

# Transformationspotentiale von Hochhausfassaden für lärmbelastete Stadträume

Jochen Krimm<sup>1,2</sup>, Holger Techen<sup>1</sup>, Ulrich Knaack<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurter Forschungsinstitut für Architektur-Bauingenieurwesen-Geomatik E-Mail: Jochen.krimm@fb1.fra-uas.de

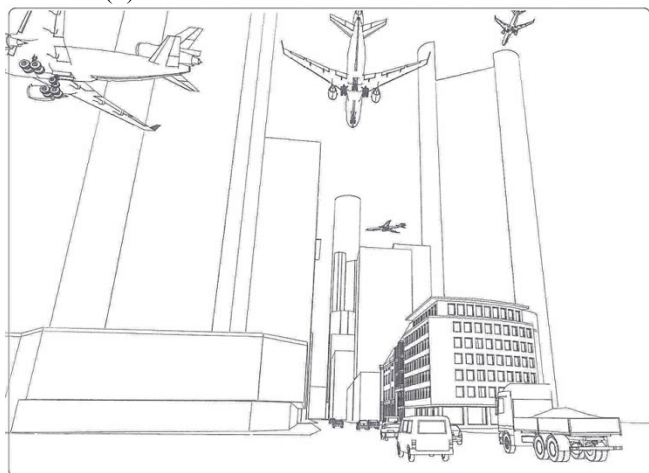
<sup>2</sup> Delft University of Technology, Architecture and the Build Environment, Architectural Engineering + Technology

## Einleitung

Wie Untersuchungen gezeigt haben führt die Reflexion von Verkehrslärm an schallharten Hochhausfassaden zu einer deutlichen Pegelerhöhung weit über den theoretischen Wert von 3 dB [1]. Dieser Effekt auf den Lärmeintrag in einen Stadtraum lässt sich messtechnisch nur in besonderen isolierten städtebaulichen Situationen erfassen [2]. Dieser Effekt kommt jedoch hauptsächlich in den verdichteten Innenstädten zum Tragen und sollte hier vor Ort untersucht werden. In innerstädtischen Räumen mit vielfachen Reflexionsflächen kombiniert mit einer großen Varianz an Lärmquellen, führt eine messtechnische Untersuchung aufgrund der Überlagerung und Unregelmäßigkeiten von Schallereignissen nicht zu signifikanten Ergebnissen. Für vorzuschlagende Maßnahmen in diesem Bereich ließe sich nur der theoretische Wert von 3 dB ansetzen. Um Interventionen an der Fassade hinsichtlich des Reflexionsverhaltens besser begründen zu können, müssen neue Untersuchungsmethoden gefunden werden.

## Auditive Erfassung von Fassadeneffekten

Die Reflexion von Schallereignissen an Hochhausfassaden führt nicht nur zu einer Pegelerhöhung sondern auch zu Veränderungen des Höreindrucks. In dem Bereich rund um den Hochhauscluster der Frankfurter Innenstadt ist das deutlich erlebbar. Nach Begehungen mit Studentengruppen wurden immer wieder ausgeprägte Fehlortungen von Flugzeugen in diesem, von Hochhäusern geprägten Bereich, berichtet (1).

