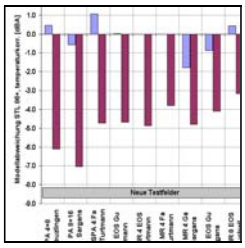
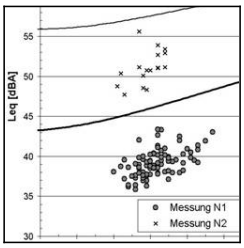
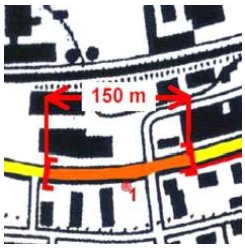
Lärmarme Strassenbeläge innerorts





Jahresbericht 2004



Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL

Bundesamt für Strassen ASTRA

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)
BUWAL und ASTRA sind Ämter des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftraggeber
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Autoren
Angst Christian, Dr. sc. Techn., IMP Bautest AG, Oberbuchsiten
Bosshardt Dieter, dipl. Bauing. HTL/SIA/usic, Frey + Gnehm AG, Olten
Clavien Christophe, dipl. Bauing. HTL, IMP Bautest AG, Oberbuchsiten
Grolimund Hans-Jörg, Dipl. Bauing. ETH/SIA/SGA, Grolimund & Partner AG, Bern
Pestalozzi Hansueli, Dr. Phil. Nat., Grolimund & Partner AG, Bern

Begleitkommission
Mariotta Carlo, Präsident Begleitkommission, Präsident FoKo
Jörg Urs, BUWAL
Brulhart Charles, BUWAL
Schguanin Gregor, BUWAL
Baer Dieter, ASTRA
Fontana Marc, ASTRA
Gloor Hanspeter, Aargauisches Baudepartement, Abt. Tiefbau
Künzle Walter, Tiefbauamt TG
Levental Mario, Service cantonal de protection contre le bruit, GE
Mondini Alessandro, Divisione delle construzioni, TI

Forschungsstellen

Koordination	*Akustik*	*Beläge*
Dieter Bosshardt	Hans-Jörg Grolimund	Christian Angst
Frey + Gnehm AG	Grolimund & Partner AG	IMP Bautest AG
Leberngasse 1	Thunstrasse 101 a	Hauptstrasse 591
4603 Olten	3006 Bern	4625 Oberbuchsiten
Tel. 062 206 24 24	Tel. 031 356 20 00	Tel. 062 389 98 99

Download PDF
BUWAL: www.buwalshop.ch
ASTRA: www.astra.admin.ch

© BUWAL/ASTRA 2005

INHALT

Zusammenfassung **3**

1 Auftrag / Ziel **4**
1.1 Zielsetzung 4
1.2 Vorgehen 4
1.3 Methodik 4

2 Pilotstrecken und Testfelder **5**
2.1 Übersicht Pilotstrecken 5
2.2 Belagstechnik 6
2.3 Akustik 8

3 Messergebnisse **9**
3.1 Belagstechnik 9
3.1.1 Testbeläge 9
3.1.2 Bestehende Beläge 10
3.2 Akustik 11
3.2.1 Resultate der Lärmmessungen 2004 11
3.2.2 Lärmreduktion für die Anwohner 11

4 Folgerungen / Kommentare / Zusammenhänge **13**
4.1 Belagstechnik 13
4.1.1 Baustoffe und Einbau 13
4.1.2 Twinlayer-Beläge: 13
4.1.3 4er-Beläge: 14
4.1.4 Verwendung von Gummigranulate: 15
4.2 Lärm 15
4.2.1 Anforderungen für dauerhaft lärmarme Beläge 15
4.2.2 Belagstypen 16
4.3 Finanzen 16
4.4 Ökologische Aspekte 17
4.4.1 Verwendung von EOS für Testbeläge 17
4.4.2 Zukünftige Verwendung von EOS 17
4.4.3 Verwendung von Gummi 18
4.5 Neueste internationale Erkenntnisse 18
4.5.1 Verbundobjekt „Leiser Strassenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“ 18
4.5.2 SILVIA 18

Zusammenfassung

Der Forschungsauftrag „Lärmarme Strassenbeläge innerorts“ hat zum Ziel, die Möglichkeiten dauerhaft lärmarmer Strassenbeläge für den Innerortsbereich zu untersuchen und dazu Grundlagen für technische Empfehlungen zu erarbeiten.

Der Forschungsauftrag wurde 2004 begonnen. Um den interessierten Kreisen die neuen Erkenntnisse rasch zur Verfügung stellen zu können werden die Zwischenergebnisse jährlich in einem Kurzbericht zusammengefasst. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Arbeiten des Startjahres 2004.

Gestützt auf den "Statusbericht 2003 lärmarme Strassenbeläge innerorts" wurden 10 zu untersuchende Belagstypen und deren Rezepturen festgelegt und gemeinsam mit den Kantonen auf geeigneten Teststrecken eingebaut. Alle Teststrecken sind Teilstrecken bestehender Strassen, die aus bau- und/oder lärmtechnischen Gründen ohnehin mit einem neuen Belag versehen werden mussten.

Ergänzend dazu wurden 9 weitere, unabhängig vom Forschungsauftrag und teilweise schon vor einigen Jahren eingebaute Beläge in das Forschungsprogramm aufgenommen, die als lärmarm angesehen wurden.

Die Beläge wurden belagstechnisch und akustisch durch Messungen erfasst und die Messergebnisse in einer Datenbank abgelegt. Zusammenfassend ergeben sich daraus folgende provisorische Erkenntnisse:

- Die höchsten Pegelminderungen mit bis zu 7 dBA unter dem Referenzwert (durchschnittlicher Schwarzbelag) wurden mit Twinlayer-Drainbelägen erreicht.
- Die feinkörnigen SPA- und MR-Beläge mit Korngrössen bis 4 mm erreichen mit 4 bis 5 dBA unter dem Referenzwert gute Anfangslärmminderungswerte. Es wurden speziell harte Zuschlagsstoffe verwendet, um die akustische Lebensdauer zu erhöhen.
- Die grobkörnigen SPA- und MR-Beläge mit 8 mm Grösstkorn und ebenfalls härteren Zuschlagstoffen sind erwartungsgemäss durchschnittlich etwa 1 dBA schlechter als die feinkörnigeren Beläge mit 4 mm Grösstkorn.

Die untersuchten Gussasphalte und Abstreuungen bzw. Beschichtungen erreichen die Anforderungen an einen lärmarmen Belag nicht. Ihre geringen bzw. vorwiegend konvexen Oberflächenstrukturen ergeben deutlich schlechtere akustische Eigenschaften als die oben beschriebenen Beläge mit vorwiegend konkaven Oberflächen.

