

## Erschütterungsgutachten

Landeshauptstadt München, B-Plan Nr. 2113

Freisinger Landstraße (östlich), Sondermeierstraße (westlich) zwischen Floriansmühlstraße und Flurstück Nr. 548/8

Bericht Nr. 700-5801-ERSCH

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

München, im August 2023

## Erschütterungsgutachten

Landeshauptstadt München, Bebauungsplan Nr. 2113  
Freisinger Landstraße (östlich), Sondermeierstraße (westlich) zwischen Floriansmühlstraße  
und Flurstück Nr. 548/8

**Bericht-Nr.:** 700-5801-ERSCH

**Datum:** 17.08.2023

**Dieser Bericht ersetzt den** Bericht Nr. 700-5801-ERSCH vom 28.02.2020  
Bericht Nr. 700-5801-ERSCH vom 09.05.2022  
Bericht Nr. 700-5801-ERSCH vom 04.07.2022

[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]  
[REDACTED]

## Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung .....	7
2. Grundlagen.....	7
2.1 Erschütterungen.....	7
2.2 Sekundärluftschall.....	9
3. Messungen .....	10
3.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung .....	10
3.2 Messgeräte.....	10
3.3 Messergebnisse und Beurteilung .....	11
4. Beurteilung .....	16
5. Textvorschlag für den Bebauungsplan .....	17
5.1 Satzung (Festsetzungen).....	17
6. Anlagen .....	18

## Abbildungsverzeichnis:

<b>Abbildung 1:</b>	Lageplan mit Messpunkten.....	11
<b>Abbildung 2:</b>	Schwingschnellespektrum $v_{\text{Terz}}$ , Regelnormalbetrieb WKA, MP ER1 (schwarz) und MP ER 2 (blau) .....	12
<b>Abbildung 3:</b>	Schwingschnellezeitverlauf MP ER1, Regelnormalbetrieb WKA.....	12
<b>Abbildung 4:</b>	Schwingschnellezeitverlauf MP ER2, Regelnormalbetrieb WKA.....	13
<b>Abbildung 5:</b>	Schwingschnellezeitverlauf MP ER3, Regelnormalbetrieb WKA.....	13
<b>Abbildung 6:</b>	Schwingschnellezeitverlauf MP ER2, Anfahrvorgang des WKA .....	14
<b>Abbildung 7:</b>	Terzschnellpegel $L_v$ [dB] am MP ER1 und MP ER2, Regelnormalbetrieb WKA .....	15
<b>Abbildung 8:</b>	Schmalbandspektrum der Schwingschnellen im Regelnormalbetrieb am MP ER2 (auf dem Boden des WKA-Gebäudes).....	16

## Tabellenverzeichnis:

<b>Tabelle 1:</b>	Anhaltswerte nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3].....	8
<b>Tabelle 2:</b>	Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [7].....	9

## Grundlagenverzeichnis:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist
- [2] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [3] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2012
- [5] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung, September 2010
- [6] DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Juni 2005
- [7] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998
- [8] Beiblatt 1 zu DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft – Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen, März 1997
- [9] Richtlinie – Erschütterungen und Sekundärer Luftschall – Grundlagen des Oberbaus. Bau-technik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik (820.2050), DB Netz AG, 01.01.2017
- [10] Körperschall: Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, L. Cremer und M. Heckl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- [11] Melke, 1995, Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs, Prognose und Schutzmaßnahmen, Materialien Nr. 22, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [12] Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung – BauNVO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [13] Entwurf Bebauungsplan mit Grünordnung Nr. 2113 der Landeshauptstadt München, Bereich: Freisinger Landstraße (östlich), Sondermeierstraße (westlich) zwischen Floriansmühlstraße und Flurstück Nr. 548/8, bgsm Architekten und Stadtplaner mbB, Stand: 09.08.2023

### Zusammenfassung:

Die Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG plant die städtebauliche Entwicklung von Wohnquartieren (Allgemeine Wohngebiete), eines Sondergebietes „Sport“, eines Sondergebietes „Einzelhandel, Wohnen und Gastronomie“ an der Freisinger Landstraße in der Landeshauptstadt München. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Einwirkungen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall durch das Wasserkraftwerk gemessen und deren Einwirkungen auf das Plangebiet beurteilt.

Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass bereits im unmittelbaren Nahbereich des Wasserkraftwerkes sämtliche Richt- und Anhaltswerte für Erschütterungen und Sekundärluftschall eingehalten. Eine bauliche Trennung von geplanten Wohngebäuden zum WKA ist dennoch vorzusehen, um eine Lästigkeit durch Körperschallübertragungen, Sekundärluftschalleffekte und tieffrequente Geräusche auszuschließen und eine hohe Aufenthaltsqualität zu sichern.

Festsetzungen bzw. Schutzmaßnahmen gegenüber Erschütterungen und Sekundärluftschall sind nicht erforderlich. Für die Begründung des Bebauungsplans wurden Formulierungsvorschläge unterbreitet.

## 1. Aufgabenstellung

Die Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG plant die städtebauliche Entwicklung von Wohnquartieren (Allgemeine Wohngebiete), eines Sondergebietes „Sport“, eines Sondergebietes „Einzelhandel, Wohnen und Gastronomie“ an der Freisinger Landstraße in der Landeshauptstadt München. Das Baurecht soll über den Bebauungsplan Nr. 2113 (Entwurf [13]) hergestellt werden.

