

Hallo Kollegen,

nachfolgend eine weitere Ausarbeitung von mir.

Die unangenehme Wahrheit über Windkraftanlagen

Einleitung

Windkraftanlagen gelten als zentrale Säule der Energiewende. Doch hinter dem grünen Image verbergen sich zahlreiche

ökologische, gesundheitliche und technische Probleme, die in der öffentlichen Debatte oft unterrepräsentiert sind.

Diese Ausarbeitung beleuchtet die negativen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Umwelt, Klima, Mensch und Tier

– basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Erfahrungsberichten.

1. Insekten-, Vogel- und Fledermausmortalität

Insekten

- Bis zu **40 Mio. Insekten pro Turbine und Jahr**.
- In Deutschland: **ca. 1,2 Billionen Insekten jährlich**.
- **1.200 Tonnen Insektenbiomasse** pro Vegetationsperiode.
- Lidar-Messungen bestätigen hohe Insektenaktivität im Gefahrenbereich der Rotoren.

Vögel und Fledermäuse

- **1,17 Mio. tote Vögel und Fledermäuse pro Jahr** in Deutschland.
- Besonders betroffen: Greifvögel, Zugvögel, Fledermausarten.
- Studien zeigen, dass Kadaversuchen die tatsächliche Mortalität unterschätzen.

2. Gesundheitliche Belastungen für den Menschen

Lärm und Schattenschlag

- Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Konzentrationsprobleme.

- Tieffrequenter Lärm (amplitudenmoduliert) besonders belastend.

Infraschall

- Frequenzen unter 20 Hz, nicht hörbar, aber biologisch wirksam.
- Studien zeigen mögliche neurologische Reaktionen bei sensiblen Gruppen.
- Infraschallpegel am Anlagenfuß können im Bereich der Hörschwelle liegen.
- Wissenschaftlich umstritten, aber Beschwerden sind dokumentiert.

3. Auswirkungen auf Bodenleben und Bodenstruktur – Typische Dichten pro m³ Waldboden

Gruppe	Beispiele	Individuenzahl/m ³	Funktion
Makrofauna	Regenwürmer, Hundertfüßer, Asseln	500–5.000	Durchmischung, Humusbildung
Mesofauna	Springschwänze, Milben	100.000–500.000	Zersetzung, Nährstoffkreisläufe
Mikrofauna	Nematoden, Protozoen	1–10 Mio.	Steuerung mikrobieller Prozesse
Pilze	Mykorrhiza, Saprophyten	100–1.000 km Hyphen	Symbiose, Abbau organischer Substanz
Bakterien	unzählige Arten	10–100 Mrd. Zellen	Humusaufbau, Stoffkreisläufe
Archaeen	Methanbildner, Ammoniakoxidierer	1–10 Mrd. Zellen	Stickstoff- und Kohlenstoffkreisläufe

Beeinträchtigungen

- **Bauphase:** Bodenverdichtung, Sauerstoffmangel, Rückgang von Mikrofauna.
- **Betriebsphase:** Körperschall und Vibrationen stören Bodenarthropoden.
- **Mikroklima:** Veränderung von Bodenfeuchte und Temperatur.
- **Fremdstoffe:** Mikroplastik, Carbonfasern, Schmierstoffe, Hydrauliköle.

4. Mikroklima und Wake-Effekt

Temperaturveränderungen

- Erwärmung bodennaher Luftschichten durch Turbulenz.
- Studien zeigen Temperaturanstiege von **0,2–0,3 °C**.

Feuchtigkeit und Niederschlag

- Schnellere Verdunstung, geringere Bodenfeuchte.
- Verdichtung verhindert Wassereintritt → Grundwasserabsenkung.

Wind- und Strömungsmuster

- Abschwächung der Windgeschwindigkeit hinter Anlagen.
- Veränderte Turbulenzstrukturen beeinflussen Wetter.

Räumliche Begrenzung

- Effekte lokal, aber regional messbar.

