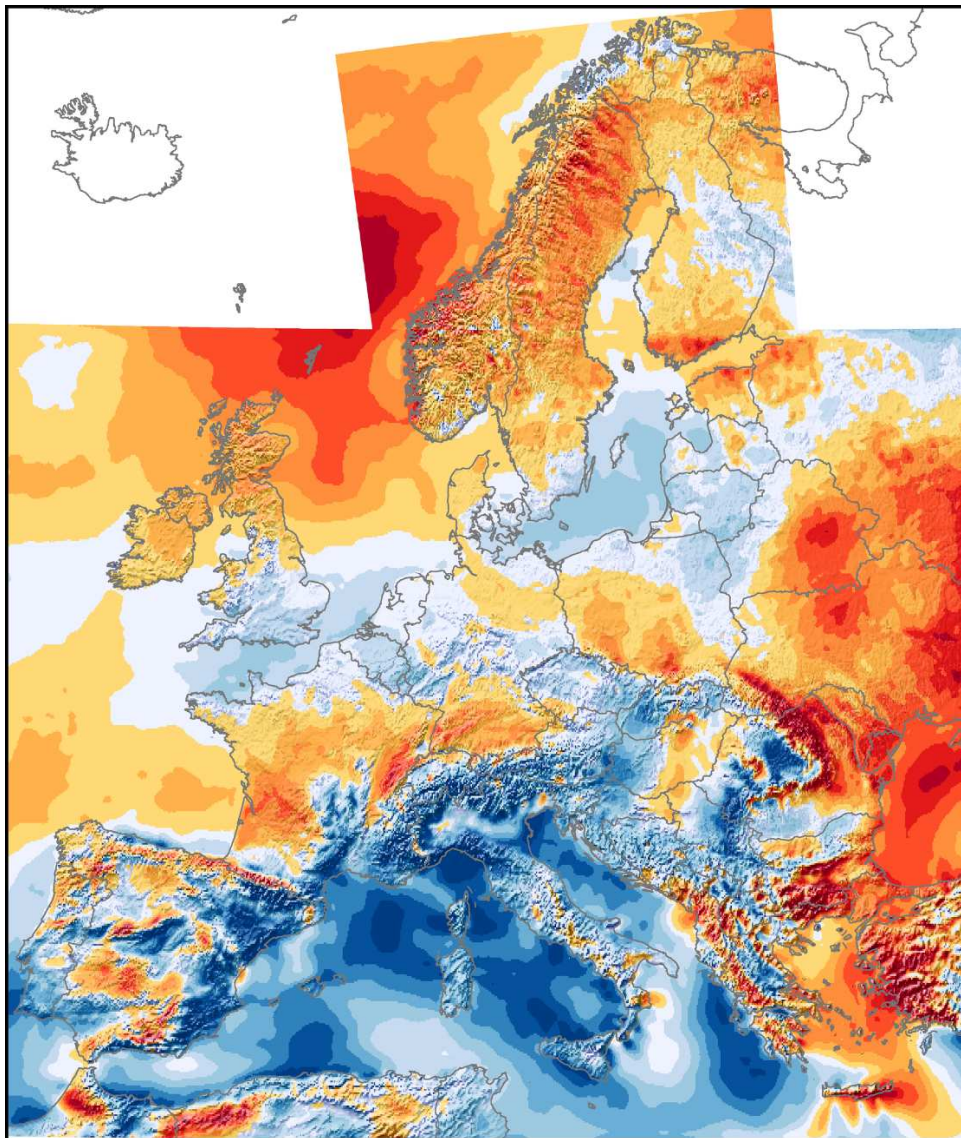


Wind- und Ertragsindex Report

2022



1. Einleitung

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie befasst sich seit Jahrzehnten mit mesoskaligen Wettersimulationen und hat bereits zahlreiche Windatlanten erstellt. Auf Basis unserer Simulationen möchten wir Ihnen eine kurze Übersicht über das vergangene Wind- und Ertragsindexjahr in Europa geben.

Unsere **akkreditierten Monats- und Jahresindizes** für acht typische Windenergieanlagen sind mit einer horizontalen Auflösung bis $3 \times 3 \text{ km}^2$ sowie auch **standort- und anlagenspezifisch** über das anemos Windinformationssystem awis (awis.anemos.de) zugänglich. Die Indizes auf Basis der ERA5 Daten sind z. Z. bereits nach **10 – 12 Tagen** nach Monatsende verfügbar!

Kontaktieren Sie uns gern unter kontakt@anemos.de.

2. Windindex Europa

In Abb. 1 ist der Windindex des Jahres 2022 für Europa dargestellt. Die räumliche Auflösung beträgt 10 km. Die Referenzperiode (100 %) bilden die Jahre 2002 bis 2021. Das Windjahr 2022 lag vor allem in Nord- und Südosteuropa mit einem Schwerpunkt in Norwegen und Nordschweden sowie Rumänien und Bulgarien deutlich über dem Durchschnitt mit Werten von 103 % - 105 %. Unterdurchschnittliche Werte traten hingegen in Südeuropa (90 % - 95 %), sowie dem Baltikum (97 %) auf. In Mitteleuropa liegt der Index überwiegend im Bereich von 100 %.

