Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Bundesamt für Energie BFE

Konzept Windenergie

Methodenbeschreibungen für die Karten gemäss Anhang A-1, A-2 und A-3

Entwurf für die Anhörung und Mitwirkung

Bundesamt für Energie BFE
~~Mühlestrasse 4~~
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen

Tel +41 58 462 56 11
info@bfe.admin.ch
www.bfe.admin.ch

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Worblentalstrasse 66
CH-3063 Ittigen

Tel +41 58 462 40 60
info@are.admin.ch
www.are.admin.ch

Bern, ~~25~~1. September ~~2020~~2026

Verfasser

Albrecht-Widler Simon	Meteotest, Bern	Konzept & erste Umsetzung ~~Anhang~~A-3
Anne-Kathrin Weber, Lukas Meyer	Meteotest, Bern	Konzept Aktualisierung & Umsetzung A-3
Corpataux Aline, Faden Michael und Hischier Vincent	ARE, Sektion Grundlagen	~~Technische~~Erste Umsetzung ~~Anhang~~ A-2
Maurer Weisbrod Yves	ARE, Sektion Grundlagen	Konzept und ~~Update Anhang~~Aktualisierung A-2

Projektteam Konzept Windenergie

Bourgeois Saskia	BFE, Sektion Erneuerbare Energien
Cattaneo Mattia	ARE, Sektion Bundesplanungen
~~Geissmann Markus~~	~~BFE, Sektion erneuerbare Energien~~
Zwiauer Leonhard	ARE, Sektion Bundesplanungen

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

1.1 Erläuterungen zur Aktualisierung der Karten A-1 bis A-3 im Kontext der Anpassung 2020 am Konzept Windenergie 1

2 Hinweiskarte auf die mittlere Windgeschwindigkeit in der Schweiz (Anhang A-1) 2

3 Hinweiskarte auf Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen (Anhang A-2) 4

3.1 Allgemeine Beschreibung des Geodatensatzes 4

3.2 Thematischer Inhalt des Geodatensatzes 5

3.2.1 Allgemeiner Ablauf der Produktion des Geodatensatzes 5

3.2.2 Erstellen des Geodatensatzes 6

3.2.3 Algorithmus für die Zuweisung der Kategorie der 500m Zellen 8

4 Grundlagenkarte des Bundes betreffend hauptsächlicher Windpotenzialgebiete (Anhang A-3) 9

4.1 Allgemeine Beschreibung des Geodatensatzes 9

4.2 Erstellen des Geodatensatzes 9

4.2.1 Schritt 1: Technische und wirtschaftliche Machbarkeit 9

4.2.2 Schritt 2: A priori Ausschluss aus rechtlichen Gründen 10

4.2.3 Schritt 3: Berücksichtigung planungsrechtlicher Einschränkungen 10

4.2.4 Schritt 4: Potenzielle Windenergieanlagenstandorte und Energieertrag 10

4.2.5 Schritt 5: Kartografische Darstellung 13

5 Geodatensätze zu den berücksichtigten Bundesinteressen 16

5.1 Geodatensätze zur Kategorie 1: Bauzonen mit Puffer (Lärmschutz) 16

5.2 Geodatensätze zur Kategorie 2: Schutzgebiete ohne Interessenabwägung 16

5.3 Geodatensätze zur Kategorie 3: Grundsätzliche Ausschlussgebiete 17

5.4 Geodatensatz zur Kategorie 4: Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse 19

5.5 Geodatensätze zur Kategorie 5: Vorbehaltsgebiete (nicht abschliessend) 19

5.6 Geodatensätze zur Kategorie 6: Weitere Einschränkungen (transparent, abrufbar) . 21

6 Anhang 23

1 Einleitung

Das Konzept Windenergie enthält im Anhang A-1, A-2 und A-3 drei kartografische Abbildungen mit einem Bezug zum Thema Windenergieplanungen. Den drei Karten liegen verschiedene Daten, Analysen, Annahmen und gewählte Optionen für die kartografische Darstellung zugrunde. Die Methodenbeschreibungen dienen der Dokumentation und verfolgen auch die Absicht, das Verständnis für die Aussagekraft der Karten zu schärfen. Die Karten im Anhang des Konzepts Windenergie sind bereits Bestandteil der ersten Publikation im Jahre 2017 gewesen. 2020 wurde das Konzept Windenergie wie auch die Karten im Anhang angepasst. Auch mit der Anpassung 2026 des Konzepts Windenergie, die voraussichtlich 2027 publiziert wird, werden die Karten im Anhang angepasst. Während sich einzelne Parameter der Methodik bei einer Anpassung ändern können, sind die Grundzüge der Methodik seit der Erstpublikation stabil geblieben. Das nachfolgenden Unterkapitel gibt Aufschluss über die wichtigsten Änderungen im Rahmen der Anpassung 2026 des Konzepts Windenergie.

1.1 Erläuterungen zur Aktualisierung der Karten A-1 bis A-3 im Kontext der Anpassung ~~2020~~2026 am Konzept Windenergie

Die Karten A-1, A-2 und A-3 sind im Rahmen der Anpassung ~~2020~~2026 aktualisiert worden. Die wichtigsten Hintergründe der Aktualisierung werden im Folgenden kurz erläutert.

Karte A-1

Die Karte im Anhang A-1 des Konzepts Windenergie ist ein Auszug aus dem Windatlas Schweiz~~, der 2019 aktualisiert worden ist. Der Windatlas 2019 beruht auf rund viermal mehr Messdaten als der Windatlas 2016[1]. Viele der neuen Daten stammen aus Messungen auf einer Höhe von 5 bis 10 Meter über Grund und entsprechen nicht den Messstandards für Windenergieanlagen. Sie tragen daher nur bedingt zur Verbesserung der Genauigkeit der Modellierung bei. . Insbesondere in komplexem Gelände und auf den Höhenstufen über 100m über Grund können punktuell grosse Abweichungen zwischen der Modellierung und den tatsächlich gemessenen Werten auftreten. Die Integration der neuen Windmessdaten hat dazu geführt, dass beim Windatlas 2019 die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auf 125 Meter über Grund – über die gesamte Schweiz gesehen – um ca. 0.5 m/sec tiefer liegen als beim Windatlas 2016. Die Differenzen zwischen den Werten für 2019 und denjenigen für 2016 liegen dabei aber i.d.R. innerhalb der 2016 kommunizierten Unsicherheiten~~ 2019. Der Windatlas Schweiz ist seither nicht aktualisiert worden, weshalb die Karte A-1 nach wie vor darauf beruht. Die Anpassung der Methodik für die Karte A-3 (siehe weiter unten) führt jedoch dazu, dass im Jura und im Mittelland die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auf 150 Meter über Grund, in den Alpen hingegen die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auf 100 Meter über Grund verwendet werden. Die verwendete naturräumliche Gliederung der Schweiz wird in Kapitel 2 vorgestellt.

Karte A-2

Die Karte zu den Bundesinteressen ist aufgrund der Anpassung ~~2020~~2026 am Konzept Windenergie nachgeführt worden. Die ~~Umsetzung von Artikel 12~~ Anpassung verschiedener Gesetze (Energiegesetz~~ hat zu~~, Waldgesetz sowie Jagdgesetz) haben dazu geführt, dass einzelne Geodaten einer neuen Kategorie ~~«Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» und zu einer Zuteilung der Biotope von nationaler Bedeutung (gemäss Art. 18*a* NHG) zur Kategorie «Schutzgebiet ohne Interessenabwägung» geführt. Im Weiteren sind aktualisierte Datensätze verwendet worden, was zu einzelnen Änderungen von Perimetern geführt hat,~~zugeordnet wurden (z.B. Waldreservate). Weiter haben insbesondere die Berücksichtigung der «Risikopotenzialkarte Windenergie und Avifauna Schweiz» sowie eine Neuordnung der Geodaten im Bereich ~~der~~ Zivilluftfahrt~~, des Grundwassers, des Artenschutzes,~~ zu Veränderungen in der ~~Militärischen Anlagen~~Karte geführt. Kaum in Erscheinung treten hingegen die Perimeter neuer Objekte und ~~der Schutzwälder. Bei diesen Themenbereichen sind durch die Dateneigner signifikante Anpassungen an der räumlichen Ausdehnung der einzelnen Datenebenen vorgenommen worden.~~die geringfügigen Änderungen einzelner Perimeter aufgrund gegenüber 2020 aktualisierter Datensätze (z.B. bei den Biotopen von nationaler Bedeutung).

~~[1] Insbesondere sind 2019 – aufgrund verschiedener Windmessungen für konkrete Windenergieprojekte – mehr spezifische Windenergie-messdaten auf 80 oder 100 m Höhe über Grund und die Windmessungen des schweizerischen Lawinenforschungsinstituts SLF sowie von Meteo Schweiz auf Messhöhen von 5 und 10 m über Grund für die Windfeldmodellierung zur Verfügung gestanden.~~

Karte A-3

Die Karte A-3 mit den hauptsächlichen Windpotenzialgebieten liefert aus Sicht des Bundes Hinweise an die Kantone und richtet sich deshalb an sie. Die Hinweise des Bundes im Rahmen der Karte A-3 werden schweizweit nach gleichen Bedingungen ausgewiesen und stützen sich auf die Daten der Karten A-1 und A-2. Die Hinweise des Bundes sollen angemessene Spielräume für die Kantone aufweisen, weil einerseits bei dieser Analyse des Bund keine kantonalen und kommunalen Interessen berücksichtigt werden und nicht alle Bundesinteressen vollumfänglich berücksichtigt werden können – dies kann i.d.R. erst mit genaueren Planungsarbeiten geschehen –, und weil andererseits die zugrundeliegenden Windmodellierungsdaten Unsicherheiten aufweisen.

