

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Entsorgung von PVC-Bodenbelägen: Bedeutung der Gehalte an Blei und Cadmium  
**Autor:** Tesch, Wolfgang  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78454>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Entsorgung von PVC-Bodenbelägen

Bedeutung der Gehalte an Blei und Cadmium

**Allfällige Umweltrisiken durch PVC sind nicht in der Gebrauchsphase der entsprechenden Produkte zu suchen, sondern zu Beginn und am Ende des Lebenszyklus. Grosse Mengen alter PVC-Bodenbeläge gelangen heute und in Zukunft zur Entsorgung. Nachstehend werden die Gehalte an Cadmium und Blei in alten Belägen solchen in neuen gegenübergestellt. Besonders ausgeprägt war der Schwermetallgehalt bei alten Belägen, die heute zur Entsorgung gelangen, während die gemessenen Gehalte an den giftigsten Schwermetallen Blei und Cadmium in neuen Belägen nur noch im Spurenbereich liegen.**

## Allgemeine «PVC-Diskussion»

Polyvinylchlorid (PVC) ist ein thermoplastischer Kunststoff mit vielfältigen Anwendungen. Diese reichen von kurz-

VON WOLFGANG TESCH,  
SCHMITTEN

lebigen Gütern, wie Verpackungsfolien, zu langlebigen, wie sie im Baubereich Anwendung finden (Fensterrahmen, Kanalisationsrohre, Dachfolien, Bodenbeläge). Vorteile des Materials PVC auf dem Bau sind: Leichte Verarbeitung, geringe Kosten, schlechte Brennbarkeit. Dem steht gegenüber die Entwicklung korrosiver und giftiger Salzsäure-Gase im Falle von Bränden und die ungelöste Entsorgungsfrage. Es befinden sich grosse Mengen alter PVC-Bodenbeläge im Gebrauch und gelangen in Zukunft zur Entsorgung.

PVC hat sich in den letzten Jahren vor allem für die Spalten der Umweltliteratur zu einem beliebten Thema entwickelt. Dabei standen nicht seine Gebrauchseigenschaften im Vordergrund, sondern mögliche negative Auswirkungen dieses Kunststoffes auf unsere Umwelt. Entsprechend kontrovers ist die öffentliche Debatte, die sich zwischen der PVC-Industrie auf der einen und Umweltorganisationen auf der anderen Seite entzündet hat.

Die PVC-Industrie hat heute das Schwergewicht ihrer Umweltstrategie auf das Argument des möglichen Recyclings ihrer Produkte gelegt. Die Umweltorganisation Greenpeace verwirft auf der anderen Seite die Möglichkeit, dass ein sinnvolles PVC-Recycling unter den heutigen Bedingungen möglich sei. Dem ist entgegenzuhalten, dass auf der technischen Ebene punkto Recycling durchaus Anstrengungen un-

ternommen wurden. Eine Anlage besteht bereits in der Bundesrepublik, in welcher alte Bodenbeläge aus PVC zu Pulver vermahlen werden. Dieses Material wird zum Teil in neue Beläge integriert. Die Anlage wird als Gemeinschaftsunternehmen der PVC-Industrie betrieben.

Offen bleibt die Frage der Ökobilanz des PVC-Recycling, d.h. die Betrachtung der Aspekte Energieverbrauch, Abwasserbelastung, Abluftbelastung und Abfallaufkommen. Ausserdem spielen die Störfallrisiken und die «Umwelttoxizität» eine wichtige Rolle für die Entscheidung, ob die stoffliche Rezyklierung eines Produktes sinnvoll ist. Hier soll nur ein Aspekt, nämlich derjenige der Schwermetalle, für die Produktgruppe der PVC-Bodenbeläge herausgegriffen werden, da sie bezüglich Einwirkung auf die Umwelt die eindeutig negativste Wirkung entfalten.

