

## Ist Lärmschutz bei Windenergieanlagen notwendig?

Tim Wahl<sup>1</sup>, Till Biedermann, Christian Epe, Robert Heinze und Frank Kameier

<sup>1</sup> FH Düsseldorf, 404754 Düsseldorf, E-Mail: tim.wahl@fh-duesseldorf.de

### Einleitung

Im Rahmen einer studentischen Projektarbeit an der Fachhochschule Düsseldorf wurden Luft- und Körperschallmissionen von Windenergieanlagen gemessen und genauer untersucht. In der Regel legen akustische Untersuchungen von Windenergieanlagen den Fokus auf den abgestrahlten Schall im Rahmen von Genehmigungsverfahren und der Erfüllung gesetzlicher Vorgaben und Normen. Neben dieser rein technischen Beurteilung des Schalldruckpegels bzw. der abgestrahlten Schalleistung sind auch Aussagen über die Art der Schallemissionen hinsichtlich Frequenzbereich, Schwankungscharakteristik und Ursache der Emissionen von Interesse. Zunächst wurden die Lärmemissionen von Windenergieanlagen im Raum Düsseldorf in unmittelbarer Nähe der Anlagen gemessen und im Frequenzbereich analysiert. Untersucht wurde dabei auch, inwieweit sich lokalisierte Geräusche mit der Entfernung von der Schallquelle verändern oder abschwächen. Es wurde weiter versucht, den lokalisierten Geräuschen Schallentstehungsmechanismen zuzuordnen. Der Fokus der Untersuchung liegt nicht ausschließlich auf dem Infraschallbereich, sondern auch auf den vom Menschen oberhalb der Hörschwelle wahrnehmbaren Frequenzen.

### Geräuscentwicklung von Windenergieanlagen

Windenergieanlagen erzeugen im Betrieb Geräusche, welche sich auf zwei unterschiedlichen Wegen ausbreiten können. Die Übertragung kann über die Luft als Luftschall oder über den Boden als Körperschall erfolgen (vgl. Abbildung 1).

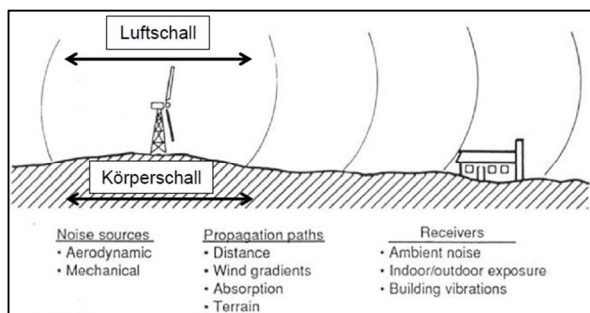


Abbildung 1: Geräuscentstehung und -ausbreitung einer Windenergieanlage [1].

Es wird unterschieden in Geräusche, welche einen aerodynamischen Ursprung besitzen und Emissionen, die sich auf Maschinengeräusche zurückführen lassen.

### Aerodynamische Geräusche

- breitbandiges Umströmungsgeräusch der Rotorblätter (primäre Geräuschquelle)
  - „Rauschen“ im Frequenzbereich bei ca. 1 kHz

- pulshafte, niederfrequente Schallschwingungen
  - schneller Wechsel der Auftriebskräfte am Rotor durch un stetige Anströmbedingungen

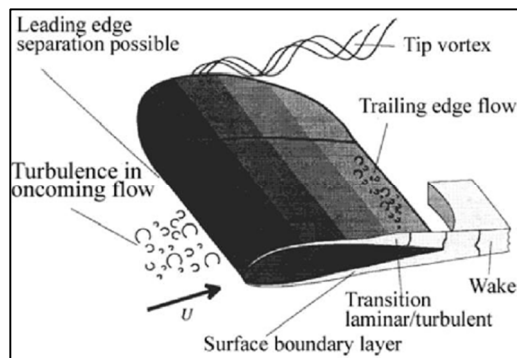


Abbildung 2: Geräuscentstehungsmechanismen bei der Umströmung eines Rotorblattes [1].