5. Chemische Risiken: PFAS und SF6

PFAS – Ewigkeitschemikalien

- Persistenz: kaum abbaubar, weltweit verbreitet.
- Mensch: Fruchtbarkeitsstörungen, Krebsrisiko, Immunbeeinträchtigung.
- Tiere: Bioakkumulation, Fortpflanzungsstörungen.

SF6

- Einsatz in Schaltanlagen.
- Extrem starkes Treibhausgas.
- Leckagen sind dokumentiert und klimapolitisch relevant.

6. Abrieb, Mikroplastik und Entsorgung

Rotorblattabrieb

- Bis zu **1.395 t/Jahr** Mikroplastik in Deutschland.
- Umweltrelevanz noch unklar, aber potenziell gravierend.

Entsorgung

- Rotorblätter aus Verbundstoffen schwer recycelbar.

- Betonsockel verbleibt im Boden.
- Kreislaufgerechte Entsorgung ungelöst.

7. Meeresumwelt und Offshore-Windparks

Schallwirkungen

Region	Schallart	Auswirkungen
Nordsee	Wasserschall	Schweinswale zeigen Ausweichverhalten
Australien	Infraschall	Stressreaktionen bei Fischen
USA	Körperschall	Verhalten benthischer Arten verändert
China	Wasserschall	Rückgang Fangraten von Garnelen
UK	Infraschall	Meideverhalten bei Seehunden

Strömungs- und Turbulenzeffekte

- Wake-Effekt verändert Wind- und Wasserströmungen.
- Sedimentumlagerung, veränderte Larvendrift.
- Verstärkte Durchmischung, veränderte saisonale Schichtung.

Fazit

Windkraftanlagen sind keineswegs alternativlos. Die dokumentierten ökologischen, gesundheitlichen

und klimatischen Belastungen sind erheblich und oft unterschätzt.

Der Ausbau muss kritisch hinterfragt und wissenschaftlich begleitet werden.

Der Umwelt- und Klimaschutz beginnt mit dem Abbau dieser Anlagen.

Quellen (Auswahl)

- Li et al. (2024), Sustainability
- Aksoy et al. (2023), Türkei
- Harvard University, Modellstudien
- MDPI, Gesundheitsübersicht

- BSH, UBA, LUBW, Hereon, ESKP
- Soilify-Analyse (2025)
- PLOS ONE, Vogelmortalität
- Ärzteblatt-Review Offshore-Schall

Viele Grüße

Klaus Effenberger

Von:

Gesendet: Montag, 25. August 2025 13:13

An:

Betreff: u. a. DLR Präsentation Wechselwirkung Fluginsekten und Windparks

nachfolgend noch ein paar Informationen und Grafiken zum Wake-Effekt und zum Schall.

Wake-Effekt und seine wetterbezogenen Folgen

Der Wake-Effekt ist nicht nur ein technisches Thema für Windparkplaner

– er kann auch **lokale Wetter- und Mikroklimabedingungen** spürbar verändern.

Hinter den Rotoren entsteht ein Bereich mit **reduzierter Windgeschwindigkeit** und **verstärkter Turbulenz**,

der sich je nach Windrichtung und -stärke kilometerweit ausbreiten kann.

Temperaturveränderungen

- **Erwärmung bodennaher Luftschichten:** Die Turbulenzen mischen Luftschichten durch – wärmere Luft aus höheren Schichten, gelangt nach unten, was die Oberflächentemperatur anhebt, insbesondere im Sommer.

- **Messwerte:** Studien in den USA und Deutschland zeigen Temperaturanstiege im Bereich von **0,2–0,3 °C** von Windparks,

und das nicht nur im näheren Umfeld, sondern auch im erweiterten Umfeld.

Einfluss auf Feuchtigkeit und Niederschlag

- **Reduzierte Bodenfeuchte:** Durch die veränderte Luftzirkulation kann Feuchtigkeit schneller abtransportiert werden

– Folge: die Böden trocknen aus und der Grundwasserspiegel sinkt – verstärkt wird dieser Effekt durch die Verdichtung der Böden,

da die Feuchtigkeit nicht mehr in den Boden eindringen kann.

