



Amt für Energie und Verkehr Graubünden  
Uffizi d'energia e da traffic dal Grischun  
Ufficio dell'energia e dei trasporti dei Grigioni

Amt für Raumentwicklung Graubünden  
Uffizi per il svilup dal territori dal chantun Grischun  
Ufficio per lo sviluppo del territorio dei Grigioni

# **Kommerzielle Windenergienutzung im Kanton Graubünden**

## **Planungsleitfaden für Behörden und Projektentwickler**

Mai 2016

# Impressum

## **Auftraggeber**

Jacques Feiner, Amt für Raumentwicklung (PL)

## **Begleitgruppe**

Dominik Alig, Amt für Natur und Umwelt

Jacques Feiner, Amt für Raumentwicklung

Armin Tanner, Amt für Energie und Verkehr

## **Bearbeitung**

Stauffer & Studach AG

Alexanderstrasse 38, CH-7000 Chur

[www.stauffer-studach.ch](http://www.stauffer-studach.ch)

Silvio Sauter

+41 81 258 34 44

[s.sauter@stauffer-studach.ch](mailto:s.sauter@stauffer-studach.ch)

Andri Foppa

Dominik Rüegg

Martin Zahner

## **Erstellung**

2015

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>4</b>
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Ziel und Zweck des Planungsleitfadens	4
1.3	Inhaltliche Abgrenzung	5
<b>2</b>	<b>Portrait Windenergie</b>	<b>6</b>
2.1	Marktsituation	6
2.2	Windenergieanlagen	6
2.3	Stand und Entwicklungspotenzial der Anlagentechnik	8
2.4	Rahmenbedingungen	8
2.4.1	Windverhältnisse	8
2.4.2	Sturmereignisse und Vereisung	9
2.4.3	Kostendeckende Einspeisevergütung KEV	10
2.4.4	Netzeinspeisung	10
2.4.5	Transport	11
2.4.6	Montage und Rückbau	12
2.4.7	Bewilligung	12
<b>3</b>	<b>Standortanforderungen</b>	<b>14</b>
3.1	Landschaft	14
3.2	Ortsbilder und Kulturobjekte	15
3.3	Fauna	16
3.3.1	Vögel	16
3.3.2	Fledermäuse <sup>12</sup>	18
3.3.3	Wildtiere	19
3.4	Natürliche Lebensräume	20
3.4.1	Gewässer	20
3.4.2	Wald	20
3.4.3	Biotopschutz	21
3.5	Siedlung, Verkehr und Luftfahrt	21
3.5.1	Siedlungsgebiet und bewohnte Gebäude	21
3.5.2	Verkehrs- und Energieinfrastrukturen	22
3.5.3	Luftfahrt / Flugsicherheit	23
3.5.4	Radar, Richtfunk, Antennen	24
<b>4</b>	<b>Planung und Bewilligung</b>	<b>25</b>
4.1	Kantonaler Richtplan	25
4.1.1	Richtplanerfordernis	25
4.1.2	Standorte in kantonalen Landschaftsschutzgebieten	25
4.2	Regionaler Richtplan	26
4.2.1	Richtplanerfordernis	26
4.2.2	Umsetzung in den regionalen Richtplänen	27
4.2.3	Beurteilungsgrundlagen für eine Festsetzung	28
4.2.4	Stellenwert einer Festsetzung im Richtplan	29
4.3	Kommunale Nutzungsplanung	29
4.3.1	Allgemein	29
4.3.2	Voraussetzungen für eine Anpassung der Nutzungsplanung	30
4.3.3	Umsetzung in den Planungsmitteln	30

4.3.4	Leitverfahren für UVP und allfällige Rodungsvorhaben	32
4.4	Baubewilligung	33
4.5	Überblick Planungsablauf	34
<b>5</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>35</b>

## **1 Einführung**

### **1.1 Ausgangslage**

Durch den von Bundesrat und Parlament beschlossenen schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie und im Zuge der Energiestrategie 2050 erhält die Ausschöpfung der Potenziale erneuerbarer Energien wie der Windkraft zunehmende Bedeutung. Die aktuellen Rahmenbedingungen durch die Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung KEV sowie die erzielten technologischen Fortschritte bei der Anlagentechnik haben dazu geführt, dass das Interesse an einer kommerziellen Windkraftnutzung auch in Graubünden gestiegen ist. Seit Einführung der KEV im Jahre 2009 sind verschiedene Projekte für die Windenergienutzung im Kanton Graubünden angestossen oder bereits realisiert worden. Die Regierung geht davon aus, dass die Windenergie im Kanton Graubünden weiter Fuss fassen wird. Schweizweit wird mit einem Ausbaupotenzial von 1500 GWh bis ins Jahr 2035 gerechnet (Prognos 2011).

Noch vor wenigen Jahren wurde der Windenergie im Kanton Graubünden ein bescheidenes Potenzial attestiert. Die Behandlung des Themas im Richtplan stand daher lange nicht zur Diskussion. Das gestiegene Interesse an der Windenergienutzung in Graubünden sowie die bisherigen Erfahrungen mit konkreten Projekten veranlasste den Kanton, strategische Ziele und Planungsgrundsätzen zum Thema Windenergie in seinen Richtplan aufzunehmen und in einem Planungsleitfaden zu vertiefen.

### **1.2 Ziel und Zweck des Planungsleitfadens**

Der kantonale Richtplan umfasst die grundlegende Richtungsweisung im Bereich Windenergie. Gleichzeitig lässt er Fragen bezüglich der Projektumsetzung offen. Mit dem vorliegenden Planungsleitfaden werden die generellen Anforderungen des Richtplans konkretisiert, die Planungs- und Verfahrensabläufe geschildert sowie weitere Empfehlungen an die Planungsträger und Projektanten abgegeben. Der Leitfaden richtet sich somit an Behörden, Planer und Projektanten von Windenergieanlagen sowie an weitere interessierte Kreise. Der vorliegende Leitfaden ersetzt die vom Amt für Energie und Verkehr (AEV) und dem Amt für Raumentwicklung (ARE-GR) im Jahr 2008 herausgegebene Grundlagenarbeit «Windenergieanlagen (WEA)».

Im Kanton Graubünden sind bereits Erfahrungen mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Windenergieanlagen gesammelt worden. Die Empfehlungen des vorliegenden Planungsleitfadens stützen sich auch auf diese Erfahrungen ab. Sie berücksichtigen zudem die institutionellen Verhältnisse und Planungssysteme des Kantons. Der Leitfaden orientiert sich im Wesentlichen an den Empfehlungen des Bundesamtes für Energie (BFE), des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) zur Planung von Windenergieanlagen aus dem Jahr 2010, stützt sich jedoch auch auf neue Grundlagen aus Wissenschaft und Praxis ab. Einige Aspekte werden in den Empfehlungen des Bundes bereits

sehr umfassend abgedeckt, so dass teilweise direkt auf die entsprechenden Kapitel im Bericht verwiesen wird.

Der Planungsleitfaden will einen Beitrag zur Klärung und Konkretisierung der Planungsanforderungen im Kanton Graubünden leisten und versuchen, vorhandene Unsicherheiten soweit möglich abzubauen. Der Leitfaden kann in diesem Sinne Empfehlungen abgeben, jedoch ohne rechtliche Verbindlichkeiten. Projektanten von Windenergieanlagen wird empfohlen, in jedem Fall frühzeitig den Kontakt mit der Standortgemeinde des Projekts aufzunehmen. Generell wird eine enge Zusammenarbeit mit den verschiedenen Behördenstellen bereits in einer frühen Projektentwicklungsphase als zielführend erachtet.

### **1.3 Inhaltliche Abgrenzung**

Der Leitfaden beschäftigt sich schwerpunktmässig mit den möglichen Planungsverfahren und den dabei anzuwendenden Standortkriterien. Berücksichtigt werden alle Planungsstufen (Richtplanung, Nutzungsplanung, Baubewilligungsverfahren).

Die Umwelteinflüsse von Windenergieanlagen werden, obwohl umfassend erforscht, nur soweit umrissen, als dass sie für das Herleiten der Standortanforderungen von Bedeutung sind. Auf die Funktionsweise oder Einzelheiten zu den betrieblichen und technischen Massnahmen zur Minderung negativer Umwelteinflüsse wird ebenso nur am Rande eingegangen.

## 2 Portrait Windenergie

### 2.1 Marktsituation

Gemessen an der neu installierten Leistung gehört die Windenergie heute international zu den bedeutendsten Technologien zur Stromerzeugung. Mit einer installierten Leistung von weltweit über 370 000 MW (Stand 2014) handelt es sich bei der Windenergie mittlerweile um eine ausgereifte Technologie. Allein im Jahr 2014 wurden weltweit rund 52 000 MW Leistung neu installiert. In Europa erzeugt die Windenergie heute bereits 6% des Stromverbrauchs (GWEC 2015).

Die Schweiz hinkt bei dieser Entwicklung noch weit hinterher. Die installierte Leistung umfasste im Jahr 2014 lediglich knapp 60 MW (suisseéole 2015d). Davon waren 3 MW auf die derzeit einzige in Graubünden betriebene Grosswindanlage in Haldenstein zurückzuführen. Bei der KEV waren jedoch Windenergieanlagen mit einer Leistung von insgesamt 2000 MW angemeldet, alleine 140 MW davon in Graubünden (KEV 2015; Stand Januar 2015). Diese Zahlen unterstreichen das in der Einleitung erwähnte sprunghaft gestiegene Interesse an der Windenergienutzung im Kanton Graubünden.

Unter anderem aufgrund der durch die grosse Marktnachfrage ausgelösten industriellen Massenproduktion von Windenergieanlagen ist von einer weiteren Kostensenkung und damit einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Windenergie auszugehen. Das Interesse an der Windenergie dürfte daher weiter zunehmen. Erst mittel- bis langfristig werden Stromgestehungspreise mit zunehmendem Ausbau weniger stark sinken oder gar stagnieren (BFE 2008a).

### 2.2 Windenergieanlagen

Eine Windenergieanlage besteht aus Rotor, Gondel mit Generator, Turm, Fundament und Netzanschluss (siehe Abbildung 1). Zu den für Bau und Betrieb von Windenergieanlagen erforderlichen Nebenanlagen gehören Zufahrtswege, Leitungen, Trafostationen sowie Installationsplätze (während der Bauphase). In der Vergangenheit wurden die vielfältigsten Anlagentypen entwickelt und erprobt, weltweit hat sich jedoch das Prinzip mit 3-Flügel-Rotor (als Luv-Läufer konzipiert), horizontaler Achse und der Maschinengondel auf einem Turm durchgesetzt (Burton et al. 2011). Die Gondel ist rundum schwenkbar, damit sich der Rotor optimal in den Wind drehen kann. In der Gondel befindet sich der Generator für die Stromproduktion. Die Rotorblätter nehmen die Windenergie auf, der Rotor dreht sich und treibt den Generator an. Nebst den Anlagen mit horizontaler Achse existieren auch solche mit vertikaler Achse. Diese haben sich aufgrund der geringen Leistung für die kommerzielle Stromproduktion bislang nicht durchgesetzt. Sie kommen jedoch in Bereichen zum Einsatz, wo eine vergleichsweise geringe Leistung benötigt wird und wo die Vorteile dieses Anlagentyps (einfache Bauweise; Unempfindlichkeit gegen wechselnde Winde) überwiegen.

Als Einzelanlage wird eine allein stehende Windenergieanlage bezeichnet. Ein Windpark ist eine Ansammlung von mindestens drei Anlagen, die räumlich, technisch (durch gemeinsame Stromeinspeisung) und meist auch organisatorisch (durch eine Betreibergesellschaft) eine Einheit bilden. In der Regel wird in einem Windpark nur ein Anlagentyp verwendet. Durch die Errichtung eines grösseren Windparks lassen sich die Fixkosten pro Anlage deutlich reduzieren.