## Metallhaltige Stabilisatoren

PVC ist wenig stabil gegenüber Wärme. Ausserdem tritt eine Alterung unter dem Einfluss von Licht und Witterung ein. Die Verarbeitung und der langdauernde Einsatz von Produkten aus PVC ist deshalb nur möglich, wenn spezifische Stabilisatoren zugesetzt werden. Diese können die Schwermetalle Zinn, Blei, Cadmium und Zink enthalten.

Früher wurde in kalandrierten Bodenbelägen in der Regel pulverförmiger Ba/Cd (Barium/Cadmium)-Stabilisator eingesetzt. Als Vorteile der Ba/Cd-Stabilisatoren sind zu nennen:

- Hohe Lichtechtheit
- Hohe Witterungsbeständigkeit
- Auch transparente Produkte können gefertigt werden
- Das Fliessverhalten kann gut beherrscht werden

Nachteilig ist aber die hohe Human- und Umweltgiftigkeit des Schwermetalls Cadmium.

Bis etwa 1979 wurden Ba/Cd-Stabilisatoren auch in PVC-Produkten für Innenräume verwendet. Seither kann dieser Stabilisatortyp ersetzt werden durch weniger giftige Varianten. Heute werden laut Literaturangaben ausschliesslich langlebige Produkte für den Gebrauch im Freien (Fensterrahmen) mit Ba/Cd-Seifen stabilisiert. PVC-Bodenbeläge sollen gemäss freiwilliger Vereinbarung der Hersteller nicht mehr mit Cadmium stabilisiert werden. Viele Hersteller haben Cadmium aus ihren Produkten bereits gestrichen.

Auch Bleistabilisatoren (Bleistearate, Bleisulfate und Bleiphosphite) werden v.a. für Aussenanwendungen verwendet. PVC-Bodenbeläge sollen gemäss Angaben der Hersteller nicht mehr mit Blei stabilisiert werden. Viele Hersteller haben Blei aus ihren Produkten bereits gestrichen.

## Zinkhaltige Stabilisatoren

Ein umweltfreundlicherer Ersatz für cadmium- und bleihaltige Verbindungen sind Ba/Zn (Barium/Zink)- und Ca/Zn (Calcium/Zink)-Stabilisatoren, wobei diese weniger wirksam sind als die Ba/Cd-Stabilisatoren.

Heute sind Zink-Verbindungen, neben Zinn-Verbindungen, der Standard in der PVC-Stabilisierung, v.a. für Weichfolien. Sie dürfen in Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden. Die Forschung geht in die Richtung, dass auch für Aussenanwendungen völlig auf Cadmium verzichtet werden kann.

Von Bedeutung sind weiter Zinnverbindungen wie Organozinnmercaptide und Organozinn-carboxylate. Sie werden auch mit dem Sammelbegriff «Di-alkylzinn» bezeichnet. Ein weiterer sehr wirksamer Stabilisatortyp leitet sich von der  $\beta$ -Mercaptopropionsäure ab. Schliesslich spielen auch Sulfide des Mono- und Diorganozinns eine gewisse Rolle, z.B. das cyclische Dibutylzinn-sulfid und die Butylthiostannonsäure.

Für Bodenbeläge werden z.B. Butylzinnmercaptide eingesetzt. Organozinnverbindungen dienen in Cushion Vinyl-Belägen als Beschleuniger für das Aufschäumen. Die eingesetzten Mengen betragen 2–2,5 %.

## Untersuchungen an PVC-Belägen

Um einen Anhaltspunkt über den Gehalt der als am giftigsten beurteilten Schwermetalle Blei und Cadmium in

	Blei	Cadmium
im Granulat (mg/kg TS)	8'410	251
im Eluat (mg/l)	1,58	0,52

Tabelle 1. Gehalte an Blei und Cadmium in einem Gemisch aus alten PVC-Bodenbelägen und im Eluat nach Technischer Verordnung über Abfälle

Probe	Blei	Cadmium	Zink	Zinn
NN-1	3,59	0,49	360	2,9
MM-1	0,37	0,095	Spur	310

NN-1: Cushion Vinyl-Belag  
MM-1: Kalandrierter Hartbelag

PVC-Bodenbelägen zu erhalten, wurden anhand von Bodenbelags-Mustern entsprechende Messungen einerseits an alten Belägen durchgeführt, die als Bauschutt vorlagen, andererseits an zwei neuen Typen, die sich heute im Handel befinden.