~~Um die schweizweiten Flächen, die aus Sicht des Bundes durch die Kantone vertieft abgeklärt werden sollen, in ähnlichem Umfang zu belassen, werden um 0.5 m/sec tiefere durchschnittliche Windgeschwindigkeit in die Analyse einbezogen (vgl. Tabelle 5 in Kap. 4.2.4). Diese 0.5 m/sec liegen im Unsicherheitsbereich der modellierten Windgeschwindigkeiten und entsprechen der durchschnittlichen Reduktion über die ganze Schweiz, die sich aus der Aktualisierung 2019 des Windatlas Schweiz ergeben (vgl. Erläuterungen oben unter Karte A-1). Etwas geringere Windgeschwindigkeiten zu berücksichtigen lässt sich im Weiteren auch mit dem Einsatz effizienterer Windenergieanlagen begründen.~~

~~Bei der Analyse der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete aus Sicht des Bundes ist im Rahmen der Anpassung 2019 auch eruiert worden, welche hauptsächlichen Windpotenzialgebiete sich innerhalb der neuen Kategorie «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» befinden. Konkret betrifft dies hauptsächliche Potenziale in BLN-Gebieten. Die Analyse hat nur in sehr bescheidenem Ausmass weitere Gebiete ergeben, die aus Sicht des Bundes zu den hauptsächlichen Windpotenzialgebieten zu zählen sind und im Rahmen der kantonalen Richtplanung vertieft abgeklärt werden sollen. Die entsprechenden Gebiete befinden sich in den BLN-Gebieten 1002 (Chasseral; Kt. BE), 1402 (Hörnli-Bergland; Kt. SG/ZH) und 1607 (Bergsturzgebiet von Goldau; Kt. SZ).~~

Mit der Anpassung 2026 wurden zur Bestimmung der hauptsächlichen Windpotenzialgebiet aus Sicht Bund Turbinentypen berücksichtigt, welche in den letzten Jahren bei realisierten und geplanten Projekten zum Einsatz gelangen. Die eingesetzten Turbinentypen sind abhängig von der Topographie und den Windverhältnissen, der technologischen Entwicklung und den Marktverhältnissen. Dabei zeigt es sich, dass in den Naturräumen Jura, Mittelland und Alpen jeweils derart unterschiedliche Turbinentypen eingesetzt werden, dass eine diesbezügliche räumliche Differenzierung der Schweiz angezeigt ist (vgl. Kapitel 2 und 4.2.4). Weil mit den grossen Turbinentypen im Jura und im Mittelland das nationale Interesse gemäss Artikel 12 Energiegesetz bzw. den in Art. 9 Energieverordnung festgelegten Grenzwert von 20 GWh Jahresenergieertrag in aller Regel bereits mit 3 Windenergieanlagen erreicht wird, werden in diesen Gebieten neu Cluster mit mindestens 3 Anlagen gebildet. In den Alpen werden kleinere Turbinentypen verwendet und es sind somit neu mindestens 6 Windanlagen hierfür nötig. Dies sind die wichtigsten Änderungen an der Methode gegenüber der Vorgängerversion des Jahres 2020.

2 Hinweiskarte auf die mittlere Windgeschwindigkeit in der Schweiz (Anhang A-1)

Die Karte im Anhang A-1 des Konzepts Windenergie ist ein Auszug aus dem Windatlas Schweiz 2019. Aufgrund der in den letzten Jahren installierten und geplanten Typen von Windenergieanlagen ~~mit einer Masthöhe von 100 Meter und darüber~~ wird die mittlere Windgeschwindigkeit auf ~~125~~100 bzw. 150 Meter über Grund dargestellt. Die Dimensionierung von Windenergieanlagen hängt massgeblich von der lokalen Topographie und den Windverhältnissen (Turbulenz, Böen, mittlere Windgeschwindigkeit) ab. Für diese Analyse wird die Schweiz deshalb in drei Regionen unterteilt: Jura, Mittelland und Alpen. Im Jura und im Mittelland lassen sich grosse Windenergieanlagen realisieren. Für diese Regionen wird folglich die mittlere Windgeschwindigkeit auf 150 Meter über Grund dargestellt. In den Alpen limitieren das anspruchsvolle Gelände, die Logistik und das Windregime in der Regel die Anlagengrösse. Hier kommen mehrheitlich kleinere Anlagen zum Einsatz. Darum

wird im Alpenraum die Windgeschwindigkeit auf 100 Meter über Grund abgebildet. Als Datengrundlage für die Einteilung in die Regionen werden die Naturräume der Schweiz (Gutersohn, 1973[2]) verwendet.

Abbildung 1: Die Einteilung in die Regionen Jura, Mittelland und Alpen nach Gutersohn (1973).

Die Gliederung nach Gutersohn (1973) legt das Schwergewicht auf die Landschaftsform (Relief, Topografie) und differenziert damit die für die Windenergienutzung massgebenden Standortfaktoren (Gelände, Windregime, Erschliessung) relativ gut. Auf eine feinere räumliche Differenzierung wurde bewusst verzichtet und die Schweiz lediglich in die drei Naturräume Jura, Mittelland und Alpen unterteilt. In der Studie «Windpotenzial Schweiz 2022» (BFE 2022) sind die breiten Alpentäler zusätzlich als eigene Region ausgeschieden und demselben Anlagentyp wie im Jura zugeordnet worden. Eine solche zusätzliche Abgrenzung, etwa der Alpentäler oder der Voralpen, lässt sich jedoch nicht robust und schweizweit einheitlich aus der Gliederung nach Gutersohn ableiten, sondern erfordert manuelle, im Einzelfall wertende kartografische Entscheide. Zudem würde dies eine Genauigkeit vortäuschen, die weder den zugrunde liegenden Windmodellierungsdaten noch dem orientierenden Charakter der Karte A-3 entsprechen. Letzter stellt eine generalisierte Hinweiskarte auf die hauptsächlichen Windpotenzialgebiete aus Sicht Bund dar (s, Kapitel 4). Die Nutzerinnen und Nutzer der Karten im Anhang des Konzepts Windenergie sollten sich bewusst sein, dass diese Einteilung eine grobe Annäherung darstellt; die tatsächlichen Verhältnisse und gewählten Anlagen können und werden bei konkreten Projekten im Einzelfall von der für die Zwecke dieser Methode gewählten Einteilung abweichen.

Die in der Karte A-1 abgebildeten Zahlenwerte beziehen sich auf die berechneten (modellierten) Windgeschwindigkeiten auf ~~125~~100 und 150 Meter über Grund. Die Zahlenwerte dienen als Grundlageninformation für die Öffentlichkeit und stellen keine amtliche Auskunft oder rechtsverbindliche Aussage dar. Insbesondere vermögen sie auch eine Messung der Windgeschwindigkeit vor Ort nicht zu ersetzen.

Grundlage für die Modellierung der Windressourcen im Windatlas Schweiz ist eine Computational Fluid Dynamics (CFD) Windfeldmodellierung. Diese Windfeldmodellierung wurde mit relevanten, langjährig abgeglichenen Windmessungen gewichtet, um eine flächendeckende Windressourcenkarte zu errechnen. Die Resultate bieten auf einem 100 x 100 m Raster und fünf verschiedenen Höhen über Grund eine durchschnittliche Jahresstatistik der Windverteilung. Die Modellierung wurde durch ein spezialisiertes, externes Büro nach neuesten wissenschaftlichen Standards durchgeführt, stellt jedoch keine offizielle klimatologische Analyse des Bundes dar. Die Methodenbeschreibung, die Resultate und Hintergrundinformationen zur Windfeldmodellierung finden sich im Schlussbericht zum Windatlas Schweiz, abrufbar unter www.windatlas.ch, und werden deshalb an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

[2] Gutersohn H. 1973: Naturräumliche Gliederung, 1:500'000. — In: Imhof E. (ed.) 1965-1981. Atlas der Schweiz. Eidgenössische Landestopographie, Wabern-Bern. Die Naturräume nach Gutersohn (1973) bilden ein etabliertes physisch-geografisches Klassierungssystem, das die Schweiz anhand von Faktoren wie Geologie, Topographie und Klima in die Grossregionen Jura, Mittelland und Alpen unterteilt.

3 Hinweiskarte auf Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen (Anhang A-2)

3.1 Allgemeine Beschreibung des Geodatensatzes

Der Geodatensatz „Hinweiskarte auf Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen“ (Bundesinteressen) zeigt Gebiete, in welchen der Bund bei der Planung von Windkraftanlagen Einschränkungen durch Bundesinteressen sieht. Die Einschränkungen sind in 6 Klassen kategorisiert und an 500m x 500m grosse Zellen zugewiesen.
Die angezeigten Einschränkungen resultieren aus der Analyse von 100 Unterzellen von je 50m x 50m (im folgenden „Pixel“) pro Zelle. Dabei wird untersucht, wie viele der Pixel sich mit Bundesinteressen überschneiden. Dabei werden ca. 50 Bundesinteressen geprüft. Je nach Pixelanteil und Art der Bundesinteressen, welche in der Zelle vorkommen, wird der Zelle die entsprechende Kategorie der Einschränkung zugewiesen.

3.2 Thematischer Inhalt des Geodatensatzes

Angelehnt an die Aussagen in Kapitel 2.2.2 des Konzepts Windenergie, werden die Einschränkungen in folgende fünf Kategorien unterteilt (Attribut KBIK).

Kategorie der Einschränkung (KBIK)	Beschreibung
1	Bauzonen mit Puffer (Lärmschutz)
2	Schutzgebiete ohne Interessensabwägung
3	Grundsätzliche Ausschlussgebiete
4	Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse
5	Vorbehaltsgebiete (nicht abschliessend)
6	Weitere Einschränkungen

Tabelle 1: Kategorien der Einschränkung durch Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen (Attribut KBIK). Der Wert der Kategorie bestimmt den Farbwert.

Der Datensatz für die ganze Schweiz besteht aus 167‘484 Zellen von je 500m x 500m (im Folgenden „Zelle“), welchen je eine Kategorie zugeordnet wird, welche auf die Synthese der Einschränkungen in der Zelle hinweist. Da unterschiedliche Bundesinteressen auf einer Zelle zusammengefasst sind, kann im System deren Flächenanteil pro Zelle abgefragt werden.
Die Liste der verwendeten Geodaten zu den Bundesinteressen, deren Einteilung in die Kategorien der Einschränkung sowie ihre Kurzbezeichnung[3] befinden sich im Kapitel 5.

3.2.1 Allgemeiner Ablauf der Produktion des Geodatensatzes

Um den Datensatz zu erstellen, wird jede Zelle (500m Seitenlänge) in weitere 100 Teile unterteilt, was einem Raster von 50m x 50m entspricht (in folgenden „Pixel“). Dies entspricht 16‘748‘400 Pixel über das Gebiet der Schweiz. Für alle dieser Pixel wird geprüft, ob sie in einem oder mehreren Gebieten mit Bundesinteressen liegen. Wenn ja, so wird das Bundesinteresse zugewiesen. Im nächsten Schritt werden die Informationen der Pixel dazu verwendet, die Einschränkung der entsprechenden Zelle (500m Seitenlänge) zu bestimmen.

Prioritätscode	Kategorie der Einschränkung (KBIK)	Beschreibung der Einschränkung
1	1	Bauzonen (Lärmschutz)
2	2	Schutzgebiete ohne Interessenabwägung
3	1	Einschränkungen aus Gründen des Lärmschutzes (Puffer um Bauzonen)
4	3	Grundsätzliche Ausschlussgebiete
5	4	Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse
6	5	Vorbehaltsgebiete (nicht abschliessend)
7	6	Weitere Einschränkungen

Tabelle 2: Prioritätscode der Kategorien der Einschränkung. Der Prioritätscode bestimmt die Reihenfolge, in welcher die Einschränkungen im Algorithmus berücksichtigt werden. (vgl. Kapitel 3.2.2 und 3.2.3)

[3] wie sie bei der Abfrage einer Zelle im Geodatenportal des Bundes map.geo.admin.ch angezeigt werden (extended tooltip).

