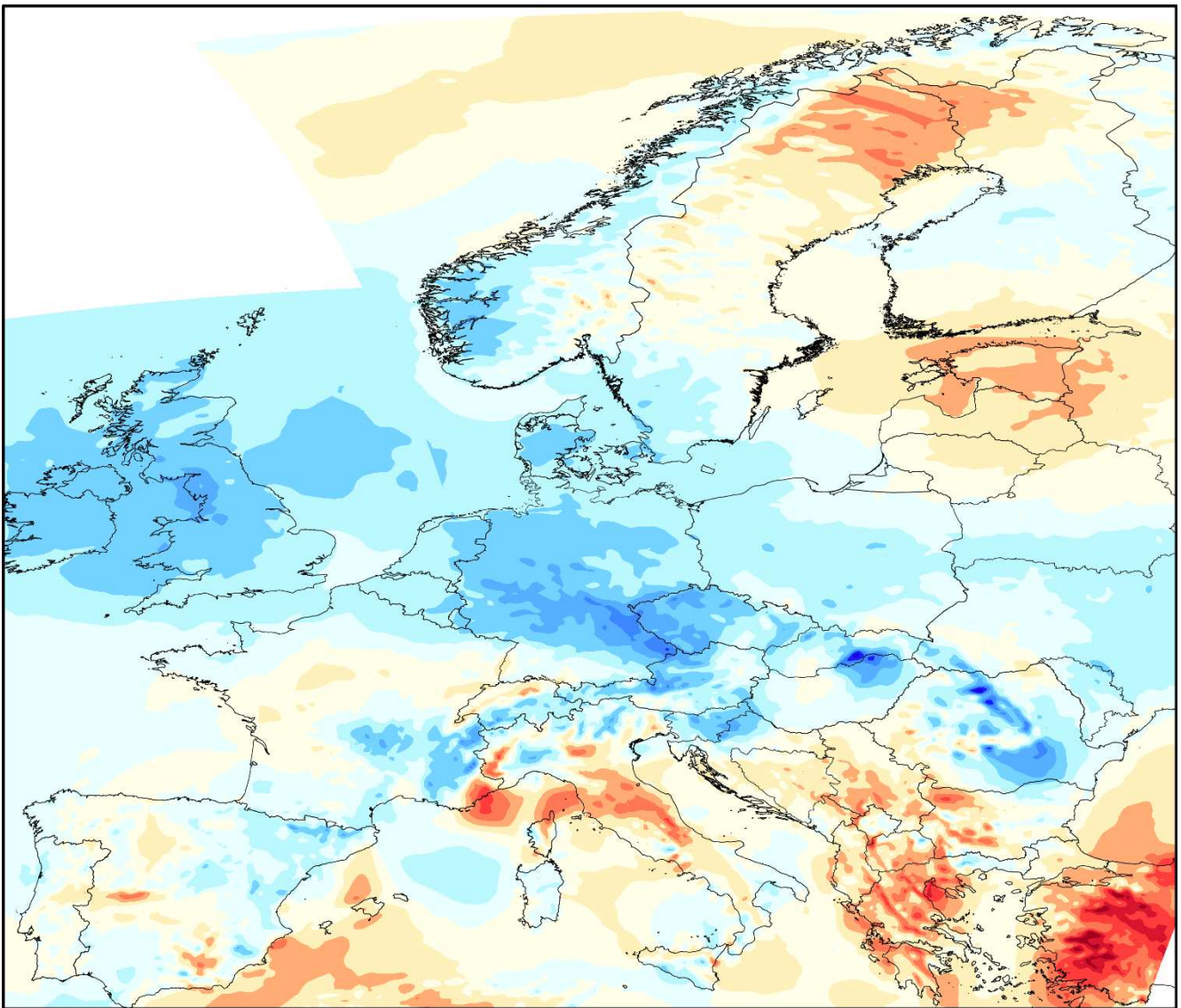


Wind- und Ertragsindex Report 2021



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 $3 \times 3 \text{ km}^2$ über das anemos Windinformationssystem awis (awis.anemos.de) zugänglich. Die Indizes auf Basis der ERA5 Daten sind mit einer Verzögerung von nur **10 – 12 Tagen** nach Monatsende verfügbar! **Standortspezifische Indizes** werden auf Anfrage berechnet.

Kontaktieren Sie uns gern unter kontakt@anemos.de.

2. Windindex Europa

In Abb. 1 ist der Windindex des Jahres 2021 für Europa dargestellt. Die räumliche Auflösung beträgt 10 km. Die Referenzperiode (100 %) bilden die Jahre 2001 bis 2020. Das Windjahr 2021 lag vor allem in Nordwesteuropa mit einem Schwerpunkt in Großbritannien und Deutschland deutlich unter dem Durchschnitt mit Werten von 88 % - 95 %. Überdurchschnittliche Werte traten hingegen in Süd- und Südosteuropa (102 % - 110 %), sowie dem Baltikum (105 %) und Nordskandinavien (105 %) auf.