- **Niederschlagsmuster:** Einige Untersuchungen deuten darauf hin, dass Windparks den Niederschlag verringern

– Folge: die Böden trocknen aus und der Grundwasserspiegel sinkt

– verstärkt wird dieser Effekt durch die Verdichtung der Böden, da die Niederschläge nicht mehr in den Boden eindringen können.

Wind- und Strömungsmuster

- **Abschwächung der Windgeschwindigkeit:** Hinter den Anlagen weht der Wind langsamer,

was die Verdunstung und den Wärmeaustausch mit der Umgebung stark beeinflusst.

- **Veränderte Turbulenzstrukturen:** Diese können Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht regional signifikant verstärken.

Räumliche Begrenzung

- Die Effekte sind **lokal** und nehmen mit der Entfernung vom Windpark ab.
- **Regional** können sich Wetter und Mikroklima messbar verändern.

Resümee:

Schnellere Verdunstung bewirken nicht nur regionale Starkregenereignisse.

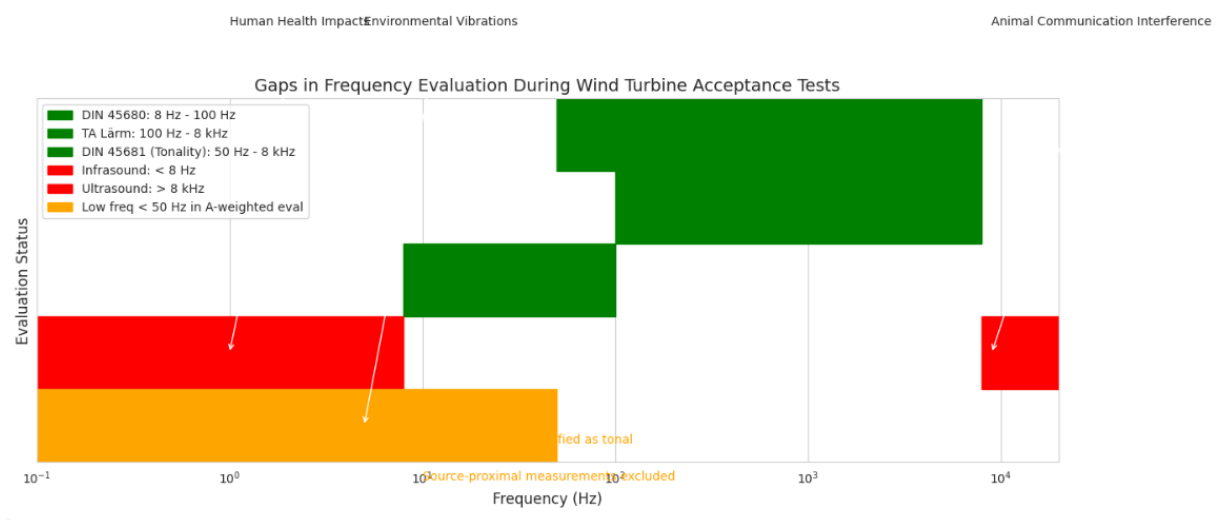
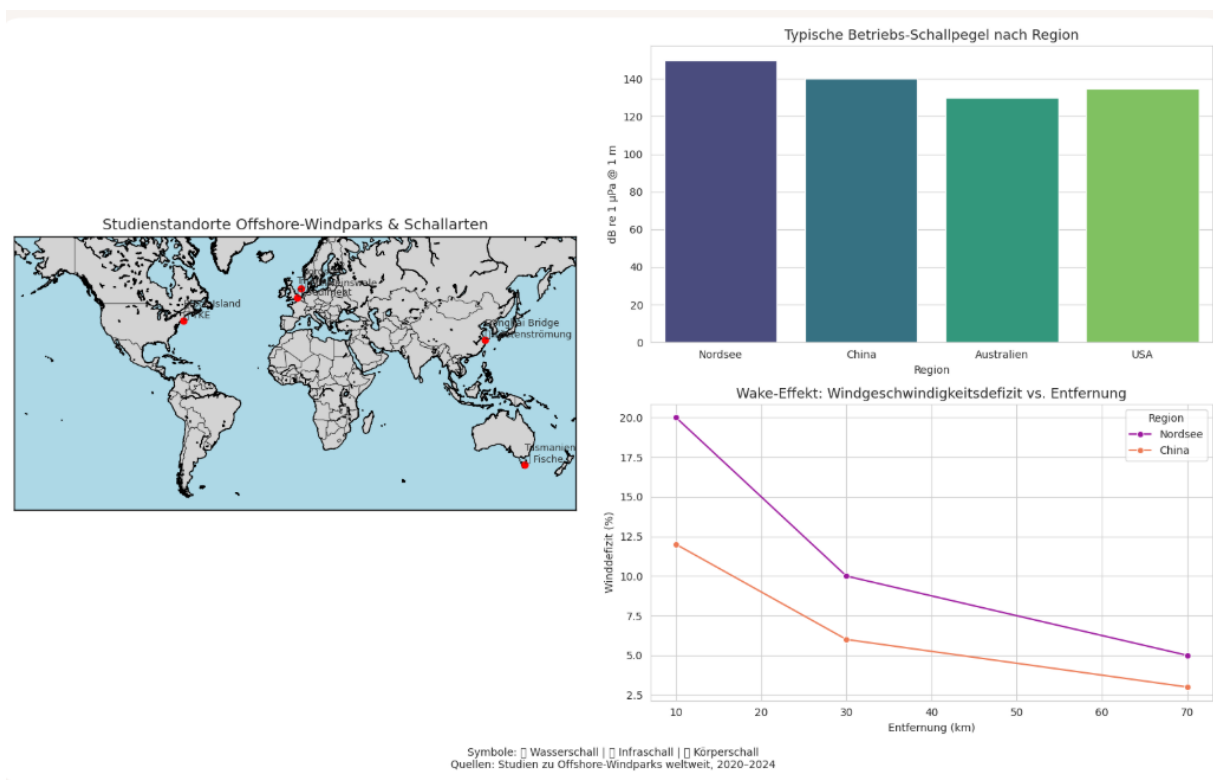
Kein Eindringen von Niederschlägen durch Verdichtung der Böden = weniger Einträge ins Grundwasser sowie in Bächen und Flüssen.