Eine allgemein anerkannte Definition von Klein- bzw. Grosswindanlagen existiert nicht. Windenergieanlagen mit einer elektrischen Nennleistung bis 10 kW werden gemäss eidgenössischer Energieverordnung (EnV) als Kleinwindanlagen, ab einer Nennleistung über 10 kW als Grosswindanlagen bezeichnet. Auf internationaler Ebene werden Anlagen mit einer Leistung bis und mit 100 kW als Kleinwindanlagen eingestuft. Bezüglich Dimensionierung können in der Schweiz Anlagen ab 30 m Gesamthöhe zu den Grosswindanlagen gezählt werden, da für diese eine Planungspflicht gemäss Art. 2 RPG gegeben ist.

Nebst der gestiegenen installierten Gesamtkapazität haben auch die Dimensionen der neu installierten Windenergieanlagen in der Vergangenheit kontinuierlich zugenommen. Onshore-Anlagen erreichen heute Gesamthöhen von über 200 m mit Rotordurchmessern von bis 130 m. Mit der Grösse ist auch die Nennleistung der eingesetzten Anlagen angestiegen, ein weiterer Anstieg ist absehbar.

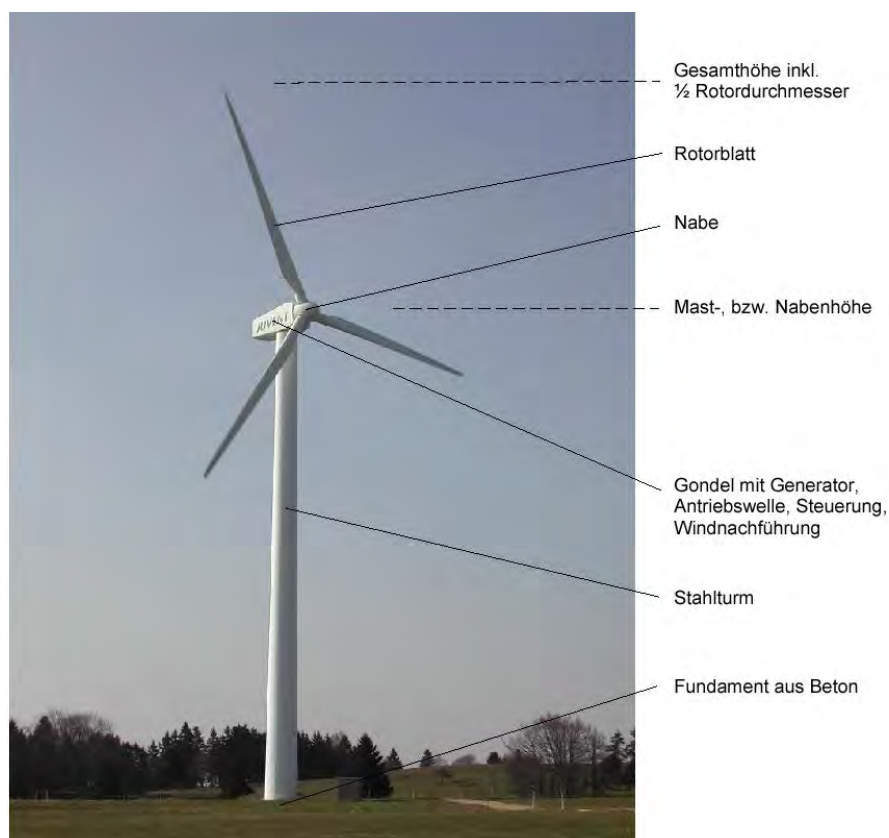


Abb. 1 Bestandteile einer Windenergieanlage (BFE, BUWAL, ARE 2004).



## **2.3 Stand und Entwicklungspotenzial der Anlagentechnik**

Dank der technologischen Fortschritte bei der Forschung und Entwicklung von Windenergieanlagen ist heute die Windenergienutzung an Standorten denkbar, die bis vor wenigen Jahren noch als ungeeignet erachtet wurden. Es werden vermehrt Anlagen entwickelt, die für Standorte mit suboptimalen Windbedingungen ausgelegt sind (Mittel- und Schwachwindanlagen), was für die Nutzung der Windenergie in der Schweiz und in Graubünden von Bedeutung sein kann. Dies ist dadurch gekennzeichnet, dass bei gleichbleibender Leistung grössere Rotordurchmesser und höhere Nabenhöhen gewählt werden. Somit kann auch an Standorten mit mittlerer Windstärke eine gute Auslastung der Anlagen erreicht werden (BFE 2012).

Der Bund beteiligt sich mit einem Forschungsprogramm Windenergie an der Entwicklung der Windenergie. Aus heutiger Sicht bestehen bei der Windenergie nach wie vor grosse Entwicklungspotenziale zur Optimierung des Wirkungsgrads, der Umwelt- und Raumverträglichkeit (Lärm, Vogelschutz, Fledermausschutz) und zur Nutzung von Gebirgsstandorten (Themen Vereisung, Transport und Bau).

Bezüglich des von einer Windenergieanlage erzeugten Lärms gilt es zwischen mechanischem und aerodynamischem Lärm zu unterscheiden. Ersterer kann durch gutes Design und Bauweise insbesondere des Getriebes, Dämmung und Dämpfung, letzteres durch tiefere Rotationsgeschwindigkeiten des Rotors reduziert werden (Burton et al. 2011). Die Anlagentechnik hat in dieser Hinsicht grosse Fortschritte gemacht. Es ist zu erwarten, dass sich die von Windenergieanlagen verursachten Geräuschemissionen künftig weiter reduzieren lassen.

## **2.4 Rahmenbedingungen**

### **2.4.1 Windverhältnisse**

Zur wirtschaftlichen Nutzung einer Windenergieanlage sind die Windverhältnisse eines Standortes ausschlaggebend. Wichtige Kriterien sind die mittlere Windgeschwindigkeit und die zeitliche Verteilung des Windaufkommens.

Die Windgeschwindigkeit nimmt grundsätzlich mit grösserer Höhe der Anlage über Grund zu, da insbesondere die Bodenrauigkeit und Hindernisse den Wind abbremsen. Die Topographie beeinflusst jedoch die Windverhältnisse stark. Auf Hügel und Bergen oder auch kanalisiert in Tälern sind hohe Windgeschwindigkeiten möglich. Tal- und Bergwind-Systeme sowie lokale Gegebenheiten können ebenfalls einen starken Einfluss haben (Burton et al. 2011; Emeis 2013).

Wie viel kinetische Windenergie für eine Anlage zur Verfügung steht, hängt von ihrer Rotorkreis-Fläche, der mittleren Windgeschwindigkeit und der Luftdichte ab (Emeis 2013). Eine Verdreifachung des Rotordurchmessers führt zu einer neun Mal höheren Leistung und eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit zu einer acht Mal höheren Leistung. Da die Dichte der Luft mit der Höhe abnimmt, ist mit einem verminderten Energieertrag in hohen Lagen zu rechnen (Burton et al. 2011).

Die verwendete mittlere Windgeschwindigkeit gibt den erwarteten Wind über ein bestimmtes Zeitintervall an. Da der Wind ständig ändert, kann die Häufigkeit der erwarteten Windgeschwindigkeiten über die Weibull-Verteilung approximiert werden (Burton et al. 2011). Eine erste Abschätzung über das Windpotenzial erlaubt die Windkarte Schweiz<sup>1</sup>. Da sich bisherige Modellierungen der Windverhältnisse als zu ungenau für die Lokalisierung von Windpotenzialen in alpinen Regionen erwiesen, beteiligt sich der Kanton Graubünden an einem Windkataster, der speziell die komplexen Windsysteme im Alpenraum zu modellieren versucht. Simuliert werden die Windverhältnisse auf Höhen von 50 m, 150 m sowie 250 m. Mit dem Windkataster wird ein Instrument für die Abschätzung von Windpotenzialen in alpinen Gebieten geschaffen, das Projektanten und Investoren zugutekommt.<sup>2</sup>

Verlässliche Winddaten sind nur mit Windmessungen vor Ort verfügbar. Dazu sind ausreichend hohe Messmasten während mindestens eines Jahres notwendig (suisseéole 2015a). Die an den Masten angebrachten Geräte messen Windgeschwindigkeit und -richtung. Damit lässt sich aber nur die zeitliche Variabilität der Windstärke bis zu saisonalen Schwankungen abbilden. Längerfristige Änderungen sind, insbesondere im alpinen Raum, nur durch mehrjährige Messreihen ersichtlich. Zukünftige Entwicklungen lassen sich in jedem Fall nur mit einer gewissen Unsicherheit voraussagen (Burton et al. 2011).

Die Frage nach der für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage erforderlichen mittleren Windgeschwindigkeit richtet sich nach verschiedenen Faktoren. In den Empfehlungen von BFE, BAFU und ARE (2010) wird davon ausgegangen, dass ein genügendes Windpotential ab einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4.5 m/s gegeben ist.

#### **2.4.2 Sturmereignisse und Vereisung**

An Gebirgsstandorten werden aufgrund der dort vorherrschenden klimatischen und topographischen Verhältnisse erhöhte Anforderungen an den Betrieb von Windenergieanlagen gestellt. Diese können relevant für die Wirtschaftlichkeit sein.

Bei Sturmereignissen, die auch in Tallagen oder im Flachland auftreten, kann der Betrieb von Windenergieanlagen nur eingeschränkt erfolgen oder muss ganz abgeschaltet werden. Anlagen mit aktivierter Sturmregelung sind mit einer Software ausgestattet, die das Abschalten bei hohen Windgeschwindigkeiten verhindert. Stattdessen werden die Rotorblätter bei diesen Anlagen aus dem Wind gedreht, um dadurch die Drehzahl und folglich die Leistung der Anlage zu verringern, ohne diese jedoch vollständig abzuschalten. Der leistungsreduzierte Betrieb verhindert grössere Ertragsverluste aufgrund von Abschalt- und Anfahrprozessen. Diese dau-

---

<sup>1</sup> <http://wind-data.ch/windkarte/> (Zugriff: 14. August 2015).

<sup>2</sup> Die Detailsimulation wird voraussichtlich im Jahr 2016 vorliegen.

ern normalerweise einige Minuten. Namentlich an stürmischen Tagen können sich durch das häufige Abschalten beträchtliche Ertragsverluste ergeben. Bei Anlagen ohne spezifische Sturmregelung schaltet die Anlage bei einer bestimmten maximalen Windgeschwindigkeit (in der Regel bei 25 m/s im 20 Sekundenmittel) automatisch ab (BFE 2006).

Eine weitere Herausforderung im Gebirge stellt die häufige Vereisung von Windenergieanlagen dar (vgl. Vereisungskarte<sup>3</sup>). Dies kann einerseits in einer Leistungseinbusse, einer rascheren Abnutzung und fehlerhaftem Betrieb resultieren. Andererseits besteht auch die Gefahr von Eiswurf (suisseéole 2015b).<sup>4</sup>

Anti-Eis Massnahmen sind möglich, so etwa Warmluftheizungen im Blattinneren, Heizelemente auf der Flügelvorderkante, schwarze Flügel, wasserabweisende Beschichtungen oder Nanotechnologie (vgl. BFE 2009). Alle diese Methoden weisen gewisse Vor- und Nachteile auf (BFE 2008b).

#### 2.4.3 Kostendeckende Einspeisevergütung KEV

Seit 2009 sieht das Energiegesetz (EnG) eine kostendeckende Einspeisevergütung für erneuerbare Energien vor. Die Bestimmungen finden sich in der Energieverordnung (EnV). Die KEV deckt die Differenz zwischen Produktion und Marktpreis durch einen Fonds, der durch alle Stromkonsumenten gespeist wird. Die Vergütungstarife werden anhand von Referenzanlagen festgelegt und 20 Jahre ausbezahlt (vgl. Anhang 1.3 EnV). Grosswindanlagen über 1700 m ü. M. erhalten seit dem Jahr 2014 einen Bonus von 2.5 Rp./kWh. Mit diesem sogenannten Höhenbonus soll den erschwerten Bedingungen für die Windenergie im Gebirge Rechnung getragen werden. Die Anmeldung zur KEV erfolgt über die nationale Netzgesellschaft swissgrid, welche als Übertragungsnetzeigentümerin den Betrieb des Schweizer Höchstspannungsnetzes verantwortet. Da nicht genügend Mittel zur Verfügung stehen, existiert eine Warteliste. Baureife und realisierte Projekte werden seit 1. Januar 2015 grundsätzlich vorgezogen.