Innerhalb der Entwicklungsfläche befindet sich ein Wasserkraftwerk (WKA), das von der HVB Immobilien betrieben wird und im Zuge des Planvorhabens bestehen bleiben soll. Aufgrund der Nähe der Planungen zum Wasserkraftwerk können relevante Einwirkungen aus Erschütterungen und Sekundärluftschall nicht ausgeschlossen werden. Für das Bauleitplanverfahren sind die auf das Plangebiet einwirkenden Erschütterungs- und Sekundärluftschallimmissionen messtechnisch zu erheben bzw. zu prognostizieren und anhand der einschlägigen Regelwerke zu beurteilen. Erforderlichenfalls sind hieraus Maßnahmenvorschläge zum Schutz der Planung zu erarbeiten. Auf Basis der Untersuchungsergebnisse sind notwendige textliche Formulierungen zum Erschütterungsschutz für den Bebauungsplan (Satzung und Begründung) auszuarbeiten.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG von der Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG beauftragt.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Erschütterungen

Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden werden mittels der bewerteten Schwingstärke  $KB_f(t)$  bewertet. Das  $KB_f(t)$ -Signal ist das durch Frequenzbewertung und Normierung des unbewerteten Schnellessignals entstandene Signal. Nach DIN 45669 [6] ist das  $KB_f(t)$ -Signal als der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals durch die Zeitbewertung FAST (0,125 s) definiert. Hinsichtlich der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 [3] werden zwei Beurteilungsgrößen gebildet:

- maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$
- Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$

Die maximale bewertete Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke  $KB_f(t)$ , der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  berücksichtigt die Dauer und die Häufigkeit des Auftretens von Erschütterungen. Hinsichtlich der Dauer der Erschütterungsereignisse werden jeweils 30-s-Takte (Taktmaximalwertverfahren) gebildet.

Die Beurteilungs-Schwingstärke  $KB_{FTr}$  wird nach der folgenden Gleichung gebildet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} * (T_e/T_r)^{0.5}$$

Dabei ist:

- $T_r$  Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h)
- $T_e$  Summe aller Taktzeiten, während derer Erschütterungen einwirken
- $KB_{FTm}$  Taktmaximal-Effektivwert

Der Taktmaximal-Effektivwert  $KB_{FTm}$  ist die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte  $KB_{FTi}$  nach Gleichung (3) der DIN 4150-2<sup>1</sup> [3]:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}{N}}$$

Die Beurteilung erfolgt nach der folgenden Vorgehensweise:

- Ist  $KB_{Fmax}$  kleiner als der untere Anhaltswert  $A_u$ , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten
- Ist  $KB_{Fmax}$  größer als der untere Anhaltswert und kleiner als der obere Anhaltswert  $A_o$ , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der  $KB_{FT}$  kleiner als der Anhaltswert  $A_r$  ist.
- Ist der  $KB_{Fmax}$  größer als der obere Anhaltswert  $A_o$  bzw. der  $KB_{FT}$  größer als der Anhaltswert  $A_r$ , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und Gewerbegebieten gelten abhängig vom Einwirkungsort folgende Anhaltswerte A nach Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 2 [3].

Tabelle 1: Anhaltswerte nach Tab. 1, DIN 4150-2 [3]							
Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		$A_u$	$A_o$	$A_r$	$A_u$	$A_o$	$A_r$
1	Industriegebiete	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Gewerbegebiete	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Misch-, Kerngebiete	0,2	5	0,10	0,15	0,3	0,07
4	<b>Allgemeine bzw. Reine Wohngebiete</b>	<b>0,15</b>	<b>3</b>	<b>0,07</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,05</b>
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

<sup>1</sup> Bei der Berechnung der Taktmaximal-Effektivwerte  $KB_{FTm}$  werden Werte  $KB_{FTi} \leq 0,1$  mit dem Wert 0 angesetzt. Die mit Null belegten Takte gehen jedoch auch in die Anzahl N ein.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung gibt nach DIN 4150-2 [3] die Größe  $KB_{Fmax}$ :

*„... Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen  $KB = 0,1$  und  $KB = 0,2$ . In der Umgebungssituation „Wohnung“ werden auch bereits gerade spürbare Erschütterungen als störend empfunden. Erschütterungseinwirkungen um  $KB = 0,3$  werden beim ruhigen Aufenthalt in Wohnungen überwiegend bereits als gut spürbar und entsprechend stark störend wahrgenommen...“*

## 2.2 Sekundärluftschall

Der innerhalb eines Gebäudes auf Körperschallimmissionen zurückzuführende Luftschall durch Bauwerksschwingungen von Raumbegrenzungsflächen (Wände und vor allem Geschossdecken) wird als sekundärer Luftschall bezeichnet und als tieffrequenter Luftschall wahrgenommen.

