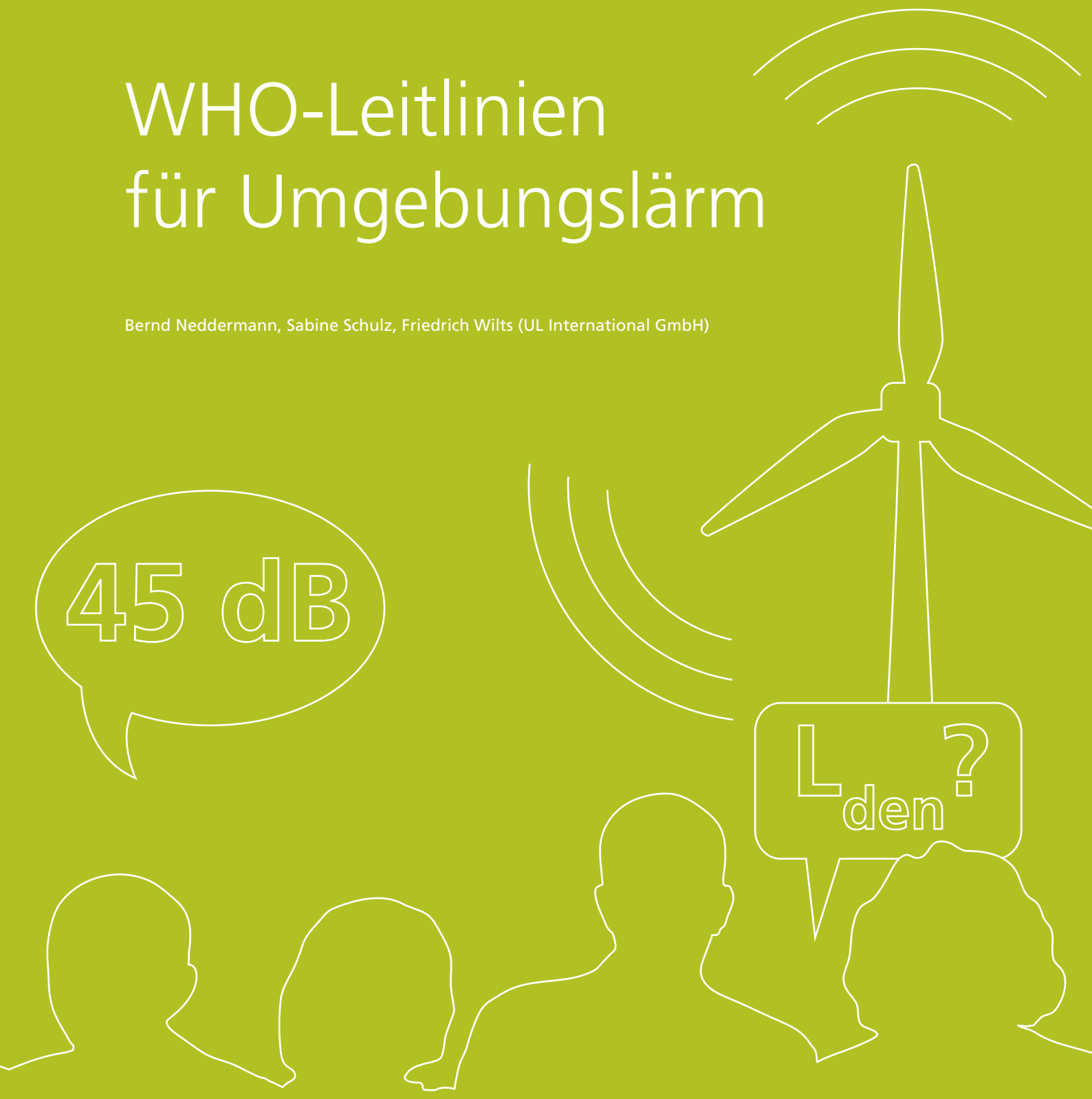
FACHAGENTUR
WINDENERGIE AN LAND

HINTERGRUNDPAPIER

WHO-Leitlinien für Umgebungslärm

Bernd Neddermann, Sabine Schulz, Friedrich Wilts (UL International GmbH)



Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Genderhinweis
Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird überwiegend die männliche Schreibweise verwendet. Wir weisen an dieser Stelle ausdrücklich darauf hin, dass die ausschließliche Verwendung einer Form explizit geschlechterunabhängig verstanden werden soll.

Inhalt

Vorwort 2

1 Zusammenfassung 3

2 WHO-Empfehlungen für die Geräuschbelastung durch Windenergieanlagen 4

3 Immissionsschutzrechtliche Bestimmungen für WEA in Deutschland 9

4 Unterschiede zwischen den Lärmindizes der WHO und den deutschen Immissionsrichtwerten 12

4.1 Einfluss des Tagesgangs des Pegels einer Schallquelle auf den Lärmindex L_{den} 13

4.2 Vergleichbarkeit der Immissionsrichtwerte nach TA Lärm mit den von der WHO empfohlenen L_{den}-Werten 14

5 Diskussion der maßgeblichen Studien zur Belästigungswirkung 15

6 Fazit und Bewertung 19

Abkürzungen und Fachbegriffe 20

Literaturverzeichnis 22

Impressum 24

Vorwort

Dr. Antje Wagenknecht ist Geschäftsführerin der Fachagentur Windenergie an Land.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat im Oktober 2018 neue Leitlinien für die Bewertung von Umgebungslärm veröffentlicht. Die Leitlinien beruhen auf der Kenntnis, dass Lärmbelastungen zu den umweltbedingten Gefahren für die physische und psychische Gesundheit zählen. In dem Dokument, das den Ländern in der Europäischen Region und maßgeblichen Interessengruppen am 10. Oktober 2018 in Basel offiziell präsentiert wurde, benennt die WHO Lärmpegel, ab denen gesundheitliche Auswirkungen drohen. Sie rät darüber hinaus für verschiedene Lärmquellen zu Maßnahmen zur Minderung der Belastungen. Bei der Ausarbeitung der Empfehlungen kam erstmals ein umfassender und strikter methodischer Rahmen zur Anwendung. Leider ist jedoch die Datenbasis für die Beurteilung der Windenergienutzung unzureichend.

Die WHO empfiehlt für Windparks eine durchschnittliche Lärmbelastung von maximal 45 Dezibel (dB). In Deutschland geltendes Recht sieht hingegen Lärmschutzwerte von 45 dB als Maximalbelastung in der Nacht und 55 dB am Tag für Allgemeine Wohngebiete vor. Wir schätzen die Rolle der Weltgesundheitsorganisation für so maßgeblich ein, dass wir Hinweise ihrerseits zu möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Schallimmissionen durch WEA für den politischen Diskurs kommentieren möchten. Erst im Juli 2019 hat sich mit dem Umweltbundesamt (UBA) eine namhafte Organisation in Deutschland zu Wort gemeldet und die WHO-Leitlinien in einen gesamtfachlichen Zusammenhang gestellt. In dem Positionspapier des UBA wird deutlich, dass „die akustischen Charakteristiken von Windenergieanlagen (An- und Abschaltung in Abhängigkeit von Windstärke, Tageszeiten; und Windrichtung) zur Folge haben, dass ein durchschnittlicher gewichteter Dauerschallpegel L_{den} nur begrenzt in der Lage ist, die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm durch Windenergieanlagen angemessen abzubilden.

Das vorliegende Hintergrundpapier arbeitet die Thematik mit einem Problemaufriss und einer Literaturanalyse der wichtigsten Aufsätze und Forschungsergebnisse auf. Während das UBA-Positionspapier verbal-argumentativ vorgeht, war es unser Ziel, mit wissenschaftlichen Berechnungen zu überprüfen, ob es starke Abweichungen zwischen den WHO-Empfehlungen und der aktuellen immissionsschutzfachlichen Praxis gibt. Beide Papiere kommen dabei zur selben Einschätzung und bestätigen der deutschen Praxis ein hohes Schutzniveau.

Wir hoffen, mit diesem Hintergrundpapier zur fachlichen Bewertung der WHO-Leitlinien aus Sicht von renommierten Schallgutachtern, einen weiteren Beitrag zu leisten und möglichen Verunsicherungen von lokalen Anwohnern konstruktiv begegnen zu können. Mein Dank gilt den Autoren des Papiers, namentlich Bernd Neddermann, Sabine Schulz und Friedrich Wilts von der UL International GmbH (ehem. DEWI-Deutsches Windenergie-Institut), für die gute Zusammenarbeit.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Ihre

Dr. Antje Wagenknecht

Geschäftsführerin der Fachagentur Windenergie an Land

1 Zusammenfassung

Im Oktober 2018 veröffentlichte das Regionalbüro für Europa der Weltgesundheitsorganisation (WHO) die »Leitlinien für Umgebungslärm für die europäische Region« [1]. In den WHO-Leitlinien werden Empfehlungen zum Schutz der Gesundheit in Bezug auf die Belastung durch Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm, Fluglärm, Freizeitlärm und Lärm von Windenergieanlagen (WEA) formuliert.

In dem vorliegenden Hintergrundpapier werden die in den WHO-Leitlinien ausgesprochenen Empfehlungen für WEA näher betrachtet und mit den derzeit gültigen Bestimmungen in Deutschland verglichen, die im Wesentlichen auf der »Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)« beruhen. Zum besseren Verständnis erfolgt ergänzend eine Erläuterung der verwendeten Fachbegriffe und Abkürzungen (siehe Seiten 20–21).