#### 2.4.4 Netzeinspeisung

Die von Windenergieanlagen produzierte Energie ist mit Ausnahme von autonom betriebenen Kleinwindanlagen über einen Netzanschluss in das Stromnetz einzuspeisen. Nach Art. 7a EnG sind Netzbetreiber grundsätzlich verpflichtet, die Elektrizität aus erneuerbaren Energien abzunehmen und zu vergüten. Die Kosten für die

<sup>3</sup> <http://wind-data.ch/windkarte/index.php> (Zugriff: 14. August 2015).

<sup>4</sup> Ab 2005 wurde der Eiswurf bei der Windenergieanlage Gütsch oberhalb Andermatt auf rund 2300 m ü. M. protokolliert. Cattin et al. (2007) halten fest, dass: a) Eiswurf ganzjährig und regelmässig vorkommt; b) der Grossteil unterhalb der Rotorblätter liegt; c) die Eisstücke bis 92 Meter weit flogen (die theoretisch mögliche Wurfdistanz bei gegebener Anlage nach Seifert et al. [2003: 6] von 135 Meter wurde demnach nicht erreicht); d) die Eisstücke bis zu 1.8 kg wogen; e) die Wurfdistanz nicht vom Gewicht des Eisstücks abhängt. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde bei der Windenergieanlage Gütsch ein Warnschild installiert.

notwendigen Erschliessungsleitungen bis zum Einspeisepunkt sowie die Transformatorenkosten, d.h. die Kosten für allfällige technische Einrichtungen zwischen Anlage und Einspeisepunkt, trägt der Betreiber der Windenergieanlage. Sind Netzverstärkungen erforderlich, gehen diese gemäss Stromversorgungsverordnung (StromVV) zulasten der nationalen Netzgesellschaft swissgrid. Dies bedingt jedoch nach Art. 22 Abs. 4 StromVV einer Bewilligung der Eidgenössischen Elektrizitätskommission (ElCom).<sup>5</sup>

### 2.4.5 Transport

Der Transport von Windenergieanlagen an den Betriebsstandort kann aufgrund von Dimension und Gewicht der einzelnen Anlagenteile eine grosse Herausforderung darstellen. Bei 3 MW Anlagen mit Rotorblattlängen von rund 50 Metern beträgt das Gewicht des Rotors rund 60 Tonnen, die Gondel wiegt 78 Tonnen (Siemens 2014). Bei der in Haldenstein verwendeten Turbine beträgt das maximale Gewicht pro Transporteinheit 70 Tonnen. Da ein Transport mit Helikopter nur bis zu einem maximalen Gewicht von 20 Tonnen<sup>6</sup> möglich ist und alternative Methoden des Lufttransportes mit höheren Nutzlasten<sup>7</sup> bis anhin nicht marktreif sind, ist der Strassen-transport und Aufbau mittels Kran zwingend. Daher muss auch ein entsprechend dimensionierter Kran bis zur Baustelle gelangen. Der Transport erfolgt somit auf Lastenzügen. Bei Rotorblättern von 50 Metern Länge sind entsprechende Kurvenradien notwendig. Ebenfalls zu prüfen ist die Breite der Zufahrt, die zulässige Achslast sowie die lichte Höhe (BFE 1998) und möglicherweise auch die Steigung. Aufgrund der technologischen Entwicklung ist zu erwarten, dass sich die Transportmöglichkeiten vereinfachen<sup>8</sup> werden und zukünftig ein geringerer Ausbaustandard der Zufahrtsstrassen notwendig sein wird.

Gegebenenfalls ist die Zufahrt somit für den Transport zur Baustelle auszubauen und vorzubereiten (Ausbau von Kurvenradien, Demontage von Geländern oder anderen Hindernissen, Erhöhung der Tonnage von Brücken sowie Fahrbahnbefestigungen). Kleinere Anlagen können teilweise mit Helikoptern, Seilbahnen, Seilwinden oder vor Ort montiert werden.

---

<sup>5</sup> Der lokale Netzbetreiber realisiert die Netzverstärkung. Nach Realisierung der Netzverstärkung, der notwendigen Zuleitungen und der Windenergieanlage stellt der Netzbetreiber Antrag auf Abgeltung der Netzverstärkung. Falls die ElCom diesem Antrag zustimmt verrechnet der Netzbetreiber die Netzverstärkung der swissgrid, andernfalls erhöht sich der Beitrag der Endverbraucher (vgl. Art. 14 und 15 des Bundesgesetzes über die Stromversorgung, StromVG). Massgebliche Kriterien dafür sind die Notwendigkeit, Wirtschaftlichkeit sowie der Einspeisepunkt.

<sup>6</sup> Mil Mi-26.

<sup>7</sup> Etwa Cargolifter CL160 mit bis 160 Tonnen.

<sup>8</sup> Bereits existieren Rotorblattadapter die eine Neigung des Rotorblattes um bis zu 60° ermöglichen. Dies erlaubt engere Kurvenradien bei Strassen wie auch das Ausweichen bei Hindernissen.

#### **2.4.6 Montage und Rückbau**

Vor der Montage der Windenergieanlage ist ein Fundament zu erstellen. Der Aufbau erfolgt mithilfe eines mobilen Krans, welcher zuerst den Turm und anschließend die Gondel und die einzelnen Rotorblätter montiert. Der Kran wird auf einem Installationsplatz neben dem Fundament aufgerichtet oder aber benutzt dasselbe Fundament. Der Installationsplatz muss eine der Abstützbasis entsprechende Grösse aufweisen. Insbesondere in topographisch anspruchsvollen Gebieten sind somit teilweise grössere Geländeanpassungen notwendig. Gegebenenfalls sind Baupisten zu erstellen. Nach Abschluss der Montage ist für den Unterhalt normalerweise eine kleinere Zufahrt notwendig. Da bei einem Rückbau der Anlage oder auch einer Revision wiederum ein Kran notwendig sein wird, ist die Zufahrt dannzumal wieder auszubauen. Die Zufahrtsstrasse ist je nach Situation für Drittnutzungen zu sperren. Grundsätzlich ist ein allgemeines Fahrverbot vorzusehen, eine Nutzung etwa zur land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung kann jedoch eine Option darstellen und ist im Einzelfall zu prüfen.

Nach Ablauf der Lebensdauer einer Windenergieanlage, d.h. nach rund 20 bis 30 Jahren (BWE 2015; De Vries: 2014), kann die Anlage entweder ersetzt oder rückgebaut werden. Der Rückbau erfolgt wiederum mithilfe eines Krans und umfasst nebst den Hochbauten in der Regel auch die weiteren Anlagen am Boden. Ob auch die im Erdreich verlegten Leitungen auszugraben sind, ist projektbezogen und situationsbedingt zu beurteilen. Dasselbe gilt für die Zufahrtsstrassen. Das Fundament sollte mindestens so weit entfernt werden, dass eine landwirtschaftliche Nutzung oder eine Rekultivierung möglich ist. Die Kostenübernahme und Verantwortlichkeit des Rückbaus sind im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu regeln.

Im Gegensatz zu anderen Anlagen zur Stromproduktion lassen sich die Bestandteile von Windenergieanlagen grossteils wiederverwerten und es entstehen kaum Altlasten. Windenergieanlagen hinterlassen nach erfolgtem Rückbau je nach Projekt somit keine oder kaum sichtbare Spuren in der Landschaft. Zu beachten ist jedoch, dass Spuren eines Eingriffs in alpinen Lagen aufgrund der kurzen Vegetationsperiode noch viele Jahre ersichtlich sein können.

#### **2.4.7 Bewilligung**

Für die Anlagen und erforderliche Nebenanlagen (Zufahrtsstrassen) ist eine Bewilligung nach kantonalem Recht erforderlich. Das Projekt ist als Ganzes zu beurteilen. Für den elektrischen Teil der Anlage ist zusätzlich eine Bewilligung beim Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) einzuholen (Energieerzeugungsanlagen; Plangenehmigung gemäss Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen [VPeA]). Dies repräsentiert eine Bundesaufgabe gemäss Art. 2 NHG.

Anlagen zur Nutzung der Windenergie mit einer installierten Leistung von gesamthaft mehr als 5 MW sind der UVP-Pflicht unterstellt. Die Umweltauswirkungen

sind jedoch auch bei Vorhaben mit einer kleineren installierten Leistung zu beurteilen.

### 3 Standortanforderungen

#### 3.1 Landschaft

Windenergieanlagen mit ihren Nebenanlagen (Strasse und Netzleitung) stellen einen Eingriff in die Landschaft<sup>9</sup>, die Natur und die Umgebung dar. Die Anlagen treten aufgrund ihres Erscheinungsbilds (Grösse, Gestalt) und ihres Betriebs (Rotorbewegung, Befeuerung, Schattenwurf, Lärm) im Landschaftsbild deutlich in Erscheinung. Mit jeder Windenergieanlage wird die Landschaft unweigerlich verändert. Die Auswirkungen auf die Landschaft sind daher oft Hauptgegenstand in der Diskussion um die gesellschaftliche Akzeptanz der Windenergie. Die Meinungen darüber sind sehr subjektiv und divergieren stark. Dabei spielen Einstellungen, Werte und der persönliche Bezug zur betroffenen Landschaft und zur Windkraft eine wichtige Rolle.<sup>10</sup>

Die Erheblichkeit eines Eingriffs in die Landschaft kann in Abhängigkeit von Projekt und Standort stark variieren. Daher ist die Erheblichkeit eines Eingriffs möglichst mit der Qualität und Verletzlichkeit der betroffenen Landschaft in Beziehung zu setzen. In Landschafts- und Naturschutzgebieten würden Windenergieanlagen sehr oft im Widerspruch zu den vorhandenen Schutzabsichten stehen, weshalb die Bundesgesetzgebung die Errichtung von Windenergieanlagen in einigen Schutzgebieten von nationaler Bedeutung nur unter Auflagen oder überhaupt nicht zulässt. Diese gelten in diesem Sinne als Ausschlussgebiete (siehe Kapitel 4.1). Fragen zur Verträglichkeit von Windenergieanlagen mit der Landschaft stellen sich jedoch auch ausserhalb von Schutzgebieten, weshalb die Auswirkungen auf die Landschaft ein wichtiger Bestandteil der Prüfung der Umweltverträglichkeit sind. Bei Projekten, bei welchen die Frage der Landschaftsverträglichkeit besonders umstritten ist, kann eine umfassendere Landschaftsstudie erforderlich werden.<sup>11</sup> Ebenso, wenn Standorte in kantonalen Landschaftsschutzgebieten zur Diskussion stehen (siehe Kapitel 4.1.2). Im Kanton Graubünden kommt den Auswirkungen eines Projektes auf das Landschaftserlebnis eine grosse Bedeutung zu. Es ist aufzuzeigen, inwiefern das Projekt kompatibel mit der touristischen (landschaftlichen) Bedeutung eines Gebietes ist. Obwohl etwa in Mont Crosin (BE) das Thema Windenergie touristisch positiv vermarktet wird, kann sich eine substanzielle Verminderung des Landschaftswertes und der Attraktivität eines Raums durch ein Projekt kontraproduktiv auf die touristische Entwicklung eines Gebiets auswirken. Daher sind die Interessen des Tourismus ebenso wie die Sicht der Gäste und Einheimischen möglichst zu berücksichtigen. Für die Akzeptanz ist zudem entscheidend, dass die projektierten Anlagen wichtige Sichtbeziehungen, beispielsweise den Blick auf markante Ge-

<sup>9</sup> Es ist zu beachten, dass der Landschaftsbegriff den gesamten Raum innerhalb und ausserhalb von Siedlungen umfasst.

<sup>10</sup> Um der Akzeptanzfrage nachzugehen hat sich der Kanton Graubünden zusammen mit den Kantonen St. Gallen und Thurgau an einer sozioempirischen Studie (Stichprobengrösse 1095 Personen) beteiligt (Tabi et al. 2015). Die Ergebnisse der Studie zeigen für die Ostschweiz und für Graubünden eine insgesamt positive Einstellung zur Windenergie. Die Windenergie schneidet auch in der Wahrnehmung Direktbetroffener gut ab.