Bei der Beurteilung der sekundären Luftschallabstrahlung durch verkehrsbedingte Einwirkungen (z. B. Straßen- und Schienenverkehr) existieren keine spezifischen Regelungen mit einer Festlegung von Richtwerten. Es muss demnach auf Richtlinien aus anderen schalltechnischen Bereichen zurückgegriffen werden, die für die Körperschallübertragung innerhalb von Gebäuden oder tieffrequente Schallimmissionen Aussagen treffen.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist es in Bayern gängige Praxis, die Beurteilung der Einwirkungen durch sekundären Luftschall nach der TA Lärm [7] bzw. der DIN 45680 [8] durchzuführen (diese Richtlinien regeln generell die Geräuschübertragung innerhalb von Gebäuden bzw. tieffrequente Geräusche durch gewerbliche Anlagen). Im vorliegenden Fall werden für das geplante Bauvorhaben ebenfalls diese Werte angesetzt. Die genannten Immissionsrichtwerte gelten gebietsunabhängig für schutzbedürftige Räume:

<b>Tabelle 2:</b> Immissionsrichtwerte „Innen“ nach TA Lärm [7]		
Beurteilungszeitraum	Mittelungspegel $L_m$ [dB(A)]	Maximalpegel $L_{max}$ [dB(A)]
Tags (6.00 – 22.00 Uhr)	35	45
Nachts (22.00 – 6.00 Uhr)	25	35

Die Anforderungen der Richtlinie gelten demnach als erfüllt, wenn der Mittelungspegel des sekundären Luftschalls im Zeitraum Tag (6.00 – 22.00 Uhr) 35 dB(A) und im Zeitraum Nacht (22.00 – 6.00 Uhr) 25 dB(A) nicht überschreitet. Es soll zudem vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen (hier der mittlere Maximalpegel bei der Zugvorbeifahrt) den Richtwert um mehr als 10 dB(A) überschreiten.

### 3. Messungen

Eine Beurteilung der Relevanz der Erschütterungen erfolgte auf Basis von orientierenden Messungen.

#### 3.1 Messzeit, Messort und Messdurchführung

Die Erschütterungsmessung erfolgte an unterschiedlichen Stellen des Fundamentes des Betriebsgebäudes der Wasserkraftanlage. Die Messungen erfolgten am 15. Mai 2012 von 09:00 Uhr bis 12:00 Uhr. Die Messung erfolgte zunächst während des Regelnormalbetriebs der Anlage. Im weiteren Verlauf der Messung wurde seitens des Anlagebetreibers durch einen sachkundigen Mitarbeiter die möglichen Betriebszustände der Wasserkraftanlage (Betrieb des Treibgutrechens, Notfallbetrieb über Bypass, An- und Abfahrvorgang, Netzeinspeisung etc.) herbeigeführt.

#### 3.2 Messgeräte

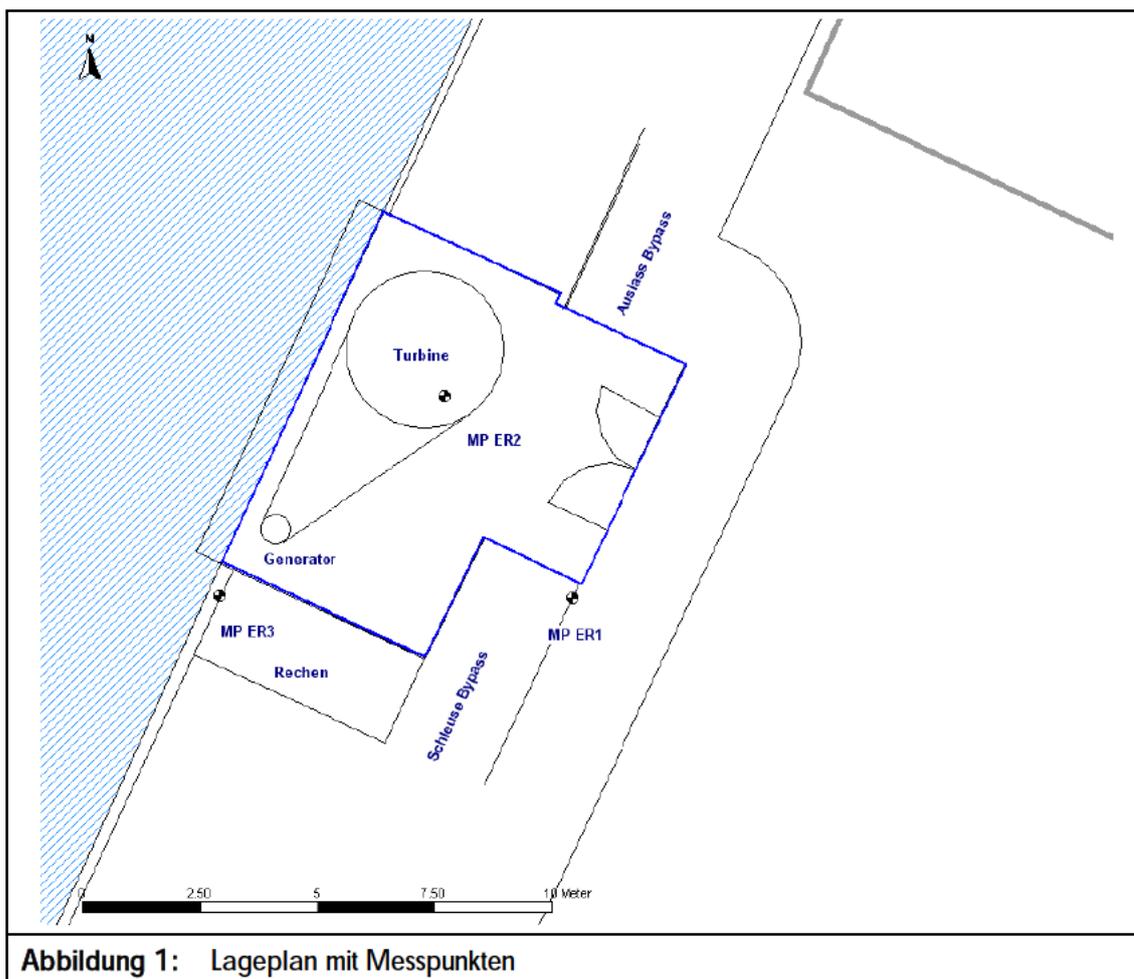
Für die Messungen und Auswertungen wurden folgende Geräte verwendet:

