



Lärmwirkungen von WEA auf Anwohner:innen

Inter-Wind: Belästigung und Ursachen

Florian J. Y. Müller¹, Gundula Hübner^{1,2}, Johannes Pohl^{1,2}

¹ Department Psychologie, MSH Medical School Hamburg

² Arbeitsgruppe Gesundheits- und Umweltpsychologie,
Institut für Psychologie,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DEGA 2022, Berlin, 15.11.2022

Lärmbelästigung – Relevanz und Analyseansätze

Hohe soziale Relevanz von WEA-Lärm



(Hübner et al., in press)

WEA-Lärm-Analysen – Alltagserleben unzureichend erfasst

- Epidemiologische Studien – Untersuchung negativer Effekte für Anwohnende
(z. B. Poulsen et al., 2018a, 2018b; Turunen et al., 2021b)
- Laborstudien – akustische Charakteristika von WEA-Geräuschen
(z. B. Ascone et al., 2021; Schäffer et al., 2016, 2019; Smith et al., 2020)
- Feldstudien mit Fokus auf subjektive Bewertungen von Anwohnenden
(z. B. Hübner et al., 2019; Jalali et al., 2016; Turunen et al., 2021a; Pedersen et al., 2009)
- Feldstudien mit Kombination aus subjektiven Bewertungen & objektiven Messungen
(z. B. Haac et al., 2019; Michaud et al., 2016; Pohl et al., 2018, 2021; Radun et al., 2019; UBA, 2022)
- Neuere Ansätze kombinierter Studien: objektiv + subjektiv + Lärmtagebuch / App
(z. B. Cooper et al., 2014; Hansen et al., 2021; Søndergaard, 2021)

Forschungsprojekt Inter-Wind



**Interdisziplinäre Analyse und
Minderungsansätze – Anwohnererleben
akustischer und seismischer WEA-Emissionen**

Laufzeit: Mai 2020 – Juni 2023

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Interdisziplinärer Ansatz

- Spezifische Belästigungsfaktoren in komplexer Lebensumwelt analysieren

Siehe: Gaßner, L., Blumendeller, E., Müller, F. J., Wigger, M., Rettenmeier, A., Cheng, P. W., . . . Pohl, J. (2022). Joint analysis of resident complaints, meteorological, acoustic, and ground motion data to establish a robust annoyance evaluation of wind turbine emissions. *Renewable Energy*, 188, 1072–1093.