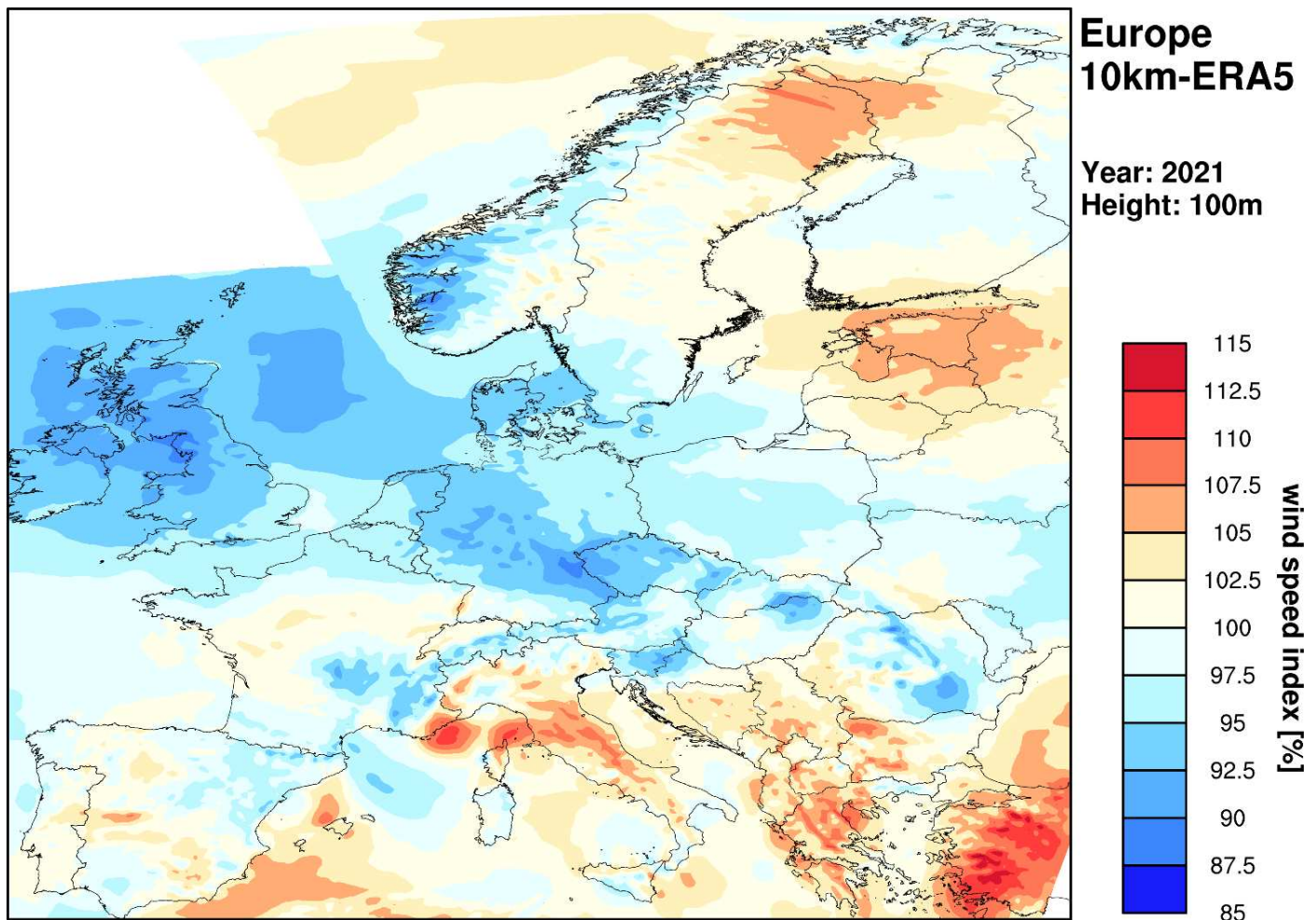


Abb. 1: Windindex 2021 für Europa. Windatlanten: Europa & Skandinavien 10 km auf 100 m über Grund.
Referenzperiode für das 100 % Niveau: 2001-2020

3. Windindex Deutschland

Einen detaillierteren Einblick auf das Windjahr 2021 zeigt die Windindexkarte des Deutschland 3 km Windatlas auf ERA5 Basis in Abb. 2. Auch hier bildet das Mittel der Jahre 2001-2020 die Referenzperiode für das 100 % Niveau. Nach den beiden überdurchschnittlichen Jahren 2019 (102.0 %) und 2020 (101.9 %) liegt der Windindex für das Jahr 2021 im Deutschland-Mittel mit 95.2 % deutlich unter 100 % (

Tab. 1) und ist damit das schwächste Windjahr seit über 20 Jahren. Aufgrund der außerordentlich windschwachen Wintermonate in 2021, sowie vier weiteren windschwachen Monaten mit Werten deutlich unter 90 %, liegt der Windindex deutlich unter dem Niveau der Vorjahre.