- Geeichtes Mehrkanal-Messsystem Hurricane der Fa. SINUS-Messtechnik, Leipzig mit Betriebssoftware SAMURAI, Version 2.017
- Beschleunigungsaufnehmer der Fa. PCB, Typ 393A03, Empfindlichkeit 1000 mV/g, Arbeitsfrequenzbereich 0,3 Hz – 4000 Hz, Messbereich 5 g
- Kalibrator, VC 10 der Fa. Metra

Das Gerät zur Messdatenerfassung und –konditionierung sowie die Beschleunigungsaufnehmer werden jährlich in einem Prüflabor kalibriert (Werkskalibrierung). Vor der Messdurchführung wurden die Beschleunigungsaufnehmer nachkalibriert.

Vor jeder Messung wurden die Messkanäle abgeglichen. Das Einlesen der Kanäle erfolgte simultan. Zu Beginn und nach jeder Messreihe wurden Nullmessungen zur Betrachtung des Störeinflusses durchgeführt.

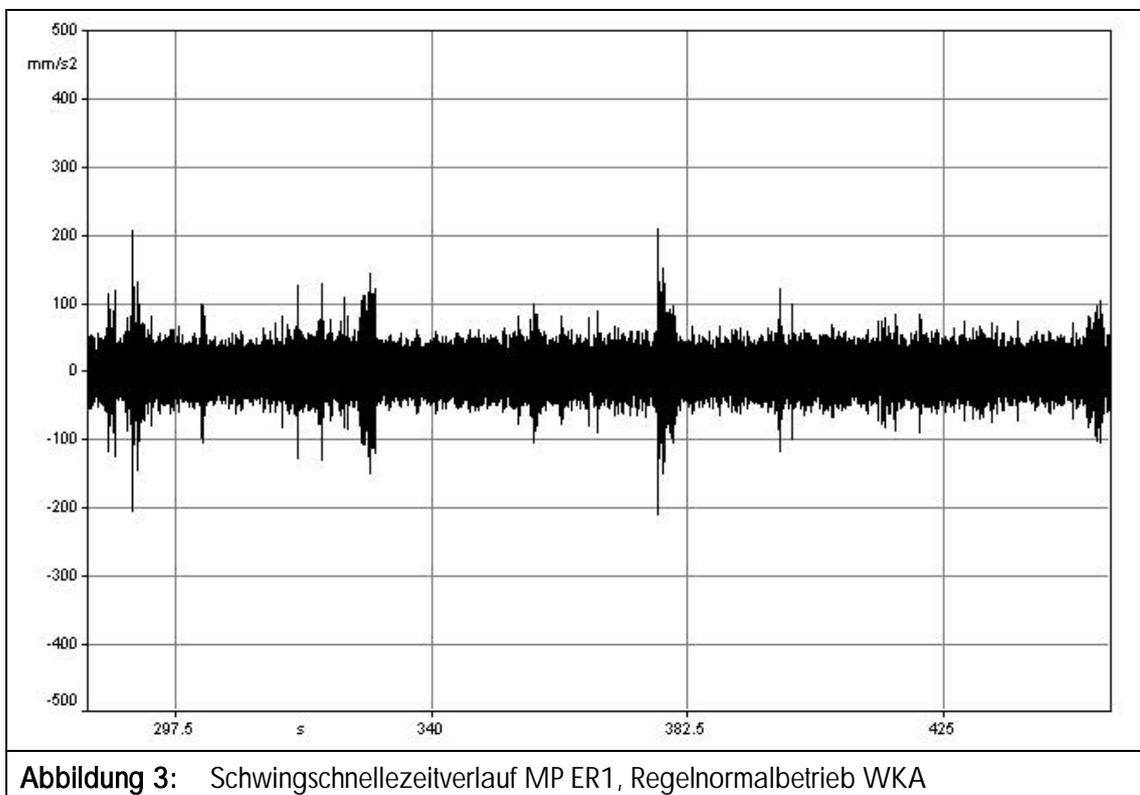
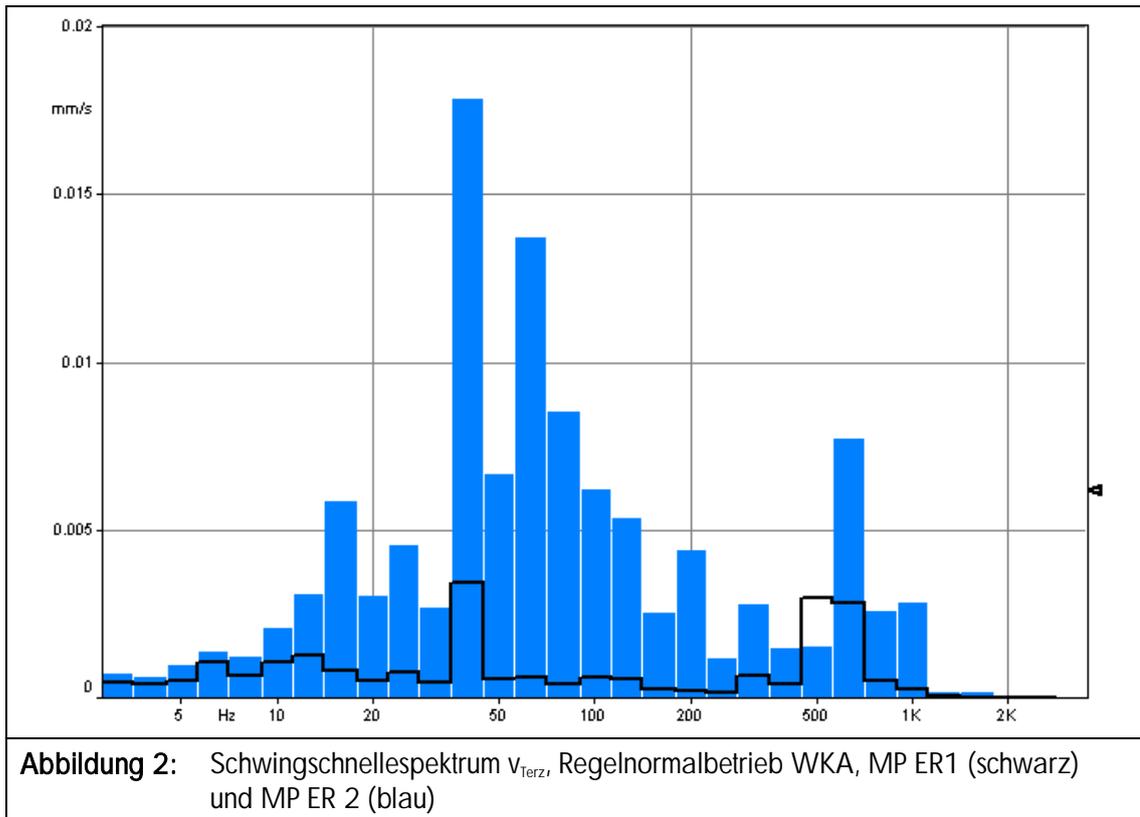
Die Erschütterungssignale wurden über die beschriebene Messkette synchron aufgenommen und auf Datenträger gespeichert.

