

Publikationsbericht

Österreichs Windpotential bei unterschiedlichem Ausmaß der Flächennutzung



Bearbeitung:

Mag. Hans Winkelmeier
Mag. Florian Pfannhofer, BSc

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung.....	3
2.	Aufgabenstellung und Einleitung.....	4
3.	Aktuelle Situation der Windkraftnutzung in Österreich.....	5
3.1.	Anlagen Ende 2022 in Betrieb	5
3.2.	Anlagen in Bau und Planung	5
3.3.	Spezifische Kennzahlen der Windkraft in Österreich.....	6
3.3.1	Entwicklung der Anlagenleistung und Rotordimensionen	6
3.3.2	Entwicklung der Volllaststunden von Bestandsanlagen	7
3.3.3	Aktuelle Flächenbeanspruchung der Windkraft in Österreich	8
4.	Windpotential und Flächenverfügbarkeit.....	10
4.1.	Windatlas und Potentialstudie Österreich.....	10
4.2.	Definition von Windeignungsflächen.....	11
4.3.	Technisch mögliches Windpotential in Österreich	13
4.4.	Spezifischer Flächenbedarf	14
4.5.	Maximal Installierbare Leistung innerhalb der ermittelten Flächen	15
4.6.	Ertragspotential innerhalb der ermittelten Flächen	17
5.	Bewertung des Windpotentials bei unterschiedlicher Flächenausnutzung.....	19
5.1.	Installierbare Leistung und Anlagenstückzahlen in den beiden Szenarien	20
5.2.	Abschätzung der möglichen Energieerträge in den beiden Szenarien.....	21
5.3.	Leistung und Flächenbedarf in den Bundesländern	22
5.4.	Schlussfolgerungen	23
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	24
	Literaturverzeichnis	26

1. Zusammenfassung

Ende 2022 waren in Österreich 1.365 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 3.573 MW in Betrieb, welche durchschnittlich pro Jahr 8 TWh sauberen Strom bereitstellen. Darüber hinaus sind zum aktuellen Zeitpunkt 1032 MW Windkraftleistung mit einer durchschnittlichen Erzeugung von rund 2,6 TWh in erster Instanz bewilligt und rund 500 MW Windkraftleistung mit einer Erzeugung von 1,3 TWh in UVP-Bewilligungsverfahren. In Summe könnten der Bestand, die erstinstanzlich bewilligten und die in UVP-Bewilligung befindlichen Projekte eine Erzeugungskapazität von 11 bis 12 TWh Strom liefern. Im Vergleich dazu sieht das Energieausbaugesetz (EAG) für die Erreichung eines 100 % Anteils erneuerbarer Energieträger an der Elektrizitätserzeugung bis Ende 2030 ein zu nutzendes Windpotential von 17 TWh vor.

Zur Prüfung der Plausibilität unterschiedlicher Ansätze der Flächennutzung für Windkraft in Österreich wurde in Kapitel 3 zuerst das theoretisch maximal mobilisierbare Potenzial der Windkraftnutzung ermittelt. Die Berechnung der für die Nutzung der Windkraft geeigneten Flächen Österreichs wurde auf Grundlage einer GIS-Analyse vorgenommen, wobei die Abschichtung der Eignungsflächen anhand von definierten Kriterien erfolgte (Mindest-Windangebot, erforderliche Abstände zu Siedlungsgebieten, Straßen, Leitungen, Schutzgebiete, Hangneigung etc.). Auf der Grundlage der definierten Kriterien wurde eine für die Windenergienutzung in Österreich **geeignete Fläche von 2.636** Quadratkilometern ermittelt, was etwa **3,14 % der Bundesfläche** entspricht. Die Berechnung des **theoretisch maximal mobilisierbaren Potentials** (TMMP) erfolgte in weiterer Folge mittels definierten Flächenbelegungswerten, welche auf der aktuell verfügbaren Anlagentechnik basieren. Bei einer installierbaren Leistung von 46.131 MW könnte in Österreich theoretisch eine Jahresarbeit zwischen **105 TWh (Szenario Min)** und **126 TWh (Szenario Max)** bereitgestellt werden, was etwa dem 1 ½ fachen des österreichischen Elektrizitätsbedarfs entspricht.

Das tatsächlich nutzbare Potential der Windkraft ist, neben vielen weiteren Fragen, im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig: Der sich dynamisch entwickelnden Anlagentechnik und den von der Politik freigegebenen Flächen. Als Flächeninanspruchnahme durch Windparks wird dabei nicht der direkte Flächenverbrauch durch Fundament oder Zuwegung, sondern die Fläche zwischen den Windkraftanlagen betrachtet, welche durch die technisch bedingten Mindestabstände zwischen den einzelnen Anlagen definiert wird. Für den aktuellen Bestand an Windkraftanlagen ergibt sich mit diesem Ansatz eine Flächeninanspruchnahme von 178 Quadratkilometern bzw. 0,2 % der Fläche Österreichs.

In Deutschland wurde durch das Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG, Februar 2021), das Ziel festgelegt, dass für die Nutzung von Windenergie an Land bis Ende des Jahres 2027 1,4 Prozent und bis Ende 2032 zwei Prozent der Bundesfläche für Windkraftanlagen zur Verfügung gestellt werden. Dieses Ziel war Ausgangspunkt bei der Überlegung, welche Flächenverfügbarkeit in Österreich gegeben ist und wie hoch die mögliche Stromerzeugung auf 1% bzw. 2 % der Landesfläche wäre.

Aufbauend auf der in Kapitel 3 für die Ermittlung des theoretisch maximal mobilisierbaren Windkraftpotentials in Österreich angewendeten Methode wurde das mögliche Windkraftpotenzial für die gegebenen Flächenbelegungswerte ermittelt:

- Bei einer Inanspruchnahme von **1 % der Fläche Österreichs** können mit einer installierbaren Leistung von rund 14.000 MW **zwischen 36 und 43 TWh** Elektrizität erzeugt werden.
- Bei einer Inanspruchnahme von **2 % der Fläche Österreichs** können mit einer installierbaren Leistung von rund 29.000 MW **zwischen 69 und 83 TWh** Elektrizität bereitgestellt werden.

Mit einem zweiprozentigen Flächeneinsatz Österreichs für die Windkrafttechnologie wäre es jedenfalls möglich, den Bruttoinlandsstrombedarf, der im Jahr 2021 bei 72.300 GWh lag, nominal zu decken.

2. Aufgabenstellung und Einleitung

In dem Bemühen, Österreichs Energiebedarf durch erneuerbare Energieformen zu decken, muss eine Reihe von Herausforderungen gelöst werden. Ein Aspekt davon ist die realistische Einschätzung der tatsächlichen Anteile, welche die verfügbaren Energietechnologien und im speziellen die Windenergie am Gesamtbedarf liefern können. Ziel dieser Arbeit ist es, über einen Top-Down-Ansatz den Beitrag abzuleiten, den die Windenergie für Österreichs Energiebedarf bereitstellen kann, wenn man 1 % bzw. 2 % der Bundesfläche für diese Technologie einsetzen würde. Dass von der veranschlagten Fläche weiterhin über 98 % landwirtschaftlich nutzbar bleiben, wird in Abschnitt 3.3 noch ausführlicher betrachtet, sei aber bereits vorab erwähnt.

Die Methode umfasst dabei folgende Schritte:

- In einem ersten Schritt wird mittels GIS-Analyse die in Österreich theoretisch maximal für Windkraft nutzbare Fläche ermittelt. Dafür werden die im Rahmen des Projektes "Windatlas und Windpotentialabschätzung Österreich" (Energiewerkstatt Verein, 2011) erarbeiteten Datensätze verwendet. Für die weiterführende Auswertung der Flächennutzung mittels GIS-Analyse werden technische und raumordnungsfachliche Parameter zugrunde gelegt, welche den zu erwartenden technischen Entwicklungen Rechnung tragen.
- Ausgehend vom Flächenbedarf für die Bebauung mit einer definierten Anlagendichte und den zukünftig zu erwartenden Anlagendimensionen wird die spezifisch benötigte Landfläche pro eingesetzter Leistung bestimmt. Aus den gewählten Werten ergibt sich unmittelbar die Leistung die man auf einer definierten Landfläche installieren kann.
- Da der Energieertrag, den diese Leistung generieren kann, maßgeblich von der Windqualität der verschiedenen Standorte abhängt, wird die verfügbare Fläche in unterschiedliche Windgüteklassen (A, B, C) aufgegliedert. Auf der Grundlage einer für die einzelnen Bundesländer definierten Verteilung der Windgüteklassen werden schließlich die zu erwartenden Energieerträge für zwei Szenarien ermittelt, welche sich durch unterschiedliche Ansätze bei der Annahme für Windparkabschattung und extern bedingten technischen Verlusten unterscheiden.
- Der ermittelte Flächenbedarf wird abschließend noch über einen Flächenschlüssel den Bundesländern zugeordnet.

Die Vorgabe der 1 % bzw. 2 % Flächenbelegung erfolgte auf Wunsch des Auftraggebers durch den Anstoß des Windenergieflächenbedarfsgesetzes, das in Deutschland am 1.2.2023 in Kraft getreten ist. Dieses Gesetz sieht eine bundesweite Flächenausweisung für die Nutzung der Windkraft im Umfang von 2 % der gesamten Landfläche vor.¹ Den einzelnen deutschen Bundesländern wurde dazu ein Flächenbeitragswert zugeordnet den sie bis Ende 2032 umzusetzen haben (Anlage zu § 3 Absatz 1 WindBG).

Um die Plausibilität der Vorgabe für Österreich abzusichern, wird eine Gegenüberstellung mit der in der GIS-Analyse ermittelten theoretisch maximal möglichen Flächenbelegung vorgenommen. Obwohl die dafür herangezogenen Kriterien einer ständigen Entwicklung unterworfen sind und die hier angewendete GIS-Analyse damit eine Bestandsaufnahme darstellt, soll mit dem Ergebnis nachgewiesen werden, ob die gewählte Vorgabe von 1 % bzw. 2 % Flächenbelegung bei den aktuellen Gegebenheiten gedeckt ist.

¹ Der mögliche Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland wurde in der im Jahr 2018 vom WWF herausgegebene Studie Zukunft Stromsystem II ausführlich in verschiedenen Szenarien untersucht. Ein Ergebnis des „Energie-wende-Referenz“-Szenarios stellt die realisierbare Windkraft-Flächennutzung von 2,3 % der Festlandfläche im Jahr 2050 dar. Für den Jahresertrag bedeutet das eine Steigerung um den Faktor 4,4 auf 388 TWh – bezogen auf das Jahr 2017 – bei 178 GW installierter Leistung (vgl. WWF Deutschland, 2018).

3. Aktuelle Situation der Windkraftnutzung in Österreich

3.1. Anlagen Ende 2022 in Betrieb

Die ersten Windkraftanlagen wurden in Österreich im Jahr 1994 errichtet. Seitdem hat sich die installierte Windkraftleistung sukzessive erhöht und bis zum Ende des Jahres 2022 einen Wert von 3.573 MW erreicht. Unter Abschätzung der aktuellen Entwicklung ist mit Ende 2023 ein Stand von über 3.850 MW installierter Windkraftleistung zu erwarten.