### Maschinengeräusche

- Generator und Triebstrang (evtl. Getriebe)
- Lüfter und Kühlaggregate
- Hilfsantriebe (Windnachführung, Blattverstellung)

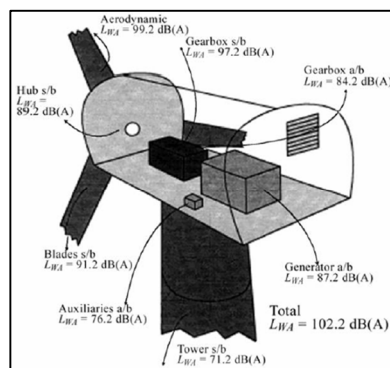


Abbildung 3: Maschinengeräusche bei einer Windenergieanlage [1].

### Durchgeführte Messungen

Messungen erfolgten an einer getriebelosen und einer Windenergieanlage mit Getriebe. Es wurde der Luftschall mit Mikrofon gemessen und Erschütterungen über Geophone.

### Untersuchte Anlagentypen:

- Nennleistung: 2.000 MW
- Rotordurchmesser: 80 m bzw. 82 m
- Blattanzahl: 3
- Nabenhöhe: 78 m

## Exemplarische Messergebnisse

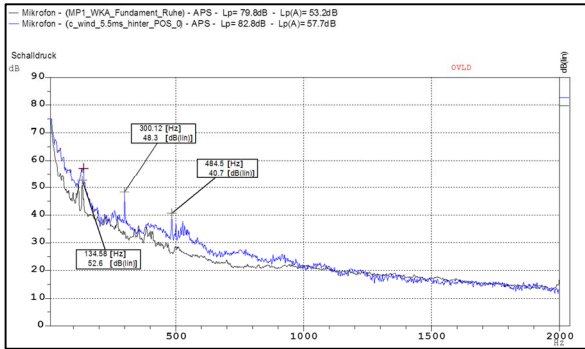


Abbildung 4: MP1 (Fundament) - Schmalbandspektrum Anlagen Typ A (mit Getriebe - blau) und Anlagen Typ B (ohne Getriebe - schwarz).

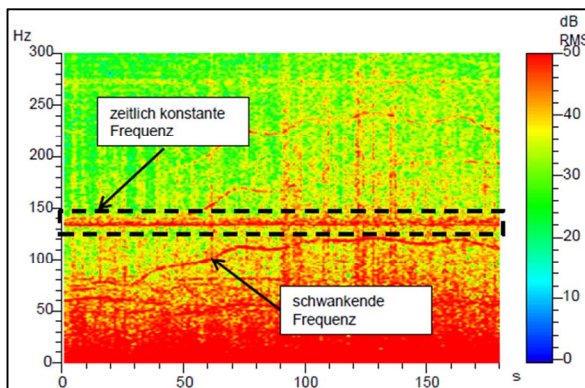


Abbildung 5: MP1 - Triebstrangschwingung: Anregung von „innen“ über eine Zahneingriffsfrequenz des Getriebes.

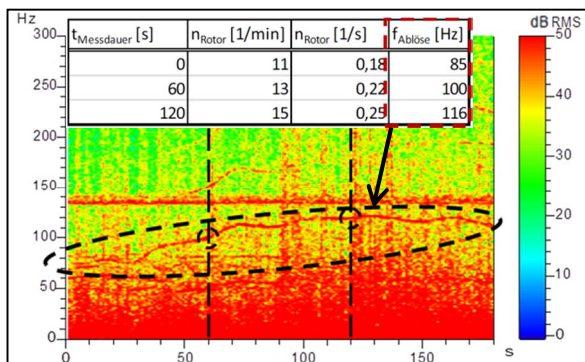


Abbildung 6: MP1 - schwankende Wirbelablösefrequenz, hervorgerufen durch Wirbelablösungen am Rotorblattende.

