

Der urbane Raum in der Akustik als architektonische Gestaltungsgrundlage für leisere Städte

Jochen Krimm^{1,2}, Holger Techen¹, Ulrich Knaack²

¹ Frankfurt University of Applied Sciences, Frankfurter Forschungsinstitut für Architektur-Bauingenieurwesen-Geomatik E-Mail: holger.techen@fb1.fra-uas.de

² Delft University of Technology, Architecture and the Build Environment, Architectural Engineering + Technology

Einleitung

In den Großstädten der Metropolregionen Europas nimmt die Lärmbelastung der Bevölkerung spürbar zu. Nur mit dem Mittel der Nachverdichtung ist es möglich dem gestiegenen Bedarf an Wohnraum und Infrastruktur Rechnung zu tragen. Verantwortlich für den erhöhten Lärmeintrag in den Stadtraum ist hierbei nicht nur die Zunahme der Zahl der Lärmquellen an sich, sondern auch die drastische Zunahme von sehr großen schallharten, innerstädtischen Reflexionsflächen, den Hochhausfassaden. Umfangreiche Untersuchungen in den letzten 70 Jahren von einer Vielzahl von Forschern bestätigen, dass im Stadtraum eine maßgebliche Einflussnahme durch die Architektur stattfindet. Wenn also Architekten und Ingenieure im Umkehrschluss diesen Fassadeneffekt nutzen wollen um gezielt lärmindernd in den akustischen Stadtraum einzugreifen, welche Daten und Szenarien können aus den bisher vorhandenen Untersuchungen hierfür als Grundlage dienen?

Der Urbane Raum in der Akustik

Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen zum der Schallausbreitung im städtischen Raum. Allen diesen Untersuchungen liegt immer eine räumliche Anordnung zugrunde, die entweder modellhaft gewählt wurde oder eine vorhandene gebaute Situation darstellt. Analysiert wurde im ersten Schritt die Anzahl der Stockwerke. Für den Fall das eine Höhenangabe und keine Geschoßanzahl vorhanden war wurden diese durch eine durchschnittliche Geschoßhöhe von 3,2m geteilt und der entstehende Wert abgerundet. Wurden in einem Artikel verschiedene Gebäudehöhen betrachtet, so wurde der höchste Wert angesetzt. Die Auswertung in Tabelle 1 zeigt klar, dass die überwiegende Anzahl der Untersuchungen Gebäude bis zu einer Höhe von acht Stockwerken als stadträumliche Anordnung gewählt hat. Des Weiteren wurden die Ergebnisse der einzelnen Artikel in Abhängigkeit der durchgeführten Untersuchungsmethoden hinsichtlich ihrer räumlichen Dimension bewertet und unterschieden in 2 D und 3D. Diese Auswertung zeigt Tabelle 2.

Tabelle 1: Auswertung der Artikel bezüglich der Stockwerksanzahl der untersuchten städtebaulichen Situation

Anzahl Stockwerke	Anzahl Artikel	Artikel Referenz
1	1	36
2	1	39
3	13	7, 10, 21, 23, 31, 33, 38, 40, 42, 43, 45, 49, 52
4	3	5, 16, 29
5	6	3, 4, 11
6	13	6, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 25, 27, 28, 32, 34, 50,
7	1	41,
8	2	35, 53
10	2	1, 14,
12	1	20,
13	1	2,
15	3	24, 26, 51,
18	1	9,
20	1	8
50	1	37
50+	1	22

Tabelle 2: Auswertung der Artikel bezüglich der räumlichen Dimension des Ergebnisses

räumliche Dimension	Anzahl Artikel	Artikel Referenz
2 D	24	10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 41, 48, 53,
3 D	28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 16, 24, 28, 30, 31, 34, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52,

Anwendungsbeispiel eines 2 D Untersuchungsergebnisses

Viele Ergebnisse werden über 2 D Simulationen erzeugt. Bei der Umsetzung dieser Schnittbildsimulationen in gebaute Projekte führt die aktuelle Planungspraxis und Bautätigkeit im Prozess der städtischen Nachverdichtung zu massiven Diskrepanzen. Die Abbildung 1 zeigt einen Schnitt durch eine Straßenschlucht mit einer Fassadenanordnung, ähnlich den von Echevarria Sanchez vorgeschlagenen Anordnung [53].