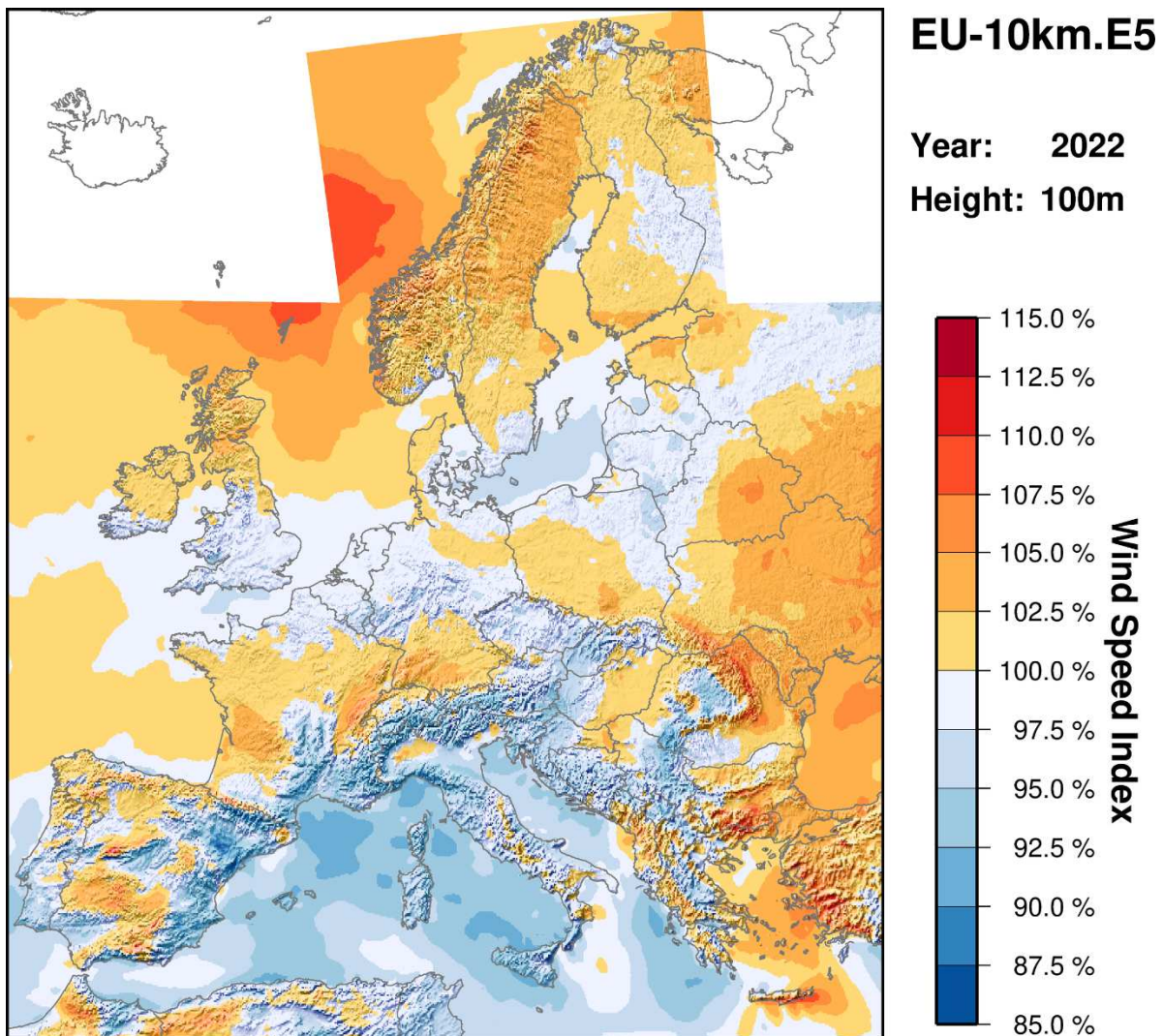


Abb. 1: Windindex 2022 für Europa. Windatlanten: Europa & Skandinavien 10 km auf 100 m über Grund.
Referenzperiode für das 100 % Niveau: 2002-2021

3. Windindex Deutschland

Einen detaillierteren Einblick auf das Windjahr 2022 zeigt die Windindexkarte des Deutschland 3 km Windatlas auf ERA5 Basis in Abb. 2. Auch hier bildet das Mittel der Jahre 2002-2021 die Referenzperiode für das 100 % Niveau. Nach dem überdurchschnittlichen Jahr 2020 (101.9 %) und dem unterdurchschnittlichen Jahr 2021 (95.2 %) liegt der Windindex für das Jahr 2022 im Deutschland-Mittel mit 98.6 % wieder Nahe an 100 % (Tab. 1). Durch den außerordentlich windstarken Monat Februar und einem windstarken April, sowie nur zwei Monaten mit Werten deutlich unter 75 %, liegt der Windindex 2022 deutlich näher am Durchschnitt als im Jahr 2021.

Im Gegensatz zu 2021 weisen im Windjahr 2022 alle Bundesländer einen deutlich höheren Index auf. Die stärksten Abweichungen zur 100% Marke sind mit 96.4 % in Rheinland-Pfalz und mit je 96.5 % in Sachsen und Thüringen zu finden. Nur leicht unterdurchschnittliche Werte des Windindex sind in Bayern sowie in Teilen Norddeutschlands zu finden. Spitzenreiter in 2022 und einziges Bundesland oberhalb von 100 % ist Baden-Württemberg mit 100.8 %.

