

## Schalldämmung und Schallabsorption von Schallschirmen, die nicht nach ZTV-Lsw 88 und DIN EN 1793 geprüft werden können

FA 2.205

Forschungsstelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart  
(Prof. Dr. K. Gertis)

Bearbeiter: Schupp, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und  
Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: September 2002

### 1. Aufgabenstellung

Bislang wird der Schallabsorptionsgrad von Lärmschutzwänden nach DIN EN 20354 im Hallraum gemessen. Als Ergebnis erhält man den Mittelwert über alle Schalleinfallrichtungen. Dieser Mittelwert ist jedoch nicht geeignet, das Verhalten von bepflanztan Lärmschutzwänden und Steilwällen an Verkehrswegen zu beschreiben, da der Absorptionsgrad dieser Lärmschutzeinrichtungen vom Schalleinfallswinkel abhängt und der Schalleinfall in der Praxis nicht gleichmäßig aus allen Richtungen erfolgt. Die ZTV-Lsw 88 klammert daher Steilwälle bei der

Festlegung von Anforderungen aus und die DIN EN 1793-1 beschränkt die Anwendung der Hallraummethode generell auf ebene Wände. Zur Schließung dieser Lücke wurde im Rahmen des 1997 abgeschlossenen EU-Projekts "Adrienne" [2] eine Methode zur Messung der Schallabsorption entwickelt, die eine winkelabhängige Messung an ebenen und an strukturierten Wänden ermöglicht und im Labor und in situ anwendbar ist.

Das Adrienne-Verfahren liegt inzwischen als Arbeitsentwurf für eine europäischen Norm vor [1]. Es arbeitet nach dem Impuls-Echo-Prinzip. Messgröße ist der Reflexionsindex RI, der als das Verhältnis von reflektierter zu einfallender Schallenergie definiert ist. Die Schallquelle und das Mikrofon befinden sich dicht vor der Wand (Lautsprecherabstand 1,5 m, Mikrofonabstand 0,25 m). Dabei zeigte sich, dass bei strukturierten Wänden Werte des Reflexionsindex' mit  $RI > 1$  auftreten können, die physikalisch nicht sinnvoll sind. Außerdem wurde festgestellt, dass der gemessene Reflexionsindex vom Messabstand abhängt. Beide Beobachtungen werfen die Frage auf, ob die Adrienne-Ergebnisse mit hinreichender Genauigkeit auf das in der Praxis interessierende Fernfeldverhalten übertragbar sind. Dies sollte durch Messungen an mehreren Steilwällen in Abständen bis zu 25 m geklärt werden.

## 2. Untersuchungsmethodik

Die Oberflächenstruktur wirkt sich vor allem bei hohen Frequenzen und in kleinen Abständen auf das Messergebnis aus. Bereits während der Laufzeit des Adrienne-Projekts wurde bei einer Wand mit einer Strukturtiefe von 6 cm der Messabstand variiert. Es zeigte sich, dass ab einem Abstand, der etwa dem Fünffachen der Strukturtiefe entspricht, die Messergebnisse kaum noch vom Abstand abhängen. In Abhängigkeit von der geforderten Messgenauigkeit lässt sich somit ein Mindestabstand angeben, oberhalb dessen sich das Messergebnis nicht mehr wesentlich ändert, sodass ein in diesem Abstand gemessener Wert als repräsentativ für die Fernfeldwirkung anzusehen ist.

Der Messabstand darf jedoch nicht beliebig groß gewählt werden. Bei Impuls-Echo-Messungen werden die Zeitfenster zur Trennung von Direktschall und reflektiertem Schall bei größeren Messabständen kürzer und führen so zu einer Verschlechterung der Zeitauflösung, die hauptsächlich für den unteren Frequenzbereich von Bedeutung ist. Wenn es gelingt, für die Messungen bei hohen Frequenzen einen Mindestabstand zu finden, für den sich entfernungsunabhängige Messergebnisse ergeben, während gleichzeitig ein ausreichend langes Zeitfenster zur Verfügung steht, ist davon auszugehen, dass die Messergebnisse das Reflexionsverhalten der Wand im Fernfeld richtig beschreiben. Die so ermittelten Messwerte lassen sich demnach auf das Fernfeld übertragen.

Neben den Messungen nach der Adrienne-Methode wurden weitere Messungen in Abständen von 10 m bis 25 m durchgeführt. Durch systematische Variation von Lautsprecher- und Mikrofonpositionen im Fernfeld sollte das Adrienne-Verfahren überprüft und optimiert sowie ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen im Nah- und im Fernfeld hergestellt werden.