<sup>11</sup> Siehe hierzu die bei einer solchen Studie zu berücksichtigenden Schlüsselemente auf S.18-19 in den Empfehlungen des Bundes zur Planung von Windenergieanlagen.

birgsketten, Aussichtsberge oder andere Wahrzeichen, nicht signifikant beeinflussen.

Gute, realitätsnahe Visualisierungen stellen eine unentbehrliche Diskussions- und Beurteilungsgrundlage bei Windenergieprojekten dar. Mit der Projektvisualisierung sollten die Landschaftsbildveränderungen aus verschiedenen Blickwinkeln aus der Nah- und Fernsicht erfassbar werden. Dazu sind repräsentative Aufnahmestandorte zu wählen, beispielsweise bekannte Aussichtspunkte oder Ausflugsorte. Zudem ist aufzuzeigen, wie das Projekt von besiedelten Gebieten aus im Landschaftsbild in Erscheinung tritt. Die Einsehbarkeit von besiedelten Gebieten aus dürfte von besonderer Relevanz für die Akzeptanz des Projektes sein.

Die Windenergieanlagen können je nach Wettersituation und in Abhängigkeit der Lichtverhältnisse stärker oder schwächer mit der Umgebung kontrastieren. Die Visualisierungen sollten den in der Realität zu erwartenden, grösstmöglichen Kontrast wiedergeben. Nützliche Hinweise zum Thema Visualisierung können dem Anhang 6 der Publikation des BAFU (Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren, 2001) entnommen werden.

### **3.2 Ortsbilder und Kulturobjekte**

In Graubünden befinden sich mehrere mit dem UNESCO-Label ausgezeichnete Kultur- und Naturstätten sowie ein UNESCO-Biosphärenreservat. Die Vergabe dieses Labels unterstreicht die kultur- bzw. naturhistorische Bedeutung dieser Stätten, welche dadurch ein hohes Schutzprädikat verdienen. Je nach Kriterien der Unterschutzstellung und Perimeter ist ein UNESCO Welterbe nicht mit einem Windpark kompatibel. Windenergieanlagen im Nahbereich dieser Stätten sind grundsätzlich unerwünscht. Auch wichtige Sichtbezüge auf diese Objekte sollten durch Windenergieanlagen nicht beeinträchtigt werden.

Bei der UNESCO-Kulturstätte «Rhätische Bahn in der Landschaft Albula/Bernina» wurde eine Pufferzone im Nah- und im Fernbereich festgelegt. Der Nahbereich entfällt wohl in der Regel als Standort für Windenergieanlagen. Bei Standorten im Fernbereich sollten die Anlagen (aus Sicht der Bahnreisenden) nicht aus der Horizontlinie heraustreten. Die Horizontlinie ist in der Richtplankarte eingetragen (siehe Kapitel 8.1 des kantonalen Richtplans).

Gebiete, Baugruppen und Umgebungszonen von Objekten des Bundesinventars der schützenswerten Ortsbilder von nationaler Bedeutung ISOS entfallen als Standorte für Windenergieanlagen, Umgebungsrichtungen gelten als Vorbehaltsgebiete. Ergeben sich grundsätzliche Fragen betreffend der Auswirkungen eines Projektes auf ein ISOS-Objekt, ist die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission ENHK anzuhören. Sind Objekte des Bundesinventars der historischen Verkehrswege der Schweiz betroffen, ist darzulegen, ob diese durch Bau und Betrieb der Anlagen tangiert werden und wie diese grösstmöglich geschont werden können. Im Falle



einer möglichen Beeinträchtigung von historischer Substanz oder bei grundsätzlichen Fragen ist auch hier die ENHK anzuhören.

### 3.3 Fauna

#### 3.3.1 Vögel<sup>12</sup>

Es ist allgemein anerkannt, dass sich Windenergieanlagen in zweierlei Hinsicht negativ auf Vögel auswirken können. Zum einen besteht die Gefahr einer Kollision mit Rotorblättern und Masten der Anlagen.<sup>13</sup> Von der Kollisionsgefahr betroffen sind hauptsächlich Zugvögel und Segelflieger wie Greifvogelarten. Dabei kann das Kollisionsrisiko in Abhängigkeit der Wetterverhältnisse und der Jahres- und Tageszeit erheblich schwanken. Zum anderen können Windenergieanlagen mit ihrer zugehörigen Infrastruktur eine Veränderung des Lebensraums (Verlust von Brutplätzen, Störung durch die Anlage oder damit verbundene Anlagen) bewirken. Dies ist insbesondere für störungsempfindliche Vogelarten relevant.

Zur Abschätzung der Risiken für die Vögel bedarf es bereits in einer frühen Projektphase sorgfältiger Abklärungen. Anhaltspunkte hinsichtlich des Konfliktpotenzials können Grundlagen wie beispielsweise der Konfliktpotentialkarte Windenergie – Vögel Schweiz (Vogelwarte Sempach<sup>14</sup>), der Vogelzugkarte des BAFU oder weiterer Grundlagen (Hoch et al. 2003) entnommen werden. In Gebieten, in welchen mit dem Vorkommen bedrohter und kollisionsgefährdeter Vogelarten<sup>15</sup> (Steinadler, Bartgeier, Uhu) zu rechnen ist sowie in Bereichen wichtiger Korridore von Zugvögeln und Fledermäusen sind vertiefte Untersuchungen mit Feldbeobachtungen bereits in einer frühen Projektphase ratsam. Eine Zusammenarbeit mit Experten der Vogelwarte Sempach<sup>16</sup> und regionalen Vogelschutzorganisationen kann zur frühen Konfliktklärung und Problemlösung beitragen. Gebiete mit Vorkommen von störungssensiblen und kollisionsgefährdeten Vogel- und Fledermausarten (gemäss UVP-Handbuch) gelten entsprechend als Vorbehaltsgebiete.

<sup>12</sup> Das BAFU, das BFE, Suisse éole, Vogelschutz und Fledermausschutz erarbeiten zurzeit ein Handbuch «Berücksichtigung der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse». Dieses wird voraussichtlich 2016 publiziert.

<sup>13</sup> Die von Windenergieanlagen ausgehenden Risiken für Vögel sind im Vergleich zu den Gefahren, die von Gebäuden, Freileitungen, dem Strassenverkehr oder auch Hauskatzen auf Vögel ausgehen, stark zu relativieren (Saidur et al. 2011). Dies ist jedoch kein Grund, den Anliegen des Vogelschutzes bei der Planung von Windenergieanlagen nicht gebührend Rechnung zu tragen.

<sup>14</sup> Bezug: <http://www.vogelwarte.ch/de/projekte/konflikte/konfliktpotenzialkarte.html> (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>15</sup> Zu konsultieren ist etwa:

- BAFU & Schweizerische Vogelwarte (2010): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bezug: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01566/index.html?lang=de> (Zugriff: 14. August 2015)
- Keller, Verena; Ayé, Raffael; Müller, Werner; Spaar, Reto & Zbinden, Niklaus (2010): Die prioritären Vogelarten der Schweiz: Revision 2010. In: Der Ornithologische Beobachter, Bd. 107, Nr. 4. Bezug: <http://www.vogelwarte.ch/de/projekte/publikationen.html?publicationId=789> (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>16</sup> Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, 6204 Sempach, 041 462 97 00, [info@vogelwarte.ch](mailto:info@vogelwarte.ch), [www.vogelwarte.ch](http://www.vogelwarte.ch)

### Kollisionsrisiko

Eine Verringerung des Kollisionsrisikos kann einerseits durch die Optimierung des Anlagenlayouts erreicht werden, beispielsweise durch die Positionierung der Anlagen in ausreichender Entfernung von intensiv genutzten Zugvogelkorridoren und Brutplätzen kollisionsgefährdeter Arten. Andererseits existieren heute auch technische Instrumente zur Verringerung des Kollisionsrisikos mit Vögeln und Fledermäusen. Basierend auf Vorabklärungen kann bei Konflikten mit Vögeln und Fledermäusen ein allgemeiner Abschaltalgorithmus definiert werden. Dieser kann im Rahmen einer Wirkungsstudie überprüft und durch einen spezifisch für einen Standort definierten Algorithmus ersetzt werden. Ein solcher spezifischer Algorithmus kann mittels umfassender Abklärungen bereits zu Beginn festgelegt werden. Diese Algorithmen sind darauf ausgerichtet, einerseits die entstehenden Ertragsverluste möglichst gering zu halten und andererseits den Verlust von Vögeln zu minimieren. Im Weiteren existieren Echtzeitabschaltssysteme (Radar- und bioakustische Systeme), die Vogelzüge und Fledermausaktivitäten automatisch erkennen und die Anlagen bei kritischen Situationen vorübergehend abschalten können. Neben Systemen, die die Anlage stoppen, existieren ebenfalls akustische Abschrecksysteme. Diese Systeme kommen in verschiedenen Ländern bereits zur Anwendung; in der Schweiz liegen noch geringe Erfahrungswerte vor.

Während der Zeiten mit starkem Vogelzug<sup>17</sup> oder kritischen Wettersituationen kann der Betrieb der Anlagen mit entsprechenden Auflagen im Betriebsreglement eingeschränkt werden, beispielsweise durch Abschaltungen während der Nacht oder bei tiefliegender, geschlossener Wolkendecke. Umfassende, durch Vogel- und Fledermausaktivitäten bedingte Betriebseinschränkungen können für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen von Bedeutung sein und sind daher bei der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu berücksichtigen. Solche Betriebseinschränkungen sind Bestandteile der Baubewilligung. Gemäss den Empfehlungen des Bundes haben die Windenergiebetreiber das Recht, jederzeit eine Wirkungsstudie durchführen zu lassen, die je nach Resultat diese Auflagen verschärfen, lockern oder ganz von Auflagen befreien könnte (beispielsweise kann ein allgemeiner Abschaltalgorithmus durch einen spezifischen ersetzt werden). Die Bewilligung für eine nachträgliche Lockerung oder Aufhebung der Auflagen aufgrund der Resultate der Wirkungsstudie ist bei der zuständigen Behörde einzuholen (BFE, BAFU, ARE 2010).

Es darf aufgrund der Entwicklung der Windindustrie und der intensiven Forschungsbemühungen erwartet werden, dass die Kollisionsrisiken für Vögel und Fledermäuse mithilfe der heute und künftig zur Verfügung stehenden betrieblichen und technischen Möglichkeiten in vielen Fällen auf ein zumutbares Mass reduziert werden können, und dass im Rahmen der Projektentwicklung gute Lösungen zur

---

<sup>17</sup> Vgl. dazu auch: Liechti, Felix; Guélat Jérôme; Bauer Silke; Mateos María & Komenda-Zehnder, Susanna (2013): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Vogelzug. Erläuterungsbericht, Aktualisierung 2013. Bezug: <http://www.vogelwarte.ch/de/projekte/konflikte/konfliktpotenzialkarte.html> (Zugriff: 14. August 2015)

Entschärfung des Konflikts mit Vögeln und Fledermäusen möglich sind. Aus diesem Grund wurde im kantonalen Richtplan davon abgesehen, Zugskorridore von Vögeln oder Gebieten mit Fledermausaktivitäten als Ausschlussgebiete festzulegen.

### **Störungsrisiko**

Schwieriger sind Lösungen in Gebieten mit Vorkommen störungsanfälliger Vogelarten der roten Liste wie z.B. Auerhühner. Die durch Bau und Betrieb der Windenergieanlagen und ihrer Nebenanlagen verursachten Störungen lassen sich auch durch Massnahmen wie Zutrittsbeschränkungen kaum verhindern. Ebenso kann mit Ersatzmassnahmen der Schutz dieser Arten meist nicht gewährleistet werden. Solche Gebiete entfallen wohl in den meisten Fällen als mögliche Standorte für Windenergienutzung, auch vor dem Hintergrund der heutigen Rechtsprechung. Erste Hinweise zum Vorkommen solcher bedrohter Vogelarten können den Inventaren und Grundlagen des Kantons entnommen werden, beispielsweise dem Auerhuhn-Konzept Graubünden (AJF, AfW 2010). Im Einzelfall bleibt gestützt auf Feldbeobachtungen abzuklären, ob die betroffene Vogelart im Projektgebiet tatsächlich vorkommt und ob allenfalls verträgliche Lösungen möglich sind. Da letzteres nicht auszuschliessen ist, wird das Vorkommen störungssensibler Arten zwar nicht als Ausschlussgrund angesehen, jedoch bestehen in solchen Gebieten entsprechend grosse Vorbehalte. Im Rahmen der Interessenabwägung sind auch Empfehlungen zu Abständen<sup>18</sup> von Windenergieanlagen zu störungsanfälligen Arten (im Sinne einer ökologischen Pufferzone) zu prüfen.

