein Messwert unterhalb von 74 dB(A) liegt.

Auffällig sind die Eigenschaften beim Ganzjahresreifen Goodyear Vector 5 in der Ausführung 175/65 R 14 T: Im Sommerreifentest 2002 wurde hierfür ein Wert von 65 dB(A) angegeben. Im Winterreifentest 2002 liegt der Wert mit 75 dB(A) deutlich höher. Dies ist bei Messungen unter Normbedingungen nicht reproduzierbar und so bisher noch nicht ermittelt. Ungeachtet dieser Unstimmigkeiten sind die Messwerte zum Vergleich

von Reifen untereinander bedingt geeignet, da sie unter gleichen Bedingungen ermittelt wurden.

Bei anderen Testberichten zu Pkw-Reifen (z. B. ADAC, auto motor sport) werden die Rollgeräusche messtechnisch erfasst. Eine Bewertung der Ergebnisse erfolgt jedoch nur über eine Notenskala.

2.4.2 Nutzfahrzeugreifen

Bei der Optimierung von Nutzfahrzeugreifen stehen Tragfähigkeit und Langlebigkeit im Vordergrund. Zudem werden für angetriebene und nicht angetriebene Achsen unterschiedliche Profiltypen verwendet. Für Antriebsachsen werden Reifen mit einem Traktionsprofil verwendet (Bild 12). Diese Reifen sollen eine bessere Kraftübertragung sicherstellen. Für nicht angetriebene Achsen werden Reifen mit einem Längsprofil verwendet (Bild 13).

Traktionsreifen sind bei Rollgeräuschmessungen auf dem Normbelag nach ISO 10844 [19] charakteristisch lauter als Reifen mit Längsprofil. Dies ist eines der Ergebnisse einer Untersuchung an 32 Reifen für Nutzfahrzeuge, die im Jahr 2000 im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde [27].



Bild 12: Profil eines Nutzfahrzeugreifens für Antriebsachsen (Traktionsprofil) [27]

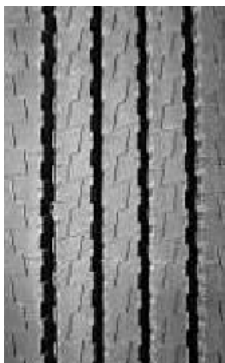


Bild 13: Profil eines Nutzfahrzeugreifens für nichtangetriebene Achsen (Längsprofil) [27]

Die Reifenauswahl sollte repräsentativ für den aktuellen Reifenmarkt sein und wurde in vier Verwendungsbereiche gegliedert: Kommunalverkehr, Lieferverkehr, Nahverkehr und Fernverkehr. Für die einzelnen Bereiche wurden jeweils typische Reifengrößen ausgewählt. Im Einzelnen wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens geprüft:

- 4 Satz Sommerreifen 225/70 R 15 C, Klasse C2, normal (Längsprofil)
(Leicht-Lastkraftwagen, Lieferverkehr)
- 5 Satz Lenkachsreifen 215/75 R 17,5, Klasse C3, normal (Längsprofil)
(LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr)
- 5 Satz Antriebsachsreifen 215/75 R 17,5, Klasse C3, M&S (Traktionsprofil)
(LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr)
- 4 Satz Lenkachsreifen 275/70 R 22,5, Klasse C3, normal (Längsprofil)
(Omnibus, Kommunalverkehr)
- 4 Satz Antriebsachsreifen 275/70 R 22,5, Klasse C3, M&S (Traktionsprofil)
(Omnibus, Kommunalverkehr)
- 5 Satz Lenkachsreifen 315/80 R 22,5, Klasse C3, normal (Längsprofil)
(LKW schwere Baureihe, Fernverkehr)
- 5 Satz Antriebsachsreifen 315/80 R 22,5, Klasse C3, M&S (Traktionsprofil)
(LKW schwere Baureihe, Fernverkehr)

In den Tabellen 28 bis 34 (Anhang Seite 76 bis 78) sind die Ergebnisse nach Reifenkollektiven sortiert zusammengefasst. Eine graphische Darstellung der Messergebnisse ist Bild 14 zu entnehmen.

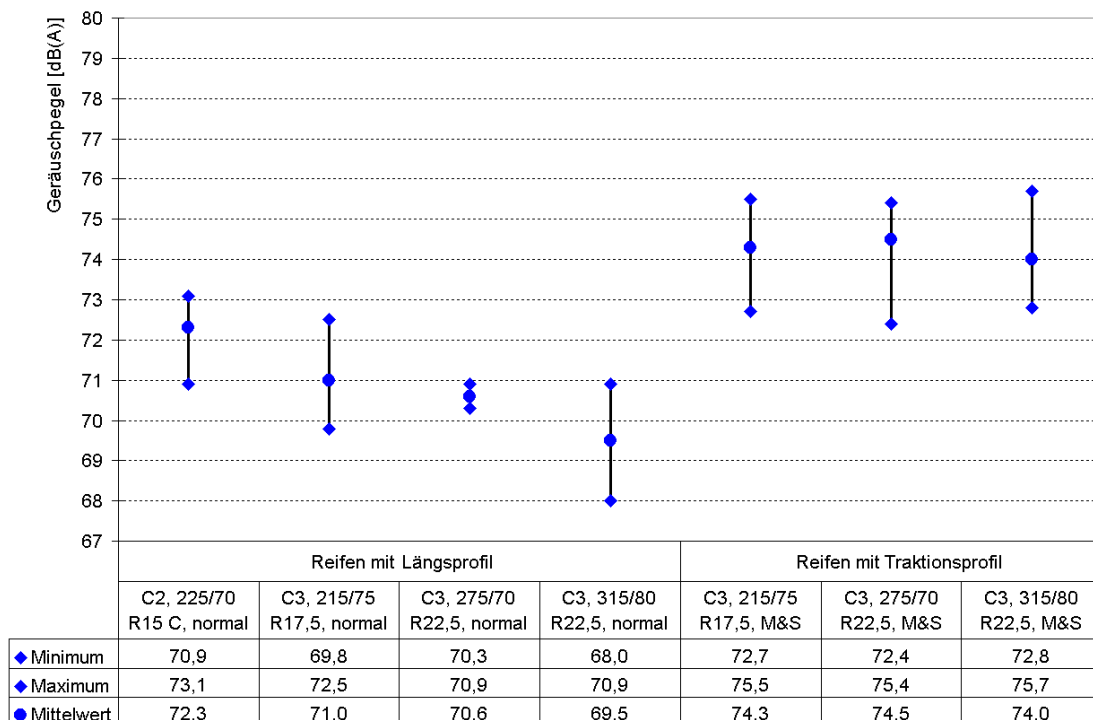


Bild 14: Geräuschpegel von Nutzfahrzeugreifen 2000 [27]

Es ist deutlich zu erkennen, dass Traktionsreifen von Nutzfahrzeugen wesentlich lauter sind als Reifen mit Längsprofil. Die Unterschiede betragen für die untersuchten Reifen 3 bis 4 dB(A). Eine Zunahme der Rollgeräuschpegel mit der Reifenbreite kann nicht festgestellt werden. Während bei Reifen mit Traktionsprofil keine Abhängigkeit von der Reifenbreite zu erkennen ist, kann bei Längsprofilreifen sogar eine Abnahme der Rollgeräuschpegel beobachtet werden.

2.5 Minderungspotenziale

Die weitere Minderung des Reifenrollgeräusches - und damit die Absenkung der Belastung durch den Straßenverkehr - besitzt eine große Bedeutung für den Immissionschutz.

2.5.1 Anteil Rollgeräusch/Antriebsgeräusch

Für eine effektive Minderung der Rollgeräusche ist die Kenntnis der genauen Anteile von Rollgeräusch und Antriebsgeräusch am Gesamtgeräusch unverzichtbar. Nur so können zielgerichtete Maßnahmen geplant und realisiert werden.

Mit Hilfe eines im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelten Schadstoff- und Geräuschemissionsmodells „MOBILEV“ [33] wurden Berechnungen der Geräuschemission für verschiedene Straßenverkehrs- und Verkehrsszenarien durchgeführt [34]. Das Modell erlaubt die getrennte Berechnung der Antriebs- und Rollgeräusche für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge.

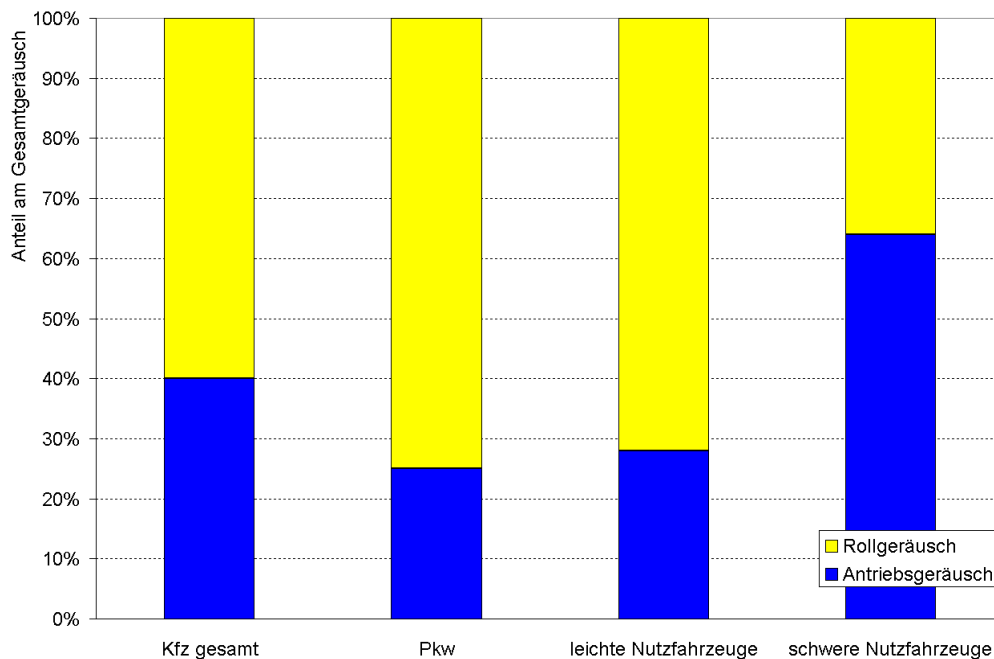


Bild 15: Anteil von Roll- und Antriebsgeräusch an der Geräuschbelastung einer Hauptverkehrsstraße innerorts, Tempolimit 50 km/h [34]

Die Berechnungen zeigen, dass das Rollgeräusch auch im Innerortsbereich (Bild 15) den größten Anteil (ca. 60 %) am Gesamtgeräusch hat. Bei Pkw liegt der Anteil mit ca. 75 % noch höher. Bei höheren Geschwindigkeiten (Beispiel Bundesstraße, Bild 16) kann dieser Anteil auf über 80 % zunehmen. Für diese Beispielrechnung wurde als Fahrbahnoberfläche ein Asphaltbeton 0/11 (bzw. der geräuschkmäßig gleichwertige Splittmastixasphalt 0/11) angesetzt.

Eine angenommene Minderung der Rollgeräusche von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen um 6 dB(A) würde z. B. auf einer Hauptverkehrsstraße innerorts (Bild 15) eine Pegelminderung der Straßenverkehrsemission von 1,8 dB(A) bewirken [34]. Bei einer angenommenen Minderung um 6 dB(A) an allen Kraftfahrzeugen könnte eine Absenkung um 2,6 dB(A) erreicht werden.

Da bei höheren Geschwindigkeiten der Rollgeräuschanteil zunimmt, liegen die erreichbaren Minderungen z. B. auf einer Bundesstraße außerorts (Bild 16) mit 2,4 (angenommene Minderung um 6 dB(A) bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen) bzw. 4,3 dB(A) (angenommene Minderung aller Kfz um 6 dB(A)) höher.

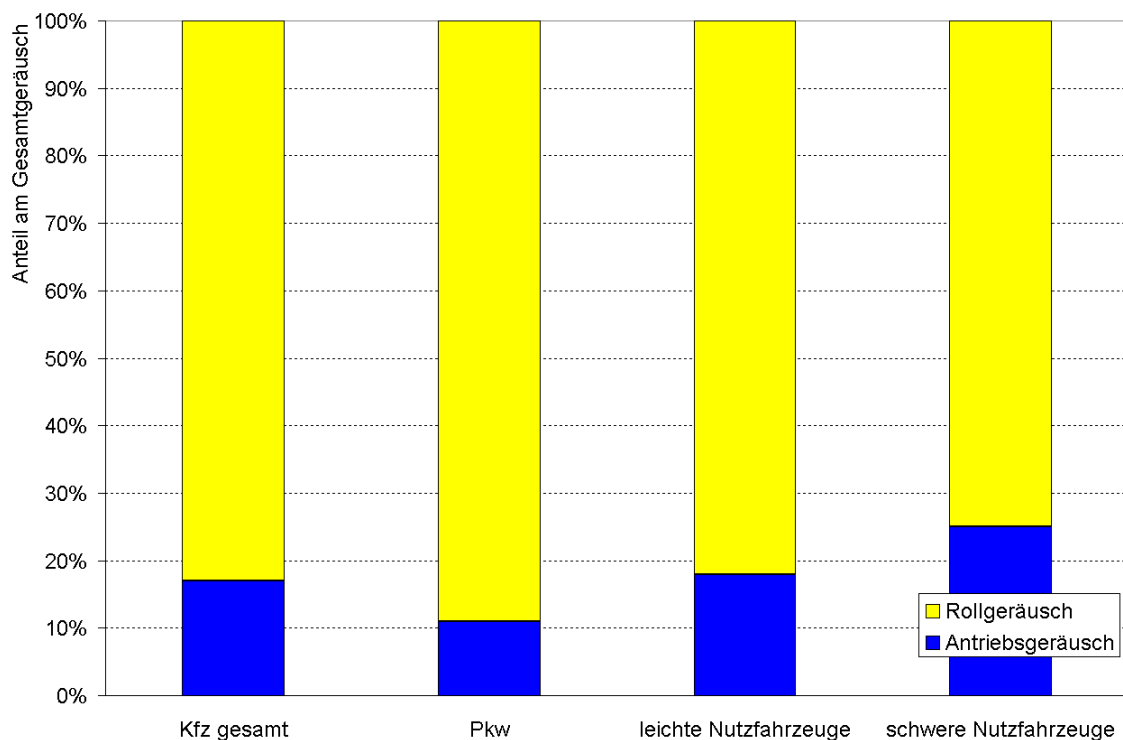


Bild 16: Anteil von Roll- und Antriebsgeräusch an der Geräuschbelastung einer Bundesstraße außerorts, Tempolimit 100 km/h [34]

2.5.2 Minderung Rollgeräusch

Aktuelle Reifen haben eine Streuung in den einzelnen Reifenkollektiven von bis zu 3 dB(A), bei Winterreifen teilweise bis zu 4 dB(A) [12,14,27]. Durch eine ausschließliche Verwendung der leisesten Reifen kann bereits beim heutigen Stand der Technik eine Minderung des Rollgeräuschs von 1 bis 2 dB(A) erreicht werden.

Einer weiteren Verminderung der Rollgeräusche in der Praxis durch Entwicklungsarbeit der Reifenhersteller sind bei einer ausschließlichen Konzentration auf Profilloptimie-

rungen, z. B. zur Verminderung von Helmholtzresonanzen, aber Grenzen gesetzt. Ein guter profilloser Reifen hat erfahrungsgemäß ein Rollgeräusch unter Typprüfbedingungen von ca. 64 dB(A). Dies ist jedoch unter Beachtung der Sicherheits- und Gebrauchseigenschaften (Bremsverhalten, Aquaplaning, Lebensdauer etc.) nicht erreichbar. Als realistisches Ziel für eine breite Reifenpalette wird ein Wert von 69 dB(A) angesehen. Dies entspricht den aktuell leisesten Reifen und damit einer praktischen Verminderung verglichen mit dem heutigen Stand der Emission um 3 bis 4 dB(A).

