

Fig. 3: Affaiblissement spectral «DR11 réf. AB16».

La représentation spectrale de la fig. 3 pour l'état avant et les états successifs 0, 1, 3, 5, 7 et 8 ans après remplacement de l'AB16 par un DRA11 laisse apparaître que:

- le revêtement AB16 présente un maximum à 1250 Hz
- suite à la pose du DRA11, ce maximum disparaît. En effet, l'égalisation engendrée diminue l'émergence du spectre, son amplitude devenant constante entre 630 et 2000 Hz
- la diminution du bruit routier apportée par le DRA11 a lieu essentiellement en hautes fréquences dans la moitié supérieure du spectre audible. On notera que cette suppression tombe dans la plage sensible de la courbe de pondération A, donc également de l'oreille

#### Différence spectrale DRA11-AB16

L'examen de la fig. 4 montre que l'affaiblissement a lieu principalement au dessus de 1000 Hz où il atteint 8 à 10 dB (effet de filtre passe bas).

#### Modification spectrale par vieillissement

- Les spectres sont quasi stables pour l'état neuf et après 1 et 3 ans.
- La 5<sup>e</sup> année (1996) de vieillissement laisse apparaître une dégradation (2 dB) de l'affaiblissement entre 800 et 1600 Hz, qui s'amplifiera (jusqu'à 9 dB) après 7 et 8 ans. De plus 8 ans après pose, le DRA11 devient plus bruyant (de 5 dB) que l'AB16 entre 315 et 1000 Hz.
- La moins grande sensibilité au taux de VB après 8 ans de vieillissement (fig. 1.2) peut s'expliquer par la ressemblance des spectres DRA11 après 8 ans et AB16 (fig.3).
- L'usure progressive entre 800 et 1600 Hz pourrait être due à un colmatage lent, alors que celle entre 315 et 1000 Hz, plus subite pourrait être consécutive à l'arrachement de gravillons suite au chaînage hivernal.

#### Conclusion

Le plus ancien revêtement DRA11 dans le canton de Vaud, soit la traversée de Morges par l'A1, est caractérisé par un affaiblissement relatif à un AB16 de  $5.5 \pm 1.5$  dB(A) à proximité immédiate de l'autoroute, ceci de l'état neuf jusqu'à ce jour, soit 9 ans après sa pose. Etant donné la stabilité des mesurages effectués, la durée de vie acoustique d'un tel revêtement ne semble pas forcément plus courte que sa durée de vie proprement dite, pour autant que:

- la vitesse soit suffisante (autoroute) pour éviter le colmatage
- le trafic avec chaînes à neige soit évité (entretien hivernal plus complexe) pour empêcher l'arrachement de gravillons superficiels

#### Bibliographie

- Bar P./Delanne Y.  
 • Réduire le bruit pneumatiques-chaussées, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 1993

Graf B.

- Les bitumes polymères dans quelques réalisations vaudoises, Route et trafic N°2, février 2002

Kragh J./Bech Jessen B.

- Måling af støj fra biler på forsøgsstrækninger på hovedlandevej 120, Viskinge, Lydteknisk Institut, DK-2800 Lyngby, 1992

Sandberg U.

- Low Noise Road Surfaces – A State-of-the-Art Review, Eurosymposium-Nantes-1992, ainsi que de nombreux autres articles, Väg-och Trafik-Inst., SE-58195 Linköping

Shojaati M./Blötz A./Horat M./Caprez M.

- Lärmverhalten verschiedener Belagsoberflächen, ETHZ-IVT, ASTRA-OFROU, Nov. 2000

Simond E.

- L'expérience vaudoise des drainants sur autoroute, Journées LAVOC, EPFL, 13.09.2000

Ullrich S./de Veer H./Steven H./Halfmann U./Roder C./Haag G./Breitenstein J.

- Offenporige Asphaltdeckschichten auf Ausserortsstrassen, BASt, D-51427 Bergisch Gladbach, März 1996

#### Beitrag von Hans-Jörg Grolimund Grolimund & Partner AG, 3006 Bern

In einem gemeinsamen Auftrag von Buwal und ASTRA (Publication: Lärmarme bituminöse Strassenbeläge inner- und ausserorts, EDMZ-Bestellnummer 308.202.D) sollten die Grundlagen für den Bau lärmarmen Strassenbeläge zusammengestellt werden. Hauptziel waren dabei verlässliche akustische Kennwerte für die Sanierungsplanung und ein technischer Beschrieb für deren bauliche Realisierung.