Im Gegensatz zu 2020 weisen im Windjahr 2021 alle Bundesländer einen deutlich unterdurchschnittlichen Index auf. Die geringste Abweichung zur 100% Marke sind mit 97.4 % in Baden-Württemberg und mit 96.7 % in Mecklenburg-Vorpommern zu finden. Negativer Spitzenreiter in 2021 ist Nordrhein-Westfalen (93.9 %) gefolgt von Hessen und Bayern (94.0 % bzw. 94.3 %). Leicht überdurchschnittliche Werte des Windindex sind lediglich im Südwesten (Rheintal) von Baden-Württemberg zu finden.

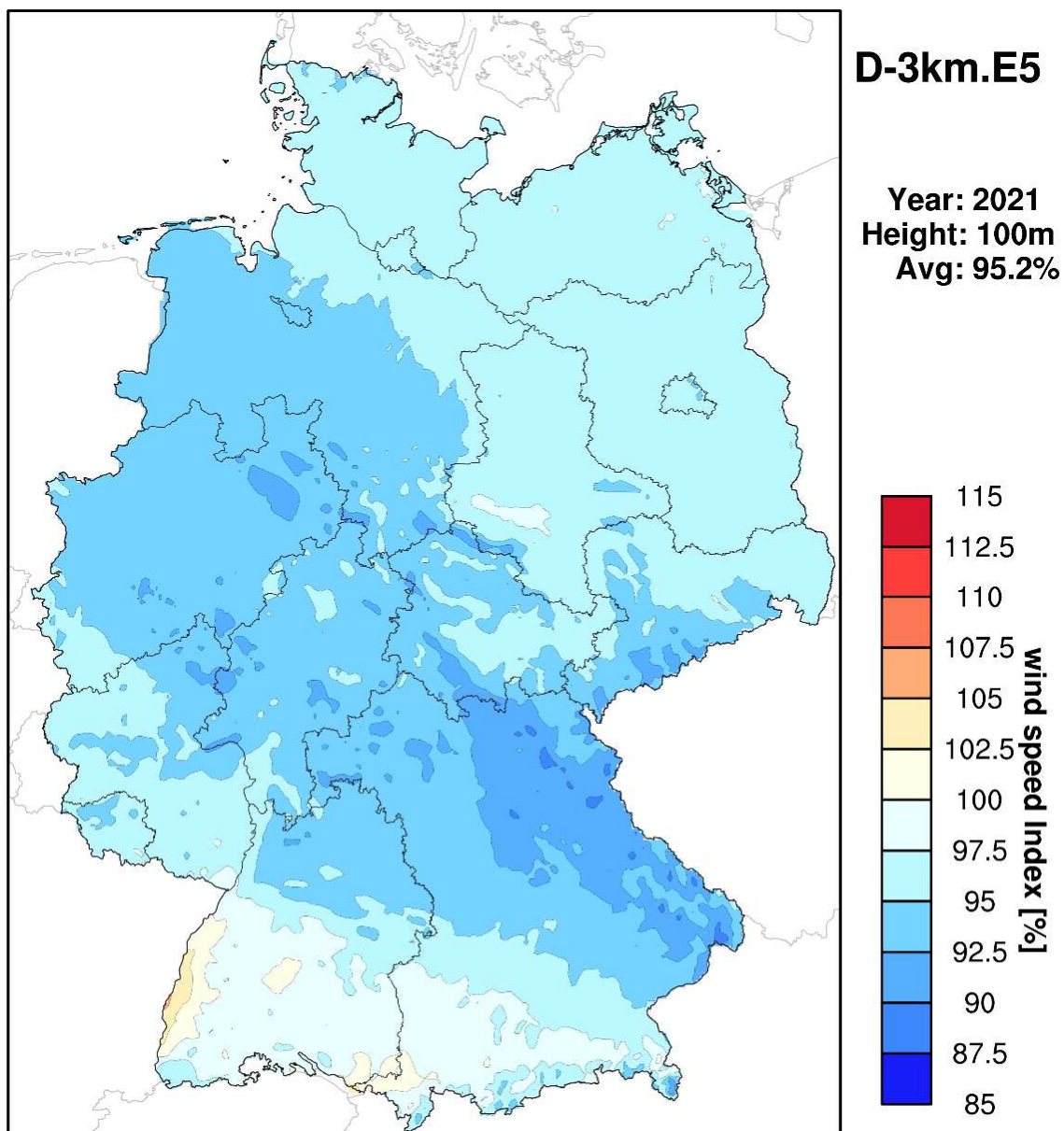


Abb. 2: Windindex des Jahres 2021 für Deutschland. Windatlas: Deutschland 3 km ERA5 auf 100 m über Grund.
Referenzperiode für das 100 % Niveau: 2001-2020.

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 typische 3-MW Windenergieanlage auf 100 Meter über Grund ergibt sich ein mittlerer Ertragsindex für Deutschland von 88.7 % in 2021 (Abb. 3).