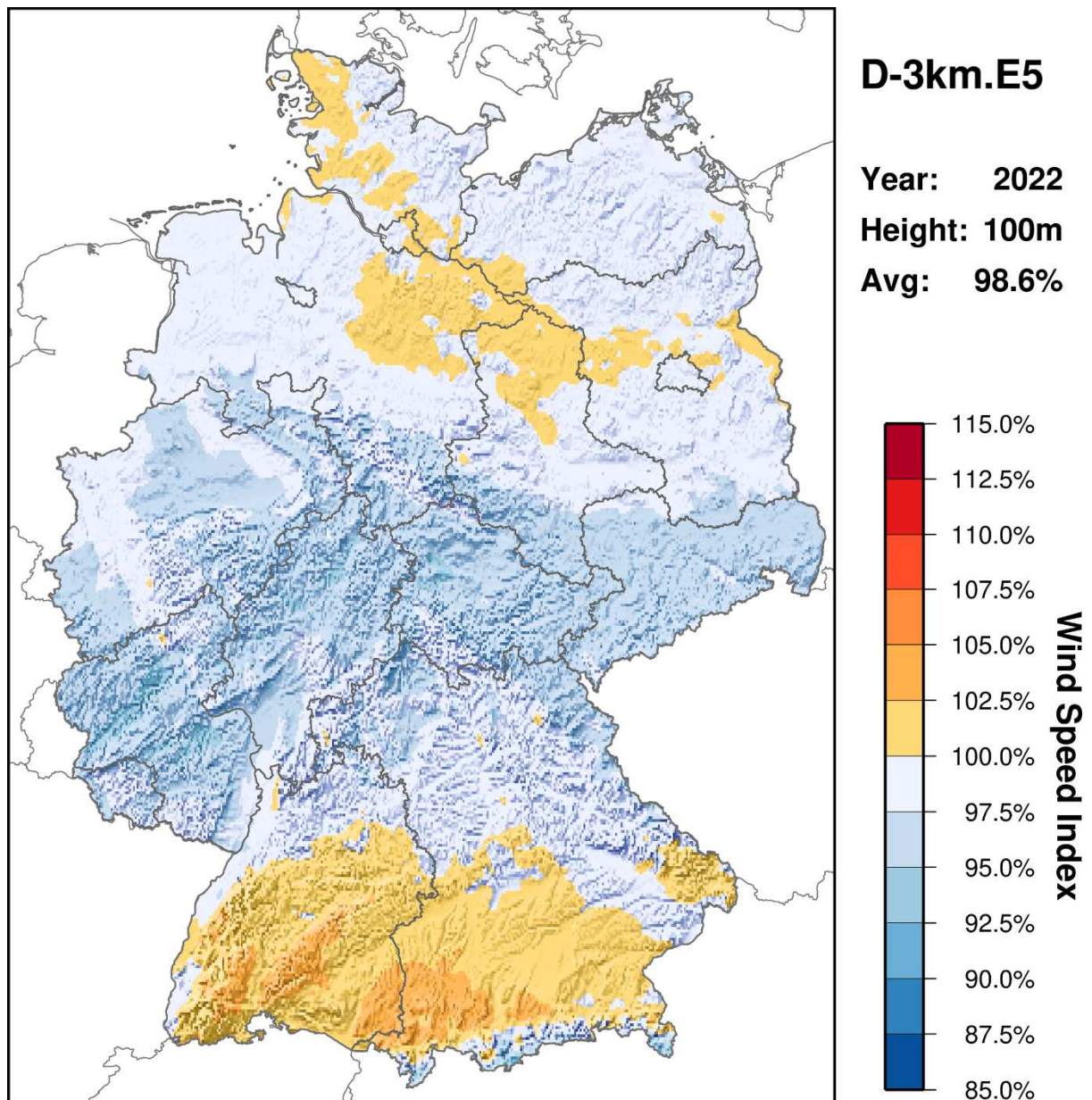


Abb. 2: Windindex des Jahres 2022 für Deutschland. Windatlas: Deutschland 3 km ERA5 auf 100 m über Grund. Referenzperiode für das 100 % Niveau: 2002-2021.

4. Ertragsindex Deutschland

Der Ertragsindex zeigt ein ähnliches Bild wie der Windindex. Die Spannweite um das 100 % Niveau ist wegen der Nichtlinearität zwischen Wind und Ertrag höher. Für eine 3-MW Windenergieanlage auf 100 Meter über Grund ergibt sich ein mittlerer Ertragsindex für Deutschland von 99.0 % in 2022 (Abb. 3).

Die Mittelwerte der jeweiligen Bundesländer sind in Tab. 1 zu finden. In Abb. 4 ist der mittlere monatliche Ertragsindex von Deutschland als Differenz zum 100 % Niveau dargestellt. Hier bildet sich das 100 % Niveau z. B. für den Januar 2022 aus allen Januaren von 2002-2021. Damit erhält man eine Einschätzung, ob der jeweilige Monat im Vergleich zum langjährigen Mittel des entsprechenden Monats über- oder unterdurchschnittlich war. Es fällt auf, dass vor allem die erste Jahreshälfte wie schon in 2020 sehr windstark war und vor allem die beiden Monate Februar und April Indexwerte von über 130 % aufweisen konnten. Dem gegenüber stehen der März und August mit Indexwerten kleiner 70 %. In 2022 liegen acht von zwölf Monaten mit mehr als 90 % unter dem Durchschnitt. Vor allem die zweite Jahreshälfte war sehr windschwach mit nur einem Monat bei knapp 100 %. Damit zeigt sich das Jahr 2022 auch im Ertrag als leicht unterdurchschnittlich.