Folgende Attribute werden dem Geodatensatz zugewiesen:

ID	Eindeutiger Identifikator der Zelle mit Seitenlänge von 500m.
KBIK	Code für die Kategorie der Einschränkung. Die Werte liegen zwischen 1 und 6. Die Codierung ist der Tabelle 1 zu entnehmen.
BIK2_d	Bundesinteressen der Kategorie Nr. 2. Sie sind mit Kommata voneinander getrennt, der Flächenanteil ist in Prozent in Klammern angegeben.
BIK3_d	Bundesinteressen der Kategorie Nr. 3. Sie sind mit Kommata voneinander getrennt, der Flächenanteil ist in Prozent in Klammern angegeben.
BIK4_d	Bundesinteressen der Kategorie Nr. 4. Sie sind mit Kommata voneinander getrennt, der Flächenanteil ist in Prozent in Klammern angegeben.
BIK1_5_d	Bundesinteressen der Kategorie Nr. 1 und 5. Sie sind mit Kommata voneinander getrennt, der Flächenanteil ist in Prozent in Klammern angegeben.
BIK6_d	Bundesinteressen der Kategorie Nr. 6. Sie sind mit Kommata voneinander getrennt, der Flächenanteil ist in Prozent in Klammern angegeben.
BIK2_fr	Bundesinteressen Kategorie 2 in französischer Sprache (vgl. oben)
BIK3_fr	Bundesinteressen Kategorie 3 in französischer Sprache (vgl. oben)
BIK4_fr	Bundesinteressen Kategorie 3 in französischer Sprache (vgl. oben)
BIK1_5_fr	Bundesinteressen Kategorie 1 & 5 in französischer Sprache (vgl. oben)
BIK6_fr	Bundesinteressen Kategorie 6 in französischer Sprache (vgl. oben)
BIK2_it	Bundesinteressen Kategorie 2 in italienischer Sprache (vgl. oben)
BIK3_it	Bundesinteressen Kategorie 3 in italienischer Sprache (vgl. oben)
BIK4_it	Bundesinteressen Kategorie 3 in italienischer Sprache (vgl. oben)
BIK1_5_it	Bundesinteressen Kategorie 1 & 5 in italienischer Sprache (vgl. oben)
BIK6_it	Bundesinteressen Kategorie 6 in italienischer Sprache (vgl. oben)

Tabelle 3: Attribute des finalen Geodatensatzes

3.2.2 Erstellen des Geodatensatzes

Folgende Schritte beschreiben den Ablauf, wie der Datensatz erstellt wird.

1. Ein Raster mit Zellen von 500m x 500m wird gerechnet. Jede Zelle von 500m bekommt einen Identifikator (ID_500) ein. Dann wird diese Ebene in ein Raster mit Pixeln von 50m x 50m umgewandelt. Dabei wird jedes Pixel mit den Z-Werten von ID_500 beschrieben.
2. Für diese Datenebene resultiert ein CSV (Kommaseparierte Tabelle) mit dem Identifikator des Pixels (ID_50) und dem Z-Wert (ID_500).
3. Jeder Geodatensatz gemäss Kapitel 5 wird in ein Raster mit Pixeln von 50m x 50m umgewandelt. Dabei wird jedes Pixel mit den Werten 0 oder 1 beschrieben. 1 bedeutet, dass das Pixel mit dem Bundesinteresse belegt ist, 0 nicht. Damit sich die Zellen und Pixel kongruent verhalten, werden für die Rasterung gemäss Schritt 1 stets der gleiche Ausgangspunkt (485‘000; 75‘000) und die gleiche Zellen- bzw. Pixelgrösse gewählt.
4. Für jeden Geodatensatz gemäss Kapitel 5 resultiert pro Bundesinteresse ein CSV mit dem Identifikator des Pixels (ID_50) und dem Z-Wert (0/1).
5. Die CSV aus den oben beschriebenen Schritten werden zu einer einzigen Tabelle zusammengeführt. Die Tabelle beschreibt die Bundesinteressen pro 50m x 50m Pixel, sowie deren Zugehörigkeit zur 500m x 500m Zelle.

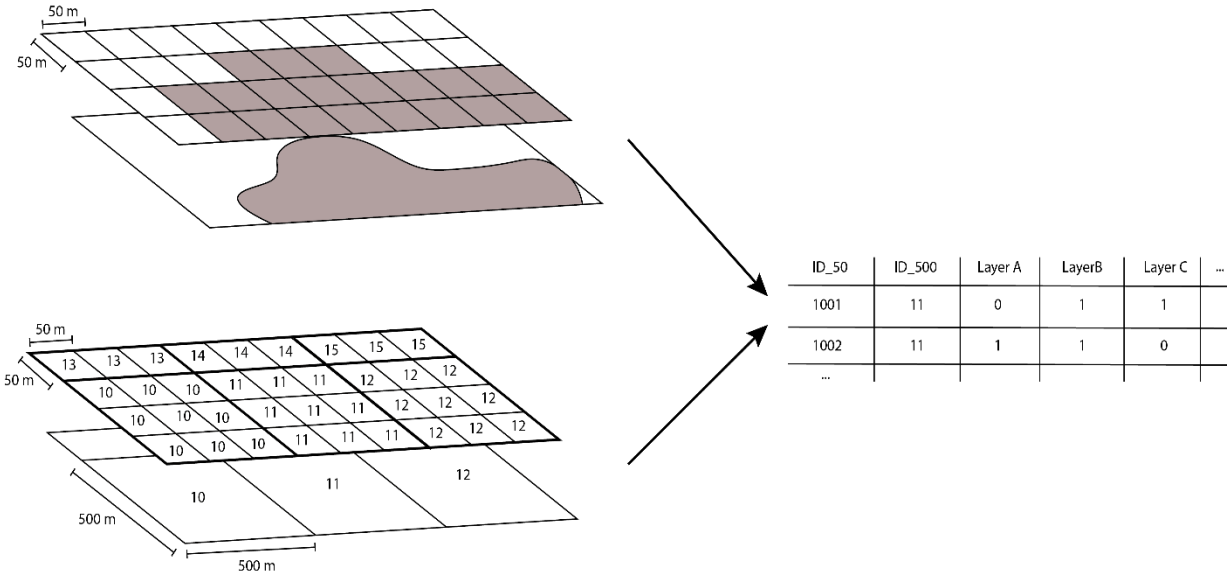


Abbildung ~~1~~2: Vereinfachtes Schema der Schritte 1 bis 5 für die Erstellung des Geodatensatzes

6. Die Berechnung der finalen Attributstabelle besteht aus drei Schritten:
   a. Erstellen der Attributwerte, welche den Flächenanteil pro Bundesinteresse pro 500m Zelle ausgeben.
      i. Für jede 500m Zelle wird für jedes Bundesinteresse der Flächenanteil berechnet (z.B. 50% Bauzonen, 40% BLN, 20% Wald). Dabei kann es vorkommen, dass die Summe der Prozente über 100% liegt, da auch sich überlagernde Bundesinteressen untersucht werden. Die Flächenanteile der Bundesinteressen werden klassiert.
      ii. Die Bundesinteressen mit Flächenanteilen werden thematisch gegliedert und den entsprechenden Attributen (BIK2_d, BIK3_d, … …) als kommaseparierte Auflistung zugewiesen.

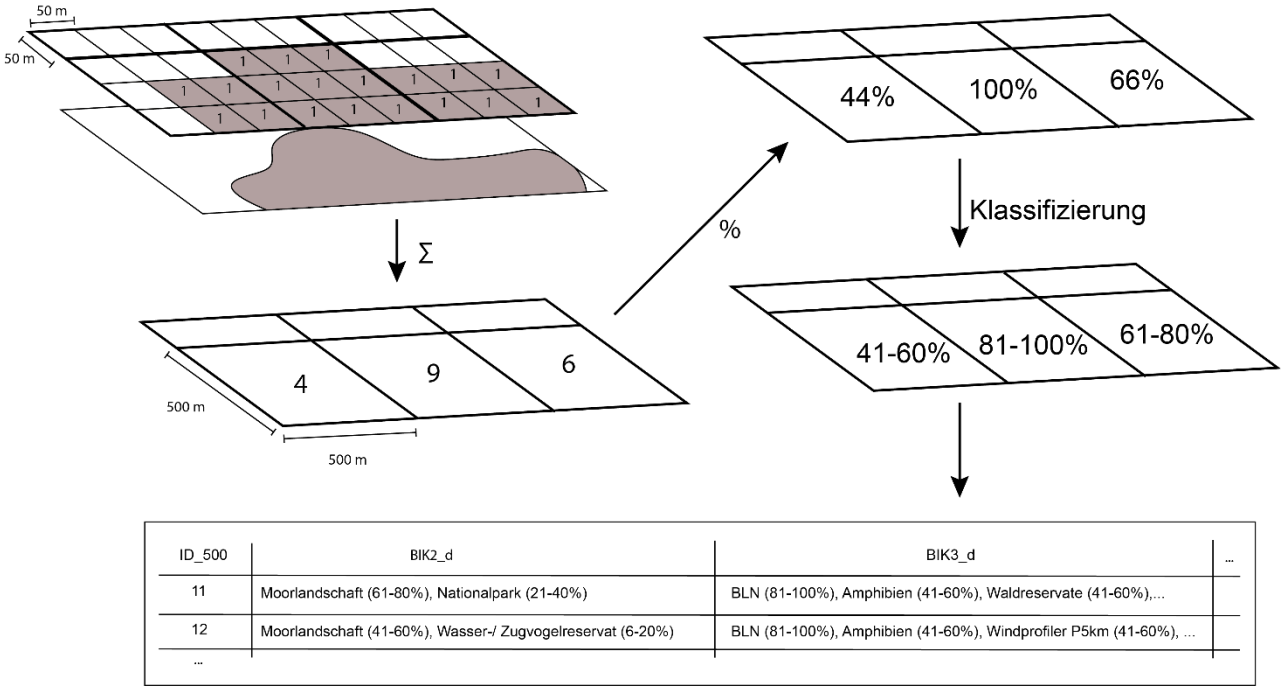


Abbildung ~~2~~3: Vereinfachtes Schema der Schritt 6.a für die Erstellung des Geodatensatzes

   b. Definition des Prioritätscodes bzw. des Farbwerts, welcher den 500m Zellen zugewiesen wird.
      i. Jedes Pixel von 50m wird mit dem höchsten Prioritätscode versehen. Die Reihenfolge der Prioritäten ist in Tab. 1 beschrieben.

ii. Pro 500m Zelle wird eine Tabelle mit der Anzahl Pixel pro Prioritätscode erstellt.

iii. Basierend auf dem Resultat aus ii, wird nach einem Zuweisungsalgorithmus (vgl. Kap. 3.2.3) die Kategorie für die 500m Zellen errechnet.

c. Die beiden Tabellen aus a. und b. werden zur finalen CSV Attributtabelle vereint.