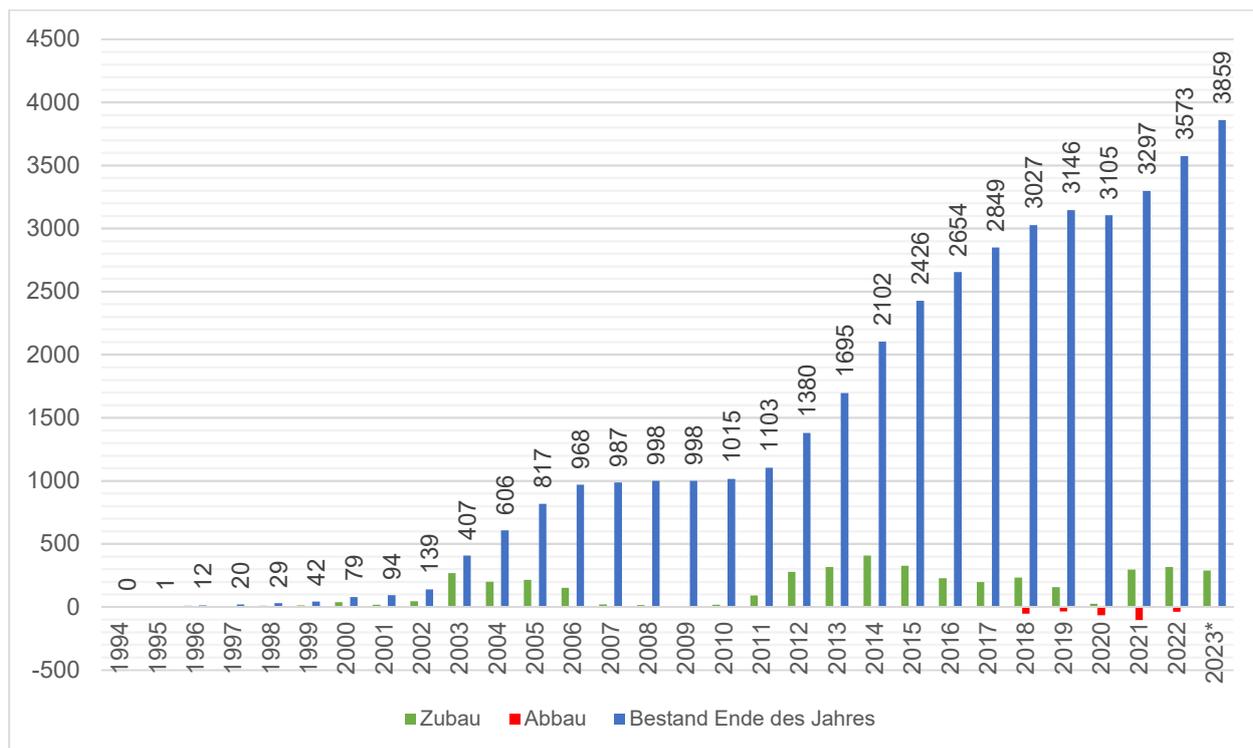


Abb 1 Entwicklung der installierten Leistung in Österreich mit prognostiziertem Wert für 2023. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]

3.2. Anlagen in Bau und Planung

Die Entwicklung und der Bau von Windkraftprojekten nimmt aufgrund der erforderlichen Planungsarbeiten und den mitunter zeitaufwändigen Bewilligungsverfahren mehrere Jahre in Anspruch. Die Dauer zwischen dem Zeitpunkt der Entwurfsphase bis zur offiziellen Inbetriebnahme von Windkraftprojekten beträgt in der Regel drei bis acht Jahre.

Für die Abschätzung der möglichen Windkraftentwicklung in den kommenden Jahren wurden in Zusammenarbeit mit der IG Windkraft die Zahlen der behördlich bewilligten Projekte erhoben. Mit Stand Oktober 2023 waren in Österreich 213 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 1.032 MW fertig bewilligt, jedoch nicht errichtet - das entspricht rund 29 % der aktuell installierten Leistung. Weitere 500 MW befanden sich in laufenden Bewilligungsverfahren. Projekte die sich derzeit in der Planungsphase befinden, können mangels Datenverfügbarkeit nicht quantifiziert werden. Jedoch ist festzustellen, dass die aktuellen gesetzlichen Vorgaben des EAG und die Klimaschutzziele in den letzten Jahren einen deutlichen Anstieg der Projektentwicklungsaktivitäten bewirkt haben.

Die Aufschlüsselung der behördlich bewilligten und in Bewilligung befindlichen Projekte auf die Bundesländer findet sich in Tab 1.

Bundesland	Erstinstanzlich genehmigte, noch nicht errichtete Anlagen (Stand Oktober 2023)		In Bewilligungsverfahren befindliche Anlagen
	Anzahl	Leistung [MW]	Leistung [MW]
Niederösterreich	88	452	341
Burgenland	33	168	76
Steiermark	77	344	
Kärnten	15	68	83
Österreich gesamt	213	1.032	500

Tab 1 In Planung befindliche Windkraftprojekte. In den nicht angeführten Bundesländern gibt es derzeit keine Projekte in den genannten Kategorien (Stand Oktober 2023). [Datenquelle: IG-Windkraft]

3.3. Spezifische Kennzahlen der Windkraft in Österreich

3.3.1 Entwicklung der Anlagenleistung und Rotordimensionen

Abb 2 zeigt die Entwicklung der Dimensionen der jährlich installierten Windkraftanlagen in Österreich in den letzten 28 Jahren. Während die durchschnittlich installierte Anlagenleistung im Jahr 1994 noch 130 Kilowatt betragen hat, wurden im Jahr 2021 Anlagen mit durchschnittlich 4.300 Kilowatt errichtet. Die Grafik stellt auch die Entwicklung der vom Durchmesser bestimmten Rotorkreisfläche dar.

Dabei ist ersichtlich, dass in den letzten fünf Jahren die installierte Generatorleistung weniger angestiegen ist als die Rotorkreisfläche. Diese Entwicklung ist eine Folge des Bestrebens, die Nennleistung der Anlagen und somit auch die beanspruchten Netzkapazitäten und Lastspitzen zu reduzieren. Diese Maßnahmen führen zu einer fallenden Tendenz bei der spezifisch installierten Generatorleistung (siehe dazu Abb 3) und somit zu einer Erhöhung der Volllastbetriebsstunden (Kapitel 3.3.2 und Abb 4).

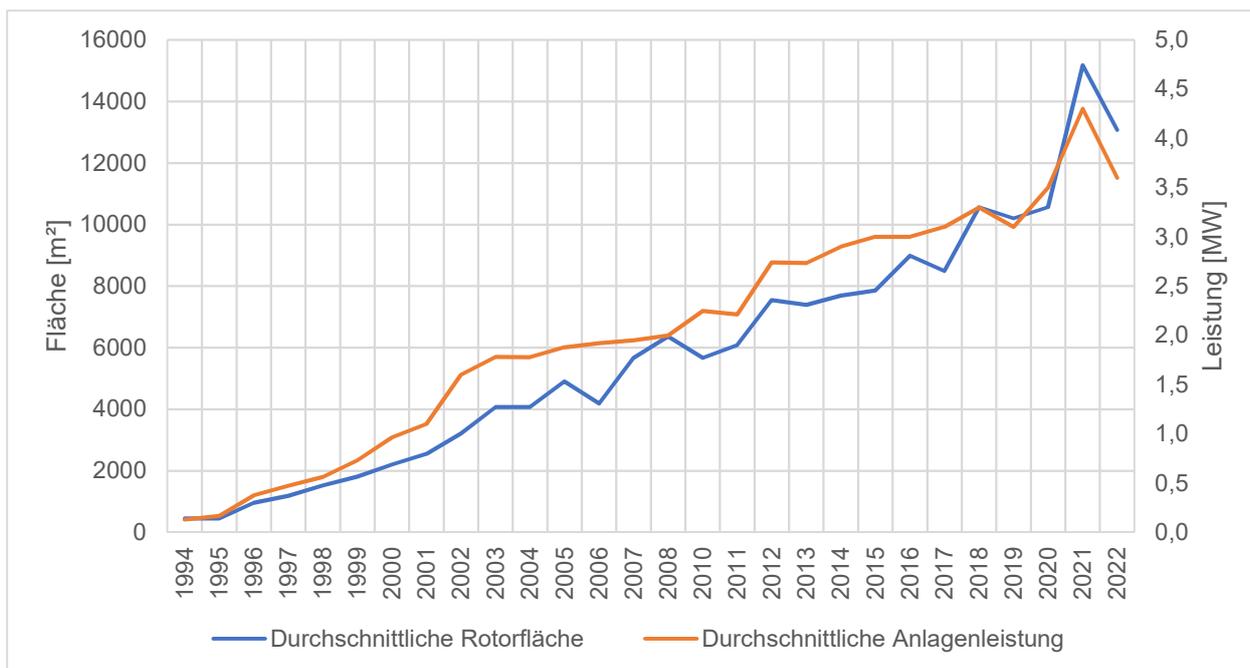


Abb 2 Zeitliche Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenleistung und der durchschnittlichen Rotorkreisfläche. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]

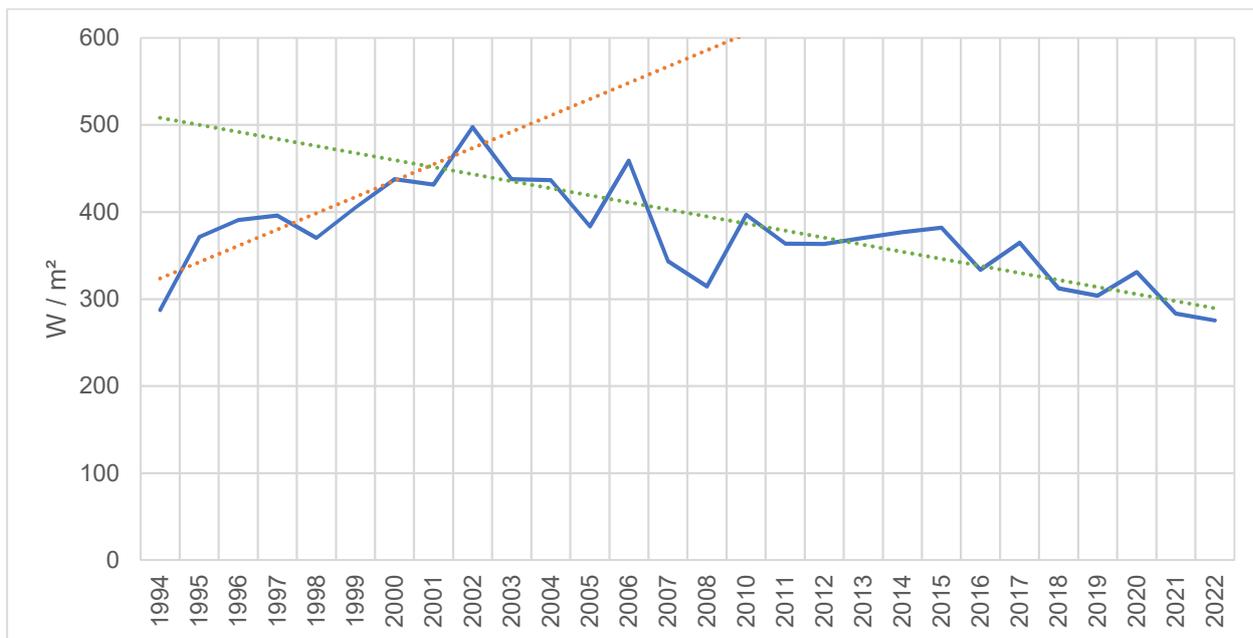


Abb 3 Entwicklung der spezifisch installierten Leistung. Orange punktiert dargestellt ist die Trendlinie des Zeitraums 1994-2002, grün punktiert die Trendlinie für den Zeitraum 2002-2022. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]

3.3.2 Entwicklung der Volllaststunden von Bestandsanlagen

Abb 4 zeigt die Entwicklung der in den letzten 16 Jahren in Österreich mit Windkraftanlagen erwirtschafteten Volllaststunden. Die jährliche Schwankung der Werte zeigt die Abhängigkeit der Volllaststunden von der Güte des jeweiligen Windjahres. Darüber hinaus zeigt die eingefügte Trendlinie einen kontinuierlichen Anstieg der Werte. In der langjährigen Entwicklung von 2006 bis 2021 konnte ein durchschnittlicher Anstieg von 20 Volllaststunden pro Jahr erhoben werden. Diese Entwicklung spiegelt den Trend zu kleineren spezifisch installierten Generatorleistungen (Abb 3) und daraus folgernd höheren Volllastbetriebsstunden (Abb 4) wieder. Ergänzend trägt auch der Einsatz von höheren Türmen zum Anstieg der Volllaststunden bei.