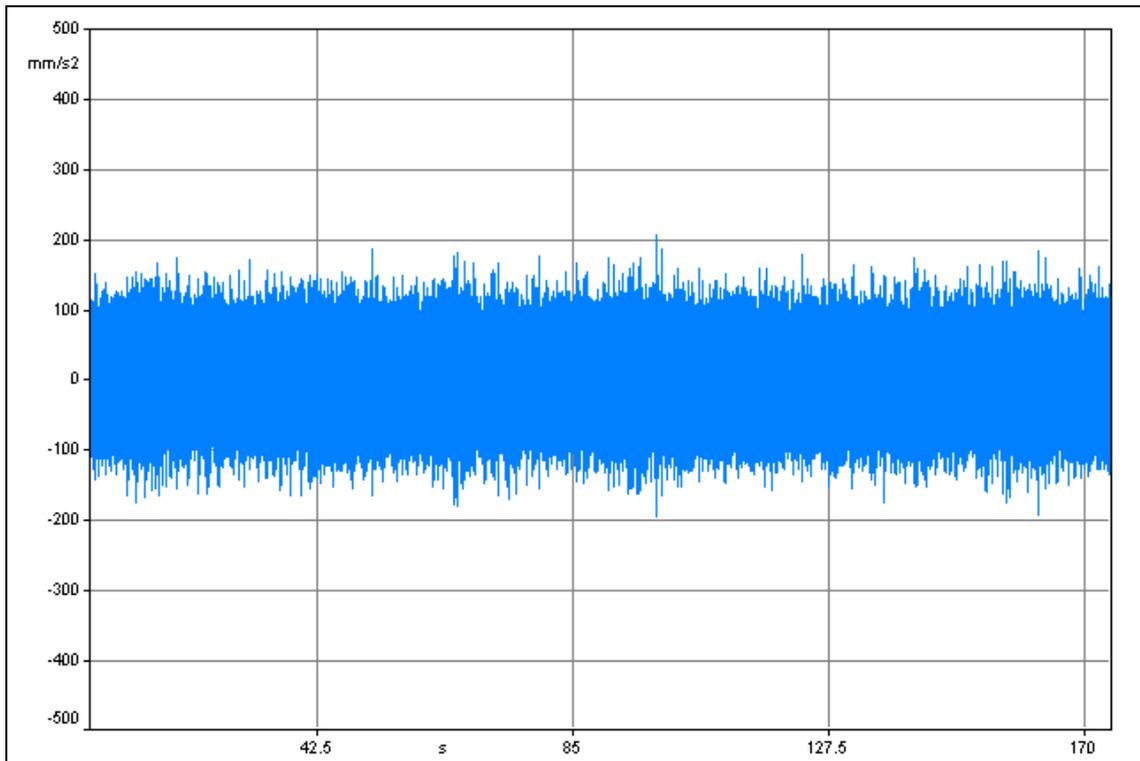


© eigene Darstellung mit Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

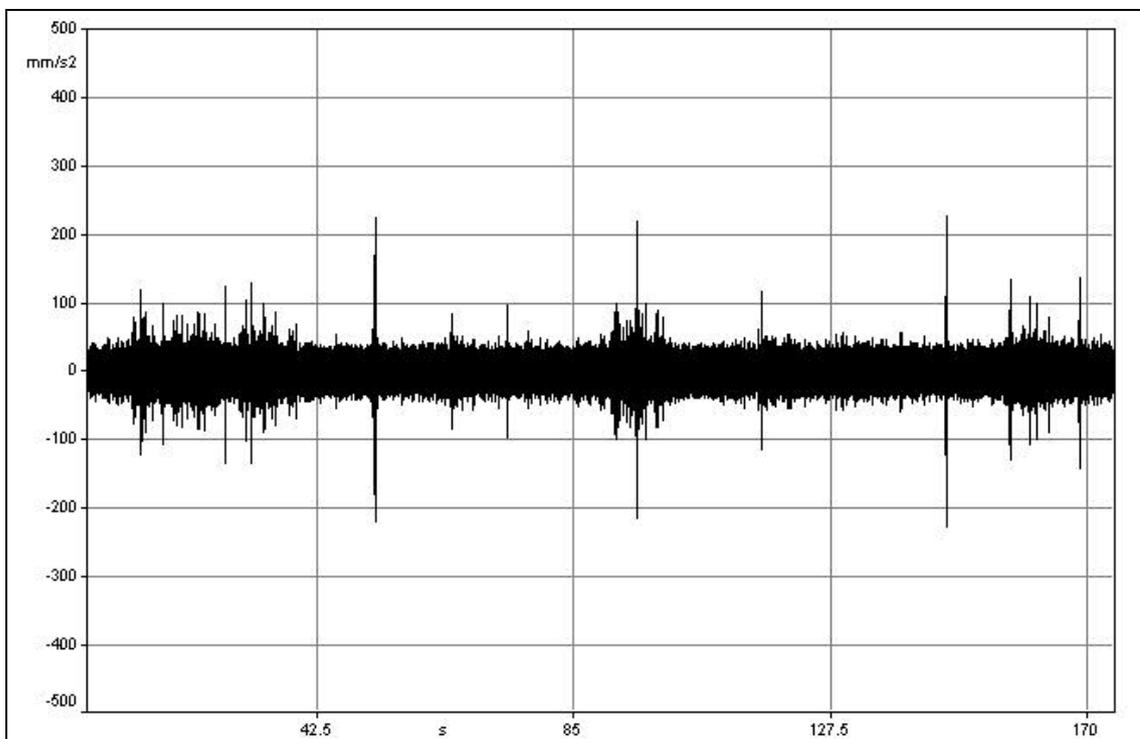
### 3.3 Messergebnisse und Beurteilung

Die relevanten Messergebnisse (Schwingschnellespektren, Schwingschnelle-Zeitverläufe, Terzschnellepegel) sind in den folgenden Abbildungen enthalten.

