



ÖAL

LÄRMARME REIFEN

ÖAL-Richtlinie
Nr. 35
Juni 2004

INHALTSVERZEICHNIS

1	ÜBERSICHT: BEDEUTUNG UND ZIEL DIESER RICHTLINIE	2
2	EINLEITUNG	3
3	DER STAND DER TECHNIK BETREFFEND DIE GERÄUSCHEMISSION VON PKW- UND LKW-REIFEN	4
4	VORSCHLAG FÜR RICHTWERTE FÜR LÄRMARME REIFEN	7
5	MASSNAHMEN ZUR FÖRDERUNG DES EINSATZES LÄRMARMER REIFEN	9
6	WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DES EINSATZES LÄRMARMER REIFEN	9
7	LITERATUR	10



Mit freundlicher Unterstützung des
Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Verkauf der ÖAL-Richtlinien nur durch:
Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung
Tel./Fax: +43 (0)7947 6448(-4)
Mobil: 0664 / 143 89 13
e-mail: office@oal.at

© ÖAL
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung,
Aufnahme auf oder in sonstige Medien oder
Datenträger nur mit Zustimmung des ÖAL
DVR: 0822213

1 ÜBERSICHT: BEDEUTUNG UND ZIEL DIESER RICHTLINIE

- 28% der Bewohner Österreichs sind tags und/oder nachts durch Verkehrslärm - überwiegend Straßenverkehrslärm – gestört.
- Die Aufwendungen für den Lärmschutz an den Straßen sind beträchtlich. Bis zum Jahr 1999 wurden an Österreichs Bundesstraßen 323,4 Millionen € hierfür ausgegeben.
Auch in der Zukunft werden entsprechende oder noch steigende Ausgaben erforderlich sein.
- Lärmschutzwände an den Straßen mit einer Höhe von 2,5 bis 5,5 m beeinflussen das Landschaftsbild negativ.
- Da das Motorgeräusch der Kfz in den letzten Jahren entscheidend gesenkt wurde, ist das Rollgeräusch, welches durch die Art des Reifens und der Fahrbahnoberfläche bestimmt wird, die wesentliche Schallquelle schon ab geringen Geschwindigkeiten von 30 bis 50 km/h.
- Nach der in der EU-Richtlinie 2001/43/EG festgelegten Messvorschrift über das Rollgeräusch ist eine Einstufung der Reifen nach ihrer Geräuschemission jetzt möglich. Die auf dem Markt erhältlichen Reifen zeigen zum Teil eine wesentlich geringere Geräuschemission als die Grenzwerte zulassen.
- Durch Auswahl der lärmarmen Reifen kann somit die Geräuschemission des Kfz-Verkehrs gesenkt werden und damit können Lärmschutzmaßnahmen an Straßen eingespart werden.
- In der vorliegenden ÖAL-Richtlinie werden dazu Richtwerte für lärmarme PKW-Reifen (70 dB) und lärmarme LKW-Reifen (70 dB für normal und 73 dB für M&S) festgelegt.
Auf die Einhaltung dieser Richtwerte sollte geachtet werden.
- Messungen zeigten, dass die Reihung der Reifen nach dem Schallpegel-Kennwert, gemessen nach der EU-Richtlinie 2001/43/EG, im allgemeinen auch auf den verschiedenen, in Österreich typischen, Straßenbelägen gilt.
- Die Messungen zeigten auch, dass bei geringem Außengeräusch auch das Innengeräusch verringert wird.
- Messungen von Rollwiderstand und Sicherheitseigenschaften zeigen, dass lärmarme Reifen keinesfalls in anderen Aspekten schlechter sind und Preisvergleiche zeigen, dass kein Zusammenhang zwischen Reifengeräusch und Preis besteht.
- Maßnahmen zur Förderung des Einsatzes lärmarmen Reifen sind erforderlich. Diese können beispielsweise sein:
 - Vorschrift der Veröffentlichung der Schallpegel-Kennwerte der auf dem Markt angebotenen Reifen
 - Ausstattung der Nutzfahrzeuge, die in Straßen in sensiblen Zonen fahren, mit lärmarmen Reifen
 - produktbezogene Abgaben nach dem Schallpegel-Kennwert
 - road pricing nach den eingesetzten Reifen gestaffelt
 - Ausstattung aller Fahrzeuge der öffentlichen Verwaltung und des Bundesheeres mit lärmarmen Reifen
- Durch die mit dem Einsatz lärmarmen Reifen (insbesondere in Verbindung mit lärmarmen Fahrbahnbelägen) erzielte Minderung der Schallemission können Lärmschutzmaßnahmen eingespart werden. Untersuchungen an 12 Projekten ergaben, dass Einsparungen in der Höhe von 36% möglich sind.