Bei eingehender Betrachtung der WHO-Leitlinien (siehe Kapitel 2) fällt zunächst auf, dass für Schallemissionen von WEA nur »bedingte« Empfehlungen formuliert wurden, während für alle anderen Geräuscharten zumeist »starke« Empfehlungen ausgesprochen wurden. Dies ist im Wesentlichen dadurch begründet, dass für die gesundheitliche Bewertung von WEA-Geräuschen nur eine schwache Studienlage zur Verfügung stand. So gingen in Bezug auf WEA von den sieben betrachteten Parametern nur Studien zur Belästigungswirkung in die Festlegung der Empfehlungen ein, die Qualität der dabei herangezogenen Studien wurde zudem als gering bewertet. Studien zu den anderen sechs betrachteten Parametern lagen entweder nicht vor, wiesen eine sehr geringe Qualität auf oder zeigten widersprüchliche Ergebnisse.

Bei den Empfehlungen der WHO-Leitlinen werden der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den} und der Nachtlärmindex L_{night} als Kenngrößen verwendet. Dabei handelt es sich um über das Jahr gemittelte Werte, die sich nicht direkt mit den Immissionsrichtwerten aus der TA Lärm vergleichen lassen (siehe Kapitel 4). Die TA Lärm bezieht sich auf Mittelwerte über einen definierten Tageszeitraum bzw. über die lauteste Nachtstunde (siehe Kapitel 3).

In Bezug auf WEA-Geräusche wird in den WHO-Leitlinien die bedingte Empfehlung formuliert, den Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den} auf weniger als 45 dB zu verringern. Für den Nachtlärmindex L_{night} wird in den Leitlinien keine Empfehlung für WEA abgegeben, weil die Qualität der verfügbaren Forschungsergebnisse nach Einschätzung der WHO zu gering ist (siehe Kapitel 2).

Die Frage, inwieweit die WHO-Empfehlungen bereits heute in Deutschland durch die TA Lärm eingehalten werden, ist aufgrund der Unterschiede bei der Ermittlung und Bewertung von Schallemissionen schwer zu beantworten. Zusätzlich wird eine Bewertung dadurch erschwert, dass die WHO keine genauen Angaben dazu macht, mit welcher Methode der L_{den}-Wert ermittelt werden soll. Eine vergleichende Betrachtung der unterschiedlichen Berechnungsmethoden zeigt jedoch, dass das Schutzniveau der WHO-Empfehlung »L_{den} <45 dB« unter Berücksichtigung der relevanten Zu- bzw. Abschläge für den Schallpegel quasi dem gleichen Schutzniveau entspricht, das im Rahmen des deutschen Genehmigungsverfahrens für WEA sichergestellt wird (siehe Kapitel 4.2).

Die für die WHO-Leitlinien herangezogenen Studien basieren auf Schallpegeln, die für die jeweiligen Probanden mit Ausbreitungsgesetzen berechnet wurden, die sich von deutschen Berechnungsstandards unterscheiden (siehe Kapitel 5). Nationale Schallberechnungen berücksichtigen bspw. zusätzliche Unsicherheitsfaktoren, welche die an den jeweiligen Orten berechneten Schallpegel höher erscheinen lassen als die Werte, die für das Herleiten der WHO-Empfehlungen herangezogen wurden.

Eine Umsetzung der bedingten WHO-Empfehlungen für WEA-Geräusche in nationale Richtlinen oder Empfehlungen ist aufgrund der schwachen Datengrundlage und der fehlenden Vergleichbarkeit der Berechnungs- bzw. Messmethoden aus fachlicher Sicht nicht begründet (siehe Kapitel 5). Es besteht weiterer Forschungsbedarf – auch aus Sicht der WHO, um die Belastungs-Wirkungsbeziehung von WEA-Geräuschen angemessen beurteilen zu können und eine bessere Grundlage für Empfehlungen zu erhalten.[1]

1 Siehe [1] Kapitel 4.1, Seite 100 »*Further research into the health impacts from wind turbine noise is needed so that better-quality evidence can inform any future public health recommendations properly. For the assessment of health effects from wind turbines, the evidence was either unavailable or rated low/very low quality.*«

2 WHO-Empfehlungen für die Geräuschbelastung durch Windenergieanlagen

Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Die WHO wurde 1948 gegründet und ist als Sonderorganisation der Vereinten Nationen für die öffentliche Gesundheit zuständig. Sie verfolgt das Ziel, »für alle Völker das höchstmögliche Gesundheitsniveau zu erreichen«. Die WHO-Arbeit orientiert sich dabei u. a. an dem Grundsatz: »Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen, körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen« ([3], deutsche Übersetzung).

In Europa ist das »WHO-Regionalbüro für Europa« als eines von insgesamt sechs Regionalbüros in der Welt zuständig und arbeitet für 53 Mitgliedstaaten in der Region. In der Zentrale in Kopenhagen, den fünf Außenstellen sowie in 30 Länderbüros in Mitgliedsstaaten der Region sind Fachleute aus dem Bereich der öffentlichen Gesundheit und aus anderen Disziplinen beschäftigt.

Lärm zählt nach Einschätzung der WHO zu den wichtigsten umweltbedingten Gesundheitsrisiken ([1], S. 3). Im Oktober 2018 hat das WHO-Regionalbüro für Europa die »Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region« [1] (im Folgenden: WHO-Leitlinien) veröffentlicht. Die WHO formuliert darin Empfehlungen zum Schutz der Gesundheit in Form von Grenzwerten für die Belastung durch Umgebungslärm. Im Sinne der EU-Umgebungslärmrichtlinie [4] werden als »Umgebungslärm« (engl. »environmental noise«) unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien bezeichnet, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden ([4], Artikel 3a), denen Menschen insbesondere in bebauten Gebieten, in öffentlichen Parks oder anderen ruhigen Gebieten eines Ballungsraums, in ruhigen Gebieten auf dem Land, in der Umgebung von Schulgebäuden, Krankenhäusern und anderen lärmempfindlichen Gebäuden und Gebieten ausgesetzt sind ([4], Artikel 2).

WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region

Neben den verkehrsbedingten Geräuschquellen (Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm) berücksichtigen die aktuellen WHO-Leitlinien – im Unterschied zu vorangegangenen WHO-Veröffentlichungen – erstmals auch Schallemissionen von Freizeitaktivitäten und Windenergieanlagen (WEA).

Ihr Hauptziel ist es, Empfehlungen für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor Verkehrslärm, Lärm von WEA und Freizeitlärm zu geben. Die WHO-Leitlinien sollen den Mitgliedsstaaten in der Europäischen Union (EU) eine »grundsatzpolitische Orientierungshilfe« bieten, die mit den in der EU-Umgebungslärmrichtlinie verwendeten Lärmindizes in Einklang steht ([1], Executive Summary).

Die WHO-Leitlinien sind auf die Belastungs-Wirkungs-Beziehung sowie auf erfolgreiche Lärmminderungsmaßnahmen ausgerichtet. Hierzu wird die Einhaltung bestimmter Schallpegel im Freien an der am stärksten lärmbelasteten Fassade empfohlen. Die Belastungs-Wirkungs-Beziehung bezeichnet die Beziehung zwischen der Belastung durch Umgebungslärm und dem Anteil an Personen mit einem validierten Maß an gesundheitlichen Auswirkungen (bereinigt um Störfaktoren).

Die WHO-Empfehlungen erfolgten auf Basis einer einschlägigen Literaturrecherche zu Forschungsarbeiten im Bereich Umgebungslärm und Gesundheit. Es wurden systematische Durchsichten ausgeführt, um den Zusammenhang zwischen Umgebungslärm und gesundheitlichen Auswirkungen zu bewerten ([2], S. 4):

- Auswirkungen auf Herz und Kreislauf sowie den Stoffwechsel,
- Belästigung,
- Auswirkungen auf den Schlaf,
- kognitive Beeinträchtigung,
- Hörschäden und Tinnitus,
- negative Auswirkungen auf Schwangerschaft und Geburt,
- Lebensqualität, psychische Gesundheit und Wohlbefinden.

Um die Wirksamkeit von Maßnahmen gegen Umgebungslärm hinsichtlich der Verringerung der Belastung und der damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen zu bewerten, erfolgte eine gesonderte systematische Durchsicht vorliegender Studien. Nach einer internen fachlichen Qualitätsbewertung der Evidenz (empirisch gesicherte Nachweisbarkeit) wurden durch die »Leitlinienentwicklungsgruppe« der WHO schließlich Empfehlungen zu ausgewählten Gesundheitsergebnissen formuliert.

In den WHO-Leitlinien für Umgebungslärm erfolgt der Bezug auf die Lärmindizes L_{den} und L_{night}. Der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den} (»den« steht für »day-evening-night«) wird berechnet als Mittelwert des Schalldruckpegels über ein volles Kalenderjahr, wobei Nacht- und Abendstunden mit Zuschlägen in die Berechnung eingehen. Der Nachtlärmindex L_{night} ist der Mittelwert des Schalldruckpegels über alle Nachtstunden eines Kalenderjahres und dient als Maß für Schlafstörungen (siehe hierzu auch Kapitel 4).