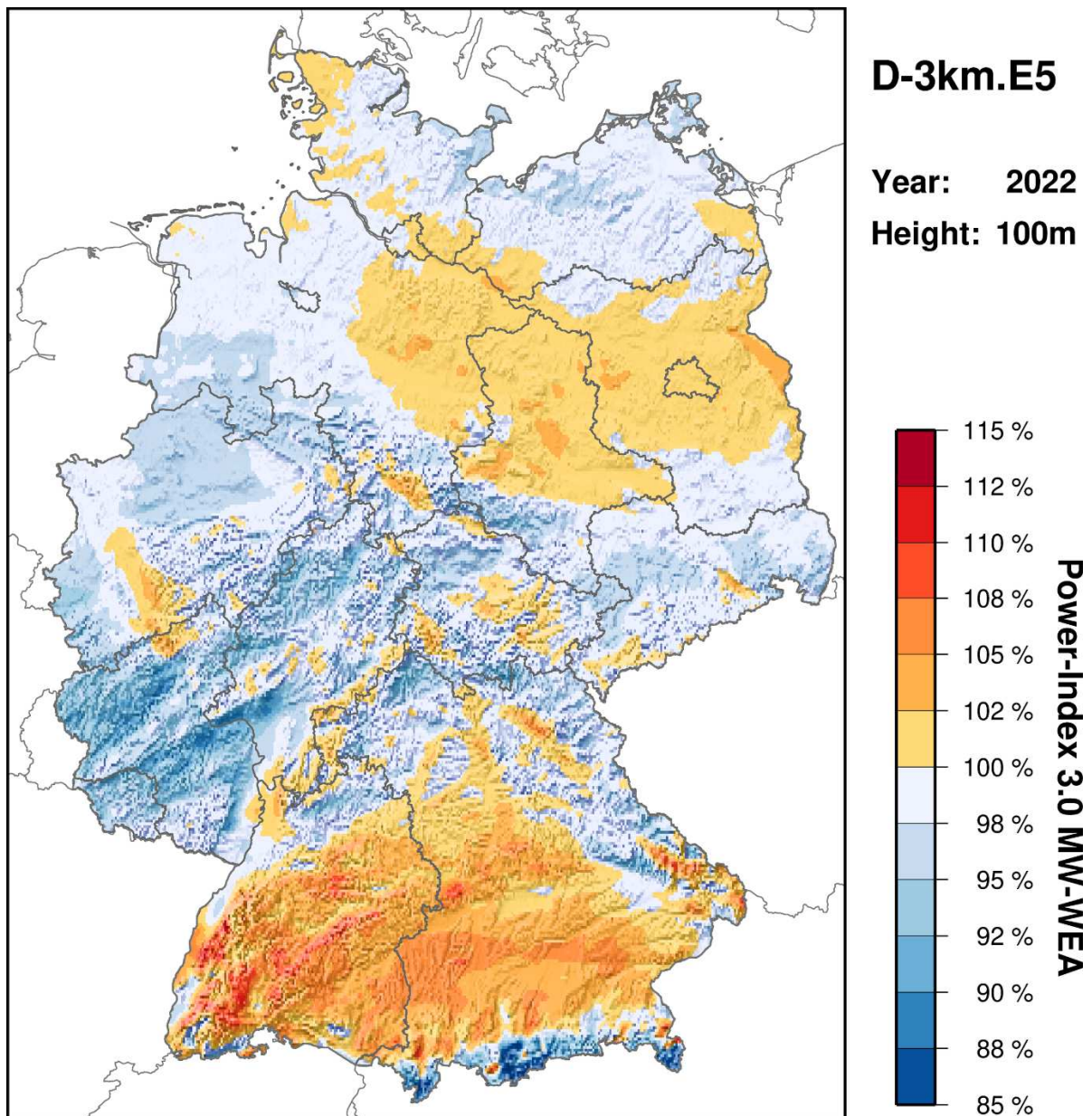


Abb. 3: Ertragsindex 2022 für eine 3.0-MW-WEA auf 100m Nabenhöhe.
Die Referenzperiode für das 100 % Niveau ist 2002-2021.

Tab. 1: Mittlerer Wind- und Ertragsindex, sowie der Windtrend 2022 für Deutschland und die Bundesländer. Der Windtrend 2022 ist prozentual pro Jahr und bezieht sich auf den Referenzzeitraum 2003 – 2022.

Bundesländer	Windindex 2022 [%]	Windtrend 2022 [% p.a.]	Ertragsindex 2022 [%]
Baden-Württemberg	100.8	-0.09	102.5
Bayern	99.5	-0.24	99.8
Berlin	99.5	-0.01	101.2
Brandenburg	99.2	0.01	100.3
Bremen	99.1	-0.03	98.5
Hamburg	99.9	0.03	99.9
Hessen	96.8	-0.12	96.7
Mecklenburg-Vorpommern	99.0	-0.01	98.6
Niedersachsen	98.7	-0.04	99.0
Nordrhein-Westfalen	97.5	-0.10	97.4
Rheinland-Pfalz	96.4	-0.17	94.4
Saarland	97.4	-0.15	94.6
Sachsen	96.5	-0.11	97.8
Sachsen-Anhalt	98.7	-0.03	100.1
Schleswig-Holstein	99.7	0.03	99.3
Thüringen	96.5	-0.14	98.1
Deutschland	98.6	-0.10 (→)	99.0