Wir sollten weitere wissenschaftliche Erkenntnisse zusammentragen und

ggf. eigene Wissenschaftler mit weiteren Untersuchungen beauftragen,

um den Ausbau von Windparks zum Wohle von Mensch, Tier und Fauna stoppen zu können

– der Umwelt- und Klimaschutz beginnt mit dem Abbau dieser Monster.



Kollegiale Grüße

Klaus Effenberger

Von:

Gesendet: Sonntag, 24. August 2025 22:24

An:

Betreff: DLR Präsentation Wechselwirkung Fluginsekten und Windparks

Bei einem Vortrag sollte man das Thema zuspitzen

1. **Mit harten Zahlen starten:** Insektenmortalität (bis zu 40 Mio. pro Turbine/Jahr; 1,2 Billionen/Jahr in DE) und die Unterschätzung bei Vögeln/Fledermäusen klar benennen.
2. **Belastung der Menschen greifbar machen:** Schlafstörungen durch Lärm/Schattenschlag belegen; bei Infraschall die Betroffenheit einzelner sensibler Gruppen ehrlich einordnen – das macht glaubwürdiger.
3. **Boden und Bodenleben:** Vibrationen und Baufolgen (Verdichtung/Drainage) als „unsichtbare“ Langzeitfolgen herausstellen; auf die ersten experimentellen Nachweise zu Bodenfauna verweisen.
4. **Mikroklima nicht romantisieren:** Den Harvard-Befund (0,24 °C Erwärmung bei großflächiger Belegung, niedrige Leistungsdichten) als Signal bringen, dass Windparks selbst Klima beeinflussen.
5. **Chemische Risiken konkretisieren:** SF₆-Leckagerisiko und PFAS-Alternativen nennen; Abrieb/Mikroplastik als offenes Umweltfeld mit derzeit unsicheren, potenziell relevanten Mengenrahmen präsentieren.