**Alt-Beläge**

Es wurde eine Mischung verschiedener gebrauchter PVC-Bodenbeläge mit einem durchschnittlichen Alter von 20 Jahren verwendet. Der Gehalt an Cadmium und Blei wurde einerseits im Material selber, andererseits in einem Eluat gemessen, welches gemäss den Vorschriften der «Technischen Verordnung über Abfälle» hergestellt wurde. Der Eluatstest wurde durchgeführt, um das mögliche Verhalten von PVC-Belägen in einer Deponie abzuklären (Tabelle 1).

**Neue Beläge**

Es wurden zwei zurzeit im Fachhandel erhältliche Typen von Bodenbelägen untersucht:

- Muster MM-1: kalandrierter Hart-PVC-Belag, Farbe schwarz-grau
- Muster NN-1: Cushion Vinyl-Streichbelag, Farbe weiss

Bestimmt wurden die Metalle Blei und Cadmium, ausserdem Zink und Zinn (Tabelle 2).

**Beurteilung**

*Gesetzliche Grenzwerte*

Im Eluat der untersuchten Alt-PVC-Beläge wurden die Grenzwerte bezüglich Blei und Cadmium sowohl für die

Kategorie «Inertstoffdeponie» als auch «Reststoffdeponie» überschritten (Tabelle 3). Auch bei Einhaltung der Grenzwerte für Metalle dürften indessen PVC-Produkte aufgrund ihres Kohlenstoffgehaltes gemäss TVA nicht mehr deponiert werden (Tabelle 3).

Die Schweizerische Stoffverordnung schreibt für Kunststoffprodukte maximale Gehalte an Schwermetallen vor, damit sie noch als «unschädlich vernichtbar» bezeichnet werden dürfen. Diese Maximalwerte belaufen sich auf

- 20 mg/kg für Blei
- 10 mg/kg für Cadmium
- 500 mg/kg für Zink

Cadmiumhaltige Neuprodukte dürfen nur noch produziert und eingeführt werden, wenn es nachweislich keinen Ersatzstoff für das Cd gibt. Für Zinn wird in der Stoffverordnung kein Grenzwert explizit vorgeschrieben. Das BUWAL hat im Rahmen der Baustoffdeklaration Höchstwerte für diese weiteren Stoffe festgelegt. Hier wird für Zinn ein Wert von 50 mg/kg vorgegeben, bis zu welchem ein Produkt noch als «unschädlich vernichtbar» bezeichnet werden darf.

Im Falle der hier untersuchten Alt-Beläge überschritt der Cadmiumgehalt im Material den Wert für «unschädliche Vernichtbarkeit» um das 25fache, der Bleigehalt den entsprechenden Wert um das 420fache!

Nur noch unbedeutende Mengen an Blei und Cadmium enthielten indessen die untersuchten neuen Beläge. Die geringen Mengen an Blei und Cadmium sind wahrscheinlich auf Spuren in den anorganischen Füllstoffen zurückzu-

	max. Gehalt im Material Inertstoffdeponie	max. conc. im Eluat Inertstoffdeponie	max. conc. im Eluat Reststoffdeponie
	mg/kg	mg/l	mg/l
Blei	500	0,1	1
Cadmium	10	0,01	0,1
Zink	1'000	1	10
Zinn	-	0,2	2

Tabelle 3. Schwermetall-Grenzwerte für die Deponierbarkeit, gemäss TVA

Tabelle 2. Gehalte an Blei, Cadmium und Zinn in neuen Bodenbelägen aus PVC (Handelsware), in mg/kg

führen. Der untersuchte CV-Belag wurde allerdings mit Zink, der Hartbelag mit Zinn stabilisiert.