Nach Angaben von Reifenherstellern sind weitere Minderungspotenziale bei Abstrichen an den Pflichtenheften der Fahrzeughersteller möglich. So würden z. B. weichere Gummimischungen zu einer Verminderung der Radialschwingungen auf Kosten der Laufleistung (Lebensdauer) führen. Eine Verwendung von Schaum im Reifeninneren könnte zu einer weiteren Verminderung des Rollgeräuschs von 2 bis 3 dB(A) führen. Das dadurch bedingte erhöhte Gewicht verursacht jedoch einen, wenn auch geringen, Kraftstoffmehrverbrauch und einen höheren konstruktiven Aufwand im Fahrgestell. Maßnahmen am Reifen sind also stets unter Beachtung dieser Zielkonflikte durchzuführen.

Bei Lkw ist als weitere Minderungsmaßnahme des Rollgeräuschpegels eine Radhausauskleidung möglich. Nach Angaben aus der Literatur lassen sich die Rollgeräusche hierdurch um bis zu 2 dB(A) vermindern [35,36].

2.5.3 Optimierung Messverfahren

Zurzeit wird zur Ermittlung der Rollgeräusche, sowohl beim Umweltzeichen „Blauer Engel“ als auch bei der EU-Reifenrichtlinie, ein Verfahren der kontrollierten Vorbeifahrtmessung verwendet (siehe 2.2.1, 2.3.1). Als Teststrecke wird ein Fahrbahnbelag nach ISO 10844 [19] genutzt. Hierbei handelt es sich um einen Asphaltbeton 0/8 mit einer vergleichsweise glatten Textur und einem relativ hohen Hohlraumgehalt (siehe 2.3.4). Dieser Belag ist auch in der ISO 13325 [37,38] als Referenzbelag zur Bestimmung der Reifen-Fahrbahn-Geräuschemission definiert. Auf diesem Referenzbelag sind die Rollgeräusche von Pkw-Reifen ca. 2 dB(A) geringer als auf einem praxisorientierteren Splittmastixasphalt 0/11. Es ist deshalb wichtig, einen zweiten Referenzbelag speziell für die Rollgeräuschmessungen zu definieren, welcher der Deckschicht von Hauptverkehrsstraßen entspricht.

Neben den genannten Standard-Messverfahren spielen auch andere Verfahren in der Reifenentwicklung eine große Rolle. Bei den Nahfeldmessungen werden Mikrofone dicht an die Reifen-Fahrbahnkontaktfläche gebracht. Durch dieses Messverfahren werden Einflüsse bei der Schallausbreitung vermieden. Ein weiteres alternatives Verfahren beruht auf der Messung der Pegel im Reifentorus [8]. Einflüssen bei der Schallabstrahlung und bei der Schallausbreitung wird damit ausgewichen. Beide Verfahren ermöglichen darüber hinaus eine kontinuierliche Datenerfassung über lange Messstrecken und Betriebszustände. So ist z. B. bekannt, dass bei Nutzfahrzeugreifen eine Abhängigkeit des Reifen-Fahrbahn-Geräuschs von der Zugkraft besteht [39].

Eine genaue Lokalisierung der Geräuschquellen und der Schalldruckpegel ermöglicht das Array-Verfahren [40]. Hierbei wird durch eine Vielzahl von Mikrofonen, die gitterförmig angeordnet sind, eine Lokalisierung bewegter Schallquellen durchführbar.

Mithilfe der vorstehend beschriebenen Messverfahren ist es möglich, eine Methode zu entwickeln, welche die Bedingungen in der Praxis besser abbildet, z. B. Verwendung

eines raueren Fahrbahnbelags anstelle des ISO-Belags, Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebszustände statt ausschließliches Vorbeifahren mit konstanter Geschwindigkeit im Bereich 80 km/h [41,42,43].

Eine nationale Änderung der bestehenden Mess- und Zulassungsvorschriften erscheint aber im Kontext der vorhandenen internationalen Normung nicht aussichtsreich. In diesem Bereich könne nur über die Arbeit in den entsprechenden internationalen Normungsgremien Anpassungen erreicht werden. Für den Fall der repräsentativeren Fahrbahnbedeckung sind die Bemühungen in der Zwischenzeit relativ weit fortgeschritten.

2.6 Kosten lärmarmen Reifen

Zur Untersuchung eventueller Mehrkosten bei der Anschaffung von lärmarmen Reifen im Vergleich zu herkömmlichen Reifen wurden die beiden Forschungsberichte der TÜV Automotive GmbH [12,14] herangezogen. Aufgrund des Kriteriums für das Rollgeräusch des Umweltzeichens „Blauer Engel“ (siehe 1.1) wurden die untersuchten Reifen in Abhängigkeit von der Reifenbreite in zwei Klassen eingeteilt: lärmarme und nicht lärmarme Reifen. Basierend auf den Preisangaben von aktuellen Reifentests [22-24,31,32] wurden beide Kategorien miteinander verglichen.

Es zeigt sich, dass ein tendenzieller Unterschied in den Anschaffungskosten zwischen lärmarmen und herkömmlichen Reifen nicht festgestellt werden kann. Die Preisdifferenzen innerhalb der einzelnen Reifenkollektive zwischen Sekundär- bzw. Handelsmarken und Markenreifen liegen um ein Vielfaches höher.

Bei einer Einteilung der Reifen in Premium-Klasse, Mittel-Klasse und Budget-Klasse sind innerhalb der einzelnen Reifenkollektive sehr unterschiedliche Ergebnisse zu beobachten [14]. So weist z. B. bei Sommerreifen der Dimension 165/70 R 14 die preiswerte Budget-Klasse die höchsten Geräuschemission auf, während die Mittel-Klasse-Reifen die leisesten Modelle sind. Bei Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 stellt sich ein anderes Bild dar: die Premium-Klasse ist am lautesten, die Budget-Klasse am leisesten.

Allgemeingültige Aussagen zu den Preisrelationen für alle Reifenkollektive, die in den jeweiligen Dimensionen identisch sind, können nicht gemacht werden. Die Ergebnisse sind zu unterschiedlich. Bei einer vollständigen Berücksichtigung aller Reifenkollektive würde die Premium-Klasse etwas lauter sein als die Mittel-Klasse. Die leisesten Reifen wurden in der Budget-Klasse gemessen.

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass lärmarme Reifen in den Anschaffungskosten nicht teurer sind als Reifen, die den Grenzwert von 72 dB(A) des Umweltzeichens für lärmarme Reifen nicht einhalten.

3 Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge

3.1 Geräuschenstehung

Für die Entstehung des Reifen-Fahrbahn-Geräusches ist neben dem Reifen auch der Fahrbahnbelag von entscheidender Bedeutung. Die Fahrbahndeckschicht hat Einfluss auf die Schallentstehung sowie auf Schallabstrahlung und Schallausbreitung.

3.1.1 Einfluss bei der Schallentstehung

Die Oberfläche einer Fahrbahn ist durch die räumliche Anordnung und Verteilung der unterschiedlich großen Gesteinskörner geprägt. Diese Textur formt das Oberflächenprofil und kann u. a. durch die Texturwellenlänge (Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Orten gleicher Texturamplitude) und die Rautiefe (Differenz zwischen maximaler und minimaler Texturamplitude) gekennzeichnet werden (siehe Bild 17).

Wie bereits in 2.1.1 beschrieben, wird der Reifen von der Fahrbahn (z. B. beim Überrollen eines Splittkorns) zu radialen Schwingungen angeregt. Mit abnehmender Rautiefe der Fahrbahnoberfläche nimmt damit der Anteil des Reifengeräusches ab, der auf der Radialschwingungsanregung des Reifens beruht [44]. Dies betrifft den Texturwellenlängenbereich (siehe Bild 18) zwischen 10 mm bis 500 mm (Mega- und Makrotextur) und bestimmt maßgeblich die Geräuschenentwicklung bei niedrigen Frequenzen (< 1000 Hz). Die Textur sollte in diesem Bereich demzufolge so gering wie möglich ausgeprägt sein.

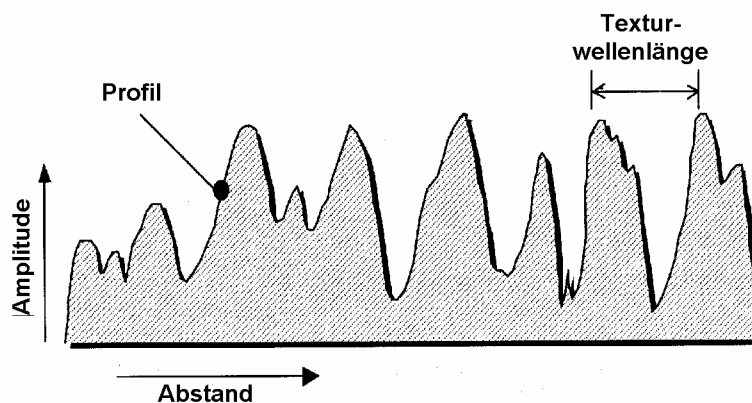


Bild 17: Darstellung eines Oberflächenprofils [50]

Beim sogenannten „Air-pumping“ verhält es sich genau andersherum (2.1.2). Das beim Abrollen des Reifens zu beobachtende Einschließen von Luft und der anschließenden ruckartigen Entspannung beim Reifenauslauf ist umso stärker ausgeprägt, desto glatter die geschlossene Fahrbahnoberfläche ist. Mit zunehmender Amplitude im Wellenlängenbereich von 0,5 bis 10 mm (Makrotextur) nimmt das Rollgeräusch im hohen Frequenzbereich (> 1000 Hz) ab, da eine bessere Entlüftung des Reifenprofils erfolgen kann [51].

Im Mikrotextrbereich ist bei glatten/polierten Oberflächen eine Zunahme der Adhäsion zwischen Reifen und Fahrbahn zu beobachten. Es entstehen sehr hochfrequente Geräusche, denen feine Strukturierungen der Straßendeckschicht mit polierresistenten Zuschlägen entgegenwirken [53].

Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Geräuschemission von der Rautiefe führt das gegensätzliche Verhalten von Schwingungsanregung und „Air-pumping“-Effekt dazu, dass es bei einer bestimmten Rautiefe ein Emissionsminimum gibt. Geringere Rautiefen führen zu einem Anstieg der Emission, da der „Air-pumping“-Effekt zunimmt. Eine Zunahme der Rautiefe bewirkt ebenfalls einen Anstieg der Emission, da der Anteil durch Schwingungsanregungen zunimmt.

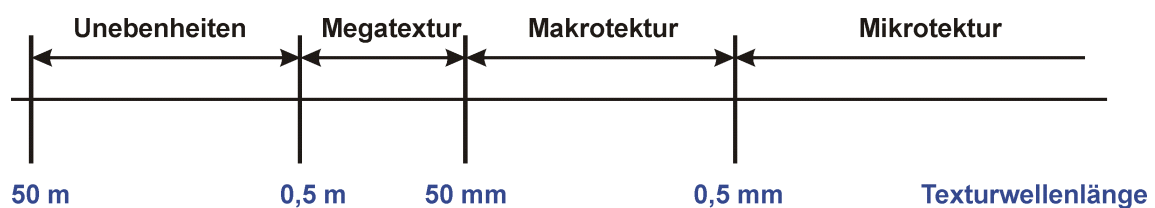


Bild 18: Texturwellenlängen von Fahrbahndeckschichten [7]

Dieses Minimum lässt sich nur absenken, wenn es gelingt, Veränderungen an den Eigenschaften der Deckschicht derart vorzunehmen, dass der „Air-pumping“-Effekt minimiert oder sogar ausgeschaltet werden kann. Dies wird durch zwei verschiedene Lösungsansätze versucht:

- Bei hohlraumreichen Fahrbahndeckschichten kann die Reifen-Fahrbahn-Kontaktfläche über eine offenporige Oberfläche in die Fahrbahndecke entlüftet werden.
- Bei einem System von zusammenhängenden Kanälen auf der Oberfläche der Fahrbahn kann eine Entlüftung der Kontaktfläche zu den Seiten erfolgen. Solche zusammenhängenden Kanalsysteme entstehen bei der Abstreuerung und bei speziellen Oberflächenbehandlungen (z. B. Auswaschen des Oberflächenmörtels bei Waschbeton).

3.1.2 Einfluss bei der Schallabstrahlung und Schallausbreitung

Die Fahrbahndeckschicht spielt auch bei der Schallabstrahlung eine wichtige Rolle. So ist die Ausprägung des in 2.1.2 beschriebenen Horneffekts u. a. von den akustischen Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche abhängig. Bei einer eher reflektierenden Oberfläche ist mit einer Zunahme des Effekts zu rechnen. Eine Schallabsorption, wie sie bei offenporigen Deckschichten (3.2.2) auftritt, führt zu einer Verminderung.

Einen weiteren Einfluss auf die Schallabstrahlung hat die Rauigkeit der Fahrbahnoberfläche. Eine rauere Oberfläche bewirkt eine Verminderung des Horneffekts.

Auch auf die Schallausbreitung hat die Fahrbahndeckschicht großen Einfluss. Alle Quellen, die auf dem Weg von der Quelle zum Empfänger auf der Oberfläche reflektiert werden, sind davon betroffen. Eine größere Absorption führt hierbei zu geringeren Pegeln beim Empfänger als eine schallreflektierende Oberfläche.

Der Schallabsorptionsgrad hängt im Wesentlichen von der Schichtdicke und dem Hohlraumgehalt der Deckschicht ab. Während die Schichtdicke die Frequenzlage des Absorptionsmaximums bestimmt, ist der Hohlraumgehalt mit der Größe des Maximums korreliert.

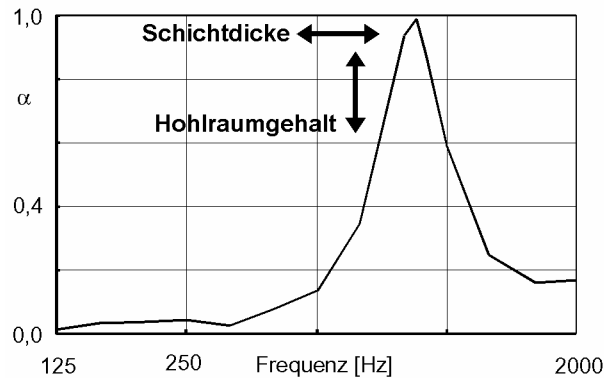


Bild 19: Frequenzgang des Absorptionsgrades α eines offenporigen Asphalts [7]

3.2 Ausführungen von Fahrbahndeckschichten

Straßen werden üblicherweise aus drei Schichten aufgebaut:

- Tragschicht
- Binderschicht
- Deckschicht

Die Mischgutzusammensetzung und die Dicke der einzelnen Schichten sind jeweils unterschiedlich. Die Deckschicht, die oberste Schicht, ist für die Oberflächeneigenschaften (z. B. Griffigkeit, Reifen-Fahrbahn-Geräusch) maßgeblich. Je nach Hohlraumgehalt der Deckschicht werden dichte und offenporige Deckschichten unterschieden.

3.2.1 Dichte Fahrbahndeckschichten

Bei dichten Deckschichten kann man zwischen Schichten aus Asphalt und Betondeckschichten unterscheiden. Bei den herkömmlichen Deckschichten aus Asphaltbeton oder Splittmastixasphalt werden im Splittanteil Korngrößen von 2 mm bis zum jeweiligen Größtkorn (5 - 22 mm) derart gemischt, dass ein möglichst geringer Hohlraumgehalt entsteht. Die Optimierung bezüglich der akustischen Eigenschaften ist bei solch dichten Fahrbahndeckschichten in der Regel auf Texturoptimierungen beschränkt.