Die Reduktion der Schallemission des Straßenverkehrs ist daher von größter Bedeutung.

2 EINLEITUNG

Der letzte Mikrozensus 1998 zeigte, dass in Österreich 28,3 % der Bewohner tags und/oder nachts durch Lärm gestört sind, 15,9 % sogar stark oder sehr stark. Als Ursache der starken oder sehr starken Lärmstörung wird der Kraftfahrzeug-Verkehr mit 63 % am weitaus häufigsten genannt. Der Minderung der Schallemission des Straßenverkehrs kommt damit sehr große Bedeutung zu. Seit dem Inkrafttreten der Novelle 1983 zum Bundesstraßengesetz werden nicht nur bei Neuplanungen sondern auch an bestehenden Bundesstraßen Lärmschutzmaßnahmen getroffen.

Die Aufwendungen für den Lärmschutz an bestehenden Bundesstraßen - sowohl für Lärmschutzmaßnahmen an den Straßen (Lärmschutzwände und -wälle, lärmarmer Belag) mit einer Länge von insgesamt 728,6 km als auch für objektseitige Maßnahmen (Schallschutzfenster mit den erforderlichen Schalldämm-Lüftern) - sind beträchtlich. In den Jahren 1983 bis einschließlich 1999 wurden für Maßnahmen an den Straßen 2,73 und für Maßnahmen an den Gebäuden 1,72 insgesamt 4,45 Milliarden ATS (das entspricht 323,4 Millionen €) aufgewendet. Entsprechende oder sogar noch steigende Ausgaben werden auch weiter erforderlich sein.

In zahlreichen Städten und Gemeinden werden Maßnahmen zur Erreichung der gleichen Grenzwerte wie an Bundesstraßen (zum Teil auch niedrigere) an Landes- und Gemeindestraßen gesetzt.

Die bei den Planungen von neuen Straßen vorgesehenen Lärmschutzmaßnahmen (z.B. auch Unterflurtrassen) erfordern ein Vielfaches der vorgenannten Beträge, werden aber nicht getrennt erfasst.

Die Höhe der Lärmschutzwände liegt zwischen 2,5 und 5,5 m Höhe, die Lärmschutzmaßnahmen haben damit auch einen nicht unbedeutenden (negativen) Einfluss auf das Landschaftsbild. Die passiven Maßnahmen an den Gebäuden beeinflussen die Nutzung der Wohnungen (verminderte Lüftungsmöglichkeit, da Schallschutz im allgemeinen nur bei geschlossenen Fenstern möglich ist) und geben keinen Schutz der Freiräume (Balkone, Gärten).

Die vorstehend angeführten hohen Kosten könnten vermindert werden, wenn die Schallemission des Straßenverkehrs reduziert würde. Der Minderung der Schallemission der Kraftfahrzeuge wurde in den letzten Jahren auch große Beachtung geschenkt durch mehrfache Herabsetzung der höchstzulässigen Schallpegel bei der Typenprüfung. Das Motorgeräusch konnte damit deutlich gesenkt werden, sodass jetzt das Rollgeräusch die wesentliche Schallquelle darstellt, die durch die Art des Reifens und die Art der Fahrbahnoberfläche bestimmt wird. Bild 1 (1) zeigt, dass beim Pkw bei Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit schon ab geringer Geschwindigkeit das Rollgeräusch die wesentliche (und alleinige) Ursache für die Schallemission ist.

Eine allgemeine Angabe zu der Geschwindigkeit, über der das Reifen-Fahrbahn-Geräusch maßgebend wird, enthält Tabelle 1 (1).

Tabelle 1: Geschwindigkeit, bei welcher das Reifen-Fahrbahn-Geräusch maßgebend wird

Kraftfahrzeugtype	bei Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit	bei Beschleunigung
PKW aus den Jahren 1985-1995	30-35 km/h	45-50 km/h
PKW ab 1996	15-25 km/h	30-45 km/h
LKW aus den Jahren 1985-1995	40-50 km/h	50-55 km/h
LKW ab 1996	30-35 km/h	45-50 km/h

Eine Lärminderung an der Schallquelle kann demnach nur mit lärmarmen Reifen bzw. mit einer lärmarmen Fahrbahn erzielt werden.