Diese Ergebnisse sind erfreulich. Die auf die Vorgaben des Statusberichts 2003 abgestützten Rezepturen haben sich, mit Ausnahme der Abstreuungen, durchwegs bewährt. Mit über 5 dBA bei den geschlossen und über 7 dBA bei den offenporigen Belägen sind markante Pegelreduktionen gegenüber einem durchschnittlichen Schwarzbelag erreicht worden. Sie entsprechen Pegelminderungen, die deutlich mehr als einer Halbierung der Verkehrsmenge entsprechen. Bei den geringen Fahrgeschwindigkeiten innerorts ist dies sehr positiv zu werten. Die Beläge werden in den nächsten Jahren durch periodische Messungen weiter beobachtet.

1 Auftrag / Ziel

1.1 Zielsetzung

Die Lärmschutzverordnung verlangt bis 31. März 2018 die Lärmsanierung aller Haupt- und übrigen Strassen in den Siedlungsgebieten. Das Umweltschutzgesetz sieht in Art. 11 vor, dass Lärm grundsätzlich durch Massnahmen an der Quelle zu begrenzen ist.
Um hier Lösungen zu finden haben BUWAL und ASTRA gemeinsam das Forschungsprojekt „Lärmarme Beläge Innerorts“ lanciert, damit möglichst rasch einheitliche technische Empfehlungen in Form von typisierten Belagsrezepturen für die praktische Anwendung zur Verfügung stehen.

Den Kantonen als Bauherren für Lärmsanierungen in Siedlungsgebieten soll die Möglichkeit geboten werden, kurzfristig von den Forschungsergebnissen profitieren zu können.

Die lärmarmen Beläge sollen aber nicht nur bei Strassenlärmsanierungen eingebaut werden. Vielmehr soll der Anreiz geboten werden, auch bei Neubaustrecken oder normalem Deckschichtsersatz in Zukunft vermehrt lärmarme Beläge einzusetzen.

1.2 Vorgehen

Gestützt auf den Statusbericht 2003 über lärmarme Strassenbeläge innerorts (Publikation 308.205.d/f vom Mai 2004) wurden im Sommer 2004 10 Testbeläge auf verschiedenen Pilotstrecken eingebaut. Nach den bisherigen Erkenntnissen sind feinkörnige und offenporige Beläge geeignet. In einigen Testbelägen wurden offenporige Mineralstoffe (EOS, aufbereitete Elektroofenschlacken) verwendet, um die Dauerhaftigkeit der Lärmreduktion zu steigern.
An allen Testbelägen wurden physikalische und akustische Messungen durchgeführt und ausgewertet. Im Sinne einer praxisnahen Forschungsarbeit werden jährlich sogenannte Jahresberichte mit den aktuellen Messresultaten und Erkenntnissen publiziert.

1.3 Methodik

Der Einbau der Testbeläge wurde von der Forschungsstelle begleitet.
Anschliessend wurden Untersuchungen zur Qualitätserfassung der eingebauten Beläge durchgeführt. Weitere Messungen zur Erfassung des Langzeitverhaltens der Beläge sind vorgesehen.
Die Lärmmessungen wurden nach der statistischen Vorbeifahrmethode (ISO 11819-1), vor und nach dem Testbelagseinbau durchgeführt. Die akustische Belagsgüte aller Testbeläge wird jedes Jahr mit weiteren Messungen festgestellt und beurteilt.

2 Pilotstrecken und Testfelder

2.1 Übersicht Pilotstrecken

Zur Festlegung von geeigneten Pilotstrecken für die Erstellung von Testbelägen wurden sämtliche Kantone eingeladen, Lärmsanierungsstrecken, welche 2004 ausgeführt werden sollen, zu melden und zur Verfügung zu stellen. Die vorgeschlagenen Pilotstrecken wurden rekognosziert und evaluiert. Folgende Pilotstrecken und Testfelder sowie bestehende „lärmarme Beläge“ wurden in das Forschungsprogramm aufgenommen.

Neue Pilotstrecken

Pilotstrecke		Testfelder	Länge	Belagseinbau
Kreuzlingen	TG	Twinlayer PA 4 / PA 8	150	04.08.2004
Sargans	SG	Twinlayer PA 8 / PA 16	320	17.09.2004
Turtmann	VS	SPA 4 Famsa-Splitt	550	28.09.2004
		AC MR 4 EOS Gummigran.	250	29.09.2004
		AC MR 4 EOS	250	29.09.2004
		AC MR 4 Famsa-Splitt	550	30.09.2004
Sargans	SG	AC MR 4 Gasperini-Splitt	300	20.09.2004
		AC MR 8 EOS Gummigran.	300	13.09.2004
Zuchwil	SO	AC MR 8 EOS	180	31.08.2004
Luzern	LU	EP ch 1/3 (Whisper-Grip)	150	31.08.2004

bestehende lärmarme Beläge

Pilotstrecke		Testfelder	Länge	Belagseinbau
Leuggern	AG	PA 8	90	2003
		SPA 8	90	2003
		MA 8 mit Splittabstreuung 2/4	60	2003
		MA 8 mit Splittabstreuung 3/6	60	2003
Sargans	SG	AC 11	320	2004
Sessa	TI	AC 11 Leca		2004
Bellinzona	TI	AC 11 Leca	320	2003
Les Evouettes	VS	Colsoft		2002
Grossgurmels	FR	Wecophon 6		2003

2.2 Belagstechnik

Es wurden folgende belagstechnische Untersuchungen durchgeführt:

Bohrkernuntersuchungen
- Hohlraumgehalt
- Verdichtungsgrad
- Schichtdicke

Die Bewertung erfolgt auf Grund der Sollwerte, die durch die Forschungsstelle Lärm festgelegt wurden.

Längs- und Querebenheit
- Längsebenheit, gemäss SN 640 520a mit Hilfe des Winkelmessgerätes; Typ „Goniograph“
- Querebenheit, gemäss SN 640 520a mit Hilfe des Profilographen

Die Bewertung erfolgt gemäss SN 640 521c

Griffigkeit
- Pendeltest, gemäss SN 640 512-4 (EN 13036-4) mit Hilfe des PTV-Pendel (früherer SRT-Pendel).
- Ausflussmessung, gemäss SN 640 511-3 (EN 13036-3) mit Hilfe des Ausflussmessgerätes nach Moore.

