



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Bericht vom 24. August 2022

Windpotenzial Schweiz 2022

Schlussbericht zum Windpotenzial Schweiz 2022



Datum: 24. August 2022

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

Meteotest AG
Fabrikstrasse 14, CH-3012 Bern
www.meteotest.ch

Autor/in:

Lukas Meyer, Meteotest AG, lukas.meyer@meteotest.ch
Sara Koller, Meteotest AG, sara.koller@meteotest.ch
Paul Froidevaux, Meteotest AG, paul.froidevaux@meteotest.ch
Beat Schaffner, Meteotest AG, beat.schaffner@meteotest.ch

BFE-Bereichsleitung: Saskia Bourgeois, saskia.bourgeoisstoekli@bfe.admin.ch
Markus Geissmann, markus.geissmann@bfe.admin.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/402934-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung und Ausgangslage	7
2 Methodik.....	7
2.1 Potenzialberechnung	7
2.1.1 Technisches Potenzial	8
2.1.2 Wirtschaftliches Potenzial	9
2.1.3 Ökologisches und gesellschaftliches Potenzial	9
2.2 Windpotenzial in BLN-Gebieten und im Wald.....	10
3 Resultierendes Windpotenzial	11
3.1 Gesamtpotenzial	11
3.2 Teilpotenzial in BLN-Gebieten und im Wald	11
3.3 Winterwindpotenzial.....	11
3.4 Windpotenzial aufgeteilt nach Kanton	12
4 Verwendung anderer Windressourcenquellen.....	14
5 Anhang – Liste der Ausschlussgebiete.....	14
5.1 Ausschlussgebiete aus technischer Machbarkeit	14
5.2 Ausschlussgebiete aus wirtschaftlicher Machbarkeit	14
5.3 Ausschlussgebiete durch Bundesinteressen	15
5.3.1 Einschränkungen aus Gründen des Lärmschutzes	15
5.3.2 Schutzgebiete ohne Interessenabwägung (BV oder EnG Art. 12)	15
5.3.3 Grundsätzliche Ausschlussgebiete	16
5.3.4 Vorbehaltsgebiete	17
5.3.5 Weitere Einschränkungen (transparent, abrufbar).....	18
Literaturverzeichnis	20

Abkürzungsverzeichnis

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
BFE	Bundesamt für Energie
BLN	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler
BV	Bundesverfassung
EnG	Energiegesetz
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
ISOS	Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung
MW	Megawatt
NEWA	New European Wind Atlas
SIL	Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt
SÜL	Sachplan Übertragungsleitungen
TWh/a	Terrawattstunden pro Jahr
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VBS	Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
WEA	Windenergieanlagen

Zusammenfassung

Die Meteotest AG berechnete 2012 als Grundlage für die Erarbeitung und Diskussion der Energiestrategie 2050 die Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie in der Schweiz im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU (Bundesamt für Umwelt BAFU 2012). Es resultierte ein Windpotenzial von 3.7 TWh/a. Zehn Jahre später ist dieser Wert überholt. Gründe dafür sind einerseits grosse technische Fortschritte der Windenergieanlagen, welche die kinetische Energie des Windes effizienter nutzen können. Unter anderem wurden Windenergieanlagen entwickelt, die sich speziell für Binnenlandbedingungen eignen. Andererseits haben sich mit der Revision des EnG 2018 die politischen Rahmenbedingungen verändert: Die Nutzung der erneuerbaren Energien erlangte nationales Interesse und wird in der Interessenabwägung nun höher gewichtet. Damit stehen potentiell mehr Flächen für die Windenergienutzung zur Verfügung. Es ist deshalb ein höheres Windpotenzial als 2012 möglich.

Die Methodik ist grundsätzlich gleich wie in den vorherigen Windpotenzialberechnungen und folgt, wo nicht anders beschrieben, der im Konzept Windenergie 2020 (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2020) definierten Methodik (Bundesamt für Energie BFE 2020). Als Datengrundlage der Windressourcen werden die mittleren Windgeschwindigkeiten auf 100 m und 150 m Höhe über Grund aus dem Windatlas 2019 (Bundesamt für Energie BFE 2019) verwendet.