Splittmastixasphalt (SMA) wurde mit Vorgaben für größere Standfestigkeit und Haltbarkeit entwickelt (Bild 20). Aufgrund seiner hohen Verformungsbeständigkeit ist dies ein Belag für stark befahrene Straßen. Die durchschnittliche Lebensdauer bis zur Deckenerneuerung beträgt 14 bis 20 Jahre [48]. Splittmastixasphalt 0/8 bzw. 0/11 weist etwa gegenüber herkömmlichem Gussasphalt eine Pegelminderung von **- 2 dB(A)** auf. Eine Abnahme dieser Minderung während der Liegedauer wurde bisher nicht beobachtet.

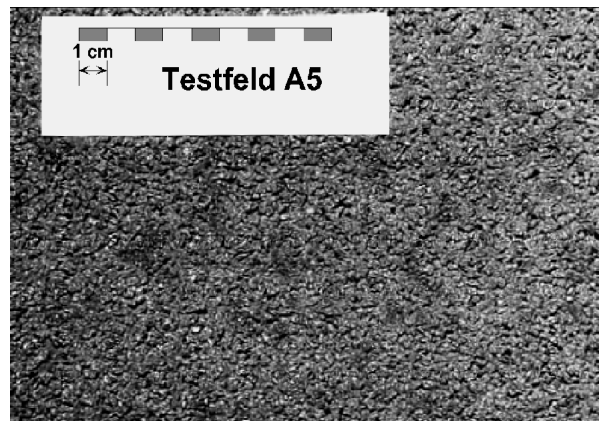


Bild 20: Oberfläche eines Splittmastixasphalts 0/3 [7]

Bei Betondeckschichten wird neben dem Abstreuen mit Mineralstoffgemischen, analog zu den Asphaltoberflächen, eine Oberflächenstrukturierung in frischem Beton durch verschiedene Methoden erreicht [63]:

- Jutetuchlängsstrich (siehe Bild 36, Seite 51)
- Jutetuchlängsstrich + Kamm
- Kunstrasenlängsstrich
- Besenlängsstrich
- Besenquerstrich
- Waschbetonoberfläche

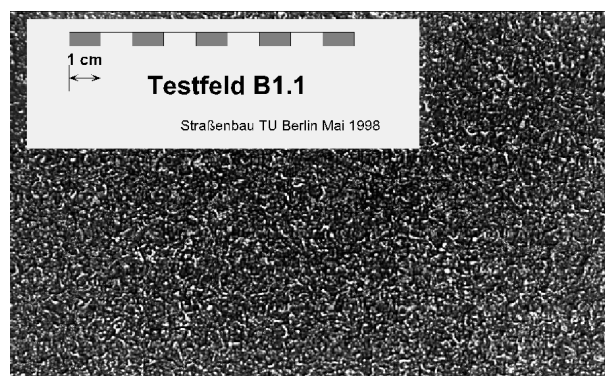


Bild 21: Oberfläche einer Betondeckschicht mit Möbelschleifband behandelt [7]

Die erreichbaren Pegelminderungen betragen z. B. bei Längstexturierung mit einem Jutetuch - **2 dB(A)** [58]. Variationen der Texturierungen zum Jutetuch führen eher zu Verschlechterungen als zu Verbesserungen der akustischen Eigenschaften.

Dichte Deckschichten aus Beton haben bei Abstreifung z. B. mit 5 mm Größtkorn einen um 2 dB(A) höheren Rollgeräuschpegel als Asphaltdeckschichten mit derselben Abstreifung. Dies beruht auf der bei Asphaltdeckschichten höheren inneren Dämpfung.

Der grundsätzliche Aufbau einer dichten Fahrbahndeckschicht aus Beton ist in Bild 22 dargestellt.

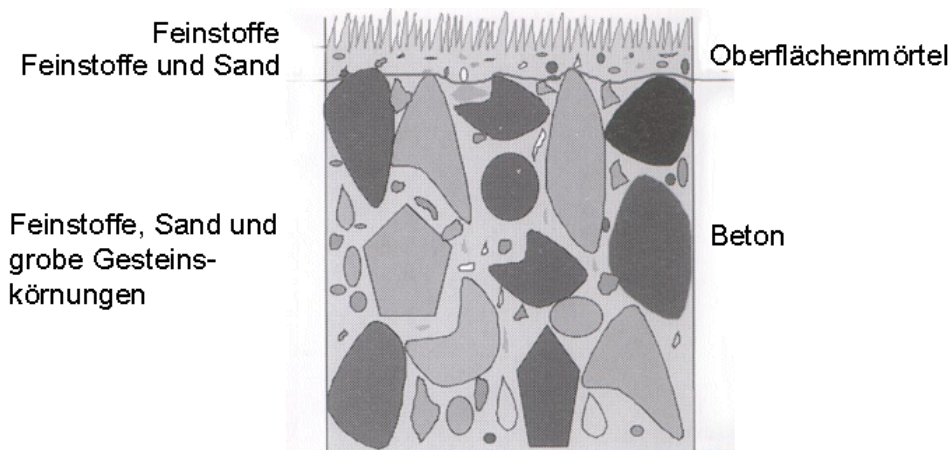


Bild 22: Aufbau dichter Beton [53]

3.2.2 Offenporige Fahrbahndeckschichten

Offenporige Fahrbahndeckschichten (Bild 23) wurden im Ausland zuerst eingesetzt, um auf Militärflughäfen das Phänomen des Aquaplanings und die Gefahr der Sprühfahnenbildung durch Verbesserung des Wasserabflusses zu vermeiden [49]. Dabei wurden auch die lärmindernden Eigenschaften von offenporigen Asphaltdeckschichten erkannt.

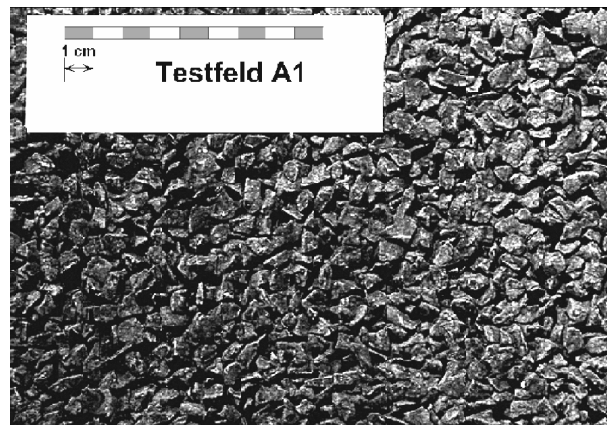


Bild 23: Oberfläche eines einlagigen offenporigen Asphalts 4/8 [7]

Bei hohlraumreichen Deckschichten (Hohlraumgehalt $\geq 15\%$) werden die Anteile von kleinen und mittleren Korngrößen derart verringert, dass keine dichte Lagerung mehr möglich ist (Monokerngerüst). Dadurch entstehen Deckschichtstrukturen, die miteinander vernetzte Hohlräume bilden. Diese **offenporigen Asphaltdeckschichten (OPA)** werden aufgrund ihrer guten Wasserdurchlässigkeit auch als Drainasphalt bezeichnet. Bei qualifiziertem Einbau sind im Neuzustand Pegelminderungen bis zu 10 dB(A) möglich (bei Geschwindigkeiten von über 100 km/h). Im Geschwindigkeitsbereich von 60 km/h sind immerhin noch 5 dB(A) möglich [48].

Die erreichbare Pegelminderung lässt mit zunehmender Liegedauer nach (siehe 3.5.1). Bei einer offenporigen Asphaltdeckschicht mit einer Mischgutzusammensetzung von 0/11 (Kleinstkorn/Größtkorn) beträgt die erreichbare Pegelminderung – **4 dB(A)** für die Dauer von mindestens 4 Jahren auf einbahnigen Straßen bzw. 6 Jahren auf Autobahnen. Bei einer offenporigen Asphaltdeckschicht mit einer Mischgutzusammensetzung von 0/8 beträgt die erreichbare Pegelminderung – **5 dB(A)** für die Dauer von mindestens 6 Jahren auf einbahnigen Straßen und Autobahnen [57]. **Die akustische Lebensdauer einer offenporigen Deckschicht beträgt damit deutlich weniger als die Hälfte der bautechnischen Nutzungsdauer von herkömmlichen Deckschichten.** (Näheres über die Haltbarkeit findet sich in Kapitel 3.5.1).

Aufgrund der bekannten Probleme von offenporigem Asphalt, wie Verschmutzung, Kornausbrüche (3.5.1) und Winterdienst (3.5.2), wurde eine zweilagige offenporige Asphaltdeckschicht entwickelt. Diese besteht aus einer unteren Lage (entspricht der herkömmlichen OPA) und einer feinstrukturierten Decklage (Bild 24).

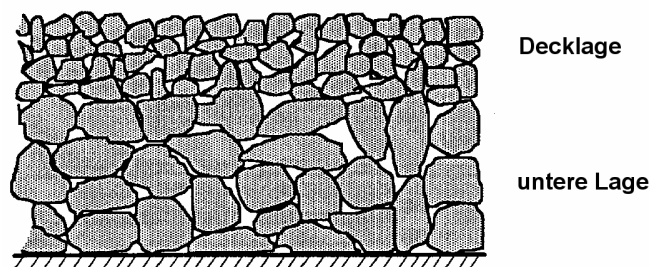


Bild 24: Aufbau eines zweischichtigen Drainasphaltbelages [50]

Durch die feine Struktur der Decklage wirkt diese wie ein Filter und verhindert das Eindringen von groben Verschmutzungen in die untere Lage. Die dünne Decklage lässt sich mit Reinigungsmaschinen in ihrer gesamten Schichtdicke reinigen. Der in die untere Schicht gelangte feinere Schmutz wird aufgrund der großen Hohlräume bei der Ableitung des Wassers ausgespült.

Bei dieser zweilagigen Bauweise ist nur die obere Lage direkt den Umwelteinflüssen, der Verschmutzung und der Verkehrsbelastung ausgesetzt. Am Ende der Lebensdauer des Belages besteht die Möglichkeit, statt eines kompletten Ausbaus der gesamten Deckschicht, nur die obere Schicht abzufräsen und durch eine neue Schicht zu ersetzen [59]. Zweilagige offenporige Asphaltdeckschichten stellen derzeit noch keine Standardbauweisen dar, sie befinden sich vielmehr noch in der Entwicklung. Ein Beispiel für die Anwendung im Innerortsbereich (Tempo 70 km/h) findet sich in

Augsburg. Die dortige Strecke wird u. a. vom bayerischen Landesamt für Umweltschutz technisch-wissenschaftlich begleitet.

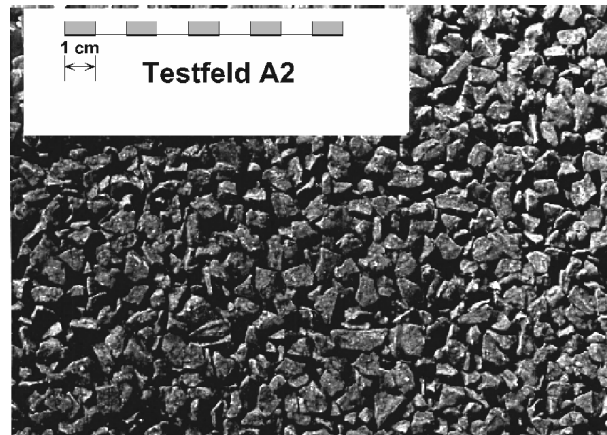


Bild 25: Oberfläche eines zweilagigen offenporigen Asphalts, Decklage 4/8 [7]

Zweilagige offenporige Asphaltdeckschichten (Bild 26) weisen aufgrund ihres Aufbaus ein breitbandigeres Absorptionsvermögen als einlagige offenporige Deckschichten (Bild 19) auf. Dies bewirkt insgesamt eine größere Lärminderung (siehe 3.3).

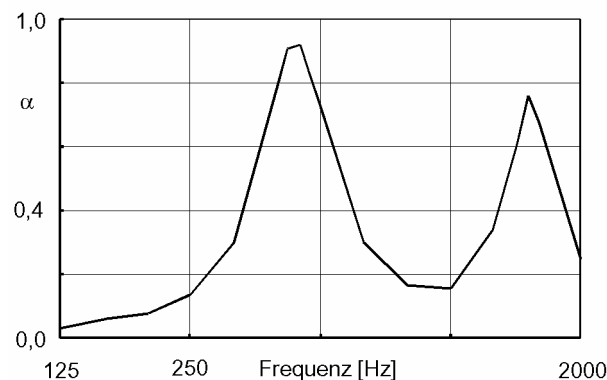


Bild 26: Frequenzgang des Absorptionsgrades α eines zweilagigen offenporigen Asphalts [7]

Drainbeton entspricht vom grundsätzlichen Aufbau her dem offenporigen Asphalt. Er besteht meistens aus einem Unterbeton und dem eigentlichen Drainbeton (Bild 27). Um einen ausreichenden Verbund zwischen den Betonlagen zu erzielen, wird auf den erhärteten Unterbeton eine Zementhaftbrücke (mit Kunststoffzusatz) aufgebracht [52,53]. Auch Bauweisen mit Drainbeton sind noch im Entwicklungsstadium und stellen keine Standardbauweisen dar.

Offenporiger Beton (Drainbeton) stellt bei Betondeckschichten zurzeit das Optimum dar. Alle beim „Projekt Sperenberg“ [7] im erhärteten Beton hergestellten dichten Oberflächen erzeugen dagegen einen um mindestens 5 dB(A) höheren Vorbeirollpegel (Bild 28, Bild 29).

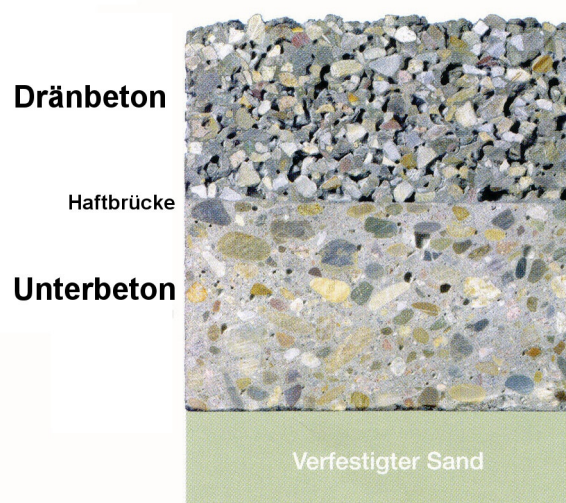


Bild 27: Aufbau Drainbeton [52]

3.3 Erzielbare Minderungen

Für die einzelnen Fahrbahnbeläge gelten nachstehende Minderungen als gesichert und werden im Rahmen von Berechnungen nach den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990“ verwendet [54,58]:

Bauweise der Deckschicht	Korrekturwert für Straßenoberfläche D_{StrO}
Betone nach ZTV Beton 78 mit Stahlbesenstrich mit Längsglätter	+ 1,0 dB(A)
Betone nach ZTV Beton 78 ohne Stahlbesenstrich mit Längsglätter und Längstexturierung mit einem Jutetuch	- 2,0 dB(A)
Asphaltbetone $\leq 0/11$ und Splittmastixasphalte 0/8 und 0/11 ohne Absplittung	- 2,0 dB(A)
Offenporige Asphaltdeckschichten, die im Neuzustand einen Hohlraumgehalt $\geq 15\%$ ausweisen	
- mit Kornaufbau 0/11	- 4,0 dB(A)
- mit Kornaufbau 0/8	- 5,0 dB(A)

Tabelle 4: Korrekturwerte für Straßenoberflächen nach RLS-90 [58]

Die angegebenen Korrekturwerte gelten für Außerortsstraßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit > 60 km/h. Für mittlere Fahrzeuggeschwindigkeiten unterhalb von 50 km/h haben offenporige gegenüber dichten Fahrbahnbelägen keine Vorteile in Bezug auf die lärmindernde Wirkung. Dies ist insbesondere unter dem Aspekt des Abbaus der akustischen Eigenschaften mit zunehmender Liegedauer zu berücksichtigen.