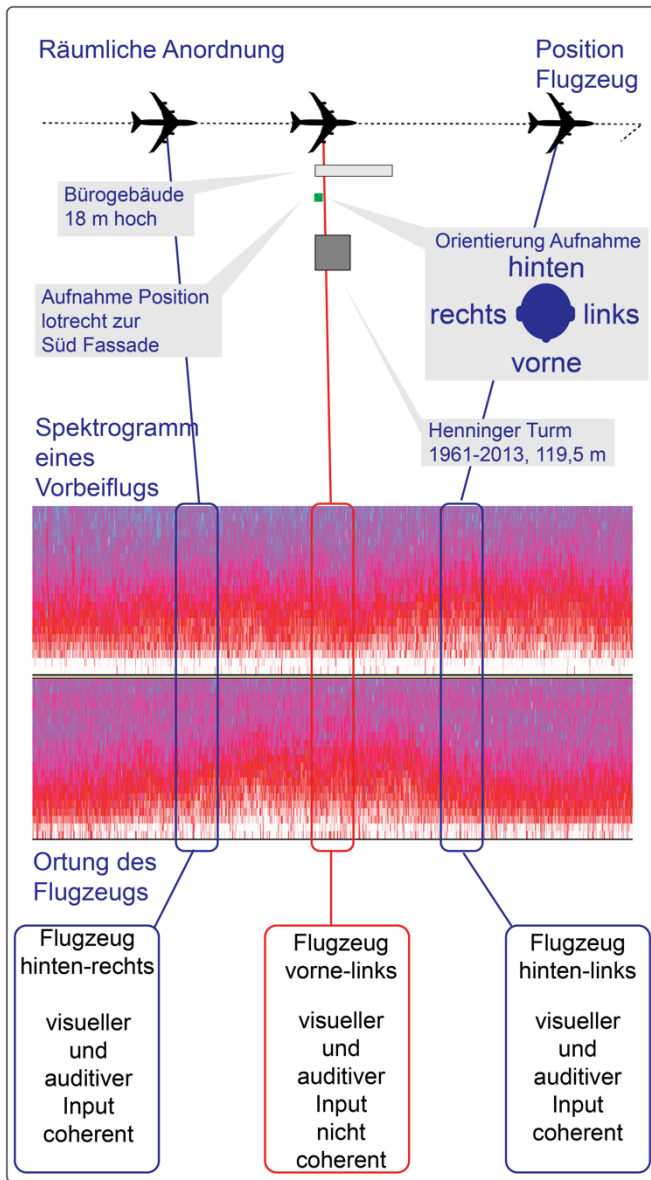


**Abbildung 1:** Visualisierung von gehörmäßigen Fehlortungen eines Vorbeiflugs in 3000 m Entfernung zum Standort im Bereich der Neuen Mainzer Straße in Frankfurt am Main, ausgelöst durch Reflexionen des Fluggeräusches an den schallharten Hochhausfassaden.

An diesem Bereich der Innenstadt führt eine Abflugroute des Flughafens Frankfurt in 3000 m östlich vorbei. Die Reflexion des Flugzeuggeräusches an den Hochhausfassaden führt dazu, dass die akustische Wahrnehmung nicht mehr mit der visuellen Wahrnehmung übereinstimmt. Das heißt, das vorbeifliegende Flugzeug wird in einer anderen Flugrichtung auditiv wahrgenommen als es tatsächlich visuell erfahrbar fliegt. Im Bereich der Taunusanlage führen die Reflexionen des Fluggeräusches an den Hochhausfassaden zu bis zu drei Richtungsänderungen im Höreindruck.

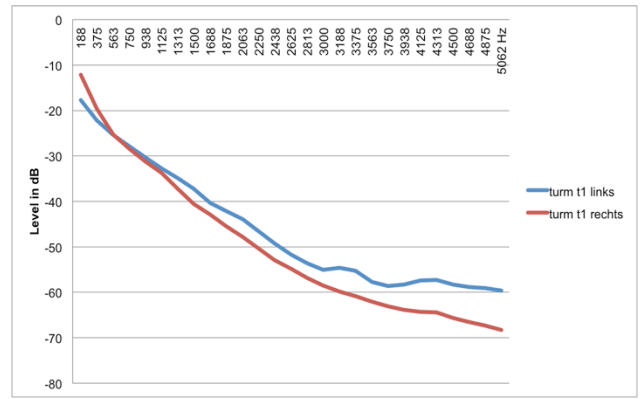
## Messtechnische Erfassung von Fassadeneffekten

Ein Faktor für die Änderung der auditiven Richtungswahrnehmung ist eine Änderung im Frequenzverlauf der empfangenen Signale [3]. Es müsste sich also mit einer vergleichenden Frequenzanalyse beider Kanäle einer Stereoaufnahme der Effekt der Fehlortung messtechnisch beschreiben lassen. Die hier untersuchten Messaufnahmen wurden parallel zur Feldmessung während des Rückbaus des Henninger Turms erstellt [2]. Dort wurden Flugzeuggeräusche am Ort einer gehörmäßig erfahrbaren, starken Fehlortung mit einem Stereo Digital Recorder aufgenommen. Um eine Trennung des Stereosignals auf der Aufnahme zu erreichen wurde, ähnlich einer Jecklin Scheibe, eine 1 cm dicke, 40 cm im Durchmesser messende Filzscheibe zwischen die rechte und linke Mikrofonskapsel gebracht [4]. Die digitalen Audio Dateien wurden während des Abhörens mit einem Kopfhörer in einzelne Vorbeiflugereignisse unterteilt. An den Punkten der stärksten Richtungswahrnehmung während des Abhörens mit dem Kopfhörer wurden Marker gesetzt um an diesen Punkten im Zeitverlauf die Frequenzspektren zu analysieren. Die einzelnen Vorbeiflugereignisse wurden in einer Spektrogrammansicht dargestellt.

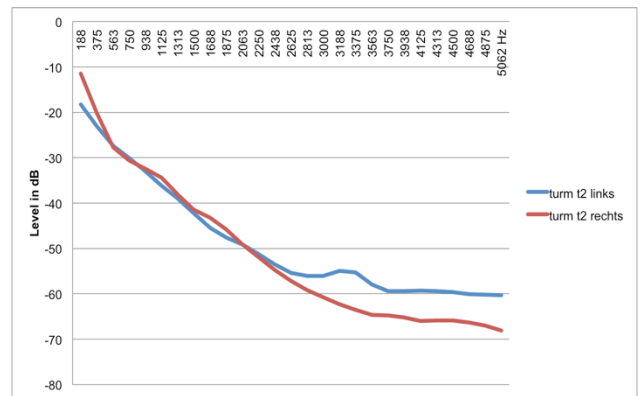


**Abbildung 2:** Aufnahmesituation rund um den Henninger Turm im März 2013; Darstellung der räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge. Für den Zeitpunkt der Fehlortung sind Unterschiede in der Spektrogrammdarstellung ablesbar.