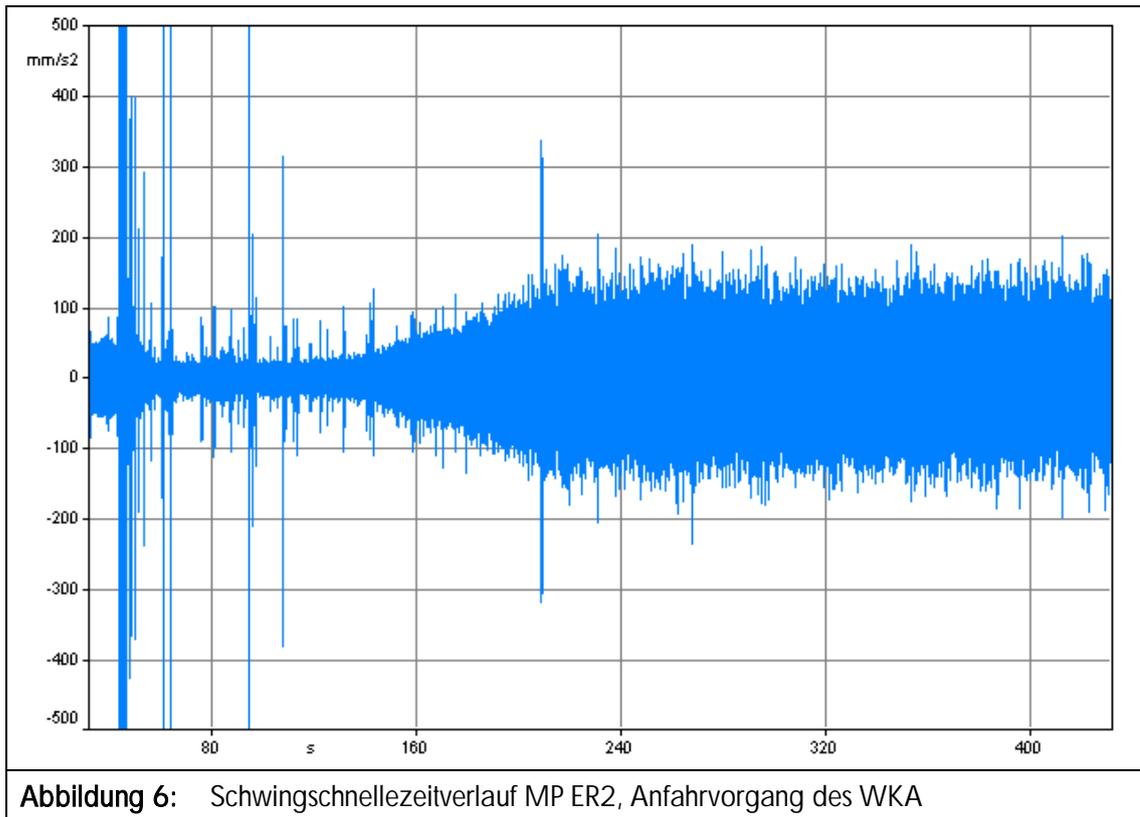


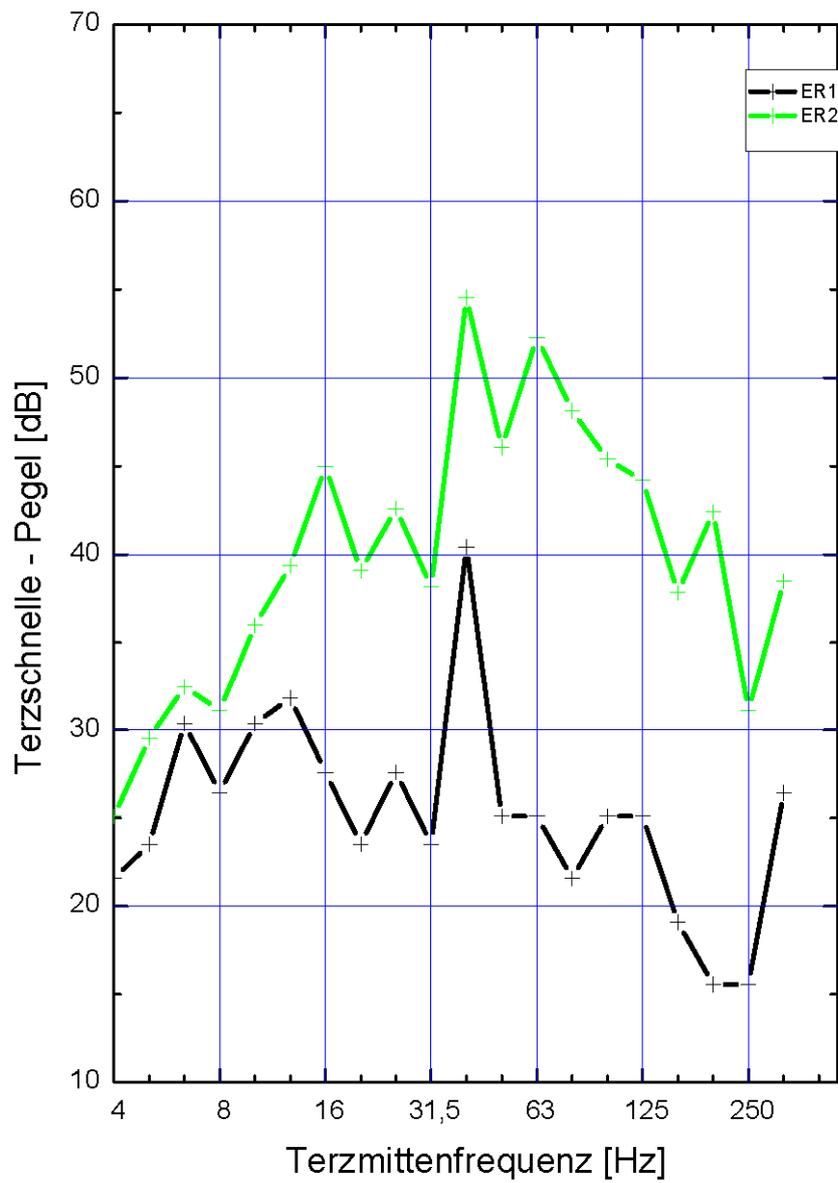


**Abbildung 4:** Schwingschnellezeitverlauf MP ER2, Regelnormalbetrieb WKA