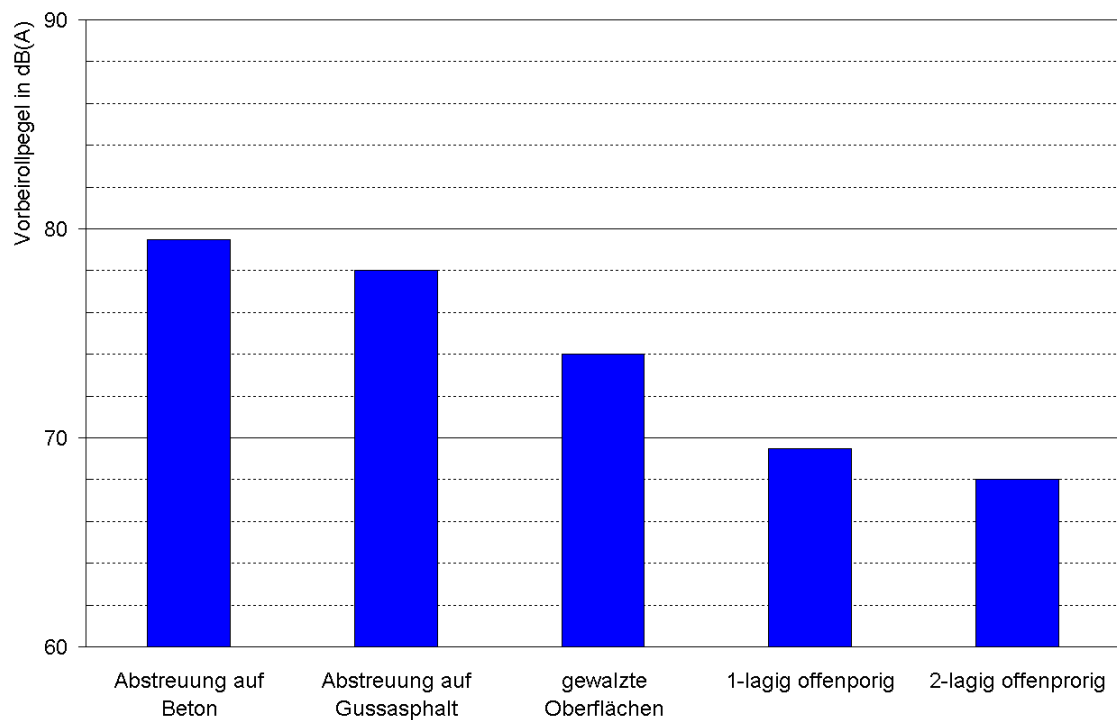


Bild 28: Mittlere Vorbeirollpegel für Pkw-Reifen ($v = 80 \text{ km/h}$, Größtkorn 8 mm) bei abgestreuten und gewalzten Oberflächen [47]

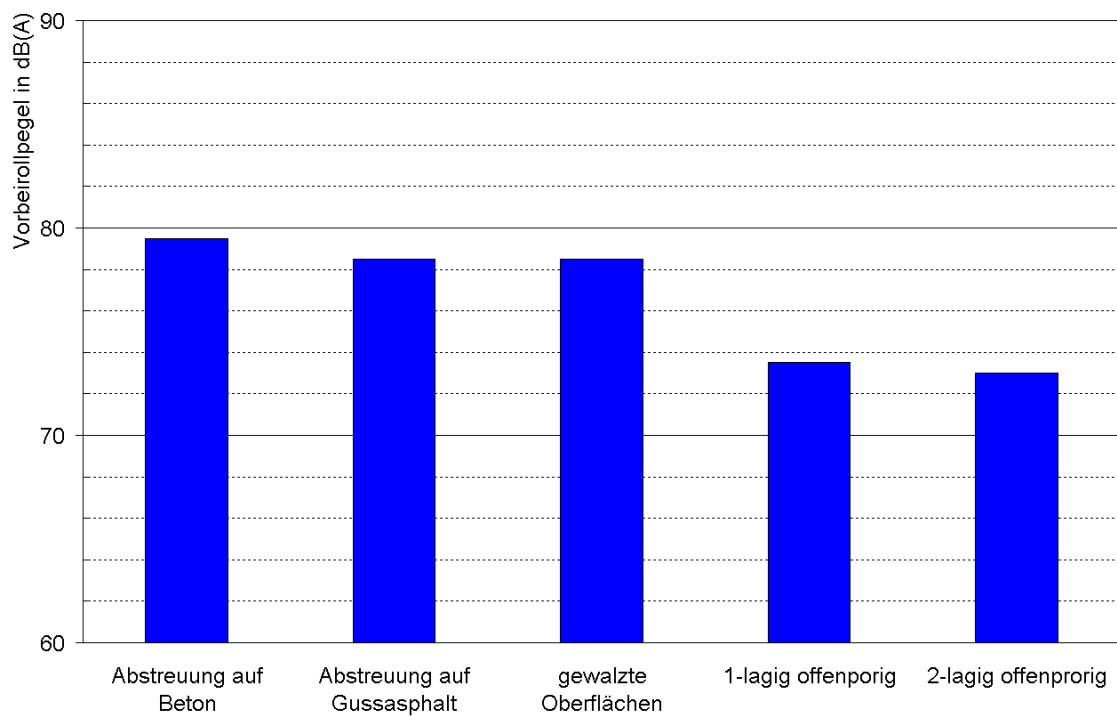


Bild 29: Mittlere Vorbeirollpegel für Lkw-Reifen ($v = 80 \text{ km/h}$, Größtkorn 8 mm) bei abgestreuten und gewalzten Oberflächen [47]

Für den Außerortsbereich bzw. den Bereich mit höheren Geschwindigkeiten haben sich **offenporige bituminöse Deckschichten** mit 8 mm Größtkorn als wirksam erwiesen. Ähnliche Minderungen werden bei **offenporigen Betondeckschichten** erwartet. Bei Deckschichten mit einem höheren Größtkorn (z. B. 11 mm) fallen diese in ihrer lärm-mindernden Wirkung schnell ab [45]. Das Minderungspotenzial bei schallabsorbierenden, offenporigen Deckschichten wird im Vergleich zu den gängigen SMA 0/8 oder SMA 0/11 mit rund **6 dB(A)** angegeben [47]. Offenporige Deckschichten **repräsentieren die derzeit leiseste Bauweise**.

Neben den offenporigen Deckschichten hat sich die Gruppe der **gewalzten Deckschichten (SMA)** als akustisch günstig erwiesen. Deren Pegel liegen bei Pkw-Reifen niedriger als die der fein abgestreuten Beläge [7]. Bei dichten Oberflächen kann durch Realisierung optimaler Texturparameter z. B. bei SMA 0/5 oder SMA 0/3 ein Minderungspotenzial von **3 bis 5 dB(A)** erwartet werden [47]. Der Vergleich mit den SMA-Deckschichten einer Kornverteilung von 0/3 mm bzw. 0/5 mm soll hier insbesondere die Minderungspotenziale aus akustischer Sicht deutlich machen. Weitere Eigenschaften wie Standfestigkeit oder Griffigkeit sind bei der weiteren Entwicklung zu berücksichtigen (im klassifizierten Straßennetz sind SMA-Deckschichten mit Kornverteilungen von 0/8 oder 0/11 gebräuchlich). Lkw-Reifen sind auf abgestreuten Belägen kaum lauter bzw. sogar leiser als auf gewalztem SMA. Versuchsstrecken beim Projekt Sperenberg haben gezeigt, dass bei Pkw-Reifen das Größtkorn einen Wert von 3 mm nicht unterschreiten soll, bei Lkw-Reifen stellt ein Wert von 5 mm eine untere Grenze dar [7].

3.4 Kosten von offenporigen Asphaltdeckschichten

Die durchschnittlichen Baukosten für einen Splittmastixasphalt betragen ca. 8 €/m², die für offenporige Asphaltdeckschichten etwa 15 bis 17 €/m² [48]. Bei großen Flächen, wie bei Autobahnlosen, erhält man niedrigere Preise von etwa 10 €/m² für die offenporige Asphaltdeckschicht und etwa 4,50 €/m² für einen Splittmastixasphalt 0/11 [61].

Die Kosten für offenporige Asphaltdeckschichten sind höher, da ein höherwertiges Bindemittel benötigt wird und der Bindemittelgehalt insgesamt größer ist. Bei zweilagigen, offenporigen Asphaltdeckschichten kommen noch die Kosten für den Verbund der beiden Lagen hinzu.

Während bei dichten Straßenbelägen das Oberflächenwasser direkt auf der Deckschicht zum Straßenrand und über Gullys abgeleitet wird, erfolgt die Entwässerung bei offenporigen Belägen, nach Einsickern in die Deckschicht, über die wasserdichte Binderschicht. An den Fahrbahnseiten sind spezielle Gully- und Rinnenkonstruktionen notwendig, um das Wasser aufzunehmen. Die Kosten für dieses Entwässerungssystem betragen bei Außerortsstraßen ca. 8 €/m. Im Innerortsbereich sind die Kosten für die teilweise recht aufwändigen Entwässerungssysteme oft extrem hoch. Oft kann außerorts jedoch auf ein spezielles Entwässerungssystem verzichtet werden, da das eindringende Wasser seitlich über die Bankette abgeleitet wird (s. „Merkblatt für den Bau von offenporigen Asphaltdeckschichten, BMVBW, 1998).

Ein weiterer Kostenfaktor sind zusätzliche Unterhaltskosten für das Reinigen der Poren und die Entsorgung des Schmutzes. Die jährlichen Kosten werden auf 0,70 bis 0,80 €/m² geschätzt. Die Unterhaltskosten für dichte Straßenbeläge belaufen sich dagegen auf ca. 0,10 bis 0,20 €/m².

Ein Kostenvergleich zwischen offenporigen Asphaltdeckschichten und herkömmlichen Lärmschutzmaßnahmen (Lärmschutzwahl, Steilwall, Lärmschutzwand) wurde am Beispiel einer Außerortsstraße (Bundesautobahn) in [48] durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Kosten für Bau und Unterhalt sowie der jeweiligen bautechnischen bzw. schalltechnischen Erneuerungsintervalle wurden die einzelnen Gesamtkosten pro „Streckenkilometer“ und pro „Lärminderung in dB(A)“, die als gesichert angenommen werden kann, ermittelt.

Es zeigt sich, dass die Kosten einer offenporigen Asphaltdeckschicht im Durchschnitt etwa 2,8-mal so hoch sind wie die Kosten einer Lärmschutzwand pro „Lärminderung in dB(A)“. Dieses Beispiel bezieht sich auf eine Lärmsanierung einer bestehenden Straße. Werden die Kosten des Lärmschutzes beim Neubau bereits in der Planungsphase abgewogen und der ohnehin notwendige Straßenbelag (z. B.: herkömmlicher Splittmastixasphalt) berücksichtigt, ist mit 1,5- bis 2,0-mal so hohen Kosten zu rechnen. Offenporiger Asphalt kommt daher aus Kostengründen nur in den Bereichen in Betracht, wo eine Einhaltung der Grenzwerte für schützenswerte Bebauung mit den üblichen Mitteln des aktiven Lärmschutzes, wie z. B. Lärmschutzwänden, an technische, gestalterische und wirtschaftliche Grenzen stößt (siehe Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2002 [57]).

Eine andere Kostensituation ist in [60] am konkreten Beispiel einer Innerortsstraße beschrieben. Es wurde ein detaillierter Vergleich der verschiedenen Planungsvarianten (Schallschutzwahl, Schallschutzwand, lärmindernder Fahrbahnbelag, passiver Lärmschutz) durchgeführt. Die Kostenanalyse beinhaltet neben den Errichtungskosten, die Kosten für Erneuerung und Unterhalt in einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren. Dazu zählen z. B. Winterdienst, Straßenreinigung, Erneuerung des Straßenbelags und Rückbau. Es zeigt sich, dass die Variante mit einer herkömmlichen Straßendeckschicht und Schallschutzwänden etwa doppelt so teuer ist wie die Variante mit der offenporigen Deckschicht. Hinzu kommen solch positive Effekte wie z. B. bessere Drainwirkung und flächendeckende Minderung der Lärmbelastung.

Eine Gegenüberstellung der beiden Rechnungen zeigt, dass eine generelle Einschätzung der Kosten nicht möglich ist. Für jede Anwendung muss eine am Einzelfall orientierte Vergleichsrechnung durchgeführt werden. Die Kosten für den sekundären und passiven Schallschutz sind stark von der jeweiligen Situation (z. B. außerorts - innerorts) abhängig und stellen den entscheidenden Kostenfaktor einer Vergleichsrechnung dar.

3.5 Probleme

3.5.1 Haltbarkeit

Offenporige Asphaltdeckschichten verhalten sich aufgrund ihrer Monokerngerüste (siehe Seite 36, oben) zum Teil erheblich anders als dichte Fahrbahndecken. Während bei dichten Bauweisen die Splitte im Bindemittel (z. B. Bitumen oder Mörtel) eingebettet sind, können sich diese bei offenporigen Asphaltdecksichten direkt aufeinander abstützen. Dieses Gitter ermöglicht den großen Hohlraumgehalt und damit die vornehmlichen Eigenschaften wie Drainfähigkeit und Schallabsorption. Dieses Korngerüst ist jedoch bei Scherkräften (Abbiegevorgänge, Anfahren von schweren Fahrzeugen, Unfälle, geplatzte Reifen) nicht so widerstandsfähig. Es kann zu Kornausbrüchen kommen, welche die Oberfläche beschädigen. Die notwendigen Reparaturen sind vergleichsweise aufwendig [59].

Prinzipiell existiert ein Zielkonflikt bei offenporigen Asphaltdeckschichten zwischen lärmtechnischer und bautechnischer Nutzungsdauer: Wegen des für die Lärmminde- rung notwendigen großen Hohlraumgehaltes besteht ein fast ungehinderter Zutritt von in Luft und Wasser gebundenen Sauerstoff in die Deckschicht. Das eingesetzte Bindemittel verhärtet durch den Sauerstoffkontakt sehr stark und lässt in der Klebekraft nach. Die Deckschicht ist für Kornausbrüche anfälliger (siehe oben). Hieraus ergeben sich Anforderungen an neuartige Bindemittel. Sie müssen alterungsbeständig, kälte- beständig und über die gesamte Nutzungsdauer klebefähig sein [49]. Durchschnittlich ist die bautechnische Nutzungsdauer deutlich geringer als bei herkömmlichen Deckschichten aus Splittmastixasphalt.

Das Porensystem von offenporigen Deckschichten kann sich im Laufe der Zeit durch Staub, Sand, Reifenabrieb und sonstigen Schmutz zusetzen. Die positiven Eigen- schaften (hohe Lärmminde- rung, gutes Wasserabflussvermögen) werden dadurch ver- mindert.

Bei Straßen mit einer hohen Durchschnittsgeschwindigkeit werden die Verschmut- zungen der Poren durch die Sogwirkung beim Überrollen der Reifen jedoch teilweise wieder herausgeschleudert.

Umfangreiche Untersuchungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) haben ge- zeigt, dass die Dauerhaftigkeit der Lärmminde- rung ab Verkehrsfreigabe bei offen- porigen Asphaltdecken im Außerortsbereich mindestens 4 Jahre bzw. 6 Jahre gewäh- leistet ist (Tabelle 5).

