

Vergleich der Geräusche innerhalb eines Pkw, an einer Straße, auf freiem Feld sowie einer Ölheizung mit dem Pegelbereich der gemessenen Windkraftanlagen sowie der Wahrnehmungsschwelle des Menschen

**FAZIT**

Infraschall und tieffrequente Geräusche sind alltäglicher Bestandteil unserer technischen und natürlichen Umwelt. Verglichen mit anderen technischen und natürlichen Quellen ist der von Windkraftanlagen hervorgerufene Infraschall gering. Bereits in 150 m Abstand liegt er deutlich unterhalb der Wahrnehmungsgrenzen des Menschen, in üblichen Abständen der Wohnbebauung entsprechend noch weiter darunter. Gesundheitliche Wirkungen von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsgrenzen sind wissenschaftlich nicht nachgewiesen. Gemeinsam mit den Gesundheitsbehörden kommen wir in Baden-Württemberg zu dem Schluss, dass nachteilige Auswirkungen durch Infraschall von Windkraftanlagen nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht zu erwarten sind.

Auch für den Frequenzbereich des Hörschalls zeigen die Messergebnisse von Windkraftanlagen keine akustischen Auffälligkeiten. Windkraftanlagen können daher wie andere Anlagen nach den Vorgaben der TA Lärm beurteilt werden.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass bei Einhaltung der rechtlichen und fachtechnischen Vorgaben für die Planung und Genehmigung schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche von Windkraftanlagen nicht hervorgerufen werden können.

**WEITERE INFORMATIONEN**

Ausführliche Informationen zum Messprojekt enthält das Dokument „Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen – Bericht über die Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015“. Es kann im Bestellshop der LUBW unter [www.lubw.de/servlet/is/6647/](http://www.lubw.de/servlet/is/6647/) heruntergeladen oder in gedruckter Form bestellt werden.

Weitere Informationen zu Windenergie und Infraschall enthält das Faltblatt „Windenergie und Infraschall – Tieffrequente Geräusche durch Windkraftanlagen“, das die LUBW zusammen mit dem Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg herausgegeben hat. Ein weiteres Angebot ist die Publikation „Fragen und Antworten zu Windenergie und Schall – Behauptungen und Fakten“. Beide Veröffentlichungen können Sie ebenfalls unter dem oben angegebenen Link herunterladen oder bestellen.

**BILDNACHWEIS**

Titelseite: [goodluz / fotolia.com](http://goodluz.com/fotolia.com)  
 Alle anderen Darstellungen: LUBW

Stand: August 2016 (1. Auflage)

*Vergleichende Übersicht der Ergebnisse*

	Pegel in dB(G)
<b>Windkraftanlagen (bei Windgeschwindigkeit 2-15 m/s)</b>	
Anlage aus, 120-190 m Abstand	50-75
Anlage ein, 120-190 m Abstand	55-80
Anlage aus, 650-700 m Abstand	50-75
Anlage ein, 650-700 m Abstand	50-75
<b>Straßenverkehr</b>	
innerorts (Messung auf Balkon)	50-75
innerorts (Messung in Wohnraum)	40-65
innerorts (Verkehrslärmmessstation Karlsruhe)	65-75
innerorts (Verkehrslärmmessstation Reutlingen)	70-80
Autobahn (A5 bei Malsch), 80 m Abstand	75
Autobahn (A5 bei Malsch), 260 m Abstand	70
Innengeräusche PKW (geschlossene Fenster, 130 km/h)	105
Innengeräusche Kleinbus (geschlossene Fenster, 130 km/h)	100
<b>Städtische Umgebung</b>	
Museumsdach	50-65
Stadtplatz	50-65
Innenraum	45-60
<b>Ländliche Umgebung (bei Windgeschwindigkeit 10 m/s)</b>	
Wiese (130 m Entfernung zum Wald)	55-65
Waldrand	50-60
Wald	50-60
<b>Geräuschquellen in Wohngebäuden</b>	
Waschmaschine (alle Betriebsphasen)	50-85
Heizung (Öl und Gas, Volllast)	60-70
Kühlschrank (Volllast)	60
<b>Meeresbrandung (Literaturquelle Turnbull/Turner/Walsh)</b>	
Strand (25 m Entfernung)	75
Felsenkliff (250 m Entfernung)	70



**Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen**

Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015

Herausgeber:

LUBW Landesanstalt für Umwelt,  
 Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
 Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe  
[www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)  
[windenergie@lubw.bwl.de](mailto:windenergie@lubw.bwl.de)



Baden-Württemberg

## WORUM GEHT ES?

Die Geräusche von Windkraftanlagen enthalten neben dem gewöhnlichen Hörschall auch tiefe Frequenzen einschließlich Infraschall. Schall unterhalb des Hörbereichs, also mit Frequenzen von weniger als 20 Hertz (Hz), nennt man Infraschall. Tieffrequent sind Geräusche, wenn wesentliche Anteile im Frequenzbereich unter 100 Hertz (Hz) liegen. Infraschall ist also ein Teil des tieffrequenten Schalls.