Starke Empfehlungen und bedingte Empfehlungen

In den WHO-Leitlinien für Umgebungslärm werden »starke« und »bedingte« Empfehlungen (im englischen Originaltext »strong recommendation« oder »conditional recommendation«) gegeben. Maßgeblich ist dabei die »Qualität der Evidenz für einen Nettonutzen«.

Voraussetzung für die Formulierung einer **starken** Empfehlung ist, dass die Wirksamkeit nachweislich mit großer Sicherheit gegeben ist und somit eine hohe Qualität der Evidenz für einen Nettonutzen besteht. Eine starke Empfehlung sollte in den meisten Fällen umgesetzt werden. Eine **bedingte** Empfehlung spricht die WHO aus, wenn eine geringe Qualität der Evidenz für einen Nettonutzen gegeben ist. Die Wirksamkeit ist weniger sicher, weil »die Werte und Präferenzen der betroffenen Personen und Bevölkerungsgruppen nicht übereinstimmen oder die Auswirkungen der Empfehlung auf die Ressourcen hoch sind« ([2], S. 5). Unter bestimmten Rahmenbedingungen sind diese Empfehlungen nicht zutreffend.

In den WHO-Leitlinien werden für Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm ausschließlich starke Empfehlungen formuliert. In Bezug auf Geräuschemissionen durch Freizeitaktivitäten werden zwei bedingte Empfehlungen und eine starke Empfehlung ausgesprochen. Für WEA-Geräusche gibt die Leitlinienentwicklungsgruppe (LEG) der WHO lediglich bedingte Empfehlungen:

Lärm von Windenergieanlagen

Empfehlung	Stärke
Für die durchschnittliche Lärmbelästigung empfiehlt die LEG[1] bedingt, durch Windenergieanlagen bedingte Lärmpegel auf weniger als **45 dB** L_{den} zu verringern, weil Lärm von Windenergieanlagen oberhalb dieses Wertes mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen verbunden ist.	**Bedingt**
In Bezug auf die durchschnittliche nächtliche Lärmbelästigung L_{night} durch Windenergieanlagen wird keine Empfehlung abgegeben. Die Qualität der Evidenz zur nächtlichen Belastung durch Lärm von Windenergieanlagen ist zu gering, um eine Empfehlung zu gestatten.	
Zur Verringerung der gesundheitlichen Auswirkungen empfiehlt die LEG bedingt, dass die Politik geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastung durch Windenergieanlagen für die Bevölkerung ergreift, deren Lärmbelastung die Leitlinienerte für die durchschnittliche Lärmbelastung übersteigt. Es ist jedoch keine Evidenz verfügbar, um die Empfehlung einer bestimmten Art von Maßnahmen gegenüber einer anderen zu erleichtern.	**Bedingt**

Abb. 1: Empfehlungen der WHO hinsichtlich der Geräuschbelastung durch WEA ([2],S.7).

1 LEG: Leitlinienentwicklungsgruppe der WHO

Diese Einflussfaktoren sind aus Sicht der WHO zur Festlegung der Empfehlungsstärke in Bezug auf Schallemissionen von Windenergieanlagen maßgeblich:

Einflussfaktoren für die Stärke der Empfehlung	Entscheidung
Qualität der Evidenz	**Durchschnittliche Belastung (L_{den})** **Auswirkungen auf die Gesundheit** • Die Evidenz für ein relevantes absolutes Risiko der Belästigung bei **45 dB L_{den}** wurde mit **geringer Qualität** bewertet. **Maßnahmen** • Es gab keine Evidenz zur Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduzierung von Lärmbelastung und/oder gesundheitlichen Wirkungen bei WEA. **Nächtliche Belastung (L_{night})** **Auswirkungen auf die Gesundheit** • Es gab keine statistisch signifikante Evidenz für Schlafstörungen im Zusammenhang mit der Lärmbelastung durch WEA in der Nacht. **Maßnahmen** • Es gab keine Evidenz zur Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verringerung von Lärmbelastung und/oder Schlafstörungen bei WEA.
Verhältnis von Nutzen zu Schaden und Belastungen	Weitere Arbeiten sind erforderlich, um Nutzen und Schaden durch die Lärmbelastung von WEA vollständig abzuschätzen und zu klären, ob ein möglicher Nutzen (durch eine verringerte Belastung durch Umgebungslärm für Personen, die in der Nähe von WEA leben) die Auswirkungen (auf die Entwicklung der Politik für erneuerbare Energien in der europäischen WHO-Region) überwiegen.
Werte und Präferenzen	Die Werte und Präferenzen der Bevölkerung sind sehr unterschiedlich, wobei die negativen Einstellungen der in der Nähe von WEA lebenden Bevölkerung besonders stark sind.
Ressourcenauswirkungen	Es gibt keine Informationen zu bestehenden Maßnahmen (und damit verbundenen Kosten) zur Verringerung von Schäden durch WEA-Lärm.
Zusätzliche Erwägungen oder Unsicherheiten	Es gibt erhebliche Probleme bei der Beurteilung der Lärmbelastung im Zusammenhang mit WEA.
Entscheidungen zur Stärke der Empfehlungen	• **Bedingt** für den Leitlinien-Wert für die durchschnittliche Lärmbelastung (L_{den}) • **Bedingt** für die Wirksamkeit von Maßnahmen (L_{night})

Tabelle 1: Zusammenfassung zur Bewertung der Stärke der Empfehlungen zu WEA-Geräuschen ([1] S. 86, Tabelle 42) (Hinweis: keine offizielle Übersetzung)

Rechtliche Auswirkung der WHO-Leitlinien für Umgebungslärm

Beitrag von Kathrina Baur, LL. M.,
Referentin der Fachagentur Windenergie an Land e. V.

Im Zusammenhang mit den Leitlinien für Umgebungslärm der WHO [1] stellt sich die Frage, wie diese rechtlich einzuordnen sind und ob sie zwingend in nationales Recht umzusetzen sind. Die Leitlinien wurden vom WHO-Regionalbüro für Europa veröffentlicht und sind primär erst einmal rechtlich nicht verbindlich. In der Kurzdarstellung der Leitlinien [2] schreibt das WHO-Regionalbüro, dass es Hauptziel der Leitlinien sei, lediglich Empfehlungen für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor der Belastung durch Umgebungslärm aus verschiedenen Quellen abzugeben. Hierunter fällt auch die Geräuschentwicklung durch WEA. Weiter schreibt das WHO-Regionalbüro, dass die Leitlinien eine fundierte evidenzgestützte Beratung für den Bereich der öffentlichen Gesundheit bieten sollen und für politische Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Auswirkungen von Lärm unerlässlich seien. Dies bedeutet, dass die Leitlinien an Entscheidungsträger und Fachleute gerichtet sind und diese bei gesetzgeberischen und anderen politischen Entscheidungsprozessen auf der kommunalen, nationalen und internationalen Ebene lediglich unterstützen sollen. Dr. Zsuzsanna Jakab, WHO-Regionaldirektorin für Europa sagte bei der Veröffentlichung der Leitlinien im Oktober 2018 in Basel [20]: »In den neuen Leitlinien der WHO werden Lärmpegel festgelegt, die im Sinne einer weitestgehenden Vermeidung ungünstiger Gesundheitsresultate nicht überschritten werden sollten, und wir appellieren dringend an die Politiker in den Ländern der Europäischen Region, von diesen Leitlinien umfassend Gebrauch zu machen – zum Nutzen aller Europäer.«

Insbesondere ist zu beachten, dass die Empfehlungen in den Leitlinien entweder als »starke Empfehlung« (im englischen Originaltext »strong recommendation«) oder als »bedingte Empfehlung« (im englischen Originaltext »conditional recommendation«) eingestuft werden. Bezüglich der Unterscheidung dieser Empfehlungen legen die Leitlinien fest, dass eine »starke Empfehlung« in den meisten Situationen als Grundsatz bzw. Strategie angenommen werden könne, basierend auf der Überzeugung, dass die unerwünschten Auswirkungen der Einhaltung der Empfehlung die unerwünschten Folgen überwiegen. Eine »bedingte Empfehlung« hingegen erfordere einen politischen Entscheidungsprozess mit substanzieller Diskussion und Einbeziehung verschiedener Akteure. Die Garantie für die Effektivität einer »bedingten Empfehlung« sei sehr gering, da einerseits die Qualität der Evidenz (empirisch gesicherte Nachweisbarkeit) eines Nettonutzens sehr schlecht seien und andererseits die Wertesetzung der betroffenen Personen und Bevölkerungsgruppen nicht übereinstimmen, was bedeuten würde, dass es Situationen geben könne, in denen sie nicht anwendbar wären ([1], S. XV).

Wie oben schon vermerkt, wird bezüglich des Lärms von WEA in den Leitlinien lediglich eine bedingte Empfehlung ausgesprochen. Die WHO weist explizit darauf hin, dass es lediglich beschränktes Datenmaterial hinsichtlich der Geräuschempfindung bei Windenergie ([1], S. 77 ff) gibt und daher die Nachweisbarkeit von nachteiligen Auswirkungen von WEA-Geräuschen als sehr niedrig eingestuft werden ([1], S.5 und S.85). Die WHO empfiehlt weitere Forschung und Datenerhebung auf diesem Gebiet, um eine bessere Grundlage für Empfehlungen abgeben zu können ([1], S. 86).