Bauweise / Betriebsweise der Deckschicht	Haltbarkeit
OPA 0/11 ($D_{\text{StrO}} = -4 \text{ dB(A)}$) auf einbahnigen Straßen	4 Jahre
OPA 0/11 ($D_{\text{StrO}} = -4 \text{ dB(A)}$) auf Autobahnen	6 Jahre
OPA 0/8 ($D_{\text{StrO}} = -5 \text{ dB(A)}$) auf einbahnigen Straßen	6 Jahre
OPA 0/8 ($D_{\text{StrO}} = -5 \text{ dB(A)}$) auf Autobahnen	6 Jahre

Tabelle 5: Dauerhaftigkeit der Lärmminde- rung bei offenporigen Asphaltdeckschichten (OPA) Stand 2002[57]

Im Innerortsbereich (Geschwindigkeiten $\leq 60 \text{ km/h}$) ist die lärmminde- rende Wirkung der offenporigen Deckschichten nach sehr kurzer Zeit (teilweise schon nach einem Jahr) nicht mehr feststellbar [67].

Um diese Verschlechterung der Eigenschaften aufzuhalten bzw. zu verlangsamen, wird der Schmutz mit speziellen Reinigungsfahrzeugen ausgewaschen und abgesaugt. Nach den bisherigen Erfahrungen ist der Reinigungserfolg aber eher als gering einzu- stufen [44]. Die Verschmutzungsgeschwindigkeit kann nur verlangsamt werden. Die vorhandene Deckschicht wäre dann bei Nichteinhaltung der für diesen Strecken- abschnitt angesetzten Schallminderungen zu ersetzen.

3.5.2 Winterdienst

Offenporige Asphaltdeckschichten kühlen schneller (und länger) aus als dichte Deckschichten. Die Oberflächentemperatur liegt im Schnitt etwa 1 °C niedriger als bei Asphaltbeton [59]. Es muss daher unter Umständen früher und öfter gestreut werden.

Durch den Eintrag des wassergelösten Salzes in das Porensystem wird die Wirkung des Streusalzes vermindert. Es ist notwendig, größere Mengen an Streusalz (bis zu 50 % Mehrverbrauch) einzusetzen.

Eine Absplittung von glatten Fahrbahnoberflächen darf nicht erfolgen, da sich die Poren sonst zusetzen.

3.5.3 Entwässerung

Aufgrund der Eigenschaft von offenporigen Deckschichten nicht über die Oberfläche zu entwässern, sondern nach Einsickern in die Deckschicht über die wasserdichte Binderschicht, sind spezielle Gully- und Rinnenkonstruktionen notwendig. Das Einlaufen „gefährlicher“ Flüssigkeiten nach Unfällen (etwa mit Tankfahrzeugen) in die Kanalisation ist bei offenporigen Deckschichten mit Randeinfassungen und Entwässerungssystemen meist nur mit sehr hohem technischen Aufwand (durch sogenannte Kanalkissen, die an geeigneter Stelle zu lagern sind) zu verhindern [68].

3.5.4 Reproduzierbarkeit

Bei Messungen der akustischen Eigenschaften, unmittelbar nach Einbau der Deckschicht und im größeren zeitlichen Abstand, fällt die große Streuung innerhalb desselben Belagtyps auf. Bei dichten Deckschichten beträgt diese bis zu 5 dB(A), bei Drainasphalt wurden Unterschiede bis 7 dB(A) ermittelt.

Ursächlich hierfür sind Varianzen bei der Rezeptur und beim Einbau der Deckschichten. Der Einbau von Drainasphalt z. B. ist eine Spitzentechnologie. Es ist auf eine Vermeidung der Überhitzung des Mischgutes zu achten, die Temperatur beim Verdichten darf nicht unter 130 °C absinken usw.

Bei Betondeckschichten wird eine Welligkeit im Megatexturbereich mit unmittelbaren Auswirkungen auf die akustischen Eigenschaften, z. B. beim Stillstand des Gleitschalungsfertigers verursacht. Der Querglätter prägt dann beim Wiederanfahren eine Welligkeit in die Deckschicht. Auch unmittelbar hinter der Pressbohle werden Fahrbahnfehler verursacht, die vom Längsglätter dann nicht mehr vollständig ausgeglichen werden. Eine Vermeidung einbaubedingter Wellen auf Betonoberflächen ist daher für eine konstante, reproduzierbare Qualität der Deckschicht unabdingbar.

3.6 Europäische Erfahrungen

In den europäischen Nachbarländern wurden mit offenporigen Deckschichten zum Teil unterschiedliche Erfahrungen gemacht [69].

In Österreich wurden seit 1984 einlagige offenporige Asphaltdeckschichten erprobt. Aufgrund der Problematik der schnelleren Vereisung bei höheren Gebirgslagen, der Verschmutzung und der Schwierigkeit von örtlichen Reparaturen werden zurzeit dichte Deckschichten wieder bevorzugt.

In Dänemark wurden 1990 Testfelder mit einlagigen offenporigen Asphalten gebaut. Hier wurden im Geschwindigkeitsbereich 80 km/h Minderungen von 3 bis 4 dB(A) über einen Zeitraum von 6 Jahren beobachtet. Im Geschwindigkeitsbereich 50 km/h war die anfängliche Minderung von 3 dB(A) nach 2 Jahren verschwunden. Bei zwei Versuchsstrecken mit zweilagigen offenporigen Asphalten wurden nach 2 Jahren noch Minderungen von 2,5 dB(A) ermittelt.

In Belgien sind Erfahrungen mit offenporigen Asphaltdeckschichten seit 1979 vorhanden. Bis Mitte der 90iger wurden diese immer wieder verwendet. Wegen der Probleme mit Verschmutzungen und Reparaturen ist man jedoch mittlerweile zu splittmastixartigen Deckschichten gewechselt. Seit dem Jahr 2000 wird ein Testfeld mit zweilagigem offenporigen Asphalt betrieben. Es existieren auch einige Straßenabschnitte mit geräuschkindernden Betondecken (feinkörnige Waschbetonoberflächen).

In Frankreich konzentriert man sich auf dünne hohlraumreiche und dünne dichte Fahrbahnbeläge.

Die Niederlande hat Erfahrungen mit einlagigen offenporigen Fahrbahnbelägen seit 1979. Aufgrund des gemäßigten Meeresklimas treten Probleme der Straßenglätte und des Winterdienstes eher in den Hintergrund. Zur Zeit werden zweilagige offenporige Asphaltdeckschichten auf dem Hauptstraßennetz eingesetzt. Im Innerortsbereich werden neben den zweilagigen offenporigen Asphaltdeckschichten vor allem dünne hohlraumreiche und texturoptimierte dichte Deckschichten verwendet.

Auch in Italien sind offenporige Asphaltdeckschichten weiter verbreitet.

3.7 Ausblick

Dauerhafte und reproduzierbare Lärminderungen sind für die Anwendung von geräuschkindernden Fahrbahndeckschichten von entscheidender Bedeutung.

3.7.1 Entwicklungsziele

Bei der Entwicklung geräuschkindernder Fahrbahndeckschichten [64] sind für bituminöse und Betondeckschichten unterschiedliche Zielstellungen zu berücksichtigen.

Asphaltdeckschichten

- leisere Decken aus Splittmastixasphalt
(Parameterstudie über Entstehungsursachen von Megatexturen, Optimierung des Einbau- und Verdichtungsvorganges)
- leisere Decken aus Gussasphalt
(Bau von lärmtechnisch optimierten Decken aus Gussasphalt, Optimierung des Größtkorns, des Zuschlags und der Abstreutechnik)
- leisere Decken aus offenporigem Asphalt
(Entwicklung und Erprobung einer für Lkw lärmtechnisch optimierten Decke aus offenporigem Asphalt; Optimierung der Einbaudicke und des Aufbaus; Verlängerung der akustischen und technischen Lebensdauer)

Betondeckschichten

- leisere dichte Decken
(Parameterstudie über Entstehungsursachen von Makro- und Megatexturen, ggf. Optimierung des Einbaus; Erhöhung der Wirksamkeit und Stabilität der Textur, Optimierung des Waschbetons)
- leisere Decken aus offenporigem Beton
(Entwicklung und Erprobung einer lärmtechnisch optimierten Decke aus offenporigem Beton durch Modifizierung der Betonrezeptur; Entwicklung des Einbaus auf erhärtetem Beton und Asphalt)

3.7.2 Parameterbeschreibung der Deckschichten

Ein Weg hin zu leiseren Deckschichten ist der Versuch, Parameter zu definieren, welche die akustischen Eigenschaften der Deckschichten widerspiegeln und somit gezielte Optimierungsprozesse ermöglichen. Beim „Projekt Sperenberg“ [7] wurden insgesamt 42 verschiedene Testfelder mit systematischen Variationen der Oberflächentexturen hergestellt und messtechnisch untersucht.

Die Texturoberfläche wird durch eine räumliche Verteilung von Rauheitstiefen beschrieben. Aufgrund der unterschiedlichen Formen und Größen der Rauheitselemente sowie der Abstände zueinander entstehen verschiedene Zusammensetzungen der Rauheitstiefen und Rauheitswellenlängen. Diese Verteilung kann in einem Texturspektrum dargestellt werden (Bild 30).

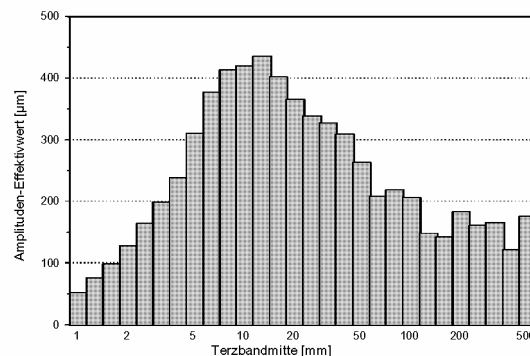


Bild 30: Texturspektrum der Rauheitsamplituden [7]

Die Gestalt der Textur kann ungeachtet gleicher Texturtiefen und gleicher Wellenlängenanteile prinzipiell verschieden sein (Bild 31, linke Darstellungen):

- „Plateaus mit Schluchten“
- „Gebirge mit Tälern“

Durch die Dokumentation der Tragflächenkurve (Bild 31, rechte Darstellungen: Tragflächenanteil in Abhängigkeit von der relativen Profiltiefe) ist zu erkennen, dass bei beiden Gestalttypen der Textur unterschiedliche und typische Kurvenverläufe zu beobachten sind. Die konvexe Form entsteht üblicherweise bei abgestreuten Oberflächen. Dagegen ist die konkave Form bei gewalzten Oberflächen charakteristisch.

Zur Kennzeichnung der Gestalt von Texturen wird der Gestaltungsfaktor g eingeführt. Er ist festgelegt als der Wert, welcher sich bei halber maximaler Profiltiefe aus der Tragflächenkurve ergibt. Hohe Werte von g deuten auf konkave Texturen hin, während niedrigere Werte auf konvexe Texturformen schließen lassen.

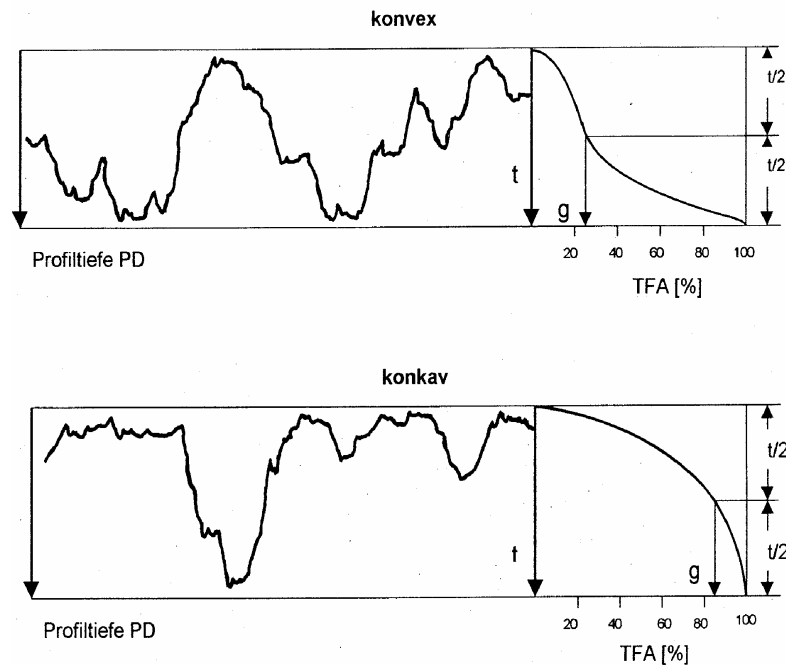


Bild 31: Definition des Gestaltungsfaktors g zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Gestalt von Texturen [7]

Unter Berücksichtigung der Wellenlänge im Maximum der spektralen Hüllkurve λ_{max} und des Effektivwerts der Rauheitstiefe im Maximum der spektralen Hüllkurve R_{max} wird eine sogenannte charakteristische Gestaltungslänge g' definiert (Bild 32):

$$g' = \frac{g}{1\%} \cdot \lambda_{max}$$

Die verwendeten Formelzeichen haben folgende Bedeutung:

- g Gestaltungsfaktor in %
- λ_{max} Wellenlänge im Maximum der spektralen Hüllkurve in mm

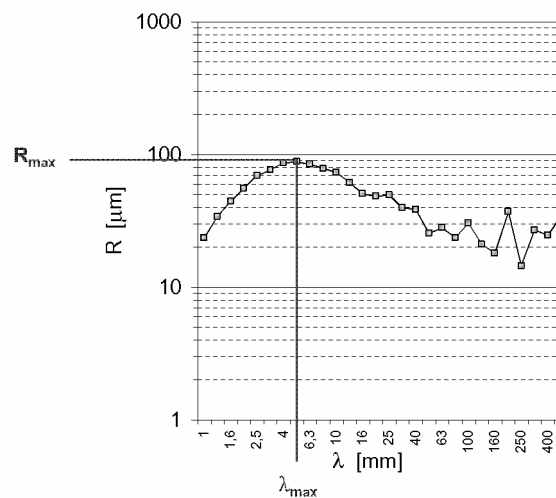


Bild 32: Bestimmung der Texturparameter aus dem Texturspektrum [7]

Die akustischen Messungen der Vorbeifahrtgeräusche auf unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen wurden bei 16 Pkw- und vier Lkw-Reifensätzen bei verschiedenen Geschwindigkeiten und im Nahfeld durchgeführt. Als ein Ergebnis des Projekts haben sich Wertebereiche für optimale Texturparameter ergeben, die für eine Minimierung der Geräuschabstrahlung günstig sind:

- charakteristische Gestaltlänge:

$$400 < g' = \frac{g}{1\%} \cdot \lambda_{\max} < 700 \text{ mm}$$

- maximale spektrale Rauigkeitstiefe:

$$60 \mu\text{m} < R_{\max} < 200 \mu\text{m}$$

Das Rechenmodell zeigt, dass es anscheinend Texturen gibt, die zu noch deutlich geringeren Geräuschpegeln führen können. Es besteht durch weitere Optimierungsprozesse ein deutliches Geräuschminderungspotenzial, wenn es gelingt, neue Texturen zu erzeugen, welche diese Anforderungen erfüllen. Es handelt sich dabei um konkave Texturen mit einem hohen Gestaltungsfaktor g .

Zur Herstellung dieser Texturen wird eine profilierte Walze vorgeschlagen, welche dieses optimierte Texturprofil in die noch plastisch verformbare, texturarme dünne Deckschicht einrollt. Auch eine Vorfabrikation von Deckschichtelementen durch Gießen in Formen mit vorgeprägtem Rauigkeitsprofil ist denkbar.