Die Minderung der Schallemission an der Quelle ist auch vorzuziehen, da sie zum Unterschied von der nur punktuellen Wirkung einer Lärmschutzwand eine flächenhafte Minderung der Schallimmission für die an die Straßen angrenzenden Gebiete bewirkt.

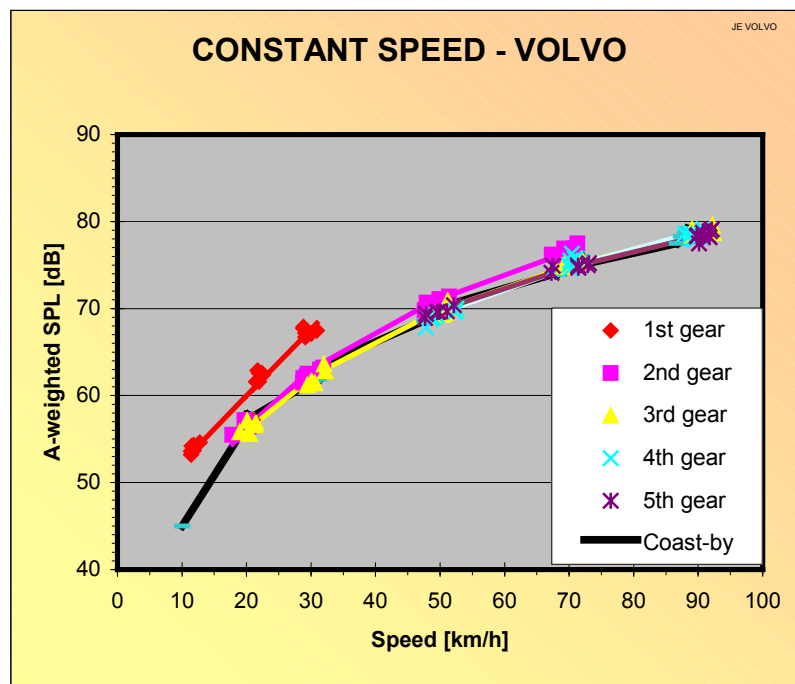


Bild 1: Schallpegel bei Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit in verschiedenen Gängen und ohne Motor (coast by)

3 DER STAND DER TECHNIK BETREFFEND DIE GERÄUSCHEMISSION VON PKW- UND LKW-REIFEN

Mit der im August 2001 veröffentlichten Richtlinie 2001/43/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 92/23/EWG des Rates über Reifen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern und über ihre Montage (2) besteht eine einheitliche Messvorschrift für die Messung der Geräuschemission von Reifen, sodass damit eine Einstufung der verschiedenen Reifen nach ihrer Geräuschemission möglich ist. Die Messungen sind auf einer genau festgelegten Straßenoberfläche durchzuführen und werden auf eine Geschwindigkeit von 80 km/h (PKW) bzw. 70 km/h (LKW) bezogen. Die Richtlinie enthält

auch Grenzwerte, abhängig von der Dimension (PKW) und Verwendung (LKW), die von den Reifen nicht überschritten werden dürfen.

In den letzten Jahren im Rahmen von Forschungsarbeiten durchgeführte Messungen an einer großen Zahl von PKW- und Nutzfahrzeug-Reifen zeigen die Geräuschemission der derzeit auf dem Markt befindlichen Reifen und erlauben den Vergleich mit den Grenzwerten und auch der verschiedenen Reifen untereinander. Parallel zu den Geräuschemessungen durchgeführte Messungen von Rollwiderstand und Sicherheitseigenschaften zeigen, dass lärmarme Reifen keinesfalls in anderen Aspekten schlechter sind und Preisvergleiche zeigen auch, dass kein Zusammenhang zwischen Reifengeräusch und Preis besteht (3), (4), (5).

Beispiele für Messergebnisse aus den vorgenannten Forschungsarbeiten zusammen mit den Grenzwerten zeigen Bild 2 und 3. Der Darstellung sind die aus den Messwerten abgeleiteten anzugebenden Kennwerte für den Geräuschpegel zugrundegelegt, die mit dem Grenzwert zu vergleichen sind. Dazu ist zu beachten, dass der für einen Reifen anzugebende Geräuschpegel sich ergibt aus dem auf ganze dB abgerundeten Messwert und nach Abzug von 1 dB (für etwaige Messfehler). D.h. dass z.B. für einen Reifen, der einen Messwert von 75,9 dB aufweist, ein Schallpegel von 74 dB angegeben wird.