Zu diesem Zweck wurden aufgrund vorhandener akustischer Belagsgütemessungen die potentiell lärmarmen bituminösen Beläge evaluiert, die akustischen und die belagstechnischen Kenndaten dieser Beläge erhoben und miteinander korreliert und, gestützt darauf, konstruktive Empfehlungen für den Bau lärmarmen bituminöser Beläge innerorts und ausserorts erarbeitet.

#### Innerorts

Für die breite Anwendung im niedrigen Geschwindigkeitsbereich kommen beim heutigen Kenntnisstand nur dichte Strassenbeläge in Frage.

Normengerecht eingebaute dichte Beläge sind aber heute noch entweder überhaupt nicht oder zumindest nicht dauerhaft lärmarm. Selbst Beläge mit guten Anfangswerten unmittelbar nach dem Einbau verlieren ihre pegelmindernde Wirkung relativ rasch. Lärmarme bituminöse Beläge bedingen somit zusätzliche, die Normen ergänzende Anforderungen.

Die akustischen Eigenschaften eines dichten Belags werden im Wesentlichen von seiner Oberflächentextur bestimmt. Gute Anfangswerte werden mit Korngrössen 0/6 und 0/8 mit einer starken Ausfallkörnung erreicht. Von grosser Bedeutung ist ein korrekter Einbau.

Die akustisch günstige Oberflächentextur muss aber auch möglichst lange erhalten bleiben. Hier liegt eine der Hauptaufgaben der weiteren Entwicklung lärmarmen bituminöser dichter Beläge. Sie müssen resistent gegenüber thermisch bedingten Veränderungen der Oberflächentextur werden und hohen Anforderungen bezüglich der Abriebfestigkeit genügen. Dies bedingt Anpassungen beim Bindemittel und bei der Wahl der Zuschlagstoffe.

Beim heutigen Kenntnisstand eignen sich am besten Dünnschichtbeläge mit einer Siebkurve 0/6 mm oder 0/8 mm mit einer starken Ausfallkörnung und porösen, polierresistenten Mineralstoffen. Die Beläge werden mit Schichtdicken zwischen 15 und 25 mm eingebaut.

Die erreichbaren Anfangswerte liegen 3–4 dB(A) unter dem Referenzwert für einen durchschnittlichen Asphaltbelag. Die akustische Lebensdauer dürfte ca. 10 Jahre betragen. Die relativ kurze Lebensdauer wird durch die gegenüber anderen Belägen geringeren Einbaukosten zumindest teilweise kompensiert.

#### Ausserorts

Für den höheren Geschwindigkeitsbereich und insbesondere für Autobahnen stehen einschichtige Drainbeläge im Vordergrund. Die Beläge wurden in den letzten Jahren stark weiterentwickelt und optimiert. Die bisherigen Erfahrungen mit den Belägen der neuesten Generation mit Hohlraumgehalten von 22–25% lassen sowohl gute akustische als auch sehr gute mechanische Langzeitverhalten erwarten. In der revidierten Drainasphaltnorm sind die entsprechenden Anforderungen festgelegt.

Die offene Bauart der Drainbeläge bedingt aber besondere betriebliche Gegebenheiten und zusätzliche Massnahmen beim Unterhalt. Sie sind nur solange lärmarm, wie die Hohlräume nicht verstopft sind. Dies erfordert Fahrgeschwindigkeiten von mindestens 80 km/h für die ausreichende Selbstreinigung durch den Verkehr. Die offenen Poren begünstigen im weiteren eine raschere Vereisung. In höheren Lagen über 600 m.ü.M. ist der Einbau von Drainbelägen daher nicht angezeigt. In tieferen Lagen sind Anpassungen beim Winterdienst notwendig.

Im Neuzustand sind Werte von 5 dB(A) und mehr unter dem Referenzmodell STL-86+ zu erwarten. Schlüssige Erfahrungswerte über das akustische Langzeitverhalten werden erst in einigen Jahren vorliegen. Aufgrund der bislang vorliegenden Reihenuntersuchungen sind aber keine besonderen Probleme zu erwarten.

Wo der Einbau eines Drainbelags nicht möglich ist, zum Beispiel in Höhenlagen über 600 m.ü.M. oder im Geschwindigkeitsbereich unter 80 km/h, können dichte Beläge zum Einsatz kommen. Dabei gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie für dichte lärmarme Strassenbeläge innerorts.