Die Mittelwerte der jeweiligen Bundesländer sind in

Tab. 1 zu finden. In Abb. 4 ist der mittlere monatliche Ertragsindex von Deutschland dargestellt. Hier bildet sich das 100 % Niveau z. B. für den Januar 2021 aus allen Januaren von 2001-2020. 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 in 2021 nur der Mai und Oktober Indexwerte von über 110 % aufweisen konnten. Dem gegenüber stehen sieben Monate, einschließlich der drei Wintermonate, mit Indexwerten teilweise deutlich unter 85 %. Vor allem die zweite Jahreshälfte war sehr windschwach mit drei Monaten unter 80 %. Auch die erste Jahreshälfte präsentierte sich windschwach und hatte nur einen ertragsstarken Monat (Mai) zu bieten. Der Juni war mit 58.9 % am niedrigsten. Damit zeigt sich das Jahr 2021 auch im Ertrag als deutlich unterdurchschnittlich.

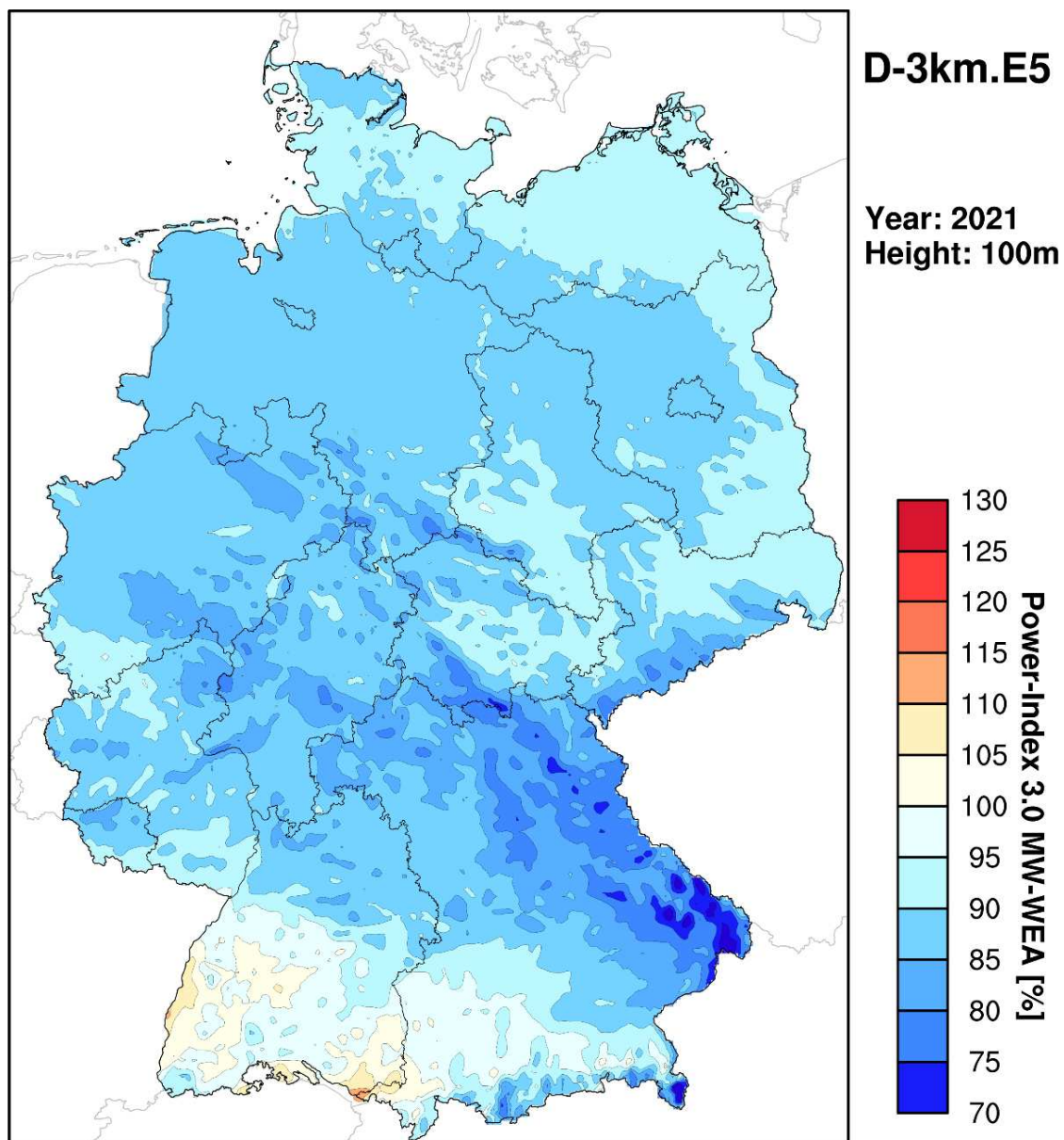


Abb. 3: Ertragsindex 2021 für eine 3.0-MW-WEA auf 100m Nabenhöhe.
Die Referenzperiode für das 100 % Niveau ist 2001-2020.

Tab. 1: Mittlerer Wind- und Ertragsindex, sowie der Windtrend 2021 für Deutschland und die Bundesländer. Der Windtrend ist prozentual pro Jahr und bezieht sich auf den Referenzzeitraum 2002 – 2021.