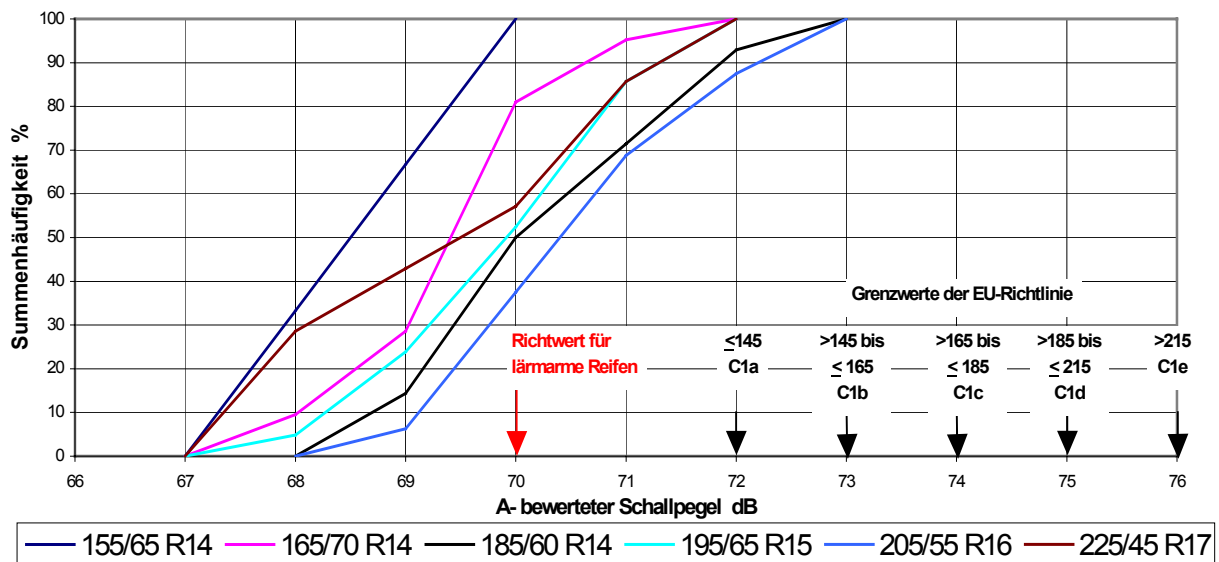


Bild 2: Summenhäufigkeit der Geräuschpegel-Kennwerte für PKW-Reifen und Grenzwerte nach der EU-Richtlinie und Richtwert für lärmarme Reifen

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Geräuschpegel der auf dem Markt befindlichen Pkw-Reifen deutlich und zum Teil weit unter den Grenzwerten liegen. Der Vergleich zeigt, dass 100% der geprüften Reifen je nach Reifentyp um 1 bis 4 dB, 50% um 3 bis 6 dB und 20% um 4 bis 8 dB unter dem Grenzwert liegen. **Mit dem Grenzwert wird somit das Potential an lärmarmen Reifen nicht genutzt und die Industrie auch nicht zur Entwicklung weiterer lärmarmen Reifen angeregt.**

Untersuchungen (7) haben gezeigt, dass die Autofahrer interessiert wären lärmarme Reifen zu kaufen; es ist jedoch eine Auswahl der lärmarmen Reifen nicht möglich, da keine Angaben über die Geräuschpegel der Reifen verfügbar sind.

Aus der Befragung von 300 Personen geht hervor, dass Verkehrslärm und dabei vor allen der Straßenverkehrslärm an Bedeutung für die Bevölkerung gewinnt und dass dazu großer In-

formationsbedarf besteht. Aus den Ergebnissen folgt weiters, dass das Abrollgeräusch zwar als Emissionsfaktor wahrgenommen wird, der lärmarme Reifen aber als Lärmschutzmaßnahme beinahe gänzlich unbekannt ist. Trotzdem besteht nach Information der Befragten über die Zusammenhänge eine hohe Bereitschaft zum Kauf lärmarmen Reifen. Mehr als 90% würden das Angebot wahrnehmen, rund 60% würden auch einen bis zu 10% höheren Kaufpreis akzeptieren. Es ist also durchaus ein hohes Potenzial zur Senkung des Straßenverkehrslärms durch Verordnung lärmarmen Reifen gegeben.

Auch die Darstellung in Bild 3 zeigt, dass die Geräuschemission der derzeit auf dem Markt befindlichen LKW-Reifen deutlich und zum Teil weit unter den Grenzwerten der EU-Richtlinie liegt.