7. Die Attributtabelle aus dem vorangegangenen Schritt 6c wird den Zellen von 500m x 500m hinzugefügt.

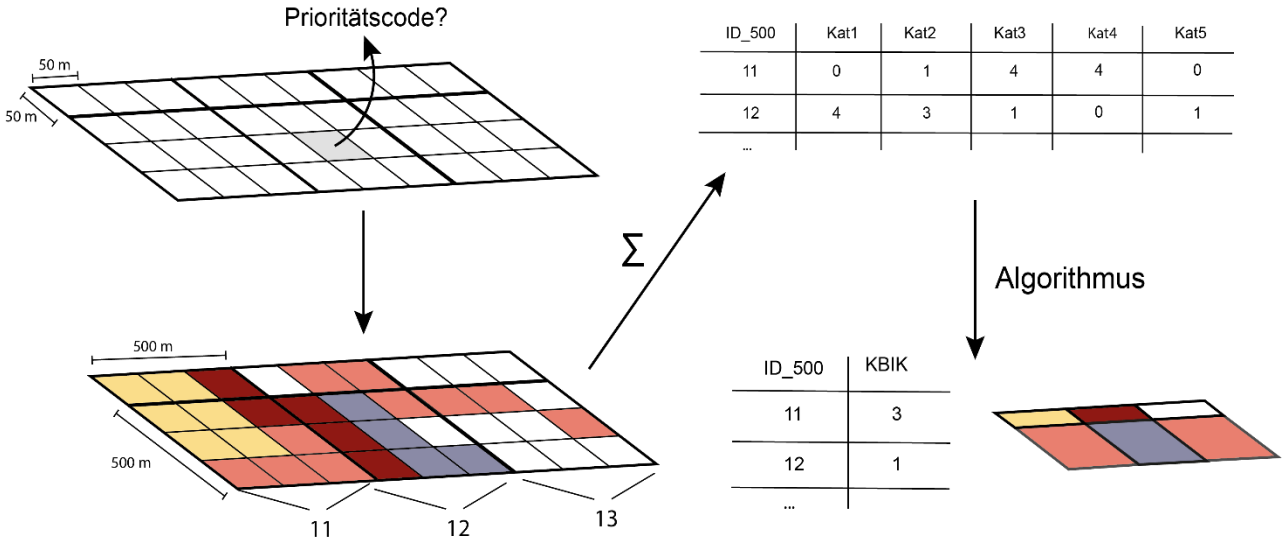


Abbildung 34: Vereinfachtes Schema der Etappe 6.b für die Erstellung des Geodatensatzes

3.2.3 Algorithmus für die Zuweisung der Kategorie der 500m Zellen

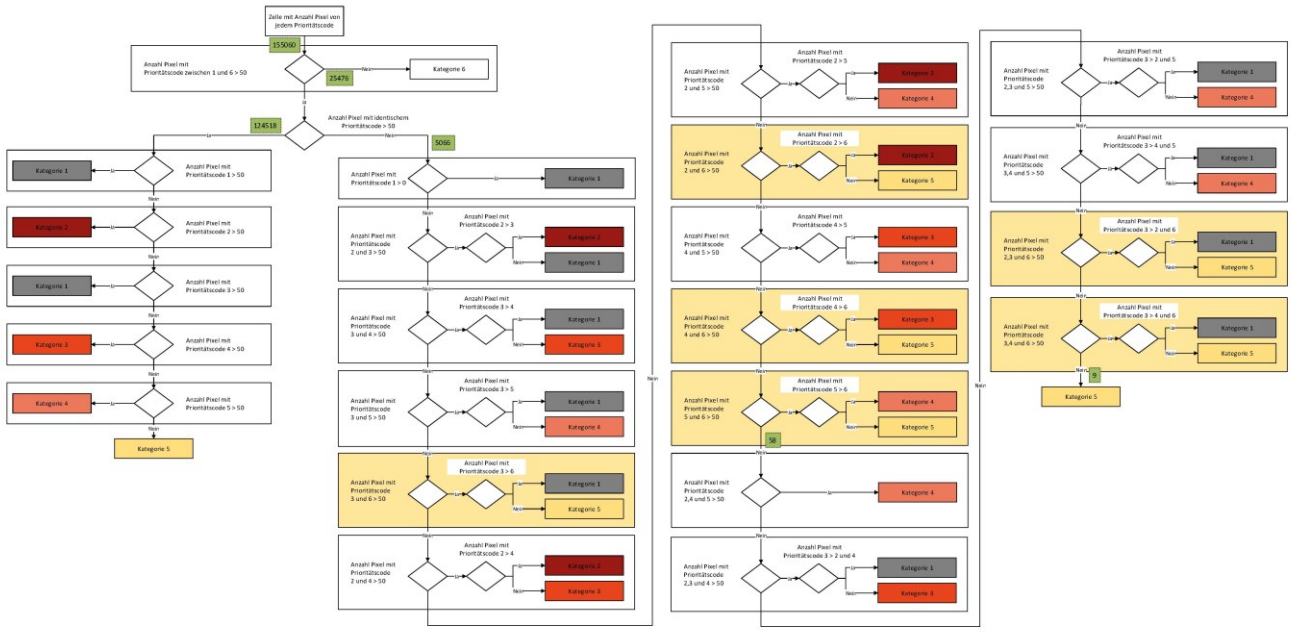


Abbildung 45: Übersichtsdarstellung des angewendeten Algorithmus (eine besser lesbare Darstellung befindet sich am Ende des Dokuments)

4 Grundlagenkarte des Bundes betreffend hauptsächlicher Windpotenzialgebiete (Anhang A-3)

4.1 Allgemeine Beschreibung des Geodatensatzes

Der Geodatensatz „Grundlagenkarte des Bundes betreffend der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete“ (~~Windpotentialgebiete~~Windpotenzialgebiete) enthält regionalisierte Hinweise auf Gebiete, in denen die Kantone aus Sicht des Bundes im Rahmen ihrer Richtplanung vertiefte Abklärungen für eine Windenergienutzung vornehmen sollten. Die generalisierten, für Abklärungen im Rahmen der Richtplanung gedachten Hinweise der Karte beinhalten keine Aussagen zur Realisierbarkeit von Windenergieanlagen. Erst durch Abklärungen und die Interessenabwägung im Rahmen von Richtplanarbeiten wird klar, ob darin allenfalls Gebiete beziehungsweise Standorte zur Windenergienutzung ausgeschieden werden können.

4.2 Erstellen des Geodatensatzes

Die in den nachfolgenden Schritten verwendeten Datengrundlagen der aufgeführten Kriterien sind in einem geografischen Informationssystem (GIS) abgebildet und weiterverarbeitet worden. Die Verarbeitung ist aus Gründen der Performanz mittels 50 x 50 m Raster erfolgt. Das bedeutet beispielsweise, dass genauere Flächendefinitionen (von Perimetern und Puffern) auf 50 x 50 m gerastert worden sind. Dieses Vorgehen erleichtert die Aggregation verschiedener Datenebenen/Kriterien.

4.2.1 Schritt 1: Technische und wirtschaftliche Machbarkeit

In einem ersten Schritt werden die Flächen bestimmt, welche unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit als zweckmässige Grundlage für die Bestimmung von Potenzialflächen anzusehen sind. Die Tabelle 4 listet die Kriterien auf, die für den Ausschluss von Gebieten aus Gründen der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit verwendet werden.
Die Kriterien sind im GIS abgebildet und zu einem Ausschlusslayer aggregiert worden.

► Nach diesem Schritt lässt sich für jede 50 x 50 m Zelle aussagen, ob sie Teil des Ausschlusslayers ist oder nicht.

Themenbereich	**Beschreibung Ausschlusskriterium**	**Datenbasis** (vgl. map.geo.admin)
Windressourcen	Gebiete mit einer mittleren Windgeschwindigkeit < 4.5 m/s auf ~~125~~150 m bzw. 100 m Höhe über Grund[4]	BFE, Windatlas der Schweiz
Wasserflächen	Flüsse und Seen	Swisstopo, ~~Vector25~~swissTLM3D
Baugrund	Geröll, Gletscher und Sümpfe	Swisstopo, ~~Vector25~~swissTLM3D
Neigung	Gebiete mit einer Neigung > 20%	Swisstopo, ~~swissTLM3D~~swissALTI3D Raster
Erschliessung	Gebiete mit einer 3D-Distanz > 1'000 m zum nächsten Weg mit mindestens 2 m Breite. Die 3D Distanz wurde mit einer zehnfachen Gewichtung des Höhenunterschieds berechnet.	Swisstopo, swissTLM3D

Tabelle 4: Kriterien für einen Ausschluss aus Gründen der wirtschaftlichen und technischen Machbarkeit

[4] Vgl. Kapitel 2 bzw. dazugehörige Karte in Anhang A-1 des Konzept Windenergie und Kapitel 4.2.4.

4.2.2 Schritt 2: A priori Ausschluss aus rechtlichen Gründen

Im zweiten Schritt werden die Flächen ausgespart, welche aus rechtlichen Gründen für die Bestimmung von Potenzialflächen nicht berücksichtigt werden können. Diese Flächen umfassen die in Kapitel 2.2.2 des Konzepts Windenergie aufgeführten nationalen Schutzgebiete, in denen keine Interessensabwägung möglich ist, sowie die ausgeschiedenen Bauzonen inklusive ~~einem Puffer~~eines Puffers von 300 m aus Gründen des Lärmschutzes[5]. Die entsprechenden Geodaten, welche in der GIS-Analyse ~~verwendetet~~verwendet worden sind, können dem Kapitel 5 entnommen werden[6].
Die Kriterien sind im GIS abgebildet und zu einem Ausschlusslayer aggregiert worden.

► Nach diesem Schritt lässt sich für jede 50 x 50 m Zelle aussagen, ob sie Teil des Ausschlusslayers ist oder nicht.

4.2.3 Schritt 3: Berücksichtigung planungsrechtlicher Einschränkungen

Bei der Bestimmung der Flächen, welche durch planungsrechtliche Einschränkungen belegt sind, wird gemäss Konzept Windenergie unterschieden zwischen den als „grundsätzlich Ausschlussgebiet“ definierten Flächen, den Flächen in einem „Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse“ und den Flächen, die einem oder mehreren „Vorbehaltsgebieten“ ~~zugewiesenen~~zugewiesen sind. Die entsprechenden Geodaten, welche in der GIS-Analyse ~~verwendetet~~verwendet worden sind, können dem Kapitel 5 entnommen werden[7].
Dabei wurden folgende Präzisierungen und Ergänzungen vorgenommen:
Der Pufferring 300–500 m um Wohnzonen (Lärmschutz) wird in dieser GIS-Analyse als „grundsätzlich Ausschlussgebiet“ betrachtet und zusätzlich ein 300 m Puffer um alle Hektaren mit > 1 Einwohner als Vorbehaltsgebiet ausgeschieden[8]. Für die Objekte des Bundesinventars der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung ISOS werden die Punktdaten des öffentlichen Datensatzes mit einem 200 m Puffer den tatsächlichen Perimetern angenähert [Operationalisierung]; das Gebiet innerhalb dieses Puffers ~~werden keine Windanlagenstandorte platziert (vgl. Schritt 4).~~wird als „Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse" behandelt[9]. Die ~~verschiedenen Datendatensätze~~Geodaten zu den ~~CNS-Anlagen~~Flugsicherungsanlagen der ~~Zivilluftfahrt~~Zivil- und Militärluftfahrt wurden ~~dabei~~durch Skyguide zu einem eigenen Datensatz zusammengefasst. Davon sind einige Gebiete als «grundsätzlich Ausschluss» und andere als «Vorbehaltsgebiet» klassiert worden (vgl. Kapitel 5.3 und 5.5). Die Perimeter der UNESCO-Biosphärenreservate wurden nicht als eigenständiges Vorbehaltsgebiet gezählt, da deren Flächen sich vollständig innerhalb von Perimetern der Pärke von nationaler Bedeutung befinden.
Ist eine Zelle mit mindestens einem grundsätzlichen Ausschlussgebiet belegt, dann steht sie für den nachfolgenden Schritt 4 der Platzierung von potenziellen Standorten für Windenergieanlagen nicht zur Verfügung und wird nicht weiter in die Analyse einbezogen.