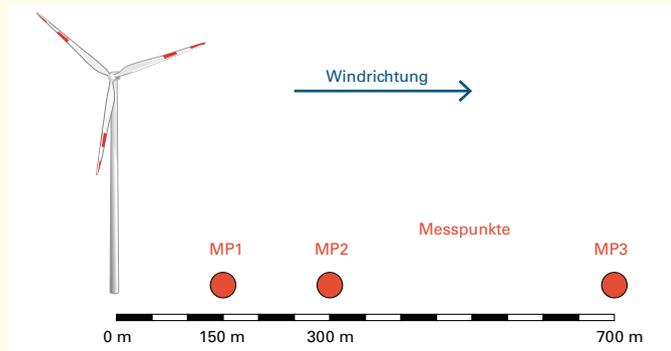
Für tiefe Frequenzen ist unser Gehör sehr unempfindlich. Im Rahmen des Ausbaus der Windenergienutzung werden jedoch immer wieder Befürchtungen geäußert, Windkraftanlagen würden viel Infraschall erzeugen. Aber wie viel Infraschall erzeugen Windkraftanlagen wirklich? Dieser Frage ist die LUBW in einem umfangreichen Messprojekt nachgegangen. Das vorliegende Falblatt fasst die wichtigsten Ergebnisse der Erhebungen zusammen.

## DAS MESSPROJEKT

Die schalltechnischen Untersuchungen erfolgten in den Jahren 2013 bis 2015 zusammen mit der Firma Wölfel Engineering GmbH & Co. KG in der Umgebung von sechs Windkraftanlagen unterschiedlicher Hersteller und Größe. An einer Windkraftanlage wurden zusätzlich Erschütterungsmessungen durchgeführt. Zur Einordnung der ermittelten Daten wurde auch tieffrequenter Schall anderer Quellen erfasst und ausgewertet: Einwirkungen einer städtischen Straße außerhalb und innerhalb einer Wohnung, an einer Bundesautobahn, an zwei Messstationen der LUBW für Straßenverkehrslärm sowie im Inneren fahrender Autos. Messungen ohne direkten Quellenbezug erfolgten in der Karlsruher Innenstadt. Ferner wurden Geräusche technischer

### Bewertung von Geräuschen

Je nach Fragestellung wird die Frequenz von Geräuschen unterschiedlich gewichtet. Üblich ist die A-Bewertung, angegeben in dB(A), welche in etwa dem Hörempfinden des Menschen entspricht. Für den Bereich des Infraschalls eignet sich die sogenannte G-Bewertung, angegeben in dB(G). Die G-Bewertung hat ihren Schwerpunkt bei 20 Hz. Schallanteile zwischen 10 Hz und 25 Hz fließen stark in den Pegel ein, Anteile darunter und darüber hingegen nur wenig. Für Frequenzanalysen und den Vergleich mit der Wahrnehmungsschwelle werden meist unbewertete Pegel (lineare Pegel) verwendet. Dabei werden alle Frequenzen gleich gewichtet. In den Abbildungen sind unbewertete Terz- oder Schmalbandspektren dargestellt.



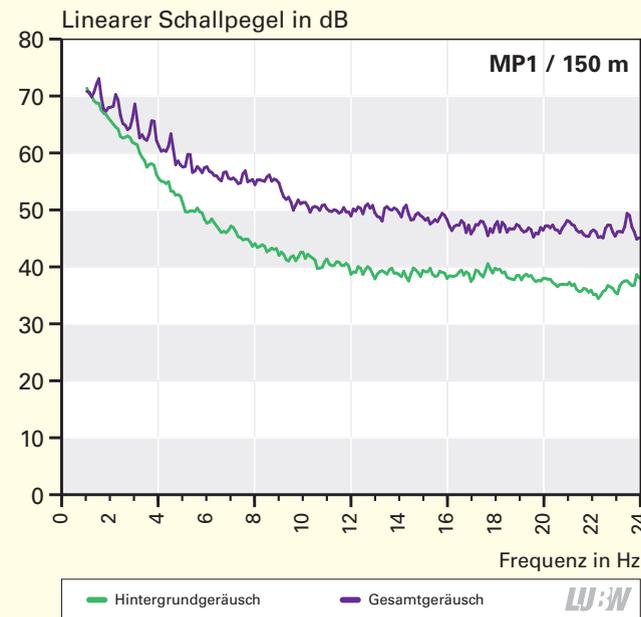
Beispielhafte Messanordnung (nicht maßstabsgerecht)

