

ITAP GmbH ▪ Marie-Curie-Straße 8 ▪ 26129 Oldenburg

UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
Niederlassung Süd-Ost
Heinrich-Hertz-Straße 6
03044 Cottbus



Unser Zeichen, unsere Nachricht vom
4065 Neukünkendorf

Telefon, Name
Dr. Michael Bellmann
bellmann@itap.de

Datum
07.02.2023

Sitz

itap GmbH
Marie-Curie-Straße 8
26129 Oldenburg

Amtsgericht Oldenburg
HRB: 12 06 97

K-5-016-0-00 – Windenergieprojekt Neukünkendorf

Erschütterungstechnische Stellungnahme zu der Herstellung der Fundamentstrukturen mittels Rüttelstopfverfahrens

Kontakt

Telefon (0441) 570 61-0
Fax (0441) 570 61-10
Mail info@itap.de

Geschäftsführer

Dr. Michael A. Bellmann

1. Zusammenfassende Beurteilung

Die UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG plant das onshore Windparkprojekt Neukünkendorf im Bundesland Brandenburg. Nach derzeitigem Planungsstand sollen zumindest ein Teil der Fundamentstruktur der geplanten Windenergieanlagen (WEA) als sogenannte Rüttelstopfsäulen hergestellt werden. Von diesem Gründungsverfahren gehen in der Regel Vibrationen bzw. Erschütterungen aus, die sich im Boden ausbreiten können.

Aufgrund des derzeitig noch nicht abgeschlossenen Planungsstands und der damit verbundenen Unsicherheit hinsichtlich möglicher, relevanter Einflussparameter sind die Erschütterungen in und an der nahegelegenen Bebauung zur Beurteilung möglicher Schäden an Gebäuden und Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden im Sinne der Normenreihe DIN 4150 [3, 4, 5] und der Erschütterungsrichtlinie [2] nicht ohne erhebliche Unsicherheiten zu modellieren.

Prognosen und reale Messungen in der direkten Umgebung von derartigen Rüttelstopfverfahren aus der Literatur [6, 7, 8] zeigen, dass die Erschütterungen im Boden und an Gebäudefundamenten bereits in einer Entfernung von 70 m Werte annehmen, die i. d. R. keine Schäden an Gebäuden, selbst bei besonders erschütterungsempfindlichen Gebäuden, wie denkmalgeschützte Gebäude, verursachen. Da sich laut Angaben des Auftraggebers die naheliegende Bebauung in mindestens 1.000 m Entfernung befindet, kann aus gutachterlicher Sicht eine Schädigung von Gebäuden durch das Rüttelstopfverfahren im vorliegenden Projekt ausgeschlossen werden.

Bankverbindung

Oldenburger Volksbank
IBAN:
DE95 2806 1822 0080 0880 00
BIC: GENO DEF1 EDE

Commerzbank AG
IBAN:
DE70 2804 0046 0405 6552 00
BIC: COBA DEFF XXX

USt.-ID.-Nr. DE 181 295 042

Die Beurteilung der Auswirkung von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden hängt nicht nur von der Amplitude der Erschütterungen ab, sondern auch von der Entfernung, der Tages- bzw. Nachtzeit, der Häufigkeit und Dauer der Erschütterungsimmissionen, sowie dem bauleitplanerisch zugewiesenen Schutzanspruch der (Wohn-) Gebäude. Eine grobe, überschlägige Prognose der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTF} nach DIN 4150-2 [4] und Erschütterungsrichtlinie [2] ist basierend auf den wenigen Literaturdaten und den fehlenden Eingangsdaten bzgl. des geplanten Bauablaufs nicht möglich. Jedoch arbeiten die Rüttler zumeist in einem Frequenzbereich > 30 Hz; die Ausbreitung von Erschütterungen in einem Gebäude vom Fundament zur obersten, beurteilungsrelevanten Geschossdecke ist i. d. R. eher im Frequenzbereich < 30 Hz (je nach Bauausführung). Aufgrund der zu erwartenden, geringen Erschütterungsamplituden in 1.000 m Entfernung und der unterschiedlichen Frequenzbereiche zwischen Ausbreitung im Boden und Ankopplung in ein Gebäude von Erschütterungen ist es aus gutachterlicher Sicht als unwahrscheinlich einzustufen, dass erhebliche Belästigungen auf Menschen durch Erschütterungen im Sinne des BImSchG [1] und der DIN 4150-2 [4] sowie Erschütterungsrichtlinie [2] ausgehen.