In der aktuellen Berechnung werden für die Naturräume der Schweiz (Gutersohn 1973) verschiedene Turbinentypen verwendet, welche an die jeweilige Topografie und Windverhältnisse (Turbulenz, Böen, mittlere Windgeschwindigkeit) angepasst sind. Dabei wurden das Mittelland, der Jura und die breiten Alpentäler, sowie die Alpen separiert. Für das Mittelland wurde die Enercon E-160, 5.5 MW, auf 150 m Nabenhöhe, für den Jura und die breiten Alpentäler die Enercon E-138, 4.2 MW, auf 150 m Nabenhöhe und für die Alpen die Enercon E-92, 2.3 MW, auf 100 m Nabenhöhe in die Potenzialberechnung aufgenommen.

Die Neuberechnung des Windpotenzials auf Basis des Windatlas 2019 ergibt mit 29.5 TWh/a ein deutlich höheres Potenzial als der Potenzialbericht 2012 (3.7 TWh/a). Fortschritte in Turbinentechnologien und geänderte politische Rahmenbedingungen ermöglichen dies. Insbesondere in Waldgebieten ist ein hohes Potenzial vorhanden (14.8 TWh/a), während der Beitrag von BLN Gebieten geringer ausfällt (3.0 TWh/a). Ein Vergleich mit dem Potenzial auf Basis von zusätzlichen Windressourcenkarten (Windatlas 2016 und NEWA) zeigt, dass das Potenzial auf Basis des Windatlas 2019 eine konservative Schätzung darstellt.

Eine Analyse der Produktionsdaten von bestehenden Windkraftanlagen in der Schweiz zeigt eine Jahreszeitenabhängigkeit. Die Schweizer Windkraftanlagen produzieren im Winterhalbjahr generell mehr als im Sommerhalbjahr. Dies gilt für den Grossteil der Schweiz, mit Ausnahme einiger grosser Alpentäler, insbesondere des Rhonetals, wo die Produktion an den Nachmittagen im Frühling und Sommer am höchsten ist. Im Jura, im Mittelland, in den Voralpen und auf den grossen Alpenpässen liegt der Anteil der Jahresproduktion, der in den sechs Monaten zwischen Oktober und März produziert wird, bei 55 bis 70%. Es gibt jedoch lokal starke Unterschiede.

Résumé

En 2012, Meteotest AG a calculé les potentiels énergétiques pour l'énergie éolienne et solaire en Suisse sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV (Office fédéral de l'environnement OFEV 2012), afin de servir de base à l'élaboration et à la discussion de la stratégie énergétique 2050. Il en résulte un potentiel éolien de 3,7 TWh/a. Dix ans plus tard, cette valeur est dépassée. Cela s'explique d'une part par les grands progrès techniques des installations éoliennes, qui permettent d'utiliser plus efficacement l'énergie cinétique du vent. Des installations éoliennes spécialement adaptées aux conditions intérieures ont notamment été développées. D'autre part, la révision de la LEne en 2018 a modifié le cadre politique : L'utilisation des énergies renouvelables a reçu une attention nationale et est désormais plus fortement pondérée dans la pesée des intérêts. Il y a donc potentiellement plus de surfaces disponibles pour l'utilisation de l'énergie éolienne. Il est donc possible que le potentiel éolien soit plus élevé qu'en 2012.

La méthodologie est fondamentalement la même que pour les calculs de potentiel éolien précédents et suit, sauf description contraire, la méthodologie définie dans le concept Energie éolienne 2020 (Office fédéral du développement territorial ARE 2020) (Office fédéral de l'énergie OFEN 2020). Les vitesses moyennes du vent à 100 m et 150 m au-dessus du sol de l'Atlas éolien 2019 (Office fédéral de l'énergie OFEN 2019) sont utilisées comme base de données des ressources éoliennes.

Dans le calcul actuel, différents types de turbines sont utilisés pour les espaces naturels de Suisse (Gutersohn 1973), adaptés à la topographie et aux conditions de vent respectives (turbulence, rafales, vitesse moyenne du vent). Le Plateau, le Jura et les larges vallées alpines, ainsi que les Alpes ont été séparés. Pour le Plateau, le potentiel a été calculé avec l'Enercon E-160, 5,5 MW, à une hauteur de moyeu de 150 m, pour le Jura et les larges vallées alpines avec l'Enercon E-138, 4,2 MW, à une hauteur de moyeu de 150 m et pour les Alpes avec l'Enercon E-92, 2,3 MW, à une hauteur de moyeu de 100 m.