Der Vergleich zeigt, dass 100% der geprüften Reifen je nach Reifentyp um 3 bis 7 dB, 50% um 4 bis 8 dB und 20% um 6 bis 9 dB unter dem Grenzwert liegen. **Der Grenzwert wird somit weit unterschritten und gibt keinen Anreiz für den Einsatz oder die Entwicklung lärmarmen Reifen.**

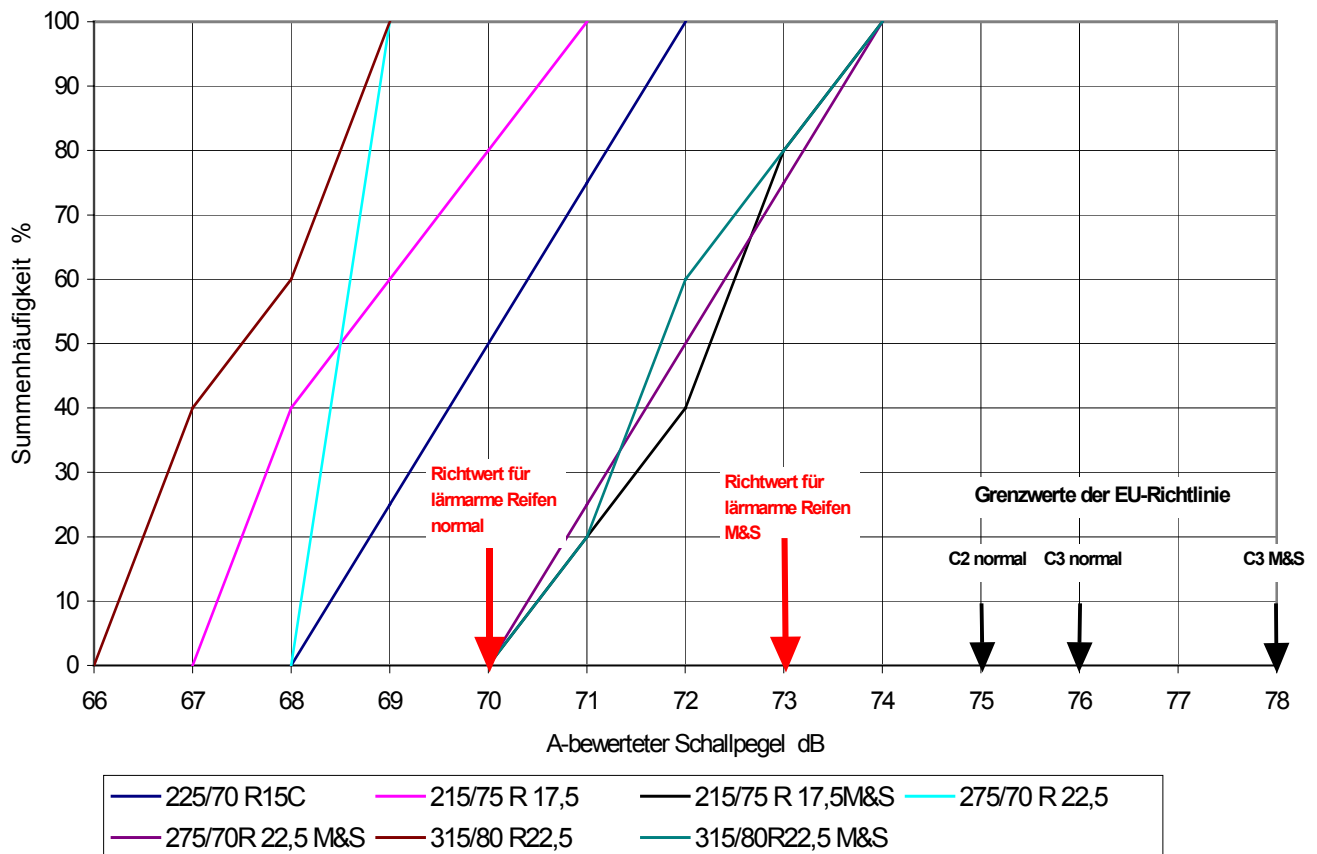


Bild 3: Summenhäufigkeit der Geräuschpegel-Kennwerte für Lkw-Reifen und Grenzwerte nach der EU-Richtlinie und Richtwerte für lärmarme Reifen