Die Pegel-Frequenzgraphen für den Zeitpunkt der Lokalisation "hinten/rechts" (3) zeigen Unterschiede zwischen dem linken und rechten Kanal der Aufnahme. Vergleicht man den Graphen des linken Kanals mit dem Graphen des linken Kanals für den Zeitpunkt der Ortung "vorne/links" (4) lässt sich eine deutliche Änderung in den Frequenzbändern ab 3,7 kHz erkennen.



**Abbildung 3:** Pegel-Frequenz-Graphen des aufgenommenen Stereosignals zum Zeitpunkt der Lokalisation "hinten/rechts".



**Abbildung 4:** Pegel-Frequenz-Graphen des aufgenommenen Stereosignals zum Zeitpunkt der Lokalisation "vorne/links".

### Interventionen an der Fassade

Die erkannten und messtechnisch darstellbaren Fehlortungen von Schallquellen in einem städtischen Raum können als unerwünschte Auswirkung einer Schallquelleneinwirkung erkannt werden, da sie unabhängig von der individuellen Wahrnehmung Schallereignisse an Orten im Stadtraum stärker hörbar machen, an denen diese nicht hörbar sein sollten. Im Umkehrschluss kann durch eine Veränderung der Reflexionseigenschaften von Fassadenoberflächen auf diesen zusätzlichen Lärmeintrag Einfluss genommen werden. Betrachtet man mögliche Maßnahmen an den Fassadenoberflächen in einem planerischen und baukonstruktiven Zusammenhang, stellt sich folgendes Bild dar:

- Hochhausfassaden werden aus schallharten Materialien erstellt und sind aus ökonomischen Gründen zumeist als Glasfassaden mit einer geringen Bautiefe ausgeführt.
- Maßnahmen in der Fassade müssen mit den technischen Bedingungen der Nutzung abgestimmt werden.
- 40% der Fassadenfläche werden für die Transparenzfunktion (Licht, Ausblick) benötigt.

- 60% der Fassade können mit anderen Funktionen belegt werden, wie zum Beispiel Lüftung und Energieerzeugung.

Baukonstruktiv betrachtet kann das Reflexionsverhalten einer Fassade verändert werden durch Oberflächen mit absorbierenden Eigenschaften. Eine andere Möglichkeit ist die gezielte Veränderung der Oberflächengeometrie um eine Richtungsänderung der Reflexion zu erreichen. Unter dem Aspekt einer bestmöglichen Wirksamkeit betrachtet lässt sich maximal 60% der Fläche einer Fassade mit absorbierendem Material ausstatten. 40% müssen für die Transparenzfunktion zur Verfügung stehen. Nach bisherigem Stand der Technik ist es nicht möglich transparente Fassadenflächen absorbierend zu gestalten. Die Reflexionswirkung der Glasflächen senkt die Wirksamkeit der absorbierenden Flächen in der Gesamtbetrachtung der Wirkung der Fassadenfläche. Mit einer kontrollierten Reflexion über eine besondere Fassadengeometrie, lassen sich 100 % der zur Verfügung stehenden Fassadenfläche belegen da auch geneigte Fensterkonstruktionen hier zu Wirkung beitragen. Das Problem der kontrollierten Reflexion ist die Verlagerung des Lärms. Wenn Lärm in eine andere Richtung als bisher reflektiert wird, stört er dort weniger? Die aussichtsreichste Variante in diesem Gedankenmodell ist eine kombinierte Variante. In diesem Fall könnten 60 % der Fassadenfläche absorbierend ausgestattet werden. 40 % der Fläche würden zur kontrollierten Reflexion eingesetzt werden können.

**Tabelle 1:** Übersicht der Fassadenwirkungen in Abhängigkeit von Fläche und Funktion

Varianten	Opake Flächen	Transparente Flächen	Gezielt reflektierte Schallenergie	Störung durch reflektierte Schallenergie an anderen Orten
Absorption	60%	0%	0%	40%
gezielte Reflexion	60%	40%	100%	? (0-100%)
Kombination	60%	40%	40	? (0-40%)

Es sind bisher weder Materialien für die Absorption in Hochhausfassaden erforscht noch gibt es hinreichend Aussagen über die Wirkung bestimmter Geometrien hinsichtlich ihrer reflexionsveränderten Wirkung im städtebaulichen Maßstab. Hier muss Neuland begangen werden um das Thema nicht nur zu erforschen sondern auch attraktiv zu machen für Investoren und andere Entscheider von Großprojekten.

## Literatur

- [1] Sälzer, E.: Städtebaulicher Schallschutz, Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin, 2. Auflage 1984
- [2] Techen, H., Krimm, J., Akustische Fassaden, Fortschritte der Akustik - DAGA 2014 S846-847, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), Berlin, 2014
- [3] Blauert, J.: Spatial Hearing, The MIT Press, Cambridge, London, revised Edition 1997
- [4] Dickreiter, M.: Handbuch der Tonstudioteknik, Band1, K.G.Saur Verlag KG, München, 6. Auflage 1997