

Einfluss der Meteorologie und des Bodens auf die Schallausbreitung bodennaher Quellen

Susanne Martens, Tobias Bohne, Raimund Rolfes

Leibniz Universität Hannover, Institut für Statik und Dynamik, 30167 Hannover, Deutschland

Email: s.martens@isd.uni-hannover.de

Einleitung

Aus einschlägiger Literatur ist bekannt, dass die derzeitigen Normen zur Prognose der Schallausbreitung nur bedingt für hohe Quellen wie Windenergieanlagen anwendbar sind. Das langfristige Ziel ist es daher, vereinfachte Modelle der Schallausbreitung auf Basis von Messdaten zu erweitern. In umfangreichen Feldmessungen soll eine große Basis an Messdaten erreicht werden, sodass die entfernungs- und höhenabhängigen Effekte der Schallausbreitung qualifiziert und quantifiziert werden können. In unterschiedlichen Entfernungen zur Quelle werden meteorologische und akustische Messungen an hochliegenden Quellen wie Windenergieanlagen sowie an bodennahen Quellen durchgeführt.

In diesem Beitrag werden die ersten Messungen mit einer bodennahen Quelle vorgestellt. Ziel der Messungen ist es, den Einfluss meteorologischer Bedingungen wie der Windrichtung aufzuzeigen. Zudem soll der Einfluss der Bodenbeschaffenheit beurteilt werden.

Messvorhaben und Messbedingungen

Als Standort der Messungen wurde ein Gelände der Leibniz Universität Hannover in Ruthe gewählt. Dort verfügt das Institut für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover über ein Messfeld, sodass Wetterdaten und somit die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen aufgezeichnet werden. Zudem sind an dem Standort unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten vorhanden und die Topographie ist flach.

Messaufbau

Der Aufbau der Messungen ist in Abbildung 1 skizziert. Als Quelle diente ein Dodekaeder der Firma *Stratenschulte Messtechnik* mit einem maximalen Schallleistungspegel von 126 dB(A). Zur Aufnahme des Signals wurden drei Schalldruckpegelmesser in Entfernungen von 10 m, 30 m und 70 m zur Quelle positioniert. Die gewählten Entfernungen entsprechen jeweils eine Abstandsverdoppelung. Schallquelle und -empfänger waren in einer Höhe von 1,70 m angebracht.

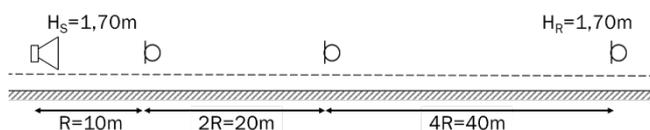


Abbildung 1: Skizze des Messaufbaus

Messdurchführung

Über dem Dodekaeder wurde mit rosa Rauschen ein definiertes Signal abgespielt. Die drei Schalldruckpegelmesser nahmen A-bewertete Schalldruckpegel mit einer schnellen Zeitbewertung sowie Oktavspektren bei einer Abtastrate von 50 Hz auf. Zudem wurden Audiodateien bei einer Abtastrate von 51,2 kHz aufgezeichnet. Die Schalldruckpegelmesser wurden vor und nach der Messung kalibriert. Mittels Messgeräte an einem 15 m hohen Mast auf dem Messfeld wurden Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung bei einer Abtastrate von 1 Hz detektiert. Die meteorologischen und akustischen Messsysteme waren über DCF77 bzw. GPS synchronisiert.

Messsituation

Die Messungen wurden an zwei meteorologisch unabhängigen Tagen durchgeführt. Am ersten Messtag war die Rasenfläche leicht mit Schnee bedeckt, zudem war ein leichter Schneefall während der Messungen zu verzeichnen. Am zweiten Messtag wurde bei unbedeckter Fläche und ohne Niederschlag gemessen. In Abbildung 2 ist die mit Schnee bedeckte Fläche des Messtages 1 und in Abbildung 3 die Rasenfläche des Messtages 2 gezeigt.