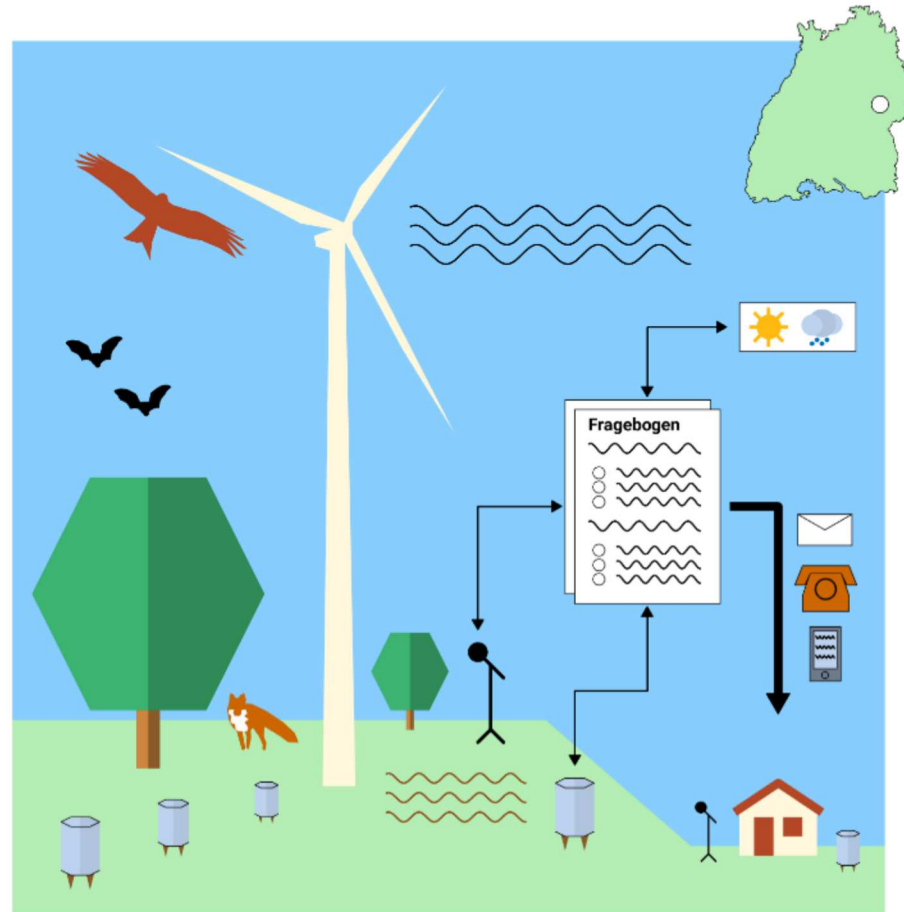
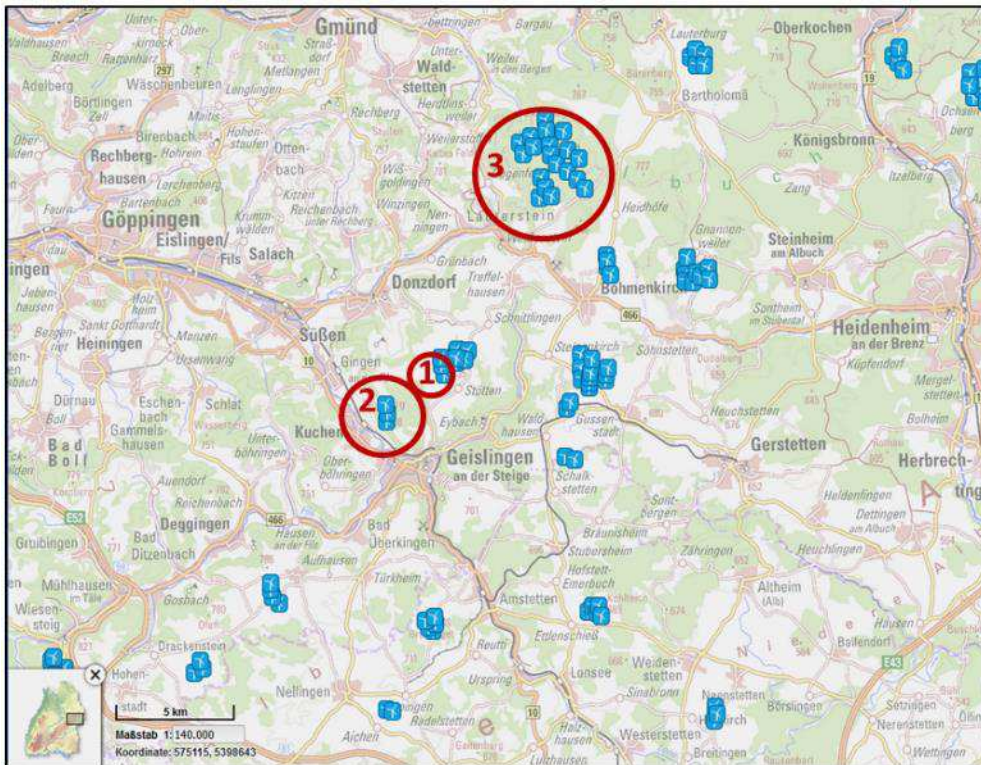


Abbildung: Laura Gaßner

Drei Windparks in Baden-Württemberg



1. WINSENT
Forschungstestfeld,
meteorologische Messungen, WEA
in Planung
2. Tegelberg
3 WEA in Betrieb seit 2018
3. Lauterstein
16 WEA in Betrieb seit 2016