Le nouveau calcul du potentiel éolien sur la base de l'Atlas éolien 2019 donne un potentiel de 29,5 TWh/a, nettement supérieur à celui de 2012 (3,7 TWh/a). Les progrès réalisés dans les technologies des turbines et les modifications des conditions-cadres politiques rendent cela possible. Les zones forestières, en particulier, présentent un potentiel élevé (14,8 TWh/a), tandis que la contribution des zones IFP est plus faible (3,0 TWh/a). Une comparaison avec le potentiel basé sur des cartes de ressources éoliennes supplémentaires (Atlas éolien 2016 et NEWA) montre que le potentiel basé sur l'Atlas éolien 2019 représente une estimation conservatrice.

Une analyse des données de production des installations éoliennes existantes en Suisse montre une dépendance à la période de l'année. Les installations éoliennes suisses produisent généralement plus durant le semestre d'hiver que durant le semestre d'été. C'est le cas pour la majeure partie du pays, à l'exception de quelques grandes vallées alpines, notamment la vallée du Rhône, où la production est maximale les après-midi du printemps et de l'été. Dans le Jura, sur le Plateau, dans les Préalpes et sur les grands cols alpins, la part de la production annuelle qui est produite pendant les six mois entre octobre et mars est de 55 à 70%. Il existe toutefois de fortes différences au niveau local.

1 Einleitung und Ausgangslage

Die Meteotest AG (nachfolgend Meteotest) berechnete 2012 als Grundlage für die Erarbeitung und Diskussion der Energiestrategie 2050 die Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie in der Schweiz im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU (Bundesamt für Umwelt BAFU 2012). Es resultierte ein Windpotenzial von 3.7 TWh/a. Zehn Jahre später ist dieser Wert überholt. Gründe dafür sind einerseits grosse technische Fortschritte der Windenergieanlagen (nachfolgend WEA), welche die kinetische Energie des Windes effizienter nutzen können. Unter anderem wurden Windenergieanlagen entwickelt, die sich speziell für Binnenlandbedingungen eignen. Andererseits haben sich mit der Revision des EnG 2018 die politischen Rahmenbedingungen verändert: Die Nutzung der erneuerbaren Energien erlangte nationales Interesse und wird in der Interessenabwägung nun höher gewichtet. Damit stehen potenziell mehr Flächen für die Windenergienutzung zur Verfügung. Es ist deshalb ein höheres Windpotenzial als 2012 möglich.

2 Methodik

Die Methodik ist grundsätzlich gleich wie in vorherigen Windpotenzialberechnungen von Meteotest und folgt, wo nicht anders beschrieben, der im Konzept Windenergie 2020 (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2020) definierten Methodik (Bundesamt für Energie BFE 2020). Als Datengrundlage der Windressourcen werden die mittlere Windgeschwindigkeiten auf 100 m und 150 m Höhe über Grund aus dem Windatlas 2019 (Bundesamt für Energie BFE 2019) verwendet.

In der aktuellen Berechnung werden für die Naturräume der Schweiz (Gutersohn 1973) verschiedene Turbinentypen verwendet, welche an die jeweilige Topografie und Windverhältnisse (Turbulenz, Böen, mittlere Windgeschwindigkeit) angepasst sind. Dabei wurden das Mittelland, der Jura und die grossen Alpentäler, sowie die Alpen separiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Geeignete Turbinentypen und Nabenhöhen pro Naturraum.

Naturraum	Turbinentyp	Installierte Leistung	Nabenhöhe
Mittelland	Enercon E-160	5.5 MW	150 m
Jura und Alpentäler	Enercon E-138	4.2 MW	150 m
Alpen	Enercon E-92	2.3 MW	100 m

2.1 Potenzialberechnung

In der Berechnung des Windenergie-Potenzials für das BAFU 2012 wurde das Potenzial nach dem Nachhaltigkeitsansatz unter zunehmend restriktiveren Rahmenbedingungen in mehreren Schritten gerechnet (vgl. Abbildung 1).

In dieser Studie wurde analog vorgegangen. Dabei wurden für jede anwendbare Restriktion Ausschlussgebiete definiert, auf denen keine WEA platziert werden können. Nur auf Flächen, welche nach Anwendung aller Restriktionen von keinem Ausschlussgebiet betroffen sind, können WEA platziert werden. Die grundlegende Methodik wird in den folgenden Abschnitten 2.1.1, 2.1.2 sowie 2.1.3 erläutert. Die Ausschlussgebiete sind im Anhang in Kapitel 5 aufgelistet.