Eine Beurteilungsgrundlage von externen Erschütterungen auf bestehende Straßen im Hinblick auf Schäden ist mir nicht bekannt. I. d. R. sind je nach Straßenkategorie die Gründungen sehr aufwendig und deutlich stärker ausgelegt, als für Gebäude. Zudem stellen Straßen zumeist eine Barriere bei der Ausbreitung von Oberflächenwellen (Erschütterungen) im Boden dar. Aufgrund der o. g., sehr geringen anzunehmenden Schwinggeschwindigkeiten sind die zu erwartenden Einwirkungen durch Erschütterungen auf umliegende Straßen als eher gering bis vernachlässigbar anzusehen.

Aus gutachterlicher Sicht ist jedoch zu empfehlen, zumindest in einem nahegelegenen Wohngebäude normgerechte Erschütterungsmessungen gemäß DIN 4150-2 und Erschütterungsrichtlinie über einen Zeitraum von mindestens einem Bautag mit möglichst mehreren Fundamentgründungen durchzuführen, um die Erschütterungsimmissionen messtechnisch zu ermitteln und die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTF} nach DIN 4150-2 [4] und Erschütterungsrichtlinie [2] zu bestimmen. Erst nach Vorlage derartiger belastbarer (normgerechter) und projekt-spezifischer Messdaten sollte eine Gründung mittels Rüttelstopfverfahren für den Nachtzeitraum und Sonn- und Feiertage, falls notwendig, freigegeben werden.

Mit freundlichen Grüßen



Dr. Michael A. Bellmann

Ö. b. u. v. SV für Schwingungen, Erschütterungen und Vibrationen
Fachlich Verantwortlicher der Messstelle für Erschütterungen nach ISO/IEC 17025

2. Einleitung und Aufgabenstellung

Die UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG plant das onshore Windparkprojekt Neukünkendorf südöstlich der Stadt Angermünde im Bundesland Brandenburg. Dieses Windparkprojekt gilt als genehmigungspflichtige Anlage im Sinne des BImSchG [1], so dass eine Umweltverträglichkeitsstudie für bestimmte Immissionen notwendig wird. Die Fundamentstruktur der geplanten Windenergieanlagen (WEA) sollen als sogenannte Rüttelstopfsäulen hergestellt werden. Bei dieser Art der Fundamentherstellung werden speziell ausgerüstete Rüttler eingesetzt, die Füllmaterial (z. B. Schotter o. ä.) in den Boden einbringen und umgebender, nichtbindiger Boden dabei verdichtet wird. Das Rüttelstopfverfahren wird häufig zur Verbesserung der Steifigkeit und der Tragfähigkeit relativ kompressibler und damit wenig tragfähiger, bindiger Bodenschichtungen eingesetzt. Grundsätzlich gehen von diesem Gründungsverfahren Vibrationen bzw. Erschütterungen aus, die in den Boden eingetragen werden.

Im Rahmen der Vorprüfung sollen die von diesem Gründungsverfahren ausgehenden Erschütterungen hinsichtlich möglicher, schädlicher Einflüsse auf die nahegelegene Wohnbebauung und die Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden im Sinne des BImSchG [1] mit den national gültigen Regelwerken DIN 4150-2/3 [4, 5] und der Erschütterungsrichtlinie [2] beurteilt werden.

