

Holger Techen, Jochen Krimm

## **Bestimmung der akustischen Wirksamkeit von Fassadenoberflächen im Stadtraum**

Akustische Wirksamkeit von  
Fassadenoberflächen und -strukturen im  
Hinblick auf eine akustische Bewertung  
des Außenraumes / Stadtraumes an der  
Empfängerposition – Bestimmung von  
Transformationseffekten

F 3150

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0395-2

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)



# **Bestimmung der akustischen Wirksamkeit von Fassadenoberflächen im Stadtraum – Akustische Wirksamkeit von Fassadenoberflächen und – strukturen im Hinblick auf eine akustische Bewertung des Außenraumes / Stadtraumes an der Empfängerposition - Bestimmung von Transformationseffekten**

## **Endbericht**

Projektlaufzeit: 01.09.2016 – 30.11.2018  
Der Bericht umfasst  
87 Seiten Text

Autoren:  
Holger Techen, Frankfurt University of Applied Sciences  
Jochen Krimm, Frankfurt University of Applied Sciences

Frankfurt University of Applied Sciences,  
Frankfurter Forschungsinstitut für Architektur - Bauingenieurwesen - Geomatik

Frankfurt, 16. Juli 2019

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert (AZ: SWD-10.08.18.7-16.26)  
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

## Akustische Wirksamkeit von Fassadenoberflächen

### Kurzbeschreibung

#### *Akustisch wirksame Fassaden*

Infolge des anhaltenden Zuzugs in die Metropolen, werden die bestehenden städtischen Strukturen stark nachverdichtet. Durch die hierfür notwendigen Neubauten, nimmt die Zahl der Fassadenflächen im Stadtraum deutlich zu. In der Folge führt dies zu mehr Lärm im Stadtraum, da der Schall der vorhandenen Verkehrslärmquellen an den, zumeist schallhart ausgeführten Fassaden reflektiert werden. Die Lärmerhöhung entsteht durch die Summierung der Reflexionen mit dem vorhandenen Direktschall. In der Akustik ist das Phänomen lange bekannt, jedoch beziehen sich aktuelle Messverfahren, technische Regeln und normierte Berechnungen nur auf die Materialität und nicht auf den Kontext der Anordnung im Stadtraum. Aufgrund der, daraus resultierenden, ungenügenden Datenlage konnte dieser Effekt bisher keinen Eingang in die Planungspraxis finden. Um diese Lücke zu schließen, wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes die akustische Wirkung von Fassadenoberflächen im Kontext des Stadtraums bestimmt. Für diesen Zweck wurde ein mobiles Fassadenlabor entwickelt um verschiedene Fassadenoberflächen an ausgewählten Standorten in Abhängigkeit des *in situ* vorhandenen Lärms akustisch zu bestimmen. Das Mess- und Auswerteverfahren zur akustischen Bestimmung der Oberflächenqualitäten wurde hierfür derart entwickelt, dass die *in situ* vorhandenen Lärmquellen als Eingangssignal genutzt werden. Dementsprechend wurden die Standorte so gewählt, dass eine Schallquelle im Soundscape des Ortes deutlich dominant wahrzunehmen war. Über die Standortauswahl konnten so die wichtigsten Verkehrslärmarten Straße, Schiene und Luftverkehr abgedeckt werden. Während der zwei Monate dauernden Messkampagne im Jahr 2017, wurden an acht verschiedenen Standorten, jeweils fünf verschiedene Fassadenoberflächen gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass über strukturierte Fassadengeometrien eine Pegelreduzierung von 4 dB in 4 m Entfernung zur Fassade erreicht werden kann. Bei sehr stark strukturierten Fassadenoberflächen ändert sich die erreichte Pegelreduzierung nur wenig, wenn sich die Einwirkungsrichtung der Schallquelle ändert. Die gemessene Pegelreduzierung lässt sich, bei gleicher Anordnung sowohl für Flug- als auch für Straßenlärm erreichen. Bei weniger strukturierten Fassadenoberflächen wurden für die Pegeländerung bei Flug- und Straßenverkehrslärm stark unterschiedliche Pegeländerungen festgestellt. In zukünftigen Forschungsvorhaben werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung als Grundlage zur Entwicklung von Planungsparametern für die Entwicklung von akustisch wirksamen Fassaden dienen. Mit Anwendung dieser Planungsparameter wird eine verdichtete, aber trotzdem leisere Stadt in Zukunft möglich werden.