Abschließend ist damit festzuhalten, dass nicht nur die Leitlinien als solche keinen rechtsverbindlichen Charakter haben. Speziell im Hinblick auf Windenergie sind zudem die Beweisdaten so unzureichend, dass in der Konsequenz lediglich eine bedingte Empfehlung ausgesprochen werden konnte.

3 Immissionsschutzrechtliche Bestimmungen für WEA in Deutschland

Windenergieanlagen (WEA) müssen in Deutschland nach den Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)[1] genehmigt werden. In der »4. Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen« (4. BImSchV)[2] wurde dies für alle WEA mit mehr als 50 m festgelegt.

Zweck des BImSchG ist es unter anderem, schädliche Umwelteinwirkungen der nach BImSchG zu genehmigenden Anlagen zu vermeiden und zu vermindern und dem Schutz sowie der Vorsorge gegen erhebliche Belästigungen zu dienen.

Beim WEA-Betrieb sind in diesem Zusammenhang vor allem die Umwelteinwirkungen durch Geräusche von Bedeutung. Im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren sind die Bestimmungen der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm, [5]) für die Ermittlung und Beurteilung der WEA-Geräusche maßgeblich. Für die Schallausbreitungsrechnung innerhalb der Immissionsprognose verweist der Anhang der TA Lärm in Nr. 2.3.4 auf die DIN ISO 9613-2 [10]. Das darin geregelte sogenannte alternative Verfahren wurde in der Vergangenheit auf WEA angewendet, wobei auch die Gerichte diese Anwendung nicht in Frage stellten.

Im Hinblick auf die Genehmigungspraxis von WEA spricht die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ergänzend spezielle Empfehlungen aus. Im September 2017 hat die LAI beschlossen, den Bundesländern die Anwendung des neuen Entwurfes der »Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen« mit Stand 30.06.2016 [8] zu empfehlen, in dem Anpassungen für den Einsatz von WEA mit großen Nabenhöhen berücksichtigt werden.

Üblicherweise sind im ländlichen Raum, wo WEA überwiegend betrieben werden, Immissionsrichtwerte von 45 dB in der lautesten Nachtstunde beim Anwohner einzuhalten. Dieser Wert lässt sich nicht direkt mit dem bedingt empfohlenen Wert von 45 dB für den Lärmindex L_{den} in den WHO-Leitlinien vergleichen (siehe dazu Kapitel 4).

Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm

Die TA Lärm wurde als Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum BImSchG erlassen und legt für die Genehmigung von WEA einzuhaltende Immissionsrichtwerte fest. Die Vorschriften zur Ermittlung der Geräuschimmissionen durch Prognose und durch Messung werden im Anhang der TA Lärm dargestellt.

Nach TA Lärm werden Geräuschimmissionen auf Basis physikalisch objektiv beschreibbarer Wirkungen und Messungen am Immissionsort beurteilt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die von einzelnen Personen tatsächlich empfundene Belästigung durch Geräusche von vielschichtigen subjektiven Einflüssen (z. B. individuelle Empfindlichkeit, Einstellung zur Geräuschursache u. ä.) bestimmt wird, die physikalisch nicht zu erfassen sind.

1 Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432) geändert worden ist, https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/BImSchG.pdf, zuletzt abgerufen am 19.08.2019.

2 Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440). https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_4_2013/4._BImSchV.pdf, zuletzt abgerufen am 19.08.2019

Immissionsrichtwerte nach TA Lärm

Gemäß BImSchG ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche eine Voraussetzung für die Erteilung einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung. Dies wird nach den Bestimmungen der TA Lärm sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung am maßgeblichen Immissionsort folgende Richtwerte außerhalb von Gebäuden nicht überschreitet:

Gebietseinordnung gemäß BauGB	am Tage	in der Nacht
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35
Reine Wohngebiete	50	35
Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55	40
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60	45
Urbane Gebiete	63	45
Gewerbegebiete	65	50
Industriegebiete	70	70

Tabelle 2: Immissionsrichtwerte nach TA Lärm ([5], 6.1) in dB(A)

Die Schallpegel sind tagsüber zwischen 06:00 und 22:00 Uhr über einem Zeitraum von 16 Stunden zu mitteln. In der Nacht wird zwischen 22:00 und 06:00 Uhr die jeweils lauteste Stunde herangezogen. Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

WEA werden in der Regel an Standorten im Außenbereich im Sinne des Baugesetzbuches betrieben, so dass üblicherweise der Immissionsrichtwert für Dorf- und Mischgebiete (in der Nacht: 45 dB(A)) für die Genehmigung maßgeblich ist.

Die Einhaltung der Immissionsrichtwerte der TA Lärm ist im Genehmigungsverfahren durch Vorlage einer Schallimmissionsprognose (Schallgutachten) nachzuweisen. Neben den WEA-Geräuschen ist dabei auch die Vorbelastung am geplanten Standort zu berücksichtigen, d. h. die Geräusche anderer bereits bestehender gewerblicher und industrieller Quellen. Verkehrsgeräusche werden getrennt betrachtet.

Schallimmissionsprognose

Die Prognose der durch WEA verursachten Geräuschimmission ist Bestandteil der Genehmigung und hat eine maßgebliche Bedeutung für die immissionsschutzrechtliche Beurteilung des geplanten Vorhabens. Entsprechend wichtig ist es, dass nach den Vorgaben der TA Lärm ein qualifiziertes Gutachten durch einen erfahrenen Sachverständigen erstellt wird.

Die Prognose basiert auf einer Schallausbreitungsrechnung. Es wird also die Schallemission der WEA betrachtet und die Ausbreitung des Schalls bis zum Immissionsort ermittelt.

Die TA Lärm verweist für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen auf die Norm ISO 9613-2. Diese Norm wurde jedoch für mittlere Höhen über dem Ausbreitungsweg zwischen Quelle und Empfänger von 30 m entwickelt, die von modernen WEA überschritten werden. Daher lautet die Empfehlung in den aktuellen LAI-Hinweisen [8], Immissionsprognosen unter Verwendung des sogenannten »Interimsverfahrens« durchzuführen. Die Ergebnisse auf Basis des Interimsverfahrens entsprechen der Annahme eines total reflektierenden Bodens, was zu höheren berechneten Schallpegeln am Immissionsort führt.

Die TA Lärm fordert im Rahmen einer Schallimmissionsprognose auch Angaben über die Qualität der Ergebnisse. Darüber hinaus wird im Rahmen der Genehmigungsverfahren von WEA die Qualität der Ergebnisse nicht nur angegeben, sondern es wird gemäß den LAI-Hinweisen zur Sicherstellung der Nicht-Überschreitung der Richtwerte ein Zuschlag addiert, um den Pegel zu ermitteln, der mit 90-prozentiger Sicherheit nicht überschritten wird.

4 Unterschiede zwischen den Lärmindizes der WHO und den deutschen Immissionsrichtwerten

Die Empfehlungen der WHO beziehen sich auf die akustischen Kenngrößen L_{den} und L_{night}, die nicht direkt mit den in Deutschland maßgeblichen Immissionsrichtwerten nach der TA Lärm verglichen werden können.

Die Größen L_{den} und L_{night} wurden in der Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm als gemeinsame Lärmindizes ausgewählt, um die Belastung durch Umgebungslärm in allen Mitgliedsstaaten vergleichbar zu ermitteln. Dabei soll der L_{den} als Tag-Abend-Nacht-Lärmindex zur Bewertung der Geräuschbelästigung und der L_{night} als Nachtlärmindex zur Bewertung von Schlafstörungen dienen.

Auf Basis der TA Lärm wird im Rahmen der Schallimmissionsprognose derjenige bestimmungsgemäße Betriebszustand angenommen, der zu den höchsten Immissionspegeln führt, so dass die Geräuschbelastung am betrachteten Gebäude in jeder Nachtstunde auf diesen Maximalwert begrenzt wird. Dass dieser Maximalwert in den meisten Nächten nicht erreicht wird, ist in den Regelungen der TA Lärm nicht begünstigend berücksichtigt.

Demgegenüber bezeichnet L_{night} den Mittelwert über alle Nachtstunden eines Kalenderjahres. Im Falle einer Bewertung anhand des L_{night} könnten hohe Werte in einer Nacht durch geringere Werte in anderen Nächten des Jahres durch die Mittelwertbildung ausgeglichen werden. Als Beispiel: liegt in einer Nacht der Mittelungspegel bei 55 dB(A) und in 10 Nächten bei 35 dB(A), so ergibt sich als Mittelwert über alle 11 Nächte ein L_{night} von 45 dB(A) (Hinweis: die energetische Mittelwertbildung, die im Falle von Schallpegeln angewendet wird, weicht vom arithmetischen Mittel ab). Eine Begrenzung kurzzeitiger Geräuschspitzen, wie in der TA Lärm, ist in den WHO-Empfehlungen nicht thematisiert worden.

