

Zur Schallausbreitung in Straßenschluchten

Wolfgang Probst¹, Fabian Probst²

¹ DataKustik GmbH, Research and Development, 66926 Greifenberg, E-Mail: Wolfgang.probst@datakustik.de

² DataKustik GmbH, Fabian.Probst@datakustik.de

Einleitung

Verfahren zur Berechnung der Schallausbreitung im Zuge der Prognose von Verkehrslärm sollen insbesondere bei der Anwendung im gesetzlich geregelten Bereich präzise und wiederholbar sein. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn die zu prognostizierenden Schallpegel wesentlich durch Mehrfachreflexionen bestimmt sind, weil die vollständige Prüfung und Einbeziehung aller geometrisch gültigen Strahlwege bis zu höheren Ordnungen für dicht bebaute Gebiete nicht möglich ist. Bei Straßenschluchten mit beidseitig weitestgehend geschlossener Bebauung wurde bisher in der RLS-90 der Weg beschritten, nur Reflexionen erster Ordnung unter Annahme spiegelnder Reflexion strahlbezogen zu berechnen und die weitere Pegelerhöhung durch einen Zuschlag D_{refl} zu berücksichtigen. Dieser Zuschlag hängt nicht von der Lage des Immissionsorts bzw. seiner Höhe über Boden ab und kann somit bei der softwaretechnischen Umsetzung wie ein Zuschlag zum Emissionswert der Straße behandelt werden. Im Auftrag der BAST (Bundesanstalt für Straßenwesen) sind Untersuchungen durchgeführt worden, die zum Ziele hatten, diesen bisher verwendeten Ansatz von D_{refl} zu überprüfen. Dabei wurde der Schallpegel vor den Gebäudefassaden unter Einbeziehung aller möglichen Strahlwege bis zu ausreichend hoher Reflexionsordnung unter Variation der bestimmenden Parameter berechnet und so die funktionale Abhängigkeit bestimmt. Es wurde auch untersucht, wie sich diese Abhängigkeiten verändern, wenn für die Fassaden diffuse statt spiegelnder Reflexion angenommen wird. Weiter sind einige orientierende Messungen der Schallausbreitung in geschlossen bebauten Straßen durchgeführt worden.

Berechnung von spiegelnder und diffuser Reflexion

Die Berechnung des durch mehrfache spiegelnde Reflexion erhöhten Schallpegels erfolgte unter Anwendung des Spiegelquellenverfahrens, wie es auch in den einschlägigen Normen und Richtlinien (z.B. RLS-90 /1/ oder ISO 9613-2 /2/) und in den bekannten Softwareprogrammen angewendet wird. Um den Einfluss von diffuser Reflexion zumindest grundsätzlich untersuchen zu können, wurde ein schon früher für derartige Zwecke entwickeltes Softwareprogramm /3/, mit dem die auch von Kang /4/ untersuchte Radiosity-Methode angewendet wird, entsprechend modifiziert. Dabei werden alle Oberflächen in Rechtecke unterteilt und es wird der von den Schallquellen auf jedes dieser Rechtecke eingestrahlte Schalleistung berechnet (Abb. 1). Für die Berechnung einer jeden Reflexionsordnung wird die Umstrahlung von jedem Rechteck auf jedes andere Rechteck unter Berücksichtigung des Oberflächen-Absorptionsgrads

bestimmt (Abb.2). Bei jeder Umstrahlung wird die an jedem Flächenelement ankommende Schalleistung im „Reflexionsspeicher“ aufsummiert. Nach erfolgter Berechnung aller erforderlichen Reflexionsordnungen kann dann die von allen Rechtecken auf beliebige Immissionsorte eingestrahlte Schallintensität berechnet werden.

Die am Empfänger-Rechteck vom abstrahlenden Sender-Rechteck ankommende Schallintensität J beträgt

$$J = \frac{P}{2\pi r^2} \cdot (1 + \eta) \cdot \cos^n(\delta) \quad (1)$$

wobei

P die abgestrahlte Schalleistung

r der Abstand der Mittelpunkte Sender-Empfänger

η der Richtwirkungsexponent

δ der Winkel Schallstrahl – Normalenvektor Sender ist.