Die Bewertung erfolgt gemäss SN 640 511b

Rauigkeit
- volumetrisches Verfahren, gemäss SN 640 511-1 (EN 13036-1) (frühere Sandfleckmethode)
- Laserprofil, gemäss ISO 13473-1
  - ⇨ Ermittlung der mittleren Rautiefe MPD (Mean Profil Depth)
  - ⇨ Berechnung der geschätzten Rautiefe ETD (Estimated Texture Depth), ermöglicht ein Vergleich mit dem volumetrischen Verfahren nach EN 13036-1)

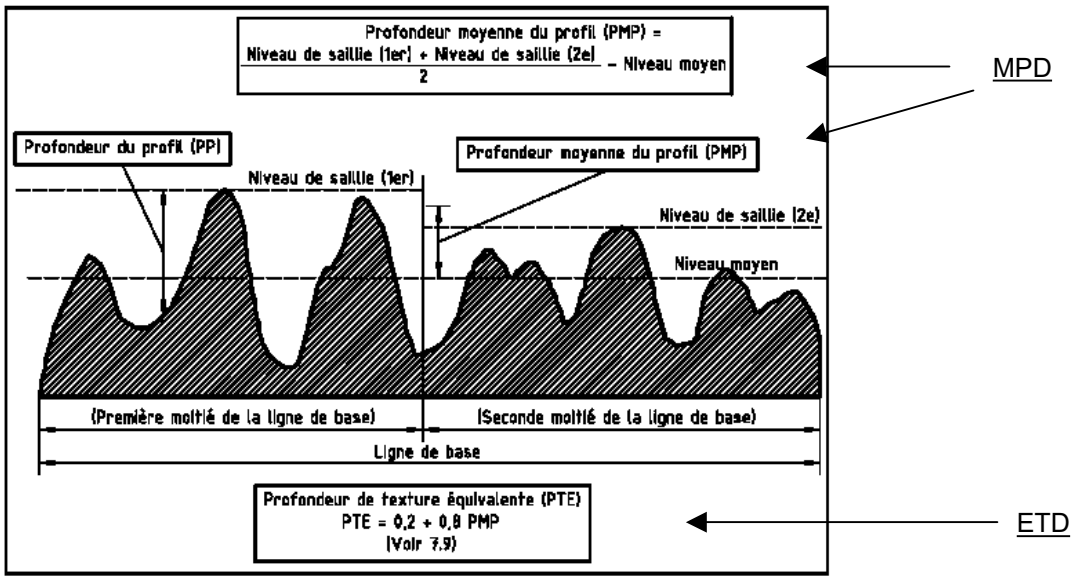


Abb.2.2.1: Darstellung eines Belagsprofiles und Prinzip der Ermittlung von MPD und ETD

Oberflächentextur

- Analyse des Laserprofiles, gemäss ISO 13473-2

Für die Schallentstehung ist die Oberflächentextur eines Belages entscheidend. Dabei wird das Belagsprofil (Abbildung 2.2.1) mathematisch mittels einer Fourier-Transformation in eine Serie von Sinusschwingen mit bestimmter Wellenlänge und Amplitude zerlegt. Das Resultat wird als Texturspektrum mit Terzbändern und Amplitude aufgetragen. (Beispiele in Abbildung 2.2.2.

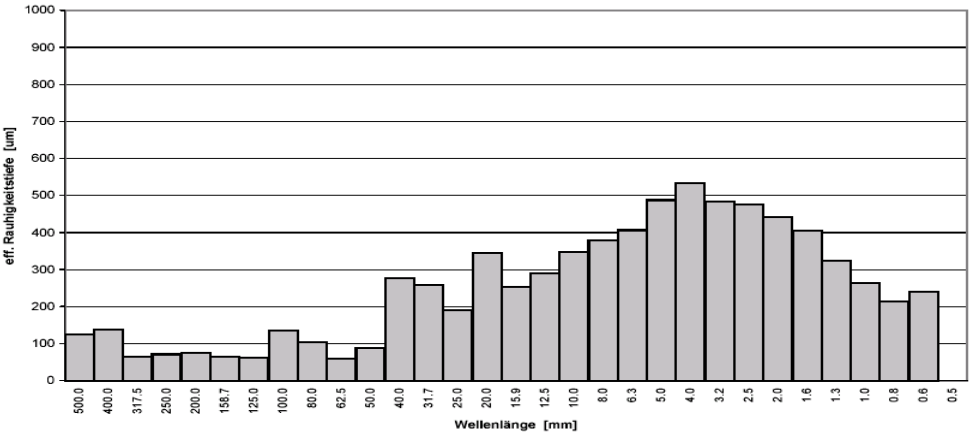


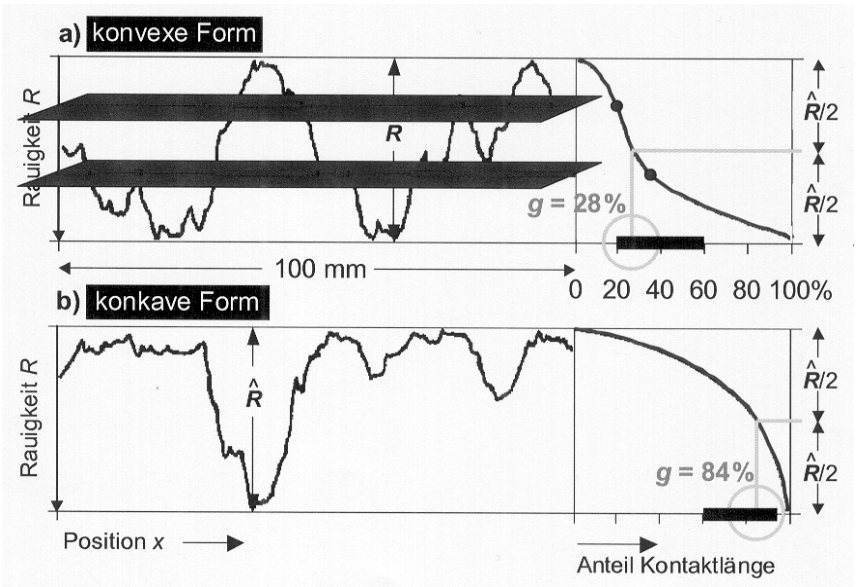
Abb.2.2.2: Darstellung eines Texturspektrums mit Terzbändern und Amplitude (Beispiel SPA 0/4; Famsa)

Die Bewertung erfolgt gemäss ISO 13473-2 und den Empfehlungen von Sandberg und Ejsmont

Leise Beläge haben hohe Amplituden bei Texturwellenlängen zwischen 1 und 10 mm und tiefe Amplituden bei Texturwellenlängen von 16 bis 50 mm.

Die Ermittlung des Gestaltfaktors erfolgt gemäss Müller-BBM

Durch eine statistische Auswertung der Häufigkeit der Profiltiefen (siehe Abbildung 2.2.3) entsteht ein Parameter zur Kennzeichnung der Gestalt der Textur, der als Gestaltfaktor g bezeichnet wird. Hohe g-Werte kennzeichnen dabei tendenziell konkave Texturen, niedrige g-Werte dagegen tendenziell konvexe.



nicht erwünscht
(Ebene mit Hügeln)

erwünscht
(Plateau mit Tälera)

Abb.2.2.3: Definition des Gestaltfaktors g Kennzeichnung der unterschiedlichen Gestalts von Texturen (Müller-BBM)

Bewertung gemäss Müller-BBM

g < 60% konvexe Texturen
g > 60 % konkave Texturen

2.3 Akustik

Es wurden insgesamt 32 akustische Belagsgütemessungen durchgeführt. Die Lärmmessungen wurden nach der statistischen Vorbeifahrtmethode (statistical pass-by method, ISO 11819-1) vorgenommen, wobei neben dem maximalen Schalldruckpegel Lmax auch der Energieäquivalente Dauerschallpegel Leq in dBA gemessen wurde. Die Distanzen der Mikrophone zu den Fahrstreifenachsen betrug an allen Messorten 7.5 m für Lmax und 5 m bei Leq. Die Messungen wurden auf Personenwagen beschränkt, da diese die akustische Güte eines Belags im Innerortsbereich weitestgehend bestimmen.