#### Weiteres Vorgehen

Für die effiziente Erfassung der relevanten Grössen lärmarmen Beläge sind Weiterentwicklungen der Messtechnik erforderlich. Sie betreffen die akustische Messtechnik und die Erfassung der Oberflächentextur. Beide Bereiche sind zu verfeinern und mit den schweizerischen und europäischen Entwicklungen zu koordinieren.

Aufgrund der Erkenntnisse des vorliegenden Berichts sind insbesondere für den Innerorts-, aber auch für den Ausserortsbereich Testbeläge einzubauen und akustisch wie auch belagstechnisch mittels Reihenuntersuchungen über längere Zeit zu begleiten.

Die Arbeitsgruppe «Lärmarme bituminöse Strassenbeläge» des ASTRA/Buwal stellt sich für die aktive Begleitung dieser Arbeiten zur Verfügung. Sie koordiniert die Untersuchungen an

Testbelägen, sammelt die Ergebnisse gesamtschweizerisch und stellt sie periodisch den interessierten Kreisen zur Verfügung. Die gesammelten Daten und Erfahrungen dienen als Grundlage für eine spätere normative Regelung lärmarmen bituminöser Beläge.

#### Zusammenfassung Beat Hohmann SUVA, Bereich Akustik, Luzern

Aufgrund der Tatsachen, dass bisher nur etwa ein Drittel der Strassenlärmaktionen durchgeführt wurden (Stand vor Sanierung: 550 000 Personen über Immissionsgrenzwert) und dass eine Verlängerung der Sanierungsfristen um fünf bzw. zehn Jahre erforderlich ist, konzentrierte sich dieser Workshop auf das Lärminderungspotenzial bei Autos und Strassen. Ausgeklammert blieben die Schallschutzwände, deren Möglichkeiten und Grenzen weitgehend bekannt sind.

Entsprechend dem Prinzip der «prioritären Lärmbekämpfung an der Lärmquelle» sprach zuerst Hans-Peter Lüthi vom ASTRA (Bundesamt für Strassen) über Geräuschvorschriften bei Strassenfahrzeugen. Als Folgerungen drängten sich auf:

- Der Grenzwert für Geräusch-Immissionen bei der Typenprüfung wurde seit 1970 um mehr als 10 Dezibel gesenkt und liegt heute bei 74 dB(A)
- Von Pegelzuschlägen profitieren Hochleistungsfahrzeuge, Geländewagen und Motoren mit Direkteinspritzung. Während ein Bonus für Direkteinspritzer mit Blick auf die möglichen Energieeinsparungen noch vertretbar ist, befremdet der (kumulierbare) Bonus für Hochleistungs- und Geländefahrzeuge, die fast immer dem Vergnügen dienen und nicht einem erhöhten Nutzen für die Allgemeinheit.
- Die Geräuschvorschriften sind international harmonisiert, ein Alleingang der Schweiz ist heute ausgeschlossen.
- Die Betriebsbedingungen bei der Typenprüfung (beschleunigte Vorbeifahrt) sind heute atypisch für den Alltagseinsatz.
- Im praktischen Einsatz haben die Lärm-Immissionen von Personnenwagen in den letzten Jahren wieder zugenommen, vor allem wegen höherem Gewicht und breiteren Reifen.
- Anreizsysteme – zum Beispiel Steuerreduktionen – für leisere Fahrzeuge, sind kaum sinnvoll, solange der Kennwert der Typenprüfung wenig mit der realen Schall-Immission zu tun hat.

Insgesamt liegt zwar technisch ein erhebliches Lärminderungspotenzial vor, es lässt sich aber aus juristischen Gründen zur Zeit nicht aktivieren.

Die Hoffnungen ruhen deshalb auf den lärmarmen Fahrbahnbelägen. Sie entsprechen dem Konzept des Umweltschutzgesetzes (Massnahmen an der Quelle) und beeinträchtigen im Unterschied zu Schallschutzwänden weder Orts- noch Landschaftsbild. Kritische Fragen betreffen allerdings die akustische Wirksamkeit (im Neuzustand und später), die Langzeitstabilität, die Robustheit und die Abnutzung, die Sicherheit bei Regen und Schnee, die Mehrkosten gegenüber konventionellen Belägen sowie den Unterhalt.