## 3. Untersuchungsergebnisse

Bei den Messungen nach der Adrienne-Methode an einem Steilwall zeigte sich, dass das Messergebnis ab einer Messentfernung von 50 cm weitgehend unverändert blieb. Ein Abstand von 50 cm entspricht etwa dem Doppelten der Strukturtiefe. Bei dem oben angeführten Beispiel einer Wand mit einer Strukturtiefe von 6 cm hatte der Mindestmessabstand einen Wert, der dem Fünffachen der Strukturtiefe entsprach. Offenbar gibt es keine allgemeine Regel für den Zusammenhang zwischen der Strukturtiefe und dem Mindestmessabstand.

Ursprünglich war eine Vielzahl von Messungen an unterschiedlichen Lärmschutzwänden und -wällen vorgesehen. Das Adrienne-Verfahren lieferte jedoch bei größeren Messabständen wegen fehlender Invarianz der Schallübertragung keine verwertbaren Ergebnisse. Um dennoch die Adrienne-Messergebnisse mit Ergebnissen in größeren Abständen vergleichen zu können, wurde ein alternatives Messverfahren konzipiert. Dabei wird die Schallreflexion eines Wandausschnitts mit der von zwei Referenzproben verglichen, von denen die eine einen möglichst großen und die andere einen möglichst geringen Reflexionsgrad besitzen sollten. Ein Lautsprecher, der ein stationäres Signal aussendet, wird auf die Wand ausgerichtet. Das Mikrofon befindet sich von der Wand aus gesehen hinter dem Lautsprecher. Es werden nacheinander drei Messungen unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

- die Messfläche ist mit der reflektierenden Referenzprobe abgedeckt,

- die Messfläche ist mit der absorbierenden Referenzprobe abgedeckt,
- die Messfläche ist nicht abgedeckt.

Jede der 3 Messungen beinhaltet das von der Messprobe bzw. einer der Referenzproben reflektierte Signal sowie einen Signalanteil, der von Reflexionen außerhalb der Messfläche stammt. Da diese Signalanteile eine unterschiedliche Phasenlage aufweisen können, ist es zur rechnerischen Trennung der Signale und zur Berechnung des Absorptionsgrades der Probe erforderlich, dass bei den drei Messungen jeweils der komplexe Schalldruck gemessen wird. Dies erfordert aber zeitinvariante Schallübertragungswege. Es zeigte sich jedoch, dass dies bereits bei einem Abstand von wenigen Metern vom Messobjekt nicht mehr der Fall ist. Angesichts dieser Messergebnisse lassen sich bei der Ermittlung des Absorptionsgrades mittels Messung komplexer Schalldruckwerte Schwierigkeiten erwarten. Das heißt, analog zum Adrienne-Verfahren werden bereits bei verhältnismäßig geringen Messabständen von wenigen Metern kaum mehr Phasenbeziehungen auswertbar sein. Für größere Messabstände wäre demnach eine zweite Variante des alternativen Messverfahrens vermutlich besser geeignet, bei der der Schallabsorptionsgrad ohne Berücksichtigung der Phase aus dem gemessenen Schalldruckpegel ermittelt wird. Im Gegensatz zur ersten Variante wirkt sich eine niedrige Kohärenz hier sogar positiv auf die Messgenauigkeit aus. Die Frage, welches der beiden Verfahren bei welchen Messbedingungen zu bevorzugen ist, lässt sich endgültig erst nach weiteren Untersuchungen beantworten.

## 4. Folgerungen für die Praxis

Hinsichtlich der Entfernungsabhängigkeit der Adrienne-Messungen wurde festgestellt, dass die Messergebnisse mit wachsendem Messabstand in einen konstanten Wert übergehen. Bei Messungen an einem Steilwall betrug der größte verwendete Abstand 75 cm. Es bleibt zu klären, welcher Mindestabstand für konvergierende Messergebnisse benötigt wird und in welchem Maße der Messabstand und die Strukturabmessungen der Wand zusammenhängen. Die resultierenden übrigen Probleme des Adrienne-Verfahrens bei strukturierten Lärmschutzwänden, wie z. B. die physikalisch nicht interpretierbaren Ergebnisse bezüglich akustisch fundierter Messgrößen, lassen sich jedoch weder durch Verfahrensmodifikationen noch durch Festlegung maximaler Strukturiefen endgültig beheben. Die praktische Anwendungsreife des Adrienne-Verfahrens für stark strukturierte Wände ist deshalb nicht gegeben, sodass von einer uneingeschränkten Übernahme des Adrienne-Verfahrens in eine Neuausgabe der ZTV-Lsw abgeraten wird. Gleiches gilt auch für die Einführung als verbindliche europäische Messnorm in EN 1793-5.

### Literaturverzeichnis

- [1] Draft European Standard Pr ENV 1793-5, Working Draft, Version 5.1: 2000-11, Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 5: Intrinsic characteristics – In situ values of sound reflection and airborne sound insulation
- [2] European Commission, SMT Project MAT-CT94049 'ADRIENNE', Test Method For The Acoustic Performance Of Road Traffic Noise Reducing Devices, Final Report, 1<sup>st</sup> Edition, February 1998 □