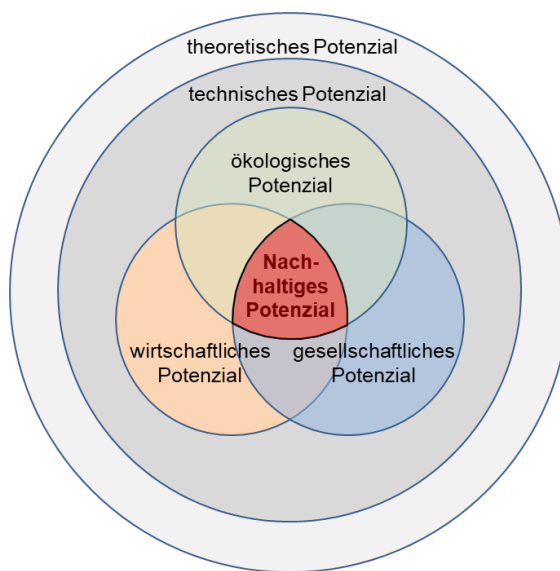


Abbildung 1: Grafische Darstellung des nachhaltigen Potenzials unter Berücksichtigung technischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sowie gesellschaftlicher Restriktionen.

2.1.1 Technisches Potenzial

Wie in vorherigen Studien werden in einem ersten Schritt die Flächen bestimmt, welche unter Berücksichtigung technischer Machbarkeit als zweckmässige Grundlage für die Bestimmung von Potenzialflächen anzusehen sind. Dabei werden Wasserflächen, Gebiete mit instabilem Baugrund (Geröll, Gletscher und Sümpfe), sowie zu steile Gebiete (Neigung > 20%) ausgeschlossen. Ebenfalls ausgeschlossen werden nicht erreichbare Gebiete (keine Erschliessung mit einer Strasse von mindestens Klasse 4) (Kapitel 5.1).

Neu werden aktualisierte Flächen für die Ausschlussgebiete durch zivile Flughäfen verwendet. Dazu gehören die Perimeter ziviler Flugplätze gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) und der An- und Abflugrouten ziviler Flugplätze - Teil des Gebiets mit Hindernisbegrenzung gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL). Die aktualisierten Daten dazu wurden durch das BFE zur Verfügung gestellt.

Auch sollen weitere durch Vorgaben des VBS, BAZL und Skyguide als technisch nicht geeignet eingestufte Flächen ebenfalls berücksichtigt werden. Der Grund für diese Einschränkungen sind technische Anlagen, die von allgemeinem Interesse sind. Jedoch sind zu diesen Anlagen des VBS, des BAZL,

sowie von Skyguide keine vollständigen Grundlagedaten verfügbar, da nicht alle Informationen kartografisch dargestellt werden können. Darum muss die Reduktion des Potenzials, welche durch den Ausschluss dieser Flächen entsteht, approximiert werden. Das BFE schätzt (Erfahrungswert), dass rund 5 - 10% der Standorte eine Absage durch VBS/BAZL/Skyguide erhalten und noch einmal 5 - 10% der Standorte mit Restriktionen behaftet sind. Darum wurde dieser Einschränkung Rechnung getragen und vom berechneten Windpotenzial (siehe Zwischentotal in *Kapitel 3*, Resultierendes Windpotenzial) 15% abgezogen.

Neu wird um die Standorte der fünf Radare der MeteoSchweiz und Radar Montancy (France) und die drei Windprofiler der MeteoSchweiz lediglich ein Puffer von 5 km anstatt 20 km als Ausschlussgebiet verwendet.

2.1.2 Wirtschaftliches Potenzial

Um das wirtschaftliche Potenzial abzubilden, wird ein Mindestangebot an verfügbarer Energieproduktion vorausgesetzt, die für einen wirtschaftlichen Betrieb von Windenergieanlagen benötigt wird. Es wird kumulativ zu den Kriterien des technischen Potenzials ein Kriterium für das wirtschaftliche Potenzial verwendet.

Dabei wird neu als wirtschaftliches Ausschlusskriterium nicht die Windgeschwindigkeit, sondern ein Schwellenwert für die Produktivität, d.h. die Produktion pro Jahr und Quadratmeter Rotorfläche, von 0.5 MWh/m²a (0.55 für BLN und die Umgebungszone des Schweizer Nationalparks) festgelegt. Diese Produktion ist abhängig von der mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe, sowie der Leistung und Rotorfläche der WEA. Dieser Schwellenwert wurde auf die maximal mögliche Produktion einer WEA angewandt, also ohne den Systemwirkungsgrad¹ zu berücksichtigen. Eine WEA kann platziert werden, wenn an diesem Punkt eine Produktivität von 0.5 MWh/m²a (0.55 für BLN und die Umgebungszone des Schweizer Nationalparks) überschritten wird, auch wenn danach durch Anwenden des Systemwirkungsgrads von 90 % die «effektive» Produktivität unter 0.5 MWh/m²a sinkt.