Über eine äusserst interessante Langzeitstudie an der Genfersee-Autobahn berichtete Louis Kaeppli vom Bureau Monay in Lausanne. Seine Ergebnisse bestätigten weitgehend die anschliessenden Aussagen von Hans-Jörg Grolimund, der im Auftrag des Buwal und des ASTRA einen Bericht über lärmarme Fahrbahnbeläge verfasst hatte. Für die Workshop-Teilnehmer entstand der Eindruck, dass heute gut abgestützte Erfahrungen und Anwendungshinweise für lärmarme Fahrbahnbeläge vorliegen, die nun in einer zweiten Welle (nach zum Teil enttäuschenden Erfahrungen in früheren Jahren) umgesetzt werden können. Insbesondere müssen je nach Geschwindigkeitsbereich (innerorts oder ausserorts) unterschiedliche Konzepte befolgt werden. Zwar sind die mittelfristig erreichbaren Pegelminderungen nicht imposant, aber doch wesentlich – immerhin kommt ja eine Pegelreduktion von nur 3 dB einer Halbierung des Verkehrsvolumens gleich.

Wenn der Bericht über die lärmarmen Strassenbeläge im Sommer 2002 von Buwal und ASTRA publiziert wird, bildet er eine gute Voraussetzung für zukünftige Sanierungen, die für die lärmgeplagten Anwohner eine spürbare Verbesserung bewirken.

# Workshop 3: Kann Lärmschutz ökonomisch sein? Perspektiven für Lärmschutz jenseits der LSV.

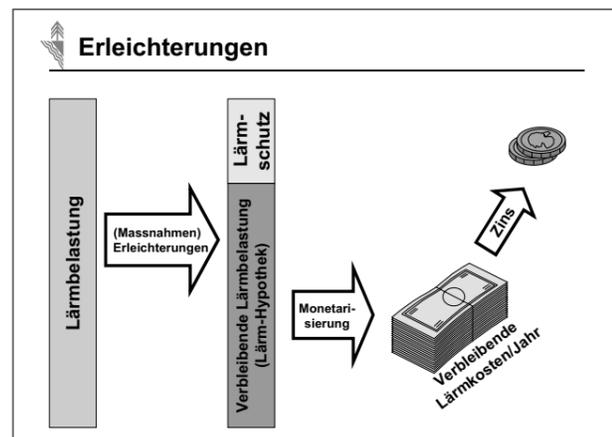
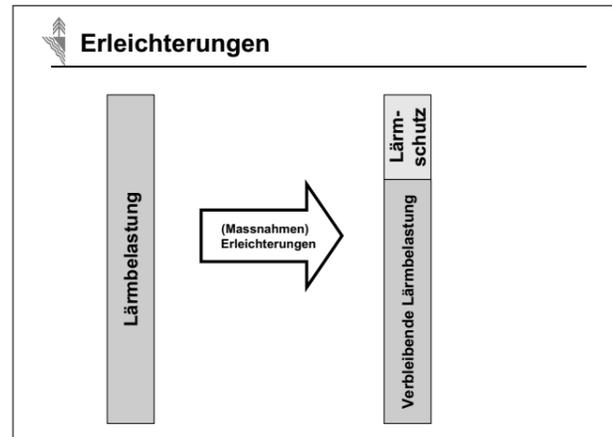
**Beitrag von Prof. Dr. Ruedi Müller-Wenk  
Institut für Wirtschaft und Ökologie  
Universität St. Gallen**