4 Gemeinsame Aspekte

Das Reifen-Fahrbahn-Geräusch kann nicht ausschließlich getrennt nach Reifen und Fahrbahn betrachtet werden. Unterschiedliche Reifen weisen z. B. auf den gleichen Fahrbahndeckschichten ein unterschiedliches Abstrahlverhalten auf. Leisere Fahrbahndeckschichten bei Pkw-Reifen gehören zu den lautereren Varianten bei Lkw-Reifen etc. Selbst bei gleichen Reifen auf der gleichen Fahrbahndeckschicht sind, durch unterschiedliche Fahrweisen Differenzen bei der Geräuschemission zu beobachten.

Aufgrund von gegenseitigen Wechselwirkungen ist eine gesamtheitliche Betrachtung des Systems Reifen-Fahrbahn unumgänglich.

4.1 Fahrweise

Neben den Anteilen von Rollgeräusch und Antriebsgeräusch (siehe 2.5.1, Seite 27) ist der Beitrag durch unterschiedliche Fahrweisen, bei sonst gleichbleibenden Randbedingungen, nicht zu vernachlässigen. Untersuchungen [34] haben gezeigt, dass der Unterschied zwischen ökonomischer, durchschnittlicher und hektischer Fahrweise abhängig von der Fahrbahndeckschicht ist.

Während beispielsweise auf Splittmastixasphalt (Bild 33) bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h Pegeldifferenzen zwischen ökonomischer und hektischer Fahrweise von 2 bis 3 dB(A) festzustellen sind, beträgt der Unterschied bei Drainasphalt (Bild 34) bis zu 5 dB(A).

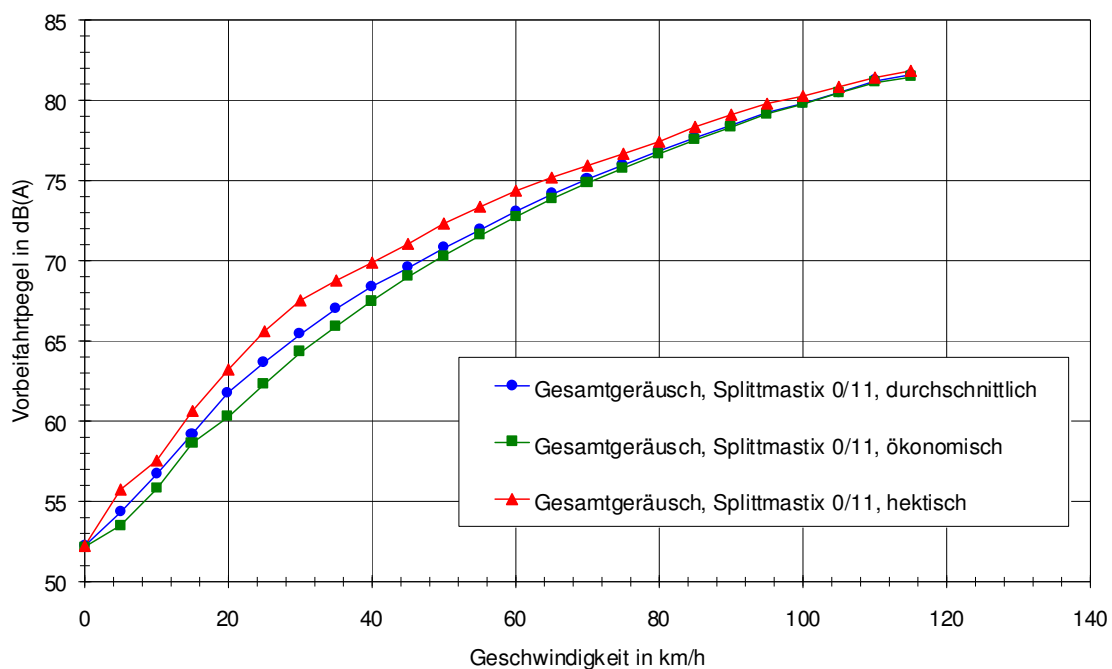


Bild 33: Einfluss von Fahrgeschwindigkeit und Fahrweise auf den Vorbeifahrpegel eines durchschnittlichen Pkw auf Splittmastixasphalt 0/11 [34]

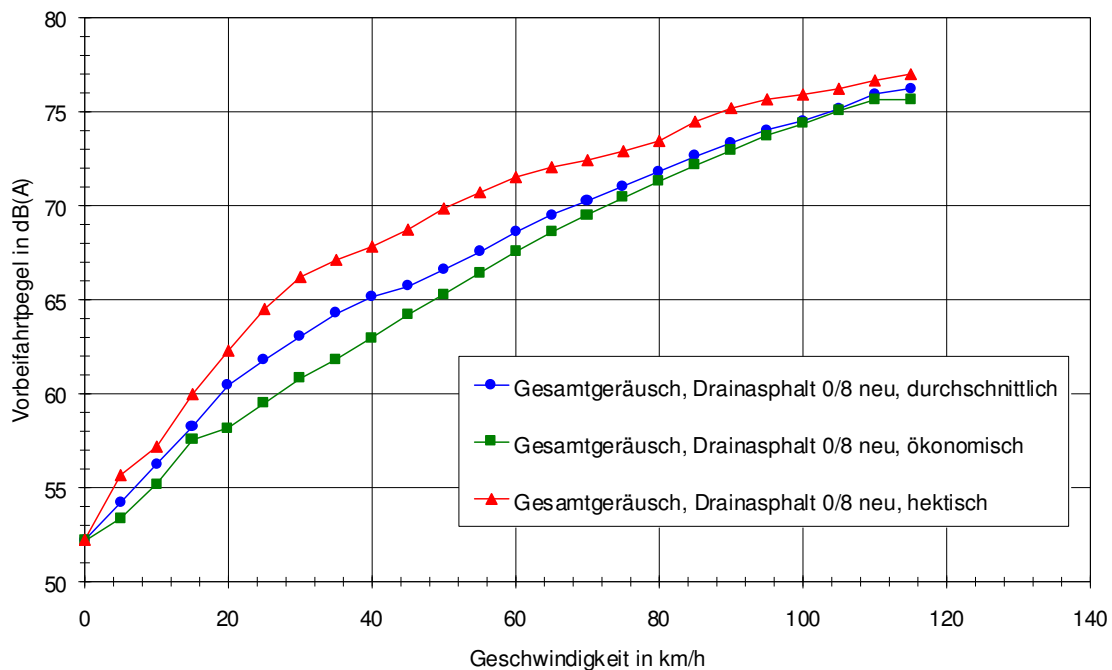


Bild 34: Einfluss von Fahrgeschwindigkeit und Fahrweise auf den Vorbeifahrpegel eines durchschnittlichen Pkw auf Drainasphalt 0/8 [34]

Der Einfluss der Fahrweise auf Kraftstoffverbrauch und Lärmentstehung muss daher stärker in der Fahrschul- und Fahrlehrerausbildung sowie in der Öffentlichkeitsarbeit berücksichtigt werden.

4.2 System Reifen-Fahrbahn - Forschungsverbund „Leiser Verkehr“

Rund 70 Partner aus Forschung, Industrie, Verbänden und Verwaltung haben sich 1999 zum Forschungsverbund „Leiser Verkehr“ zusammengefunden. In den einzelnen Forschungsbereichen soll zunächst eine breite Datenbasis aufgebaut werden, um daraus z. B. technische Lösungsansätze zur Lärminderung zu entwickeln [53].

Zur genauen Aufgabenverteilung wurden fünf Forschungsverbände (FV) geschaffen:

- Leiser Straßenverkehr
- Leise Züge und Trassen
- Leises Verkehrsflugzeug
- Verfahren und Methoden
- Lärmwirkungen

Das Verbundprojekt (VP) „Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“ wurde mit dem Ansatz konzipiert, eine **gesamtheitliche Betrachtung des Systems Reifen-Fahrbahn** zu verfolgen. Die Erfolg versprechenden Forschungsaktivitäten wurden als Teilprojekte (Tp) formuliert und neun Teilverbänden (TV) zugeordnet (Bild 35).

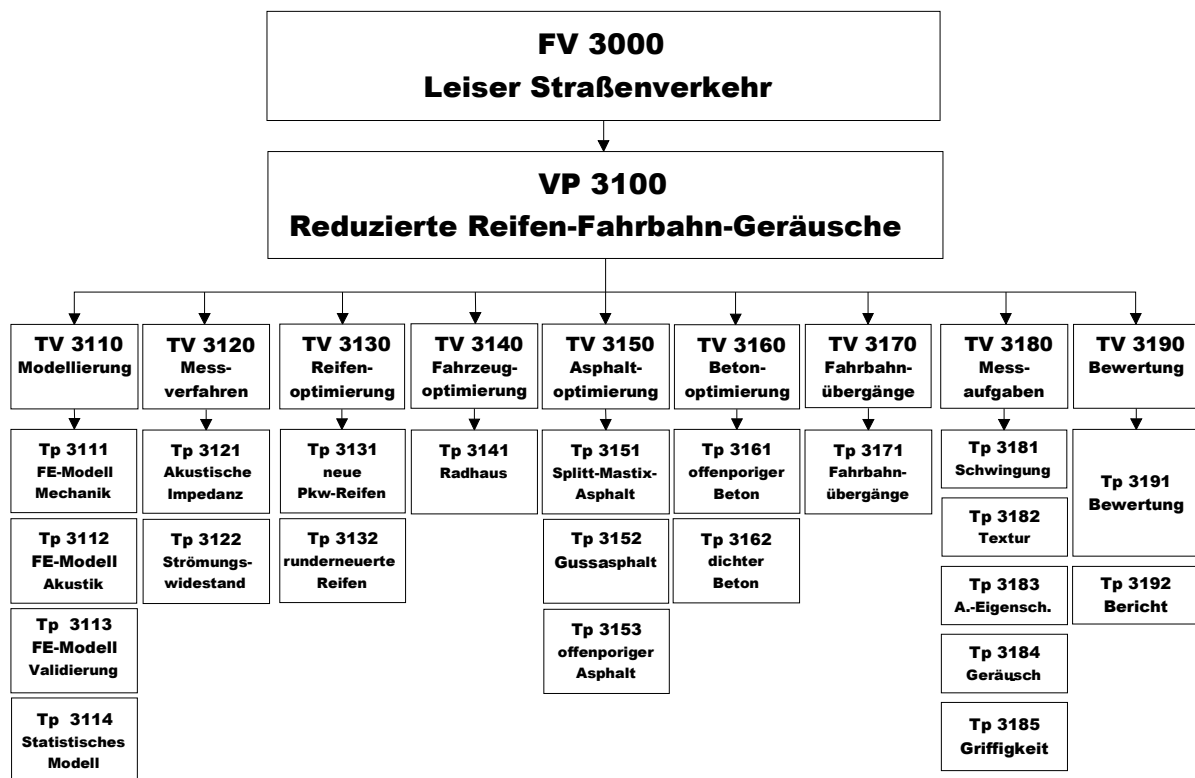


Bild 35: Struktur Verbundprojekt „Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“ [7]

Im Verbundprojekt „Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“ werden zwei Ziele verfolgt. Beim **kurzfristigen Ziel** sollen **um 1 bis 3 dB(A) leisere Komponenten** des geräuscherzeugenden Gesamtsystems Fahrzeug-Reifen-Fahrbahnübergang entwickelt, erprobt und gebaut werden.

Das kurzfristige Ziel soll in fünf nachfolgenden Teilverbänden erreicht werden:

- TV 3130 „Reifenoptimierung“
- TV 3140 „Fahrzeugoptimierung“
- TV 3150 „Asphaltoptimierung“
- TV 3160 „Betonoptimierung“
- TV 3170 „Optimierung von Fahrbahnübergängen“

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden durch Ergebnisse aus TV 3110 „Modellierung“ (hauptsächlich TV 3114 „Statistisches Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Modell“) angeregt und durch gezielte Kontrollmessungen (TV 3180 „Messaufgaben“) validiert. Die Optimierungsarbeiten sollen mit dem Nachweis enden, dass um 1 bis 3 dB(A) leisere Komponenten des geräuscherzeugenden Gesamtsystems entwickelt worden sind. Die leisesten Einzelkomponenten (Reifen, Radhaus, Fahrbahn, Fahrbahnübergang) sollen dann zu einem System zusammengefasst und bewertet (Tp 3191 „Bewertung“) werden. Dieser Geräuschpegel dient dann als Ausgangsbasis für die erreichbare Reduzierung des Straßenverkehrslärms.

Erste Ergebnisse der Entwicklungsarbeit finden im Bereich Fahrbahndeckschichten derzeit auf der Versuchsstrecke B 56 Anwendung [65,66]. Es wurden dort innovative Fahrbahnoberflächen in Asphalt- und Betonbauweise hergestellt, z. B. Jutetuchbeton,

Waschbeton, Drainbeton. Bei der Herstellung der Oberflächen wurden u. a. Abstreuungen und Schleifen angewandt.



Bild 36: Oberflächenstrukturierung Jutetuchbeton [66]



Bild 37: Oberflächenstrukturierung Waschbeton [66]

Das **mittelfristige Ziel** wird im Teilverbund 3110 „Modellierung“ verfolgt. Dies soll durch ein numerisches Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Modell (Tp 3111 bis 3113) erfolgen, mit dessen Hilfe leisere Reifen-Fahrbahn-Variationen konzipiert werden sollen. Ziel ist es ein **um mindestens 5 dB(A) leiseres Gesamtsystem** zu entwerfen.

Literaturverzeichnis

- 1 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Auftraggeber): „Sozialwissenschaftliche Erhebung zur Lärmbelastung der Bevölkerung in Baden-Württemberg“, Forschungsprojekt, Karlsruhe 1999
- 2 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Auftraggeber): „Lärmbelastung in Baden-Württemberg – Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Untersuchungen“, Karlsruhe 2004
- 3 Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: „Sondergutachten Umwelt und Gesundheit“, 1999
- 4 Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: „Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2001“, 2002
- 5 Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: „Straßenbaubericht 2001“, 2002
- 6 Sandberg, U.; Ejsmont J. A.: „Tyre/Road Noise Reference Book“, Informex 2002
- 7 Beckenbauer, T.; Spiegler, P.; van Blokland, G.; Kuijpers, A.; Reinink, F.; Huschek, S.; Stütze, T.; Heerkens, J.: „Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch“, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr 2002
- 8 Bschorr, O.: „Bestimmung des straßenbedingten Verkehrslärms durch Messung des Torusgeräusches“, Tagungsband „Verkehrslärm“ Hamann AG, 2002
- 9 Kropp, W.: „Ein Modell zur Beschreibung von Reifenlärm“, Vortrag DAGA 2003
- 10 Petersen, S.: „Entwicklung eines akustischen FE-Modells zur Berechnung von Reifen-Fahrbahngeräuschen“, <http://www.mum.tu-harburg.de/spetersen/projekt.html>
- 11 Steven, H.; Pauls, H.: „Entwicklung eines Messverfahrens für das Reifen-Fahrbahn-Geräusch von Pkw“, UBA-Forschungsbericht 105 05 211, 1990
- 12 Aibel, T.; Gebhard, K.; Reithmaier, W.: „Ermittlung von Geräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten von Pkw-Reifen“, UBA-Forschungsbericht 297 54 808, 1999
- 13 Grundlage für Umweltzeichenvergabe, Lärmarme und kraftstoffsparende Kraftfahrzeugreifen (RAL-UZ 89), RAL e. V., <http://www.blauer-engel.de>
- 14 Reithmaier, W.; Salzinger, T.: „Ermittlung des aktuellen Standes der Technik im Hinblick auf Abrollgeräusch, Rollwiderstand sowie Sicherheitseigenschaften von Pkw-Reifen“, UBA-Forschungsbericht 201 54 112, 2002
- 15 Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), zuletzt geändert am 05.12.2002
- 16 ECE-Reglement Nr. 30 über einheitliche Vorschriften für die Genehmigung der Luftreifen für Motorfahrzeuge und ihre Anhänger
- 17 ADAC: „Reifenkennzeichnung“, <http://www.adac.de/Tests/Reifentests>
- 18 Richtlinie 92/23/EWG über Luftreifen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern vom 31. März 1992
- 19 ISO 10844: „Akustik - Anforderungen an Prüfstrecken zur Geräuschmessung an Straßenfahrzeugen“, 1994