Fallstudie WindparkTegelberg

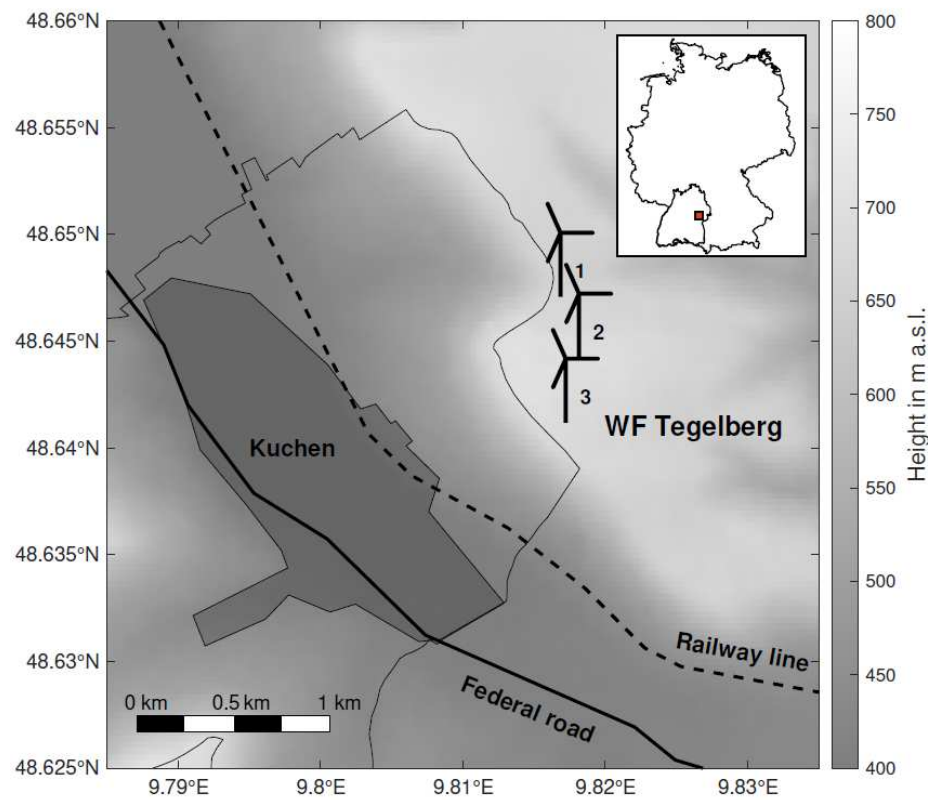


Abbildung: Laura Gaßner

Methode

Anwohnendenbefragung, App und objektive Daten

Stichprobenbeschreibung

- Ankündigungen durch lokale Presse und Verantwortliche (Bürgermeister, Betreiber)
- Briefe & Anrufe an Adressen aus öffentlichem Telefonbuch
 - 5 km-Radius um Windpark

N = 148	
Alter	M = 62, SD = 11.85 Range: 24–83
Geschlecht	31.8% (w), 68.2% (m)
Finanzielle Vorteile durch WEA	0 %
Distanz	M = 1.82 km, SD = 1.05) Range: 0.78–4.75 km
Anzahl sichtbarer WEA	M = 2.23, SD = 1.01