Es ist kein Produktivitätsverlust durch den Nachlaufeffekt (Parkeffekt) miteinbezogen. Jedoch sind die WEA mit einem Abstand von mindestens 5 x Rotordurchmesser (z.B. 5 x 92 m = 460 m für die E-92) platziert. Dadurch werden die Auswirkungen des Nachlaufeffektes reduziert, beziehungsweise können als nicht mehr relevant betrachtet werden.

2.1.3 Ökologisches und gesellschaftliches Potenzial

Kumulativ zum technischen und wirtschaftlichen Potenzial werden verschiedene Kriterien für das ökologische und gesellschaftliche Potenzial verwendet.

Wie in bisherigen Potenzialstudien werden folgende Flächen aus Lärmschutzgründen ausgeschlossen:

- Bauzonen

¹ Der Systemwirkungsgrad ist der Anteil der durch die Technologie produzierten Energiemenge, die tatsächlich ins Stromnetz eingespeist wird und berücksichtigt bei der Windenergie u.a. die Anlagen-Verfügbarkeit, elektrische (Umwandlungs-) Verluste, Verluste durch hohe Turbulenz sowie Vereisungsverluste.

- Ein Puffer von 300 m um Bauzonen
- Ein Puffer von 500 m um Wohnzonen
- Ein Puffer von 300 m um alle Hektaren mit > 1 Einwohner (gemäss Volkszählung 2017)

Weiterhin ausgeschlossen werden nationale Inventare für Natur- und Landschaftsschutz als Gebiete für das ökologische und gesellschaftliche Potenzial. Diese können unterteilt werden in Schutzgebiete ohne Interessenabwägung (Kapitel 5.3.2), grundsätzliche Ausschlussgebiete (Kapitel 5.3.2), Vorbehaltsgebiete (Kapitel 5.3.3), sowie Gebiete mit weiteren Einschränkungen (Kapitel 5.3.4). Für eine detaillierte Auflistung und Definition dieser Gebiete siehe die entsprechenden Kapitel im Anhang.

Neu können aufgrund des nationalen Interesses für den Ausbau der erneuerbaren Energien innerhalb von BLN Gebieten und in der Umgebungszone des Schweizer Nationalparks WEA platziert werden (vgl. Art. 12 Abs. 2 EnG i.V.m. Art. 8 Abs. 1 Bst. a EnV). Für die vorliegende Potenzialrechnung wurde jedoch ein höherer Schwellenwert für die Produktivität von 0.55 MWh/m²a als Bedingung vorausgesetzt.

Um die Schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung wird neu lediglich ein Puffer von 200 m anstatt 1 km als Ausschlussgebiet verwendet.

Weiter werden die folgenden Gebiete nicht mehr als Ausschlussgebiete definiert:

- Die Planungsgebiete und -korridore gemäss Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL)
- Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung
- Eidgenössische Jagdbanngebiete
- Regionale Naturpärke von nationaler Bedeutung
- UNESCO-Biosphärenreservate
- Fruchtfolgeflächen
- Kulturgüter von nationaler Bedeutung
- Waldflächen, inklusive Schutzwälder

2.2 Windpotenzial in BLN-Gebieten und im Wald

Zusätzlich zum Windpotenzial der gesamten Schweiz wird das Windpotenzial für spezifische Gebiete von besonderem Interesse, wie die BLN-Gebiete und der Wald (geschlossener und halboffener Wald, inkl. Schutzwald) separat berechnet.

BLN und Wald werden in der Berechnung des Windpotenzials der gesamten Schweiz nicht ausgeschlossen. Folglich kann das Potenzial für BLN und Wald anteilmässig aus dem errechneten Gesamtpotenzial abgeleitet werden. Die Schutzgebiete ohne Interessenabwägung hingegen werden in der Berechnung des Windpotenzials der gesamten Schweiz ausgeschlossen.

3 Resultierendes Windpotenzial

3.1 Gesamtpotenzial

Mit der oben beschriebenen Methodik auf Basis des Windatlas 2019 ergibt sich folgendes Produktionspotenzial:

- Alpen (E-92): 5.0 TWh/a
- Jura und Alpentäler (E-138): 9.1 TWh/a
- Mittelland (E-160): 20.6 TWh/a
- Zwischentotal: 34.7 TWh/a
- Abschlag von 15% (VBS, BAZL, Skyguide): 5.2 TWh/a
- **Total²: 29.5 TWh/a**

Total werden für dieses Windpotenzial 4'439 WEA platziert, davon 1'287 in den Alpen, 1'173 im Jura und den Alpentälern, sowie 1'979 im Mittelland.