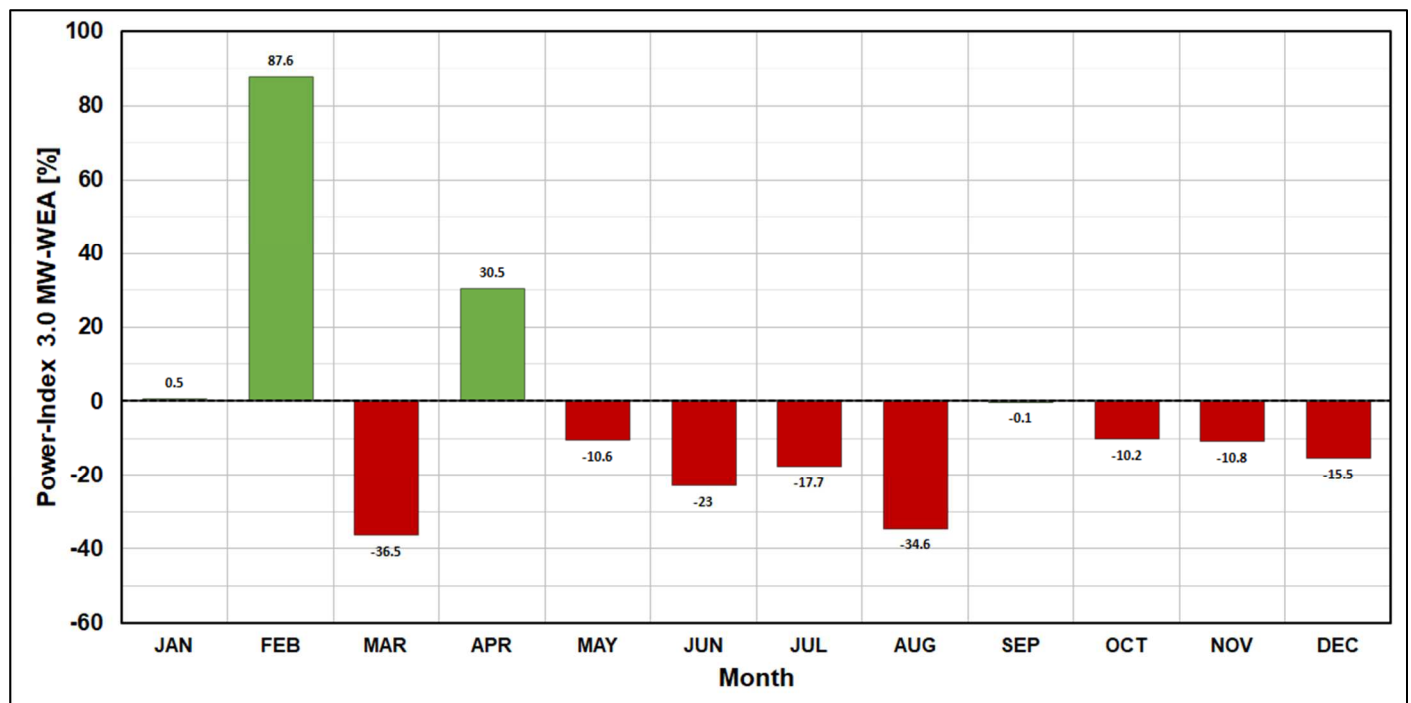


Abb. 4: Anomalie des monatlichen mittleren Ertragsindex 2022 einer 3-MW-WEA für Deutschland. Die Referenzperiode für einen Monat bilden die jeweiligen Monate von 2002-2021.

5. Windtrend in Deutschland und Europa

Neben den Indizes für Deutschland ist auch die Entwicklung des Windtrends sehr interessant, da dieser für Ertrags- und Erlösprognosen ein nicht zu vernachlässigender Faktor ist. Der Trendfaktor gibt an wie stark die mittlere Windgeschwindigkeit prozentual pro Jahr abnimmt (negativ) oder zunimmt (positiv). Der Trendfaktor wird analog zu der typischen Lebensdauer einer WEA von 20 Jahren über den aktuellsten Referenzzeitraum (2003 – 2022) gebildet und bezieht sich auf eine Höhe von 100 m über Grund. In Abb. 5 ist der Trendfaktor für Deutschland und in Tab. 1 für die Bundesländer dargestellt.

Im Windtrend gibt es weiterhin ein deutliches Nord-Süd-Gefälle, welches sich in 2022 mit negativen Werten weiter leicht nach Norden ausgedehnt hat. Während der Trend in Norddeutschland teilweise leicht positiv ist (Schleswig-Holstein und Hamburg 0.03 %), wechselt er südlich einer Linie Bremen - Cottbus das Vorzeichen mit den niedrigsten Werten in Bayern (-0.24 %). Vor allem aber in Bayern und Baden-Württemberg gibt es eine Trend-Abschwächung, welche mit einer Differenz von +0.07 % zum Vorjahreszeitraum am stärksten ausfällt. Flächengewichtet ergibt sich für Deutschland ein negativer Trend von -0.10 % pro Jahr, welcher sich im Vergleich zu 2002 - 2021 (-0.11 %) kaum verändert hat.