Schlagworte: Fassaden, Reflexionsvermögen, akustische Wirkung, Metropolen, Kontext, Messverfahren, Feldmessung, Verkehrslärm, Stadtraum

## Akustische Wirksamkeit von Fassadenoberflächen

### Abstract

### Bestimmung der akustischen Wirksamkeit von Fassadenoberflächen im Stadtraum

Zum Thema der akustischen Wirkung einer Fassade im Stadtraum liefert die Akustik bisher überwiegend nur Ergebnisse aus zwei-dimensionalen Betrachtungen heraus. Vorhandene Messverfahren und Schallausbreitungsberechnungen basieren auf Materialkennwerten, die sich nicht in Planungsparameter für Stadträume überführen lassen. Aus diesem Grund findet das Reflexionsverhalten von Fassaden und die daraus resultierende Pegelerhöhung des Umgebungslärms im Stadtraum, bisher keinen Eingang in die Planungspraxis von Stadtplanern und Architekten. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden fünf Fassadenoberflächen, die eine unterschiedliche Oberflächengeometrie aufwiesen, in einem mobilen Fassadenprüfstand an acht Orten im Stadtgebiet von Frankfurt am Main gemessen. Die fünf unterschiedlichen Fassadenoberflächen und das mobile Fassadenlabor wurden eigens hierfür entwickelt. Die vorhandenen Lärmquellen vor Ort und die notwendige Logistik für das mobile Fassadenlabor bestimmten die Standortauswahl. Zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften, der eingesetzten Fassadenoberflächen, wurden die vorhanden Lärmquellen vor Ort als Eingangsgröße genutzt. Über den Vergleich der Messdaten von strukturierten Fassadenoberflächen mit den Messdaten einer glatten, schallharten Referenzfläche, konnte die Pegelveränderung zwischen beiden Oberflächen bestimmt werden. Dabei konnten Pegeländerungen von 1 dB - 6 dB für einzelne Frequenzbänder, oder breitbandige Pegelveränderungen von 0,5 dB - 4 dB festgestellt werden. So konnten Erkenntnisse hinsichtlich der frequenzabhängigen Wirkung von strukturierten Fassadenoberflächen gewonnen werden. Darüberhinaus lieferte die Betrachtung der eingesetzten Fassadengeometrien, in Abhängigkeit des Ortes, der Einwirkungsrichtung, des Lautstärkepegels und der Frequenzspektren von Verkehrslärmschallquellen, Erkenntnisse hinsichtlich der Gewichtung einzelner Parameter, im Bezug auf die erreichte Pegeländerung.

**Schlagworte:** Fassaden, Reflexionsvermögen, akustische Wirkung, Metropolen, Kontext, Messverfahren, Feldmessung, Verkehrslärm, Stadtraum

## Abstract Englisch

### Determining the acoustic effectiveness of facade surfaces in urban space

Today's findings on the acoustical effectiveness of facades in urban spaces derive from two-dimensional investigations. In current measurement procedures and sound propagation calculations the quality of reflections is based on material properties. Yet these material properties cannot be transferred into design parameters for urban spaces. This is the reason why reflection properties of facades and the resulting level increases in surrounding urban spaces are not implemented in urban or architectural design processes up to now. Five different facade surfaces were evaluated in a mobile test rig. A measurement campaign was conducted at eight locations in the urban space of Frankfurt/Main. A mobile test rig and five different facade modules were developed to fit the measurement setup. The selection of the measurement locations was determined by the noise sources, which are present on site and the necessary requirements regarding the logistics of the mobile test rig. The present noise sources on site were used to determine the acoustical properties of different facade surfaces in the mobile test rig. A comparison of measurement data from different structured surfaces with the measurement data of a plain hard reflective surface determined the level change between both surfaces. Level changes of 1 dB - 6 dB in single frequency bands or broadband level changes of 0,5 dB - 4 dB were reported. The evaluation of the measurement data provides insight on the frequency dependent effect of structured geometries. Findings regarding the weighting of parameters in relation to the achieved level change were derived from the investigation of facade geometries in dependency to the location of the mobile test rig, the direction of the sound impact, noise level and frequency spectrum of traffic noise sources.

**Keywords:** Facades, reflection properties, acoustic effectiveness, metropolises, context, measurement procedure, on site measurement, traffic noise, urban space