Die Größe L_{den} wird berechnet als Mittelwert über ein volles Kalenderjahr, wobei Nacht- und Abendstunden mit Zuschlägen in die Berechnung eingehen. Anteilig werden dabei je 8 Stunden pro Nacht mit einem Zuschlag von 10 dB und 4 Stunden pro Abend mit einem Zuschlag von 5 dB berücksichtigt, die restlichen 12 Stunden pro Tag bleiben ohne Zuschlag:

$$L_{den} = 10 \cdot log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Demgegenüber werden die tagsüber geltenden Immissionsrichtwerte der TA Lärm als Mittelwert aus den 16 Stunden des Tageszeitraumes bestimmt.

Auch beim L_{den} können hohe Werte während eines Tages durch geringere Werte an anderen Tagen ausgeglichen werden, da über ein ganzes Kalenderjahr gemittelt wird.

Da der L_{den} über die Pegel während des Tages, des Abends und der Nacht gebildet wird, ist ein direkter Vergleich mit den Tag- und Nachtrichtwerten der TA Lärm nicht möglich. Dies zeigt das folgende Beispiel:

Unter Berücksichtigung einer Schallquelle, deren Pegel sich über den gesamten Tag nicht ändert, und für die sich gemäß einer Prognose nach TA Lärm die Einhaltung eines Nachtrichtwertes von 45 dB(A) ergeben würde, berechnet sich aufgrund der Zuschläge auf die Abend- und Nachtstunden ein um 6,4 dB höherer L_{den} von 51,4 dB(A).

4.1 EINFLUSS DES TAGESGANGS DES PEGELS EINER SCHALLQUELLE AUF DEN LÄRMINDEX L_{den}

Durch die hohen Zuschläge (siehe Berechnungsformel im vorangegangenen Abschnitt) auf die Pegel der Nachtstunden wird der L_{den} stärker durch die nächtlichen Pegel als durch die Pegel während der Tages- und Abendstunden bestimmt. Der Tagesgang des Pegels einer Quelle hat somit einen erheblichen Einfluss auf den von der WHO herangezogenen Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{den}. Dies ist bei Betrachtungen nach der TA Lärm nicht der Fall. Dort wird der Immissionswert über die 16 Stunden im Tagesabschnitt bzw. über die jeweils lauteste Nachtstunde eines jeden Tages ermittelt.

Tabelle 2 verdeutlicht den Einfluss des Tagesgangs des Pegels einer Schallquelle auf den Lärmindex L_{den} anhand von verschiedenen Extremfällen.

	durchgehend	in der Nacht	am Abend	am Tag
L_{day}	45.0 dB(A)	–	–	45.0 dB(A)
$L_{evening}$	45.0 dB(A)	–	45.0 dB(A)	–
L_{night}	45.0 dB(A)	45.0 dB(A)	–	–
L_{den}	51.4 dB(A)	50.2 dB(A)	42.2 dB(A)	42.0 dB(A)

Tabelle 2: Einfluss des Tagesgangs des Pegels einer Schallquelle auf den Lärmindex L_{den}

Eine Anlage, die permanent einen nach TA Lärm in der lautesten Nachstunde zulässigen Schallpegel von 45 dB(A) am maßgeblichen Immissionsort einhält, entspricht einem durch Zuschläge auf die Abend- und Nachtstunden um 6,4 dB(A) erhöhten L_{den} von 51,4 dB(A) – siehe Spalte 2 in Tabelle 2.

Für eine Schallquelle, die nur während der acht Nachtstunden einen Pegel von 45 dB(A) verursacht, ergibt sich ein L_{den} von 50,2 dB(A) – siehe Spalte 3 in Tabelle 2. Dagegen berechnet sich für eine Schallquelle, die nur während der 12 Tagesstunden 45 dB(A) verursacht und nachts ruhig ist, ein L_{den} von 42 dB(A) – siehe letzte Spalte in Tabelle 2. Bei den Lärmindizes L_{den} bzw. L_{night} ist zu beachten, dass beide Kenngrößen Mittelwerte über ein gesamtes Jahr darstellen. Ein vorgegebener Wert von 45 dB(A) für den L_{den} bzw. L_{night} kann somit zum Beispiel auch dann eingehalten werden, wenn die WEA zwar lauter als der maßgebliche Immissionsrichtwert gemäß TA Lärm ist, die Anlage aber während verschiedener Schwachwindphasen weniger Schall emittiert. Demgegenüber muss der Immissionsrichtwert nach TA Lärm an jedem einzelnen Tag des Jahres eingehalten werden, zusätzlich gibt es noch Richtwerte, die auch von kurzzeitigen Geräuschspitzen nicht überschritten werden dürfen (siehe Kapitel 3).

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass die Ermittlung des L_{den} beim Betrieb von Windenergieanlagen auch maßgeblich durch die jährliche Windverteilung, also die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an einem Standort im Verlauf eines Jahres, beeinflusst wird.

WEA verursachen nicht über das gesamte Jahr hinweg den maximal möglichen Schallpegel. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten ist der emittierte Schallleistungspegel geringer als bei höheren Windgeschwindigkeiten. Damit hängt der gemittelte Schallpegel von der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten und dem Schallverhalten der WEA ab.

Beispielhafte Berechnungen für einen realen Anlagentyp zeigten für unterschiedliche Windverteilungen, dass für eine moderne WEA bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 6,45 m/s im Jahresmittel Schallpegel erwartet werden können, die um etwa 3 dB unterhalb des maximal möglichen Schallpegels liegen. Im Falle geringerer Windgeschwindigkeiten sind größere Reduzierungen des jährlich gemittelten Pegels zu erwarten.

4.2 VERGLEICHBARKEIT DER IMMISSIONSRICHTWERTE NACH TA LÄRM MIT DEN VON DER WHO EMPFOHLENEN L_{den}-WERTEN

Die aktuelle WHO-Richtlinie wirft die Frage auf, inwieweit die von der WHO vorgeschlagenen Empfehlungen bereits heute in Deutschland eingehalten werden. Aufgrund der oben gezeigten Unterschiede bei der Ermittlung und Bewertung von Schallemissionen ist diese Frage schwer zu beantworten. Zusätzlich wird eine Bewertung dadurch erschwert, dass die WHO keine genauen Angaben dazu macht, mit welcher Methode der L_{den}-Wert ermittelt werden soll.

D. Piorr weist in seinen Veröffentlichungen ([6],[7]) unter Verweis auf die Rechtsprechung darauf hin, dass bei der Festlegung eines Richtwertes die Art und Weise, wie der mit dem Richtwert zu vergleichende Mess- oder Prognosewert zu ermitteln ist, untrennbarer Bestandteil dieses Verfahrens ist. Es macht also keinen Sinn, Werte zu vergleichen, die mit unterschiedlichen Verfahren ermittelt wurden und deshalb systematisch zu signifikant voneinander abweichenden Ergebnissen kommen.

Piorr stellt in den genannten Veröffentlichungen dar, welcher Beurteilungspegel sich nach deutschen Berechnungsmethoden ergeben würde, wenn das Berechnungsverfahren aus den in [12] zusammengefassten Studien für eine (ohne Abregelungen betriebene) WEA einen L_{den} von 45 dB(A) ergibt. Er nimmt Bezug auf drei nordeuropäische Wirkungsstudien, die von Janssen und Vos 2011 zusammengefasst wurden. Hier wurde jeweils ein Schallleistungspegel angesetzt, der für den WEA-Typ bei einer Windgeschwindigkeit von 8 m/s in 10 m Höhe vermessen wurde. Dieser Wert wurde anschließend um die für die Bestimmung des L_{den} erforderlichen Nacht- und Abendzuschläge erhöht und zur Berücksichtigung der geringeren Pegel in Zeiten mit geringeren Windgeschwindigkeiten verringert. Dies wurde pauschal mit einem Zuschlag von 4,7 dB berücksichtigt.

Für den Ausbreitungsweg von der Anlage zu den betroffenen Wohnungen berücksichtigen die genannten Studien in ihren Schallausbreitungsrechnungen einen absorbierenden Boden, während das Interimsverfahren grundsätzlich reflektierende Böden annimmt. Auf Basis von Vergleichsrechnungen gibt Piorr eine Differenz zwischen niederländischen Ausbreitungsberechnungen und Berechnungen nach Interimsverfahren von +3,3 dB für einen 400 m entfernten Immissionsort und +3,6 dB für einen 2 km entfernten Immissionsort an. Diese Werte können von dem oben beschriebenen um etwa 4,7 dB erhöhten Pegel wieder abgezogen werden. Damit bleiben die von der WHO herangezogenen Studien gegenüber den nach deutschen Richtlinen berechneten Werten um etwa 1 dB lauter.

Zusätzlich werden in Deutschland gemäß aktuellen LAI-Hinweisen noch Unsicherheitszuschläge auf die berechneten Pegel addiert. Für die Unsicherheit des Prognosemodells beträgt dieser Zuschlag +1,3 dB.

Damit kommt Piorr zu dem Schluss, dass das Schutzniveau der WHO-Empfehlung »L_{den} < 45 dB(A)« quasi dem gleichen Schutzniveau entspricht, welches im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für WEA durch den Nachweis der Einhaltung des nächtlichen TA Lärm-Richtwertes von 45 dB(A) sichergestellt wird.