Während der Messungen am ersten Messtag wurde eine mittlere Windgeschwindigkeit von 6,34 m/s ermittelt. Bei dieser Windgeschwindigkeit wurden sowohl Messungen entgegen als auch in Windrichtung durchgeführt. Am zweiten Messtag wurde lediglich in Gegenwindrichtung gemessen. Die gemessene mittlere Windgeschwindigkeit war mit 2,17 m/s geringer als am ersten Messtag. Die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen der Messtage 1 und 2 sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Meteorologische Ausbreitungsbedingungen an den Messtagen

	Messtag 1	Messtag 2
Windgeschwindigkeit	6,34 m/s	2,17 m/s
Windrichtung	NO	O
Temperatur	-0,9°C	5,6°C
Feuchte	94%	97%



Abbildung 2: Schneebedeckte Fläche am Messtag 1



Abbildung 3: Rasenfläche am Messtag 2

Messergebnisse

Anhand der Messdaten des ersten Tages soll der Einfluss der Windrichtung beurteilt und die aus der Theorie bekannten physikalischen Effekte geprüft werden. Mit einem Vergleich der Messdaten des ersten und zweiten Tages wird der Einfluss der Bodenbeschaffenheit betrachtet. Die meteorologischen Bedingungen werden im Mittel über die Messdauer als konstant angenommen. Für die Untersuchungen werden die gemessenen A-bewerteten Schalldruckpegel verwendet.

Einfluss der Windgeschwindigkeit

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Windrichtung den größten Einfluss auf die Schallausbreitung im Freien hat. Nach der Theorie wird in Windrichtung die Schallgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe größer, sodass Schall nach unten gebrochen wird. Infolgedessen werden bei Messungen in Mitwindrichtung höhere Schalldruckpegel erwartet als bei den Messungen entgegen der Windrichtung. Eine Schallausbreitung entgegen dem Wind hat eine Brechung nach oben und dementsprechend einen verminderten Pegel zur Folge [1].

Um den Einfluss der Windrichtung messtechnisch nachzuweisen, ist in Abbildung 4 die Abnahme des gemessenen A-bewerteten äquivalenten Schalldruckpegels über die Entfernung zur Quelle aufgetragen. Erst bei einer Entfernung von 70 m zur Quelle ist der Einfluss der Windrichtung erkennbar. Messtechnisch ist bei dieser Entfernung die Pegelabnahme in Gegenwindrichtung um

ca. 2,5 dB höher als in Mitwindrichtung. Der Einfluss der Windrichtung auf die Schallausbreitung wird mit zunehmendem Abstand zwischen Quelle und Empfänger größer. Die Messergebnisse stimmen qualitativ mit der Theorie überein.

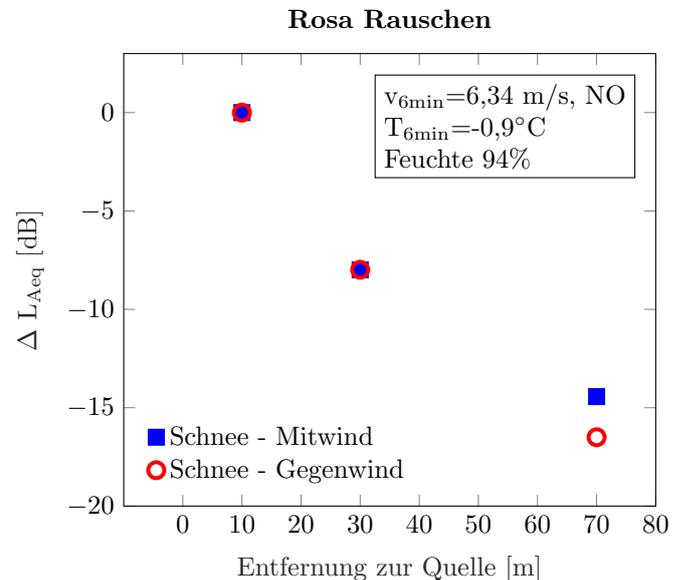


Abbildung 4: Einfluss der Windrichtung auf die Schallausbreitung

Einfluss der Bodenbeschaffenheit

In Abbildung 5 sind die aufgenommenen Pegel bei Gegenwind am Tag 1 (schneebedeckte Fläche) und 2 (Rasenfläche) über den Abstand zur Quelle aufgetragen. An den Messtagen waren nicht nur die Bodenbeschaffenheiten, sondern auch die meteorologischen Bedingungen verschieden. In Folge dessen kann der Effekt des Bodens nicht unabhängig von der Meteorologie betrachtet werden, insbesondere der Einfluss der Windgeschwindigkeit muss berücksichtigt werden.