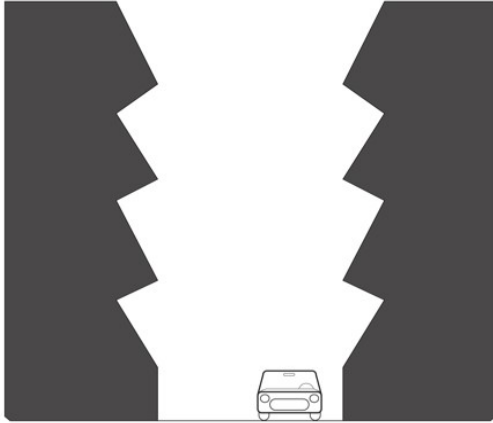


Abbildung 1: Fassadenanordnung in einer Straßenschlucht, ähnlich den von Echevarria Sanchez vorgeschlagenen Fassadenschnittbildern [53].

Die Gebäudemodelle die solchen simulierten Schnittbildern zugrunde liegen sind ideal in ihrer Längenausdehnung unendlich oder zumindest sehr lang bei gleichbleibender Geometrie der Oberfläche. Überträgt man das in die 3te Dimension ergibt sich die Anordnung aus Abbildung 2.

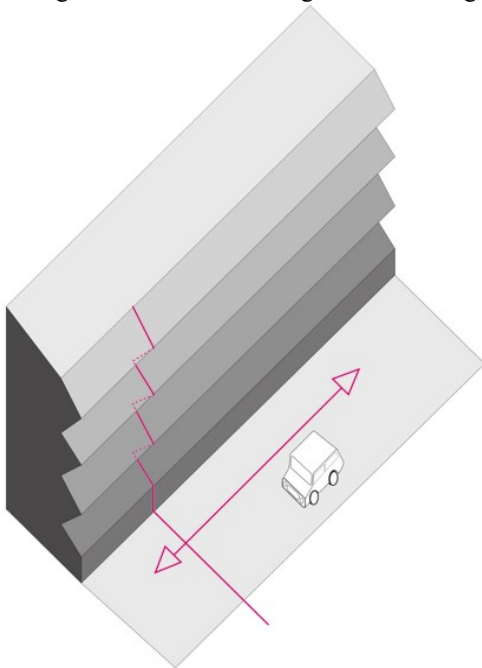


Abbildung 2: Übertragung des Schnittbildes in einen dreidimensionalen Baukörper.

Die Realität des Nachverdichtungsprozesses stellt aber diese Baumassen nicht zur Verfügung. Es werden entweder bei

Sanierungsprojekten einzelne Objekte mit neuen Fassaden versehen oder einzelne Objekte neu gebaut. Das heißt von der idealerweise unendlich gedachten Fläche zur Umsetzung einer simulierten und vorhersehbaren Fassadengestaltung zur Lärminderung bleibt nur ein Ausschnitt übrig. Siehe Abbildung 3.

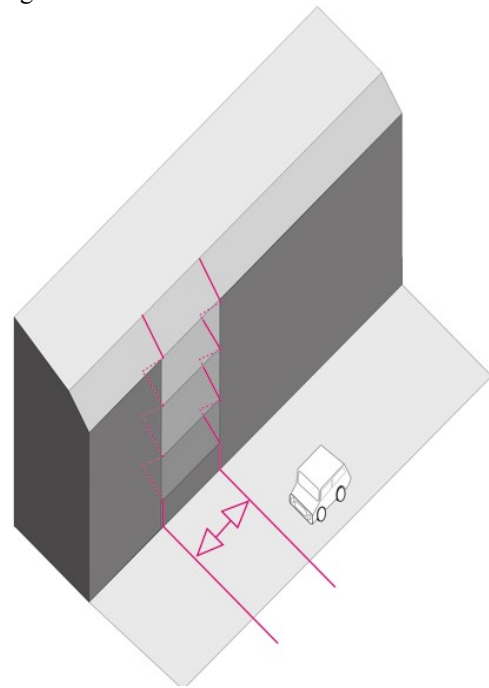


Abbildung 3: Tatsächliche Fassadenfläche die zur akustischen Intervention für einen leiseren Stadtraum zur Verfügung steht.