► Nach diesem Schritt lässt sich für jede 50 x 50 m Zelle aussagen, ob bzw. wie viele Gebietstypen darauf liegen, die als Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse oder als Vorbehaltsgebiet definiert sind.

4.2.4 Schritt 4: Potenzielle Windenergieanlagenstandorte und Energieertrag

Um sich dem Energieproduktionspotenzial in der Schweiz unter Berücksichtigung der Bundesinteressen anzunähern, werden in diesem Schritt Windenergieanlagen auf den aus den vorherigen Schritten resultierenden geeigneten Flächen platziert. Für die Potenzialschätzung der einzelnen potenziellen

[5] 300 m Puffer um Bauzonen der Empfindlichkeitsstufe III, d.h. für alle Bauzonen mit Ausnahme der "Arbeitszonen" und "Verkehrszonen innerhalb Baugebiet". Ein zusätzlicher Puffer um Bauzonen der Empfindlichkeitsstufe II wird in Schritt 3 ausgeschieden.

[6] Vgl. Kategorien 1 und 2.

[7] „grundsätzlich Ausschlussgebiet“ = Kategorie 3, "Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse" = Kategorie 4, „Vorbehaltsgebiete“ = Kategorien 5 und 6.

[8] Hierbei handelt es sich um die Operationalisierung der Aussage auf Stufe Nutzungsplanung zum Lärmschutz (vgl. Ziffer 2.1 in der Tabelle von Kapitel 2.2.2 Konzept Windenergie) bzw. um eine erste Annäherung an die Bestimmungen der Lärmschutzverordnung (LSV). Die entsprechenden Flächen werden nur ausgeschieden, wenn sie nicht bereits in den Flächen gemäss Schritt 1 und 2 bzw. im Pufferring 300–500 m um Wohnzonen enthalten sind.

[9] Im Rahmen der seit 2016 laufenden Revision des Bundesinventars wird die bisherige ISOS-Methode I schrittweise durch die georeferenzierte ISOS-Methode II ersetzt, wodurch für die Objekte präzise Perimeter verfügbar werden. Soweit für ISOS-Objekte bereits solche Perimeter vorliegen (z. B. im Kanton Genf sowie für einen Teil der Objekte in den Kantonen Freiburg und Graubünden), werden diese übernommen und anstelle der oben beschriebenen Pufferung verwendet.

Windenergieanlagenstandorte wird von ~~einem~~ generischen ~~Turbinentyp[10] mit 3.45 MW installierter Leistung und einer Nabenhöhe von 125 m~~ Turbinentypen ausgegangen ~~sowie von einem~~und dabei ein Mindestabstand zur nächsten Turbine ~~von~~berücksichtigt. Der Mindestabstand ist abhängig vom Rotordurchmesser der Turbine. Wie in Kapitel 2 erläutert, sind in den verschiedenen Regionen – abhängig von der lokalen Topographie und den Windverhältnissen (Turbulenz, Böen, mittlere Windgeschwindigkeit) – unterschiedlich grosse Windenergieanlagen am besten geeignet. Für die Berechnung des Energieertrags wurden für die Regionen Jura, Mittelland und Alpen die Leistungskurven folgender Turbinen und Mindestabstände verwendet:

- Jura: Enercon E-138 EP3 (4.26 MW) auf 150 m Nabenhöhe. Mindestabstand 700 Meter.
- Mittelland: Enercon E-160 EP5 (5.56 MW) auf 150 m~~.~~ Nabenhöhe. Mindestabstand 700 Meter.
- Alpen: Enercon E-92 (2.35 MW) auf 100 m Nabenhöhe. Mindestabstand 400 Meter.

Die Zuweisung der Enercon E-92 für ganzen Alpenraum stellt eine konservative Einschätzung dar. In bestimmten Regionen wie in den Voralpen, den grossen Alpentälern und im Südtessin ist der Einsatz von grösseren Anlagentypen möglich, weshalb die dort möglichen Windenergieerträge tendenziell unterschätzt werden.

Nach diesem Schritt liegen potenzielle Windenergieanlagenstandorte vor, welche die Ergebnisse der Schritte 1 bis 3 sowie die nachfolgende Tabelle 5 berücksichtigen. Ein potenzieller Windenergieanlagenstandort entspricht einer 50 x 50 m Zelle. Für diese Standorte wird jeweils ein Energieertrag bzw. eine Produktion ermittelt.

Für die Platzierung der Windenergieanlagen wurde folgende **Reihenfolge gemäss den planungsrechtlichen Einschränkungen durch Vorbehaltsgebiete** bestimmt:

a) Standorte **ausserhalb** von Vorbehaltsgebieten **oder innerhalb von 1 Vorbehaltsgebiet**
b) Standorte **innerhalb** von **2 oder 3 Vorbehaltsgebieten**
c) Standorte **innerhalb** von **4 oder mehr Vorbehaltsgebieten**
d) Standorte **innerhalb 1 Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse** sowie **maximal ~~1 Vorbehaltsgebiet~~2 Vorbehaltsgebieten**[11]

Für die konkrete Platzierung der Windenergieanlagen ist ein Platzierungsalgorithmus, der im Rahmen einer Studie des deutschen Umweltbundesamts[12] entwickelt wurde, wie folgt adaptiert und angewendet worden:

- Zuerst werden alle zusammenhängenden Flächen der Priorität a) zu Gebieten gruppiert, die nicht weiter als 700 m voneinander entfernt liegen.
- Pro Gebiet wird die erste Windenergieanlage am Standort mit dem höchsten Energieertrag platziert und um diese Anlage ein Mindestabstand von 700 m (im Jura und Mittelland) bzw. 400 m (in den Alpen) zur nächsten Anlage ausgeschieden. Der Energieertrag an diesem Standort wird aus der Windgeschwindigkeitsverteilung und der Luftdichte am Standort berechnet.
- Die nächste Windenergieanlage wird innerhalb der verbleibenden Flächen am Standort mit dem nächst höchsten Energieertrag platziert und darum wieder ein Puffer von 700 m bzw. 400 m ausgeschieden (vgl. nachfolgende Abbildung ~~5~~6).
- Dieser Vorgang wird in allen Gebieten so lange durchgeführt, bis keine potenziellen Windenergieanlagenstandorte mehr ausgeschieden werden können.
- Anschliessend ~~erfolgte~~erfolgt derselbe Vorgang für die Flächen der Priorität b), c) und d).

~~[10] Für die Berechnung des Energieertrags wurde die Leistungskurve der Vestas V 126 (3.45 MW) verwendet.~~

[11] Im Rahmen der Anpassung 2026 fand eine Erhöhung von maximal 1 auf maximal 2 Vorbehaltsgebiete statt. Hintergrund ist, dass die mit der Anpassung 2026 hinzugekommenen, flächenhaften Vorbehaltsgebiete von «Flugsicherungsanlagen» und «Risikopotenzial Avifauna» (vgl. Kapitel 5.5), welche gleichzeitig Wald oder Fruchtfolgefläche betreffen – d.h. bestehende Vorbehaltsgebiete, welche ihrerseits über 50% der Gesamtfläche der Schweiz ausmachen –, nicht direkt zu einem Ausschluss führen sollen. Diese Änderung hat für die dargestellten hauptsächlichen Windpotenzialgebiete jedoch schlussendlich keine praktische Bedeutung.

[12] Umweltbundesamt, 2013: Potenzial der Windenergie an Land.

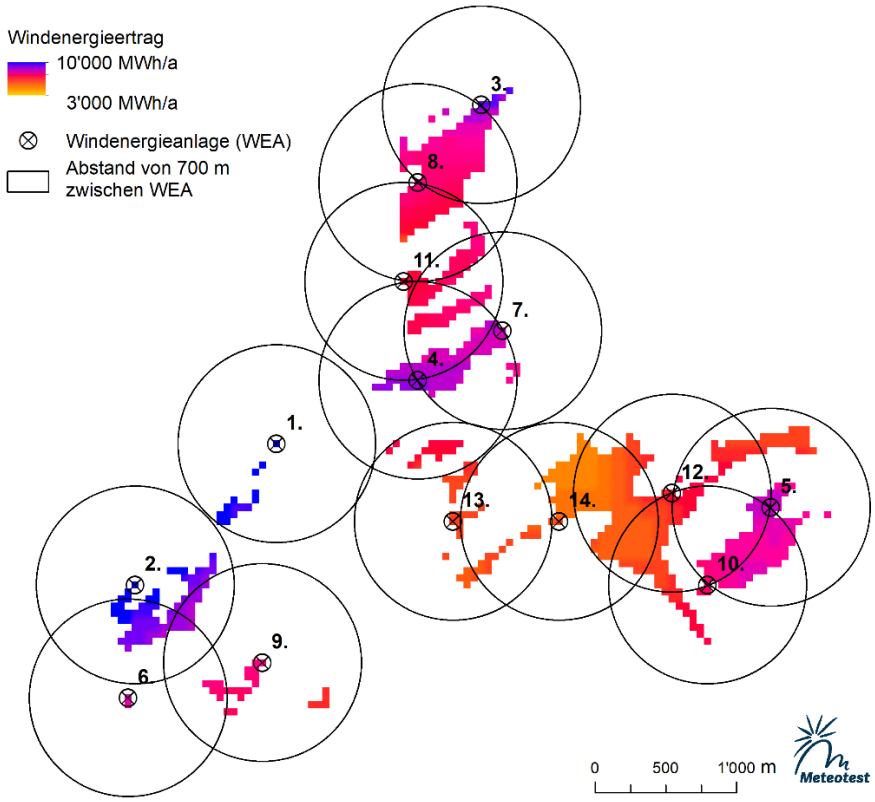


Abbildung ~~56~~: Skizze mit Platzierung der Windenergieanlagen in einem Beispielgebiet~~.~~ (Mittelland). Die Reihenfolge der Platzierung ist neben den einzelnen Windenergieanlagen angegeben

Dieser Platzierungsalgorithmus wird für die drei Regionen Jura, Mittelland und Alpen separat angewandt. Dies kann dazu führen, dass entlang der Grenzen der Regionen Windenergieanlagen aus verschiedenen Regionen zu nahe aneinander platziert. Diese zu nahen Platzierungen wurden bereinigt, indem diejenige mit dem tieferen Energieertrag gelöscht wurde.

Für jede platzierte Windenergieanlage, welche der Aussage von Tabelle 5 entspricht, ist aufgrund der Daten des Windatlas Schweiz, der jeweiligen Leistungskurve des ~~generischen 3.45-MW-~~verwendeten Turbinentyps sowie eines Systemwirkungsgrads[13] von 90 % eine Produktion ermittelt worden. Tabelle 5 berücksichtigt den allgemeinen Planungsgrundsatz II zur Orientierung an hohen Windenergieerträgen, (vgl. Kapitel 2.1 Konzept Windenergie). Die Windenergieerträge werden dabei massgeblich von der mittleren Windgeschwindigkeit bestimmt.