Bundesländer	Windindex 2021 [%]	Windtrend 2021 [% p.a.]	Ertragsindex 2021 [%]
Baden-Württemberg	97.4	-0.16	95.3
Bayern	94.3	-0.31	85.7
Berlin	95.5	-0.04	87.6
Brandenburg	96.1	0.00	89.8
Bremen	94.6	0.02	87.7
Hamburg	95.4	0.04	88.6
Hessen	94.0	-0.15	86.1
Mecklenburg-Vorpommern	96.7	0.00	91.3
Niedersachsen	94.5	0.00	87.6
Nordrhein-Westfalen	93.9	-0.08	87.2
Rheinland-Pfalz	95.3	-0.18	88.7
Saarland	95.8	-0.19	89.1
Sachsen	95.1	-0.08	88.9
Sachsen-Anhalt	95.9	-0.01	89.5
Schleswig-Holstein	95.7	0.05	90.3
Thüringen	94.4	-0.11	87.6
Deutschland	95.2	-0.11 (↘)	88.7

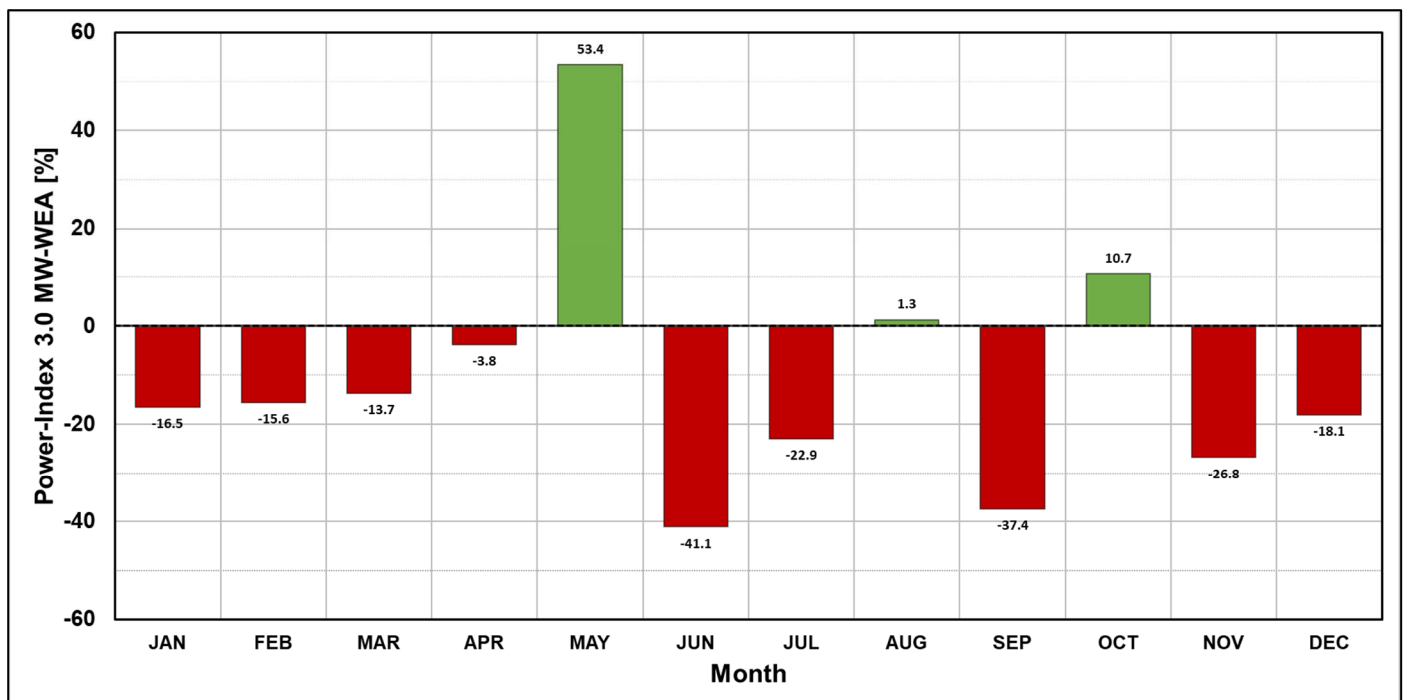


Abb. 4: Anomalie des monatlichen mittleren Ertragsindex 2021 einer 3-MW-WEA für Deutschland. Die Referenzperiode für einen Monat bilden die jeweiligen Monate von 2001-2020.

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 sein kann. 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 (2002 – 2021) 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 ein deutliches Nord-Süd-Gefälle, welches sich in 2021 mit negativen Werten wieder weiter nach Norden ausgedehnt hat. Während der Trend in Norddeutschland teilweise leicht positiv ist (Schleswig-Holstein 0.05 %), wechselt er südlich einer Linie Bremen - Görlitz das Vorzeichen mit den niedrigsten Werten in Bayern (-0.31 %). Flächengewichtet ergibt sich für Deutschland ein leicht negativer Trend von -0.11 % pro Jahr, welcher sich in Vergleich zu 2001 - 2020 (-0.05 %) etwas verstärkt aber in den letzten Jahren (2000 – 2019: -0.13 % und 1999 – 2018: -0.22 %) deutlich verringert hat. Demnach ist abzuwarten, ob die positive Entwicklung sich nun umkehrt oder nur unterbrochen wurde.