Bleibt nur ein Teil des Baukörpers der Simulation zugrunde liegt übrig was bedeutet das dann für die Wirkung der Fassade? Hierzu stellt Kang fest, dass 2 D Simulationen deshalb interessant sind weil sie qualitative Trends enthüllen [2]. Aber im Zusammenhang mit der gebauten Umwelt stellt sich die Frage nach der Gültigkeit des Trends. Ist die 2 D Simulation noch gültig bei einer Gebäudebreite von 15 m? Oder führt eine Überlagerung mit Beugungseffekten zur akustischen Wirkungslosigkeit hinsichtlich einer Lärminderung.

Fazit

Die Auswertung der Artikel zum Thema der Schallausbreitung im städtischen Raum haben gezeigt, dass eine größere Zahl der Artikel im Untersuchungsbereich unter 8 Stockwerken liegt. Das bildet nur sehr wenig die Wirklichkeit in den Metropolen ab. Zum Beispiel weist Frankfurt am Main aktuell eine Anzahl von 109 Hochhäusern mit einer Höhe von über 50 m auf [54]. Um im Rahmen der aktuellen Bauproduktion und im Kontext innerstädtischer Nachverdichtung in den Metropolen lärmindernde Maßnahmen umsetzen zu können braucht es Untersuchungen die sich mit dem Verhalten von Hochhausfassaden beschäftigen. Und hier eben mit allen Faktoren, auch den akustisch und geometrisch nicht idealen Rahmenbedingungen.