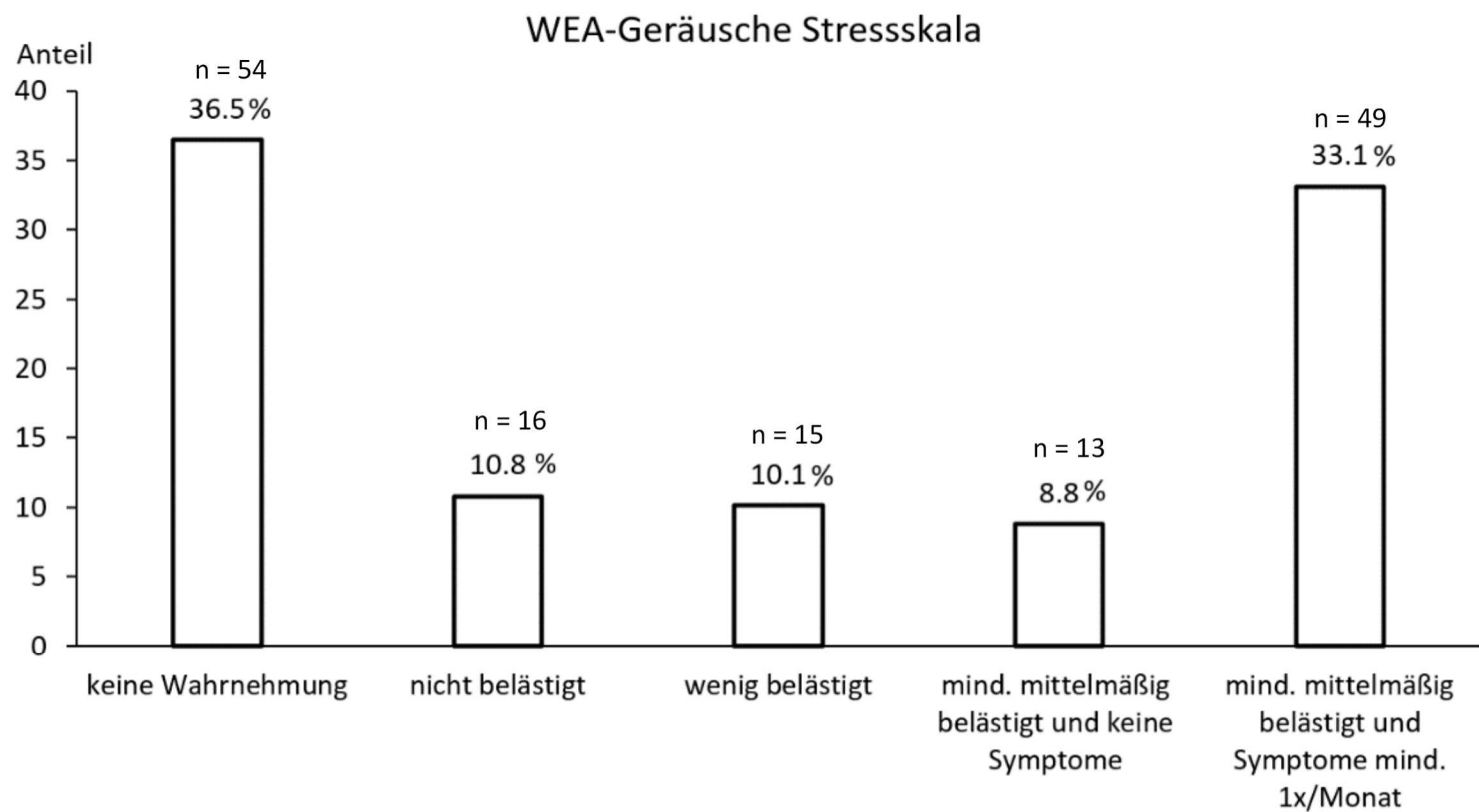
Kombinierte subjektive and objektive Messungen

- Befragungen auf Basis vorheriger Studien zu Stresseffekten von WEA
(Hübner et al., 2019; Pohl et al., 2018; Pohl et al., 2012; Pohl, Faul & Mausfeld, 1999)
- Telefoninterviews (~ 45 min; 311 Items; n = 148)
(Belästigung (WEA-Immissionen & Verkehrslärm), Stressreaktionen, Einstellungen, Evaluation von Planung & Bau, Verteilungsgerechtigkeit, sonst. Umstände (Anzahl sichtbarer WEA, Distanz), Gesundheitsindikatoren)
- App, um WEA-Lärm jederzeit zu melden (46 Nutzer)
- Akustische, Bodenbewegungs-, meteorologische Messungen, Betriebsdaten
(s. a. Präsentation von Esther Blumendeller)
- Kombination Anwohnermeldungen mit zeitgleichen objektiven Messungen
(104 Appmeldungen)