Mittlere Windgeschwindigkeit in ~~125~~100 / 150 m über Grund	**Planungsrechtliche Einschränkungen***			
	a	**b**	**c**	**d**
≥ 7.0 m/s				
≥6.5 – <7.0 m/s				
≥6.0 – <6.5 m/s				
≥5.5 – <6.0 m/s				
≥5.0 – <5.5 m/s				
≥4.5 – <5.0 m/s				

*Bedeutung der Kategorien a bis ~~c~~ds

a = innerhalb von max. 1 Vorbehaltsgebiet

b = innerhalb von 2 oder 3 Vorbehaltsgebieten

c = innerhalb von mind. 4 Vorbehaltsgebieten

d = innerhalb 1 Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse + max. ~~1~~2 Vorbehaltsgebiet

[13] 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.

Tabelle 5: **Definition der Windenergieanlagenstandorte, welche aus Bundessicht für die Bestimmung von Potenzialgebieten heranzuziehen sind (als Grundlage für vertiefte Abklärungen auf Stufe Richtplan); die Definition – aufgrund von mittlerer Windgeschwindigkeit und planungsrechtlichen Einschränkungen – ist blau hervorgehoben**

Die Produktionszahlen dieser potenziellen Windenergieanlagenstandorte sind im Weiteren pro Kanton aufsummiert worden, so dass die entsprechenden kantonalen Produktionszahlen als Grundlage für die Bestimmung des Orientierungsrahmens für den Beitrag pro Kanton an den Ausbau der Windenergieproduktion bis 2050 (vgl. Kapitel 3.3 des Konzepts Windenergie) dienlich sein konnten.

► Nach diesem Schritt sind die potenziellen Windenergieanlagenstandorte bestimmt, welche für die Bestimmung der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete gemäss nachfolgendem Schritt 5 verwendet werden.

4.2.5 Schritt 5: Kartografische Darstellung

Für die Identifikation der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete aus Sicht des Bundes und ihre kartografische Darstellung wird auf die schweizweit ermittelten potenziellen Windenergieanlagenstandorte aus dem vorangehenden Schritt 4 abgestellt.

Die Darstellung der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete basiert auf einem Algorithmus und Rasterzellen mit einer Kantenlänge von 2.5 km. Die ganze Schweiz wird dazu in Rasterzellen von 2.5 x 2.5 km eingeteilt. Durch die relativ grossen Rasterzellen wird klar, dass die Gebiete schematisch dargestellt sind. Entsprechend steht der Hinweischarakter für die kantonalen bzw. regionalen Planungsbehörden im Vordergrund und die ausgewiesenen Potenziale müssen durch die Kantone weiter analysiert werden.

Der Algorithmus zur Darstellung ist wie folgt definiert:

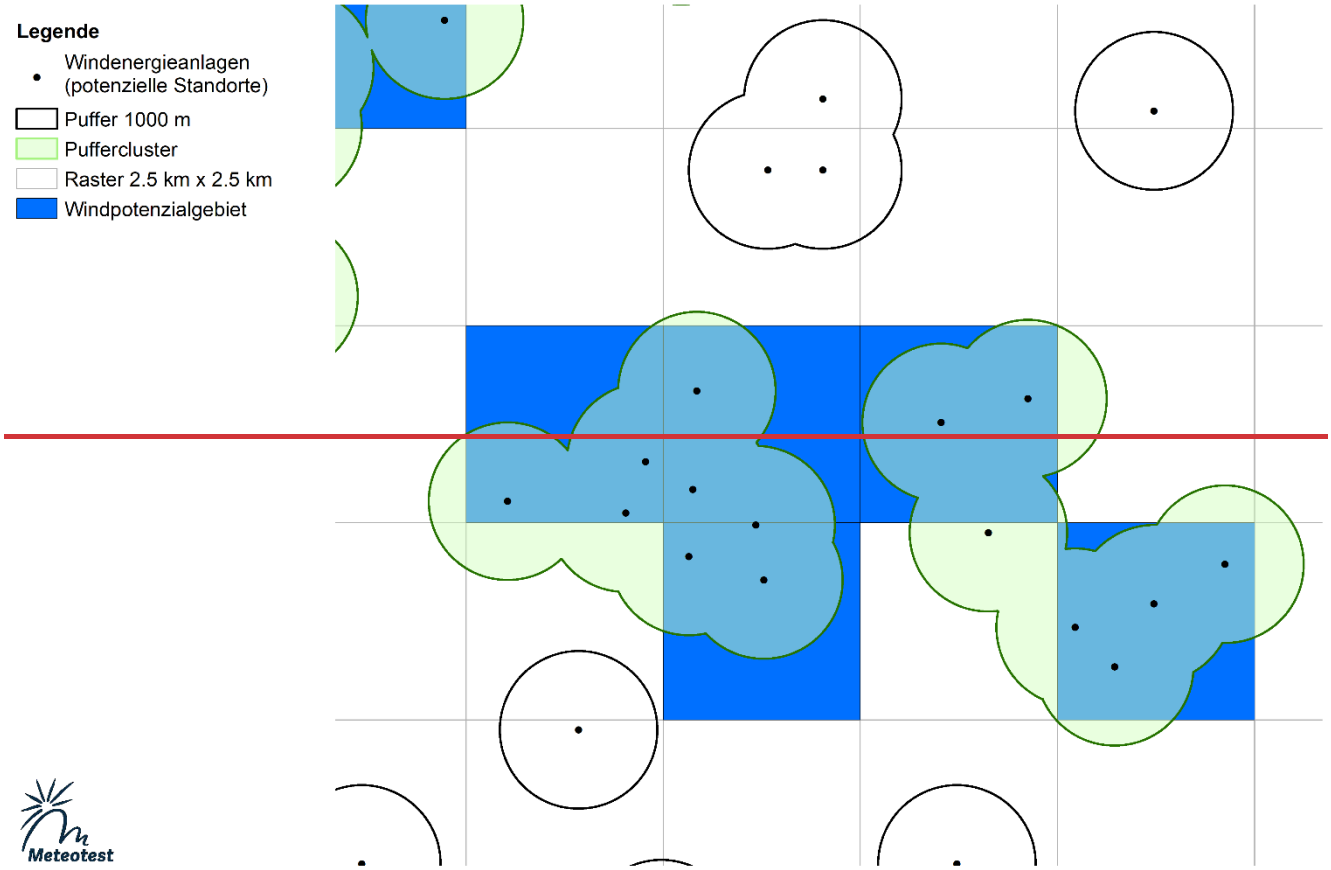
a) Um alle potenziellen Windenergieanlagenstandorte aus Schritt 4 wird ein ~~1000 m~~ Puffer gelegt und bei Berührung oder Überschneidung entsprechende Cluster gebildet. Im Jura und Mittelland beträgt der Puffer 1000 m. In den Alpen ist der Wert 700 m.
b) Es werden alle Cluster mit ≥ ~~fünf~~*n* [14] Windenergieanlagen selektioniert. Im Jura und Mittelland ist $n = 3$ und in den Alpen ist $n = 6$.
c) Eine Rasterzelle von 2.5 x 2.5 km wird selektioniert, wenn
   sie einen Cluster gemäss Buchstabe b) schneidet oder
   sich mindestens vier Windenergieanlagen in der Rasterzelle befinden.
d) Die Selektion gemäss Buchstabe c) wird aufgehoben, wenn
   in der entsprechenden Rasterzelle weniger als zwei potenzielle Windenergieanlagenstandorte vorhanden sind oder
   80 % und mehr der Rasterzelle mit starken Einschränkungen durch Bundesinteressen belegt sind (d.h. 20 oder mehr der 25 500x500m-Zellen innerhalb der entsprechenden 2.5 x 2.5 km Rasterzelle werden mit einer KBIK Kategorie 1 bis 3 [15] gemäss Tabelle 1 in Kapitel 3.2.1 dargestellt)
e) Die nach ~~Schritt~~Buchstabe d) verbleibende Selektion erhält den Wert 1 zugeteilt und wird gemäss Legende eingefärbt. Die anderen Rasterzellen erhalten den Wert 0 zugeteilt und werden nicht eingefärbt bzw. sind transparent (vgl. Veranschaulichung in untenstehender Abbildung ~~6~~7).

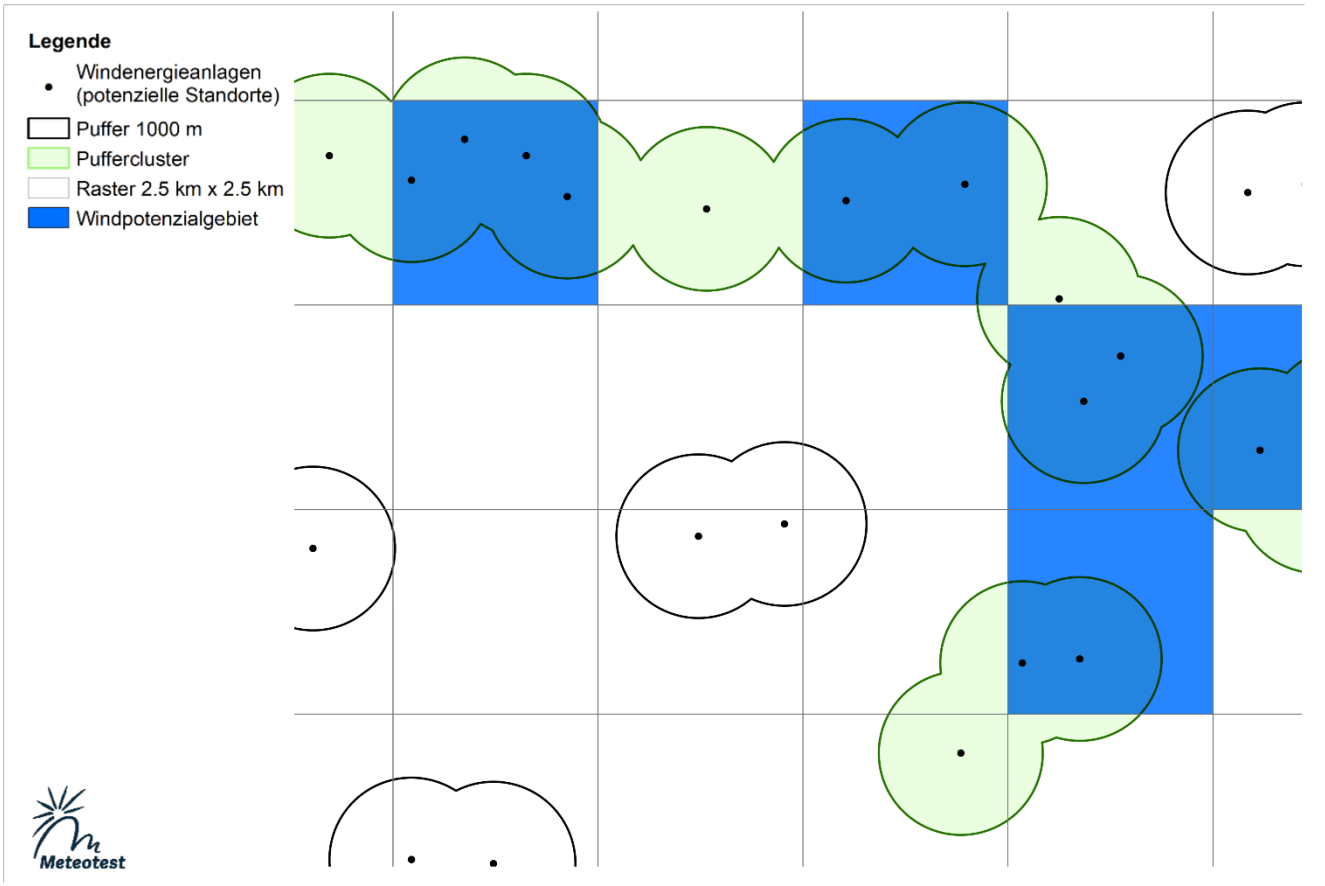
Das Vorgehen gemäss Buchstaben b) und c) wurde unter Berücksichtigung des allgemeinen Planungsgrundsatzes P1 zur räumlichen Konzentration (vgl. Kapitel 2.1 Konzept Windenergie) so gewählt.