### **3.3.2 Fledermäuse<sup>12</sup>**

In der Schweiz stehen alle Fledermausarten gemäss Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz NHG unter Schutz<sup>19</sup>. Windenergieanlagen können sich negativ auf Fledermäuse auswirken. Wie bei den Vögeln können Windenergieanlagen samt Infrastrukturen eine Veränderung und einen Verlust des Lebensraumes bewirken. Es besteht auch bei Fledermäusen insbesondere die Gefahr einer Kollision mit den Rotorblättern. Eine solche verläuft meist tödlich. Zudem können auch durch die Rotorbewegung verursachte Luftdruckveränderungen zu tödlichen Verletzungen führen. Daher ist abzuklären, ob im näheren Umfeld eines Projektstandortes mit Fledermausaktivität zu rechnen ist. Ebenfalls ist zu klären, ob sich die Anlage im Bereich eines Zugkorridors von migrierenden Fledermausarten und/oder in unmittelbarer Umgebung von lokal vorkommenden Kolonien von Fledermäusen befindet. Diese Gebiete finden sich oft in den Siedlungsräumen der tieferen Lagen, den

---

<sup>18</sup> Vgl. dazu: Horch, Petra; Schmid, Hans; Guélat, Jérôme & Liechti Felix (2013): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Brutvögel, Gastvögel und Vogelschutzgebiete gemäss WZVV. Erläuterungsbericht; Aktualisierung 2013.

Bezug: <http://www.vogelwarte.ch/de/projekte/konflikte/konfliktpotenzialkarte.html> (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>19</sup> Vgl. dazu auch: BAFU, CCO, KOF, SZKF, WSL (2014): Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011.

Bezug: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01793/index.html?lang=de> (Zugriff: 14. August 2015)

Haupttälern und bei Passübergängen. In dieser Hinsicht ist eine frühe Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Koordinationsstelle für Fledermausschutz<sup>20</sup> oder der Kantonalen Fledermausschutzbeauftragten<sup>21</sup> anzustreben. Je nach Fledermausaktivitäten im Standortgebiet können Massnahmen zum Vogel- und Fledermausschutz (wie im vorangehenden Kapitel beschrieben) in Betracht gezogen werden. Mögliche Auflagen können sein, dass die Betriebszeiten der Windenergieanlagen an den Fledermausflug angepasst werden. Da ein Grossteil der Fledermäuse nur bei schwachem Wind auf Höhe der Rotoren fliegt, sind die Betriebsalgorithmen darauf ausgerichtet, dass die Anlage bei Nächten mit Fledermausaktivität und schwachen Winden abgeschaltet werden. Wie bei den Vogelschutzsystemen ist mittels Monitoring ein schrittweiser Übergang von einem (strengen) globalen Betriebsalgorithmus zu einem ortsspezifischen Algorithmus möglich. Ebenfalls kann im Rahmen von längerfristigen Beobachtungen bereits vor Errichtung der Anlage ein solcher Algorithmus definiert werden. Auch im Bereich Fledermäuse werden Echtzeitabschaltssysteme entwickelt.

### 3.3.3 Wildtiere

Über die Auswirkungen von Windenergieanlagen auf nicht flugfähige Wildtiere liegen vergleichsweise wenige Untersuchungen vor. In verschiedenen Studien (siehe Übersicht in Lovich et al. 2013) wurde die Nutzung eines Gebietes vor und nach Realisierung eines Windparks über mehrere Jahre untersucht. Diese Studien kommen zum Schluss, dass das Wild nach einer gewissen Gewöhnungszeit keine erkennbaren Unterschiede in der Nutzung eines Gebietes zeigt. Allerdings kann es in der Bauphase zu einer Meidung eines Gebiets kommen. Die Nutzung der Zufahrtsstrassen, u.a. für Betrieb und Unterhalt der Anlagen sowie durch andere menschliche Aktivitäten, kann für Wildtiere letztendlich problematischer sein als die Windenergieanlagen selber (siehe auch Kapitel 3.3.1). Die Studien weisen zudem darauf hin, dass Fragen der Auswirkungen auf Wildtiere auch im Kontext der Qualität eines betroffenen Lebensraums zu beurteilen sind.

Wildruhegebiete, Wildtierkorridore und Einstandsgebiete sind als Standorte für Windenergieanlagen nicht per se auszuschliessen. Flankierende Massnahmen zur Verminderung der Störungsintensität sind je nach Situation in Betracht zu ziehen. Da sich Einstandsgebiete für das Wild vornehmlich im Wald befinden, gelten dort die generellen Vorbehalte gemäss Kapitel 3.4.2.

---

<sup>20</sup> Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz, Zürichbergstrasse 221, 8044 Zürich, 044 254 26 80, [fledermaus@zoo.ch](mailto:fledermaus@zoo.ch), [www.fledermausschutz.ch/Schutz/Windkraft.html](http://www.fledermausschutz.ch/Schutz/Windkraft.html) (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>21</sup> Kantonale Fledermausschutzbeauftragte Graubünden, Miriam Lutz und Erich Mühletaler Crusch 7, 7403 Rhäzüns, 081 921 30 00, [muschnas@bluewin.ch](mailto:muschnas@bluewin.ch)

### 3.4 Natürliche Lebensräume

#### 3.4.1 Gewässer

Die Bestimmungen des Gewässerschutzgesetzes schliessen die Errichtung von Windenergieanlagen in Grundwasserschutzzonen S1 und S2 aus. Gemäss Gewässerschutzgesetz untersagt sind ebenfalls Standorte in Seen und Flüssen. Im Weiteren ist die Strategische Revitalisierungsplanung zu beachten<sup>22</sup>.

Das Gewässerschutzgesetz fordert die Kantone auf, den Raumbedarf oberirdischer Gewässer, welcher für die Gewährleistung der natürlichen Funktionen der Gewässer, dem Schutz vor Hochwasser und der Gewässernutzung erforderlich ist, festzulegen (Gewässerraum gemäss Art. 36a GSchG). Innerhalb des Gewässerraumes dürfen nur standortgebundene, im öffentlichen Interesse liegende Anlagen wie Fuss- und Wanderwege, Flusskraftwerke oder Brücken erstellt werden (Art. 41c GSchV). Bei Windenergieanlagen handelt es sich nicht um standortgebundene Anlagen, welche aufgrund ihres Bestimmungszwecks auf einen Standort innerhalb des Gewässerraumes angewiesen sind. Windenergieanlagen sind daher ausserhalb des Gewässerraumes zu erstellen. Bei von den Gemeinden angemeldeten Vorhaben gemäss strategischer Revitalisierungsplanung<sup>22</sup> ist der im Rahmen der Umsetzung des Vorhabens definierte Revitalisierungssperimeter zu beachten.

#### 3.4.2 Wald

Die bestehenden rechtlichen Grundlagen lassen eine Realisierung von Windenergieanlagen auch im Wald zu, wie dies der Bundesrat in der Beantwortung eines parlamentarischen Vorstosses dargelegt hat.<sup>23</sup> Gemäss Richtplan werden Natur- und Sonderwaldreservate als Ausschlussgebiete behandelt. Windenergieanlagen unterscheiden sich nicht grundsätzlich von anderen Bauvorhaben, welche zu einer Zweckentfremdung von Waldareal führen. Die Voraussetzung einer Standortgebundenheit muss jedoch auch bei Windenergieanlagen erfüllt sein. Für eine Interessenabwägung wichtig sind die Fragen, welche Alternativstandorte (auch ausserhalb des Waldes) geprüft wurden und ob die Rodung zu einer erheblichen Gefährdung der Umwelt führt<sup>24</sup>. Zudem ist dem Natur- und Landschaftsschutz Rechnung zu tragen.

---

<sup>22</sup> Die strategische Revitalisierungsplanung des Kantons Graubünden wird in einem mehrstufigen Verfahren erarbeitet und ist momentan in Prüfung beim BAFU. Die «Karte e – Revitalisierungsvorhaben der nächsten 20 Jahre» stellt die Revitalisierungsvorhaben in der Längsausdehnung dar, die Ausdehnung in der Breite des Revitalisierungssperimeters ist (Stand August 2015) in Erarbeitung beim Amt für Natur und Umwelt. Die Zuständigkeit der Ausarbeitung und Umsetzung der Projekte liegt bei den Gemeinden. Vgl. dazu:

<http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/projekte/Wasser/Oberflaechengewasser/Revitalisierungen/Seiten/Planung-von-Revitalisierungen.aspx> (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>23</sup> Mit der Überweisung des Postulats von Ständerat Robert Cramer vom 29. Oktober 2010 wurde der Bundesrat beauftragt zu prüfen, ob es sinnvoll wäre, Massnahmen zu ergreifen, dank derer der Bau von Windkraftanlagen in Wäldern oder in Waldnähe sowie auf Waldweideflächen erleichtert werden kann, sofern dort ein nutzbares Windkraftpotenzial besteht.

<sup>24</sup> Vgl. dazu: BAFU (2014): Vollzugshilfe Rodungen und Rodungersatz (insbesondere S. 34ff)

Bezug: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01641/index.html?lang=de> (Zugriff: 14. August 2015)

Wälder sind im Vergleich zu Offenland oft naturnaher und können als Lebensräume für die Biodiversität von höherer Bedeutung sein, u.a. als Brutplätze für verschiedene Vogelarten und Lebensräume für Fledermäuse und Wildtiere. Daher können Windenergieanlagen im Wald und am Waldrand zu einer erhöhten Konfliktrichtigkeit mit der Fauna führen. Studien haben eine im Vergleich zu Standorten im Offenland höhere Mortalität von Vögeln und Fledermäusen in Waldstandorten aufgezeigt (Kunz et al. 2007). Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch die Frage nach der gesellschaftlichen Akzeptanz, insbesondere wenn Standorte in oder am Rande von Erholungswäldern betroffen sind.

### **3.4.3 Biotopschutz**

Durch den Bau von Windenergieanlagen können natürliche Lebensräume beeinträchtigt werden, namentlich infolge der Erschliessungs- (Bau von Zufahrtsstrassen, Erdverlegung von Kabel) und Montageanforderungen (Installationsplätze, Baupisten). Sind Eingriffe nicht vermeidbar, so muss der Verlust an Lebensräumen oder Arten durch gleichwertige Wiederherstellungs- und Ersatzmassnahmen kompensiert werden. Gemäss Art. 14 Abs. 6 NHV dürfen technische Eingriffe, welche schützenswerte Biotope beeinträchtigen können, nur bewilligt werden, sofern diese standortgebunden sind und einem überwiegenden Bedürfnis entsprechen. Dabei sind bestmögliche Schutz-, Wiederherstellungs- oder ansonsten angemessene Ersatzmassnahmen<sup>25</sup> zu leisten (Art. 18 Abs. 1<sup>ter</sup> NHG resp. Art. 14 Abs. 7 NHV).

## **3.5 Siedlung, Verkehr und Luftfahrt**

### **3.5.1 Siedlungsgebiet und bewohnte Gebäude**

Die Frage nach dem angemessenen Abstand von Windenergieanlagen zu Siedlungsgebieten ist von mehreren Faktoren abhängig, determinierend sind jedoch vor allem die von einer Anlage verursachten Lärmimmissionen (siehe Kapitel 2.3) bzw. die entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen. Gemäss Lärmschutz-Verordnung sind die Planungswerte nach Anhang 6 LSV in jedem Fall einzuhalten. Abweichungen sind im Rahmen von Art. 7 Abs. 2 LSV möglich (BAFU 2011).

Die durch den Bund (BFE, BAFU, ARE 2010) erarbeiteten Empfehlungen halten fest, dass Lärm von den meteorologischen Verhältnissen, der Anlage selbst sowie der Topographie abhängt. Bei Anlagen in Siedlungsnähe oder in der Nähe von dauerhaft bewohnten Gebäuden kann daher ein Lärmgutachten zur Klärung der lärmbedingten Abstandsfrage beitragen.