Die Schallpegel-Messwerte gelten gemäß der EU-Richtlinie für die Fahrt auf dem für die Messung genau festgelegten Straßenbelag („ISO-Belag“). In einer umfangreichen Forschungsarbeit (6) wurde durch vergleichende Messungen der Schallemission bei Fahrt mit verschiedenen Pkw- und Nutzfahrzeug-Reifen auf den in Österreich typischen Straßenbelägen festgestellt, dass die auf dem ISO-Belag ermittelte Reihung der Reifen nach der Schall-

emission im wesentlichen auch auf den anderen Straßenbelägen gilt (laut bleibt laut und lärmarm bleibt lärmarm). Bild 4 zeigt dazu die Messergebnisse für 3 LKW-Reifen und 7 PKW-Reifen auf verschiedenen Belägen. Bei verringertem Außengeräusch wurde auch ein verringertes Innengeräusch festgestellt.

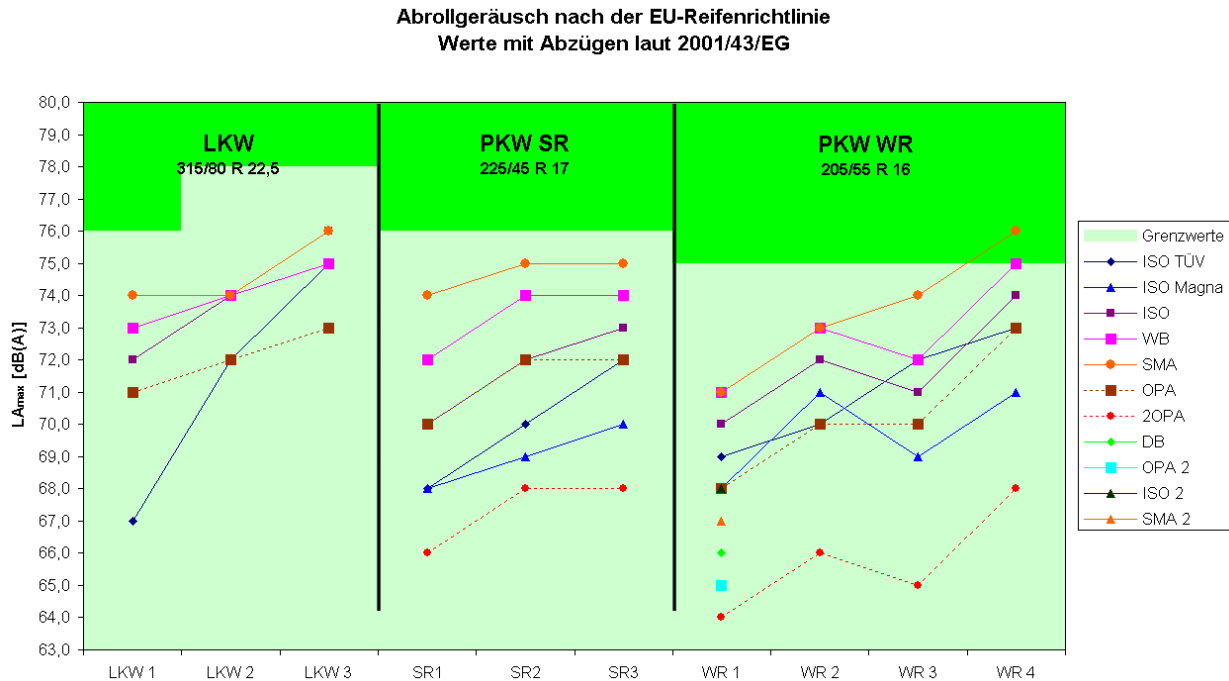


Bild 4: Abrollgeräusch von Lkw- und Pkw-Reifen auf verschiedenen Fahrbahnbelägen

ISOAsphaltbelag nach ISO 10844 gemäß der Messvorschrift zu EU-Richtlinie 2001/43/EG (3 verschiedene Teststrecken und Messergebnisse des TÜV-München)

WB.....Waschbeton

SMA.....Splitt-Mastix-Asphalt (2 verschiedene Teststrecken)

OPAoffenporiger Asphalt (2 verschiedene Teststrecken)

OPA2.....zweilagiger offenporiger Asphalt

DBDrainbeton

4 VORSCHLAG FÜR RICHTWERTE FÜR LÄRMARME REIFEN

In Tabelle 2 sind die Kennwerte der Geräuschpegel, die jeweils von 20%, 50% und 100% der gemessenen Reifen unterschritten werden, den Grenzwerten der EU-Richtlinie gegenüber gestellt.