Mortalität von Vögeln, Fledermäusen und Insekten

- **Vögel und Fledermäuse:** Kollisionen sind gut belegt; besonders betroffen sind empfindliche Arten. Ein PLOS-ONE-Paper zeigt zudem, dass Standard-Kadaversuchen die tatsächliche Mortalität oft unterschätzen und dass erhöhte Mortalität Populationen gefährden kann. Für die USA wird die jährliche Vogelsterblichkeit durch Windräder auf etwa 1,17 Millionen Individuen geschätzt.
- **Insekten (häufig übersehen):** Neue Schätzungen deuten auf sehr große Verluste hin. Für Deutschland wurden etwa 1.200 Tonnen Insektenbiomasse pro Vegetationsperiode an Windrädern veranschlagt – grob 1,2 Billionen Individuen pro Jahr; pro Anlage in der gemäßigten Zone etwa 40 Millionen Insekten jährlich. Lidar-Messungen bestätigen hohe Insektenaktivität im Gefahrenbereich der Rotoren. Diese Größenordnungen gelten als alarmierend und erfordern weitere Absicherung, bevor sie weltweit verallgemeinert werden.

Lärm, Infraschall und Gesundheitsfolgen

- **Hörbarer Lärm und Schattenschlag:** Lärm (inkl. amplitudenmodulierter Tieftonanteile) und Schattenschlag werden mit Schlafstörungen, Kopfschmerzen und weiteren Beschwerden in Verbindung gebracht. Das zeigt eine aktuelle Übersichtsarbeit (MDPI) mit Blick auf Wirkungen auf die Bevölkerung.
- **Infraschall (umstritten, aber relevant für Betroffene):**
 - Eine interdisziplinäre Übersichtsarbeit (2023) beschreibt plausible Kopplungsmechanismen von Infraschall an Gebäude und mögliche

neurologische Reaktionen bei einem kleinen, sensiblen Bevölkerungsanteil – mit Praxisvorschlägen zur Minderung.

- Mess- und Übersichtsarbeiten zeigen, dass Infraschallpegel in Turbinennähe zwar sehr niedrig sind, aber am Fuß von Anlagen vereinzelt im Bereich der Hörschwelle der sensitivsten ~1 % liegen können.
- Gleichzeitig fanden kontrollierte Experimente unter bestimmten Bedingungen keine zusätzliche Wahrnehmung/Physiologie-Effekte durch Infraschall gegenüber dem hörbaren Windradgeräusch – hier ist die Lage also nicht eindeutig.

Fazit:

Beschwerden sind dokumentiert; die Rolle des Infraschalls selbst bleibt wissenschaftlich strittig, während hörbarer Lärm und Modulation konsistent als belastend beschrieben werden.

Körperschall, Bodenvibrationen und Bodenleben

- **Vibrationen im Boden:** Windenergieanlagen erzeugen tieffrequente Schwingungen, die sich in den Untergrund einkoppeln können. Experimentelle Befunde zeigen, dass vibrationale Störungen Bodenarthropoden beeinflussen und damit Boden-gemeinschaften und deren Funktion verändern können.
- **Baugrund und Bodenstruktur:** Unabhängig von der Anlagentechnik führen Schwertransporte, Kranstellflächen und großflächige Fundamente in der Bauphase zu Bodenverdichtung, geänderter Infiltration/Drainage und gestörter Bodenbiologie. Das sind klassische, gut bekannte Effekte schwerer Bauarbeiten und können lokal langfristige Folgen für Bodenwasserhaushalt und Bodenleben haben.

Mikroklima und großräumige Klimaeffekte

- **Direkte Klimaeffekte großer Windparks:** Beobachtungs- und Modellarbeiten von Harvard-Forschern fanden: Um die heutigen US-Strombedarfe ausschließlich mit Wind zu decken, wäre ein sehr großer Flächenbedarf notwendig; in solchen Dichten wird Wind zu einem „aktiven Klimaspieler“. Modellierungen ergaben eine Erwärmung der bodennahen Lufttemperatur über den kontinentalen USA um ~0,24 °C, hervorgerufen durch geänderte Turbulenz und Durchmischung; zugleich ist die reale Leistungsdichte großer Windfelder deutlich niedriger als häufig angenommen. Das spricht für erhebliche Land- und Klimainteraktionen bei sehr großem Ausbau.
- **Feuchte-/Niederschlagsverteilung (hypothetisch):** Ein konzeptioneller Fachaufsatz argumentiert, dass großflächige Windnutzung Feuchtetransporte beeinflussen und zu verstärkter Binnentrockenheit beitragen könnte. Das ist eine Hypothese, die weitere belastbare Mess- und Modellstudien braucht – sie ist kein etablierter Befund.