Der ö. b. u. v. Sachverständige Dr. Michael A. Bellmann (Schwingungen, Erschütterungen und Vibrationen) wurde von der UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG beauftragt, die zu erwartenden Erschütterungen in einem ersten Arbeitsschritt grob zu überschlagen und die Auswirkungen auf die naheliegende Bebauung und die Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen in diesen Gebäuden im Rahmen einer gutachterlichen Stellungnahme zu beurteilen.

Kommentar: Die Begriffe Schwingungen, Erschütterungen und Vibrationen sind synonym zu verwenden.

3. Örtliche Gegebenheiten und derzeitige Projektbeschreibung

Für das geplante Windparkgebiet liegt ein Baugrundgutachten vor, aus dem hervorgeht, dass eine Baugrundsichtung geprägt von der Weichseleiszeit vorliegt. Die Schichtungen sind Mutterboden (Holozän), Geschiebelehm/Geschiebemergel (Pleistozän) und Talsand/Talkies (Pleistozän); im allgemeinen ist diese Zusammensetzung als nichtbindiger Boden einzustufen.

Aufgrund des derzeitigen Planungsstands sind die Unterauftragnehmer inkl. eingesetzte Geräte noch nicht bekannt. Auch sind die notwendigen Arbeitsschritte zur Herstellung der Rüttelstopfsäulen (Tiefe und Durchmesser) noch in Planung. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Stellungnahme lediglich eine grobe, überschlägige Abschätzung der zu erwartenden Erschütterungen bzw. Vibrationen durchführbar sein.

Die für das Rüttelstopfverfahren zumeist eingesetzten Rüttler besitzen i. d. R. Durchmesser von 30 bis 40 cm. Das Gerätegewicht liegt zumeist bei bis zu 3 t und die verwendete Energie beträgt zumeist zwischen 1 und 2,5 kNm bei eingesetzten Vibrationsfrequenzen zwischen 30 und 60 Hz (hochfrequent). Leistungsstarke und niederfrequente Rüttler (~ 30 Hz) können durchaus auch Energien von > 5 kNm erreichen.

Laut Aussage des Auftraggebers wird die nahegelegene Bebauung einen Mindestabstand von 1.000 m aufweisen. Die Anzahl und die Schutzbedürftigkeit der umgebenden Bebauung liegen zum Zeitpunkt der Erstellung ebenfalls noch nicht vor.

4. Beurteilungsgrundlagen

Durch das Rüttelstopfverfahren verursachte Erschütterungsimmissionen sind im Rahmen der Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [1] nach Vorgaben der Erschütterungsrichtlinie [2] in Verbindung mit der Normenreihe DIN 4150, Teil 2 & 3 [4, 5] zu beurteilen. Die Erschütterungen sind als Dauererschütterung nach der Erschütterungsrichtlinie [2] und der Normenreihe DIN 4150 [4, 5] einzustufen.

Hinweis: Die Immissionsrichtwerte für kurzzeitige Erschütterungen sind deutlich höher, so dass die Annahme von Dauererschütterungen den sensitivsten anzunehmenden Fall darstellt.

Die maßgeblichen Immissionsrichtwerte für die Begutachtung von Schäden an Gebäuden sind nach Erschütterungsrichtlinie [2] bzw. DIN 4150-3 [5] entsprechend der gegebenen Nutzung anzusetzen; siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: *Zulässige Immissionsrichtwerte gemäß Erschütterungsrichtlinie bzw. Anhaltswerte nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen Erschütterungen in mm/s.*

Gebäudeart	Dauererschütterungen	
	Oberste Deckenebene, horizontal	Oberste Deckenebene, vertikal*
Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten.	10	10
Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten.	5	10
Besonders erschütterungsempfindliche Gebäude.	2,5	**

*Vertikale Schwinggeschwindigkeiten führen in der Regel bzw. erfahrungsgemäß bei Geschossdecken nicht zu Schäden, selbst, wenn die bei der statischen Bemessung zulässigen Spannungen voll in Anspruch genommen werden.