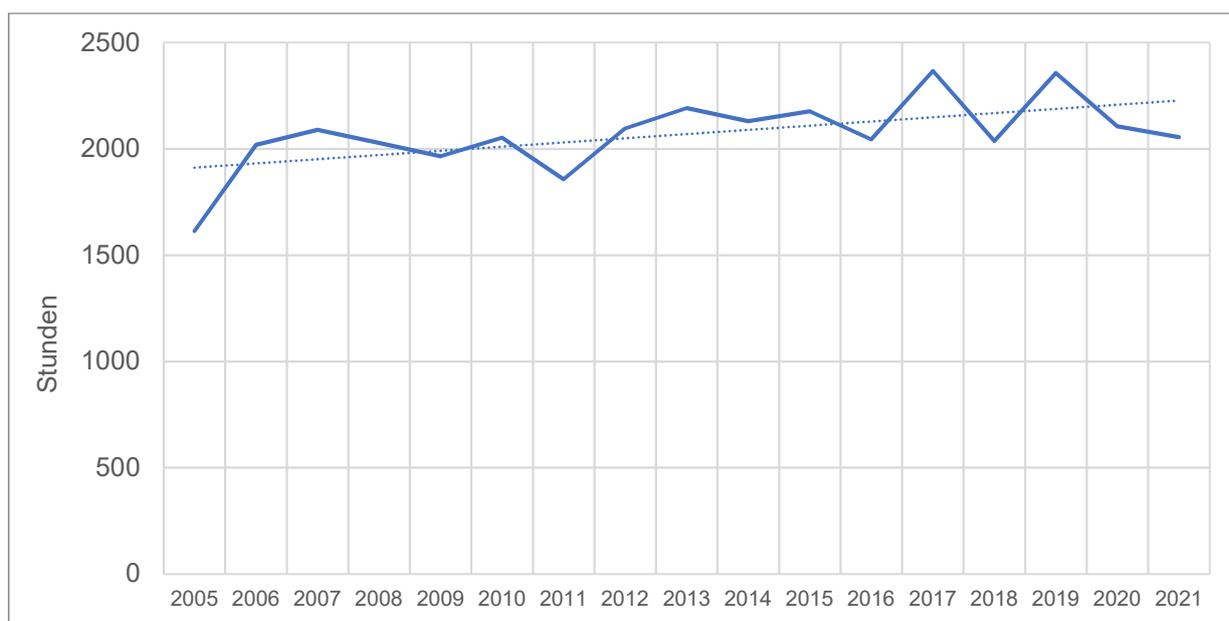


Abb 4 Zeitliche Entwicklung der Volllaststunden. Punktiert ist die Trendlinie dargestellt. [Datenquelle: (Statistik Austria, 2023a)].

3.3.3 Aktuelle Flächenbeanspruchung der Windkraft in Österreich

Ein wesentlicher Vorteil der Windkraftnutzung ist, dass mit wenig Bodenbeanspruchung große Energiemengen geerntet werden können. Der Raum zwischen den einzelnen Windkraftanlagen steht weiterhin für landwirtschaftliche Zwecke zur Verfügung. Die erforderlichen Abstände zwischen den einzelnen Windkraftanlagen ergeben sich aus dem Versuch die gegenseitige Windabschattung möglichst gering zu halten und gleichzeitig viele Anlagen in einem Windpark errichten zu können. Für dieses Optimierungsproblem hat sich in der Praxis ein interner Abstand vom vierfachen des Rotordurchmessers (RD) in Hauptwindrichtung und dem dreifachen des RD in Nebenwindrichtung bewährt.

In Abb 5 ist das Layout eines realen Windparks mit Anlagen verschiedener Größen und der oben genannten Flächenbeanspruchung von 3×4 RD abgebildet. Es zeigt sich, dass die genannten Abstände eine gute Näherung darstellen, im Allgemeinen jedoch aus verschiedensten Gründen etwas größere Abstände zwischen den Anlagen entstehen können.

Weiters ist in der Abbildung der sehr geringe faktische Flächenbedarf von Windkraftanlagen für Fundamente, Zuwegung und Kranstellflächen ersichtlich, der nur 1,2 % der theoretisch veranschlagten Flächenbeanspruchung beträgt. Es kann also trotz Windkraftanlagen mehr als 98 % der Windparkfläche weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden.

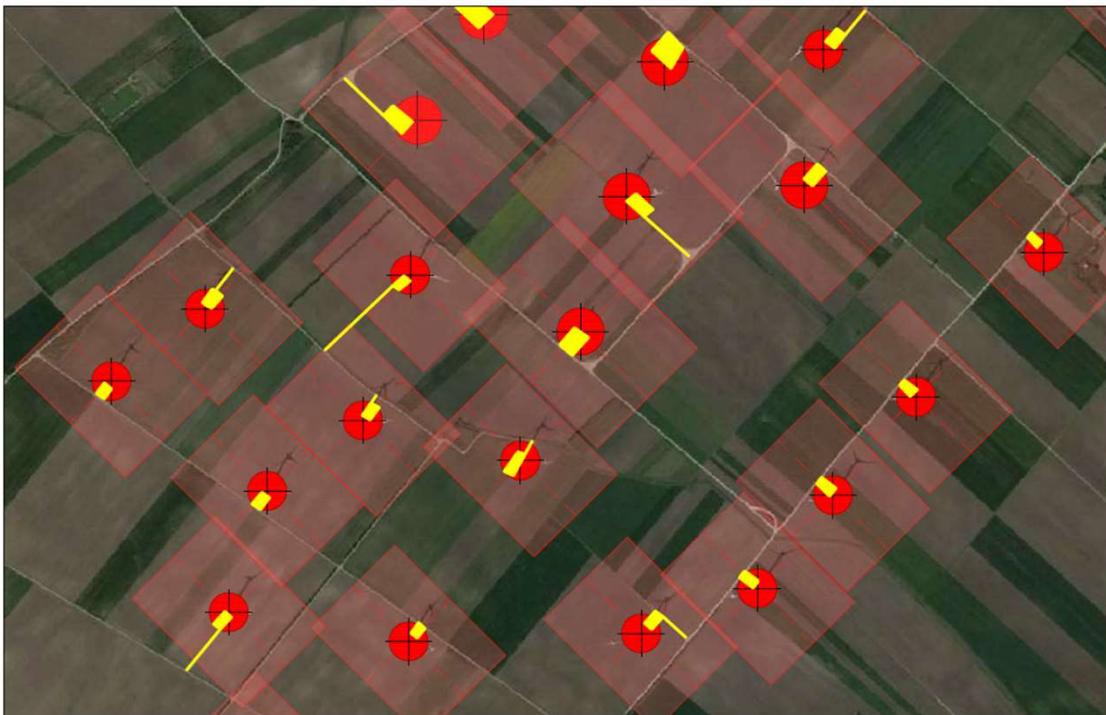


Abb 5 Anlagenpositionierung in einem realen Windpark in Niederösterreich. Die Rotordurchmesser sind als rote Kreise, die internen 3×4 Rotordurchmesser-Abstände als hellrote Rechtecke eingezeichnet. Fundament, Bauplatz und Weg sind gelb hervorgehoben. [Kartenquelle: basemap.at].

Für die Abschätzung der aktuell durch Windkraft beanspruchten Fläche in Österreich, wurden vorliegende Daten aller Bestandsanlagen aus dem Jahr 2022 ausgewertet. Dazu wurden die Anlagen nach Rotordurchmessern zusammengefasst und die entsprechenden durchschnittlichen Leistungen bestimmt. Die internen Abstände zwischen den Windkraftanlagen wurden für Bestandsanlagen mit $3 \times 4,5$ RD angenommen, weil in der Vergangenheit mit größeren internen Abständen positioniert wurde, um bessere Parkwirkungsgrade zu erzielen.

Die Rotordurchmesser der 1.365 installierten Anlagen erstrecken sich von 20 m bis 158 m bei Leistungen von 110 kW bis 5,2 MW und einer mittleren Anlagenleistung von 2,6 MW. Summiert man den Flächenbedarf aller Anlagen und dividiert das Ergebnis durch die Gesamtleistung der Bestandsanlagen, erhält man den spezifischen Flächenbedarf. Dieser betrug für den Anlagenbestand 2022 rund **50 m²/kW**.

Im Jahr 2022 hat die Gesamtleistung der installierten Windkraftanlagen 3.559,4 MW betragen. Zusammen mit dem Wert des spezifischen Flächenbedarfs folgt daraus eine beanspruchte Fläche von etwa **178 Quadratkilometern**, was etwa **0,2 % der Österreichischen Bundesfläche** von 83.883 km² entspricht.

In der untenstehenden Tabelle sind die derzeit in den Bundesländern durch Windkraftnutzung beanspruchten Flächen aufgelistet. Die dichteste Bebauung weist das Burgenland mit 66,7 km² oder 1,68 % der Landesfläche auf.

Bundesland	Bundeslandfläche [km ²]	Anzahl 2022	Leistung 2022 [MW]	Flächenbedarf [km ²]	Flächenbedarf [%]
Burgenland	3.965	511	1.333	66,7	1,68%
Kärnten	9.536	11	28	1,4	0,01%
Niederösterreich	19.180	710	1.851	92,6	0,48%
Oberösterreich	11.983	19	50	2,5	0,02%
Salzburg	7.155	0	0	0,0	0,00%
Steiermark	16.400	111	290	14,5	0,09%
Tirol	12.648	0	0	0,0	0,00%
Vorarlberg	2.602	0	0	0,0	0,00%
Wien	415	3	7	0,4	0,09%
Österreich	83.883	1.365	3.559	178	0,21%

Tab 2 Aktuelle Flächenbelegung der Bundesländer.[Datenquelle Bundeslandflächen: (Statistik Austria, 2023b)].

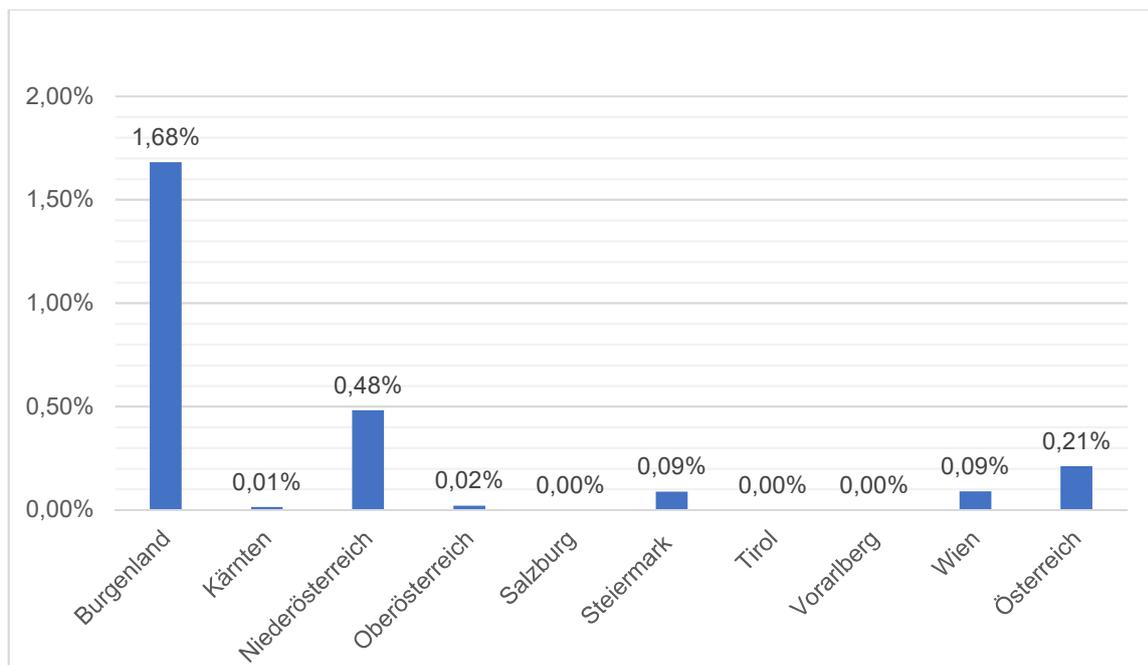


Abb 6 Aktuelle Flächenbeanspruchung (2022) der Bundesländer durch Windkraft in Österreich.