Ergebnisse

Prävalenz und Symptome

Ungewöhnlich hoher Anteil stark belästigter durch WEA-Lärm



Symptome im Vergleich

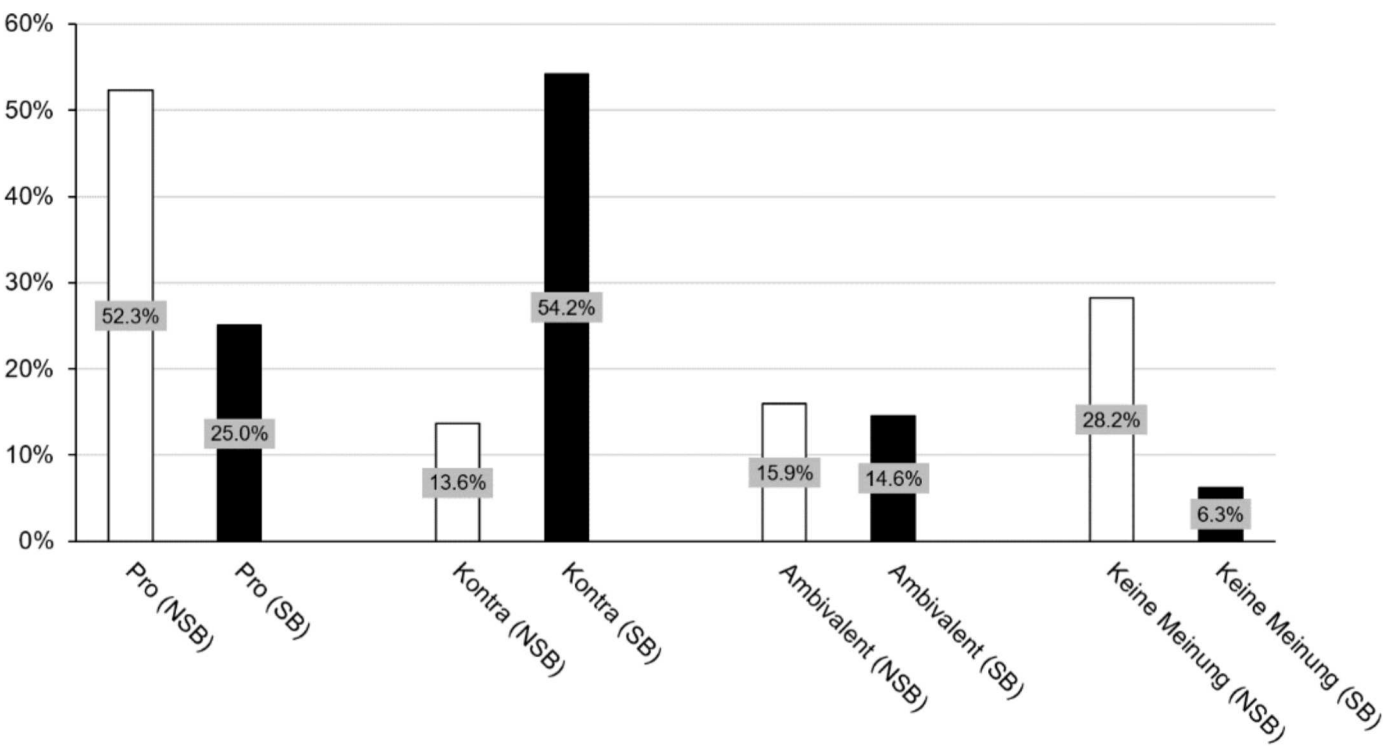
Häufigste Symptome (> 5 % der Teilnehmenden) durch WEA- oder Verkehrslärm, mind. 1x/Monat.