5 Diskussion der maßgeblichen Studien zur Belästigungswirkung

Zur Beurteilung von Lärmwirkungen betrachtet die WHO in [1] sieben Parameter (Auswirkungen auf Herz und Kreislauf sowie den Stoffwechsel; Belästigung; Auswirkungen auf den Schlaf; kognitive Beeinträchtigung; Hörschäden und Tinnitus; negative Auswirkungen auf Schwangerschaft und Geburt; Lebensqualität, psychische Gesundheit und Wohlbefinden). In Bezug auf WEA sind jedoch nur Studien zur Belästigungswirkung in die Festlegung der Empfehlung eingegangen. Dabei wurde die Qualität dieser Studien durch die WHO selbst als gering bewertet. Studien zu den anderen gesundheitlichen Auswirkungen lagen entweder nicht vor, wiesen eine sehr geringe Qualität auf oder zeigten widersprüchliche Ergebnisse.

Die bedingte Empfehlung der WHO für einen Lärmindex L_{den} von weniger als 45 dB für WEA bezieht sich somit lediglich auf zwei Veröffentlichungen zur Belästigungswirkung:

1. **Janssen et al.** fassen in ihrer Veröffentlichung mit dem Titel »A comparison between exposure – response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources« [12] die Ergebnisse einer niederländischen Studie und zwei schwedischer Studien zusammen. In diesen Studien werden Angaben befragter Anwohner zu ihrem subjektiven Belästigungsempfinden berechneten Pegeln an den Wohnhäusern gegenübergestellt, die auf gemessenen Schallemissionswerten der betriebenen WEA-Typen beruhen.

2. **Kuwano et al.** stellen in ihrer Studie mit dem Titel »Social survey on wind turbine noise in Japan« [13] ebenfalls Belästigungswerte Schallpegeln an Wohnhäusern gegenüber, die allerdings aus *Immissions*messungen in der Umgebung von im Rahmen der Studie untersuchten WEA-Standorten abgeleitet wurden.

Die in Deutschland angewandten Methoden zur Ermittlung der Schallpegel beim betroffenen Anwohner unterscheiden sich zum Teil erheblich von diesen Studien. Dies ist neben den in Abschnitt 4.1 diskutierten unterschiedlichen Beurteilungszeiträumen ein weiterer Grund, warum sich die WHO-Empfehlungen nicht auf die nationalen Richtwerte übertragen lassen. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Studien sowie ein Vergleich zum nationalen Vorgehen erfolgt in den folgenden Unterabschnitten.

In den von der WHO betrachteten Studien wird das subjektive Belästigungsurteil jeweils mit einem Immissionspegel verglichen. Dabei sind beide Größen in der Regel mit unterschiedlichen Methoden bzw. Skalen ermittelt worden, was zu einer großen Unsicherheit und einer schlechten Vergleichbarkeit führt.

Berechnungsverfahren

Innerhalb Deutschlands wird nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [8] der maßgebliche Pegel am Immissionsort (beim betroffenen Anwohner) bestimmt. Dabei erfolgt die Berechnung größtenteils nach den Vorgaben der DIN ISO 9613-2. Weiterhin findet das von der LAI vorgeschlagene Interimsverfahren Anwendung.

In den von der WHO herangezogenen nordeuropäischen Studien [12] wurden die Pegel, die der Belästigungswirkung gegenübergestellt wurden, gemäß niederländischen Regelungen unter der Annahme eines porösen, absorbierenden Bodens berechnet. Dies führt zu kleineren berechneten Pegeln im Vergleich zum deutschen Interimsverfahren. Darüber hinaus wurden für die betrachteten WEA die bei 8 m/s gemessenen Schallpegel – sofern verfügbar – herangezogen. Diese Werte wurden teilweise auch geschätzt.

Bei der Berechnung der entsprechenden Immissionspegel in Deutschland werden hingegen die maximalen Schallpegel einer WEA und ein total reflektierender Boden angesetzt. Dies führt zu berechneten Schallpegeln, die um mehr als 3 dB höher sind. Ein nach nationalen Richtlinien berechneter Pegel beim Anwohner dürfte somit gegenüber der WHO-Empfehlung entsprechend höher sein.

Messverfahren

Im Falle der japanischen Studie ist eine Einschätzung der angewandten Methode zur Messung der Belastungspegel schwierig:

Gemessen wurde an fünf aufeinanderfolgenden Tagen in der Umgebung von einzelnen WEA und Windparks. Zur Bestimmung des Lnight wurde der Pegel über die jeweils lautesten 10-Min-Intervalle aus jeder Nachtstunde gemittelt. Daraus wurde der Lärmindex L_{dn} (der in etwa dem Lden entspricht, jedoch die Abendstunden nicht gesondert berücksichtigt) pauschal durch Addition von 6 dB gebildet (siehe Erläuterungen in Abschnitt 4.1).

Die so erhaltenen Messwerte wurden über die Entfernung des jeweiligen Messpunktes zur nächstgelegenen WEA aufgetragen. Aus der sich daraus ergebenden Regressionskurve wurden die Schallpegel an den umliegenden Wohnhäusern abgeschätzt.

Das Messverfahren weicht von dem in Europa üblichen Verfahren ab: gemäß Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm [4] sollten Messungen zur Ermittlung der Schallbelastung mit einer Messhöhe von 4 m (+/– 20 cm) über dem Boden durchgeführt werden. In begründeten Einzelfällen, z. B. wenn in der Umgebung nur eingeschossige Häuser zu finden sind, können die Messungen ausnahmsweise auch in einer Höhe von 1,5 m durchgeführt werden und dann auf die erwarteten Pegel in 4 m Höhe hochgerechnet werden. Jedoch sollte die Messhöhe keinesfalls niedriger gewählt werden. Die japanischen Messungen wurden in einer Höhe von 20 cm über dem Boden durchgeführt. Durch die Umrechnung auf Messhöhen, die der Höhe von Fenstern schutzwürdiger Räume entsprechen, könnten auch hier die nach europäischen Vorgaben ermittelten Werte höher ausfallen, d. h. eine Empfehlung auf Basis der Daten zu niedrig angesetzt sein. Ohne Kenntnis der Bodeneigenschaften und der Wetterbedingungen ist eine entsprechende Einschätzung jedoch schwierig. Das Heranziehen dieser Studie zum Ableiten von Empfehlungen ist als kritisch zu betrachten.

Windstatistik

Auch der Einfluss der Windstatistiken, also die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an einem Standort im Verlauf eines Jahres, ging in die betrachteten Studien unterschiedlich ein.

In den nordeuropäischen Studien wurde der L_{den} durch eine pauschale Addition von 4,7 dB auf den Schallleistungspegel der WEA bei einer Referenzwindgeschwindigkeit von 8 m/s in 10 Metern Höhe abgeschätzt. Dies berücksichtigt den für die Bildung des L_{den} benötigten Abend- und Nachtzuschlag sowie die durch die Zeiträume mit weniger Wind bedingten Abzüge. Dabei wurde von einer Unsicherheit von +/– 1,5 dB durch diese Abschätzung ausgegangen.

In der japanischen Studie wurde an fünf aufeinanderfolgenden Tagen gemessen. Welche Windbedingungen während der jeweiligen fünf Messtage vorlagen, und ob diese überhaupt repräsentativ für das ganze Jahr waren, wurde in der japanischen Studie nicht betrachtet. Windstatistiken haben aber einen standortabhängigen Einfluss auf die Ermittlung des L_{den}.

Diese in den oben genannten Studien festzustellenden Unsicherheiten bei der Berücksichtigung der Windstatistiken erhöhen die Unsicherheit der Ermittlung der beim Anwohner angenommenen Pegel.

Vergleichbarkeit der Belästigungswirkung

Häufig wird unter Verweis auf [12] davon ausgegangen, WEA-Geräusche wären lästiger als die Geräusche verschiedener Verkehrslärmquellen. Dabei werden jedoch Unterschiede in der Methodik zur Ermittlung der Pegel und andere Faktoren, die die Belästigungswirkung beeinflussen, meist vernachlässigt.

Giering weist in [14] darauf hin, dass der Schallpegel am Immissionsort nicht der einzige Faktor ist, der die Belästigungswirkung einer Schallquelle bestimmt:

»Nur ca. 15 – 30 % des Belästigungsurteils ist akustischen Parametern zuzurechnen. Die Rolle von Moderatoren ist entscheidend und mit den bisherigen Ansätzen der Lärmwirkungsforschung noch nicht vollständig verstanden.

Wesentliche Bedeutung kommen dabei der Lärmempfindlichkeit und dem Zugang zu einer ruhigen Fassade zu. Zur Wirkungsrichtung vieler anderer Parameter (bspw. Alter, Geschlecht, Beziehung zur Quelle, Bildungs- und Einkommensstatus, Besitzverhältnis, Erwartungshaltungen, Vertrauen in Behörden, umweltpolitische Einstellung) geben die Studien, wenn sie berücksichtigt wurden, keine einheitlichen Aussagen.

Es scheint Entfernungseffekte zu geben, weiterhin scheint die Sichtbarkeit der Quelle einen Einfluss auf die Belästigung zu haben. Die Belästigung ist kontextabhängig, d. h. sie ist umso höher, je stärker der Fokus auf einen anderen Gegenstand zu legen versucht wird.«

Jannsen et al. weisen in ihrer Veröffentlichung [12] auf diverse moderierende Faktoren hin, die die Variation in den Lästigkeits-Urteilen erklären könnten:

- In den WEA-Studien wurden Testpersonen ausgenommen, die einen ökonomischen Vorteil von den WEA haben, während in den Studien zu den Verkehrsgeräuschen keine Unterscheidung zwischen Angestellten von Flughäfen oder Logistikunternehmen o. ä. und unbeteiligten Anwohnern vorgenommen wurden.