Hausgeräte wie Waschmaschine, Kühlschrank oder Heizung analysiert, wie sie in einer Wohnung auftreten. Zusätzliche Messungen natürlichen Infraschalls auf freiem Feld, am Waldrand und im Wald rundeten das Messprogramm ab.

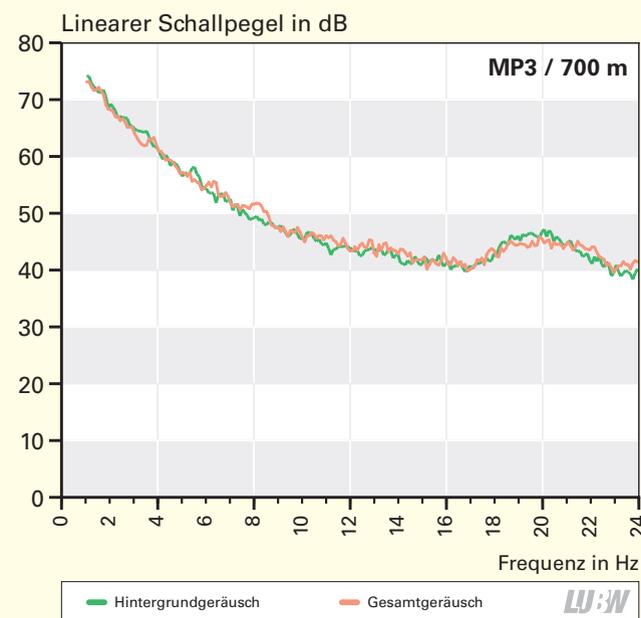
## WINDKRAFTANLAGEN

Die Messungen an den sechs Windkraftanlagen erfolgten je nach örtlicher Gegebenheit jeweils in ungefähr 150 m, 300 m und 700 m Entfernung Abstand. Die Anlagen deckten einen Leistungsbereich von 1,8 bis 3,2 Megawatt ab. Es zeigte sich, dass der von Windkraftanlagen ausgehende Infraschall in der näheren Umgebung der Anlagen messtechnisch gut erfasst werden kann. Neben den Geräuschen der Windkraftanlage wird stets auch vom Wind in der Umgebung erzeugter Schall sowie windinduzierter Schall am Mikrofon erfasst. Im Schmalbandspektrum lässt sich unterhalb von 8 Hz ein typisches sägezahnartiges Muster erkennen. Ursache hierfür ist die gleichförmige Bewegung der Rotorblätter, die sich als Grundschwingung mit Oberwellen zeigt (Abbildung Seite 4 oben).

Die in der Umgebung von Windkraftanlagen gemessenen Infraschall-Terzpegel liegen selbst im Nahbereich in Abständen um 150 m für alle gemessenen Anlagen mit Werten zwischen 45 und 75 dB (unbewertet) deutlich unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle, wie sie in DIN 45680 (Entwurf 2013) festgelegt ist. Die Messwerte zeigen eine große Schwankungsbreite. Ursache hierfür sind unterschiedliche Umgebungsbedingungen sowie die variierenden Geräuschanteile des Windes. In 700 m Abstand von den Windkraftanlagen war zu beobachten, dass sich



Hintergrundgeräusch (Anlage aus) und Gesamtgeräusch (Hintergrundgeräusch plus Geräusch der Windkraftanlage) in 150 m Entfernung bei 6,5 m/s Windgeschwindigkeit



Hintergrundgeräusch (Anlage aus) und Gesamtgeräusch (Hintergrundgeräusch plus Geräusch der Windkraftanlage) in 700 m Entfernung bei 6,5 m/s Windgeschwindigkeit

beim Einschalten der Anlage der gemessene Infraschallpegel nicht mehr nennenswert oder nur in geringem Umfang erhöht. In dieser Entfernung wird der Infraschall im Wesentlichen vom Wind und nicht von den Anlagen erzeugt (Abbildung Seite 4 unten).