Symptome	WEA-Lärm	Verkehrslärm
Schlaf		
Einschlafprobleme	23.0%	4.7%
Mehrfaches Aufwachen in der Nacht	14.9%	6.1%
Schlafqualität reduziert	6.8%	4.1%
Emotionen und Stimmung		
Reizbarkeit, Wut	17.6%	9.5%

Ergebnisse

Vergleich stark (SB) / nicht stark belästigter Anwohner (NSB)

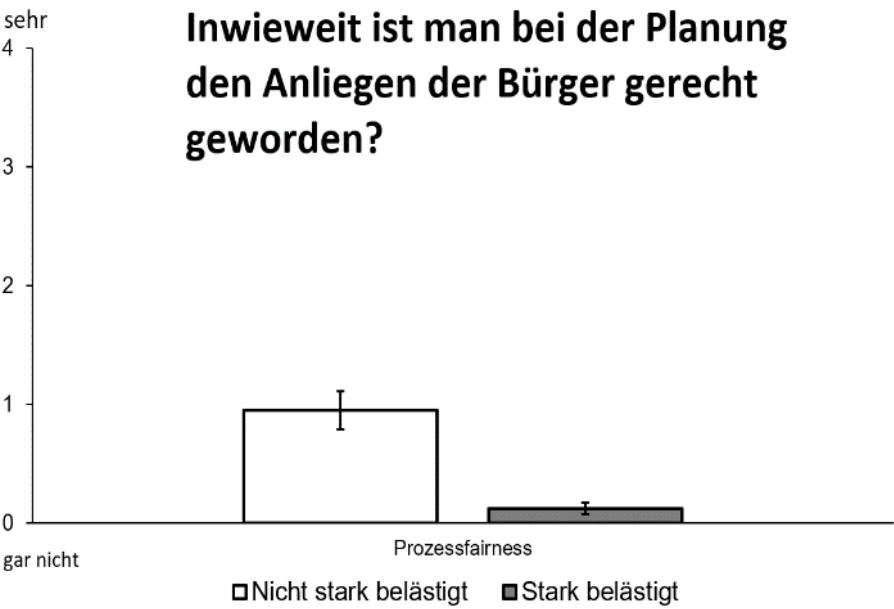
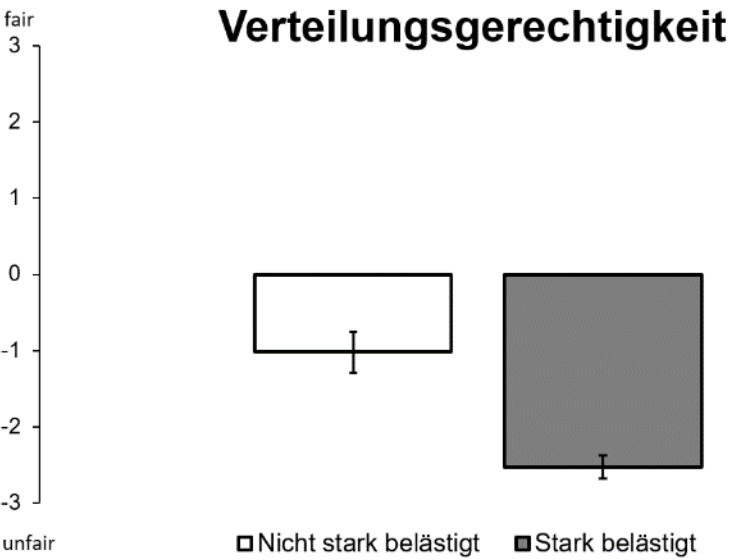
Initiale Akzeptanz (retrospektiv)