1. Das Ziel der LSV, die Immissionsbetroffenen durch **Grenzwertvorschriften statt mit ökonomischen Anreizen** vor lästigen und vor schädlichen Lärmeinwirkungen zu schützen, ist **weiterhin richtig**. Wenn zielführende Grenzwertvorschriften von einem schwachen Staat nicht durchgesetzt werden, so wird dieser Staat auch zielführende ökonomische Anreize nicht leichter durchsetzen können. Dies trifft insbesondere zu für die Internalisierung extern anfallender Umwelteffekte in die Kostenrechnung des Störers.
2. **Internalisierung von ökologischen Externalitäten ist dann ein vertretbares Instrument**, wenn die **Beeinträchtigung auf der Seite der Immissionsbelasteten durch Geldeinsatz vollständig vermieden/beseitigt** werden kann, und der **Störer die Kosten bezahlt**. Beispiel: Ein McDonalds Restaurant verursacht Verschmutzung des öffentlichen Grundes in seiner Nachbarschaft, bezahlt aber der Stadt die vollen Kosten des laufenden Sammelns und Entsorgens des Unrats. Dieses Modell ist im Lärmbereich kaum anwendbar, weil umfassende Störungsbehebung auf Immissionsseite schwierig ist: Der Autobetreiber, welcher über eine Treibstoffabgabe den Einbau von Schallschutzfenstern bezahlt, bewirkt keineswegs eine umfassende Vermeidung von Lärmwirkung.
3. Ferner ist **Internalisierung von ökologischen Externalitäten auch dann ein vertretbares Instrument, wenn es egal ist, welche Immissionsquellen reduziert oder beseitigt** werden, weil die Immissionsquellen zu einem **gemeinsamen Strom zusammenfliessen**. Beispiel: Emittenten zahlen eine CO<sub>2</sub>-Abgabe, die kostenoptimal zu einer Senkung der gesamten CO<sub>2</sub>-Immissionen auf ein unschädliches Niveau führt, indem die billigsten Vermeidungsmöglichkeiten realisiert werden. Im Lärmbereich ist dies aber kaum anwendbar, weil Lärmquellen nur in einem geringen Umfang zu einem Strom «zusammenfliessen».
4. Schliesslich ist Internalisierung von ökologischen Externalitäten auch dann ein vertretbares Instrument, falls der Störer zwecks Gewinnmaximierung veranlasst ist, die Zahlung von internalisierten Kosten zu vermeiden durch raschmöglichst Einsatz von immissionsarmen Prozessen. Beispiel: Abwassergebühren sind so hoch, dass ein Betrieb auf geschlossene Wasserkreisläufe oder wasserfreie Verfahren umstellt. Im Lärmbereich sind die Startgebühren für lärmige Verkehrsflugzeuge so hoch, dass diese rasch verschrottet werden müssten.
5. **Nicht akzeptabel ist das Instrument der Internalisierung von ökologischen Externalitäten** jedenfalls dann, wenn der **Gestörte weiterhin gestört bleibt**, weil die Störung beim Immissionsbelasteten nicht beseitigbar ist und weil der Störer lieber bezahlt als die Immission abbaut. Selbst wenn die Geldzahlung des Störers bis zum Gestörten durchfliesst, muss dieser schwerwiegende Nachteile in Kauf nehmen: Im Gegensatz zum Störer hat er **keine Wahlfreiheit, er muss Immission dulden und Geld nehmen**. Und weiter: Wenn der monetäre Wert der Störung durch die gängigen Monetarisierungsmethoden ermittelt wird, so wird regelmässig nur ein Teil der Störungsformen erfasst, und es wird nur der mittlere Geldwert der erfassten Störungsformen ermittelt. Mindestens die Hälfte der Immissionsbelasteten wird also zu einem für sie unvorteilhaften Tausch «Geld gegen Störung» gezwungen. Beispiel: VOC-Abgabe.

6. Im Bereich der Lärmvermeidung erscheint **das Instrument der Internalisierung von ökologischen Externalitäten vor allem dort förderungswürdig**, wo es die **Handlungsmöglichkeiten der Lärmbelasteten fördert** (und nicht die Handlungsalternativen der Störer). Das bedeutet etwa, dass die **Möglichkeiten der gerichtlichen Klage des Lärmbelasteten gegen Störer verbessert** werden sollten. Fachleute sollten Möglichkeiten für Musterprozesse nach bestehendem Recht finden und Vorschläge für Rechts-Anpassungen machen.

1. Beim Lärm kein Vorteil ökonomischer Anreize gegenüber Grenzwert-Vorschriften
2. Internalisierung gut, wenn Vermeidung beim Belasteten möglich und Emittent bezahlt
3. Internalisierung gut, wenn Vermeidung beliebig auf Emittenten aufteilbar
4. Internalisierung gut, wenn Emittenten vermeiden statt zahlen
5. Internalisierung immer schlecht, wenn Immissionsbelastete weiterhin belastet
6. Internalisierung gut, wenn Immissionsbelasteter Wahlmöglichkeit hat via gerichtlicher Klage

**Beitrag von Dr. Hans Bögli  
Buwal, Abteilung Lärmbekämpfung, Bern**



## Lösungsansatz

**Problem:** Das Gewähren von Erleichterungen hinterlässt bleibende Lärmkosten.

**Ziel:** Einführen von Auflagen bei der Gewährung von Erleichterungen zur Reduzierung des Lärms.

### Lösungsansatz:

- Erleichterungen = Übergangslösung (wie Hypothek).
- Die verbleibende Lärmbelastung (Personen, Land) wird als Lärm-Hypothek betrachtet. Die Abzahlung der Hypothek kann nur durch eine Reduzierung dieser Belastung erfolgen.
- Die Monetarisierung der Hypothek führt zu den jährlichen Lärmkosten mit entsprechendem Zins. Dieser kann als Basis für die Auflagen bei der Gewährung von Erleichterung herangezogen werden.
- Entschädigungszahlungen an die Betroffenen könnten als Teil der über die Jahre aufsummierten Verzinsung betrachtet werden. Die Hypothek wird damit nicht abgezahlt.