[14] Mit den Turbinentypen gemäss Kapitel 4.2.4 ist im Jura und im Mittelland das nationale Interesse gemäss Artikel 12 Energiegesetz bzw. der in Art. 9 Energieverordnung festgelegte Grenzwert von 20 GWh Jahresenergieertrag in der Regel bereits mit 3 Windenergieanlagen erreicht. In den Alpen sind hierfür hingegen in der Regel 6 kleinere Anlagen mit entsprechend geringerem Jahresertrag nötig.

15 Entspricht den Bauzonen mit Puffer (Lärmschutz), den Schutzgebieten ohne Interessensabwägung sowie den Flächen, die als „Grundsätzlich Ausschlussgebiet“ definiert worden sind.

► Nach diesem Schritt lässt sich für jede 2.5 x 2.5 km Rasterzelle aussagen, ob sie als hauptsächliches Windpotenzialgebiet dargestellt wird[16].





16 Dies bildet die Grundlage für die Aussage, welche Gebiete aus Sicht des Bundes im Rahmen der kantonalen Richtplanung auf eine Eignung für die Windenergienutzung abzuklären sind.

Abbildung ~~6~~7: Veranschaulichung der Darstellung der hauptsächlichen Potenzialgebiete in Verbindung mit den Resultaten der GIS Analyse aus Schritt 4 (vgl. Kapitel 4.2.4)

5 Geodatensätze zu den berücksichtigten Bundesinteressen

Der Geodatensatz „Bundesinteressen“ (vgl. Kapitel 3 bzw. Karte im Anhang A-2 Konzept Windenergie) wie auch der Geodatensatz „Windpotenzialgebiete“ (vgl. Kapitel 4 bzw. Karte im Anhang A-3 Konzept Windenergie) berücksichtigen ausgewählte Bundesinteressen und greifen für ihre Erstellung auf dieselben Geodatensätze zurück. Nachfolgend werden die berücksichtigten Bundesinteressen aufgelistet und dokumentiert, welche Datensätze dabei öffentlich zugänglich sind.

5.1 Geodatensätze zur Kategorie 1: Bauzonen mit Puffer (Lärmschutz)

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis[17]	Quelle[18]	Datenstand
Bauzone	Bauzonen (kantonale Daten; harmonisierter Datensatz ARE)	2.1	IKGEO; http://www.ikgeo.ch/	01.01.2017
Bauzone P300m	Puffer von 300 m um Bauzonen; Ausnahme: Arbeits- und Verkehrszonen	2.1	IKGEO; http://www.ikgeo.ch/	01.01.2017
Wohnzone P300-500m	Zusätzlicher Pufferring 300 bis 500 m um Wohnzonen	2.1	IKGEO; http://www.ikgeo.ch/	01.01.2017

5.2 Geodatensätze zur Kategorie 2: Schutzgebiete ohne Interessenabwägung

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis [12]	Quelle[13]	Datenstand
Moorlandschaft	Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	3.~~52~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	11.01.2017
Hochmoor	Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	3.~~56~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	11.01.2017
Flachmoor	Flachmoore von nationaler Bedeutung	3.~~56~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	11.01.2017
Nationalpark	Kernzone Nationalpärke	3.~~58~~	BAFU; http://data.geo.admin.ch/	01.01.2020
Naturerlebnispark	Kernzone Naturerlebnispärke	3.~~58~~	BAFU; http://data.geo.admin.ch/	01.01.2020
Wasser-/ Zugvogelreservat	Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung	3.~~5~~10	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	12.11.2018
Amphibien	Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, Bereiche A	3.~~56~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	01.11.2017
Auengebiet	Auengebiete von nationaler Bedeutung	3.~~56~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	01.11.2017
Trockenwiese	Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	3.~~56~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	01.11.2017

[17] Der Verweis bezieht sich auf die Ziffern in der Tabelle von Kapitel 2.2.~~2~~3 des Konzepts Windenergie mit den Grundsätzen zur Berücksichtigung der Bundesinteressen.

[18] Für veröffentlichte Daten mit Link; der hinterlegte Link auf die entsprechende Unterseite kann ~~klicken~~durch Klicken aktiviert werden.

5.3 Geodatensätze zur Kategorie 3: Grundsätzliche Ausschlussgebiete

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis [12]	Quelle[13]	Datenstand
UNESCO Natur	UNESCO-Welterbe Naturstätten	3.~~2~~3	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	24.07.2008
UNESCO Kultur	UNESCO-Welterbe Kulturstätten	3.~~2~~3	BAK; http://data.geo.admin.ch/	14.01.2016
Wildtierpassage P300m	Puffer von 300 m Wildtierpassagen von Nationalstrassen	3.~~5~~10	ASTRA ; unveröffentlichter Datensatz	04.2020
VAEW-Gebiete	Gebiete gemäss Verordnung über die Abgeltung von Einbussen der Wasserkraftnutzung (VAEW)	3.~~5~~8	BFE; http://data.geo.admin.ch/	01.07.2011
Umgebungszone Nationalpark	Umgebungszone Nationalpärke	3.~~5~~8	BAFU; unveröffentlichter Datensatz	01.01.2020
Übergangszone Naturerlebnispark	Übergangszone Naturerlebnispärke	3.~~5~~8	BAFU; unveröffentlichter Datensatz	05.2016
Grundwasser	~~Gerechnete Datenebene aus:~~ Grundwasserschutzzonen S1, S2~~ und~~, Grundwasserschutzareale und Sh (kantonale Daten)	3.~~5~~7	KKGEO; www.geodienste.ch	05.2020
~~Waldreservate~~Avifauna Ausschluss	~~Waldreservate~~Konfliktpotenzial Avifauna = gross (Kat. 4) und sehr gross (Kat. 5)	3.~~6~~10	~~BAFU; unveröffentlichter Datensatz~~ARE ??	31.~~12.2018~~3.2026
~~**Auerhuhn**~~	~~Kerngebiete des Auerhuhns (Tetrao urogallus, Gebiete mit aktuellen Vorkommen, welche den P1-Gebieten im Aktionsplan Auerhuhn Schweiz entsprechen)~~	~~4~~	~~BAFU; unveröffentlichter Datensatz~~	~~10.2013~~
~~**Bartgeier**~~	~~Kerngebiete des Bartgeiers (Gypaetus barbutus; Puffer von 5 km um regelmässig besetzte Horste in der Schweiz)~~	~~4~~	~~BAFU; unveröffentlichter Datensatz~~	~~05.2020~~
Perimeter ziv. Flugplatz	Perimeter ziviler Flugplätze gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	~~5~~4.1	BAZL; Geodaten SIL	16.04.2020
Ziv. An- und Abflugrouten	An- und Abflugrouten ziviler Flugplätze - Teil des Gebiets mit Hindernisbegrenzung gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	~~5~~4.1	BAZL; Geodaten SIL	16.04.2020
Perimeter mil. Flugplatz	Perimeter militärischer Flugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	~~5.2~~4.1	VBS; Geotdaten SPM	04.2020
Mil. Hindernis-begrenzungsfläche	Hindernisbegrenzungsflächen der Militärflugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	~~5.2~~4.1	VBS; Geotdaten SPM	04.2020
~~**Z1 mil. Flugplatz Payerne**~~**Flugsicherung Nahbereich**	~~Zone 1 gemäss Detailstudie zum Militärflugplatz~~	~~5.2~~4.1	~~VBS; unveröffentlichter~~Skyguide Unveröffentlichter Datensatz	~~05.2017~~1.12.2025

	~~Payerne~~Nahbereich der Flugsicherungsanlagen			
Waffen- und Schiessplatz	Perimeter der Waffen- und Schiessplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)	~~54~~.2	VBS; Geotdaten SPM	16.04.2020
Niederschlagsradar P5km	Puffer von 5 km um Standorte der 5 Radare von MeteoSchweiz + Radar Montancy (France)	4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	04.2020
Windprofiler P5km	Puffer von 5 km um Standorte der 3 Windprofiler von MeteoSchweiz	4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	04.2020
Swiss NBCN P0.5km	Puffer von 500 m um die besonders klimarelevanten Bodenmessstationen des Bundes (Swiss National Basic Climatological Network)	4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	28.02.2026

~~Niederschlagsradar P5km~~	~~Puffer von 5 km um Standorte der 5 Radare von MeteoSchweiz + Radar Montancy (France)~~	~~5.3~~	~~MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz~~	~~04.2020~~
~~Windprofiler P5km~~	~~Puffer von 5 km um Standorte der 3 Windprofiler von MeteoSchweiz~~	~~5.3~~	~~MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz~~	~~04.2020~~

5.4 Geodatensatz zur Kategorie 4: Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis [12]	Quelle[13]	Datenstand
BLN	Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN-Gebiete)	3.~~4~~	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	27.06.2017
Waldreservate	Waldreservate	3.9	BAFU; http://data.geo.admin.ch/	31.12.2018
ISOS	Schützenswerte Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung – Objekte mit Perimeter gemäss neuer Methodik	3.5	BAK; http://data.geo.admin.ch/	01.10.2016