Literatur

- [1] Wiener, F. M., Malme, C. I., and Gogos, C. M., Sound Propagation in Urban Areas, *J. Acoust. Soc. Am.* 37, 738 (1965);
- [2] Lyon, R. H., Pande, L., Kinney, W. A., Modeling of V/STOL noise in city streets, Washington, D.C. : Dept. of Transportation, Office of Noise Abatement
- [3] Kinney, W. A., and Pierce, A.D., Helicopter Noise Experiments in an Urban Environment, Interim Report, Dept. Transportation, Contract DOT-TSC-93, MIT, (March 1973),
- [4] Lyon, R. H., Role of multiple reflections and reverberation in urban noise propagation, *J. Acoust. Soc. Am.* (1974), pp. 493–503
- [5] Bullen, R., Fricke, F., Sound propagation in a street, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 46, Issue 1, 8 May 1976, Pages 33-42
- [6] Nijs, L.:The prediction of traffic noise levels with the aid of a scale model, Institute for town planning research, group of acoustics, Delft University of Technology, Delft, 1977
- [7] Mohsen, E. A., Oldham, D.J., Traffic noise reduction due to the screening effect of balconies on a building façade, doi:10.1016/0003-682X(77)90010-X
- [8] Ko, N.W.M., Traffic noise in a high-rise city, *Applied Acoustics*, Volume 11, Issue 3, July 1978, Pages 225-239
- [9] May, D. N., Freeway noise and high rise balconies, *J. Acoust. Soc. Am.* 65, 699 (1979); <http://dx.doi.org/10.1121/1.382482>
- [10] Heutschi, K., A simple method to evaluate the increase of traffic noise emission level due to buildings for a long straight street, *Appl Acoust*, 44 (1995), pp. 259–274
- [11] Hothersall, D. C., Horoshenkov, K. V., Mercy, S. E., Numerical modelling of the sound field near a tall building with balconies near a road, doi:10.1006/jsvi.1996.0584
- [12] Walerian, E., and Janczur, R., Noise shielding in an urban system, *Journal of Sound and Vibration* (1998) 212(2), 187–214
- [13] Horoshenkov, K. V., Hothersall, D. C., Mercy, S. E., Scale Modelling of Sound Propagation in a City Street Canyon, *Journal of Sound and Vibration* (1999) PPQ(5), 795-819
- [14] Horoshenkov, K. V., Hothersall, D. C., Mercy, S. E., Scale Modelling of Sound Propagation in a City Street Canyon, *Journal of Sound and Vibration* (1999) PPQ(5), 795-819
- [15] Walerian, E., Janczur, R., Czechowicz, M., Sound level forecasting for city-centers. Part 1: sound level due to a road within an urban canyon, *Applied Acoustics* 62 (2001) 359-380
- [16] J. Picaut, L. Simon, A scale model experiment for the study of sound propagation in urban areas, *Applied Acoustics* 62 (2001) 327-340
- [17] Walerian, E., Janczur, R., Czechowicz, M., Sound levels forecasting for city-centers. Part II: Effect of source model parameters on sound level in built-up area, *Applied Acoustics* 62 (2001) 461-492
- [18] Walerian, E., Janczur, R., Czechowicz, M., Sound levels forecasting for city-centers Part III: a road lane structure influence on sound level within urban canyon, *Applied Acoustics* 62 (2001) 493-512
- [19] Walerian, E., Janczur, R., Czechowicz, M., Sound levels forecasting for city-centers Part IV. Vehicles stream parameters influence on sound level distribution within a canyon street, *Applied Acoustics* 62 (2001) 645-664
- [20] Cheng, W. F., and Ng, C. F., The acoustic performance of an inclined barrier for high-rise residents, *J. Sound Vib.* 242, 295–308 (2001).
- [21] Lu, K. K., and Li, K. M., The propagation of sound in narrow street canyons, *J. Acoust. Soc. Am.* 112, 537 (2002)
- [22] Kai Ming Lia and Siu Hong Tang, The predicted barrier effects in the proximity of tall buildings, 2003 Acoustical Society of America. DOI: 10.1121/1.1593060
- [23] Heutschi, K., Parameter Study of the Insertion Loss Reduction in Case of a Building Facade Parallel to a Noise Barrier, *Acta Acustica united with Acustica* 89 , Ausgabe:5 , Seite(n):908-912
- [24] Hossam El Dien, H., Woloszyn, P., Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form, *Applied Acoustics* 65 (2004) 431–440
- [25] Ögren, M., and Kropp, W., Road traffic noise propagation between two dimensional city canyons using an equivalent source approach, *Acta Acust. Acust.* 90, 293–300 (2004).
- [26] "Hossam El Dien, H., Woloszyn, P., The acoustical influence of balcony depth and parapet form: experiments and simulations, *Applied Acoustics* Volume 66, Issue 5, May 2005, Pages 533–551"
- [27] Ismail, M. R., Oldham, D. J., A scale model investigation of sound reflection from building facades, *Applied Acoustics* 66 (2005) 123–147
- [28] Picaut, J., Simon, L., A scale model experiment for the study of sound propagation in urban areas, *Applied Acoustics*, Volume 62, Issue 3, March 2001, Pages 327–340
- [29] Van Renterghem, T., Salomons, E., Botteldooren, D., Parameter study of sound propagation between city canyons with a coupled FDTD-PE model, *Applied*