3.2 Teilpotenzial in BLN-Gebieten und im Wald

In den separat berechneten Gebieten ergibt sich folgendes Produktionspotenzial:

- BLN: 3.0 TWh/a (entspricht 10.2 % des Gesamtpotenzials)
- Wald: 14.8 TWh/a (entspricht 50.1 % des Gesamtpotenzials)

3.3 Winterwindpotenzial

Die Stromproduktion von Windkraftanlagen hängt direkt von der Windgeschwindigkeit ab. Generell ist die momentane Windgeschwindigkeit sehr variabel und schwankt je nach Wetterlage. Selbst die durchschnittliche Windgeschwindigkeit an einem bestimmten Ort kann je nach Tageszeit oder Jahreszeit stark variieren.

Vereinfacht lässt sich die allgemeine Windsituation in der Schweiz wie folgt zusammenfassen: Grossräumige Winde wie der Westwind und die Bise, die durch die Lage von Hoch- und Tiefdruckgebieten bestimmt werden, sind im Herbst und Winter tendenziell stärker ausgeprägt. Im Gegensatz dazu sind lokale thermische Winde tendenziell im Sommer und im Frühling stärker ausgeprägt. Während die grossräumigen Winde typischerweise in mehrtägigen Episoden variieren, haben die lokalen thermischen Winde zudem eine starke Tageskomponente und sind meist am späten Nachmittag am stärksten.

Die verschiedenen Regionen der Schweiz und die verschiedenen Standorte potenzieller Windkraftanlagen sind diesen unterschiedlichen Winden mehr oder weniger stark ausgesetzt, so dass es grosse

² Mögliche Inkonsistenzen in den Summierungen entstehen, weil die hier dargestellten Zahlen auf eine Kommastelle gerundet sind.

Unterschiede in den Jahres- und Tageszyklen der Windenergieproduktion zwischen den Regionen und sogar zwischen den einzelnen Standorten gibt.

Meteotest hat eine Auswertung über die jährlichen und täglichen Schwankungen der Windenergieproduktion in der Schweiz durchgeführt, die auf der Analyse der Windgeschwindigkeit, die an den Messstationen von MeteoSchweiz gemessen wurde, sowie auf der Analyse der Produktion der bestehenden Windkraftanlagen in der Schweiz (monatliche Produktionswerte pro Anlage, die vom BFE zur Verfügung gestellt wurden) basiert.

Diese Analyse zeigt, dass die Schweizer Windkraftanlagen im Winterhalbjahr generell mehr produzieren als im Sommerhalbjahr. Dies gilt wahrscheinlich für den Grossteil der Schweiz, mit Ausnahme einiger grossen Alpentäler, insbesondere des Rhonetals, wo die Produktion an den Nachmittagen im Frühling und Sommer am höchsten ist.

Im Jura, im Mittelland, in den Voralpen und auf den grossen Alpenpässen liegt der Anteil der Jahresproduktion, der in den sechs Monaten zwischen Oktober und März produziert wird, bei 55 bis 70%. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass das Winterstrompotenzial zwischen 55 bis 70% des Gesamtpotenzials beträgt. Dies ergibt ein minimales Winterstrompotenzial von ungefähr 16.3 TWh/a ($29.5 \text{ TWh/a} * 0.55$). Es gibt jedoch lokal starke Unterschiede.

Diese vorläufigen Schätzungen basieren auf einer kurzen Analyse, die nur ein Produktionsjahr berücksichtigt. Robuste Ergebnisse können durch eine eingehendere Analyse von mehreren Produktionsjahren erzielt werden.

3.4 Windpotenzial aufgeteilt nach Kanton

Die platzierten WEA wurden nach Kanton aufgeteilt. Somit kann das Potenzial pro Kanton berechnet werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Windpotenzial nach Kantonen aufgeteilt.