---

<sup>25</sup> Vgl. dazu auch: BUWAL (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11  
Bezug: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00133/index.html?lang=de>

Nebst dem Lärm sind die zwar sehr seltenen, jedoch nicht gänzlich auszuschliessenden Unfälle mit Windenergieanlagen sowie je nach Standort die Gefahr eines Eiswurfes (siehe 2.4.2) bei der Abstandsfrage mit zu berücksichtigen.<sup>26</sup> Eine Festlegung von Mindestabständen zu dauernd bewohnten Gebieten erscheint nicht zweckmässig. Aufgrund der Empfehlungen aus der Literatur kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Abstand von 300 bis 500 Meter zum besiedelten Gebiet bzw. zu dauerhaft bewohnten Gebäuden in der Regel angemessen ist.<sup>27</sup>

Nach heutigem Wissensstand erzeugen Windenergieanlagen weder im Bau noch im Betrieb übermässige nichtionisierende Strahlungen (SAK 2014).

### 3.5.2 Verkehrs- und Energieinfrastrukturen

Gegenüber Verkehrsinfrastrukturen und Leitungen sind ebenfalls gewisse Distanzen einzuhalten. Burton et al. (2011) empfehlen folgende Abstände gegenüber Verkehrsinfrastrukturen (Richtgrössen):

- Strasse, Eisenbahn: Gesamthöhe + 10%
- Fussweg: 50 Meter bis Gesamthöhe Turbine

Grundsätzlich haben Bauten und Anlagen nach Art. 19 Abs. 1 der Strassenverordnung des Kantons Graubünden (StrV) bei Kantonsstrassen einen Abstand von 5 Metern ab Fahrbahnrand einzuhalten. Daher kann somit davon ausgegangen werden, dass mindestens ein Abstand, der dem Radius des Rotors +5 Meter entspricht, einzuhalten ist. Vorbehalten sind Baulinienabstände gemäss Art. 20 StrV. Bei den übrigen Strassentypen gibt das Baugesetz der jeweiligen Gemeinde die Abstände vor. Bei Nationalstrassen gilt ein Baulinienabstand von 15 bis 25 Meter (Art. 13 der Nationalstrassenverordnung, NSV).

Nach Art. 18m des Eisenbahngesetzes (EBG) dürfen Anlagen, die nicht unmittelbar dem Bahnbetrieb dienen, nur mit Zustimmung des Eisenbahnunternehmens bewilligt werden, wenn sie Bahngrundstücke beanspruchen, an solche angrenzen oder die Betriebssicherheit beeinträchtigen könnten.

Gegenüber dem nächsten Leiter von Freileitungen gilt gemäss einem Merkblatt<sup>28</sup> des ESTI Art. 38 der Leitungsverordnung (LeV). Dieser Artikel behandelt den Abstand von Hochspannungsleitungen zu Gebäuden. Nach Kießling (2001) ist bei vorhandenem Schwingungsschutz ein Abstand grösser als der Rotordurchmesser zu

---

<sup>26</sup> Eine Auflistung von Wikipedia dokumentiert in Deutschland und Österreich in den letzten 10 Jahren total 37 Vorfälle, wovon 24 Brände, 8 Abbrüche von Anlagenteilen, 3 Ölaustritte und ein Eiswurf und eine umgekippte Anlage. [http://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Unfällen\\_an\\_Windkraftanlagen\\_in\\_Deutschland\\_und\\_Österreich](http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Unfällen_an_Windkraftanlagen_in_Deutschland_und_Österreich) (Zugriff: 14. August 2015). Da ein Feuer in der Gondel unter Umständen nicht extern gelöscht werden kann ist es möglich Feuerlöschanlagen in der Windenergieanlage einzurichten.

<sup>27</sup> Im Rahmen der erforderlichen Abstimmung des Themas Windenergieanlagen mit der regionalen Siedlungs- und Verkehrsplanung steht es den Regionen frei, verbindliche Mindestabstände zum besiedelten Gebiet festzulegen.

<sup>28</sup> Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI, Planvorlagen: Windkraftanlagen. Annäherung von Windkraftanlagen an Freileitungen. Merkblatt vom 17.8.2011.

wählen. Die Rotorspitzen dürfen gemäss dem Merkblatt des ESTI dabei nicht in den Schutzbereich der Leitung nach Art. 38 LeV hineinragen. Sofern kein Schwingungsschutz vorhanden ist, muss der Abstand gleich oder grösser dem dreifachen Rotordurchmesser der Anlage sein.

Bei Standorten im Bereich einer Ölleitung oder Erdgashochdruckleitung unter Bundesaufsicht ist jegliche Bautätigkeit innerhalb eines Puffers von beidseits 10 Metern entlang der Rohrleitung sowie innerhalb der Schutzzone um eine Station (meistens 30 Meter) bewilligungspflichtig. Generell sind Tätigkeiten, die Rohrleitungsanlagen in irgendeiner Form gefährden können, bewilligungspflichtig (Art. 26 Rohrleitungsverordnung, vgl. auch ERI-Merkblatt<sup>29</sup>). In der Regel sind Minimalabstände einzuhalten. Bei Windenergieanlagen betrugen diese Ende 2015 das 1.5 fache der Nabenhöhe (Rohrleitung) respektive das 2 fache der Nabenhöhe (Station). Bei Standorten im Abstand von 300 Metern (Konsultationsbereich gemäss Planungshilfe Störfallvorsorge<sup>30</sup>) ist der Leitungsbetreiber<sup>31</sup> in der Vorprojektphase vom Vorhaben in Kenntnis zu setzen. Diese Konsultationsempfehlung gilt auch im obengenannten Abstandsbereich von sämtlichen weiteren Anlagen die der Verordnung über den Schutz vor Störfällen unterliegen.

Gegenüber weiteren Windenergieanlagen empfehlen Burton et al. (2011) einen Abstand des 5 bis 6 fachen Rotor-Durchmessers in Hauptwindrichtung und des 3 bis 4 fachen Rotor-Durchmessers quer zur Hauptwindrichtung.

### 3.5.3 Luftfahrt / Flugsicherheit

Gemäss Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) bedürfen Anlagen über 25 Meter oder solche die eine massgebliche Fläche eines Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster durchstösst<sup>32</sup> einer Bewilligung des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL). Die Meldung eines Luftfahrthindernisses kann via digitalem Meldeformular<sup>33</sup> erfolgen. In den Empfehlungen des Bundes (BFE, BAFU, ARE, 2010) wird erwähnt, dass das BAZL vorzeitig um eine Stellungnahme angegangen werden soll. Erste Anhaltspunkte hinsichtlich möglicher Konflikte mit dem zivilen oder militärischen Flugbetrieb können den Objektblättern des Sachplans Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) entnommen werden.

Das BAZL prüft, ob eine Anlage mit Blick auf die Sicherheit des Luftverkehrs errichtet werden darf und welche Sicherheitsmassnahmen wie Markierung und/oder

<sup>29</sup> Eidgenössisches Rohrleitungsinspektorat (2003): ERI-Richtlinie 2003, Anhang 13, Bauten im Bereich von Rohrleitungen. Bezug: [http://www.svti.ch/fileadmin/svti/ERI/Anhang\\_13\\_Bauten\\_Dritter\\_D.pdf](http://www.svti.ch/fileadmin/svti/ERI/Anhang_13_Bauten_Dritter_D.pdf) (Zugriff: 31. August 2015)

<sup>30</sup> ARE, BAFU, BAV, BFE, ASTRA (2013): Planungshilfe Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge. Bezug: <http://www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00017/00291/index.html?lang=de> (Zugriff: 31. August 2015).

<sup>31</sup> Im Gebiet Splügen bis Bad Ragaz: Oleodotto del Reno, 079 352 21 54, [brot.reno@spin.ch](mailto:brot.reno@spin.ch)  
Im Gebiet Trübbach bis Chur: IBC Energie Wasser Chur, Felsenaustrasse 29, 7004 Chur, [info@ibchur.ch](mailto:info@ibchur.ch), 081 254 48 92

<sup>32</sup> vgl. Convention on International Civil Aviation, ICAO Annex 14: Aerodromes

<sup>33</sup> <http://www.bazl.admin.ch/experten/flugplaetze/03157/03158/03833/index.html?lang=de> (Zugriff: 14. August 2015)



Befeuerung vorzunehmen sind. Das BAZL erfasst und verwaltet alle Objekte, welche ein Luftfahrthindernis darstellen und veranlasst deren Publikationen für die Piloten (siehe Richtlinie Luftfahrthindernisse BAZL, 2014). Zur Beurteilung möglicher Konflikte mit den Interessen der Militärluftfahrt ist das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) einzubeziehen (siehe auch Merkblatt VBS, 2015).

### **3.5.4 Radar, Richtfunk, Antennen**

Der Bericht des Bundes empfiehlt im Weiteren Kontakt mit dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz aufzunehmen, da Windenergieanlagen die Funktion von meteorologischen Radargeräten stören können. Ebenfalls erwähnt Burton et al. (2011) die Störung von Flugzeugradargeräten durch verschiedene Effekte (Abschattung, Stördaten, Streuung). Reduzieren lassen sich diese Effekte teilweise durch geänderte Einstellungen beim Radar oder Änderungen an der Anlage, insbesondere an den Rotorblättern. Es wird daher empfohlen, mit Skyguide Kontakt aufzunehmen.

Unter gewissen Umständen können Windenergieanlagen Richtfunkstrecken beeinträchtigen (vgl. BAKOM Infomailing Nr. 32<sup>34</sup>). Diese Störungen lassen sich mit geeigneten Methoden verhindern. Um mögliche Beeinträchtigungen von Richtfunkanlagen zu untersuchen wird empfohlen mit dem BAKOM Kontakt aufzunehmen.

---

<sup>34</sup> BAKOM (2012): BAKOM Infomailing Nr. 32. Richtfunkstrecken – Beeinflussung durch Windkraftanlagen. Bezug: <http://www.bakom.admin.ch/dokumentation/Newsletter/01315/04121/04126/index.html?lang=de> (Zugriff: 9.9.2015)

## **4 Planung und Bewilligung**

### **4.1 Kantonaler Richtplan**

#### **4.1.1 Richtplanerfordernis**

Windenergieanlagen können erhebliche Auswirkungen auf Raum und Umwelt entfalten. Bei der Planung und Erstellung von Windenergieanlagen handelt es sich somit um raumwirksame Tätigkeiten im Sinne von Art. 2 und Art. 8 RPG. Aus diesem Grund ist die Windenergie auch Gegenstand der kantonalen Richtplanung.

Der kantonale Richtplan Graubünden behandelt das Thema Windenergieanlagen in Kapitel 7.2.4. Der Richtplan legt generelle Anforderungen an die Planung von Windenergieanlagen in Form von Grundsätzen fest und enthält Anweisungen an die regionale Richtplanung und die nachgelagerten Planungsebenen. Zudem bedarf die Standortfestlegung von Windkraftanlagen eines Eintrages in der Objektliste und in der Karte des kantonalen Richtplans.

Der konzeptionelle Ansatz einer Festlegung von Interessengebieten für die Windenergienutzung im kantonalen Richtplan wird aufgrund der räumlichen Ausdehnung Graubündens und der komplexen Windsysteme im Alpenraum als ungeeignet erachtet. Auf kantonaler Ebene wird daher der Ansatz einer Negativplanung mit Ausschluss- und Vorbehaltsgebieten für die Windkraft verfolgt. Da die Richtplanung im Kanton Graubünden als Verbundaufgabe zwischen Kanton und Regionen organisiert ist, werden wichtige Aufgaben beim Thema Windenergieanlagen den Regionen übertragen (siehe Kapitel 4.2).

Der kantonale Richtplan kann überprüft und angepasst werden, sollten sich die Rahmenbedingungen für die Windenergie umfassend verändern und die Grundüberlegungen nicht mehr angemessen sein.

Der kantonale Richtplan ist für Windenergieanlagen, die sich bei Genehmigung des kantonalen Richtplans durch das Bundesamt für Raumentwicklung in einem laufenden Verfahren (Nutzungsplanung in Vorprüfung oder Baugesuch eingereicht) befinden, nicht anwendbar.