Trotzdem dürfen Beläge aus PVC aufgrund ihres hohen Chlorgehaltes nicht als «unschädlich vernichtbar» bezeichnet werden. Alt-PVC fällt vor allem als Abfall bei Abbrüchen und Renovationen an. Die Entsorgung von Bauschutt muss gesetzlich geregelt werden. In der Schweiz geschieht dies in der *Technischen Verordnung über Abfälle* (TVA).

Im Vergleich zu den Werten in Tabelle 1 ist in Tabelle 3 der Schwermetallgehalt einiger Erzeugnisse dargestellt, die heute als Sonderabfall eingestuft werden. Die Bilder 1 und 2 stellen die Gehalte an Blei und Cadmium der Sonderabfälle «Elektrofilterasche» und «Ölabscheiderschlämme» denjenigen des untersuchten Alt-PVC-Belages gegenüber. Der Gehalt an Cadmium und Blei in den untersuchten Proben alter PVC-Bodenbeläge muss unter diesem Blickwinkel als vergleichsweise *hoch* bezeichnet werden (Tabelle 4).

**Literatur**

- [1] Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990
- [2] J. Halbekath, M. Moser: Stand des PVC-Recyclings in Deutschland und seine umweltpolitische Bedeutung, Inst. f. ökologisches Recycling, Berlin 1992
- [3] Tötsch/Gaensslen: Polyvinylchlorid – zur Umweltrelevanz eines Standardkunststoffes, Verlag TÜV Rheinland 1990
- [4] Arbeitsgemeinschaft d. Schweiz. Kunststoffindustrie, PVC in der Diskussion – Ein Baustoff zwischen Ökologie und Ökonomie
- [5] W. Tötsch: Cadmium in der Kunststoffindustrie, Kunststoffe 79 (1989) 11 1209–1212
- [6] Buwal, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 63, Erhebung über Sonderabfälle in der Schweiz

*Toxizität von Blei und Cadmium*

Metall	Angriffspunkte	akute Symptome	chronische Wirkung
Blei	rote Blutkörperchen, glatte Muskulatur, Nieren, Nervensystem	Kopfschmerzen, Appetitlosigkeit, Reizbarkeit, Müdigkeit, Anämie, Bleikolik, Blässe	Störung der Nierenfunktion, bei Kindern geistige Schäden
Cadmium	Nieren, Knochen, Erbsubstanz	Nierenschäden, Knochenkrankungen (Itai-Itai)	krebserregend