4. Windpotential und Flächenverfügbarkeit

4.1. Windatlas und Potentialstudie Österreich

Im Rahmen des Projektes „Windatlas und Windpotentialabschätzung Österreich“ (Energiewerkstatt Verein, 2011) wurde im Jahr 2011 eine detaillierte Windkarte mit einer Auflösung von 100 m x 100 m publiziert. Aufgrund der Vielschichtigkeit und Komplexität der Orographie sind die österreichischen Windressourcen durch unterschiedliche lokale Windströmungen gekennzeichnet. Für das gegenständliche Projekt wurde erstmals eine Verknüpfung einer dynamischen Modellierung mit einem geostatischen Interpolationsverfahren gewählt, wodurch die komplexen Windverhältnisse in einer zufrieden stellenden Detailtiefe und mit hoher Genauigkeit dargestellt werden konnten. Die Ergebnisse der Windpotentialmodellierung stehen für 70 und 100 m über Boden in Form von Jahresmittelwerten und Weibull-Parametern (A und k) zur Verfügung.

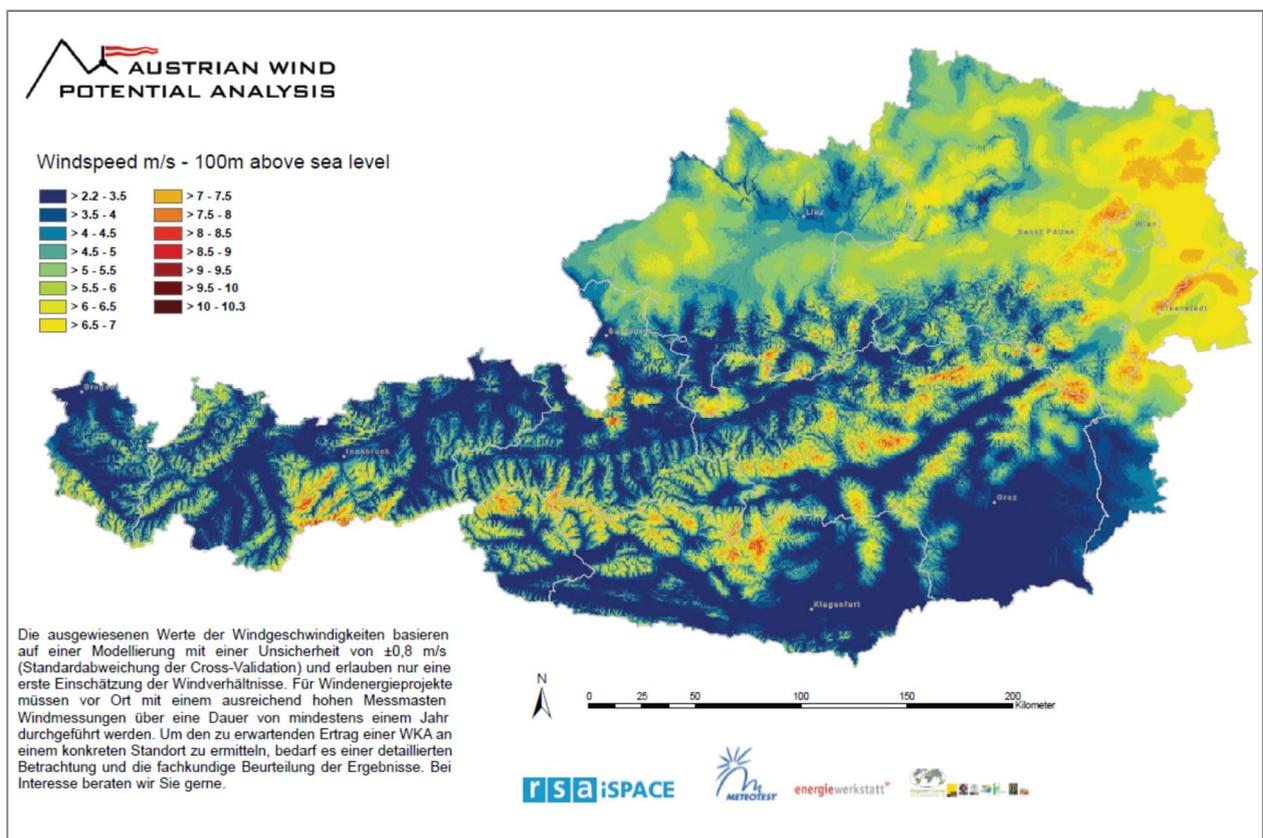


Abb 7 Windgeschwindigkeiten in Österreich in 100 m über Boden (www.windatlas.at)

Aufbauend auf dem Winddatensatz wurde im Jahr 2011 eine Applikation zur umfassenden, dynamischen Modellierung der theoretisch technisch möglichen Windpotentiale programmiert. Diese dynamische WebGIS-Modellierung erlaubt es, das österreichische Windenergiepotential anhand veränderbarer Einflussgrößen zu simulieren. Da der zugrundeliegende GIS-Ansatz sämtliche errechneten Eignungszonen zur Gänze mit Windkraftanlagen ausfüllt, stellen die Simulationsergebnisse ein theoretisches Maximum des realisierbaren Potentials dar. Dieses Ergebnis wird im Folgenden als „theoretisch maximal mobilisierbares Potential“ (TMMP) bezeichnet.

4.2. Definition von Windeignungsflächen

Obwohl das Windangebot selbst eine unveränderbare Größe darstellt, unterliegt das zu einem definierten Zeitpunkt theoretisch maximal mobilisierbare Potential (TMMP) unterschiedlichen technischen und wirtschaftlichen Einflussparametern, deren Dimension einem laufenden Änderungsprozess unterworfen ist. Während für die Auswertungen im Rahmen des Projektes „AuWiPot“ (Energiewerkstatt Verein, 2011) noch eine Windkraftanlagentechnik mit durchschnittlich zwei Megawatt Leistung, 90 m Rotordurchmesser und 126 m Nabenhöhe zugrunde gelegt wurde, werden im Jahr 2023 bereits Windkraftanlagen mit einer Leistung bis zu 6 MW, Durchmessern von 170 m und Nabenhöhen bis 160 m geplant. Ebenso haben sich auch die wirtschaftlichen Anlagenparameter (Investitions- und Betriebskosten und Einspeiserlöse) verändert.

Das im Jahr 2021 beschlossene Erneuerbaren Ausbaugesetz sieht eine Förderung von Windkraftanlagen >1.000 kW über gleitende Marktprämien vor, welche über ein Ausschreibungsverfahren für einen Zeitraum von 20 Jahren gewährt werden (§§ 11–13 EAG). Für die Berechnung der Höhe der Marktprämien wird ein Modell angewendet, mit dem standortspezifische Unterschiede im Windangebot ausgeglichen werden. Mit diesem Modell kann an Standorten mit einem schwächeren Windangebot ein Zuschlag von bis zu 20 % auf die Erzeugungskosten an einem Durchschnittstandort erlöst werden, während bessere Standorte Abschläge bis zu 14 % in Kauf nehmen müssen. An schwer zugänglichen Bergstandorten mit erschwerten Errichtungsbedingungen wird ein zusätzlicher Zuschlag gewährt.

Die Definition der Normanlage und des Durchschnittstandortes für die Ermittlung der spezifischen Erzeugungskosten erfolgte im Rahmen des Gutachtens „Gutachten zu den Betriebs- und Investitionsförderungen im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes (EAG)“ (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022).

Generatorleistung	4,2 MW
Rotordurchmesser	139,1 m
Mittlere Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	6,5 m/s (Rayleighverteilung)
Seehöhe	400 m
Windparkabschattung und Verluste	-18%
Spezifischer Energieertrag (netto P50)	694 kWh/m ²

Tab 3 Parameter für die Normanlage und den Durchschnittstandort (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022)

Mit der Definition des Durchschnittstandortes und der Höhe der standortbedingten Zu- und Abschläge wurde auch die Bandbreite der wirtschaftlich nutzbaren Standorte definiert. Diese bewegt sich zwischen 5,5 und 7,5 m/s mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit und spezifischen Energieerträgen zwischen 497 und 874 kWh/m² Rotorkreisfläche.

Zur besseren Differenzierung der Windeignung wurden die nutzbaren Windflächen in drei Windgüteklassen unterteilt, wobei der Durchschnittstandort mit 6,5 m/s Jahresmittelwert in Nabenhöhe und einen spezifischen Energieertrag von 694 kWh/m² der Güteklasse B entspricht. Schwächere Standorte werden der Güteklasse C und bessere Standorte der Güteklasse A zugeordnet.

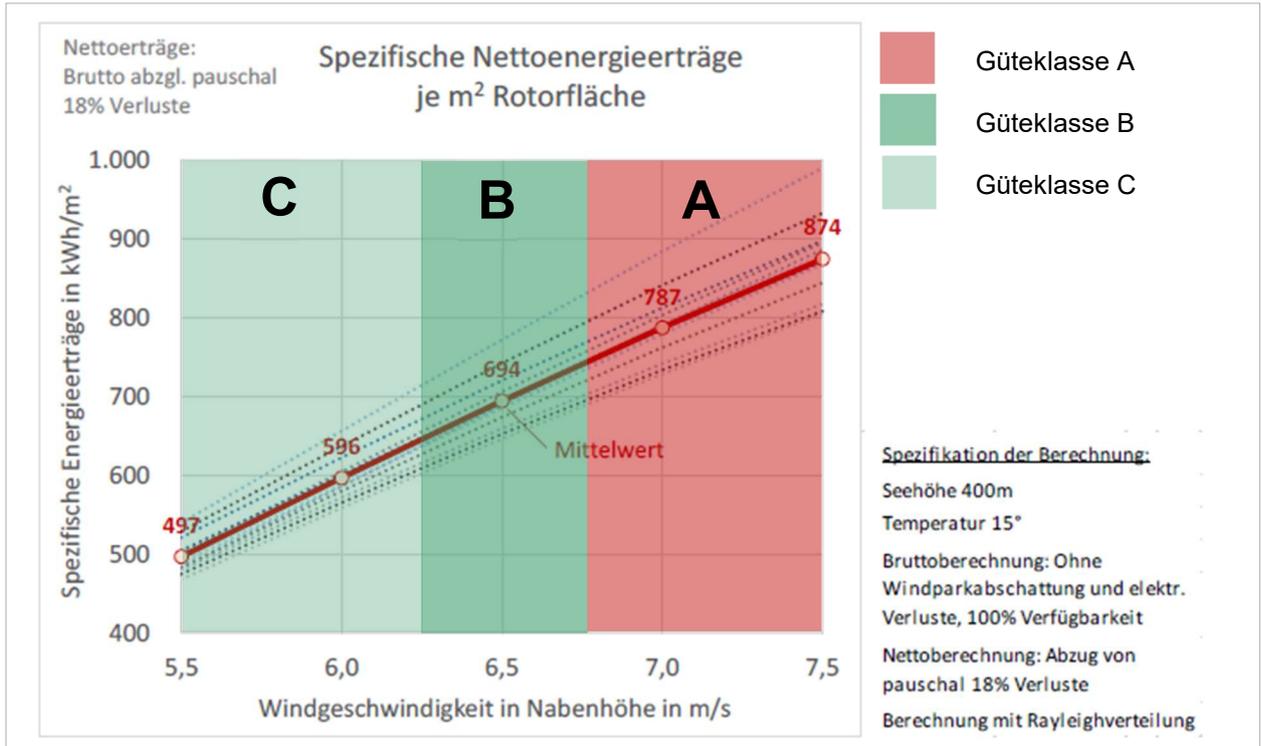


Abb 8 Spezifische Nettostromerträge repräsentativer, dem Stand der Technik entsprechender WKA-Typen in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022)

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Karte mit den aus dem Österreichischen Windatlas abgeleiteten Windgüteklassen.