5.5 Geodatensätze zur Kategorie 5: Vorbehaltsgebiete (nicht abschliessend)

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis[12]	Quelle[13]	Datenstand
Avifauna Vorbehalt	Konfliktpotenzial Avifauna = gering (Kat. 2) und mittel (Kat. 3)	3.10	ARE	31.3.2026
SÜL	Planungsgebiete und –korridore gemäss Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL)	2.2	BFE; Geodaten SÜL	06.03.2018
UNESCO Kultur PZ	Pufferzone um UNESCO-Welterbe Kulturstätten	3.~~2~~3	BAK; http://data.geo.admin.ch/	05.08.2015
Wildtierkorridor	Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung	3.~~5~~10	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	05.2013
Jagdbanngebiet	Eidgenössische Jagdbanngebiete	3.~~5~~10	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	12.2013
Reg. Naturpark	Regionale Naturpärke von nationaler Bedeutung	3.~~5~~8	BAFU; unveröffentlichter Datensatz	01.01.2020
Biosphärenreservat	UNESCO-Biosphärenreservate	3.~~5~~8	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	04.2020
Nicht definitiv bereinigte Trockenwiesen und -weiden	Nicht definitiv bereinigten Biotope von nationaler Bedeutung gemäss Anhang 2 TwwV, Anhang 2 Auenverordnung	3.6	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	2025
Vorranggebiete Trockenwiesen und -weiden	Vorranggebiete für Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	3.6	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	2025
Nicht definitiv bereinigte Auengebiete	Nicht definitiv bereinigten Biotope von nationaler	3.6	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	2025

	Bedeutung gemäss Anhang 2 Auenverordnung			
Nicht definitiv bereinigte Amphibienlaichgebiete	Nicht definitiv bereinigten Biotope von nationaler Bedeutung gemäss Anhang 3 AlgV	3.6	BAFU; https://www.bafu.admin.ch/	2025
Wildtierpassage P300-500m	Pufferring 300 bis 500 m um Wildtierpassagen von Nationalstrassen	3.~~5~~10	ASTRA ; unveröffentlichter Datensatz	04.2020
Ziv. Horizontalflächen	Horizontalflächen ziviler Flugplätze - Teil des Gebiets mit Hindernisbegrenzung gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)	~~54~~.1	BAZL; Geodaten SIL	20.04.2020
Flugsicherung Kontrollzone	Kontrollzone (CTR Control Zone)	4.1	BAZL	
~~Ziv_Radaranlagen~~Flugsicherung Wirkungsbereich	~~Gerechnete Datenebene aus:~~ ~~Puffer um Überwachungsradare (*Surveillance systems*):~~ ~~- Surveillance Radar 15 km~~ ~~- Surface Movement Radar 5 km~~ ~~- Multilaterationsanlage 1 km~~ ~~Puffer um Navigationsanlagen (*Navigation systems*):~~ ~~- Konventionelles Drehfunkfeuer (CVOR) 10 km~~ ~~- Doppler Drehfunkfeuer (DVOR) 6 km~~ ~~- Instrumentenlandesystem (ILS) 70° Sektor mit Radius 10 km~~ ~~- Peilstelle (VDF) 5 km~~ ~~- Distanzmessgerät (DME) 3 km~~ ~~- Ergänzungssystem (GBAS) 3 km~~ ~~- ungerichtetes Funkfeuer (NDB) 1 km~~ ~~Puffer um Kommunikationsanlagen (*Communications systems*):~~ ~~- Kommunikationsstation (VHF COM) 2 km~~Wirkungsbereich von Flugsicherungsanlagen[19]	~~54~~.1	~~BAZL~~/Skyguide~~;~~ ~~unveröffentlichter~~ Unveröffentlichter Datensatz	~~20.04.2020~~
~~Mil. Flugplatz P20km~~	~~Puffer von 20 km um militärische Flugplätze gemäss Sachplan Militär (SPM)~~	~~5.2~~	~~VBS; Geotdaten SPM~~	~~05.2017~~

[19] Unter die Flugsicherungsanlagen fallen wie bereits bei den Geo-Daten für die Karten des Konzepts Windenergie von 2020 verschiedenste Infrastrukturen wie Surveillance Radar, Surface Movement Radar, Multilaterationsanlage, Drehfunkfeuer (CVOR / DVOR), Instrumentenlandesystem (ILS), Peilstelle (VDF), Distanzmessgerät (DME), Ergänzungssystem (GBAS), ungerichtetes Funkfeuer (NDB) oder Kommunikationsstation (VHF COM).

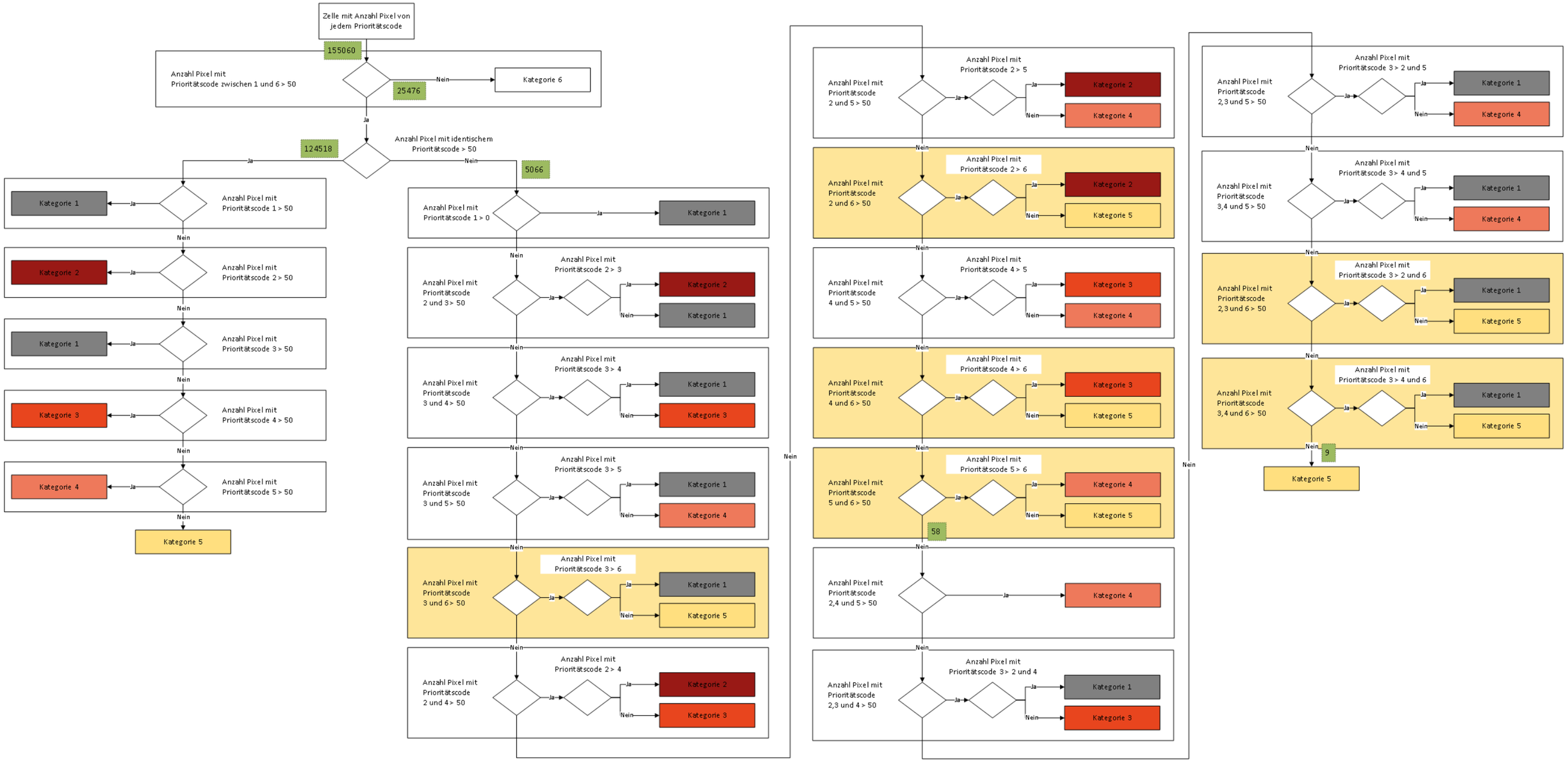
~~**Z2 mil. Flugplatz Payerne**~~	~~Zone 2 bis 20 km um den Flugplatz gemäss Detailstudie zum Militärflugplatz Payerne~~	~~5.2~~	~~VBS; unveröffentlichter Datensatz~~	~~04.2020~~
Niederschlagsradar P5-20km	Pufferring 5 bis 20 km um Standorte der 5 Radare von MeteoSchweiz + Radar Montancy (France)	~~5~~4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	04.2020
Windprofiler P5-20km	Pufferring 5 bis 20 km um Standorte der 3 Windprofiler von MeteoSchweiz	~~5~~4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	20.04.2020
SwissMetNet P1km	Puffer von 1 km um Bodenmessstationen von MeteoSchweiz (SwissMetNet)	4.3	MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz	04.2020

5.6 Geodatensätze zur Kategorie 6: Weitere Einschränkungen (transparent, abrufbar)

Kurzname	Detaillierte Bezeichnung des Geodatensatzes	Verweis [12]	Quelle[13]	Datenstand
FFF	Fruchtfolgeflächen (kantonale Daten)	2.2	ARE; unveröffentlichter Datensatz	20.04.2020
ISOS	Schützenswerte Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.~~4~~5	BAK; http://data.geo.admin.ch/	01.10.2016
ISOS P1km	Puffer von 1 km um schützenswerte Ortsbilder der Schweiz (ISOS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.~~4~~5	BAK; http://data.geo.admin.ch/	01.10.2016
IVS	Historische Verkehrswege der Schweiz (IVS-Objekte) von nationaler Bedeutung	3.~~4~~5	ASTRA http://www.ivs.admin.ch/	2016
KGS P300m	Puffer von 300 m um flächenhafte[20] Kulturgüter von nationaler Bedeutung (KGS-Inventar)	3.~~5~~8	Abgeleitet aus BABS; http://data.geo.admin.ch/	01.2016
Weitere Hinweise zum Grundwasser	~~Gerechnete Datenebene aus:~~ Grundwasserschutzzone S3, Grundwasserschutzzone Sm, ~~Grundwasserschutzzone Sh, -~~ Zuströmbereich Zu, der anstelle einer ~~S3, Zuströmbereich zu einer~~ Grundwasserschutzzone Sm ~~in verkarsteten Gebieten, spezifische kantonale Schutzzonentypen, künftige Schutzzonen~~ ausgeschieden wurde	3.~~5~~7	KKGEO; www.geodienste.ch	05.2020
Wald	Waldflächen	3.~~6~~9	Swisstopo, SwissTLM3D	01.2020
Schutzwald	Schutzwälder (kantonale Daten)	3.~~6~~9	BAFU; unveröffentlichter Datensatz	2018
~~**SwissMetNet**~~	~~Bodenmessstationen von MeteoSchweiz (SwissMetNet)~~	~~5.3~~	~~MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz~~	~~04.2020~~

[20] Die entsprechenden Objekte sind im KGS-Inventar als Punkte erfasst.

~~**SwissMetNet P1km**~~	~~Puffer von 1 km um Bodenmessstationen von MeteoSchweiz (SwissMetNet)~~	~~5.3~~	~~MeteoSchweiz; unveröffentlichter Datensatz~~	~~04.2020~~

6 Anhang

Vergrössertes Abbild des Algorithmus aus Kapitel 3. Die grün hinterlegten Zahlen weisen auf die Anzahl der 500 x 500m grossen Zellen hin, die jeweils an einem Entscheidungspunkt gefiltert wurden.