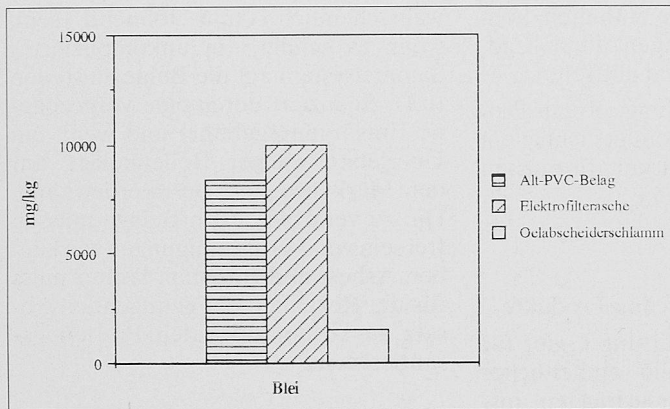


Bild 1. Vergleich Bleigehalte

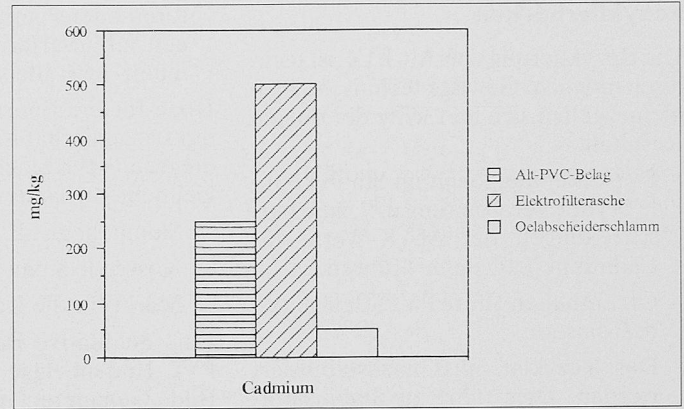


Bild 2. Vergleich Cadmiumgehalte

**Toxizität von Schwermetallen**

Weil sich Schwermetalle im menschlichen Organismus anreichern und nicht abgebaut werden, stellen sie ein erhebliches Störungspotential dar. Man muss also darauf achten, dass die Belastungsgrenzen nicht überschritten werden. Zu unterscheiden ist zwischen der akuten Toxizität und der chronischen Toxizität. Die chronische Toxizität macht sich bei der langsamen Aufnahme geringer Konzentrationen über lange Zeitdauer bemerkbar.

Eine Bedrohung durch akut toxische Effekte aufgrund von Emissionen aus PVC-Produkten, wie z.B. Bodenbelägen, ist auszuschliessen.

**Umwelthygiene und Umweltgiftigkeit**

Umwelttoxische Wirkungen, ausgehend von Schwermetallen in PVC-Produkten, sind nur denkbar, sofern diese Stoffe freigesetzt werden. Dafür ist entweder eine Aussenanwendung Voraussetzung oder eine unsachgemässe Entsorgung. Bei der Anwendung von PVC in Dachbahnen und Kanalisationsrohren ist eine Freisetzung von Schwermetallen in messbaren Mengen auszuschliessen, da die Metalle hier fest in der Matrix eingebunden vorliegen.

**Entsorgbarkeit**

PVC-Produkte werden in der Regel entweder verbrannt oder deponiert.

Die Rezyklierung ist immer noch mehr Wunschdenken als Realität. In Deutschland gelangt aufgrund der dortigen Struktur der Entsorgungswirtschaft der überwiegende Teil auf die Deponie, und nur ein kleiner Teil wird der Verbrennung zugeführt. In der Schweiz ist das Verhältnis umgekehrt. Bodenbeläge aus Kunststoffen oder Textilien müssen aufgrund ihres hohen Gehaltes an Kohlenstoff laut Schweizer Gesetzgebung in erster Linie über die Kehrichtverbrennung entsorgt werden.

**Verbrennung**

Anorganische Reste der Verbrennung verbleiben entweder in der Schlacke, in der Filterasche und werden zu einem geringen Teil in die Atmosphäre ausgestossen. Bei ungeordneter Verbrennung oder bei veralteten Anlagen ohne Elektrofilter und Rauchgasreinigung gelangt ein viel grösserer Teil in die Atmosphäre, insbesondere relativ flüchtige Metalle, wie Quecksilber und Cadmium.

Folgender Verbleib der anorganischen Bestandteile aus dem PVC ist nach der Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage zu erwarten (Tabelle 5).

**Deponie**

Unter den harschen Bedingungen des Eluat-Testes nach TVA (in saurem Milieu, Material zerkleinert) findet eine Herauslösung von Blei und Cadmium statt (Tabelle 1). Unter den realen Be-

dingungen in einer Deponie erstrecken sich diese Prozesse über viel längere Zeiträume. Es ist anzunehmen, dass sich PVC, wenn auch sehr langsam, auf der Deponie zersetzt. Der Prozess kann Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauern. Ein biologischer Abbau von PVC ist nicht bekannt, hingegen ein chemischer Abbau aufgrund von Oxidation. Der biologische Abbau solcher langkettiger Kohlenwasserstoff-Verbindungen geht nur sehr langsam vor sich.

Die Weichmacher (Phthalsäureester) können durch Mikroorganismen vollständig zu CO<sub>2</sub> und Wasser abgebaut werden. So vermehren sich Mikroorganismen auch auf PVC-Folien.