## Akustische Wirksamkeit von Fassadenoberflächen

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1	Vorwort	7
1.2	Der Urbane Raum in der Akustik	7
1.3	Das mobile urbane Akustiklabor	10
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Messungen</b>	<b>11</b>
2.1	Entwicklung des mobilen Labors	11
2.2	Entwicklung der räumlichen Anordnung der Messmikrofone	14
2.3	Eingangsgröße Messsignal	15
2.3.1	<i>Gemessene Einzelereignisse miteinander vergleichen</i>	15
2.3.2	<i>Eine bestimmte Anzahl Ereignisse sammeln</i>	15
2.3.3	<i>Längere Messzeiträume mit gleicher Länge miteinander vergleichen</i>	16
2.3.4	<i>Überprüfung der Vergleichbarkeit der Messsignale</i>	16
2.4	Das Messequipment	16
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Testmodule</b>	<b>18</b>
3.1	Grundlegende Varianten	18
3.2	Entwicklung des Kunststein Moduls Lithodecor	19
3.3	Entwicklung des Wärmedämmverbundsystemmoduls Alsecco	19
3.4	Entwicklung des Textil Fassaden Moduls	20
3.5	Entwicklung des Metall Moduls	21
<b>4</b>	<b>Auswahl der Standorte in Frankfurt/Main</b>	<b>22</b>
4.1	Frankfurt, Europaviertel, Europa Allee/ Pariser Straße:	25
4.2	Frankfurt, Innenstadt, Taunusanlage:	25
4.3	Frankfurt, Innenstadt Ost, Lange Straße 14, Altenheim:	26
4.4	Frankfurt, Nordend, Matthias-Beltz-Platz:	27
4.5	Frankfurt, Innenstadt, Goetheplatz:	28
4.6	Frankfurt, Niederrad, Lyoner Str 1:	29
4.7	Frankfurt, Nied, Ferdinand-Scholling-Ring:	30
4.8	Frankfurt, Westend, Senckenberganlage - Robert-Mayer-Straße:	31
4.9	Frankfurt, Niederrad, Lyoner Straße 27:	32
4.10	Frankfurt, Innenstadt, Baseler Platz:	33
4.11	Frankfurt, Innenstadt, Stephanstraße 14:	33
4.12	Frankfurt, Schlossstraße 29-31:	34
4.13	Genehmigungsverfahren	35
<b>5</b>	<b>Die Feldmessungen</b>	<b>37</b>
5.1	Durchführung einer Messung	38
<b>6</b>	<b>Auswertung eines Datensatzes</b>	<b>40</b>
6.1	Vorgehensweise	40
6.1.1	<i>Zusammenfügen der einzelnen Audiodateien einer Messung</i>	40
6.1.2	<i>Aufteilung in Auswertungsintervalle</i>	41
6.1.3	<i>Erstellung von Pegel-Frequenzkurven</i>	41
6.1.4	<i>Vergleich der Pegel-Frequenzkurven</i>	42
6.1.5	<i>Auswertung der Datensätze anderer Standorte</i>	46
6.1.6	<i>Anordnung und Messdaten der Mikrofonpositionen</i>	47
<b>7</b>	<b>Ergebnisse der Auswertungen der Testfassaden</b>	<b>51</b>
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse für einzelne Testfassaden	51
7.1.1	<i>Referenzfläche</i>	51
7.1.2	<i>90° geöffnete Lamelle</i>	53
7.1.3	<i>45° geklappte Lamelle</i>	54
7.1.4	<i>WDVS System</i>	56

## Akustische Wirksamkeit von Fassadenoberflächen

7.1.5 Vergleich der Messergebnisse der vertikalen Einbaulage des WDVS Moduls an verschiedenen Standorten.....	60
7.1.6 Vergleich der Messergebnisse der horizontalen Einbaulage des WDVS Moduls in Abhängigkeit verschiedener Lärmarten.....	60
7.1.7 Textil-Fassaden Modul.....	62
7.1.8 Metallfassade.....	65
7.1.9 Kunststein.....	67
7.2 Einfluss der örtlichen Rahmenbedingungen auf die Ergebnisse.....	70
7.2.1 Einfluss der Einwirkungsrichtung der Lärmquelle.....	70
7.2.2 Einfluss des Pegels der Lärmquelle.....	71
7.2.3 Einfluss der Eigenschaft der Lärmquelle.....	72
7.2.4 Einfluss der umgebenden Flächen.....	72
7.3 Skalierte Messungen der Grundanordnung des mobilen Labors.....	73
7.3.1 Aufbau und Durchführung.....	73
7.3.2 Ergebnisse und Vergleichbarkeit.....	75
<b>8 Fazit und Ausblick.....</b>	<b>76</b>
<b>9 Verzeichnis der Abbildungen.....</b>	<b>79</b>
<b>10 Verzeichnis der Tabellen.....</b>	<b>82</b>
<b>11 Literatur.....</b>	<b>83</b>
<b>12 Eigene Veröffentlichungen zur akustisch wirksamen Fassade.....</b>	<b>86</b>
<b>13 Veranstaltungen im Rahmen des Projektes:.....</b>	<b>88</b>
<b>14 Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes:.....</b>	<b>88</b>