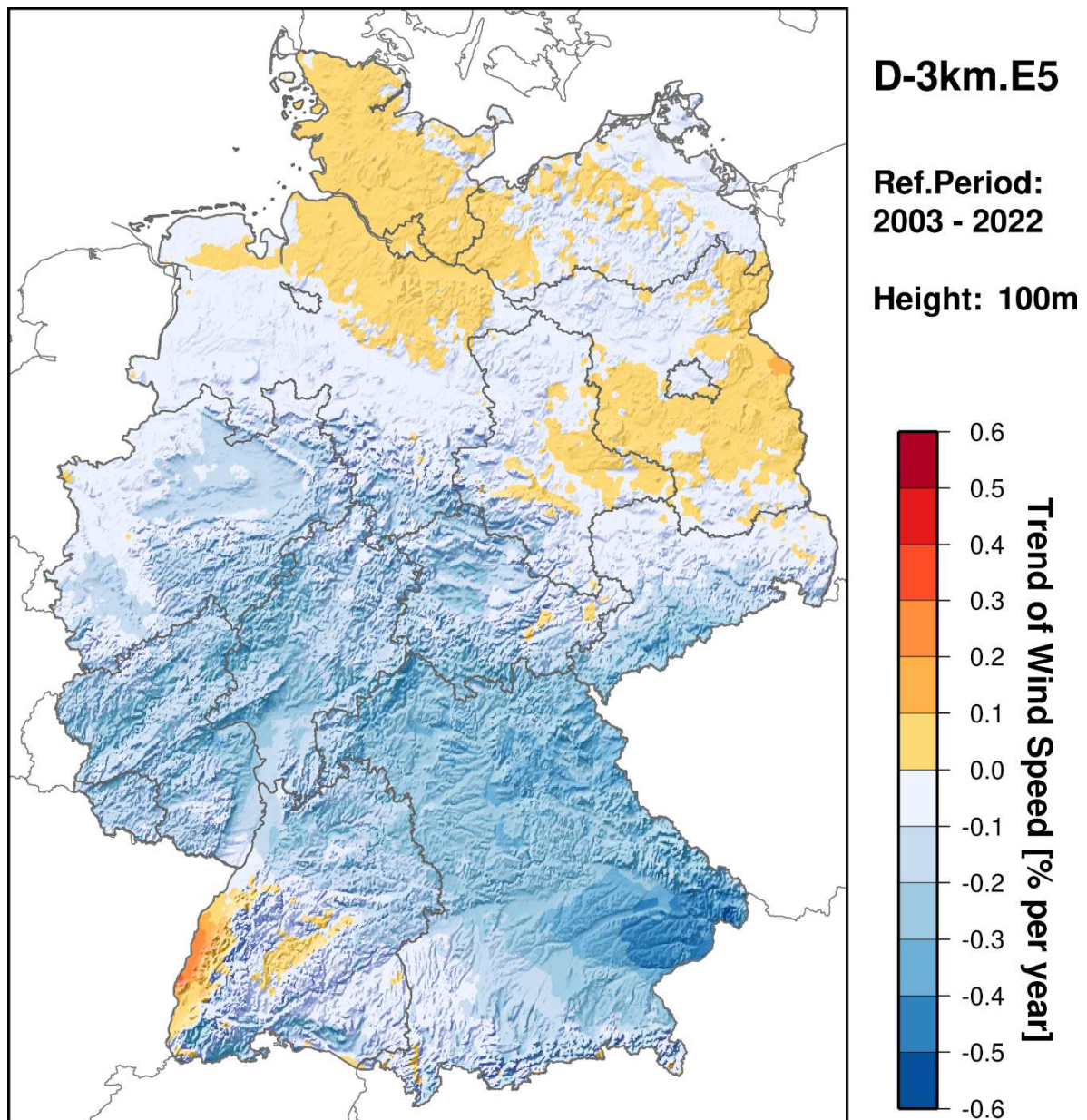


Abb. 5: Windtrend in % pro Jahr auf Basis des Deutschland 3km ERA5 Windatlas.

In Abb. 6 ist der Trendfaktor für Europa dargestellt. Das Nord-Süd-Gefälle ist hier deutlicher zu sehen. Während der Trend in Nordeuropa stark positiv ist (Norwegen & Schweden 0.2 % – 0.4 %), wechselt er auf einer Linie Amsterdam - Krakau das Vorzeichen mit den niedrigsten Werten in Südostdeutschland (-0.5 %). In Südeuropa ist der Trend bis auf die Pyrenäen, Balearen und den Alpenraum mit Norditalien (-0.2 % – 0.3 %) durchweg positiv mit alternierender Ausprägung. Demnach findet man vorwiegend in einem Streifen von Großbritannien über Süddeutschland bis nach Rumänien und zwischen Ostspanien bis nach Norditalien / Schweiz einen negativen Trend, während die restlichen Länder in Europa überwiegend positive Trends aufweisen.