- Ist eine Geräuschquelle gleichzeitig auch sichtbar, erhöht dies die Lästigkeitsbewertung. WEA sind aufgrund ihrer Größe häufiger sichtbar, anders als Straßen oder Schienenverkehr, welcher durch Hecken oder Lärmschutzwände verdeckt werden kann.

- Auch das Wohnumfeld der Befragten kann die Belästigungsbewertung beeinflussen, da in ländlichen Gebieten von den Anwohnern in der Regel ein ruhigeres Wohnumfeld erwartet wird als in urbanen Gebieten. Während die Befragten in den WEA-Studien hauptsächlich in ländlichen Gebieten wohnten, fanden Studien zu Verkehrslärm hauptsächlich in oder in der Nähe von Ballungszentren statt.

Auch weitere Faktoren, die in der Zusammenfassung von Jannssen et al. nicht erwähnt wurden, können einen maßgeblichen Einfluss auf die Belästigungswirkung der verschiedenen Quellen haben (siehe z. B. [14], Seite 1).

Des Weiteren wäre es nach Meinung der Autoren dieses Dokumentes sinnvoll, auch folgende Zusammenhänge näher zu betrachten:

- WEA weisen einen anderen zeitlichen Pegelverlauf auf als Verkehrsgeräusche. Während für WEA der Pegelverlauf von der Windgeschwindigkeit und nicht von der Tageszeit oder dem Wochentag abhängt, sind Verkehrsgeräusche hingegen grundsätzlich nachts, sonn- und feiertags leiser, wenn sich die Befragten mehrheitlich zuhause aufhalten, als tagsüber an Werktagen.

- Es wurde in den WEA-Studien nicht zwischen WEA mit und ohne nächtliche Abregelungen zur Schallreduzierung unterschieden. Auf Basis der Umrechnungsfaktoren zur Berechnung des L_{den} aus anderen Messgrößen lässt sich schließen, dass hauptsächlich ungedrosselte WEA untersucht wurden. Die Verwendung des L_{den} als Vergleichsgröße scheint in diesem Zusammenhang ungeeignet.

- In den WEA-Studien wurde nicht unterschieden zwischen WEA mit Pitch- und Stall-Regelung. Während sich bei Anlagen mit Pitch-Regelung der Schallleistungspegel nach Erreichen der Nennleistung nicht mehr erhöht, ist bei Stall-WEA ein weiterer Anstieg zu erwarten. Moderne Pitch-Anlagen anhand von Belästigungsbewertungen zu beurteilen, die auf dem Geräuschverhalten von Stall-Anlagen beruhen, erscheint nicht sinnvoll.

Schließlich ist grundsätzlich zu hinterfragen, ob der L_{den} tatsächlich der geeignete Schallindex ist, um den Einfluss von Geräuschen auf die Belästigungswirkung verschiedener Quellen zu beschreiben. Es gibt Studien, in denen z. B. in den Abendstunden und frühen Nachtstunden ein höheres mittleres Belästigungsempfinden festgestellt wurde, als zu anderen Tageszeiten (z. B. [17], Abb. 12). In [18], Abb. 5 und 6 wird gezeigt, dass sich beim Vergleich zwischen Straßen- und Schienenlärm ein anderes Verhältnis des Belästigungsempfindens ergibt, wenn die Bewertungen über den jeweiligen L_{night} aufgetragen werden.

6 Fazit und Bewertung

Da die WHO zur Geräuschentwicklung von WEA nur eine bedingte Empfehlung ausgesprochen hat und die Empfehlungen aus den aktuellen LAI-Hinweisen zu einem vergleichbaren Schutzniveau führen, lässt sich aus den WHO-Leitlinien in Bezug auf weitere Regularien zu WEA-Geräuschen kein besonderer Handlungsbedarf ableiten.

Zur Begründung der bedingten Empfehlung wurde einzig auf die Belästigungswirkung abgestellt, die sich jedoch nicht belastbar quantifizieren lässt. Die WHO empfiehlt eine substanzielle Diskussion im Zusammenhang mit bedingten Empfehlungen, dafür ist eine belastbarere Datenbasis erforderlich. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk sowohl auf die Vergleichbarkeit der verwendeten Wirkungsskalen (z. B. ICBEN-Skala zur Quantifizierung der Belästigung [15]) als auch auf eine einheitliche bzw. vergleichbare Methodik bei der Ermittlung der Expositionspegel gerichtet werden.

Des Weiteren sollten auch andere Lärmindizes als der L_{den} berücksichtigt werden, da dessen Eignung für die Beschreibung der Belästigungswirkung umstritten ist. So führen z. B. Guski et al. (in [19], S34.3) als eine von vier möglichen Ursachen für die schlechte Korrelation zwischen den betrachteten Studien an, dass der L_{den} eine ungeeignete Größe für die Beschreibung der WEA-Geräusche sein könnte. Lercher et al. zeigen in [18], dass Belästigungskurven von Verkehrsgeräuschen im Vergleich anders verlaufen, wenn sie über den L_{night} anstelle des L_{den} aufgetragen werden.

Da die Lästigkeit einer Schallquelle nur teilweise auf die hervorgerufenen Pegel zurückzuführen ist (vgl. Giering, [14]), ist fraglich, ob eine Begrenzung von Schallpegeln das Belästigungsempfinden effektiv verbessern kann. Die WHO gibt keine Empfehlung bezüglich bevorzugter Minderungsmaßnahmen.

Die Belästigungswirkung stellt gemäß WHO-Leitlinien derzeit die einzige, jedoch nicht belastbar quantifizierte, potenzielle Gesundheitsbeeinträchtigung bezüglich WEA-Geräusche dar. Maßnahmen zur Begrenzung von WEA-Geräuschen können ggf. mit einer Verringerung der Stromproduktion verknüpft sein. Für die Gesamtbetrachtung ist deshalb die Frage zu klären, ob eine potenzielle Minderung allein der Belästigungswirkung die Gesundheitsgefahren durch anhaltende Schadstoff-Emissionen konventioneller Kraftwerke aufwiegen kann.

Erläuterung von Abkürzungen und Fachbegriffen

BauGB
Baugesetzbuch

Belastungs-Wirkungs-Beziehung
Die Belastungs-Wirkungs-Beziehung bezeichnet die Beziehung zwischen der Belastung durch Umgebungslärm und dem Anteil an Personen mit einem validierten Maß an gesundheitlichen Auswirkungen (bereinigt um Störfaktoren).

BImSchG
Bundes-Immissionsschutzgesetz (siehe Kapitel 3)

dB
Dezibel (dB) ist eine logarithmische Maßeinheit, wird u. a. verwendet für den → Schalldruckpegel

Evidenz
Als Evidenz werden in der evidenzbasierten Medizin empirisch erbrachte Nachweise oder Hinweise bezeichnet, die einen Sachverhalt erhärten oder widerlegen. Evidenz ist somit im weitesten Sinn als Synonym für »wissenschaftliches Beweismaterial« zu verstehen.

In den → WHO-Leitlinien wird der englische Ausdruck »evidence« in der deutschen Zusammenfassung als »Evidenz« übersetzt.

Die → WHO-Empfehlungen stützen sich auf die Bewertung der »Qualität der Evidenz für einen Nettonutzen«. Voraussetzung für eine hohe Qualität der Evidenz für einen Nettonutzen ist eine mit großer Sicherheit empirisch nachgewiesene Wirksamkeit der Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastung (siehe Kapitel 2).

Lärmexposition
Lärmexposition bezeichnet den Pegel, dem Anwohner ausgesetzt sind.

Frequenz
Als Frequenz wird die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde bezeichnet. Bei der Wahrnehmung von Geräuschen ist die Frequenz für die Tonhöhe maßgeblich. Die Frequenz hat die Maßeinheit Hertz (Hz), wobei 1 Hertz einer Schwingung pro Sekunde entspricht.

Hörbereich
Das menschliche Gehör kann Schallwellen als Geräusch wahrnehmen, wenn diese im Hörbereich liegen. Der Hörbereich des Menschen umfasst etwa einen Frequenzbereich von 20 – 20.000 Hz (→ Frequenz) und wird im unteren Bereich durch die »Hörschwelle« begrenzt und im oberen Bereich durch die »Unbehaglichkeitsschwelle« bzw. darüber hinausgehend durch die »Schmerzgrenze«.

Immissionsrichtwert
Als Immissionsrichtwerte werden die einzuhaltenden → Schalldruckpegel bezeichnet, die in Deutschland für genehmigungsbedürftige Anlagen in der → TA Lärm festgelegt sind. (siehe Kapitel 3)

LAI
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz

L_{den}
Die Kenngröße L_{den} (»den« steht für day-evening-night) bezeichnet den Tag-Abend-Nacht-Lärmindex. Der L_{den} wird berechnet als Mittelwert des → Schalldruckpegels über ein volles Kalenderjahr, wobei Nacht- und Abendstunden mit Zuschlägen in die Berechnung eingehen. (siehe Kapitel 4)

L_{night}
Der Nacht-Index L_{night} wird als Mittelwert des Schalldruckpegels über alle Nachtstunden eines Kalenderjahres berechnet. (siehe Kapitel 4)

Pitch-Anlagen
Bei Windenergieanlagen mit einer Pitch-Regelung erfolgt die Leistungsregelung durch das Verdrehen der Rotorblätter (engl.: pitch). Die Blattwinkelverstellung ermöglicht eine optimale Betriebsweise bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten. Ein Vorteil der Pitch-Regelung ist u. a., dass die Schallemissionen der WEA bei hohen Windgeschwindigkeiten durch die Blattwinkelregelung begrenzt werden.