**Zusammenfassung Beat Marty  
Cercle Bruit Schweiz  
Amt für Umweltschutz, Luzern**

Im Workshop bestand Konsens darüber, dass die Einführung von ökonomischen Anreiz- und Lenkungsmassnahmen die bestehenden polizeirechtlichen Vorschriften im Lärmschutz nicht überflüssig macht. Auch die Vorschriften und Grenzwerte müssen weiter entwickelt (zum Beispiel dem technischen Fortschritt angepasst) werden; wichtig ist eine geschickte Kombination der beiden Ansätze. Der Lärmverursacher soll nicht alleine entscheiden können, ob er lieber Abgaben bezahlt oder den Lärm vermeidet, weil der Gestörte an diesem «Marktmechanismus» nicht oder nur unzureichend teilnimmt.

Für die ökonomische Penalisierung von lärmverursachenden Tätigkeiten gab es konkrete Vorschläge (zum Beispiel lärmabhängige Landegebühren und Motorfahrzeugsteuern, Abgaben auf lärmintensive Geräte und Reifen usw.). Schwieriger war die Frage der gerechten Entschädigung der (meist nur lokal) betroffenen Bevölkerung. Ein möglicher Ansatz wäre eine Verbesserung der rechtlichen Möglichkeiten der Betroffenen (Klagemöglichkeit auf Schadenersatz und/oder Unterlassung, Enteignungsrecht, Beheben der Lücken im USG betreffend Verursacherprinzip usw.).

Nach USG müssen Lärmschutz-Massnahmen getroffen werden, soweit sie «wirtschaftlich tragbar» sind. Diese wirtschaftliche Tragbarkeit zu prüfen ist für die Vollzugsbehörde sehr schwierig und stark von den Umständen des Einzelfalls abhängig. In die Abwägung einbezogen werden sollte zumindest der Quotient «Kosten der Lärmschutzmassnahme» zu «Kosten des nicht vermiedenen Lärms», wobei für die Abschätzung der letzteren auch die externen Lärmkosten vollständig zu berücksichtigen wären.

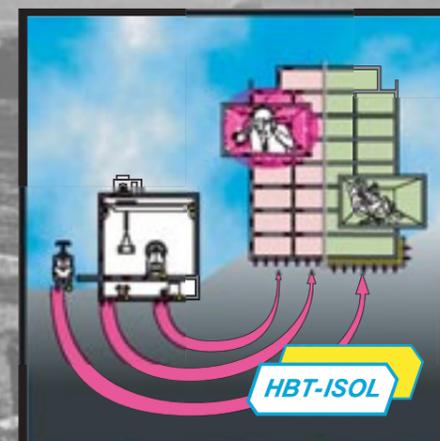


**gruner** >

## Mit Gruner Acoustics

Schall und Vibrationen fest im Griff

Kontaktieren Sie uns. Gruner AG Ingenieure und Planer  
Gellerstrasse 55, CH-4020 Basel, Telefon 061 317 61 61, [www.gruner.ch](http://www.gruner.ch)



**Lärmschutz**

**Körperschalldämmung**

**Erschütterungsschutz**

**Schwingungsdämmung**

**HBT-ISOL AG**

5620 Bremgarten AG 2  
Tel. 056 648 41 11  
Fax. 056 648 41 18  
[info@hbt-isol.ch](mailto:info@hbt-isol.ch)  
[www.laermschutz.ch](http://www.laermschutz.ch)

Für Sie planen, liefern  
und montieren wir  
wirksame,  
wirtschaftliche  
Lösungen



**BUWAL** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
**OFEFP** Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage  
**UFAPF** Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio  
**UFAGC** Uffizi federal d'ambient, gaud e cuntrada



Swiss Acoustical Society  
Société Suisse d'Acoustique  
Schweizerische Gesellschaft für Akustik  
Società Svizzera di Acustica  
Internet: [www.sga-ssa.ch](http://www.sga-ssa.ch)



**cercle bruit**

Vereinigung  
kantonaler  
Lärmschutzfachleute

**SVG**

Schweizerische Vereinigung für  
Gesundheits- und Umwelttechnik