Messanordnung für die statistische Vorbeifahrtmethode: Geschwindigkeitsmessgerät, Mikrophon in 7.5 m und 5 m Distanz, Messgeräte und PC (von links nach rechts).

Die Auswertung erfolgte nach dem in der Schweiz gültigen Standardberechnungsverfahren STL86+, welches auf dem Leq basiert. Damit internationale Vergleiche möglich sind, wurde ebenfalls der statistische Vorbeifahrtindex SPBI nach ISO 11819-1 berechnet, welcher auf dem Lmax beruht. Sämtliche Werte wurden mit einem Faktor von -0.06 dBA/°C für dichte Beläge und -0.04 dBA/°C für offenporige Beläge auf 20°C Belagstemperatur temperaturkorrigiert.

3 Messergebnisse

3.1 Belagstechnik

Die Messergebnisse an den Testbelägen und den bestehenden ins Messprogramm einbezogenen Beläge sind tabellarisch dargestellt.

3.1.1 Testbeläge

		PA 4+8 Kreuzlingen		PA 8+16 Sargans		SPA 4 Fa Turtmann	AC MR 4 EOS Gu Turtmann	AC MR 4 EOS Turtmann	AC MR 4 Fa Turtmann	AC MR 4 Ga Sargans	AC MR 8 EOS Gu Sargans	AC MR 8 EOS Zuchwil	EP ch 1/3 Luzern	
Bohrkerne		PA 4	PA 8	PA 8	PA 16									
Hohlraumgehalt	[Vol.-%]	26.9	17.2	25.8	24.4	13.6	9.0	11.4	9.1	16.0	11.5	7.9	-	
Verdichtungsgrad	[%]	(91.1)	103.4	93.1	98.5	(94.8)	(95.5)	(93.5)	(94.5)	(92.3)	96.9	95.6	-	1)
Schichtdicke Mittelwert	[mm]	12	33	27	33	15	15	15	13	12	25	28	-	
Schichtdicke Sollwert	[mm]	10	30	25	45	10	10	10	10	10	25	25		
Längsebenheit														
W	[%]	3.2		5.9		3.5	3.3	3.0	2.9	5.7	9.7	3.4	4.4	
sw	[%]	0.9		1.4		0.8	0.5	0.5	0.5	1.4	1.7	0.9	1.1	
Querebenheit														
T	[mm]	1.7		1.3		2.3	2.3	1.9	1.8	1.3	0.9	1.0	5.2	
PTV														
PTV-Wert	[-]	59		61		66	60	61	67	73	61	50	71	2)
Ausfluss nach Moore														
Ausflusszeit	[sec]	3		1		5	19	10	34	8	3	5	1	
Sandfleckmethode														
Rauhtiefe	[mm]	0.8		1.4		0.7	0.4	0.5	0.3	0.5	1.0	0.7	2.2	
Texturmessungen mit Laser														
Max. Wellenlänge	[mm]	8.0		12.5		4.0	2.5	3.175	3.175	4.0	6.25	12.5	12.5	3)
Max Rauhigkeitstiefe	[µm]	323		549		540	415	478	367	264	280	414	415	3)
Gestaltsfaktor	[%]	50		82		68	68	80	71	84	90	86	43	3)
Rauhigkeitsmessungen mit Laser														
MPD	[mm]	1.57		1.90		2.47	2.01	2.02	1.57	1.34	1.39	1.41	1.95	3)
ETD	[mm]	1.45		1.73		2.18	1.81	1.81	1.46	1.28	1.31	1.33	1.76	3)
Wasserdurchlässigkeit														
Massgebender Wert	[l/min]	7.4		17.2										

Die Hohlraumgehalte von 4er-Beläge dürfen nur mit Vorbehalt bewertet werden. (Bestimmung der Raumdichte von sehr dünnen Schichten mit konventionellen Methoden problematisch).

Tabelle: Messergebnisse an den Testfeldern

1) Die Bestimmung von Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt ist bei Schichtdicken von ca. 10...15 mm problematisch

2) Der PTV-Wert wurde unmittelbar nach dem Einbau gemessen, es darf angenommen werden, dass der Wert rasch zunimmt.

3) Bei den Ergebnissen der LASER-Textur-Messungen haben wir noch keine Zielvorstellungen festgelegt. Diese sollen anhand des langfristigen Vergleiches mit den Lärmmessungen festgelegt werden

Zielvorstellungen erfüllt
Zielvorstellungen teilweise erfüllt
Zielvorstellungen nicht erfüllt

3.1.2 Bestehende Beläge

		PA 8 Leuggern	AC SPA 8 Leuggern	MA 8 ch 2/4 Leuggern	MA 8 ch 3/6 Leuggern	AC 11 Sargans	AC 11 Leca Sessa	AC 11 Leca Bellinzona	Wecophone 6 Grossgurmels	Colsoft les Evouettes	
Bohrkerne											
Hohlraumgehalt	[Vol.-%]	24.1	12.6	-	-	-	-	-	-	-	
Verdichtungsgrad	[%]	93.1	97.3	-	-	-	-	-	-	-	
Schichtdicke	[mm]	31	32	48	48	-	-	-	-	-	
Längsebenheit											
W	[‰]	-	-	-	-	-	5.8	4.7	5.6	7.9	
sw	[‰]	-	-	-	-	-	1.6	1.2	1.2	1.7	
Querebenheit											
T	[mm]	-	-	-	-	-	1.8	2.0	1.9	1.7	
PTV											
PTV-Wert	[-]	55	53	60	64	-	75	64	72	53	1)
Ausfluss nach Moore											
Ausflusszeit	[sec]	1	2	3	1	-	7	2	5	3	
Sandfleckmethode											
Rauhtiefe	[mm]	1.9	1.4	0.8	1.9	-	0.5	0.9	0.6	0.9	
Texturmessungen mit Laser											
Max. Wellenlänge	[mm]	8.0	12.5	15.873	31.746	4.0	12.5	12.5	8.0	12.5	2)
Max Rauhigkeitstiefe	[µm]	575	724	247	666	237	299	562	322	363	2)
Gestaltsfaktor	[%]	89	89	95	80	86	81	90	77	88	2)
Rauhigkeitsmessungen mit Laser											
MPD	[mm]	1.75	1.70	1.25	1.83	1.12	1.11	1.93	1.27	1.39	2)
ETD	[mm]	1.60	1.56	1.20	1.66	1.10	1.09	1.74	1.22	1.31	2)
Wasserdurchlässigkeit											
Massgebender Wert	[l/min]	15.3									

Tabelle: Messergebnisse an den bestehenden Belägen

1) Der PTV-Wert wurde unmittelbar nach dem Einbau gemessen, es darf angenommen werden, dass der Wert rasch zunimmt.