Chemische Stoffe, Abrieb und Entsorgung

- **SF6 in Schaltanlagen:** SF6 ist ein extrem starkes Treibhausgas und wird in Teilen der Windpark-Schalttechnik eingesetzt; Leckagen sind daher klimapolitisch heikel und kommen immer wieder vor.
- **Abrieb/Mikroplastik aus Rotorblättern:** Erosion an Blattvorderkanten ist physikalisch real; sie reduziert Effizienz und setzt Partikel frei. Schätzungen für Deutschland kommen – im „Worst-Case“ aggregiert über alle Anlagen – auf bis zu rund 1.395 t/Jahr Materialabrieb; die Spannweite ist groß und hängt stark von Beschichtungen/Betrieb ab. Die genaue Umweltrelevanz dieses Abriebs (inkl. Epoxid-Bestandteile) wird noch erforscht.
- **Lebensende/Entsorgung:** Die Entsorgung der Verbundwerkstoff-Rotorblätter ist noch nicht geklärt. Das erschwert eine schadstoffarme, kreislaufgerechte Entsorgung – auch das wird in Übersichtsarbeiten als ungelöstes Umweltproblem benannt.

Meeresumwelt

- **Unterwasserschall beim Bau:** Die Rammarbeiten für Fundamente erzeugen sehr hohe Schallpegel, die Meeressäuger und andere marine Arten beeinträchtigen können. Planerische Vermeidung und Lärminderung gelten als zwingend, um Schäden zu begrenzen.

Flächenverbrauch, Lebensräume und Landschaft

- **Flächen- und Habitatwirkung:** Windparks beanspruchen inklusive Abstände eine große Gesamtfläche (mittlerer Land-Footprint ca. $0,345 \pm 0,224 \text{ km}^2$ pro MW installierter Leistung). Das fragmentiert Lebensräume, stört Wanderkorridore und erhöht Kollisionsrisiken; in einzelnen EU-Ländern könnten bis 2030 über 10 % der Landesfläche von Windnutzung beansprucht sein – mit entsprechenden Eingriffen in Biodiversität und Landschaftsbild.

Übersicht mit den wichtigsten biologischen Gruppen, typischen Dichten pro Kubikmeter Waldboden

und den relevanten wissenschaftlichen Befunden, die es dazu gibt:

Typische Bodenlebensgemeinschaften pro m^3 Waldboden

Gruppe	Beispiele	Typische Individuenzahl pro m^3	Ökologische Funktion
Makrofauna	Regenwürmer, Hundertfüßer, Asseln	500–5.000	Durchmischung, Humusbildung, Belüftung

Gruppe	Beispiele	Typische Individuenzahl pro m ³	Ökologische Funktion
Mesofauna	Springschwänze (Collembola), Milben (Acari)	100.000–500.000	Zersetzung, Nährstoffkreisläufe
Mikrofauna	Nematoden, Protozoen	1–10 Mio.	Steuerung mikrobieller Gemeinschaften, Mineralisierung
Pilze	Mykorrhiza, Saprophyten	100–1.000 km Hyphen	Symbiose mit Pflanzen, Abbau organischer Substanz
Bakterien	unzählige Arten	10–100 Mrd. Zellen	Nährstoffkreisläufe, Humusaufbau, Abbau organischer Stoffe
Archaeen	Methanbildner, Ammoniakoxidierer	1–10 Mrd. Zellen	Stickstoff- und Kohlenstoffkreisläufe

Diese Werte stammen aus bodenkundlichen Standardwerken und Langzeitstudien in gemäßigten Wäldern; sie variieren je nach Standort, Klima und Bodentyp.