#### **4.1.2 Standorte in kantonalen Landschaftsschutzgebieten**

Aufgrund der Bestimmungen des kantonalen Richtplans im Bereich Landschaftsschutz können bauliche Eingriffe in einem Landschaftsschutzgebiet bei gleichwertigen oder übergeordneten Interessen in Erwägung gezogen werden. Als gleichwertige oder übergeordnete Interessen gelten u.a. solche der nationalen Sicherheit oder der Energieversorgung. Windparks erlangen gemäss Art. 9 EnV der revidierten Energieverordnung nationales Interesse, sofern sie über eine in der Verordnung bestimmte Strom-Jahresproduktion verfügen. Auch kantonale bzw. regionale Interessen können im Rahmen einer Interessenabwägung als übergeordnet beurteilt werden (siehe Richtplankapitel 3.6). Vorhaben, welche die Energieproduktion aus erneuerbaren Energiequellen zum Ziel haben, können somit in der Regel auch als

gleichwertiges Interesse angesehen werden. Aus diesem Grund werden Landschaftsschutzgebiete nicht zu den Ausschlussgebieten gezählt. Bei Standorten in Landschaftsschutzgebieten sind als Grundlage für eine Interessensabwägung vertiefte Abklärungen zur Klärung der Verträglichkeit erforderlich (siehe Kapitel 3.1). Dem landschaftlichen Aspekt (inkl. Thema Ausgleich bzw. Ersatz) wird bei der Projektentwicklung ein grosses Gewicht einzuräumen sein.

Die Anpassung von Landschaftsschutzgebieten erfolgt im Rahmen der regionalen Richtplanung und in Koordination mit dem kantonalen Richtplan. Aufgrund neuer Erkenntnisse oder veränderter Raumansprüche können Landschaftsschutzgebiete angepasst werden. Durch die tiefgreifenden Veränderungen im Energiesektor und in der Energiepolitik können veränderte Raumansprüche beispielsweise durch die Förderung erneuerbarer Energien begründet sein. Soll ein Landschaftsschutzgebiet infolge eines Vorhabens angepasst werden, so ist diese Anpassung materiell an das regionale Richtplanverfahren zu koppeln. In diesem Zusammenhang sind zudem geeignete Kompensationsmassnahmen bzw. -räume zu prüfen.

## **4.2 Regionaler Richtplan**

### **4.2.1 Richtplanerfordernis**

Windenergieanlagen, insbesondere in Form von Windparks, zählen zu den Vorhaben mit gewichtigen Auswirkungen auf Raum und Umwelt gemäss Art. 8 Abs. 2 RPG und erfordern daher eine Standortfestlegung im kantonalen und regionalen Richtplan.<sup>35</sup> Die Festsetzung eines Vorhabens in der Richtplanung ist Voraussetzung für die Genehmigung einer Nutzungsplanung und die Erteilung einer Baubewilligung. Die Federführung bei dieser Aufgabe ist den Regionen übertragen. Die Region kann konzeptionell vorgehen oder bei Vorliegen eines konkreten Projekts für einen Windpark die Standortfestlegung in der Richtplanung vornehmen. Gestützt auf den regionalen Richtplan erfolgt die Festlegung im kantonalen Richtplan

Die Regionen übernehmen eine wichtige Rolle bei der Richtplanung im Kanton Graubünden, indem sie sich u.a. für die Planung von Deponien, touristischen Resorts, Golfplätzen oder wirtschaftlichen Schwerpunktgebieten verantwortlich zeichnen. Für die Bewilligung solcher Anlagen werden Richtplaneinträge vorausgesetzt. Windenergieanlagen weisen ebenso wie die obengenannten Anlagen eine überkommunale oder gar regionale Bedeutung und Tragweite auf. Im Vordergrund stehen dabei die Auswirkungen auf Landschaft und Natur als öffentliches Gut. Die Anlagen können je nach Standort aus grosser Entfernung sichtbar sein und den Eindruck der Landschaft in einem grossen Gebiet beeinflussen. Bei grösseren Windenergieprojekten können sich zudem grundsätzliche Fragen im Zusammen-

---

<sup>35</sup> Siehe indikative Liste in der Ergänzung des Leitfadens Richtplanung des Bundesamts für Raumentwicklung vom März 2014.

hang mit der regionalen Entwicklung (strategische Stossrichtung), dem Tourismus oder der Wirtschaftsförderung ergeben. Daher sind Windenergieanlagen als Anlagen von regionaler und kantonaler Bedeutung einzuordnen, was den Stellenwert einer Festlegung im regionalen und kantonalen Richtplan unterstreicht.

Formell erfolgt die Anpassung im Richtplanverfahren gemäss Art. 11 KRVO mit kantonaler Vorprüfung, öffentlicher Mitwirkungsaufgabe, Beschluss der Präsidentenkonferenz und Genehmigung der Regierung. Das Verfahren zur Anpassung des regionalen Richtplans schafft durch die Mitwirkungsmöglichkeit eine breite Partizipation innerhalb der Region und ermöglicht eine Interessensabwägung auf regionaler Stufe. Das Verfahren bietet auch einen Rahmen für die Orientierung der Bevölkerung im Rahmen von Informationsveranstaltungen, Podiumsgesprächen oder gleichartiger Anlässe. Das regionale Richtplanverfahren kann so als Gradmesser für Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz innerhalb einer Region dienen.

Ergänzend zu dem regionalen Richtplaneintrag ist als Genehmigungsvoraussetzung auch ein Eintrag im kantonalen Richtplan erforderlich. Die kantonale Richtplananpassung erfordert eine Genehmigung durch den Bund.

#### **4.2.2 Umsetzung in den regionalen Richtplänen**

Die Regionen können das Thema Windenergieanlagen in ihren Richtplänen konzeptionell, d.h. im Sinne eines Standortkonzepts (Positivplanung) und/oder projektbezogen, d.h. bei Vorliegen eines konkreten Projektes, angehen.

Bei einer konzeptionellen Herangehensweise werden Leitüberlegungen und Grundsätze festgelegt und basierend darauf eine Standortevaluation auf regionaler Stufe durchgeführt. Alleine mit der Bezeichnung geeigneter Gebiete im regionalen Richtplan sind die Voraussetzungen für eine Festsetzung noch nicht gegeben. In Bezug auf die Raum- und Umweltverträglichkeit sowie die Wirtschaftlichkeit der Interessengebiete sind die Anforderungen des kantonalen Richtplans zu erfüllen. Ein Richtplaneintrag im Koordinationsstand einer Festsetzung kann somit erst erfolgen, wenn ein Vorprojekt und erste Eignungsabklärungen (Windverhältnisse, Erschliessung) vorliegen. Ob ein wirtschaftlicher Betrieb an den vorgesehenen Standorten überhaupt möglich ist, kann erst mithilfe von Windmessungen abgeschätzt werden. Die Regionen können Interessengebiete für die Windenergie jedoch im Sinne von Vororientierungen (Ergebnis einer groben Standortevaluation) oder Zwischenergebnissen (bei umfassenderen Vorabklärungen) in ihren Richtplänen festlegen. Dies im Sinne einer Bezeichnung von Standorten, die aus regionaler Sicht für Windenergieanlagen in Frage kommen. Der Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass eine Ausscheidung von Interessengebieten «auf Vorrat» zu unnötigen Diskussionen führen kann, da es an den vorgesehenen Standorten möglicherweise nie zu einer Projektrealisierung kommen wird. Zudem werden die aufgrund der Windverhältnisse geeignetsten Gebiete bei einer Standortevaluation möglicher-

weise ausser Acht gelassen. Ferner entfallen auch die Kosten für die Abklärungen hauptsächlich auf die Regionen als Planungsträger.

Bei einer projektbezogenen Herangehensweise wird das Richtplanverfahren durch ein konkretes Projekt ausgelöst. In solchen Fällen ist es Sache der Projektanten und Investoren, die erforderlichen Beurteilungsgrundlagen zu erarbeiten.

Die Standorte für Windenergieanlagen sind in der Objektliste und mithilfe eines Symbols in der regionalen Richtplankarte zu bezeichnen. Je nach Kartenmassstab der Richtplankarte kann auch der für das Projekt infrage kommende Perimeter in der Karte umrissen werden. Müssen infolge der Standortfestlegung andere Richtplaninhalte, beispielsweise ein Landschaftsschutzgebiet, angepasst werden, so sind diese materiell an das regionale Richtplanverfahren zu binden.

Das hier beschriebene regionale Richtplanverfahren ist mit einem entsprechenden kantonalen Richtplanverfahren zu koordinieren, siehe auch die Informationen zu den Verfahrensabläufen auf der Website des Amtes für Raumentwicklung Graubünden ([www.gr.are.ch](http://www.gr.are.ch)).

#### **4.2.3 Beurteilungsgrundlagen für eine Festsetzung**

Es ist der Nachweis der Konformität mit dem kantonalen Richtplan zu erbringen. Zu beachten sind namentlich die Grundsätze und Verantwortungsbereiche des kantonalen Richtplankapitels Windenergieanlagen (Kapitel 7.2.4). Demnach sind folgende Grundlagen vorzulegen:

- Vorprojekt mit ungefähren Angaben zur geplanten Anlagenzahl, der Anlagenhöhe, den Erschliessungs- und Einspeisungsmöglichkeiten.
- grobe Wirtschaftlichkeitsbeurteilung mit Angabe der erwarteten Windpotenziale und der Jahresproduktion (Grössenordnung).
- Voruntersuchung der Umweltauswirkungen inkl. Pflichtenheft gemäss Art. 8 UVPV (bei UVP-Pflicht gemäss Anhang UVPV) oder Bericht über die Umweltauswirkungen.

Auf Richtplanebene sind stufengerecht noch keine detaillierten Projektangaben erforderlich. So können Angaben zu den genauen Standorten der einzelnen Anlagen bzw. zur Feinerschliessung bei diesem Projektstand nicht vorausgesetzt werden. Auch bei der Angabe der erwarteten Jahresproduktion kann es sich nur um eine Schätzung handeln. Ein gesicherter Nachweis der Windverhältnisse ist nicht zu erbringen, da die vorherrschenden Windbedingungen aus Investorensicht ein zentrales Kriterium für den Projektentscheid darstellen und die Betreibergesellschaft selber das grösste Interesse an einem wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen haben dürfte.

Anders ist die Situation, wenn sich am betroffenen Standort namhafte Konflikte mit Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes abzeichnen, zum Beispiel aufgrund der Lage in einem Zugvogelkorridor. In solchen Fällen sind bereits auf Richtplan-

stufe (als Bestandteil der Voruntersuchungen der Umweltverträglichkeit) vertiefte Abklärungen bzw. Vorstudien durchzuführen oder allenfalls Gutachten einzuholen. Gestützt auf diese Grundlagen sollte es im Rahmen des Richtplanverfahrens für das Amt für Raumentwicklung möglich sein zu beurteilen, ob eine Projektrealisierung am vorgesehenen Standort grundsätzlich möglich ist oder nicht. Auf Basis der einzureichenden Grundlagen sollte demnach die Machbarkeit des Vorhabens ganz grundsätzlich beurteilt werden können.

#### **4.2.4 Stellenwert einer Festsetzung im Richtplan**

Ein von der Regierung bzw. vom Bund genehmigter Richtplaneintrag gewährt den Projektentwicklern eine gewisse Planungssicherheit in einer relativ frühen Projektphase. Dadurch sollten diese in der Lage sein, die Chancen einer Projektumsetzung realistisch einschätzen zu können und die nächsten Schritte auf den nachfolgenden Planungsstufen angehen zu können. Wird der Richtplaneintrag nicht oder nur mit beträchtlichen Vorbehalten genehmigt, ist von einer Projektfortsetzung abzuraten. Dies beispielsweise in Fällen schwerwiegender Konflikte mit den Interessen von Natur- und Landschaftsschutz.