Kanton	Potenzial [GWh/a]
Aargau	1'218
Appenzell Ausserrhoden	168
Appenzell Innerrhoden	81
Basel-Landschaft	597
Basel-Stadt	0 (keine WEA platziert)
Bern	7'030
Freiburg	1'803

Genf	437
Glarus	24
Graubünden	1'315
Jura	1'908
Luzern	1'090
Neuenburg	1'147
Nidwalden	11
Obwalden	0 (keine WEA platziert)
Schaffhausen	464
Schwyz	437
Solothurn	956
St. Gallen	1'515
Thurgau	1'439
Tessin	104
Uri	77
Wallis	632
Waadt	5'929
Zug	189
Zürich	883
Summe	29'456 (= 29.5 TWh/a)

4 Verwendung anderer Windressourcenquellen

Es existieren weitere Windatlanten der Schweiz, welche teilweise auf einer anderen Datengrundlage erstellt wurden. Um eine Einschätzung der Resultate mit dem Windatlas 2019 zu gewinnen, wurden zusätzlich zum Windatlas 2019 das Windpotenzial auf Basis des Windatlas 2016 (Bundesamt für Energie BFE), sowie dem «New European Wind Atlas NEWA» (NEWA Consortium 2022) berechnet. Die Resultate aufgrund der zwei weiteren genannten Datensätze sind um den Faktor 2 bis 2.7 höher. In diesem Sinne ist das Windpotenzial auf Basis des Windatlas 2019 als konservativ zu werten.

5 Anhang – Liste der Ausschlussgebiete

5.1 Ausschlussgebiete aus technischer Machbarkeit

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
Wasserflächen	Wasserflächen	-	Ausschluss
Baugrund	Geröll, Gletscher und Sümpfe	-	
Neigung	Neigung > 20%	-	Ausschluss
Erschliessung	Gebiete mit Distanz > 1'000 m von 2 m Strassen	-	Ausschluss
Grenzgebiete	Puffer von 100 m entlang der Schweizer Grenze, damit keine WEA im Grenzbereich platziert werden.	-	Ausschluss

5.2 Ausschlussgebiete aus wirtschaftlicher Machbarkeit

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
Produktivität	Produktivität abhängig von Windgeschwindigkeit und Turbinentyp	-	Ausschluss wenn Produktivität < 0.5 MWh/m ² a

5.3 Ausschlussgebiete durch Bundesinteressen

5.3.1 Einschränkungen aus Gründen des Lärmschutzes

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
Bauzone	Bauzonen (kantonale Daten)	2.1	Ausschluss
Bauzone P300m	Puffer von 300 m um Bauzonen; Ausnahme: Arbeits- und Verkehrszonen	2.1	Ausschluss
Wohnzone P500m	Puffer von 500 m um Wohn- und Mischzonen	2.1	Ausschluss
Bewohnte Hektaren P300m	Ein Puffer von 300 m um alle Hektaren mit > 1 Einwohner	-	Ausschluss

5.3.2 Schutzgebiete ohne Interessenabwägung (BV oder EnG Art. 12)

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
Moorlandschaft	Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss
Hochmoor	Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss
Flachmoor	Flachmoore von nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss
Nationalpark	Kernzone Nationalpärke	3.5	Ausschluss
Naturerlebnispark	Kernzone Naturerlebnispärke	3.5	Ausschluss
Auengebiet	Auengebiete von nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss
Trockenwiese	Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss

Amphibien	Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss
Wasser-/ Zugvogelreservat	Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung	3.5	Ausschluss

5.3.3 Grundsätzliche Ausschlussgebiete

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
UNESCO Natur	UNESCO-Welterbe Naturstätten	3.2	Ausschluss
UNESCO Kultur	UNESCO-Welterbe Kulturstätten	3.2	Ausschluss
BLN	Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN-Gebiete)	3.3	Ausschluss wenn Produktivität < 0.55 MWh/m2a
VAEW-Gebiete	Gebiete gemäss Verordnung über die Abgeltung von Einbussen der Wasserkraftnutzung (VAEW)	3.5	Ausschluss
Umgebungszone Nationalpark	Umgebungszone Nationalpärke	3.5	Ausschluss wenn Produktivität < 0.55 MWh/m2a
Übergangszzone Naturerlebnispark	Übergangszzone Naturerlebnispärke	3.5	Ausschluss
Grundwasser	Grundwasserschutzzonen S1 und S2 (kantonale Daten)	3.5	Ausschluss
Waldreservate	Waldreservate	3.6	Ausschluss
Auerhuhn	Kerngebiete des Auerhuhns (Tetrao urogallus, Gebiete mit aktuellem Vorkommen, welche den P1-Gebieten im Aktionsplan Auerhuhn Schweiz entsprechen)	4	Ausschluss