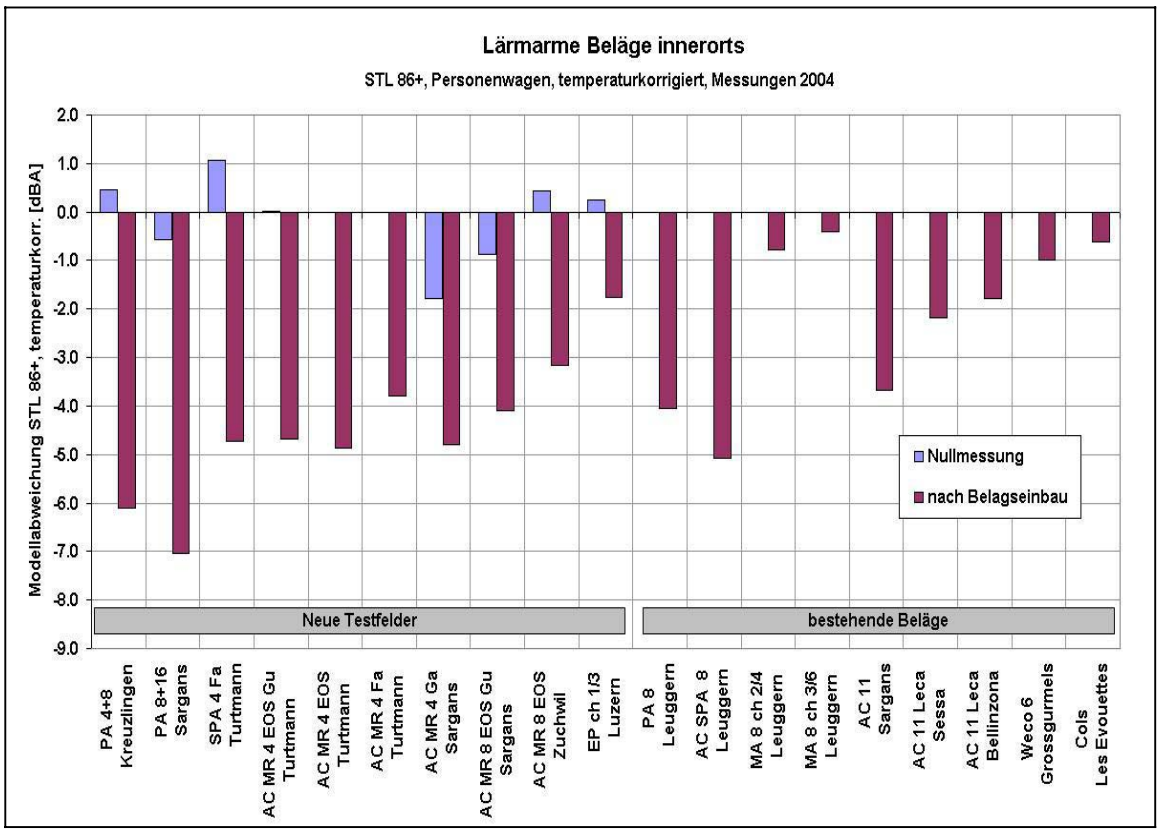
2) Bei den Ergebnissen der LASER-Textur-Messungen haben wir noch keine Zielvorstellungen festgelegt. Diese sollen anhand des langfristigen Vergleiches mit den Lärmmessungen festgelegt werden

Zielvorstellungen erfüllt
Zielvorstellungen teilweise erfüllt
Zielvorstellungen nicht erfüllt

3.2 Akustik

3.2.1 Resultate der Lärmmessungen 2004

Die Resultate der Lärmmessungen 2004 sind in der untenstehenden Abbildung zusammengefasst. Die Balken stellen die Modellabweichungen vom Modell STL86+ dar, das auf einem akustisch neutralen Belag beruht (Referenzbelag). Lärmmindernd sind negative Werte, positive Werte weisen auf laute Beläge hin.



Resultate der akustischen Belagsgütemessungen auf den neuen Testbelägen vor und nach dem Belagseinbau sowie die auf ausgewählten bestehenden Belägen. Dargestellt sind die Differenzen zum in der Schweiz gültigen **Modell STL86+**.

Die Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die besten Anfangslärmminderungen von 5.5 bis 7 dBA gegenüber dem Modell ergeben die offenporigen, doppelschichtigen Asphalte (PA 4+8, PA 8+16), gefolgt von den feinkörnigen Dünnschichtbelägen (SPA 4, MR 4) mit einer Lärmreduktion von 4 bis 5 dBA.
- Die dichten Beläge mit Korngrössen zwischen 8 und 11 mm erreichen eine Lärmminderung von 3 bis 4 dBA, der SPA 8 in Leuggern sogar 5 dBA
- Die feinkörnigen Abstreuungen (ch 1/3, ch 2/4, ch 3/6) zeigen nur geringe Lärmminderungen von 0 bis 2 dBA gegenüber einem akustisch neutralen Belag.

3.2.2 Lärmreduktion für die Anwohner

Die Lärmreduktion für die Anwohner ergibt sich aus der Differenz zwischen der "Nullmessung", welche die akustischer Belagsgüte der alten Beläge dokumentiert, und der Messung nach Belagseinbau.

Die Resultate zeigen, dass mit Ausnahme der Beschichtung in Luzern überall eine Lärmreduktion für die Anwohner von mindestens 3 dBA erreicht wurde. Dies entspricht mindestens einer Halbierung der Verkehrsmenge. Bei den beiden Twinlayern und dem SPA 0/4 FAMSA in Turtmann konnte sogar eine Reduktion erreicht werden, die mit einer Reduktion des Verkehrs um 75% vergleichbar ist.