Mit dem Abbau der PVC-Matrix kommt es zur Freisetzung der Schwermetalle. Organozinnverbindungen z.B. werden unter dem Einfluss verschiedener Faktoren wie Licht, Sauerstoff, besonders aber durch bestimmte Mikroorganismen, zu anorganischen Zinnverbindungen abgebaut. Deshalb ist ein ständiger, wenn auch äusserst geringer Fluss an Schwermetallionen, z.B. Cadmium, in das Deponiesickerwasser zu erwarten. Die jährliche mittlere Konzentration im Sickerwasser am Ende der intensiven Reaktorphase liegt bei etwa 0,002 mg/l. Der Beitrag von PVC-Abfällen zum Cadmium-Gehalt von Siedlungsabfällen betrug in der BRD 1985 etwa 11%, derjenige zum Bleigehalt etwa 6%.

Abfallart	Element	Gehalt (g/kg TS)
Schlamm aus der Rauchgaswäsche von KVA's	Cd	0,1-0,4
	Pb	10
Elektrofilterasche aus KVA	Pb	10
	Cd	0,5
Ölabscheiderschlämme	Pb	1,5
	Cd	0,05

Tabelle 4. Schwermetallhaltige Sonderabfälle (Quelle: [6])

Element	Emission (Kamin)	Schlacke gewaschen	Filterstaub	Rauchgas-waschwasser	Schlacke-waschwasser
Chlor	3,0	8,0	15	67	7,0
Cadmium	2,0	10	85	3,0	0,5
Zink	0,2	73	26	0,8	<0,1
Blei	0,7	67	32	0,7	0,1

(Für Zinn wurden keine Werte erhoben.)

Tabelle 5. Verbleib von Schadstoffen bei der Verbrennung in Kehrichtverbrennungsanlagen in Prozent (Quelle: [3])

## Rezyklierbarkeit

Die Rezyklierung von Alt-PVC ist technisch möglich. Gewisse technische Probleme stellen sich im Lichte der obigen Resultate:

- Der Cadmiumgehalt im Staub könnte bei der Verarbeitung u.U. zu Überschreitungen der MAK-Werte für Cadmium ( $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) führen.
- Oft enthalten ältere PVC-Beläge Asbest-Fasern.
- Das Rezyklat muss nachstabilisiert werden. Dies führt zu Stabilisator-Gemischen, die Qualitätseinbussen nach sich ziehen können. Bei Rezepturen, die neben Zinn gleichzeitig Cadmium sowie bleihaltige Stabilisatoren

oder Pigmente enthalten, können z.B. Verfärbungen durch Cadmium- bzw. Bleisulfid auftreten.

Doch für die Beurteilung, ob ein Produkt rezyklierbar ist, genügt nicht allein die technische Machbarkeit. Es müssen vielmehr vorhanden sein:

- Sammellogistik
  - Kostendeckung
  - Markt für die Recycling-Produkte
- Eine qualitative Bewertung ergibt für PVC-Bodenbeläge kein einheitliches Bild. Genauere Untersuchungen, insbesondere ökologische Bilanzen, sollten durchgeführt werden. Stoffliches Recycling von PVC wird abgesehen vom Ergebnis einer solchen Ökobilanz

wahrscheinlich dann lohnend sein, wenn es gelingt, ein unkompliziertes Sammelsystem auf die Beine zu stellen (u.U. finanziert durch eine vorgezogene Entsorgungsgebühr) und wenn ein Überleben solcher Bodenbeläge auf dem Markt prognostiziert werden kann. Die zu verarbeitenden Beläge müssen frei sein von Verunreinigungen wie Kleber, Asbest und Bitumen. Weiter muss für die Rezyklate ein genügender Absatz zu kostendeckenden Preisen garantiert sein.

Adresse des Verfassers: Dr. W. Tesch, Tesch biodeg, Umweltschutz für Industrie 2000, Industriestrasse 16, 3185 Schmiten FR.