Für diffuse Rückstreuung von Fassaden wird η in der Regel mit 1 (Lambert) angesetzt.

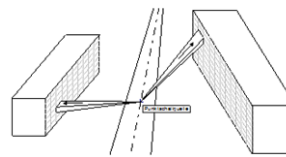


Abb. 1: Einstrahlung

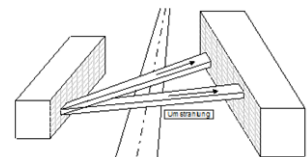


Abb. 2: Umstrahlung

Abbildung 3 zeigt eine der dicht bebauten Straßen, in denen auch Messungen zur Schallausbreitung durchgeführt worden sind.



Abbildung 3: Untersuchte Straßenschlucht

Der unterschiedliche Einfluss von spiegelnder und diffuser Reflexion zeigt sich, wenn man die von einer Punktschallquelle entlang der Straßenachse verursachten Schallpegel unter Berücksichtigung von Reflexionen bis zur 10. Ordnung berechnet und als Differenz dL zu den ohne Bebauung berechneten Pegeln entsprechend Abbildung 4 aufträgt.

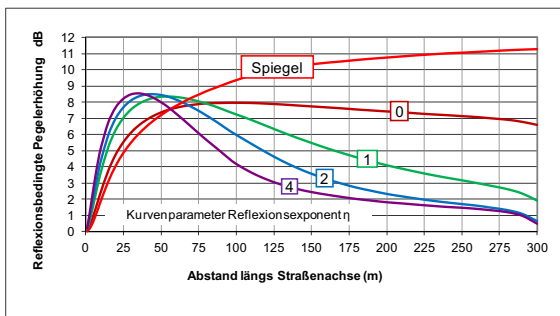


Abbildung 4: Schallausbreitung mit einer Punktschallquelle (Fassadenabstand 20 m, Absorptionsgrad 0.1)

Diese Untersuchung zeigt, dass die Pegel bei diffuser Reflexion in Quellennähe höher sind, dass sich aber bei spiegelnder Reflexion eine wesentlich größere „Fernwirkung“ der bebauungsbedingten Pegelerhöhung ergibt.

Die bebauungsbedingte Pegelerhöhung dL

Um den Einfluss der Bebauung auf den von einer Straße verursachten Mittelungspegel L_{eq} zu ermitteln, wurde dieser Pegel vor der Fassade unter Parametervariation nach dem Spiegelquellen- wie auch nach dem Radiosity-Verfahren berechnet.

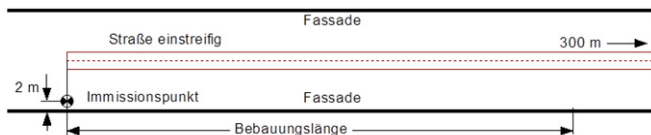


Abbildung 5: Modellanordnung zur Parametervariation

Abbildung 5 zeigt das – aus Symmetriegründen einseitige – Modell für die Berechnung nach dem Spiegelquellen-Verfahren. Mit diesem Modell wurde auch untersucht, welchen Einfluss das verwendete Berechnungsverfahren (RLS-90, ISO 9613-2, NMPB) auf den durch die dichte Bebauung verursachten Pegelzuschlag hat.

Bei der Anwendung des Radiosity-Verfahrens für die Fassaden war zu beachten, dass die Straßenoberfläche nach wie vor als spiegelnd reflektierende Fläche zu berücksichtigen ist. Hierzu wurden im Modell die gekachelten Fassaden im Spiegelraum unterhalb der Straßenebene fortgesetzt. Praktisch bestand das Berechnungsmodell aus dem Originalmodell und seiner kompletten Spiegelung. Ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen ist die weitestgehende Unabhängigkeit der bebauungsbedingten Pegelerhöhung dL von der Art der Reflexion – unter Berücksichtigung aller sonstigen Unwägbarkeiten sind die für spiegelnd und diffus streuende Fassaden ermittelten Werte von dL durchaus vergleichbar.