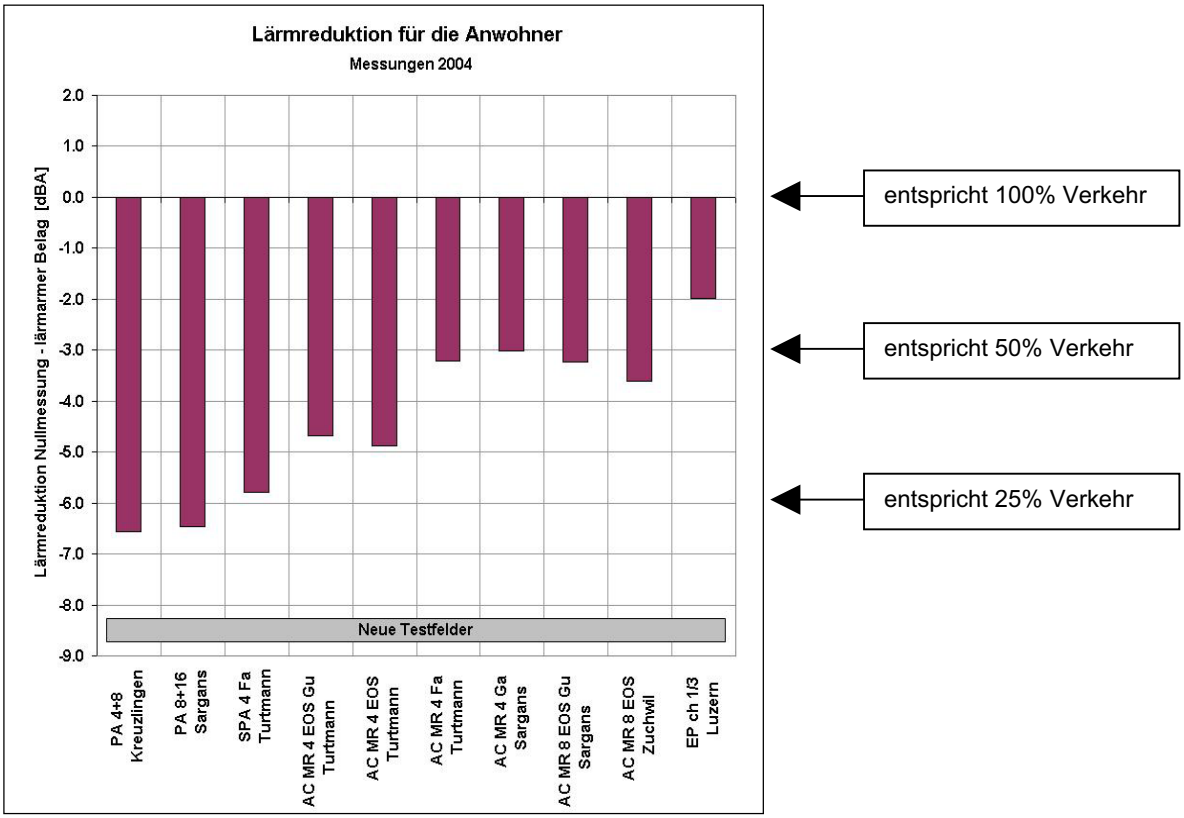


Abb. 3.2.2 Akustische Differenz zwischen den alten und den neu eingebauten Belägen (Modell STL86+). Die besten Beläge erzielen eine akustische Wirkung, die einer Reduktion des Verkehrs um 75% entspricht.

4 Folgerungen / Kommentare / Zusammenhänge

4.1 Belagstechnik

Die Teststrecken wurden im Jahre 2004 realisiert. Im Hinblick auf die geplante Einführung der EN-Normen per 01.01.2005 und der damit einhergehenden Einführung neuer Mischgutsorten war es nicht sinnvoll, die Teststrecken mit Mischgutsorten auszuführen, die kurze Zeit später nicht mehr normiert sein würden. Daher wurden die Teststrecken bereits gemäss den kommenden EN-Normen konzipiert und realisiert. Diese vorzeitige, projektbezogene Einführung der neuen Normen führte in den Asphalt-Aufbereitungsanlagen und im Labor zu Umtrieben, die in der Planungsphase des Projektes deutlich unterschätzt wurden.

4.1.1 Baustoffe und Einbau

Mineral- und Zuschlagstoffe
Ein Teil der verwendeten Mineralstoffe wie EOS, FAMSA, Gasperini wurde ausgewählt, um die akustische Dauerhaftigkeit der Beläge zu verbessern. Es handelt sich vorwiegend um hochresistente, abriebfeste Mineralien. Erst die Lärmmessungen der nächsten Jahre werden zeigen, ob sich diese Erwartungen erfüllen.

Andere Mineral- und Zuschlagstoffe wie Gummigranulat und Leca sollen die Lärmminderung verbessern. Aussagen über deren akustische Wirkung sind zum jetzigen Zeitpunkt und wegen der geringen Anzahl von Versuchsbelägen noch spekulativ.

Bindemittel
Es wurden durchwegs, polymermodifizierte Bindemittel verwendet. Dafon wird ein positiver Einfluss auf die langfristige Entwicklung der Lärmminderung erwartet. Auf die Anfangslärmminderung dürfte die Wahl des Bitumens einen untergeordneten Einfluss ausüben.

Belagseinbau
Die Oberflächenstruktur der Beläge kann beim Belagseinbau durch die Art, das Gewicht der verwendeten Walzen und die Vibration wesentlich beeinflusst werden. Diese Faktoren wurden bei den eingebauten Testbelägen nicht systematisch variiert, eine genauere Untersuchung dieser Faktoren wäre aber wünschbar.

4.1.2 Twinlayer-Beläge:

Die Aufbereitung von Twinlayer-Beläge stellte keine Probleme. Beim PA 4 ist die Beschaffung eines Splittes 2/4 mit geeigneter und regelmässiger Korngrössenverteilung von zentraler Bedeutung.

Einbau:
Twinlayer-Beläge sind heikel einzubauen und sehr witterungsempfindlich. Infolge der dünnen Schichten besteht die Gefahr, dass die untere PA-Schicht zu stark verdichtet wird.
Die Anforderungen an Logistik und Planung der Baustelle ist gross, da die 2. Schicht auf die noch warme erste Schicht eingebaut werden muss (Schichtenverbund). Von Vorteil sind kleinere Etappen von ca. 200 m.
In Deutschland wurden neue Deckenfertiger entwickelt, bei denen heiss in heiss zwei unterschiedliche Mischgutsorten eingebaut werden können. Diese Kompaktfertiger mit Doppelbohle sind für den Einbau grösserer Twinlayer-Abschnitte zu empfehlen.

Infolge der teilweise dünnen Schichten sind die konventionellen Verdichtungskontrollen (Isotopensonde) nicht anwendbar.

Die Erfahrungen des ersten Winters auf der Pilotstrecke Sargans mit dem Twinlayer Grob und PA 8 an der Oberfläche zeigen, dass offenporige Beläge bei Verkehrsbelastungen mit Schneeketten beschädigt werden. Auf solchen Belägen müssen Schneeketten verboten werden.

Foto 6322

Abbildung 4.1.1: Einbau des 2-schichtigen offenporigen Asphaltes (Twinlayer). Als untere Schicht wurde ein PA 8 eingebaut, als obere Schicht ein PA 4.