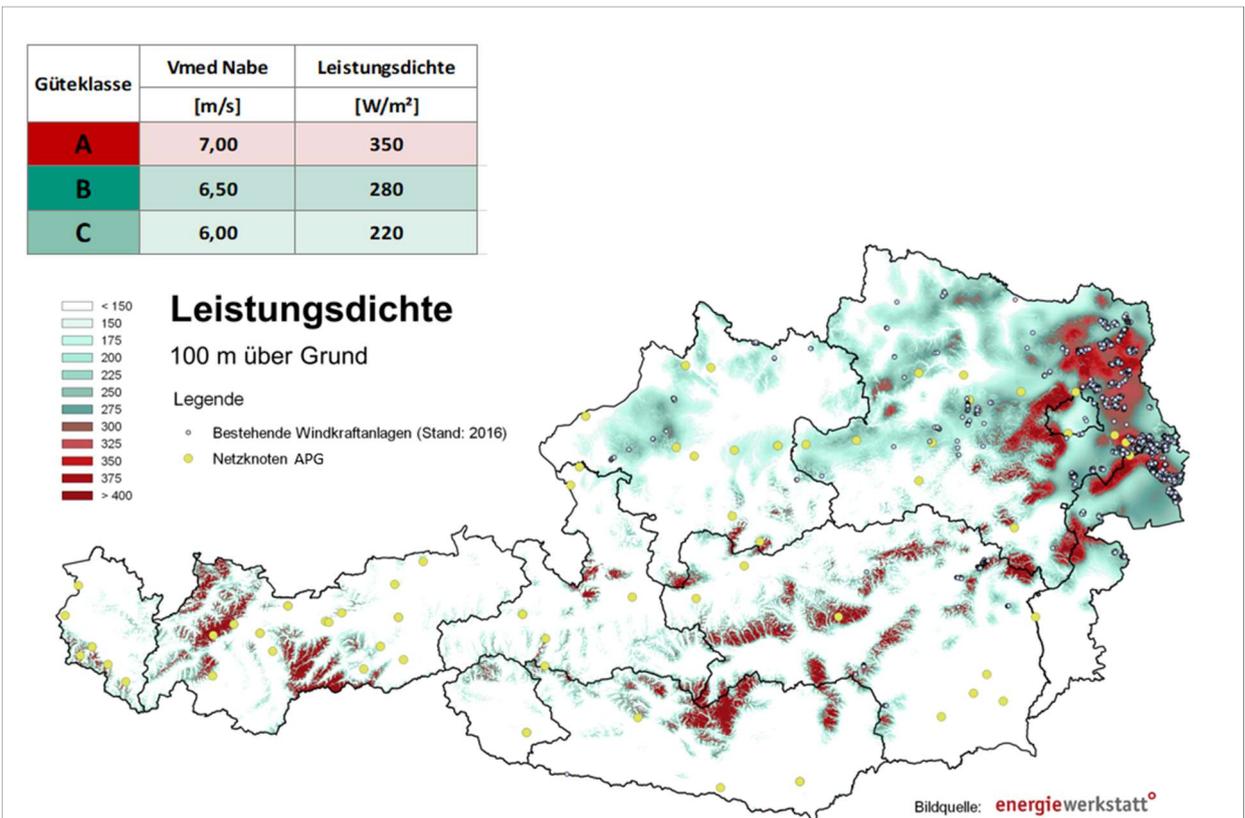


Abb 9 Regionale Verteilung der Windgüteklassen in Österreich

4.3. Technisch mögliches Windpotential in Österreich

Die Bestimmung der für die Nutzung der Windkraft geeigneten Fläche Österreichs wurde auf Grundlage einer GIS-Analyse vorgenommen. Die Abschichtung der Eignungsflächen erfolgte anhand der unten dargestellten Kriterien.

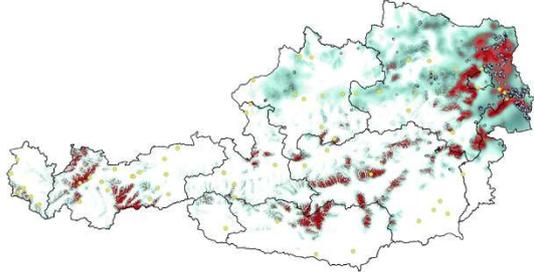
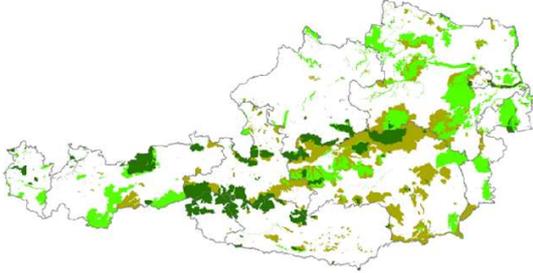
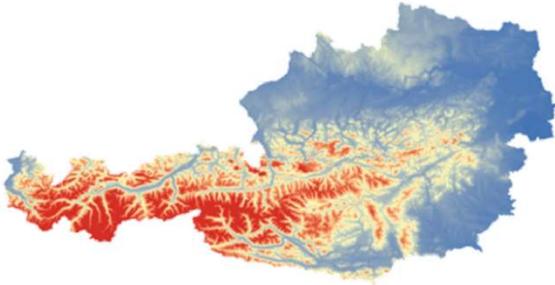
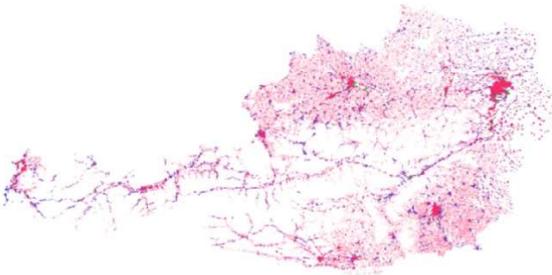
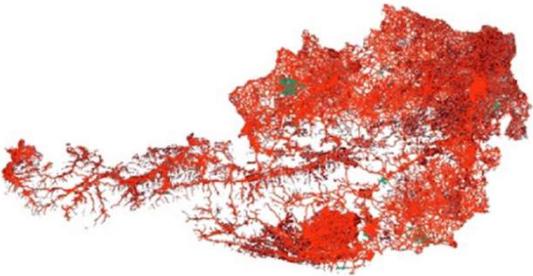
	<p>Leistungsdichte</p> <p>Standorte die auf 130 m über dem Grund eine Leistungsdichte von mehr als 180 W/m² (Mittelwert 5,5 m/s) aufweisen.</p>
	<p>Naturschutzzonen</p> <p>Naturschutzgebiete, Nationalparks und geschützte Lebensräume wurden ausgeschlossen. Ebenso Natura 2000 und Ramsar Gebiete.</p> <p>Landschaftsschutzgebiete wurden nicht ausgeschlossen</p>
	<p>Topographie</p> <p>Es wurden nur Standorte unter 2500 m Seehöhe mit einer Hangneigung von weniger als 20° berücksichtigt.</p>
	<p>Besiedelung</p> <p>Der Mindestabstand zu Wohngebieten wurde bundesländerspezifisch zwischen 1.200 m (NÖ) und 1.000 m (übrige Bundesländer) festgelegt. Abstände zu bewohnten Objekten im Grünland wurde entsprechend den gesetzlichen Vorgaben bzw. mit 700 / 750 m angenommen.</p>
	<p>Verkehr und Infrastruktur</p> <p>Der Mindestabstand zu Straßen, Eisenbahnanlagen sowie Freileitungen beträgt mindestens 150 m.</p> <p>Für kleinere Flugplätze wurde ein Abstand von 2000 m, für größere Flughäfen von 4000 m veranschlagt.</p>

Abb 10 Kriterien für die Abschichtung der Windeignungsflächen

In der untenstehenden Tabelle sind die für die Ermittlung der Windeignungsflächen angewendeten Kriterien zusammengefasst:

Bundesland	Abstand zu Siedlungsgebiet		Abstand zu Verkehrswegen und Hochspannungsleitungen	Max. Seehöhe	Max. Hangneigung	Mindestleistungsdichte in 130m Höhe
	Mit Wohnwidmung	Ohne Wohnwidmung				
	[m]	[m]	[m]	[m]	[Grad]	[W/m ²]
Burgenland	1.200	1.000	150	2.500	20	180
Niederösterreich	1.200	750	150	2.500	20	180
Oberösterreich	1.000	750*	150	2.500	20	180
Vorarlberg, Tirol Steiermark, Kärnten Salzburg, Wien	1.000*	700*	150	2.500	20	180
*) Keine gesetzlichen Vorgaben bzw. abweichend von den gesetzlichen Vorgaben						

Tab 4 Zusammenfassung Kriterien für die Abschichtung der Windeignungsflächen

Auf der Grundlage der definierten Kriterien wurde mittels GIS-Analyse eine für die Nutzung von Windenergie in Österreich **geeignete Fläche von 2.636** Quadratkilometern ermittelt, was etwa **3,14 % der Bundesfläche** entspricht. Für die weiteren Berechnungsschritte musste die ermittelte Gesamtfläche auf die unterschiedlichen Windgüteklassen (A, B und C) aufgegliedert werden.

Die Berechnung des **theoretisch maximal mobilisierbaren Potentials (TMMP)** erfolgte abweichend vom bisher angewendeten technisch-wirtschaftlichen Berechnungsansatz im AuWiPot (Energiewerkstatt Verein, 2011) und Follow-Up Studie (Energiewerkstatt, 2014)) mittels definierten Flächenbelegungswerten (siehe Kapitel 3.3). Dabei wurde angenommen, dass die ermittelte, theoretisch nutzbare Gesamtfläche mit Windkraftanlagen bebaut wird, welche mit internen Bauabständen von 4 x Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung und 3 x Rotordurchmesser in Nebenwindrichtung positioniert werden (vgl. Abb 11).

Die Methodik der Flächenbewertung lehnt sich dabei an Untersuchungen in Deutschland an (WWF Deutschland, 2018). Die Bewertung der möglichen Bebauungsdichte innerhalb der geeigneten Flächen erfolgt unter Zugrundelegung der für aktuelle Planungen eingesetzten Anlagentechnik (Tab 5) und berücksichtigt bei der Definition der Windparkkonfigurationen den aktuellen Trend zu dichteren Bebauungen. Für die Ermittlung der möglichen Energieerträge innerhalb der definierten Flächen wurde die aus dem Österreichischen Windatlas abgeleitete Verteilung der Windgüteklassen zurückgegriffen (vgl. Kapitel 4.2).

4.4. Spezifischer Flächenbedarf

Windkraftanlagen werden üblicherweise so positioniert, dass die einzelnen Anlagen weit genug auseinanderstehen, um die gegenseitige Windabschattung gering zu halten. Gleichzeitig wird versucht, so viele Anlagen wie möglich in einem Projektgebiet zu positionieren. Bei der bisherigen Planungspraxis wurden interne Abstände zwischen den Windkraftanlagen von 4-5 Rotordurchmessern in Hauptwindrichtung und 3-4 RD in Nebenwindrichtung angewendet. Aktuell zeigt sich jedoch eine Änderung dieser Praxis in Richtung einer dichteren Bebauung der zur Verfügung stehenden Flächen und in weiterer Folge der Inkaufnahme von schlechteren Parkwirkungsgraden. Aus diesem Grund wurde für zukünftige Bebauungen von einer Anlagenkonstellation 3 x 4 RD ausgegangen.