# Strassenlärm im Ortskern

Richtiges Beurteilen kommt vor dem Sanieren

**Bei tiefem Geschwindigkeitsniveau im Innerortsbereich und auch bei Pflästerungen sind die Vorgaben der Lärmberechnungsmodelle ungenügend. Gibt es für diese Einflüsse brauchbare Korrekturfaktoren zur einfachen Integration in die bestehenden Rechenmodelle? In einem Feldversuch wurde dieser Frage nachgegangen.**

## Ausgangslage

Im Kanton Appenzell Ausserrhoden werden die Lärmbelastungskataster vorwiegend mit dem Basic-Programm

VON HANS PETER ROHRER,  
HERISAU, UND RALPH  
GERSCHWILER, HEIDEN

nach Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 15 [1] berechnet. Stichprobenweise durchgeführte Lärmmessungen dienen der Kontrolle der Berechnungsergebnisse.

Im Ortskern des Kantonshauptortes Herisau gibt es schmale Strassen mit vorwiegend Granitpflasterung als Fahrbahnoberfläche. Nachgewiesenermassen ist das Geschwindigkeitsniveau auf diesen Strassen – zum Teil Einbahnstrassen – sehr tief. Der Anteil an lärmigen Fahrzeugen (N2) bewegt sich etwa zwischen 2% und 6%.

Die Immissionsberechnungen mit den minimal möglichen Geschwindigkeitseingabewerten von 45 km/h sowie der Belagskorrektur von pauschal + 6 dB (A) für Pflästerungen ergaben für ganze Strassenzüge Alarmwertüberschreitun-

gen. Aus Kontrollmessungen mit begleitenden Geschwindigkeitsmessungen (Radar) resultierten jedoch Unterschreitungen der Immissionsgrenzwerte. Die Differenzen zwischen Rechnung und Messung betragen auf der Lärmseite bis über 9 dB(A) und auf der Geschwindigkeitsseite bis zu 24 km/h.

Diese Erkenntnis liess eine rechnerische Bearbeitung mit den vorgegebenen Geschwindigkeitseingabewerten und Belagskorrekturfaktoren nicht mehr zu.

## Feldversuch

Die Tatsache, dass ein 200 Meter langes Staatsstrassenteilstück im Ort auf den ersten 100 Metern gepflästert und auf den zweiten 100 Metern mit einem Schwarzbelag abgedeckt ist, beschleunigte den Entscheid zu einem vergleichenden Feldversuch mit Personen- und Lastwagen.

Die Versuchsanordnung sah folgendes vor:

- Die Strasse wird für den Verkehr gesperrt.
- Zwei Schallpegelmesser der Firma Brüel & Kjaer, Typ 2231, werden

beim Schwarzbelag und bei der Pflasterung, im Abstand von 4 m zur Strassenaxe, gleichzeitig positioniert.

- Fünf verschiedene Personenwagen durchfahren die Strecke je zweimal pro Richtung und Geschwindigkeit.
- Ein Lastwagen (Saurer-Kipper) absolviert das gleiche Programm, jedoch nur einmal pro Richtung und Geschwindigkeit.
- Die Fahrten erfolgen in 5 km/h-Intervallen zwischen 25 km/h und 60 km/h. Gefahren wird nach Tachometer.
- Jede Durchfahrt wird aufgezeichnet, so dass bei der Auswertung Fremdgeräusche eliminiert werden können.

## Auswertung

Die aufgezeichneten Sekunden- $L_{eq}$ -Kurven der Personenwagen (Bild 1) und der Lastwagen wurden über die gespeicherten SEL-Werte separat nach Belag und Pflasterung für sämtliche Geschwindigkeitsprofile von 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 bis 60 km/h zum Stunden- $L_{eq}$  umgerechnet. Um einen massgebenden Stunden- $L_{eq}$  mit 5% Anteil an lärmigen Fahrzeugen (N2) zu erhalten, wurden zu den einzelnen  $L_{eq}$ -Pegeln der Personenwagen die aus den Aufwärts- und Abwärtsfahrten gemittelten Lastwagenpegel logarithmisch addiert (Tabelle 1).

Die Geschwindigkeiten der vorbeifahrenden Fahrzeuge wurden mit einem Radargerät überprüft. Die effektiven Geschwindigkeiten liegen durchschnittlich 6% tiefer, als die Versuchsanordnung es vorsah. Sie mussten dementsprechend korrigiert werden.