Distanz zur nächsten WEA – irrelevant



Planungsprozess



Typische Situation mit WEA-Lärm

Nicht stark belästigt

- Wöchentlich (56.7 %)
- Abends / nachts (45.2 %)
- Draußen (81.8 %)
- Sicht auf WEA (52.9 %)
- Alleine (20.7 %)
- Hohe Windgeschwindigkeit (47.8 %)
- Feuchtes Wetter (51.5 %)

Stark belästigt

- Täglich (56.8 %)
- Abends / nachts (71.4 %)
- Drinnen (81.4 %)
- Keine Sicht auf WEA (48.8 %)
- Irrelevant ob alleine oder in Gesellschaft (90.7%)
- Hohe Windgeschwindigkeit (73.3 %)
- Feuchtes Wetter (56.3 %)

Zwei häufigste Belästigungssituationen – konstant hohe Drehzahlen & hohe Variabilität

Drehzahlmuster bei Lärmmeldungen von Anwohnenden. Für jede Meldung werden sechs 10 min-Intervalle berücksichtigt: das 10 min-Intervall der Meldung und die fünf vorhergehenden Intervalle.

Drehzahlmuster	Häufigkeit	%
Konstant mittlere Drehzahl (7–10 U/min) aller 3 WEA	10	9.6
Konstant hohe Drehzahl (10–12.5 U/min) mind. 1 WEA	35	33.7
Sehr niedrige Variabilität (SD < 1)	17	16.3
Niedrige Variabilität (SD 1–2)	11	10.6
Mittlere Variabilität (SD 2–3)	2	1.0
Hohe Variabilität (SD > 3)	29	27.9
Total	104	100.0

Unterschiede der belästigenden Drehzahlmuster

Ausgewählte Charakteristika der häufigsten Drehzahlmuster hinsichtlich Wetterbedingungen, akustischer Daten und Anwohnermeldungen.

	Konstant hohe Drehzahl (M, SEM / %)	Hohe Variabilität (M, SEM / %)	Cohens d
Windrichtung			
	Südost 14.3 %	27.6 %	–
	West 60.0 %	17.2 %	
Schalldruckpegel (L _{Aeq} 20–10.000 Hz) vor Haus Anwohnender	45.94 dB(A) (1.05)	41.87 dB(A) (0.89)	0.96
Geräuschbelästigung (0 = „gar nicht“ – 4 =„sehr“)	2.70 (0.30)	3.10 (0.15)	n. s.
Aufenthaltsort bei Meldung			
	Drinnen 53.3 %	96.3 %	–
Tageszeit			
	22:00–06:00 34.3 %	48.3 %	–
	06:00–14:00 42.9 %	3.4 %	
	18:00–22:00 17.1 %	48.3 %	
Gestörte Aktivität			
	Einschlafen 3.1 %	40.7 %	–

Fazit und Ausblick

Potenzial kombinierter Belästigungsanalysen

- Belästigung durch hörbaren Schall möglich, auch ohne besonders hohe SPL
- SPL und Distanz alleine erneut unzureichende Erklärung für Belästigung (e. g., Radun et al., 2019; Haac et al., 2019)
- Interdisziplinäre Analyse zeigt spezifische Bedingungen auf:
 - Belästigung in Abhängigkeit von Drehzahlmuster – konstant hoch / hohe Variabilität
 - Planungsprozess
- Validierung durch Minderungsmaßnahmen soll anschließen
- Kombination subjektiver & objektiver Daten ermöglicht umfassendes Verständnis



Medical School Hamburg
University of Applied Sciences
and Medical University

Vielen Dank!



References I

Ascone, L., Kling, C., Wieczorek, J., Koch, C., & Kühn, S. (2021). A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure. *Scientific reports*, 11(1), 1–9.

Cooper, S. E. (2014). *The results of an acoustic testing program – Cape Bridgewater wind farm*. Melbourne.

Gaßner, L., Blumendeller, E., Müller, F. J., Wigger, M., Rettenmeier, A., Cheng, P. W., . . . Pohl, J. (2022). Joint analysis of resident complaints, meteorological, acoustic, and ground motion data to establish a robust annoyance evaluation of wind turbine emissions. *Renewable Energy*, 188, 1072–1093.