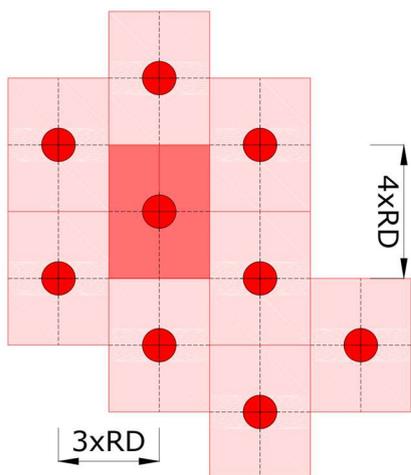


Abb 11 Anlagenabstände in Windparks. Die roten Kreise symbolisieren die Windkraftanlagen.

Für die Bewertung des spezifischen Flächenbedarfs der zukünftigen Anlagentechnik wurden Anlagenkonfigurationen mit Rotordurchmessern zwischen 126 und 162 m und Generatorleistungen zwischen 3,45 und 5,6 MW zugrunde gelegt. Die untenstehende Tabelle listet den spezifischen Bodenflächenbedarf bezogen auf die Rotorfläche und Anlagenleistung für fünf ausgewählte Anlagenkonfigurationen auf.

Rotordurchmesser	Leistung	Flächenbedarf 3x4 RD	Spezifischer Flächenbedarf
[m]	[kW]	[m ²]	[m ² /kW]
126	3.450	190.512	55
136	4.200	221.952	53
150	4.200	270.000	64
162	5.600	314.928	56
Mittelwert			57

Tab 5 Mittlerer spezifischer Flächenbedarf von Windkraftanlagen

Die Auswertungen haben ergeben, dass pro Kilowatt Leistung im Mittel ein Flächeneinsatz von 57 Quadratmetern (bzw. 57.000 m² je MW) erforderlich ist.

4.5. Maximal Installierbare Leistung innerhalb der ermittelten Flächen

Unter Verwendung des ermittelten Flächenbelegungswertes von **57 Quadratmetern pro Kilowatt** Anlagenleistung wurde das mögliche Windpotential innerhalb der in drei Güteklassen aufgliederten Eignungsflächen ermittelt. Für das gesamte Bundesgebiet Österreich ergibt sich bei einer nutzbaren Gesamtfläche von 2.636 Quadratkilometern (3,14 % der Bundesfläche) ein **theoretisch maximal mobilisierbares Potential von 46.131 Megawatt**.

Die untenstehende Tabelle und Grafik zeigen die Potentiale innerhalb der drei Güteklassen für die einzelnen Bundesländer und das gesamte Bundesgebiet.

Bundesland	Güteklasse A [MW]	Güteklasse B [MW]	Güteklasse C [MW]	Leistung A+B+C [MW]
Burgenland	3.163	1.060	2.068	6.291
Kärnten	308	923	2.098	3.329
NÖ	6.476	5.302	8.589	20.366
OÖ	227	580	2.404	3.210
Salzburg	7	143	1.170	1.319
Steiermark	1.469	3.094	5.084	9.646
Tirol	87	248	1.047	1.382
Vorarlberg	1	129	420	550
Wien	3	24	11	38
Österreich	11.740	11.501	22.890	46.131

Tab 6 Theoretisch maximal mobilisierbare Potentiale in den Bundesländern, aufgegliedert in drei Güteklassen.

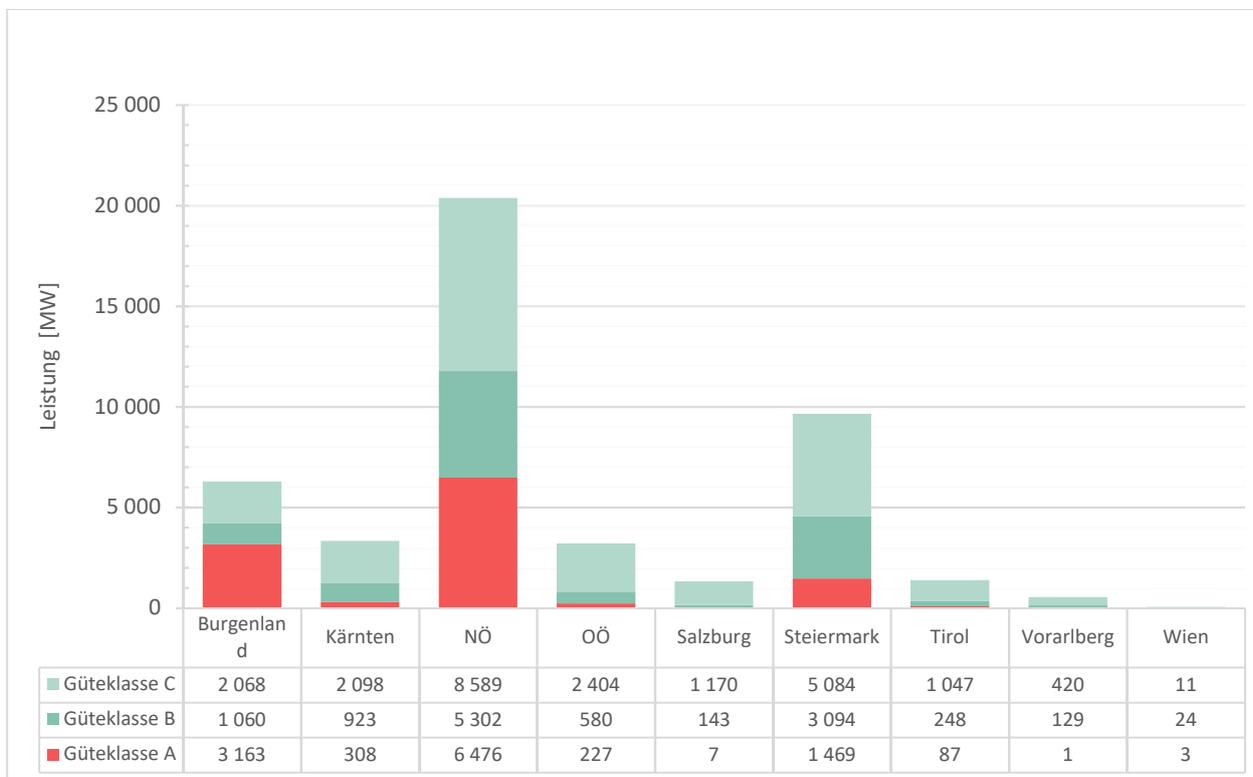


Abb 12 Theoretisch maximal mobilisierbare Potentiale in den Bundesländern, aufgegliedert in drei Güteklassen.

4.6. Ertragspotential innerhalb der ermittelten Flächen

Die Bewertung der möglichen Energieerträge innerhalb der ermittelten Potentialflächen erfolgte für das berechnete maximal mögliche Windpotential von 46.130 MW mittels der in Zukunft durchschnittlich zu erwartenden Volllastbetriebsstunden. Dabei wurde in einem **pessimistischen Szenario** eine Situation mit geringen Volllastbetriebsstunden infolge höherer installierter Generatorleistungen und höheren Ertragsabschlägen für technische und umweltbedingte Verluste und die interne Windparkabschätzung bewertet (Szenario-Min). In einem weiteren Szenario wurde hingegen ein **optimistisches Szenario** betrachtet, bei dem der in Zukunft zu erwartende Trend zu kleineren installierten Generatorleistungen und daraus folgernd höheren Volllastbetriebsstunden angenommen wurde (Szenario-Max).

In der untenstehenden Tabelle sind die für unterschiedliche Anlagendimensionen berechneten Brutto-Energieerträge für drei Windeignungszonen (A/B/C) und die beiden Szenarien (Szenario-Min und Szenario-Max) dargestellt. Die Berechnung der Erträge erfolgte auf Basis einer Rayleigh-Verteilung, einer Umgebungstemperatur von 15° und einer Seehöhe von 400 m. Für die Ermittlung der Volllastbetriebsstunden innerhalb der drei Güteklassen wurden im „Szenario-Max“ Parkwirkungsgrade von 90% und durchschnittliche Ertragsverluste berücksichtigt. Im „Szenario-Min“ wurden hingegen höhere Verluste durch Windparkabschätzung und behördlich auferlegte Abschaltungen (z.B. Schall, Schatten, Eisfall, Ornithologie, Fledermäuse...) angenommen.

Anlagendimension		Zone A: 7,0 m/s		Zone B: 6,5 m/s		Zone C: 6,0 m/s	
RD	Leistung	Ertrag Min	Ertrag Max	Ertrag Min	Ertrag Max	Ertrag Min	Ertrag Max
[m]	[kW]	MWh/Jahr	MWh/Jahr	MWh/Jahr	MWh/Jahr	MWh/Jahr	MWh/Jahr
126	3.450	9.024	10.829	7.944	9.532	6.810	8.172
136	4.200	10.671	12.805	9.378	11.253	8.031	9.637
150	4.200	12.021	14.425	10.701	12.842	9.292	11.150
162	5.600	15.035	18.042	13.274	15.929	11.410	13.692

	Zone A-Min	Zone A-Max	Zone B-Min	Zone B-Max	Zone C-Min	Zone C-Max
Volllastbetriebsstunden	2.676	3.211	2.363	2.836	2.034	2.441

Tab 7 Berechnung der Erträge und Volllastbetriebsstunden für drei Windzonen

Über die Mittelwerte der für unterschiedliche Anlagendimensionen berechneten Volllastbetriebsstunden wurde in weiterer Folge der **theoretisch maximal mögliche Energieertrag** für zwei unterschiedliche Szenarien (Szenario-Min und Szenario-Max) bei einer maximal installierbaren Leistung von 46.131 MW berechnet.

In der untenstehenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse für die beiden Szenarien (Szenario-Min und Szenario-Max), aufgliedert nach Bundesländern und für das gesamte Bundesgebiet aufgelistet:

Bundesland	Güte- klasse A	Güte- klasse B	Güte- klasse C	Leistung A+B+C	Jahreser- trag Min	Jahreser- trag Max
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[GWh]	[GWh]
Burgenland	3.163	1.060	2.068	6.291	15.174	18.209
Kärnten	308	923	2.098	3.329	7.272	8.727
NÖ	6.476	5.302	8.589	20.366	47.328	56.793
OÖ	227	580	2.404	3.210	6.865	8.238
Salzburg	7	143	1.170	1.319	2.735	3.282
Steiermark	1.469	3.094	5.084	9.646	21.582	25.898
Tirol	87	248	1.047	1.382	2.949	3.539
Vorarlberg	1	129	420	550	1.163	1.395
Wien	3	24	11	38	87	104
Österreich	11.740	11.501	22.890	46.131	105.154	126.185

Tab 8 Maximal installierbare Leistung und zugehörige Jahreserträge der Bundesländer

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass bei einer installierbaren Leistung von 46.131 MW in Österreich theoretisch eine Jahresarbeit zwischen **105 TWh (Szenario Min)** und **126 TWh (Szenario Max)** bereitgestellt werden kann, was etwa dem 1 ½ fachen des österreichischen Elektrizitätsbedarfs entspricht.

Die tatsächliche Nutzung des in den einzelnen Bundesländern zur Verfügung stehenden Windpotentials erreicht aktuell nur einen Bruchteil der theoretisch zur Verfügung stehenden Werte. In Niederösterreich werden demnach aktuell, bezogen auf die installierbare Leistung, lediglich 9 %, in Burgenland 21 % und in der Steiermark 3 % des vorhandenen Potentials genutzt. Jedenfalls zeigen die Ergebnisse deutlich, dass die Bundesländer nach wie vor beträchtliche Möglichkeiten in der Windenergiegewinnung besitzen.