Tabelle 2: Geräuschpegel-Kennwerte, die von 20%, 50% und 100% der Reifen unterschritten werden

Reifentype	von 20 % unterschritten	von 50 % unterschritten	von 100 % unterschritten	Grenzwert
155/65 R14	68	69	70	C1b 73
165/70 R14	69	70	72	C1b 73
185/60 R14	70	70	73	C1c 74
195/65 R15	69	70	72	C1d 75
205/55 R16	70	71	73	C1d 75
225/45 R17	68	70	72	C1e 76
225/70 R15C	69	70	72	C2 normal 75
215/75 R17,5	68	69	71	C3 normal 76
215/75 R17,5 M&S	71	73	74	C3 M&S 78
275/70 R22,5	69	69	69	C3 normal 76
275/70 R22,5 M&S	71	72	74	C3 M&S 78
315/80 R 22,5	67	68	69	C3 normal 76
315/80 R 22,5 M&S	71	72	74	C3 M&S 78

Somit wird für **lärmarme Pkw-Reifen** aller Dimensionen ein **Richtwert von 70 dB** vorgeschlagen¹.

Für **lärmarme Nutzfahrzeug-Reifen** aller Dimensionen wird als **Richtwert** vorgeschlagen:

- **70 dB für Klassen C2 und C3 normal**
- **73 dB für Klassen C2 und C3 M&S**

Die Darstellungen in den Bildern 2 und 3 zeigen, dass diese Werte von einer größeren Zahl der auf dem Markt befindlichen Reifen erfüllt bzw. unterschritten werden können.

¹) Die stimmt etwa überein mit den Hauptkriterien des deutschen Umweltzeichens für lärmarme und kraftstoffsparende Reifen von Messwert höchstens 72 dB, da die Kennwerte der Geräuschpegel, die mit den Grenzwerten zu vergleichen sind, nach der EU-Richtlinie aus den Messwerten durch Abrundung und Abzug von 1 dB abgeleitet werden. Die Forderung Geräuschpegel nach der EU-Richtlinie höchstens 70 dB entspricht damit etwa der Forderung Messwert höchstens 72 dB.

Z.B.: Messwert 71,9 dB – Abrundung ergibt 71 dB – Abzug von 1 dB ergibt den Kennwert nach der EU-Richtlinie von 70 dB.

5 MASSNAHMEN ZUR FÖRDERUNG DES EINSATZES LÄRMARMER REIFEN

- Die wesentlichste Maßnahme ist die **Angabe des Schallpegel-Messwertes** bzw. des **daraus abgeleiteten „Kennwertes“** für jede Reifentype. Diese Angabe, möglichst auf dem Reifen, ist für die Auswahl des lärmarmen Reifens durch den Konsumenten unbedingt erforderlich. Zur schnellen Überprüfung der Reifen an im Verkehr stehenden Fahrzeugen sollen die lärmarmen Reifen eine zusätzliche Kennzeichnung, z.B. mit einem grünen Streifen, erhalten. Dies würde auch von den Autofahrern als Zeichen, dass sie umweltbewusst fahren, gerne genützt werden.

Eine **Veröffentlichung der Geräuschpegel (-Kennwerte)** für alle auf dem Markt angebotenen Reifen ist unbedingt erforderlich und sollte vorgeschrieben werden.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass durch lärmarme Reifen nicht nur das vom Fahrzeug abgestrahlte Geräusch vermindert wird, sondern auch der Schallpegel im Fahrzeuginnenraum vermindert wird.

- Forderung der Ausstattung von **Nutzfahrzeugen**, die in Straßen fahren, die im Hinblick auf Lärmschutz als **sensible Zonen** erklärt sind, mit lärmarmen Reifen.
- **Staffelung einer produktbezogenen Abgabe nach dem Geräuschpegel-Kennwert**, z.B. Einhebung eines „Lärmschutzbeitrages“ von 10% des Reifenpreises für nicht lärmarme Reifen als Beitrag für die Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen an Straßen.
- **road pricing** kann nach den eingesetzten Reifen gestaffelt werden.
- Verpflichtung zur **Ausstattung von Neufahrzeugen** mit lärmarmen Reifen und Angabe der Reifentype und des Geräuschpegels im Typenschein mit der Verpflichtung bei der Neuausstattung mit Reifen nur die gleichen oder solche, die den gleichen oder geringeren Geräuschpegel haben, einzusetzen.
- Ausstattung aller **Fahrzeuge der öffentlichen Verwaltung und des Bundesheeres** mit lärmarmen Reifen.