4.1.3 4er-Beläge:

Zusammenfassend für alle eingebauten Beläge mit Grösst-Korn 4 mm und einer Schichtdicke von ca. 10 mm können untenstehende Folgerungen zusammengefasst werden.

Aufbereitung:
Die Aufbereitung bietet keine Probleme. Es sind hohe Anforderungen an die Korngrössenverteilung des Splittes 2/4 zu stellen.

Einbau:
Die Verwendung von Thermosilos für Transporte ist nicht nur bei grossen Distanzen zu empfehlen. 4er-Beläge kühlen sich rasch ab und müssen daher unmittelbar hinter dem Fertiger sofort verdichtet werden. Es sind erhöhte Anforderungen an die Ebenheit der Unterlage zu stellen.

Konventionelle Verdichtungskontrollen (Isotopensonde) sind nicht anwendbar.

Foto 6589

Abbildung 4.1.2: Einbau heiss auf warm des PA8 auf PA16 als Twinlayer

4.1.4 Verwendung von Gummigranulate:

Es wurden Gummigranulate in den Fraktionen 0/0.4 oder max. 1/2 mm verwendet; grobkörnige Granulate sind zu vermeiden. Die gesamte Dosierung bezogen auf das Mischgut sollte 0.5 Masse-% nicht überschreiten. Die Mischzeit wurde nicht verlängert.

4.2 Lärm

4.2.1 Anforderungen für dauerhaft lärmarme Beläge

Im Statusbericht 2003 wurden Innerortsbeläge als dauerhaft lärmarm definiert, wenn sie eine Anfangslärmminderung von mindestens -3 dBA aufweisen und die Lärmminderung gegenüber dem Modell nach 12- 15 Jahren noch mindestens -1 dBA beträgt.

Von den 10 neu eingebauten Testbelägen erfüllen 9 die Anforderung an die Anfangslärmminderung. Nicht erfüllt wird die Anforderung von der Beschichtung mit Epoxyharz.

Von den 9 zum Teil früher und unabhängig vom Forschungsprojekt eingebauten Belägen erfüllen 3 die Anforderung an die Anfangslärmminderung von -3 dBA. 3 Beläge erreichen den Wert von -1 dBA nicht (mehr) und erfüllen somit die Mindestanforderung an einen lärmarmen Belag nicht.

Die gemessenen Anfangslärmminderungen können mit den im Statusbericht erläuterten Einflussparameter zum grossen Teil erklärt werden und liegen in den meisten Fällen im Bereich des Erwarteten.

4.2.2 Belagstypen

Offenporige Beläge
Die besten Resultate bezüglich Lärmminderung zeigen erwartungsgemäss die Twinlayer mit einer Anfangslärmminderung zwischen 5.5 und 7 dBA. Die Kombination von feinkörniger, gewalzter und konkaver Oberfläche mit der schallabsorbierenden Wirkung der zwei übereinanderliegenden offenporigen Belagsschichten ergeben zusammen die beobachteten günstigen akustischen Eigenschaften.
Mit nur 4 dBA weist der (bestehende) einschichtige Drainasphalt mit Korngrösse 8 mm in Leuggern eine deutlich geringere Anfangs-Lärmminderung auf.

Feinkörnige Dünnschichtbeläge
Die feinkörnigen und dünnschichtigen SPA- und MR-Beläge mit Korngrösse 4 mm erreichen eine gute Anfangslärmminderung von 4 bis 5 dBA gegenüber dem Modell. Einzig der MR-Belag mit Zuschlagstoff FAMSA fällt akustisch etwas weniger günstig aus. Aus dem Vergleich der zwei Beläge SPA 0/4 FAMSA und MR 0/4 FAMSA ergibt sich eine um 1 dBA höhere Anfangslärmminderung für den SPA.

Beläge mit Körngrössen 8 bis 11
Mit 3 bis 4 dBA Anfangslärmminderungen erreichen die Beläge mit Korngrössen von 8 und 11 mm nur noch knapp die Kriterien für lärmarme Beläge.
Unerwartet hohe Anfangslärmminderungen weisen der AC 11 in Sargans mit 3.5 dBA und der SPA 8 in Leuggern mit 5 dBA auf. Diese zwei Beläge werden detaillierter untersucht, insbesondere bezüglich ihrer Oberflächeneigenschaften.

Abstreuungen
Die feinkörnige Beschichtung des bestehenden SMA-Belags mit Epoxyharz führte auf der Teststrecke in Luzern nicht zur erwünschten Anfangslärmminderung. Mit nur 1.8 dBA Lärmminderung gegenüber dem Modell erfüllt dieser Belag die Kriterien an die Anfangslärmminderung für einen lärmarmen Belag nicht. Dasselbe gilt für die beiden bestehenden Beläge mit feinkörniger Abstreuung auf Gussasphalt, welche nur geringfügig kleine Lärmminderungen gegenüber einem akustisch neutralen Belag aufweisen. Die vorwiegend konvexen Strukturen dieser Beläge ergeben erwartungsgemäss weniger gute Resultate als die Beläge mit vorwiegend konkaven Strukturen.

Wecophone, Colsoft
Die beiden bestehenden Beläge Wecophone und Colsoft wurden im Jahr 2003 bzw. 2002 eingebaut. Mit einer im Jahr 2004 gemessenen Lärmminderung von 1.0 dBA (Wecophone) bzw. 0.8 dBA (Colsoft) erfüllen beide Beläge die Kriterien für dauerhaft lärmarme Beläge nicht.

4.3 Finanzen

Zur Betrachtung der finanziellen Aspekte gehört neben den reinen Erstellungskosten natürlich auch die Nutzungsdauer der lärmarmen Deckschichten. Die Nutzungsdauer von lärmarmen Belägen hängt massgeblich von der geografischen Lage ab. Frost und Schnee, vor allem aber die harte Beanspruchung durch Ketten vertragen insbesondere Twinlayerbeläge nicht!
Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass lärmarme Deckschichten 75 bis 80% der Nutzungsdauer eines SMA aufweisen.
Die Erstellungskosten lärmarmer Beläge können nur bedingt von der Erfahrung aus den Pilotstrecken abgeleitet werden. Probeaufbereitungen, Probeeinbauten, fehlendes Know-how bei den Unternehmungen und kleine Belagsmengen haben im Forschungsprojekt hohe Kosten zur Folge gehabt.
Vergleicht man die lärmarmen Beläge mit einem 35mm dicken SMA, so dürften die Mehrkosten gegenüber Normalbelägen (z.B. AB, SMA) unter normalen Marktbedingungen ca. bei 20 – 25% liegen, beim Twinlayer fein (40mm) bei etwa 30% und für den Twinlayer grob (70mm) um 40%. Diese Mehrkosten sind aber im Vergleich zu den Massnahmen (z.B. Lärmschutzfenster oder Verkehrsumlegungen) mit ähnlicher Lärmentlastung der Anwohner als äusserst günstig anzusehen.