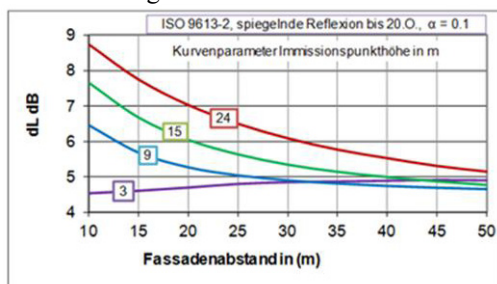


Abbildung 6: Pegelerhöhung mit spiegelnder Reflexion

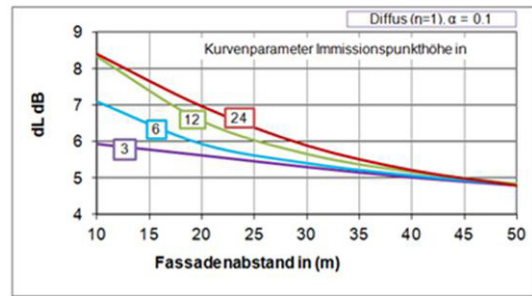


Abbildung 7: Pegelerhöhung mit diffuser Reflexion

Es ist zu beachten, dass die Abbildungen 6 und 7 den gesamten von der Randbebauung verursachten Zuschlag darstellen – während D_{refl} nach RLS-90 den Zuschlag zu dem mit einer Reflexionsordnung berechneten Pegel beschreibt. Auch die Abhängigkeit von D_{refl} wurde untersucht – die Ergebnisse sind dem Endbericht (noch nicht veröffentlicht) zu entnehmen. Er enthält auch die Abhängigkeit des Zuschlags D_{refl} vom Fassaden-Absorptionsgrad, vom Fassadenabstand, von der Ausdehnung der Bebauung beidseitig vom Immissionsort, vom Lückenanteil und von der Immissionspunkthöhe.

Wie einleitend angemerkt, ist der in der RLS-90 verwendete Zuschlag D_{refl} unabhängig von der Lage des Immissionsorts, insbesondere von der Immissionspunkthöhe. Dies ist ein enormer Vorteil bei der praktischen Anwendung, weil der Zuschlag rechtechnisch zur Emission des betreffenden Straßenabschnitts addiert werden kann und damit für alle Immissionsorte – selbst für jene außerhalb der Straßenschlucht – berücksichtigt ist.

Tatsächlich ist sowohl dL wie auch D_{refl} von der Immissionspunkthöhe abhängig. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen, dass bei sehr engen Straßen mit 20 m Fassadenabstand die Pegel in oberen Stockwerken um bis zu 7 dB höher sind, als sie es bei freier Ausbreitung ohne Gebäude wären (allerdings beträgt dieser Wert für D_{refl} nur noch ca. 3 dB). Allerdings ist ein von der Immissionspunkthöhe abhängiger Zuschlag problematisch, wenn die Abstrahlung durch Gebäudelücken in die Umgebung berechnet wird.

Eine Alternative wäre die komplette strahlbezogene Berechnung von Reflexionen im Straßenraum bis zu hoher – etwa 10. – Reflexionsordnung. Dieses Verfahren ist aber derzeit wegen der unterschiedlichen und nicht genormten Näherungsstrategien noch relativ unpräzise und würde zahlreiche ergänzende Festlegungen erfordern.

Literatur

- [1] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90, StB 11/14.86.22-01/25 V
- [2] DIN ISO 9613-2: „Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [3] Probst W.: „Schallabstrahlung und Schallausbreitung“, Forschungsbericht Fb 556 aus der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund 1988
- [4] Kang, Jian: „ACOUSTICS OF LONG SPACES, Theory and Design Practice“, Thomas Telford Ltd, London 2002