- 20 Stenschke, R.; Vietzke, P.: „Noise and Use Characteristics of Modern Car Tyres (State of the Art)“, In: Proceedings of the Seventh International Congress on Sound and Vibration, 2000 - Teil 5, S. 2781 - 2788
- 21 Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: „Reifen - die Füße Ihres Autos“, Stuttgart 2000
- 22 Stiftung Warentest: Testbericht Winterreifen, test 10/2001, S. 65 - 70
- 23 Stiftung Warentest: Testbericht Sommerreifen, test 3/2002, S. 58 - 64
- 24 Stiftung Warentest: Testbericht Winterreifen, test 10/2002, S. 77 - 82
- 25 Richtlinie 2001/43/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 zur Änderung der Richtlinie 92/23/EWG des Rates über Reifen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern und über ihre Montage, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 211/25 vom 04.08.2001
- 26 Umweltbundesamt: „LKW und Busse können leiser und kraftstoffsparender fahren“, <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/nutzfahrzeugreifen.htm>, 2002
- 27 Reithmeier, W.; Kretschmer, S.; Savic, B.: „Ermittlung von Rollgeräusch- und Rollwiderstandsbeiwerten sowie Durchführung von Nassbremsversuchen mit Nutzfahrzeugreifen“, UBA-Forschungsbericht 299 54 114, 2002
- 28 Stenschke, R.: „Geräusch- und Gebrauchseigenschaften von Reifen“, Vortrag „Geräuschkinderung im Straßenverkehr“, Essen 2002
- 29 Köllmann, A.: „Ermittlung des Standes der Technik der Geräuschemission von Pkw-Reifen“, UBA-Forschungsbericht 105 05 144, 1993
- 30 Stenschke, R.; Vietzke, P.: „Tyre/Road Noise Emissions, Rolling Resistance and Wet Braking Behaviour of Modern Tyres for Heavy-Duty Vehicles (State of the Art)“, In: inter-noise 2001 - Maastricht/NL 2001, S. 165-170
- 31 auto, motor, sport: Reifentests, <http://www.auto.t-online.de>, 2003
- 32 ADAC: Reifentests, <http://www.adac.de/Test/Reifentests>, 2003
- 33 Steven, E.; Steven, H.: „Lärmemissionsmodell Straßenverkehr - MOBILEV plus“, UBA-Forschungsbericht 29 854 113, 2001
- 34 Steven, H.: „Minderungspotenziale beim Straßenverkehrslärm“, Vortrag „Lärmkongress 2000“, Mannheim 2000
- 35 Saemann, E.-U.; Liederer, W.; Schmidt, H.; Fornefeld, W.: „Tire/road noise – causes, influences, potential for improvements an target conflicts“, Continental Noise, Vibration and Harshness-Center 2001
- 36 Döhmann, L.: „Schallwellen bei der Entstehung vernichten“, Pressemitteilung Continental 04.03.2003
- 37 Schober, U.: „Norm zur Reifen-Fahrbahn-Geräuschemission in Vorbereitung“; In: DIN-Mitteilungen und Elektronorm 2001, S. 710
- 38 ISO 13325: „Tyres - Coast-by methods for measurement of tyre-to-road sound emission“, 2003

- 39 Haug, G.: „Verfahren zur Bestimmung der Antriebsgeräusche und der zugkraft-abhängigen Reifen-Fahrbahn-Geräusche von schweren Nutzfahrzeugen“, Expert-Verlag 1999
- 40 Barsikow, B.; Hellmig, M.: Schallquellenlokalisierung bei Vorbeifahrten von Kraft-fahrzeugen mittels eines zweidimensionalen Mikrofon-Arrays, Vortrag DAGA 2003
- 41 Tonhauser, J.: „Einfluss des Reifen-Fahrbahn-Geräusches auf das Außengeräusch von Pkw – Stand der Technik“, In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1996, S. 158
- 42 Steven, H.: „Gedanken zur Verkehrslärminderungsstrategie nach der Jahrtau-sendwende“, In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1996, S. 164
- 43 Stenschke, R.; Jäcker, M.: „Einfluss von Reifen und Fahrbahn auf das Reifen-Fahr-bahn-Geräusch von Kraftfahrzeugen und administrative Maßnahmen zur Vermin-derung“, In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 1996, S. 153
- 44 Halfmann, U.: „Offenporige Asphaltdecken“, In: Straße + Autobahn 1996, S. 177
- 45 Steven, H.: „Einfluss der Fahrbahndeckschicht auf die Geräuschemission von Kraft-fahrzeugen“, Abschlußbericht zum F+E-Vorhaben „Optimierung der schallabsor-bierenden Eigenschaften von Drainasphalt“, 1997
- 46 Holldorb, C.; Roos, R.: „Reinigung offenporiger Asphaltdeckschichten“, In: Straße + Autobahn 1996, S. 27
- 47 Beckenbauer, T.: „Grundlagen der Straßenverkehrslärmbekämpfung durch Roll-geräuschkinderung“, Vortrag „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, München 2002
- 48 Oberste Baubehörde im bayerischen Staatsministerium des Inneren: „Maßnahmen zur Reduzierung von Straßenverkehrslärm“, 2002
- 49 Renken, P.; Schäfer, V.: „Offenporige Asphaltdeckschichten“, In: Straße + Auto-bahn 1999, S. 15
- 50 Grolimund, H.-J.; Attinger, R.; Meister, A.: „Lärmarme bituminöse Straßenbeläge inner- und außerorts“, Bern 2002
- 51 Krieger, B.; Sulten, P.: „Stand der Entwicklung von lärmarmen Betondecken“, In: Straße + Autobahn 1999, S. 479
- 52 Felsch, K.; Böhme, K.; Schwenninger, D.: „Lärmindernde Straßenbeläge – Drän-beton am Hockenheimring“, In: Straße + Autobahn 2002, S. 515
- 53 Felsch, K.: „Leise in die Zukunft – Teil III – Fahrbahnbeläge“, Vortrag VCD-Tagung „Leise in die Zukunft“, Bad Boll 2003
- 54 Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – Ausgabe 1990 – RLS-90
- 55 Schäfer, V.: „Lärminderung – Erfahrungen mit offenporigen Asphaltdeck-schichten“, In: Straße + Autobahn 2003, S. 149
- 56 Beckenbauer, T.: „Akustische Eigenschaften von Fahrbahnoberflächen“, In: Straße + Autobahn 2001, S. 553
- 57 Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2002 vom 26.03.2002, Verkehrsblatt 2002, Seite 313
- 58 Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 14/1991 vom 25.04.1991, Verkehrs-blatt 1991, Seite 480

- 59 Steinauer, B.: „Offenporiger Asphalt – Aspekte des Straßenbaus“, Vortrag „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, München 2002
- 60 Böck: „Problemlösung / Vorgehensweise bei der Planung am Beispiel der Germeringer Straße in Planegg“, Vortrag „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, München 2002
- 61 Frech: „Erfahrung bei Bau und Unterhalt von offenporigen Asphaltdeckschichten“, Vortrag „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, München 2002
- 62 Forschungsverbund FV 3000 – Leiser Straßenverkehr, Konzept Februar 2001
- 63 Krieger, B.: „Möglichkeiten zur weiteren Reduzierung des Reifen-Fahrbahngeräusches auf Betondecken“, Betonstraßentagung 2001, S. 32
- 64 Bundesanstalt für Straßenwesen: „Laufende Forschungsprojekte, Stand: 1. Januar 2003“, <http://www.bast.de>, 2003
- 65 Bundesministerium für Bildung und Forschung: „BMBF-Projekt macht Autoverkehr leiser, Erste Ergebnisse des BMBF-Forschungsnetzwerks Leiser Verkehr“, Pressemitteilung vom 27.01.2003
- 66 Bartolomaeus, W., Sliwa, N.: „Innovative Fahrbahnoberflächen auf der Versuchsstrecke B 56“, Informationsveranstaltung Leiser Straßenverkehr, Bergisch Gladbach 2002
- 67 Glanz, H.; Jäcker-Cüppers, M.; Ohmen, M.; Popp, C.; Rubner, H.: „Erprobung Lärmmindernder Straßendecken auf Innerortsstraßen“, Abschlussbericht der Untergruppe „Lärmmindernde Straßendecken in bebauten Gebieten“ (Berichtszeitraum 1986 – 1999), Hamburg 1999
- 68 Popp, C.: „Probleme der Entwässerung und des Winterdienstes bei lärmmindernden Strassendecken“ In : Strasse + Autobahn 1986, S. 536-540
- 69 Gerritsen, H. W.: „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in den Niederlanden“, Vortrag „Geräuschkindernde Fahrbahnbeläge in der Praxis“, München 2002
- 70 Ullrich, Siegfried, BAST: „Die Entwicklung der Geräuschemission von Straßen 1975 bis 2002“, Straße+Autobahn 10.2003, S. 571-575
- 71 „EU-Grenzwerte für Reifen-Fahrbahn-Geräusch zu hoch“, Umwelt, 12/2003, S.693-694
- 72 Stiftung Warentest: Testbericht Sommerreifen, Heft 3/2003, S.85-89
- 73 Stiftung Warentest: Testbericht Winterreifen, Heft 10/2003, S.79-83
- 74 Stiftung Warentest: Testbericht Sommerreifen, Heft 3/2004, S.78-81

Anhang 1: Reifenkennzeichnung

Die Kennzeichnung von Reifen ist in § 36 der Straßenverkehrszulassungsverordnung (StVZO) [15] festgelegt. Pkw-Reifen sind entsprechend der europäischen Vorschrift ECE-R30 [16] genormt. Dies gilt insbesondere für die Reifenkennzeichnung. Neben der Angabe von Herstellername und Reifentyp ist auf die wichtigsten Abmessungen und Gebrauchseigenschaften hinzuweisen.

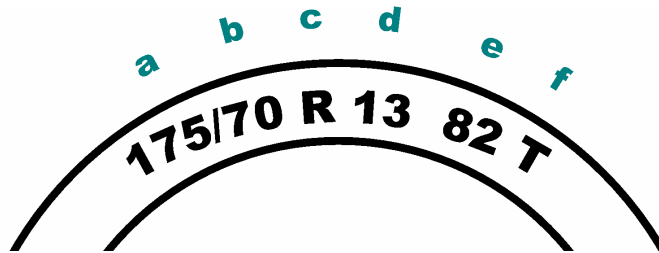


Bild 38: Beispiel Reifenkennzeichnung

a – Reifenbreite

Angabe der Reifenbreite in mm (im Beispiel 175 mm)

b – Höhen-Breiten-Verhältnis

Angabe des Verhältnisses von Höhe zu Breite des Reifenquerschnitts in Prozent (im Beispiel 70 %), Eine Angabe von 50 bedeutet, dass die Reifenhöhe halb so groß ist wie die Reifenbreite.

c – Reifenbauart

Angabe der Reifenbauart: R – Radialreifen
D – Diagonalreifen

d – Felgendurchmesser

Angabe des Felgendurchmesser meist in Zoll (1" = 25,4 mm), gängige Maße zwischen 10" und 20" (im Beispiel 13")

e – Tragfähigkeitsindex (Load Index LI)

Kennzahl (siehe Tabelle 6) für Belastbarkeit des Reifens, Jedem LI-Wert wird eine bestimmte Belastbarkeit des Reifens bei einem angegebenen Luftdruck zugeordnet (im Beispiel 82 = 475 kg).

f – Geschwindigkeitssymbol (GSY)

Kennbuchstabe (siehe Tabelle 7) für die zulässige Höchstgeschwindigkeit (v_{\max} in km/h) des Reifens (im Beispiel T = 190 km/h)

Winterreifen werden zusätzlich mit „M&S“, „M+S“ oder ähnlichen Abkürzungen gekennzeichnet.

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
50	190	65	290	80	450	95	690	110	1060
51	195	66	300	81	462	96	710	111	1090
52	200	67	307	82	475	97	730	112	1120
53	206	68	315	83	487	98	750	113	1150
54	212	69	325	84	500	99	775	114	1180
55	218	70	335	85	515	100	800	115	1215
56	224	71	345	86	530	101	825	116	1250
57	230	72	355	87	545	102	850	117	1285
58	236	73	365	88	560	103	875	118	1320
59	243	74	375	89	580	104	900	119	1360
60	250	75	387	90	600	105	925	120	1400
61	257	76	400	91	615	106	950	121	1450
62	265	77	412	92	630	107	975	122	1500
63	272	78	425	93	650	108	1000	123	1550
64	280	79	437	94	670	109	1030	124	1600

Tabelle 6: Tragfähigkeitsindex (Load Index LI) [17]

GSY	v _{max}	GSY	v _{max}	GSY	v _{max}
C	60	L	120	T	190
D	65	M	130	U	200
E	70	N	140	H	210
F	80	P	150	V	240
G	90	Q	160	W	270
J	100	R	170	Y	300
K	110	S	180	ZR	> 240*

Tabelle 7: Geschwindigkeitssymbol (GSY) [17]

* Reifenhersteller legt Höchstgeschwindigkeit fest

Anhang 2: Geräuschemissionswerte von Reifen

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 1997 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Marshal	Radial772	70,2
Hankook	Radial 884	70,8
Continental	EcoContact EP	71,0
Michelin	Energy XT1	71,1
Avon	Enviro CR322	71,2
Vredestein	Sprint+ T70	71,2
Ohtsu	EN702	71,4
Pirelli	P2000	72,4
Goodyear	GT2	72,6
Pneumant	P72	72,7
Matador	MP12	72,8
Dunlop	SP10e	73,1

Tabelle 8: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 175/70 R 13 82 T [12]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Yokohama	AVS TW-1	69,0
Hankook	Radial 866	70,0
Marshal	Power Racer 65V	70,8
Avon	Turbospeed CR338	71,0
Firestone	Firehawk 680	71,2
Falken	ZIEX650	71,6
Dunlop	SP200E	71,9
Goodyear	NCT3 Touring	71,9
Pirelli	P4000	71,9
Michelin	Energy XH1	72,0
Pneumant	P500	72,1
Continental	EcoContact CP	72,3

Tabelle 9: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 91 V [12]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 1997 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Marshal	Power Grip 749	68,8
Avon	Turbogrip CR45	68,9
Falken	Eurowinter HS435	69,9
Dunlop	WinterSport M2	70,2
Firestone	FW900	71,1
Goodyear	UltraGrip 5	71,7
Matador	MP55 Plus	71,8
Vredestein	Snowtrac	72,1
Continental	WinterContactTS760	72,7
Michelin	XM+S Alpin	72,8
Toyo	910 +Silica	72,9
Pirelli	W160 Direzionale	74,1

Tabelle 10: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 175/70 R 13 82 Q M&S [12]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Marshal	Power Grip 749	69,5
Avon	Turbogrip CR55	69,8
Vredestein	Wintrac	70,1
Pirelli	W210 Asimmetrico	70,4
Goodyear	Eagle UltraGrip	70,8
Dunlop	WinterSport M2	71,2
Falken	Eurowinter HS435	71,3
Bridgestone	WT12	71,7
Continental	WinterContactTS770	72,0
Firestone	FW900	72,4
Michelin	XM+S330	74,1
Toyo	910 +Silica	75,2

Tabelle 11: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 195/65 R 15 91 H M&S [12]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2002 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Bridgestone	B 381 Ecopia	69,9
Michelin	Energy XT-1	70,6
Continental	ECO Contact EP	71,0