- Acoustics, Volume 67, Issue 6, June 2006, Pages 487–510
- [30] Memoli, G., Kephelopoulos, S., Paviotti, M., Licitra, G., Effect on measured noise levels of the microphone position in front of a façade, INTER-NOISE 2006, Volume 8, 2006, Pages 5136-5145
- [31] Picaut, J., Schmich, I., Defrance, J., Woloszyn, P., Barlet, A., Chartier, F., Effects of diffuse reflection by building façades on the sound propagation and soundscapes in urban areas, EURONOISE 2006 - The 6th European Conference on Noise Control: Advanced Solutions for Noise Control 2006,
- [32] Hornikx, M., Forssén, J., Improving the shielding of road traffic noise in courtyards: Absorption treatments, INTER-NOISE 2007; Istanbul; Turkey; 28 August 2007 through 31 August 2007
- [33] Van Renterghem, T., Botteldooren, D., Numerical evaluation of sound propagating over green roofs, Journal of Sound and Vibration, Volume 317, Issues 3–5, 11 November 2008, Pages 781–799
- [34] Hornikx, M., Forssén, J., A Scale Model Study of Parallel Urban Canyons, Acta Acustica United with Acustica Vol. 94 (2008) 265 – 281
- [35] Hornikx, M., Forssén, J., Noise abatement schemes for shielded canyons, Applied Acoustics 70 (2009) 267–283
- [36] Kirkpatrick Alberts II, W. C., Noble, J. M., and Coleman, M. A., Sound propagation in the vicinity of an isolated building: An experimental investigation, J. Acoust. Soc. Am. 124, 733 (2008);
- [37] Wang, B., Kang, J., Zhou, J., Comparison of traffic noise distribution between high and low density cities, Proceedings of the 36th international congress on noise control engineering, Shanghai, China; 2008
- [38] Van Renterghem, T., Botteldooren, D., Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs, Building and Environment, Volume 44, Issue 5, May 2009, Pages 1081–1087
- [39] Nyuk Hien Wong, Alex Yong Kwang Tan, Puay Yok Tan, Kelly Chiang, Ngian Chung Wong, Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment, Volume 45, Issue 2, February 2010, Pages 411-420,
- [40] Van Renterghem, T., Botteldooren, D., The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment, Journal of Sound and Vibration, Volume 329, Issue 9, 26 April 2010, Pages 1422-1434
- [41] Martin Schiff, M., Hornikx, M., Forssén, J., Excess attenuation for sound propagation over an urban canyon, Applied Acoustics, Volume 71, Issue 6, June 2010, Pages 510–517
- [42] Tang, S.K., Scale model study of balcony insertion losses on a building façade with non-parallel line sources, Applied Acoustics Volume 71, Issue 10, October 2010, Pages 947–954"
- [43] Van Renterghem, T., Botteldooren, D., In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs, Building and Environment, Volume 46, Issue 3, March 2011, Pages 729–738
- [44] Tang, S.K. , Piippo, K.E., Sound fields inside street canyons with inclined flanking building façades, Proceedings of Meetings on Acoustics, Volume 12, 2011, Article number 040004, 7p, 161st Meeting Acoustical Society of America 2011
- [45] Picaut, J.; Scouarnec, D., Using Acoustic Diffusers to Reduce Noise in Urban Areas, Acta Acustica united with Acustica, Volume 95, Number 4, July/August 2009, pp. 653-668
- [46] Probst, W. , Probst, F., Reflected sound in street canyons - Diffuse or specular?, 2017-03-15, 11:32, retrieved from http://www.datakustik.com/fileadmin/user_upload/PDF/Papers/310_Reflected_Sound_in_Street_Canyons.pdf
- [47] Probst, W., Straßenlärm bei dichter Randbebauung, Untersuchungen zur reflexionsbedingten Pegelerhöhung. Bremerhaven, Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss., 2013, ISBN: 978-3-86918-283-4
- [48] Guillaume, G., Gauvreau, B., L'Hermite, P., Numerical study of the impact of vegetation coverings on sound levels and time decays in a canyon street model, Science of The Total Environment, Volume 502, 1 January 2015, Pages 22-30
- [49] Moleron, M., Felix, S., Pagneux, V., and Richoux, O., Low frequency acoustic resonances in urban courtyard, J. Acoust. Soc. Am. 135, 74 (2014);
- [50] Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K., Jeand, P., Defranced, J., Hornikx, M., Kang, J., Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors, Applied Acoustics 92 (2015) 86–101
- [51] "Pyoung Jik Lee, Yong Hee Kim, Jin Yong Jeon, Kyoo Dong Song, Effects of apartment building façade and balcony design on the reduction of exterior noise, Building and Environment Volume 42, Issue 10, October 2007, Pages 3517–3528"
- [52] Hyung Suk Jang, Ho Jun Kim, Jin Yong Jeon, Scale-model method for measuring noise reduction in residential buildings by vegetation, Building and Environment, Volume 86, April 2015, Pages 81-88
- [53] Echevarria Sanchez, G. M., Van Renterghem, T., Thomas, P., Botteldooren, D., The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads, Building and Environment 97 (2016) 96-110
- [54] retrieved from: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Hochhäuser_in_Frankfurt_am_Main, 2017-04-01, 5:56