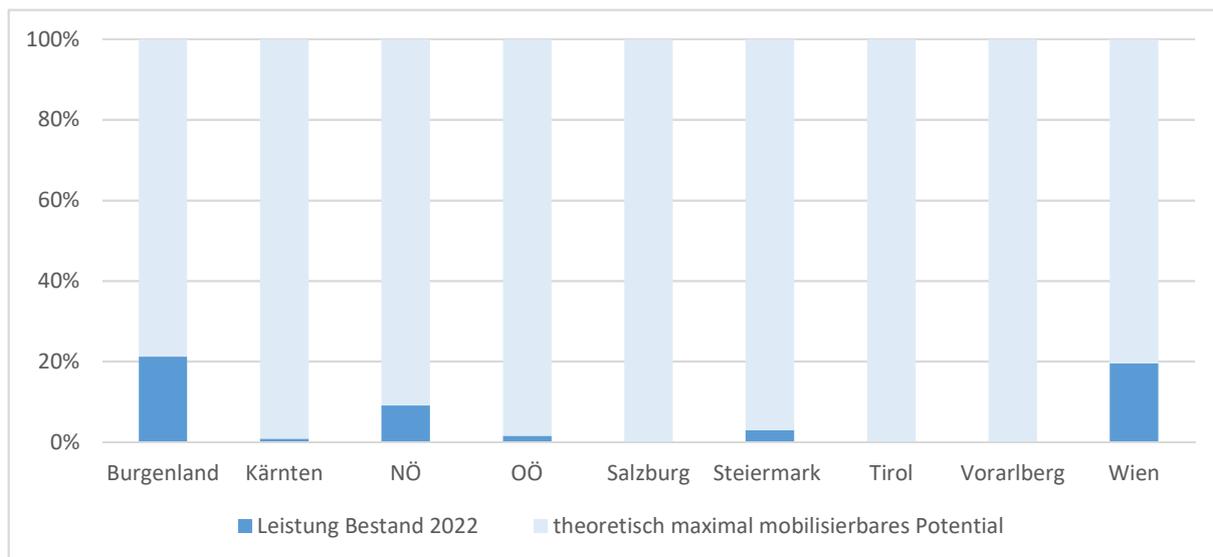


Abb 13 Aktuelle Nutzung (2022) des maximalen Leistungs-Potentials.

5. Bewertung des Windpotentials bei unterschiedlicher Flächenausnutzung

Potentialabschätzungen für Windkraft sind im Wesentlichen von zwei Faktoren geprägt: Den von der Politik freigegebenen Flächen und der sich dynamisch entwickelnden Anlagentechnik und deren Kosten. Die vorliegende Potentialbewertung fokussiert sich daher, neben technischen Fragestellungen, auf die Frage der Flächenverfügbarkeit für Windkraftnutzung in Österreich.

Die derzeit aktuellen Diskussionen über die Dekarbonisierung der Stromwirtschaft und die Verwendung von Elektrizität für neue Anwendungen wie Elektromobilität, Wärmepumpen oder Wasserstoffherzeugung machen es erforderlich, darüber nachzudenken, welche Anteile der Bundesfläche für diese Technik zur Verfügung gestellt werden können. Ähnliche Fragestellungen haben in Deutschland dazu geführt, dass mit dem am 1. Februar 2023 in Kraft getretenen Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) die verpflichtende Ausweisung von Windeignungsflächen vorgegeben wurde. Bis Ende des Jahres 2027 müssen 1,4 Prozent und bis Ende 2032 zwei Prozent der Bundesfläche für die Windkraftnutzung freigegeben sein. Das WindBG gibt den Bundesländern erstmals auch verbindliche Ziele vor, in welchem Umfang Flächen auszuweisen sind.

In Österreich fordert das Energieausbaugesetz (EAG) bis zum Jahr 2030 eine Erhöhung der Stromerzeugung aus Windkraft von 7 TWh im Jahr 2020 auf 17 TWh im Jahr 2030. In Kapitel 4.6 konnte nachgewiesen werden, dass unter den aktuellen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen etwa 3,1 % des österreichischen Staatsgebietes für Windkraft nutzbar wären und dabei 126 TWh Windstrom oder das 1 ½ fache des österreichischen Strombedarfs bereits gestellt werden könnten. Das bedeutet, dass auf der Grundlage der heutigen Anlagentechnik ausreichend potential für die Definition neuer, bzw. erweiterter Ziele vorhanden wäre.

In Anlehnung an die gesetzlichen Vorgaben in Deutschland, hat die vorliegende Untersuchung die Zielsetzung, das Windpotential Österreichs bei unterschiedlichem Ausmaß der Flächennutzung zu bewerten. Konkret sollen die möglichen Stromerträge bei der Nutzung von **ein** bzw. **zwei Prozent der Bundesfläche** und deren mögliche Verteilung auf die Bundesländer bewertet werden.

Bundesland	Flächenbeitragswert 1 Prozent der Landesfläche zu erreichen bis zum 31. Dezember 2027	Flächenbeitragswert 2 Prozent der Landesfläche zu erreichen bis zum 31. Dezember 2032
Baden-Württemberg	1,1	1,8
Bayern	1,1	1,8
Berlin	0,25	0,5
Brandenburg	1,8	2,2
Bremen	0,25	0,5
Hamburg	0,25	0,5
Hessen	1,8	2,2
Mecklenburg-Vorpommern	1,4	2,1
Niedersachsen	1,7	2,2
Nordrhein-Westfalen	1,1	1,8
Rheinland-Pfalz	1,4	2,2
Saarland	1,1	1,8
Sachsen	1,3	2
Sachsen-Anhalt	1,8	2,2
Schleswig-Holstein	1,3	2
Thüringen	1,8	2,2

Tab 9 Vorgeschriebene Flächenbeitragswerte der deutschen Bundesländer (Anlage zu § 3 Absatz 1 WindBG)

5.1. Installierbare Leistung und Anlagenstückzahlen in den beiden Szenarien

Die Bewertung der installierbaren Leistungen innerhalb der angenommenen Szenarien der Flächennutzung (1% bzw. 2%) erfolgte analog der in Kapitel 4 für die Berechnung des theoretisch technisch möglichen Potentials angewendeten Methode über den in Zukunft zu erwartenden spezifischen Flächenbedarf (vgl. Kapitel 4.5 und Tab 6). Bei der Verteilung der Windgüteklassen innerhalb der beiden Szenarien wurde davon ausgegangen, dass zunächst bevorzugt bessere Standorte der Güteklasse A genutzt werden und sich mit Voranschreiten des Ausbaugrades in Richtung 2% die Flächenbelegung von Zone A in Richtung Zone C verschiebt.

SZENARIO 1		Zone A	Zone B	Zone C	Gesamt
Verteilung Güteklassen bei 1% Flächenbedarf		50%	30%	20%	100%
Fläche	[km ²]	419	252	168	839
Leistung	[MW]	7.339	4.404	2.936	14.678

SZENARIO 2		Zone A	Zone B	Zone C	Gesamt
Verteilung Güteklassen bei 2% Flächenbedarf		30%	40%	30%	100%
Fläche	[km ²]	503	671	503	1.678
Leistung	[MW]	8.807	11.743	8.807	29.357

Tab 10 Installierbare Leistung bei 1 % und 2 % Flächennutzung

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass auf **einem Prozent** der österreichischen Bundesfläche (839 km²) **14.678 MW** Windkraftleistung installiert werden können. Auf **zwei Prozent** der österreichischen Bundesfläche (1.678 km²) beträgt die installierbare Windkraftleistung **29.357 MW**.

Zur Abschätzung der für die untersuchte Flächenbelegung (1% bzw. 2%) erforderlichen **Anlagenstückzahlen** wurde die in aktuell geplanten Projekten eingesetzte durchschnittliche Anlagenleistung herangezogen. Unter Verwendung einer durchschnittlichen Anlagenleistung von 6,5 MW würde für die Umsetzung des **1 % Szenarios** mit einer Gesamtleistung von 14.678 MW eine **Anlagenanzahl von 2.258** und beim **2 % Szenario** mit 29.357 MW eine Anzahl von **4.516 Anlagen** erforderlich sein.

Im Vergleich dazu waren Ende 2022 in Österreich 1.365 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 3.573 MW in Betrieb. Bei der Nutzung von 1 % der österreichischen Bundesfläche könnte die aktuell installierte Leistung um das Vierfache erhöht werden, wobei die Anzahl der Windkraftanlagen lediglich um 65% von 1.365 auf 2.258 steigen würde. Bei 2 % Flächennutzung würde sich die installierte Leistung um das Achtfache erhöhen, während die Anzahl sich etwa verdreifacht.

5.2. Abschätzung der möglichen Energieerträge in den beiden Szenarien

Die Bewertung der in den beiden Szenarien erwirtschaftbaren Energieerträge erfolgte analog der in Kapitel 4 angewendeten Methode für ein **pessimistisches Szenario** (Szenario-Min) mit geringen Volllastbetriebsstunden und ein **optimistisches Szenario** (Szenario Max) mit höheren Volllastbetriebsstunden (siehe Kapitel 4.6). Die beiden nachfolgend dargestellten Tabellen zeigen die Ergebnisse der in den beiden Szenarien (1% und 2%) in den Bundesländern installierbaren Leistungen und Energieerträge. Ebenfalls ist die Aufteilung der Leistungen auf die einzelnen Windgüteklassen (A/B/C) dargestellt.

Bundesland	Güteklasse A	Güteklasse B	Güteklasse C	Leistung A+B+C	Jahresertrag Min	Jahresertrag Max
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[GWh]	[GWh]
Burgenland	1.977	406	199	2.582	6.654	7.985
Kärnten	193	353	293	839	1.947	2.336
NÖ	4.048	2.030	1.036	7.114	17.738	21.285
OÖ	142	222	340	703	1.595	1.914
Salzburg	4	55	169	228	484	581
Steiermark	918	1.185	688	2.790	6.655	7.986
Tirol	55	95	148	298	672	807
Vorarlberg	1	49	61	111	242	290
Wien	2	9	1	13	30	36
Österreich	7.339	4.404	2.936	14.678	36.017	43.220

Tab 11 Installierbare Leistung und Jahreserträge der Bundesländer bei 1 % Flächennutzung.

Bundesland	Güteklasse A	Güteklasse B	Güteklasse C	Leistung A+B+C	Jahresertrag Min	Jahresertrag Max
	[MW]	[MW]	[MW]	[MW]	[GWh]	[GWh]
Burgenland	2.372	1.082	598	4.052	10.121	12.145
Kärnten	231	942	880	2.053	4.634	5.561
NÖ	4.858	5.413	3.109	13.380	32.116	38.539
OÖ	170	592	1.020	1.782	3.928	4.713
Salzburg	5	146	506	657	1.388	1.665
Steiermark	1.102	3.159	2.063	6.324	14.610	17.533
Tirol	66	253	445	764	1.679	2.015
Vorarlberg	1	132	182	314	683	820
Wien	3	24	4	31	73	88
Österreich	8.807	11.743	8.807	29.357	69.232	83.078

Tab 12 Installierbare Leistung und Jahreserträge der Bundesländer bei 2 % Flächennutzung.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer Inanspruchnahme von **1 % der Fläche** Österreichs mit einer Leistung von rund 14.000 MW **zwischen 36 und 43 TWh** Elektrizität erzeugt werden können. Bei Inanspruchnahme von **2 % der Fläche** Österreichs können mit rund 29.000 MW Leistung zwischen **69 und 83 TWh** bereitgestellt werden.

5.3. Leistung und Flächenbedarf in den Bundesländern

In Tab 13 sind die den Bundesländern zugeordneten Anteile von Flächenbedarf und Leistung zusammengefasst. Abb 14 zeigt die Flächenanteile der Bundesländer an den beiden Szenarien und den aktuellen Stand der Flächennutzung Ende 2022.