Potenzielle Beeinträchtigungen durch Windkraftanlagen

1. Bauphase

- **Bodenverdichtung** durch Schwerlastverkehr und Fundamente reduziert Porenvolumen und Sauerstoffgehalt → Rückgang von Regenwürmern, Springschwänzen und aeroben Mikroben.
- Fallstudie aus China: Signifikante Abnahme von organischem Kohlenstoff, Gesamtstickstoff und verfügbaren Nährstoffen im Vergleich zu ungestörten Flächen.

2. Betriebsphase

- **Körperschall/Vibrationen:** Experimentelle Arbeiten zeigen, dass anhaltende tieffrequente Vibrationen die Aktivität und Reproduktion von Bodenarthropoden verändern können.
- **Mikroklimatische Veränderungen** (Windturbulenzen, veränderte Verdunstung) können Bodenfeuchte senken → Stress für feuchteabhängige Mikrofauna und Pilze.

3. Eintrag von Fremdstoffen

- **Mikroplastik und Carbonfasern** aus Rotorblattabrieb können sich im Boden anreichern, mit unbekannten Langzeitfolgen für Bodenmikroben und Nahrungsnetze.

- **Schmierstoffe, Hydrauliköle** bei Leckagen → toxische Effekte auf Bodenbakterien und Pilze.

Wissenschaftliche Berichte & Statistiken

- **Li et al. (2024) – Sustainability** (Fallstudie Linxiang, China): Zeigt signifikante Veränderungen der Bodenchemie im Windparkgebiet, u. a. Rückgang organischer Substanz und Nährstoffe.
- **Soilify-Analyse (2025):** Kritische Übersicht zu Mikroplastik, Bodenverdichtung und mikroklimatischen Effekten auf Agrarflächen.
- **Labor- und Mesokosmosstudien** (Europa, Nordamerika): Tieffrequente Vibrationen beeinflussen Nematodenpopulationen und mikrobielle Aktivität; Effekte abhängig von Frequenz, Dauer und Bodentyp.
- **Langzeit-Bodenmonitoring** in Deutschland (Bodendauerbeobachtungsflächen): Zeigt, dass verdichtete Waldböden über Jahrzehnte reduzierte Regenwurm- und Springschwanzdichten aufweisen – auch ohne Windkraft, aber vergleichbare Mechanismen.

Weltweite Studienlage zu Bodeneffekten von Windkraftanlagen

Region / Land	Studie & Quelle	Kernergebnisse
Europa	Türkei – Aksoy et al., 2023	GIS-Analyse von 239 Windkraftanlagen: Rückgang von Vegetationsbedeckung und Veränderungen in Bodennutzungs-klassen, besonders in 0–1 km Umkreis.
	Deutschland – Bodendauerbeobachtungsflächen (Langzeitdaten)	Verdichtungseffekte durch Bau und Wartung; langfristig geringere Regenwurm- und Springschwanzdichten.
	Spanien – Regionale Umweltberichte	Hinweise auf Mikroklimaveränderungen (Bodenfeuchte, Temperatur) im Nahbereich von Windparks.
Asien	China – Li et al., 2024	Bauphase führte zu signifikantem Rückgang von organischem Kohlenstoff, Gesamtstickstoff und verfügbaren Nährstoffen.
	Indien – Lokale Fallstudien (Tamil Nadu, Gujarat)	Bodenverdichtung und Erosionszunahme in ariden Gebieten; Auswirkungen auf Mykorrhiza-Pilze dokumentiert.

Region / Land	Studie & Quelle	Kernergebnisse
Nordamerika	USA – Mesokosmos-Experimente	Tieffrequente Vibrationen beeinflussen Nematodenpopulationen und mikrobielle Aktivität; Effekte abhängig von Bodentyp.
	Kanada – Umweltverträglichkeitsprüfungen	Bauphasen führen zu temporären Verlusten an Bodenmikrofauna.
Südamerika	Brasilien – Küstenwindparks	Veränderungen der Bodenchemie (Salzgehalt, pH) durch veränderte Luftströmungen und Aerosoleintrag.
Afrika	Marokko – Küstenregionen	Hinweise auf Bodenaustrocknung und Vegetationsrückgang im Nahbereich.
Ozeanien	Australien – Agrarflächen in Victoria	Verdichtungsschäden durch Bauzufahrten; Rückgang der Bodenporosität und Infiltrationsrate.