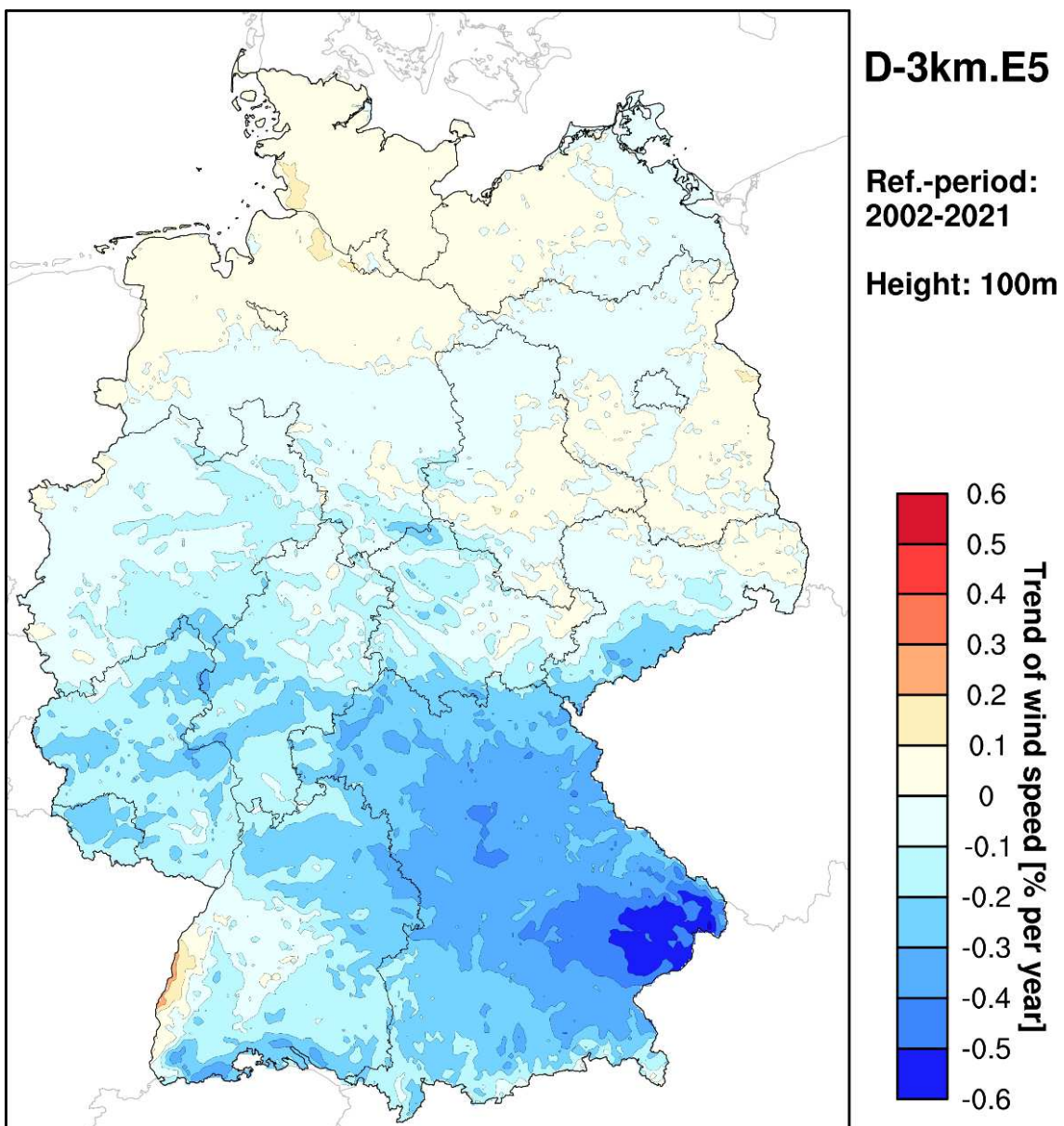


Abb. 5: Windtrend in % pro Jahr auf Basis des Deutschland 3km ERA5 Windatlas.

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 0.3 % – 0.4 %), wechselt er auf einer Linie Lille - Kiew das Vorzeichen mit den niedrigsten Werten in Südostdeutschland (-0.5 %). In Südeuropa ist der Trend bis auf die Pyrenäen und Balearen (-0.2 %) durchweg positiv mit alternierender Ausprägung. Demnach findet man vorwiegend in einem Streifen von Großbritannien über Süddeutschland bis nach Rumänien einen negativen Trend, während die restlichen Länder in Europa überwiegend positive Trends aufweisen, sodass sich europaweit die positive Trendentwicklung weiter fortsetzt.

