Modellmessungen mit Ultraschall

M. Brodbeck[1], S.-R. Mehra[2]

[1] *Lehrstuhl für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: matthias.brodbeck@lbp.uni-stuttgart.de*
[2] *Lehrstuhl für Bauphysik, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: mehra@lbp.uni-stuttgart.de*

Einleitung

Bis vor wenigen Jahren waren akustische Modellmessungen die einzige Möglichkeit, reale akustische Situationen zu simulieren. Nachdem die Computer immer leistungsfähiger wurden und die Anwendungssoftware die Simulationsaufgaben übernahm, geriet die Modellmesstechnik fast in Vergessenheit. Da die physikalischen Vorgänge realitätsgetreu nachgebildet werden können, stellen die Modellmessungen nach wie vor eine gute Alternative zu den sehr komplexen Computerberechnungen dar. Damit der Aufwand für die Modellierung und der Platzbedarf für die Messdurchführung nicht zu groß werden, muss der Modellmaßstab sehr klein gewählt werden. Die Modellmessungen im Rahmen dieser Arbeit wurden im Maßstab 1:100 durchgeführt.

Da die Wellenlängen des anregenden Schalls entsprechend der Geometrie des Messgebiets maßstabsgerecht verkleinert werden müssen, liegen die zu untersuchenden Frequenzen im Ultraschallbereich. Dagegen ist das Beugungsverhalten von Schallschirmen im Modell gleich wie in der Realität, da die Fresnel-Zahl (Größe für das Beugungsverhalten) unabhängig vom Maßstabsfaktor ist.

Messdurchführung

In [1] wurde die Schallausbreitung in bebauten und unbebauten Gebieten mit und ohne Schallschirm untersucht, wofür ein Freifeld-Modellraum zur Verfügung stand. Dessen Wände waren absorbierend ausgekleidet, um unerwünschte Reflexionen ausschließen zu können. Die Modellmessungen erfolgten im Frequenzbereich von 40 kHz bis 100 kHz. Maßstabsgerecht umgerechnet lagen die Frequenzen in der Realität folglich zwischen 400 Hz und 1000 Hz.

Als Schallquelle wurden jeweils ein Lautsprecher und ein Ultraschallwandler, der vom Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren in Saarbrücken zur Verfügung gestellt wurde, verwendet. Das Schallsignal, weißes Rauschen, wurde von einem Rauschgenerator erzeugt und mit einem Leistungsverstärker verstärkt. Zur Messung von Schallpegeln im Messgebiet kamen 1/8“-Mikrofone, die mit Ministativen positioniert wurden, zum Einsatz. Über einen Messverstärker wurden die Signale im Computer mit einer geeigneten Soundkarte aufgenommen und entsprechender Software analysiert.

Die Gebäude waren gewöhnliche Kunststoffmodelle, wie sie auf Modelleisenbahnen zu finden sind. Entsprechende Gebäudeabmessungen sind aus Abbildung 1 ersichtlich. Drei Gebäudeanordnungen; wie in Abbildung 1, um 90° gedreht und zufällig angeordnet mit einem großen Gebäude auf der Messlinie sowie. Lärmschutzwände aus verschiedenen Materialien und mit zwei unterschiedlichen Höhen wurden untersucht. Als Wandmaterial wurde Holz, Pappe und papierbeschichtete Hartschaumplatte ausgewählt. Die Holzvariante wurde 6 m und 3,5 m hoch vor dem Messgebiet aufgebaut, die beiden anderen Varianten waren 6 m hoch.