4.4 Ökologische Aspekte

4.4.1 Verwendung von EOS für Testbeläge

Für 6 der 10 Testbeläge wurden offenporige Mineralstoffe gesucht, um durch eine Erhöhung der Porenmenge an der Oberfläche eine dauerhaftere Lärmreduktion zu erreichen.
Es wurde ElektroOfenSchlacke (EOS), ein Recyclingprodukt aus der Stahlproduktion mit ausgezeichneten Eigenschaften wie extremer Abriebsfestigkeit, poröser Oberfläche etc. gewählt und auf den Pilotstrecken eingebaut. Die Aufbereitung von EOS für feinkörnige Beläge stellte in der Schweiz ein Novum dar. Die Aufbereitung des Splittes EOS 2/4 bzw. 4/8 muss besonders überwacht werden; es gelten die hohen Anforderungen an die Korngrössenverteilung sowie die Gleichmässigkeit der Produktion.
Trotz höherer Rohdichte des Baustoffes EOS wurde der Bindemittelgehalt nicht reduziert, da die poröse Oberfläche des EOS einen höheren Bindemittelbedarf hat. Die MR 8 Beläge mit einem Anteil EOS von 100% in den Fraktionen 2/4 und 4/8 mm wurden mit einer üblichen Bindemitteldosierung aufbereitet.
Beläge mit EOS lassen sich tendenziell eher schwieriger verdichten; sie sind für den Handeinbau ungeeignet.

Foto 6401

Foto 6371

Abbildung 4.2.3: Bei feinkörnigem Mischgut sind hohe Anforderungen an die Gesteinskörnung 2/4 zu stellen. Die Fotos zeigen den Einbau und die Oberflächenstruktur eines AC MR4, EOS.

4.4.2 Zukünftige Verwendung von EOS

Über die ökologische Unbedenklichkeit der Verwendung von EOS im grösseren Stil herrscht eine gewisse Unsicherheit. Grundsätzlich gilt dieses Material in der Schweiz als Inertstoff und muss auf einer entsprechender Deponie entsorgt werden.
Die Meinungen über die Verwendung und das Recycling von EOS-Materialien sind international jedoch sehr unterschiedlich. So wird beispielsweise in Frankreich das EOS im Strassenbau ohne Bedenken verwendet, ja sogar behördlich empfohlen. In den Kantonen wird die Zulassung für EOS höchst unterschiedlich gehandhabt.
Zu diesem Thema wurde im BUWAL die Problematik der Verwendung von EOS –Materialien im Strassenbau aus ökologischer Sicht diskutiert. Grundsätzlich wird nach heutigem Wissensstand die Verwendung von EOS vom BUWAL nicht empfohlen. Es ist aber entschieden worden, dass das EOS-Material in den auf den Pilotstrecken festgelegten, relativ kleinen Mengen zu Forschungszwecken ohne Bedenken verwendet werden darf.
Sollten sich die Beläge mit EOS-Material aufgrund der längerfristig durchgeführten Lärmmessungen aus Sicht der Lärmreduktion als empfehlenswert herausstellen, müssen die Aspekte des Umweltschutzes genauer untersucht werden.
Im Forschungs-Schlussbericht sind dann, ev. aufgrund weiterer Untersuchungen, verbindliche Aussagen über den Umgang mit EOS, deren Handling, Recycling und die Entsorgung, darzulegen.

4.4.3 Verwendung von Gummi

Die Modifikation der Beläge mit Gummigranulaten wurde in 2 Testbelägen angewendet. Die Verwendung bis zu 2 % Gummi in Korngrössen 0-2 mm kann aus ökologischer Sicht bedenkenlos vorgesehen werden.

4.5 Neueste internationale Erkenntnisse

4.5.1 Verbundobjekt „Leiser Strassenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“

Quelle: Bundesanstalt für Strassenwesen, 2004: Verbundprojekt "Leiser Strassenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche". – Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft S 37.
Im Deutschen Verbundprojekt wurden unter der Leitung der Bundesanstalt für Strassenwesen mit 15 Partnern aus Reifen-, Fahrzeug- und Strassenbauindustrie folgende Lärmminderungspotenziale erkannt:

- Reifen: 1.3 bis 1.7 dBA (je nach Belag)
- Fahrzeug: 0.5 bis 2 dBA (je nach Belag)
- Fahrbahnoberfläche: 4 bis 6 dBA (offenporige Beläge gegenüber "nicht geriffeltem Gussasphalt")

Die höchsten Lärmpegelreduktionen wurden bei offenporigen Asphalten festgestellt. Bei den Vorbeifahrtsmessungen von LKW's erwiesen sich dick eingebaute offenporige Asphalte als besonders wirksam. Aus akustischer Sicht wird empfohlen, bei einlagigen OPA's eine Schichtdicke von mindestens 5 cm für PW-Reifen und 8 cm für LKW-Reifen anzustreben, wobei gemäss Norm eine Schichtdicke von maximal 5 cm erlaubt ist.

Der Einfluss des Walzenspiels auf die Oberflächentextur und die akustischen Eigenschaften des Belags wurden untersucht. Wenn Splittmastixasphalt nicht mit einer dynamischen, sondern mit einer statisch verdichtenden Walze gefertigt wird, ergibt sich allein dadurch eine um ca. 1 dBA leisere Fahrbahntextur.

Im Rahmen des Projektes wurde verschiedene theoretische Modelle entwickelt. Interessant ist das "statistische Modell zur Geräuschentstehung von Reifen-Fahrbahngeräuschen". Dem Modell liegt folgende Formel zugrunde:

Gesamtschallintensität	=	Mechanische Anregung	+	aerodynamische Anregung	+	Strömungsgeräusche an der Karosserie

Die Abweichungen zwischen dem Modell und den gemessenen Vorbeirollterzpegeln betragen zwischen 0.8 und 1.8 dB. Das Modell erlaubt frequenzabhängige Betrachtungen über die Anteile von mechanischer und aerodynamischer Anregung der Reifen bei verschiedenen Fahrbahnbelägen. Mit dem Modell sollen in Zukunft gezielt geräuschmindernde Fahrbahnoberflächen entwickelt werden.

Wieweit die oben beschriebenen Erkenntnisse auf Innerortsverhältnisse in der Schweiz übertragbar sind, ist noch abzuklären.

4.5.2 SILVIA

Im letzten Jahr wurden Kontakte zum EU-Projekt SILVIA aufgebaut. Unter anderem werden dem Projekt unsere Resultate für die SILVIA-Datenbank zur Verfügung gestellt. Unser Forschungsvorhaben erhält damit auch Zugriff auf die Datenbank von SILVA, womit unsere Ergebnisse in einen grösseren Rahmen gestellt werden können.