6 WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DES EINSATZES LÄRMARMER REIFEN

Die mit dem Einsatz der lärmarmen Reifen verminderte Schallemission führt zu einer Verringerung der Schallimmission durch den Straßenverkehr ohne Mehrkosten für den Straßenerhalter und Straßenbenützer, da die Preise für Reifen nicht von der Schallemission abhängen (vgl. dazu die Zusammenstellung in (5)). Durch die verringerte Schallimmission können Kosten für Lärmschutzmaßnahmen an den Straßen und den betroffenen Gebäuden erspart werden.

Die Minderung der Schallemission ist weiters für alle Gebäude und das Gelände an der Straße die gleiche (während die Minderung der Schallimmission durch Lärmschutzwände mit dem Abstand von der Straße geringer wird).

Vergleichende Untersuchungen der Verringerung der Kosten für Lärmschutzmaßnahmen durch die Verringerung der Schallemission wurden in einer Forschungsarbeit (6) durchgeführt und ergaben folgenden Werte:

- Im Durchschnitt an 12 untersuchten Projekten haben im Ausgangszustand die straßenseitigen Lärmschutzmaßnahmen (Lärmschutzwände) einen Anteil von 93%, der Rest von 7% wird von den objektseitigen Maßnahmen (Lärmschutzfenster) gebildet.
- Nach Realisierung der Lärminderungspotenziale durch die Verwendung von lärmarmen Kfz- Reifen und teilweise durch den Einbau von lärmindernden Fahrbahnbelägen können die Kosten für Lärmschutzwände um 46% verringert werden. Die Kosten für Lärmschutzfenster können um 36% gesenkt werden. Zusätzlich sind Aufwendungen in der Höhe von rund 11,5% des Gesamtbetrages für den Einbau von lärmindernden Fahrbahnbelägen in den untersuchten Abschnitten erforderlich.
- Mit diesen Aufteilungen sind unter Berücksichtigung der erforderlichen Mehrkosten Einsparungen des Gesamtaufwandes für Lärmschutz in der Höhe von 36% möglich. Dabei bleibt die Qualität des Lärmschutzes in den Projektabschnitten zumindest erhalten und mit dem Einsatz der lärmarmen Reifen tritt im gesamten Straßennetz eine merkbare Verringerung der Lärmbelastung ein.

Detaillierte Angaben und Beispiele dazu sind in ÖAL-Richtlinie 39 „Kosteneinsparungspotenzial für den Lärmschutz an Straßen durch Minderung des Rollgeräusches mit dem Einsatz lärmarrer Reifen“ dargestellt.

7 LITERATUR

- (1) Sandberg, Ulf; Ejsmont, Jerzy A. (2002): "Tyre/Road Noise Reference Book", Informex, SE-59040 Kisa, Sweden.
- (2) 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 4.8.2001.
- (3) Stenschke, Reiner; Geräusch- und Gebrauchseigenschaften von Reifen. Tagung Geräuschminderung im Straßenverkehr, Essen, November 2002.
- (4) Stenschke, Reiner; Vietzke, Peter: Umwelt- und Gebrauchseigenschaften moderner Nutzfahrzeugreifen (Stand der Technik). ÖAL-workshop Lärmarme KFZ - Lärmarme Reifen Wien, 2002
- (5) Reithmaier, Walter; Salzinger, Thomas: Ermittlung des aktuellen Standes der Technik im Hinblick auf Abrollgeräusch, Rollwiderstand sowie Sicherheitseigenschaften moderner Pkw-Reifen. Forschungsbericht 201 54 112 TÜV AUTOMOTIVE GMBH RTC Reifen/Räder-Test-Center, München 2002. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin.
- (6) Haider, Manfred, Fallast Kurt, Strohmayer Gerhard: Definition und Erarbeitung eines Systems zur Förderung lärmarrer Kfz-Reifen, Variante 2, bezogen auf österreichische Fahrbahndecken und lärmindernde Fahrbahndecken auf dem letzten Stand der Technologie. Forschungsbericht Proj. Nr. FFF 806231-SP/TU, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des A3-Technologieprogramms, Wien 2004.
- (7) Strohmeier, Doris: Maßnahmen zur Steigerung des Durchsetzungsgrades lärmarrer Reifen. Diplomarbeit an der TU Graz 2003