** Das Maß der noch unschädlichen Erschütterungseinwirkungen ist im Einzelfall festzulegen.

In Tabelle 2 sind die Anhaltswerte der DIN 4150-2 [4] bzw. die Immissionsrichtwerte der Erschütterungsrichtlinie [2] für die Einwirkungen von Erschütterungen auf den Menschen in Gebäuden dargestellt.

Tabelle 2: Anhaltswerte der DIN 4150-2 [4] bzw. Immissionsrichtwerte der Erschütterungsrichtlinie [3] für Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden.

Einwirkungsort	tagsüber			nachts		
	IW_u	IW_o	IW_r	IW_u	IW_o	IW_r
Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO).	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO).	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen, noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Urbane Gebiete § 6a BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO).	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	0,07
Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO).	0,15	3,0	0,07	0,10	0,20	0,05
Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken (§ 11 BauNVO).	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05

Bei Erschütterungsimmissionsmessungen sind die maximalen bewerteten Schwingstärken KB_{Fmax} mit den Immissionsrichtwerten IW_u und IW_o zu vergleichen. Die Immissionsrichtwerte gelten als überschritten, wenn die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} (einer Richtung) größer als der Immissionswert IW_o ist. Im Falle, dass KB_{Fmax} zwischen IW_u und IW_o liegt, ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} zu berechnen und mit dem Immissionswert IW_r zu vergleichen. Zur Berechnung der Beurteilungsschwingstärke ist ein Beurteilungszeitraum von 16 Stunden tagsüber anzusetzen. Der Beurteilungszeitraum nachts beträgt 8 Stunden.

Die besondere Störwirkung innerhalb der Ruhezeiten von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr sowie zwischen 19:00 Uhr und 22:00 Uhr wird mit einem Zuschlag (multiplikativer Faktor von 2) bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} berücksichtigt.

5. Ermittlung der zu erwartenden Erschütterungen

Aufgrund der Vielzahl von derzeit nicht bestimmbar (Einfluss-) Parametern für die Beurteilung der möglichen Erschütterungen, wie z. B. Lage der Erschütterungen und umliegende Bebauung, Größe und Art des zu verwendenden Rüttlers, Anzahl der Fundamentgründungen pro Tag, verwendetes Material und die örtlichen Gegebenheiten des Bodens, um nur einige zu nennen, empfiehlt es sich nicht, eine detaillierte Erschütterungsprognose nach DIN 4150-1 [3] durchzuführen. Die damit verbundene Prognoseunsicherheit würde im Bereich der eigentlichen Prognosewerte rangieren.

Aus diesem Grund werden hier reale Messdaten bei Verwendung eines Rüttelstopfverfahrens mit Rüttlern der Fa. *Keller Grundbau GmbH* mit Energien zwischen 1 und 1,7 kNm in Abbildung 1 zusammengefasst [6, 7, 8].