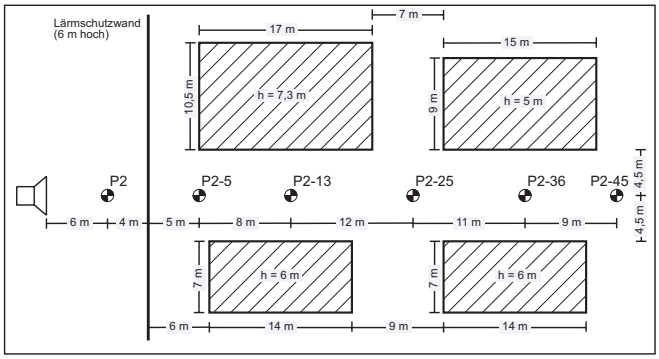

Abbildung 1: Messgebiet mit paralleler Gebäudeanordnung

Im unbebauten Gebiet wurde die Schallausbreitung bis 80 m hinter dem Schallschirm, in den bebauten Gebieten bis 50 m dahinter untersucht. In beiden Messgebieten wurden jeweils fünf Messpunkte festgelegt, in denen die Schallpegeldifferenz ΔL gemäß Gleichung (1) ermittelt wurden:

$$\Delta L = L_R - L_P \qquad \text{[dB]} \qquad (1)$$

mit

L_R	Schallpegel im Referenzpunkt	[dB]
L_P	Schallpegel im Messpunkt	[dB]

Messergebnisse

Die Untersuchungen fanden in bebauten und unbebauten Gebieten mit und ohne Schallschirm statt. Ergebnisse aus dem unbebauten Gebiet (beispielsweise Abbildung 2) wurden mit realen Messwerten (Abbildung 3) verglichen. Dabei traten Unterschiede bei den Schallpegeldifferenzen ΔL auf, die anhand der verschiedenen Messbedingungen im Freien und im Labor weitgehend erklärt werden konnten. Zu berücksichtigen waren dabei die Art der Schallquelle, die Luftabsorption, die Lage der Straße, die Bodenabsorption und meteorologische Einflüsse.

Die Modellmessungen in drei fiktiven bebauten Gebieten lieferten plausible Ergebnisse. Abbildung 4 zeigt beispielsweise das Einfügungsdämpfungsmaß durch Aufstellen einer 6 m hohen Lärmschutzwand vor parallel stehenden Gebäuden gemäß Abbildung 1. Mit dieser Gebäudeanordnung wurden zusätzlich Werte mit einer 3,5 m hohen Lärmschutzwand gemessen. Dabei war die Abschirmwirkung deutlich geringer.

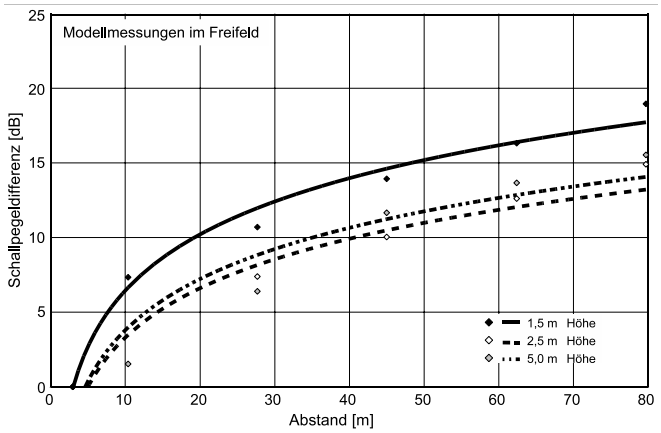

Abbildung 2: Gemessene Schallpegeldifferenz in Abhängigkeit des Abstands zur Schallquelle in verschiedenen Höhen über dem Boden im Freifeld-Modellraum

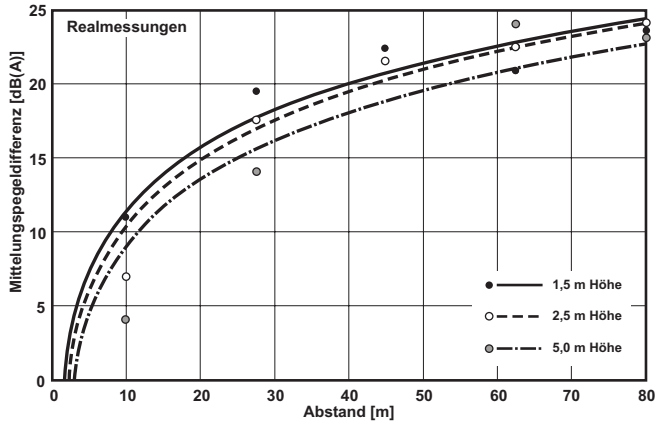

Abbildung 3: Gemessene Schallpegeldifferenz in Abhängigkeit des Abstands zur Schallquelle in verschiedenen Höhen über dem Boden in einem realen unbebauten Gebiet, nach [2]