Wie in Abbildung 5 erkennbar, wird der Einfluss der verschiedenen Effekte auf die Schallausbreitung bei zunehmender Entfernung deutlicher. Die Pegelabnahme bei den Messungen mit einer schneebedeckten Fläche und höherer Windgeschwindigkeit sind bei einer Distanz von 70 m höher als die Abnahme mit Rasenfläche und geringerer Windgeschwindigkeit. Anhand der vorhandenen Messdaten lassen sich die Einflüsse der Meteorologie und der Bodenbeschaffenheit nicht differenzieren, sodass auf Basis der Messdaten keine Aussage über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit getroffen werden kann. Hirsch (1998) zeigte anhand von Messungen, dass die Schalldämpfung über einer mit Schnee bedeckten Fläche bei große Entfernungen (>1000 m) unabhängig von der Entfernung zwischen Quelle und Empfänger sein sollte. Die Differenz der gemessenen Pegel im Sommer und Winter veränderte sich nicht mit der Distanz [2].

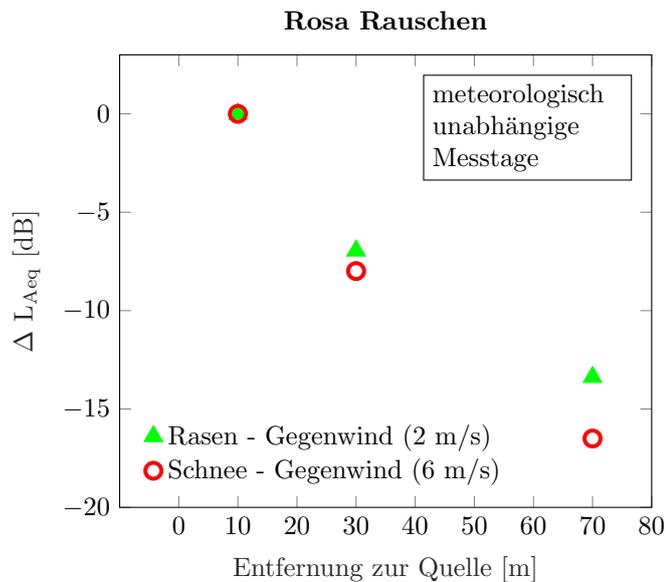


Abbildung 5: Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Schallausbreitung

Fazit und Ausblick

Die akustischen Messdaten zeigen bei Anregung einer bodennahen Quelle eine deutliche Abhängigkeit von den vorherrschenden Umgebungsbedingungen bzw. Ausbreitungssituationen. Anhand der Messdaten kann die Theorie, nach der entgegen der Windrichtung geringere Pegel als in Mitwindrichtung erreicht werden, nachgewiesen werden. Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit kann jedoch nicht eindeutig bestimmt werden, da an zwei meteorologisch unabhängigen Tagen gemessen wurde. Aufgrund der unzureichenden Datenbasis kann nicht zwischen dem Einfluss der Bodenbeschaffenheit und der meteorologischen Einflüsse wie der Windgeschwindigkeit unterschieden werden.

Um den Einfluss verschiedener Effekte auf die Schallausbreitung beurteilen zu können wird eine umfangreiche Basis an Messdaten bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen benötigt. In Zukunft sind Messungen mit bodennahen Quellen und hochliegenden Quellen wie Windenergieanlagen geplant. Zudem sollen bei diesen Messungen größere Entfernungen realisiert werden.

Danksagung

Dieser Beitrag ist im Rahmen des Projektes „WEA-Akzeptanz“ entstanden, welches vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie* (BMWi) und vom *Projektträger Jülich* (PTJ) finanziert wird. Darüber hinaus ist das Institut für Statik und Dynamik der Leibniz Universität Hannover Teil des Zentrums für Windenergie ForWind. Die Autoren möchten sich für die Unterstützung beim Zuwendungsgeber und für die Bereitstellung der meteorologischen Daten beim Institut für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover bedanken.

Literatur

- [1] Müller, G., Möser, M. (Hrsg.): Taschenbuch der Technischen Akustik, 3. Auflage. Springer Verlag, Berlin, 2004
- [2] Hirsch, K.-W.: On the influence of local ground reflections on sound levels from distant blasts at large distances. *Noise Control Engineering Journal* 46 (1998), 215-226