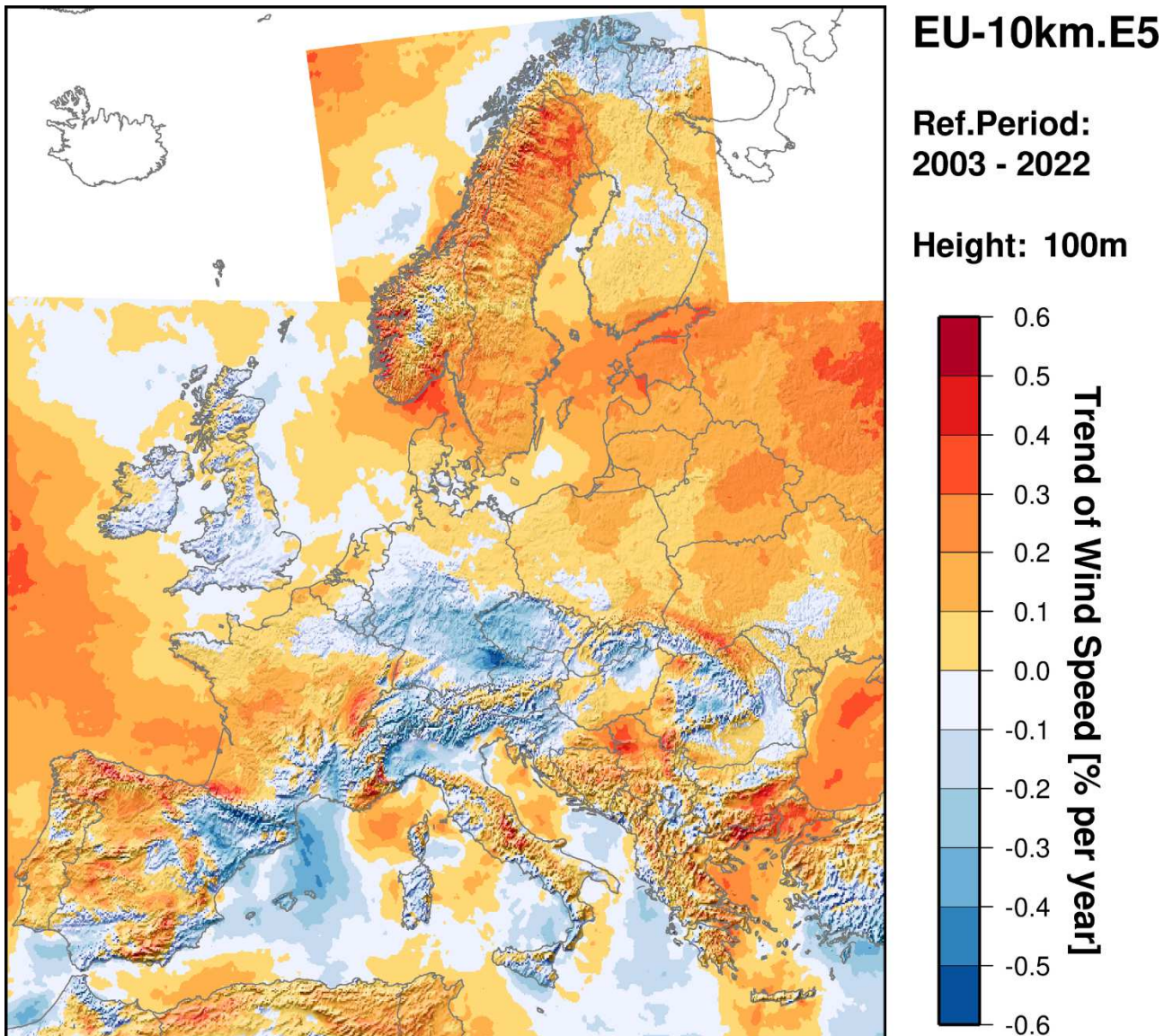


Abb. 6: Windtrend in % pro Jahr auf Basis der 10 km ERA5 Windatlanten Europa und Skandinavien.

6. Ertragsverluste aufgrund von negativen Strompreisen

In diesem Kapitel setzen wir einen verstärkten Fokus auf die historische Entwicklung der Ertragsverluste aufgrund von negativen Strompreisen nach §51 des EEG 2017. Ab einer Zeitspanne von sechs Stunden negativer Preise an der Strombörse entfällt für Windenergieanlagen (mit Inbetriebnahme / Zuschlag in einer Ausschreibung vor dem 01.01.2021) in diesem Zeitraum die EEG-Vergütung. Aufgrund der entfallenen Marktprämie werden die Windenergieanlagen vom Direktvermarkter abgeschaltet. Nach dem EEG 2021 verkürzt sich die Zeitspanne für alle Neuanlagen nach dem 01.01.2021 auf vier Stunden, sodass mit einer Zunahme von Abschaltereignissen zu rechnen ist. Da die Ereignisse zumeist in windstarken Zeiträumen liegen, birgt dies für die Anlagenbetreiber demnach ein höheres Erlösrisiko.

Tab. 2: Ertragsverlust aufgrund von negativen Strompreisen für Deutschland und die Bundesländer.

Bundesländer	2022		Mittel der Jahre 2020 - 2022	
	6h Regel [%]	4h Regel [%]	6h Regel [%]	4h Regel [%]
Baden-Württemberg	1.4	1.9	3.2	4.0
Bayern	1.3	1.9	3.1	3.9
Berlin	1.6	2.3	3.4	4.2
Brandenburg	1.5	2.1	3.2	3.9
Bremen	1.3	1.9	3.6	4.4
Hamburg	1.3	1.9	3.6	4.5
Hessen	1.9	2.6	4.2	5.1
Mecklenburg-Vorpommern	1.2	1.8	3.2	3.9
Niedersachsen	1.4	2.0	3.6	4.4
Nordrhein-Westfalen	1.5	2.1	3.8	4.6
Rheinland-Pfalz	1.8	2.3	3.9	4.7
Saarland	1.8	2.2	3.6	4.4
Sachsen	1.7	2.4	3.4	4.2
Sachsen-Anhalt	1.7	2.4	3.6	4.4
Schleswig-Holstein	1.2	1.7	3.2	4.0
Thüringen	1.8	2.6	4.1	5.0
Deutschland (flächengewichtet)	1.5	2.1	3.4	4.3

Da die zugrunde liegenden Windatlanten eine zeitliche Auflösung von 10 Minuten haben, können die durch negative Strompreise resultierenden Abschaltungen auf die Zeitreihen angewendet und der potenzielle Ertrag in den Zeiten bestimmt werden. Durch das Verhältnis zum jeweiligen potenziellen Jahresertrag ergibt sich der angegebene prozentuale Ertragsverlust für die 4 bzw. 6 Stunden Regel. Wie schon bei der Betrachtung des Ertragsindex wird eine 3 MW Turbine auf 100 m Nabenhöhe untersucht. Die prozentualen Ertragsverluste für 2022 sind in der zweiten (6h Regel) und dritten (4h Regel) Spalte von Tab. 2 zu finden. Für Deutschland lagen die Ertragsverluste durch die 6h Regel bei 1.5 %, während diese mit der 4h Regel um 0.6 % höher ausfallen.