Schall
Druckschwankungen, die sich über die Luft als Welle ausgehend von einer Schallquelle (z. B. einer Windenergieanlage) ausbreiten. Schallwellen werden durch die maximale Auslenkung (Amplitude) und die Häufigkeit (→ Frequenz) der Schwingungen beschrieben, siehe auch → Schalldruckpegel.

Schalldruckpegel L
(auch: Pegel und Schall-, Geräusch- oder Lärmpegel)
Durch den Schalldruckpegel wird das Maß der Druckschwankungen von Schallwellen beschrieben. Bei der Wahrnehmung von Geräuschen ist der Schalldruckpegel für die Lautstärke maßgeblich. Schalldruckpegel haben die logarithmische Maßeinheit Dezibel (dB). Ein um 10 dB erhöhter Schallpegel wird etwa als doppelte Lautstärke wahrgenommen.

Definition des Schalldruckpegels bei einem Schalldruck p:
$L = 10 \lg p^2/p_0^2$
mit dem Bezugsschalldruck p_0 im Bereich der Hörschwelle (→ Hörbereich)

Durch die sogenannte A-Bewertung des Geräuschpegels mit der Maßeinheit dB(A) erfolgt ein Bezug auf die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs (→ Hörbereich).

Schallemission
Von einer Schallquelle (z. B. einer Windenergieanlage) ausgehende Geräusche

Schallimmission
Auf einen Standort einwirkende Geräusche

Schallimmissionsprognose
(auch: Schallgutachten)
Prognose der durch den Betrieb einer Schallquelle (z. B. der Windenergieanlage/n) verursachten → Schallimmissionen (Erläuterung → Kapitel 3)

Stall-Anlagen
Bei Windenergieanlagen mit einer Stall-Regelung sind die Rotorblätter nicht verstellbar und drehen sich mit konstanter Drehzahl. Die Leistung der WEA wird bei hohen Windgeschwindigkeiten durch den Strömungsabriss am Blattprofil begrenzt (engl.: stall). Ein Nachteil der Stall-Regelung ist u. a., dass die Schallemissionen der WEA bei hohen Windgeschwindigkeiten deutlich zunehmen.

TA Lärm
Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm [5] (siehe Kapitel 3)

Windstatistik
Als Windstatistik wird die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen an einem Standort im Verlauf eines Jahres bezeichnet.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] **WHO Regional Büro für Europa:**
Environmental Noise Guidelines for the European Region, Oktober 2018.
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1

[2] **WHO Regional Büro für Europa:**
Leitlinien für Umgebungslärm für die europäische Region, Zusammenfassung, Oktober 2018.
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/383924/noise-guidelines-exec-summer.pdf?ua=1

[3] **World Health Organization:**
Constitution of the World Health Organization, unterzeichnet in New York am 22.07.1946.

[4] **Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union:**
Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, 25. Juni 2002.

[5] **Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)**
vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5), http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_26081998_IG19980826.htm, zuletzt abgerufen am 10.09.2019.

[6] **Piorr, D.:**
Windenergieanlagen und WHO-Umgebungslärm-Leitlinien, Vortrag DAGA 2019, Rostock, 18.–21. März 2019.

[7] **Piorr, D.:**
Akustische Grundlagen der WHO »Leitlinien für Umgebungslärm« in Bezug auf die Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen«, Vortrag 10. Rheiner Windenergie-Forum 2019, 27.–28. März 2019.

[8] **Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz:**
Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen, Entwurf, Stand 30.06.2016.

[9] **Fördergesellschaft Windenergie e. V. (FGW):**
Technische Richtlinien für Windenergieanlagen; Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Fördergesellschaft Windenergie e. V. (FGW) Kiel, 01.02.2008.

[10] **DIN ISO 9613-2:**
»Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren«, Oktober 1999.

[11] **DIN e. V.:**
Dokumentation zur Schallausbreitung – Interimsverfahren zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen, Fassung 2015-05.1.

[12] **Janssen, S.; Vos, H.; Eisses, A.; Pedersen, E. (2011):**
A comparison between exposure-response relationships for wind turbine-annoyance and annoyance due to other sources. The Journal of the Acoustical Society of America. 130. 3746-53.

[13] **Kuwano, S.; Yano, T.; Kageyama, T.; Sueoka, S.; Tachibana, H. (2014):**
Social survey on wind turbine noise in Japan. Noise Control Engineering Journal. 62. 10.3397/1/376246.

[14] **Giering, K. (2010):**
Lärmwirkungen, Dosis-Wirkungsrelationen, im Auftrag des Umweltbundesamtes.

[15] **Gjestland, T. (2017):**
Standardized general-purpose noise reaction questions, 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem.

[16] **Schreckenberg, D.; Guski, R. (2005):**
Lärmbelästigung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm zu unterschiedlichen Tageszeiten. Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 10(2), 67-76.

[17] **Wirth, K.; Brink, M.; Schierz, C. (2006):**
Lärmstudie 2000. Schlussbericht zur 2. Befragungsstudie vom August 2003, ETH Zürich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften.

[18] **Lercher, P.; de Greve, B.; Botteldooren, D.; Rüdisser, J. (2008)**
A comparison of regional noise-annoyance-curves in alpine areas with the European standard curves. In Proceedings of the 9th International Conference on Noise as a Public Health Problem (ICBEN 2008), Foxwoods, CT, USA.

[19] **Guski, R.; Schreckenberg, D.; Schuemer, R. (2018):**
Supplementary Materials: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Annoyance.

[20] **WHO Regionalbüro für Europa:**
Pressemitteilung vom 10.10.2018, Neue Leitlinien der WHO für Lärmbelastung veröffentlicht, http://www.euro.who.int/de/media-centre/sections/press-releases/2018/press-information-note-on-the-launch-of-the-who-environmental-noise-guidelines-for-the-european-region, zuletzt abgerufen am 19.08.2019.

Impressum

Herausgeber
Fachagentur Windenergie an Land
Fanny-Zobel-Straße 11, 12435 Berlin

www.fachagentur-windenergie.de
post@fa-wind.de

V. i. S. d. P.: Dr. Antje Wagenknecht

Die Fachagentur zur Förderung eines natur- und umweltverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land e.V. ist ein gemeinnütziger Verein. Er ist eingetragen beim Amtsgericht Charlottenburg, VR 32573 B

Autoren
Dipl.-Ing. Bernd Neddermann (Senior Project Engineer im Bereich Studien, R & D)
Dipl.-Phys. Sabine Schulz (Senior Project Engineer im Bereich Energy Services, Schallimmissionsprognosen und Schattenwurfprognosen)
Dipl.-Phys. Friedrich Wilts (Project Engineer im Bereich R & D)

Die Autoren sind Mitarbeiter der UL International GmbH mit langjähriger beruflicher Erfahrung in der Windenergiebranche: UL International (vormals DEWI – Deutsches Windenergie-Institut) ist ein führender unabhängiger Windenergie-Dienstleister in den Bereichen Vermessung von WEA (Leistung, Netzrückwirkung, Lasten), Windpotenzialermittlung und Windmessung, Prognose von Energieertrag, Schall- und Schattenwurfberechnung, Forschung und Studien. (Weitere Infos: ul.com/renewables)

Zitiervorschlag
FA Wind (2019): WHO-Leitlinien für Umgebungslärm

Textredaktion
Bettina Bönisch, FA Wind

Bildnachweis
S. 2: © FA Wind, 2019/Xavier Bonnin; S. 8: © Alexander Fortelny/iStock; S. 11: © shaadjutt/iStock;
S. 18: © FA Wind, 2017/Janto Trappe

Gestaltung
DreiDreizehn Werbeagentur GmbH, www.313.de

Haftungsausschluss
Die in diesem Broschüre enthaltenen Angaben und Informationen sind nach bestem Wissen ausgesucht, geprüft und zusammengestellt. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Die Dokumentation gibt die Auffassung und Meinung der Autoren wieder und muss nicht mit der des Herausgebers übereinstimmen. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Aktualität und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung der Rechte Dritter. Alle Angaben dieser Dokumentationen dienen der allgemeinen Information und ersetzen keine rechtliche Beratung im Einzelfall.

Gedruckt durch die UmweltDruckerei mit Druckfarben auf Basis nachwachsender Rohstoffe auf Mundoplus Recycling-Papier, ausgezeichnet mit dem Umweltsiegel Blauer Engel.

klimaneutral
natureOffice.com | DE-275-453842
gedruckt

1. Auflage (200 Exemplare), August 2019

Fachagentur Windenergie an Land e.V.

Fanny-Zobel-Straße 11 I 12435 Berlin
T +49 30 64 494 60-60 I F +49 30 64 494 60-61
post@fa-wind.de I www.fachagentur-windenergie.de