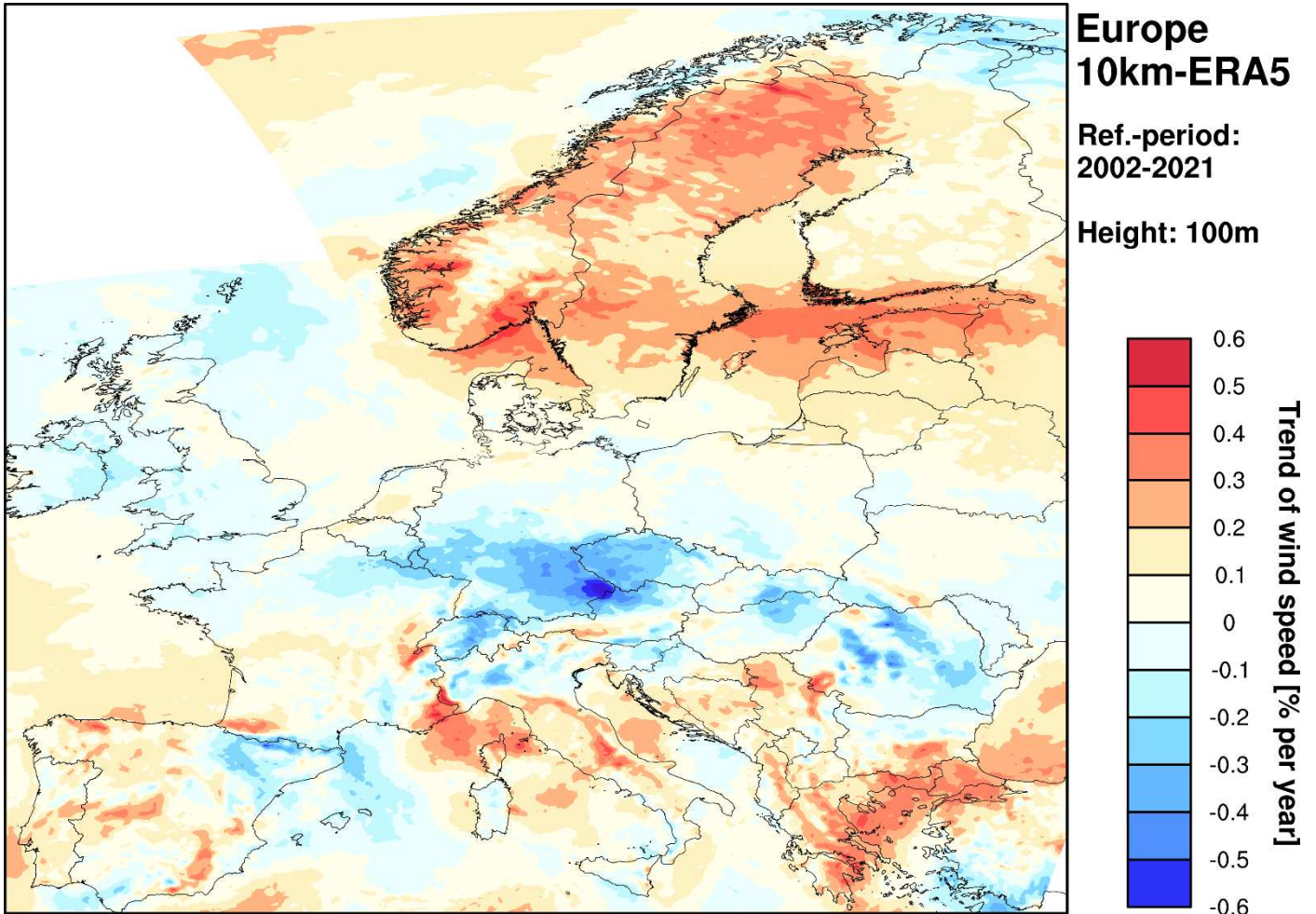


Abb. 6: Windtrend in % pro Jahr auf Basis der 10 km ERA5 Windatlanten Europa und Skandinavien.

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	2021		Mittel der Jahre 2019 - 2021	
	6h Regel [%]	4h Regel [%]	6h Regel [%]	4h Regel [%]
Baden-Württemberg	2.3	3.5	3.9	5.0
Bayern	2.3	3.6	3.9	4.9
Berlin	2.6	3.7	4.1	4.9
Brandenburg	2.4	3.3	3.9	4.6
Bremen	2.9	4.0	4.4	5.3
Hamburg	3.0	4.1	4.6	5.4
Hessen	3.1	4.5	4.9	6.0
Mecklenburg-Vorpommern	2.3	3.2	4.0	4.7
Niedersachsen	2.9	4.0	4.4	5.3
Nordrhein-Westfalen	3.0	4.1	4.6	5.5
Rheinland-Pfalz	2.8	3.9	4.6	5.7
Saarland	2.7	3.7	4.3	5.3
Sachsen	2.5	3.6	4.1	4.9
Sachsen-Anhalt	2.8	3.9	4.3	5.2
Schleswig-Holstein	2.4	3.4	4.1	4.9
Thüringen	3.0	4.3	4.8	5.9
Deutschland (flächengewichtet)	2.6	3.7	4.2	5.2

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 2021 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 2.6 %, während diese mit der 4h Regel um 1.1 % höher ausfallen.