**Abbildung 5:** Schwingschnellezeitverlauf MP ER3, Regelnormalbetrieb WKA



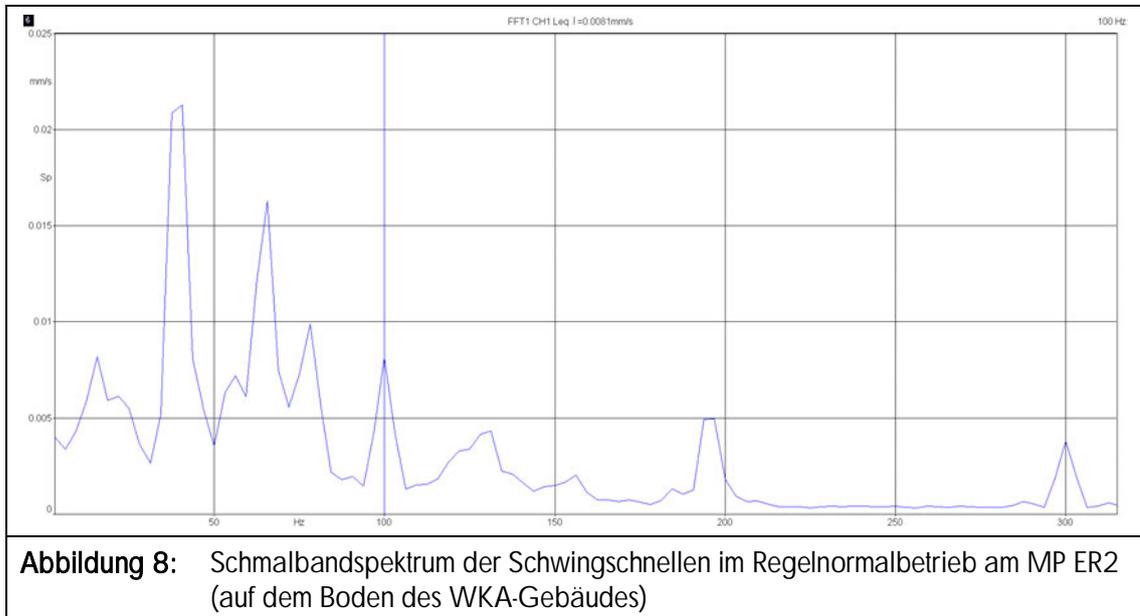


Schnellepegel-Terzspektren (in dB re 5E-8 m/s)