Bartgeier	Kerngebiete des Bartgeiers (Gypaetus barbatus; Puffer von 5 km um regelmässig besetzte Horste)	4	Ausschluss
Perimeter ziv. Flugplatz	Perimeter ziviler Flugplätze gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	5.1	Ausschluss
Ziv. An- und Abflugrouten	An- und Abflugrouten ziviler Flugplätze - Teil des Gebiets mit Hindernisbegrenzung gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	5.1	Ausschluss ⁴
Perimeter mil. Flugplatz	Perimeter militärischer Flugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	5.2	Ausschluss
Mil. Hindernisbegrenzungsfläche	Hindernisbegrenzungsflächen der Militärflugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	5.2	Ausschluss
Waffen- und Schiessplatz	Perimeter der Waffen- und Schiessplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	5.2	Ausschluss
Niederschlagsradar P5km	Puffer von 5 km um Standorte der 5 Radare von MeteoSchweiz + Radar Montancy (France)	5.3	Ausschluss
Windprofiler P5km	Puffer von 5 km um Standorte der 3 Windprofiler von MeteoSchweiz	5.3	Ausschluss

5.3.4 Vorbehaltsgebiete

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
SÜL	Planungsgebiete und –korridore gemäss Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL)	2.2	verwenden
UNESCO Kultur PZ	Pufferzone um UNESCO-Welterbe Kulturstätten	3.2	Ausschluss
Wildtierkorridor	Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung	3.5	verwenden

Jagdbanngebiet	Eidgenössische Jagdbanngebiete	3.5	verwenden
Reg. Naturpark	Regionale Naturpärke von nationaler Bedeutung	3.5	verwenden
Biosphärenreservat	UNESCO-Biosphärenreservate	3.5	verwenden
Ziv. Horizontalflächen	Horizontalfächen ziviler Flugplätze - Teil des Gebiets mit Hindernisbegrenzung gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	5.1	Ausschluss ⁴
Ziv. Sur-Anlage P	Puffer von max. 15 km um Überwachungsradare der Zivilluftfahrt (Surveillance systems)	5.1	Ausschluss
Ziv. Nav-Anlage P	Puffer von max. 15 km um Navigationsanlagen der Zivilluftfahrt (Navigation systems)	5.1	Ausschluss
Ziv. Com-Anlage P2km	Puffer von 2 km um Kommunikationsanlagen der Zivilluftfahrt (Communications systems)	5.1	Ausschluss
Mil. Flugplatz P20km	Puffer von 20 km um militärische Flugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	5.2	Ausschluss
Niederschlagsradar P5-20km	Puffer 5 bis 20 km um Standorte der 5 Radare von MeteoSchweiz + Radar Montancy (France)	5.3	verwenden
Windprofiler P5-20km	Puffer 5 bis 20 km um Standorte der 3 Windprofiler von MeteoSchweiz	5.3	verwenden

5.3.5 Weitere Einschränkungen (transparent, abrufbar)

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis auf Ziffer in Tabelle Kapitel 2.2.2 KW	Potenzialstudie 2022
FFF	Fruchtfolgeflächen (kantonale Daten)	2.2	verwenden

ISOS	Schützenswerte Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.4	Ausschluss
ISOS P1km	Puffer von 1 km um schützenswerte Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.4	verwenden
IVS	Historische Verkehrswege der Schweiz (IVS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.4	Ausschluss
KGS-Inventar	Kulturgüter von nationaler Bedeutung		verwenden
Wald	Waldflächen	3.6	verwenden
Schutzwald	Schutzwälder	3.6	verwenden
SwissMetNet	Bodenmessstationen von MeteoSchweiz (SwissMetNet)	5.3	Ausschluss
SwissMetNet P1km	Puffer von 1 km um Bodenmessstationen von MeteoSchweiz (SwissMetNet)	5.3	Ausschluss

Literaturverzeichnis

Bundesamt für Energie BFE (2020) Konzept Windenergie. Methodenbeschreibungen für die Karten gemäss Anhang A-1, A-2 und A-3. Bern

Bundesamt für Energie BFE (2019) Windatlas Schweiz. https://www.uvegis.admin.ch/BFE/storymaps/EE_Windatlas/?lang=de

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2020) Konzept Windenergie. Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen. Bern

Bundesamt für Umwelt BAFU (2012) Energiestrategie 2050. Berechnung der Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie. Bern

Gutersohn H (1973) Naturräumliche Gliederung, 1 : 500'000. In: Imhof E (ed) Atlas der Schweiz. Eidgenössische Landestopographie, Wabern-Bern, pp 1965–1981

NEWA Consortium (2022) New European Wind Atlas. www.neweuropeanwindatlas.eu