Im Vergleich zu dem mittleren Ertragsverlust der letzten drei Jahre (siehe Spalten 4 und 5 in Tab. 2) ist in 2022 mit ca. 1.9 % niedrigeren Ertragsverlusten zu rechnen. Auf der Ebene der Bundesländer liegen die Ertragsverluste (6h Regel) zwischen 1.9 % (Hessen) und 1.2 % (z. B. Schleswig-Holstein). Auch im Mittel über die letzten drei Jahre ist eine ähnliche Verteilung, wenn auch mit höherer Amplitude, festzustellen.

In Abb. 7 ist analog zu Tab. 2 die räumliche Verteilung der Ertragsverluste durch die 4h Regel für 2022 dargestellt. Deutlich erkennbar ist die Anomalie in Mitteldeutschland, vor allem im Bereich der Mittelgebirge, mit höheren Ertragsverlusten über 3%. Dem gegenüber weist der Großteil von Deutschland vergleichsweise geringe Ertragsverluste mit Werten unterhalb von 2% auf.

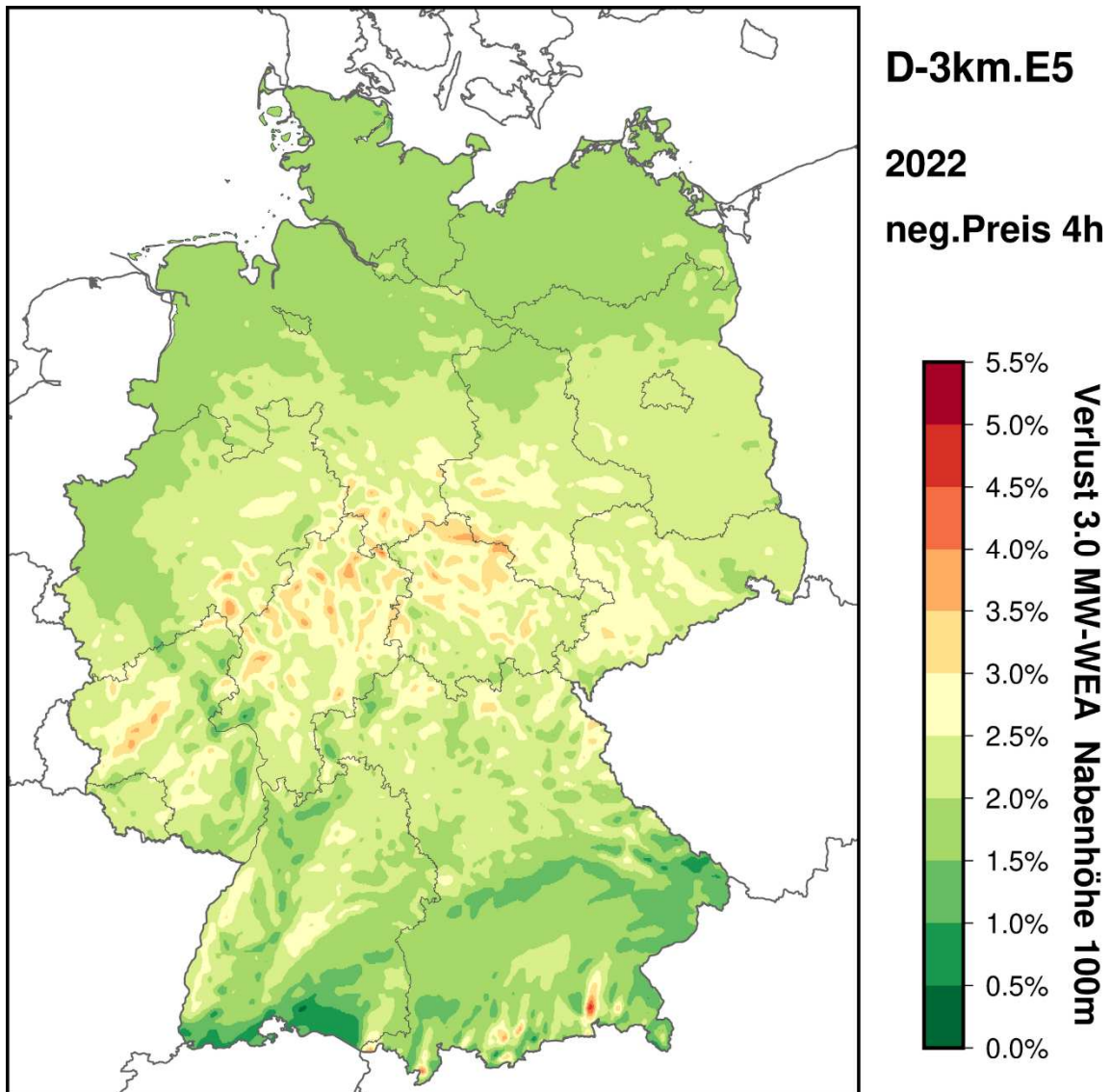


Abb. 7: Ertragsverluste durch §51 EEG21 (4h Regel) in % auf Basis des Deutschland 3km ERA5 Windatlas.