Haac, T. R., Kaliski, K., Landis, M., Hoen, B., Rand, J., Firestone, J., . . . Pohl, J. (2019). Wind turbine audibility and noise annoyance in a national US survey: Individual perception and influencing factors. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(2), 1124–1141.

Hansen, K. L., Nguyen, P., Micic, G., Lechat, B., Catcheside, P., & Zajamšek, B. (2021). Amplitude modulated wind farm noise relationship with annoyance: A year-long field study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 150(2), 1198–1208.

References II

Hübner, G., Pohl, J., Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliott, D., & Haac, R. (2019). Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of US and European samples. *Environment International*, 132, 105090.

Hübner, G., Leschinger, V., Müller, F. J. Y., & Pohl, J. (accepted). Social Acceptance of wind energy – an integrated acceptance model. *Energy Policy*.

Jalali, L., Bigelow, P., Nezhad-Ahmadi, M.-R., Gohari, M., Williams, D., & McColl, S. (2016). Before–after field study of effects of wind turbine noise on polysomnographic sleep parameters. *Noise & Health*, 18(83), 194–205.

Michaud, D. S., Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., . . . Lavigne, E. (2016). Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1455–1466.

Pedersen, E., Van Den Berg, F., Bakker, R., & Bouma, J. (2009). Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(2), 634–643.

Pohl, J., Faul, F., & Mausfeld, R. (1999). *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen*. Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

References III

Pohl, J., Gabriel, J., & Hübner, G. (2018). Understanding stress effects of wind turbine noise – The integrated approach. *Energy Policy*, 112, 119–128.

Pohl, J., Hübner, G., & Mohs, A. (2012). Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines. *Energy Policy*, 50, 592–600.

Pohl, J., Rudolph, D., Lyhne, I., Clausen, N.-E., Aaen, S. B., Hübner, G., . . . Kirkegaard, J. K. (2021). Annoyance of residents induced by wind turbine obstruction lights: A cross-country comparison of impact factors. *Energy Policy*, 156, 112437.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., . . . Sørensen, M. (2018b). Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environment International*, 114, 160–166.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., . . . Sørensen, M. (2018a). Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. *Environmental Research*, 165, 40–45.

Radun, J., Hongisto, V., & Suokas, M. (2019). Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. *Building and Environment*, 150, 339–348.

References IV

- Schäffer, B., Pieren, R., Hayek, U. W., Biver, N., & Grêt-Regamey, A. (2019). Influence of visibility of wind farms on noise annoyance—A laboratory experiment with audio-visual simulations. *Landscape and Urban Planning*, 186, 67–78.
- Schäffer, B., Schlittmeier, S. J., Pieren, R., Heutschi, K., Brink, M., Graf, R., & Hellbrück, J. (2016). Short-term annoyance reactions to stationary and time-varying wind turbine and road traffic noise: A laboratory study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(5), 2949–2963.
- Smith, M. G., Ögren, M., Thorsson, P., Hussain-Alkhateeb, L., Pedersen, E., Forssén, J., . . . Persson Waye, K. (2020). A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: results of the polysomnographic WiTNES study. *Sleep*.
- Søndergaard, L. S., Volk, C. P., Hansen, T. R., Enggaard, L., Sørensen, T., & Peña, A. (2021). Wind farm neighbourhood investigated by a daily app questionnaire combining weather, noise, and annoyance. Paper presented at the 9th International Conference on Wind Turbine Noise, Remote from Europe.
- Turunen, A. W., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., & Lanki, T. (2021a). Self-reported health in the vicinity of five wind power production areas in Finland. *Environment International*, 151, 106419.
- Turunen, A. W., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., & Lanki, T. (2021b). Symptoms intuitively associated with wind turbine infrasound. *Environmental Research*, 192, 110360.