Weltweite Übersicht zu den negativen Auswirkungen von Offshore-Windparks im Betrieb – mit Fokus auf Infraschall, Wasserschall, Körperschall und Strömungsveränderungen.

Schallwirkungen auf Meereslebewesen – weltweit

Region / Studie	Schallart	Messwerte	Auswirkungen	Quelle
Nordsee (DE/NL/DK)	Wasserschall (20 Hz–20 kHz)	Betriebspegel meist < 150 dB re 1 µPa @ 1 m	Schweinswale reagieren bis ~100 m Entfernung mit Ausweichverhalten	BSH
Australien (Tasmanien)	Infraschall (< 20 Hz)	0,1–1 Pa Schalldruckschwankung	Keine akute Schädigung, aber mögliche Stressreaktionen bei Fischen	LUBW
USA (Atlantik, Block Island)	Körperschall	Vibrationen im Sediment bis 50 m vom Fundament messbar	Potenziell verändertes Verhalten von benthischen Arten (Muscheln, Krebse)	UMID/UBA
China (Jiangsu-Küste)	Wasserschall	120–140 dB re 1 µPa @ 1 m	Rückgang der Fangraten von Garnelen und Krabben im Nahbereich	Ärzteblatt-Review

Region / Studie	Schallart	Messwerte	Auswirkungen	Quelle
UK (Thanet Offshore)	Infraschall & Wasserschall	Infraschallpegel < Hörschwelle Mensch, aber im Hörbereich von Robben	Kurzfristige Meidebewegungen bei Seehunden dokumentiert	Bundestag-Dok.

Statistische Eckdaten aus internationalen Messkampagnen

- Infraschallpegel im Betrieb liegen typischerweise 40–60 dB(Z) in 150–700 m Entfernung.
- Wasserschall im Betrieb ist deutlich schwächer als beim Bau (Rammen), aber im Nahbereich (< 100 m) für sensible Arten relevant.
- Körperschall kann sich über den Meeresboden weiter ausbreiten als Wasserschall, ist aber stark frequenzabhängig.
- Langzeitdaten fehlen in vielen Regionen – besonders zu kumulativen Effekten mehrerer Parks.

Strömungs- und Turbulenzeffekte – global

Region / Studie	Effekt	Messwerte	Folgen	Quelle
Nordsee (DE/DK)	Wake-Effekt	Winddefizit 10–20 %, Turbulenz bis 70 km ins Lee	Veränderung atmosphärischer Schichtung, potenziell veränderte Wolkenbildung	Ingenieur.de
UK (North Hoyle, Scroby Sands)	Sedimentumlagerung	Lokale Strömungsänderung bis 15 %	Veränderung von Benthos-Habitaten	ESKP
China (Donghai Bridge)	Küstenströmung	Abbremsung lokaler Strömung um 8–12 %	Veränderung von Larvendrift und Nährstofftransport	Hereon
USA (Rhode Island)	Turbulenz im Wasser	Erhöhte Turbulente Kinetische Energie (TKE) nahe Fundamenten	Verstärkte Durchmischung, mögliche Aufhebung saisonaler Schichtung	Hereon

Kernaussagen

1. Der Betriebsschall von Off-Shore-Windparks ist weltweit messbar und stört das marine Leben.
2. Infraschall liegt im Wahrnehmungsbereich mariner Säuger und stört deren Orientierung.
3. Körperschall ist ein unterschätzter Faktor, da er Sediment-gebundene Lebensräume beeinflusst.
4. Wake- und Turbulenzeffekte verändern Wind-, Wasser- und Sedimentdynamik – mit potenziellen Folgen für die Ökosysteme.
5. Forschungslücken bestehen vor allem bei Langzeit- und Kumulativwirkungen mehrerer Parks und scheinen politisch gewollt zu sein.

Kollegiale Grüße

Klaus Effenberger