Tabelle 12: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 155/60 R 14 75 T [14]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Dunlop	SP 10 3e	71,0
Goodyear	GT 3	71,1
Michelin	Energy XT-1	71,1
Toyo	330	71,1
Kumho	758 Power Star	71,2
Yokohama	S 306	71,7
Continental	ECO Contact EP	72,0
Marangoni	Trio	72,3
Uniroyal	Rallye 580	72,3
Pirelli	P 3000 Energy	73,4

Tabelle 13: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 165/70 R 14 81 T [14]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Yokohama	A 539	71,4
Bridgestone	RE 720	71,6
Stunner	SV 198	71,8
Fulda	Diadem Linero	72,1
Continental	ECO Contact CP	73,4
Kleber	Viaxer	74,0
Sava	Rapidtex R2	74,4

Tabelle 14: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H [14]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2002 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
GT Radial	Champiro 65	70,9
Dunlop	SP Sport 200 E	71,0
Marangoni	Heron	71,0
Toyo	Roadpro 610	71,0
Michelin	Pilot Primacy	71,2
Barum	OR 58	71,4
Continental	Premium Contact	72,0
Firestone	Firehawk FH 700	72,1
Pirelli	P 6	72,1
Goodyear	Eagle NCT 5	73,5

Tabelle 15: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 91 H [14]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Hankook	K 102	71,2
Continental	PremiumContact	71,6
Michelin	Pilot Primacy	71,7
GT Radial	Champiro 55	72,0
Toyo	T 1-S	72,1
Dunlop	SP Sport 9000	72,3
Pirelli	P7	72,8
Vredestein	Sporttrac	74,0

Tabelle 16: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 205/55 R 16 91 H/W [14]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2002 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Falken	FK 451	69,6
Marangoni	Zeta ESC	69,7
Pneumant	PN 950 Tritec	70,7
Bridgestone	SO-3	71,4
Continental	Sport Contact 2	72,5
Pirelli	P Zero Rosso Asimmetrico	72,7
Fulda	Carat Extremo	73,4

Tabelle 17: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 225/45 R 17 91 W/Y/ZR [14]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Hankook	W 400	69,0
Firestone	FW 930 Winter	69,9
Continental	Winter Contact TS 780	70,6
Pirelli	Winter 190 Snowcontrol	70,7
Pirelli	P 2500 Euro	70,8
Goodyear	Vector 5	71,0
Toyo	S 940	71,2
Dunlop	Winter Sport M2	71,3
Michelin	Alpin	71,6
Vredestein	Snowtrac	71,9
Goodyear	Ultra Grip 5	73,0

Tabelle 18: Geräuschkennwerte von Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 165/70 R 14 81 T/Q [14]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2002 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Pneumant	P M+S 100	70,1
Bridgestone	LM 18	70,4
Pirelli	Winter Snow Sport	71,7
Kleber	Krisalp	71,8
Nokian	Hakkapeliitta	72,0
Gislaved	Euro Frost 2	72,2
Continental	Winter Contact TS 780	73,9

Tabelle 19: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 185/60 R 14 82 T/H [14]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Goodyear	Vector 5	69,7
Toyo	S 940	70,9
Goodyear	Ultra Grip 6	71,4
Yokohama	AVS Winter	71,5
Marshall	KW 15	71,6
Michelin	Alpin	72,1
Dunlop	SP Winter Sport M3	72,3
Vredestein	Snowtrac	72,3
Continental	Winter Contact TS 790	72,4
Marangoni	Meteo Grip	73,1
Dunlop	All Seasons M2	73,7

Tabelle 20: Geräuschkennwerte von Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 195/65 R 15 91 T [14]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2002 zu Pkw-Reifen [12]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Firestone	FW 930 Winter	70,8
Toyo	S 950	71,9
Dunlop	SP Winter Sport M3	72,1
Michelin	Pilot Alpin	72,8
Hankook	W 400	73,5
Vredestein	Wintrac	73,5
Pirelli	Winter 210 Snowsport	73,7
Continental	Winter Contact TS 790	74,4

Tabelle 21: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 205/55 R 16 91 H [14]

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Winterreifen 2001 [22]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Hankook	W400 Silica	69
Continental	WinterContact TS 780	70
Firestone	FW 930 Winter	70
Goodyear	Vector 5	70
Uniroyal	MS plus 5	70
Falken	Eurowinter HS-435	71
Michelin	Alpin	71
Nokian	Hakkapeliitta NRW	71
Fulda	Kristall Gravito	72
Ihle	Rigdon PR 760*	72
Vergölst	Securo V-760*	73
Vredestein	Snowtrac	73
Dunlop	All Season M2	74
Semperit	Top Grip SLG 2	74
Kleber	Krisalp 3	75

Tabelle 22: Geräuschkennwerte von Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 175/65 R 13 T/Q [22]
(* runderneuerte Reifen)

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Winterreifen 2001 [22]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Avon	CR 85	71
Goodyear	Eagle Ultragrip GW 3	71
Toyo	Snowprox S950	71
Continental	WinterContact TS790	72
Dunlop	SP Winter Sport M3	72
Fulda	Kristall Rotego	72
Nokian	Hakkapeliitta NRW	72
Semperit	Sport Grip	72
Viking	Stop 5000	72
Bridgestone	Blizzak LM 22	73
Falken	Eurowinter HS-435	73
Marangoni	Meteo ESC	73
Pirelli	W 210 Snowsport	73
Uniroyal	MS plus 55	73
Vredestein	Wintrac	73
Pneumant	PN 150 Wintec	75

Tabelle 23: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 205/55 R 16 H [22]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Sommerreifen 2002 [23]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
BFGoodrich	Touring G	60
Semperit	Sport Life	61
Continental	Eco Contact EP	62
Uniroyal	Rallye 680	63
Yokohama	S306	63
Michelin	Energy XT1	64
Vredestein	T-Trac	64
Maloya	Crono 465	65
Pneumant	P72	65
Sava	Effecta	65
Fulda	Diadem Linero	66
Bridgestone	B 330 Evo	67
Goodyear	GT 3	67
Barum	Brillantis	68
Hankook	K701	68
Marshal	KR11	68
Firestone	F590 Fuel Saver	69
Kleber	Viaxer AS	69
Nokian	NRT 2	69
Marangoni	Trio	70
Pirelli	P3000 Energy	71

Tabelle 24: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 175/65 R 14 T [23]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Sommerreifen 2002 [23]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Continental	Premium Contact	60
Avon	ZV1	62
Michelin	Energy XH 1	62
Nokian	NRH 2	65
Bridgestone	Turanza ER70	67
Dunlop	SP Sport 200	67
Maloya	Futur Sport SI	67
Pirelli	P6	67
Semperit	Speed Comfort	67
Hankook	Optimo K406	68
Kleber	Viaxer AS	68
Barum	Bravura	69
BFGoodrich	Touring G	69
Toyo	Roadpro R610	69
Firestone	Firehawk 700	70
Yokohama	A 539	71
Goodyear	Eagle NCT 5	72
Fulda	Carat Attiro	73
Uniroyal	Rallye 540	74

Tabelle 25: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 195/60 R 15 H [23]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Winterreifen 2002 [24]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Ihle	Rigdon MS 178*	74
Uniroyal	MS plus 5	74
Continental	WinterContact TS780	75
Esa Tecar	Supergrip 6	75
Goodyear	Vector 5	75
Nokian	WR	75
Pirelli	Winter190Snowcontrol	75
Reiff	Condor Winter*	75
Semperit	WinterGrip	75
Bridgestone	Blizzak LM 18	76
Dunlop	SP Winter Sport M3	76
Goodyear	Ultra Grip 6	76
Michelin	Alpin	76
Sava	Eskimo S3	76
Vredestein	Snowtrac 2	76
Maloya	Cresta 220	77
Point S	Winterstar	77

Tabelle 26: Geräuschkennwerte von Winter- und Ganzjahresreifen der Dimension 175/65 R 14 T [24]
(* runderneuerte Reifen)

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Winterreifen 2002 [24]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Firestone	FW 930	73
Hankook	W 400 S	73
Michelin	Alpin	73
Dunlop	SP WinterSport M3	74
Fulda	Kristall Montero	74
Goodyear	Ultra Grip 6	74
Kleber	Krisalp HP	74
Maloya	Cresta 220	74
Respa	Ökon MS 790*	74
Semperit	Sport-Grip	74
Uniroyal	MS plus 55	74
Bridgestone	Blizzak LM 18	75
Continental	WinterContact TS 790	75
Yokohama	AVS Winter	75

Tabelle 27: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 195/60 R 15 T [24]
(* runderneuerte Reifen)

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Sommerreifen 2003 [72]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Hankook	Optimo K 406	72
Goodyear	Eagle Vector EV-2	72
Nokian	NRH 2	73
Fulda	Carat Attiro	73
Lassa	Impetus 2	73
Bridgestone	New Turanza ER 70	74
Michelin	Energy E3A	74
Firestone	FirehawkTZ200 Fuel Saver	74
Barum	Bravuris	74
Tecar	Spirit	74
Continental	EcoContact3	75
Toyo	Roadpro R 610 A	75
Dunlop	SP Sport 01	75
Semperit	Speed Comfort	75
Matador	MP 35 Elite	75
Pirelli	P6	75
Vredestein	Hi-Trac	76

Tabelle 28A: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 185/60 R 14 H [72]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Sommerreifen 2003 [72]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Fulda	Carat Attiro	73
Uniroyal	Rallye 540	73
Goodyear	Eagle NCT 5	73
Michelin	Energy E3A	73
Continental	Premium Contact	74
Toyo	Roadpro R 610 A	74
Dunlop	SP Sport 01	74
Pneumant	PN 550	74
Sava	Intensa	74
Maloya	Futura Sport V	75
Pirelli	P7	75
BFGoodrich	Profilier	75
Vredestein	Sportrac	76
Semperit	Speed Comfort	76

Tabelle 29B: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 195/65 R 15 V [72]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Winterreifen 2003 [73]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Uniroyal	MS plus 55	72
Pirelli	Winter 190 Snowcontrol	72
Firestone	Winterhawk	72
Goodyear	Vector 5	72
Michelin	Alpin A2	73
Goodyear	Ultra Grip 6	73
Maloya	Cresta 220	73
Nokian	WR	73
Semperit	Sport-Grip	73
Fulda	Kristall Montero	73
Marshal	I´zen KW 15	73
Continental	WinterContact TS 790	74
Dunlop	SP Winter Sport M3	74
Vredestein	Snowtrac 2	75
Bridgestone	Blizzak LM 18	75

Tabelle 27C: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 195/65 R 15 T [73]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Dunlop	SP Winter Sport M3	72
Goodyear	Eagle Ultra Grip GW-3	72
Michelin	Pilot Alpin PA2	72
Conti	Winter Contact TS 790	74
Pirelli	Winter 240 Snowsport	74
Bridgestone	Blizzak LM 22	75

Tabelle 27D: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 225/455 R 17 V (Breitreifen) [73]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	Alpin A2	72
Continental	WinterContact TS 780	72
Pirelli	Winter 190 Snowcontrol	72
Uniroyal	MS plus 5	72
Bridgestone	Blizzak LM 18	72
Goodyear	Vector 5	72
Hankook	Centum H 720	72
Rigdon	M+S 178	72
Dunlop	SP Winter Sport M3	73
Semperit	Wintergrip	73
Tecar	Super Grip 6	73
Goodyear	Ultra Grip 6	73
Ökon	MS 780	73
Toyo	Vario V1	74
Fulda	Kristall Montero	74
Vredestein	Snowtrac 2	75
Vredestein	Quatrac 2	75
Gislaved	Euro-Frost 2	75
Condor	Winter 4	75

Tabelle 27E: Geräuschkennwerte von Winterreifen der Dimension 185/60 R 14 T [73]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Reifentest Stiftung Warentest – Pkw-Sommerreifen 2004 [74]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Goodyear	Eagle F1 GS-D3	70
Continental	SportContact2	73
Dunlop	SP Sport 9090	73
Pirelli	P Zero Rosso	73
Michelin	Pilot Sport PS 2	73
Vredestein	Sportrac 2	75

Tabelle 27F: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 225/45 R 17 W/Y [74]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	Pilot Exalto	71
Uniroyal	Rallye 550	71
Continental	Premium Contact	71
Semperit	Direction Sport	71
BF Goodrich	Profilier GII	71
Goodyear	Eagle NCT5	71
Firestone	Firehawk TZ200	72
Dunlop	SP Sport 01	72
Fulda	Carat Extremo	72
Hankook	K105 Ventus Prime	72
Bridgestone	Potenza RE 720	73
Pirelli	P7	73
Viking	ProTech500	73
Maloya	Futura Sport	74
Vredestein	Sportrac2	74

Tabelle 27G: Geräuschkennwerte von Sommerreifen der Dimension 205/55 R 16 V [74]

Hinweis: Bei der Beurteilung der ausgewiesenen Geräuschpegel ist zu beachten, dass diese nach einem modifizierten Messverfahren ermittelt wurden. Die Ergebnisse weichen von den unter Normbedingungen ermittelten Werten teilweise deutlich ab. Die Messwerte sind nur zum Vergleich von Reifen beim selben Reifentest untereinander bedingt geeignet (siehe Abschnitt oben).

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2000 zu Nutzfahrzeugreifen [27]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XCA	72,3
Goodyear	CARGO G26	73,1
Continental	Vanco 8	70,9
Dunlop	SP LT8	72,7

Tabelle 30: Geräuschkennwerte von Sommerreifen
 Leicht-Lastkraftwagen, Lieferverkehr
 Dimension 225/70 R 15 C, Klasse C2, normal [27]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XZE 1	72,5
Goodyear	Unisteel G291	71,3
Continental	LS 45	71,0
Dunlop	SP 351	70,0
Toyo	M 109	69,8

Tabelle 31: Geräuschkennwerte von Lenkachsreifen
 LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr
 Dimension 215/75 R 17,5, Klasse C3, normal [27]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XDE 1	75,5
Goodyear	Unisteel G124	74,9
Continental	LD 75	73,4
Dunlop	SP 431	74,3
Toyo	M 608 z	72,7

Tabelle 32: Geräuschkennwerte von Antriebsachsreifen
 LKW mittlere Baureihe, Nahverkehr
 Dimension 215/75 R 17,5, Klasse C3, M&S [27]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2000 zu Nutzfahrzeugreifen [27]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XZU	70,4
Goodyear	Metro MCS	70,3
Continental	HB	70,8
Dunlop	SP 741 city	70,9

Tabelle 33: Geräuschkennwerte von Lenkachsreifen
Omnibus, Kommunalverkehr
Dimension 275/70 R 22,5, Klasse C3, normal [27]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XZU 2 T	74,7
Goodyear	G 267	72,4
Continental	HDU	75,4
Dunlop	SP 531 city	74,9

Tabelle 34: Geräuschkennwerte von Antriebsachsreifen
Omnibus, Kommunalverkehr
Dimension 275/70 R 22,5, Klasse C3, M&S [27]

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XZA 2 Energy	68,0
Goodyear	Marathon LHS	69,1
Continental	HSL eco – plus	68,6
Dunlop	SP 351	70,3
Toyo	M 111	70,9

Tabelle 35: Geräuschkennwerte von Lenkachsreifen
LKW schwere Baureihe, Fernverkehr
Dimension 315/80 R 22,5, Klasse C3, normal [27]

Forschungsbericht des Umweltbundesamtes 2000 zu Nutzfahrzeugreifen [27]:

Hersteller	Modell	Geräusch [dB(A)]
Michelin	XDA 2 Energy	73,6
Goodyear	Marathon LHD	72,8
Continental	HDL eco – plus	75,7
Dunlop	SP 451	73,1
Toyo	M 622	74,1

Tabelle 36: Geräuschkennwerte von Antriebsachsreifen
LKW schwere Baureihe, Fernverkehr
Dimension 315/80 R 22,5, Klasse C3, M&S [27]