Abbildung 7: Terzschnellpegel  $L_v$  [dB] am MP ER1 und MP ER2, Regelnormalbetrieb WKA

#### 4. Beurteilung

Während innerhalb des WKA-Gebäudes noch relativ hohe Schwingungsamplituden in ganzen Vielfachen der Drehfrequenz der Turbine von ca. 1,3 Hz auftreten (vgl. Oberwellen gem. Abbildung 2), nehmen die Schwingungen außerhalb des WKA-Gebäudes deutlich ab.



**Abbildung 8:** Schmalbandspektrum der Schwingschnellen im Regelnormalbetrieb am MP ER2 (auf dem Boden des WKA-Gebäudes)

Das Maximum der gemessenen Schwingschnelle befindet sich bei einer Frequenz von 39,0 Hz. Außerhalb des WKA-Gebäudes nehmen die Schwingschnellen in den Hauptfrequenzen um den Faktor 5 ab (ca. 20 %), so dass hier Terzschnellepegel von nicht mehr als 40 dB auftreten. Für eine Prognose auf die Geschossdecken sind die Fundamentbedämpfung sowie die Deckenüberhöhung zu berücksichtigen.

Für Geschosswohnungsbau (2-stöckiges Gebäude) ist in der 40-Hz-Terz von einer Fundamentbedämpfung von 8,5 dB auszugehen. Der auf dem Fundament (Keller) ermittelte Wert tritt erfahrungsgemäß bei den zu beurteilenden Gebäuden in konventioneller Bauweise (Ziegelmauerwerk, Betondecken), bei ungünstigen Eigenfrequenzen und harmonischen Anregungen, in den darüber liegenden Aufenthaltsräumen um ca. 18 dB verstärkt auf, sog. Deckenüberhöhung. Der Wert von 18 dB entspricht dem Faktor 8. Damit kann es in Gebäuden im Nahbereich des WKA (bei kraftschlüssiger Verbindung) zu Sekundärluftschalleinwirkungen von bis zu 50 dB(lin) kommen. Dies entspricht einem Lärmpegel von weniger als 20 dB(A). Damit sind bereits im unmittelbaren Nahbereich des WKA voraussichtlich sämtliche Richt- und Anhaltswerte für Erschütterungen und Sekundärluftschall eingehalten. Dies gilt auch für den Fall einer von der konventionellen abweichenden Bauweise (z.B. Leicht- oder Holzbau statt Massivbau), bei der ggf. höhere Erschütterungseinwirkungen mit einem Maximum bei tieferen Frequenzen zu (< 20 Hz) erwarten sind. Eine bauliche Trennung von geplanten Wohngebäuden zum WKA ist dennoch vorzusehen, um eine Lästigkeit durch Körperschallübertragungen, Sekundärluftschalleffekte und tieffrequente Geräusche auszuschließen und eine hohe Aufenthaltsqualität zu sichern.

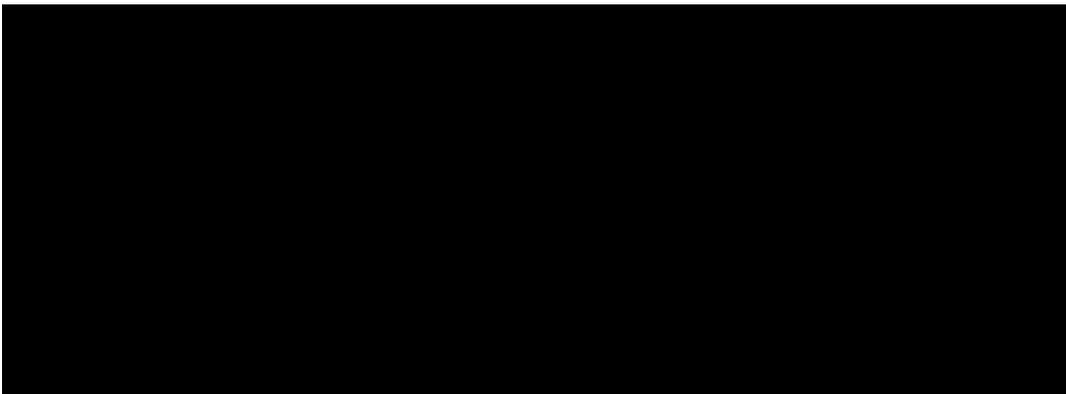
## 5. Textvorschlag für den Bebauungsplan

### 5.1 Satzung (Festsetzungen)

Es sind keine Festsetzungen erforderlich.

Dieses Gutachten umfasst 18 Seiten und 1 Anlage. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 17. August 2023



## 6. Anlagen

Anlage 1: Fotografische Dokumentation

Anlage 1: Fotografische Dokumentation

*WKA Streichwehr für Überlauf mit Körperschallmesspunkt MP ER1*



*Körperschallmesspunkt MP ER2*