Bundesland	1% Szenario			2% Szenario		
	Leistung	Flächenbedarf	Bundeslandanteil	Leistung	Flächenbedarf	Bundeslandanteil
	[MW]	[km ²]	[%]	[MW]	[km ²]	[%]
Burgenland	2.582	147	3,7%	4.052	231	5,8%
Kärnten	839	48	0,5%	2.053	117	1,2%
NÖ	7.114	406	2,1%	13.380	763	4,0%
OÖ	703	40	0,3%	1782	102	0,8%
Salzburg	228	13	0,2%	657	37	0,5%
Steiermark	2.790	159	1,0%	6.324	360	2,2%
Tirol	298	17	0,1%	764	44	0,3%
Vorarlberg	111	6	0,2%	314	18	0,7%
Wien	13	1	0,2%	31	2	0,4%
Österreich	14.678	837	1,0%	29.357	1673	2,0%

Tab 13 Flächenbedarf und Leistung der Bundesländer für die beiden Szenarien

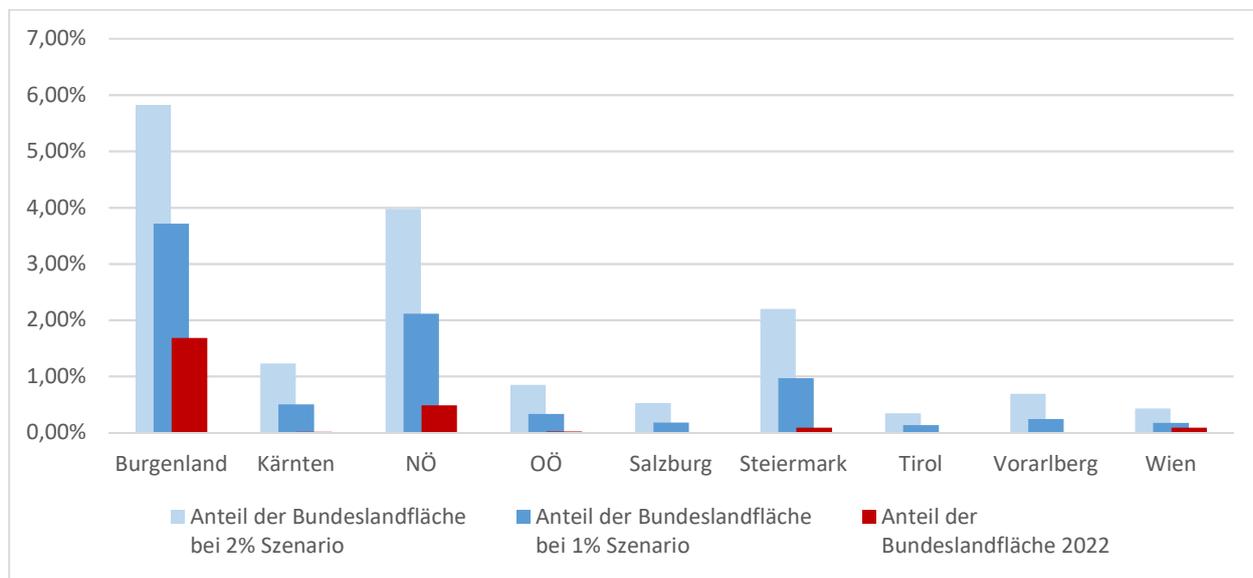


Abb 14 Anteile der Bundeslandflächen bei 2 % bzw. 1 % Flächennutzung und Stand der Flächennutzung in den Bundesländern Ende 2022

5.4. Schlussfolgerungen

Ende 2022 waren in Österreich 1.365 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 3.573 MW in Betrieb, welche durchschnittlich pro Jahr 8 TWh sauberen Strom bereitstellen, wobei die Bundesländer Niederösterreich, Burgenland und die Steiermark an der Spitze der Windstromproduktion Österreichs liegen. Die Flächenanalyse in Kapitel 3 hat ergeben, dass für den aktuellen Bestand an Windkraftanlagen eine Flächeninanspruchnahme von **178 Quadratkilometern** bzw. **0,2 % der Fläche** Österreichs angesetzt werden kann.

Dem gegenüber wurde in Kapitel 4 eine für die Windenergienutzung in Österreich **geeignete Fläche von 2.636** Quadratkilometern ermittelt, was etwa **3,14 % der Bundesfläche** entspricht. Die Berechnung des **theoretisch maximal mobilisierbaren Potentials** (TMMP) mittels definierten Flächenbelegungswerten innerhalb dieser Fläche ergab, dass bei einer installierbaren Leistung von 46.131 MW in Österreich theoretisch eine Jahresarbeit zwischen **105 TWh (Szenario Min)** und **126 TWh (Szenario Max)** bereitgestellt werden kann, was etwa dem 1 ½ fachen des österreichischen Elektrizitätsbedarfs entspricht.

Aufbauend auf der in Kapitel 4 für die Ermittlung des theoretisch maximal mobilisierbaren Windkraftpotentials in Österreich angewendeten Methode wurde das mögliche Windkraftpotenzial für die gegebenen Flächenbelegungswerte ermittelt:

- Bei einer Inanspruchnahme von **1 % der Fläche Österreichs** können mit einer installierbaren Leistung von rund 14.000 MW **zwischen 36 und 43 TWh** Elektrizität erzeugt werden.
- Bei einer Inanspruchnahme von **2 % der Fläche Österreichs** können mit einer installierbaren Leistung von rund 29.000 MW **zwischen 69 und 83 TWh** Elektrizität bereitgestellt werden.

Aus der Nutzung von 2 % der Österreichischen Fläche für Windenergie würde sich je nach Szenario ein jährlicher Gesamtenergieertrag zwischen 69 und 83 TWh ergeben. Im Vergleich mit dem Bedarf aus dem Jahr 2021 zeigt sich, dass das Windenergiepotential Österreichs ausreichend ist, um den aktuellen Inlandsstrombedarf von 72,3 TWh nominal zu decken (Statista Research Department, 2023).

Im Vergleich zur aktuellen Situation waren Ende 2022 in Österreich 1.365 Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von 3.573 MW in Betrieb. Bei der Nutzung von 1% der österreichischen Bundesfläche könnte die aktuell installierte Leistung um das Vierfache erhöht werden, wobei die Anzahl der Windkraftanlagen lediglich um 65% von 1.365 auf 2.258 steigen würde. Bei 2% Flächennutzung würde sich die installierte Leistung um das Achtfache erhöhen, während die Anzahl sich etwa verdreifacht.

Stellt man der im Jahr 2022 installierten Leistung die Ergebnisse aus dem theoretisch maximal mobilisierbaren Flächenpotential von 3,14 % gegenüber, wird deutlich, dass die Bundesländer nach wie vor beträchtliche Möglichkeiten in der Windenergiegewinnung besitzen. In Niederösterreich werden demnach aktuell - lediglich 9 %, in Burgenland 21 % und in der Steiermark 3 % des vorhandenen Leistungs-Potentials genutzt.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb 1	Entwicklung der installierten Leistung in Österreich mit prognostiziertem Wert für 2023. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]	5
Abb 2	Zeitliche Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenleistung und der durchschnittlichen Rotorkreisfläche. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]	6
Abb 3	Entwicklung der spezifisch installierten Leistung. Orange punktiert dargestellt ist die Trendlinie des Zeitraums 1994-2002, grün punktiert die Trendlinie für den Zeitraum 2002-2022. [Datenquelle: (IG Windkraft, 2023)]	7
Abb 4	Zeitliche Entwicklung der Volllaststunden. Punktiert ist die Trendlinie dargestellt. [Datenquelle: (Statistik Austria, 2023a)].	7
Abb 5	Anlagenpositionierung in einem realen Windpark in Niederösterreich. Die Rotordurchmesser sind als rote Kreise, die internen 3x4 Rotordurchmesser-Abstände als hellrote Rechtecke eingezeichnet. Fundament, Bauplatz und Weg sind gelb hervorgehoben. [Kartenquelle: basemap.at].	8
Abb 6	Aktuelle Flächenbeanspruchung (2022) der Bundesländer durch Windkraft in Österreich.....	9
Abb 7	Windgeschwindigkeiten in Österreich in 100 m über Boden (www.windatlas.at).....	10
Abb 8	Spezifische Nettostromerträge repräsentativer, dem Stand der Technik entsprechender WKA-Typen in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022).....	12
Abb 9	Regionale Verteilung der Windgüteklassen in Österreich.....	12
Abb 10	Kriterien für die Abschichtung der Windeignungsflächen.....	13
Abb 11	Anlagenabstände in Windparks. Die roten Kreise symbolisieren die Windkraftanlagen.....	15
Abb 12	Theoretisch maximal mobilisierbare Potentiale in den Bundesländern, aufgegliedert in drei Güteklassen.....	16
Abb 13	Aktuelle Nutzung (2022) des maximalen Leistungs-Potentials.....	18
Abb 14	Anteile der Bundeslandflächen bei 2 % bzw. 1 % Flächennutzung und Stand der Flächennutzung in den Bundesländern Ende 2022	22
Tab 1	In Planung befindliche Windkraftprojekte. In den nicht angeführten Bundesländern gibt es derzeit keine Projekte in den genannten Kategorien (Stand Oktober 2023). [Datenquelle: IG-Windkraft].....	6
Tab 2	Aktuelle Flächenbelegung der Bundesländer.[Datenquelle Bundeslandflächen: (Statistik Austria, 2023b)].	9
Tab 3	Parameter für die Normanlage und den Durchschnittstandort (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022).....	11
Tab 4	Zusammenfassung Kriterien für die Abschichtung der Windeignungsflächen	14
Tab 5	Mittlerer spezifischer Flächenbedarf von Windkraftanlagen	15
Tab 6	Theoretisch maximal mobilisierbare Potentiale in den Bundesländern, aufgegliedert in drei Güteklassen.....	16
Tab 7	Berechnung der Erträge und Volllastbetriebsstunden für drei Windzonen.....	17
Tab 8	Maximal installierbare Leistung und zugehörige Jahreserträge der Bundesländer.....	18
Tab 9	Vorgeschriebene Flächenbeitragswerte der deutschen Bundesländer (Anlage zu § 3 Absatz 1 WindBG).....	19

Tab 10	Installierbare Leistung bei 1 % und 2 % Flächennutzung	20
Tab 11	Installierbare Leistung und Jahreserträge der Bundesländer bei 1 % Flächennutzung	21
Tab 12	Installierbare Leistung und Jahreserträge der Bundesländer bei 2 % Flächennutzung	21
Tab 13	Flächenbedarf und Leistung der Bundesländer für die beiden Szenarien	22

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2022). *Gutachten zu den Betriebs- und Investitionsförderungen im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes (EAG)*.
- Energiewerkstatt. (2014). *Das realisierbare Windpotential Österreichs für 2020 und 2030*. Heiligenstatt 24, 5211 Friedburg: Energiewerkstatt.
- Energiewerkstatt Verein. (2011). *Windatlas und Windpotentialstudie Österreich*.
- IG Windkraft. (12. Jänner 2023). *Beschleunigung der Windgeschwindigkeit 2023*. Abgerufen am 01. 09. 2023 von <https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2023.01.11/1673456390551631.pdf>
- Statista Research Department. (12. Februar 2023). *Stromverbrauch in Österreich von 1920 bis 2021*. Abgerufen am 10. August 2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/325788/>
- Statistik Austria. (26. Mai 2023a). *Energiebilanzen*. Abgerufen am 30. August 2023 von <https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiebilanzen>
- Statistik Austria. (01. Jänner 2023b). *Regionale Gliederung*. Abgerufen am 9. August 2023 von <https://www.statistik.at/services/tools/services/regionales/regionale-gliederungen>
- WWF Deutschland. (2018). *ZUKUNFT STROMSYSTEM II – Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung*. Berlin.