Die von der untersuchten Windkraftanlage ausgehenden Bodenschwingungen waren bereits in weniger als 300 m Abstand sehr gering. Die Messwerte lagen deutlich unterhalb der Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2. Diese Norm gilt für die Beurteilung von Erschütterungen, die auf Menschen in Gebäuden einwirken. In Entfernungen, wie sie sich für Bereiche mit Wohnnutzung allein aus Gründen des Schallimmissionsschutzes ergeben, sind daher keine relevanten Einwirkungen zu erwarten.

## STRASSENVERKEHR

Bei den Messungen im Verkehrsbereich konnte erwartungsgemäß eine klare Korrelation zwischen Geräusch und Verkehrsstärke festgestellt werden. Je höher das Verkehrsaufkommen, desto höher waren auch die tieffrequenten Geräuschpegel. Anders als bei Windkraftanlagen treten die durch den Straßenverkehr hervorgerufenen Pegel auch unmittelbar an Wohngebäuden auf. Die G-bewerteten Infraschallpegel lagen in der Nähe von Wohnbebauung zwischen 55 und 80 dB(G). Erhöhte Pegelwerte wurden vor allem im Frequenzbereich zwischen 30 und 80 Hz festgestellt. Diese Geräuschanteile liegen deutlich oberhalb der Wahrnehmungsschwelle nach DIN 45680 (Entwurf 2013). Die gemessenen tieffrequenten Geräusche im Straßenverkehr sind signifikant lauter als in der Umgebung von Windkraftanlagen (Abbildung S. 7). Nachts sanken die Infraschall- und tieffrequenten Geräuschpegel ab.

Wesentlich höhere Pegel treten im Innenraum eines mit 130 km/h fahrenden Mittelklasse-Pkw auf. Hierbei handelt es sich zwar nicht um Immissionen in freier Umgebung, aber um eine Alltagssituation, der viele Menschen oft auch für längere Zeit ausgesetzt sind. Der Infraschall ist hier um mehrere Größenordnungen stärker als in der Umgebung von Windkraftanlagen (Abbildung S. 7).

## INNENSTADT

Bei den Messungen in der Karlsruher Innenstadt lagen die G-bewerteten Infraschallpegel überwiegend zwischen 55 und 65 dB(G), zeitweise wurden auch Werte von über 70 dB(G) erreicht. In den Abendstunden sank der G-Pegel stetig ab. Im Frequenzbereich zwischen 25 und 80 Hz konnten mit bis zu 60 dB (unbewertet) relativ hohe Terzpegel festgestellt werden. Diese sind wohl auf Verkehrsgeräusche im weiteren Umfeld zurückzuführen. In einem Innenraum wurden G-Pegel zwischen 45 und 60 dB(G) gemessen.

## TECHNISCHE GERÄTE IN WOHNGBÄUDEN

Bei Messungen an technischen Geräten in einem Wohngebäude wurden die höchsten G-bewerteten Infraschallpegel mit bis zu 85 dB(G) während des Schleudergangs einer Waschmaschine erfasst. In einzelnen Frequenzbereichen reichen die Pegel an die menschliche Wahrnehmungsschwelle nach DIN 45680 (Entwurf 2013) heran. Die von einer Ölheizung hervorgerufenen linearen Terzpegel lagen zwischen 50 und 75 dB (Abbildung S. 7).

## LÄNDLICHE UMGEBUNG

Die Geräuschsituation bei Wind auf einer Wiese, am Waldrand und im Wald ist ähnlich wie in der Umgebung einer Windkraftanlage. Bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s auf der Wiese ergaben sich bei den Messungen mit 55 bis 65 dB(G) auf der Wiese etwas höhere G-bewertete Infraschallpegel als am Waldrand und im Wald, wo jeweils 50 bis 60 dB(G) auftraten. Dies lässt sich mit der niedrigeren Windgeschwindigkeit am Waldrand und im Wald begründen. Beim Hörschall steigt der Geräuschpegel am Waldrand und im Wald im Vergleich zur Wiese. Dies ist auf Blätterrauschen zurückzuführen (Abbildung S. 7).

## VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN QUELLEN

Die Abbildung auf S. 7 verdeutlicht nochmals die Spannbreite der linearen Terzpegel für die erfassten Windkraftanlagen in etwa 300 m Entfernung (rotes Band). Zum Vergleich sind auch die Messergebnisse für Verkehrs- und Naturgeräusche sowie eine Ölheizung dargestellt. Erkennbar ist der große Abstand der Anlagengeräusche von der Wahrnehmungsschwelle des Menschen im Infraschallbereich.