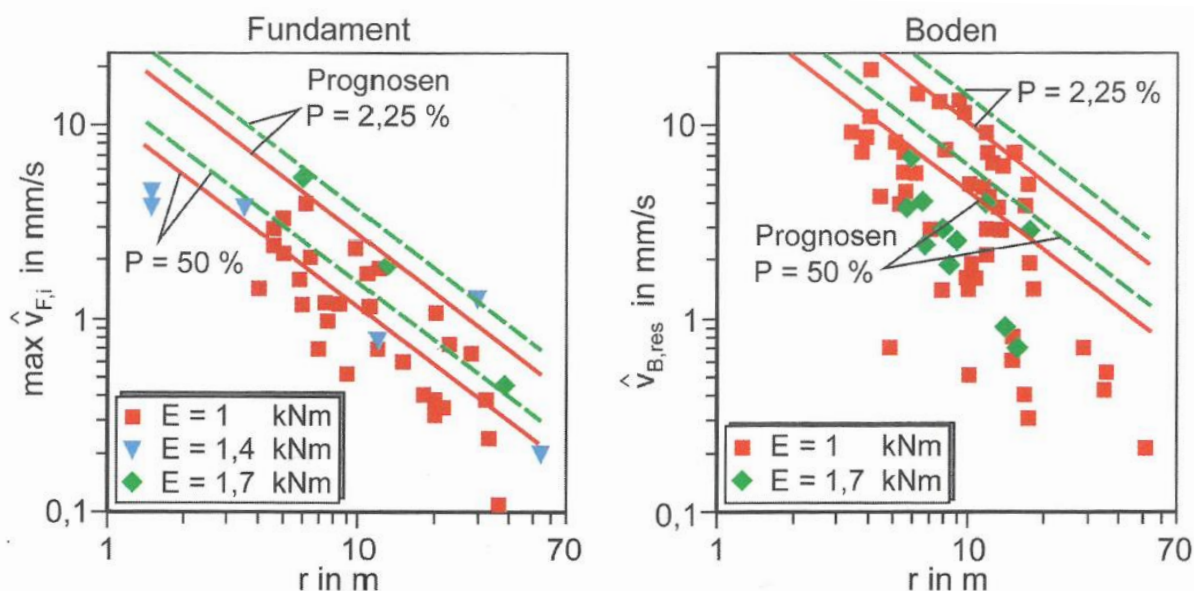


Abbildung 1: Vergleich von Mess- und Prognosewerten für Tiefrüttler [8].

Es zeigt sich aus Abbildung 1, dass die maximale Schwinggeschwindigkeit im Boden in einer Entfernung von ca. 70 m bei einer Energie von 1,7 kNm 3 mm/s nicht mehr übersteigt ($P_{2,25\%}$, erschütterungstechnisch schlimmster, anzunehmender Fall). Bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 50% werden lediglich Werte von 2 mm/s angegeben. In derselben Entfernung wurden zudem Messungen am Fundament in nahegelegenen Gebäuden durchgeführt. Dort werden max. Schwinggeschwindigkeiten von höchstens 0,7 mm/s ($P_{2,25\%}$) in einer Entfernung von 70 m zur Quelle prognostiziert.

Zudem zeigen die dargestellten Messergebnisse, dass die Erschütterungen im Boden zum einen deutlich mit der Entfernung erwartungsgemäß abnehmen. Zum anderen existiert eine sehr große Messvarianz zwischen den einzelnen dargestellten Messungen, die vermutlich auf die unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten und damit auf die Ausbreitung der Erschütterung im Boden zurückzuführen sind. Für das vorliegende Windparkprojekt ist nicht auszuschließen, dass die höheren Annahmen mit $P_{2,25\%}$ anzusetzen sind.

6. Verwendete Gesetze, Normen, Richtlinien und Hilfsmittel

- [1] **BImSchG:** „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“ (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), aktuelle Fassung
- [2] **Erschütterungsrichtlinie** Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), aktueller Stand
- [3] **DIN 4150-1** Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (2001)
- [4] **DIN 4150-2** Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (06/1999)
- [5] **DIN 4150-3** Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen (12/2016)
- [6] Rizkallah, Achmus, Kaiser, Hilmer, Vogel Engelhardt, Raabe, Pfeiffer,, Helmbrecht, Kuhn, Bargstädt, Weyhe, Englert, Fuchs & Rizkallah. „**Bauschäden im Hoch- und Tiefbau - Band 1: Tiefbau**“, Fraunhofer IRB Verlag, ISBN978-3-8167-7292-7, 2007
- [7] Achmus, M. „**Prognose und Bewertung von Bauwerksererschütterungen infolge Tiefbauarbeiten**“, Bautechnik 92, Heft 9, S. 617-623, 2015
- [8] Achmus, M.; Kaiser, J.; tom Wörden, F. „**Bauwerksererschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen. Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau**“, Universität Hannover, Heft 61, 2005.