Beim Vergleich von Freifeldmessungen mit Messungen im bebauten Gebiet konnten Schallpegelerhöhungen und Schallschattenzonen durch die Bebauung beobachtet werden. Insbesondere bei der zufälligen Gebäudeanordnung, bei der ein großes Gebäude auf der Messlinie steht, waren diese Pegeländerungen besonders ausgeprägt.

Beim Vergleich der Messungen mit Lärmschutzwand im unbebauten Gebiet mit denen mit Lärmschutzwand im bebauten mit paralleler und um 90° gedrehter Gebäudeanordnung konnten nur kleine Unterschiede festgestellt werden. Zurückzuführen waren sie auf den geringen Einfluss der Bebauung selbst auf das Einfügungsdämpfungsmaß. Insgesamt konnten ausgesuchte Messwerte im unbebauten Gebiet sowohl ohne als auch mit Lärmschutzwand durch Rechnung belegt werden. Insbesondere hat sich gezeigt, dass die Gestaltung der Landschaft und die Wahl des Referenzpunkts sehr großen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

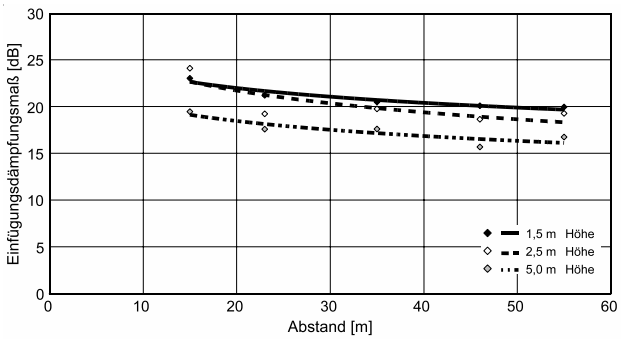

Abbildung 4: Einfügungsdämpfungsmaß in Abhängigkeit des Abstands zur Schallquelle. Gemessen wurde nach Aufstellen einer 6 m hohen Lärmschutzwand vor bestehende Bebauung

Zusammenfassung und Ausblick

Die Messungen haben gezeigt, dass die Messergebnisse zwischen Modell und Realität prinzipiell übereinstimmen. Bei diesen ersten Versuchsreihen stellte sich heraus, dass die Leistung des Ultraschallwandlers mit den vorhandenen Möglichkeiten nicht ganz ausgereizt werden konnte. Vor allem bei den Messungen mit der Lärmschutzwand war die Schallenergie, die im Messgebiet aufgenommen wurde, sehr gering. Für künftige Untersuchungen wäre ein für den Frequenzbereich der Modellmessungen optimierter Ultraschallwandler hilfreich.

Außerdem sind bei den Untersuchungen Phänomene aufgetreten, die noch nicht erklärt werden konnten. Sollen sollen in weiteren Untersuchungen näher erforscht werden. Insbesondere sollen bei den künftigen Modellmessungen meteorologische Einflüsse wie Wetterlagen und Windsituationen einbezogen werden.

Literatur

[1] Brodbeck, M.: Messtechnische Untersuchung der Schallausbreitung im akustischen Freifeld-Modellraum. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2006)

[2] Schlich, M.: Stadtbauphysikalische Aspekte von Lärmschutzwänden unter Berücksichtigung des Windes und deren Beurteilung durch die Anwohner. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2003)