Im Vergleich zu dem mittleren Ertragsverlust der letzten drei Jahre (siehe Spalten 4 und 5 in Tab. 2) ist in 2021 mit ca. 1.6 % niedrigeren Ertragsverlusten zu rechnen. Auf der Ebene der Bundesländer liegen die Ertragsverluste (6h Regel) zwischen 2.3 % (z. B. Baden-Württemberg) und 3.1 % (Hessen). 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 2021 dargestellt. Deutlich erkennbar ist die Anomalie in Mitteldeutschland, vor allem im Bereich der Mittelgebirge, mit höheren Ertragsverlusten über 5%. Dem gegenüber weist der Großteil von Deutschland vergleichsweise geringe Ertragsverluste mit Werten unterhalb von 4% auf.

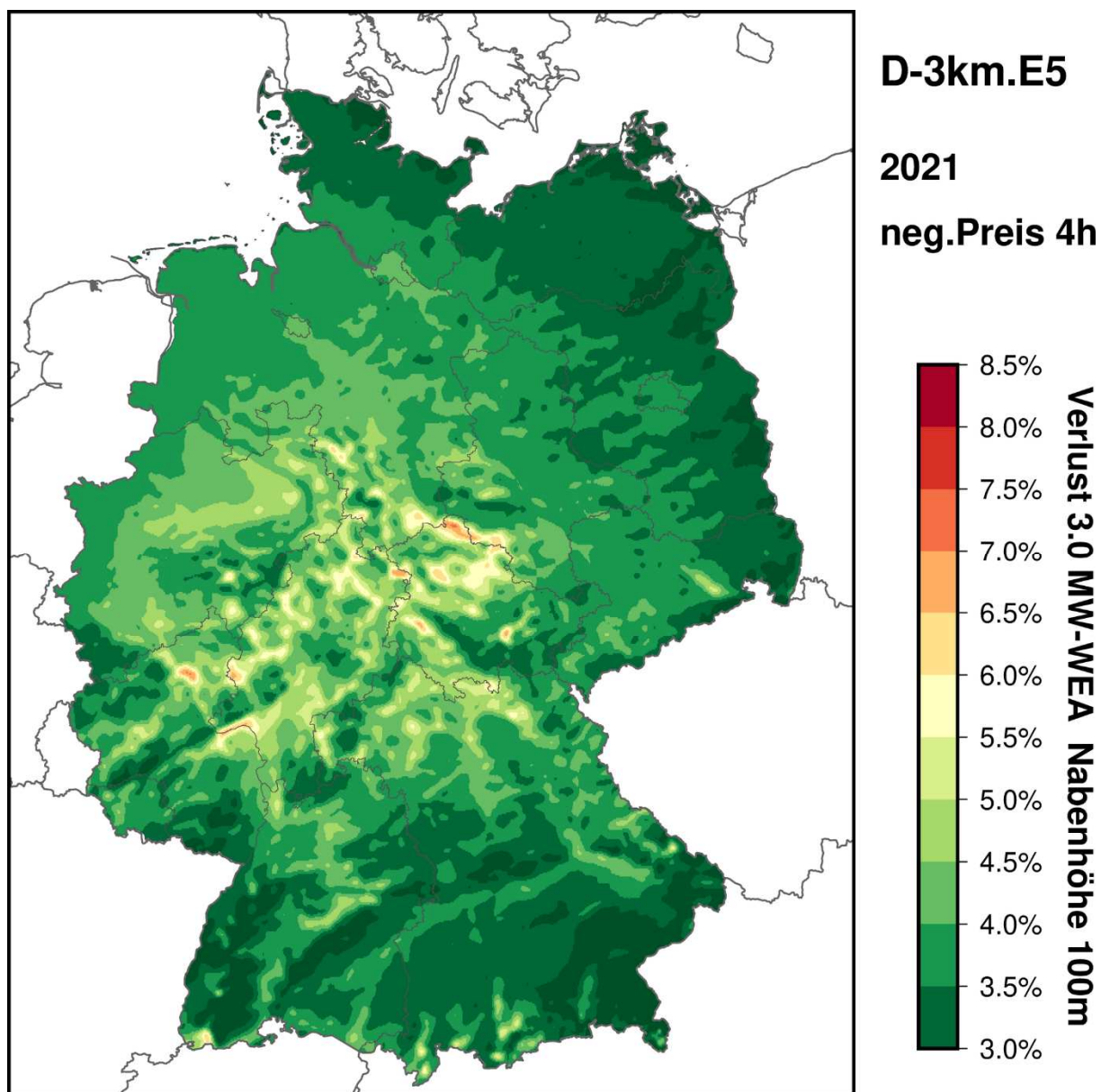


Abb. 7: Ertragsverluste durch §51 EEG21 (4h Regel) in % auf Basis des Deutschland 3km ERA5 Windatlas.