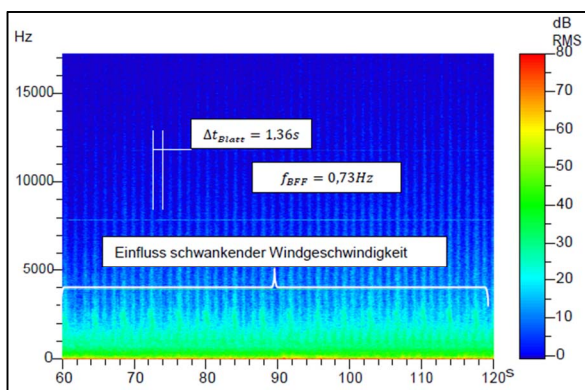


Abbildung 7: MP1 (Fundament) - Vorbeistreichgeräusch des Rotors am Mast.

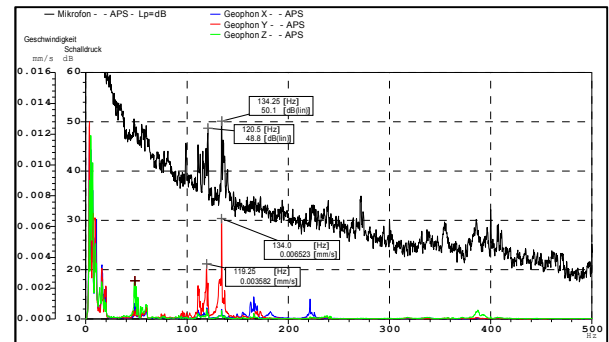


Abbildung 8: MP1 (Fundament) - Abstrahlung von Körperschall über den Turm.

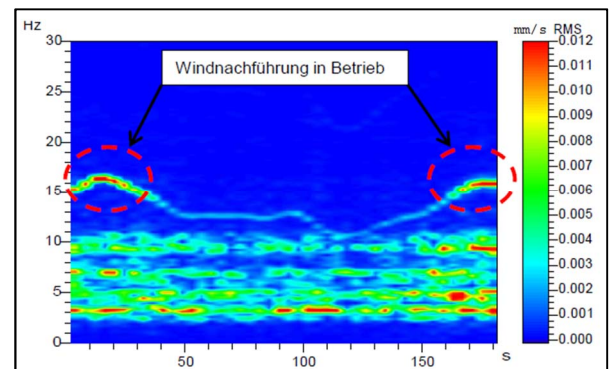


Abbildung 9: MP4 (200 m Entfernung) - Erschütterung des Bodens bei Betrieb der Windnachführung.

## Zusammenfassung der Messergebnisse

Die in Abbildung 4 bis 9 aufgezeigten Versuchsergebnisse verdeutlichen, dass sich das Anlagengeräusch einer Windenergieanlage aus verschiedenen Geräuschquellen zusammensetzt. Zeitlich konstante Frequenzen deuten auf Schwingungen von Bauteilen hin, die z. B. durch Zahneingriffsfrequenzen angeregt werden. Schwankende Frequenzkomponenten lassen sich mit aerodynamischen Effekten erklären, z. B. mit Wirbelablösungen am Rotorblattende. Breitbandiges Rauschen über einen weiten Frequenzbereich wird durch das Vorbeistreichen der Blätter am Mast verstärkt.

Aerodynamische Effekte können Schwingungen verursachen, die sich auf das Gehäuse und dort zusammen mit Schwingungen aus dem Maschinenhaus auf den Turm übertragen. Der Turm wirkt als Resonanzkörper und kann Schall abstrahlen, ähnlich wie ein großer Lautsprecher. Weiterhin können insbesondere tiefe Frequenzen (Betrieb der Windnachführung) über den Turm an das Fundament und damit letztendlich in den Boden übertragen werden. Beim Betrieb mehrerer Windenergieanlagen sind Interferenzen des abgestrahlten Körperschalls möglich, die im ungünstigen Fall in der Lage sind, z. B. Decken angrenzender Baustrukturen anzuregen. Die Erschütterungen können, auch wenn im Freifeld nicht bemerkbar, in Gebäuden spürbar sein und dort zusätzlich als Sekundärluftschall abgestrahlt werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Wagner, S., Wind Turbine Noise, Springer Verlag, Berlin, 1996