Ein im Koordinationsstand Festsetzung genehmigter Richtplaneintrag erhöht zwar die Planungssicherheit, ist jedoch kein Garant für eine erfolgreiche Projektrealisierung. Einerseits dürften die Ergebnisse der Langzeit-Windmessungen zum Zeitpunkt der Richtplanerarbeitung in der Regel noch nicht vorliegen, was aus Investorensicht Fragen bezüglich der Wirtschaftlichkeit offen lässt. Andererseits erfolgt der verbindliche Entscheid des Gemeindegouvernans erst mit Beschluss der Nutzungsplanung (siehe Kapitel 4.3). Eine Standortfestlegung ist jedoch auch Ausdruck davon, dass das Vorhaben durch die Region getragen wird.

### **4.3 Kommunale Nutzungsplanung**

#### **4.3.1 Allgemein**

Windenergieanlagen entfalten erhebliche Auswirkungen auf Raum, Umwelt und Bodennutzung. Bei der Planung und Erstellung von Windenergieanlagen handelt es sich somit um raumwirksame Tätigkeiten der Behörden im Sinne von Art. 2 RPG. Die Gemeinden sind verpflichtet, die Nutzung sowie die Grundzüge der Gestaltung und Erschliessung des Gemeindegebietes in der Grundordnung zu bestimmen (Art. 22 KRG). Als Voraussetzung für die Bewilligung von Windenergieanlagen ist daher zwingend eine Anpassung der kommunalen Grundordnung erforderlich.

Die Festlegung in der Nutzungsplanung erfüllt folgende Funktionen:

- Projektbezogene Festlegung der Lage und Dimensionen der geplanten Windenergieanlagen sowie der zugehörigen Nebenanlagen wie Zufahrtswege, Leitungen etc.

- Grundeigentümerverbindliche und parzellenscharfe Definition der Bodennutzung in Zonenplan und Baugesetz
- Einbezug der betroffenen Bevölkerung in den Planungsprozess (Mitwirkungsverfahren) sowie demokratische Abstützung des Projektes (Entscheid Gemeindesouverän)
- Leitverfahren für die UVP-Hauptuntersuchung sowie für allfällige Rodungsverfahren
- Berichterstattung im Sinne von Art. 47 RPV über die Berücksichtigung des übergeordneten Rechts bzw. die Einhaltung der Grundsätze der kantonalen und regionalen Richtplanung

Formell erfolgt die Anpassung im ordentlichen Nutzungsplanverfahren mit kantonomer Vorprüfung, öffentlicher Mitwirkungsaufgabe, Beschluss Gemeindesouverän und Genehmigung Regierung.

Dem Mitwirkungsprozess der Bevölkerung ist dabei spezielle Beachtung zu schenken. Durch geeigneten Miteinbezug der Betroffenen kann die Akzeptanz des Projektes frühzeitig erkannt und allfällige Projektoptimierungen vorgenommen werden (siehe auch 4.2.1).

#### **4.3.2 Voraussetzungen für eine Anpassung der Nutzungsplanung**

Damit parzellenscharfe und eigentümerverbindliche Festlegungen getroffen werden können, muss ein konkretes Projekt mit hohem Detaillierungsgrad vorliegen. Die Anpassung der Nutzungsplanung (Teilrevision Ortsplanung) erfolgt daher immer projektbezogen. Das Projekt muss Aussagen über Standort, Art und Dimensionierung der Anlagen, erforderliche Stromleitungen und Nebenanlagen sowie Zufahrtswege enthalten. Handelt es sich um eine Anlage, welche der regionalen Richtplanung unterliegt, ist in formeller Hinsicht zudem ein rechtskräftiger Eintrag in der Richtplanung Voraussetzung für die Anpassung der Nutzungsplanung.

#### **4.3.3 Umsetzung in den Planungsmitteln**

Die nachfolgenden Ausführungen zur konkreten nutzungsplanerischen Umsetzung von Windenergie-Projekten sind als Empfehlung zu verstehen. Im Einzelfall sind auch andere Umsetzungsformen möglich, wenn diese eine genügende Planungs- und Rechtssicherheit in Bezug auf die vorgesehene Anlage aufweisen.

Die nutzungsplanerische Umsetzung erfolgt in folgenden Planungsmitteln der Grundordnung:

- Zonenplan
- Genereller Erschliessungsplan
- Baugesetz

Nachfolgend wird auf die Festlegungen in den Planungsmitteln eingegangen.

### **Festlegungen im Zonenplan**

Die Erstellung von Anlagen zur Nutzung von Windenergie ist als Spezialnutzung, welche in aller Regel ausserhalb der Bauzone stattfindet, einzustufen. Damit die zulässigen Anlagen und deren Dimensionen definiert werden können, ist eine «weitere Zone» im Sinne von Art. 18 RPG bzw. Art. 26 Abs. 2 und 3 KRG vorzusehen. In Anlehnung an das Beispiel Haldenstein wird es sich dabei um eine «Zone für Windenergieanlagen» handeln.

Der Windpark ist sowohl optisch als auch funktional als Einheit zu betrachten. Die Zone für Windenergieanlagen soll daher den gesamten Windpark und die darin befindlichen technischen Nebenanlagen und die Stromleitungen zwischen den einzelnen Windenergieanlagen umfassen. Die tatsächlich dauerhaft durch den Windpark beanspruchte Bodenfläche beschränkt sich dabei auf die unmittelbare Umgebung der Anlagestandorte (Fundamente und allfällige Nebenanlagen) sowie allfällige Zufahrtswege. Die bisherige Bodennutzung (in der Regel Landwirtschaft) bleibt auch nach Realisierung des Windparks weiterhin gewährleistet. Die Zone für Windenergieanlagen ist daher als überlagerte Zone zu definieren («Weitere Zone» ausserhalb Bauzone).

Die Zufahrtswege und die erforderlichen Stromleitungen für den Anschluss an das übergeordnete Verteilnetz sind im Generellen Erschliessungsplan zu definieren.

### **Festlegungen Genereller Erschliessungsplan**

Bei Windparks umfassen die Festlegungen im Generellen Erschliessungsplan die genaue Standortfestlegung der einzelnen Windenergieanlagen sowie die im Zusammenhang mit dem Projekt stehenden Infrastrukturen. In der Regel handelt es sich um folgende Festlegungen:

- Standorte bzw. Standortbereiche Windenergieanlage
- Mittel- und Niederspannungsleitungen für den Anschluss an das übergeordnete Verteilnetz
- Infrastrukturanlagen der Elektrizitätsversorgung wie Transformatorenstationen etc.
- Zufahrtswege zu den Windenergieanlagen (Land- und Forstwirtschaftsweg)

Bei Windparks mit einer grossflächigeren Zone für Windenergieanlagen dient der Generelle Erschliessungsplan der Festlegung der Standorte und somit auch der maximalen Anzahl der Windenergieanlagen innerhalb des Windparks. Zum Zeitpunkt der Anpassung der Grundordnung ist davon auszugehen, dass die einzelnen Standorte der Windkraftanlagen im Projekt noch nicht abschliessend festgelegt sind. Es empfiehlt sich daher, bei der Standortfestlegung im Generellen Erschliessungsplan einen projektierungsspielraum im Sinne eines Standortbereiches sicherzustellen. Zu diesem Zweck bestehen grundsätzlich folgende Umsetzungsmöglichkeiten:



- Variante 1: Festlegung eines flächigen Standortbereiches für die geplanten Anlagen im Generellen Erschliessungsplan. Die Anlagen sind innerhalb dieses Bereiches zu erstellen.
- Variante 2: Festlegung eines punktuellen Standortes für die geplanten Anlagen mit Definition der Genauigkeit dieses Standortes in den Zonenvorschriften (z.B. Anlagen sind innerhalb eines Radius von 25 m zu erstellen).

Bei beiden Varianten ist der Projektierungsspielraum möglichst gering zu halten. Insbesondere dürfen daraus keine Auswirkungen auf die Beurteilung der Umweltverträglichkeit resultieren.

### **Baugesetz**

Das kommunale Baugesetz ist mit den Zonenbestimmungen zur Zone für Windenergieanlagen zu ergänzen. Nebst der Definition der zulässigen Nutzung sind in den Zonenbestimmungen insbesondere folgende Gegenstände zu regeln:

- Dimensionen der Anlagen, insbesondere maximale Nabenhöhe oder maximale Gesamthöhe und maximaler Rotordurchmesser
- Standort bzw. Standortbereich der Anlagen
- Zuordnung einer Empfindlichkeitsstufe nach Lärmschutzverordnung
- Zulässige Bauten für Informationszwecke
- Zuständigkeit und Auflagen bezüglich Rückbau der Anlagen mit Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes
- Gestaltung der Bauten und Anlagen sowie der Umgebung (allenfalls Delegation an nachfolgendes Baubewilligungsverfahren)

Soweit für den konkreten Einzelfall erforderlich sind zusätzlich zu regeln:

- Mindestabstände zu benachbarten Nutzungen (z.B. bei bestehenden Nutzungen innerhalb eines Windpark-Perimeters)
- Anordnungen bezüglich Erschliessung sowie Wiederherstellungs- und Ersatzmassnahmen bei Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume.

#### **4.3.4 Leitverfahren für UVP und allfällige Rodungsvorhaben**

Das Nutzungsplanverfahren bildet das massgebliche Verfahren für die Umweltverträglichkeitsprüfung sowie allfällige Rodungsvorhaben in Zusammenhang mit der Erstellung der Windkraftanlagen. Parallel zu den Planungsmitteln sind bei sämtlichen Verfahrensschritten (Vorprüfung, Mitwirkungsaufgabe, Genehmigungsverfahren) auch die Unterlagen der Beurteilung der Umweltverträglichkeit und des Rodungsvorhabens miteinzubeziehen.

Grundsätzlich sind auf Stufe Nutzungsplanung sämtliche umweltrelevanten Auswirkungen des Vorhabens abschliessend aufzuzeigen (UVP-Hauptuntersuchung). Falls für einzelne Umweltbereiche noch keine vollständige Untersuchung vorliegt,

kann diese im nachfolgenden Baubewilligungsverfahren nachgeholt werden. Dies allerdings nur, wenn die fehlenden Untersuchungen für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit insgesamt von untergeordneter Bedeutung sind.

#### 4.4 Baubewilligung

Nach Genehmigung der Nutzungsplanung ist ein Baubewilligungsgesuch bei der Standortgemeinde einzureichen. Die notwendigen Unterlagen sind im Baugesetz der jeweiligen Gemeinde umschrieben. Sofern es sich - wie dies anzunehmen ist - um ein Bauvorhaben ausserhalb der Bauzone handelt, ist ebenfalls ein Baugesuchsf formular für Bauten und Anlagen ausserhalb der Bauzone (BAB-Gesuch) einzureichen.

Wie bereits in der Nutzungsplanung erfolgt eine Verfahrens- und Entscheidungskoordination, d.h. der Gesuchsteller erhält nach Abschluss des Verfahrens sämtliche notwendigen Zusatzbewilligungen (gemäss Liste der zu koordinierenden Zusatzbewilligungen<sup>36</sup>) mit dem Entscheid durch die Gemeinde. Dies betrifft jedoch nicht weitere Genehmigungen wie die Plangenehmigung für die elektrischen Anlagen, die Genehmigung des BAZL oder die KEV.

Gemäss des kantonalen Richtplanes und den Empfehlungen des Bundes ist in der Baubewilligung der Rückbau der Anlage mit geeigneten Massnahmen sicherzustellen. Dabei kommen beispielsweise ein zweckgebundenes Depot oder eine Leistungsverpflichtung/Bankgarantie infrage. Im Weiteren müssen allfällig definierte Ersatzmassnahmen (vgl. auch 4.2.2) gesichert sein und gegebenenfalls bei Baubeginn bereits ausgeführt sein<sup>37</sup>.

Das Betriebsreglement mit den darin festgehaltenen Betriebsauflagen ist zwingender Bestandteil der Baubewilligung. Mit spezifischen Vorschriften zum Betrieb können, wie in Kapitel 3.3 erwähnt, Konflikte zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen entschärft werden. Der Betreiber hat das Recht, jederzeit eine Wirkungsstudie durchführen zu lassen, die je nach Resultat diese Auflagen lockern oder ganz von Auflagen befreien könnte. Die Bewilligung für eine nachträgliche Lockerung oder Aufhebung der Auflagen aufgrund der Resultate der Wirkungsstudie ist bei der zuständigen Behörde einzuholen (BFE, BAFU, ARE 2010).

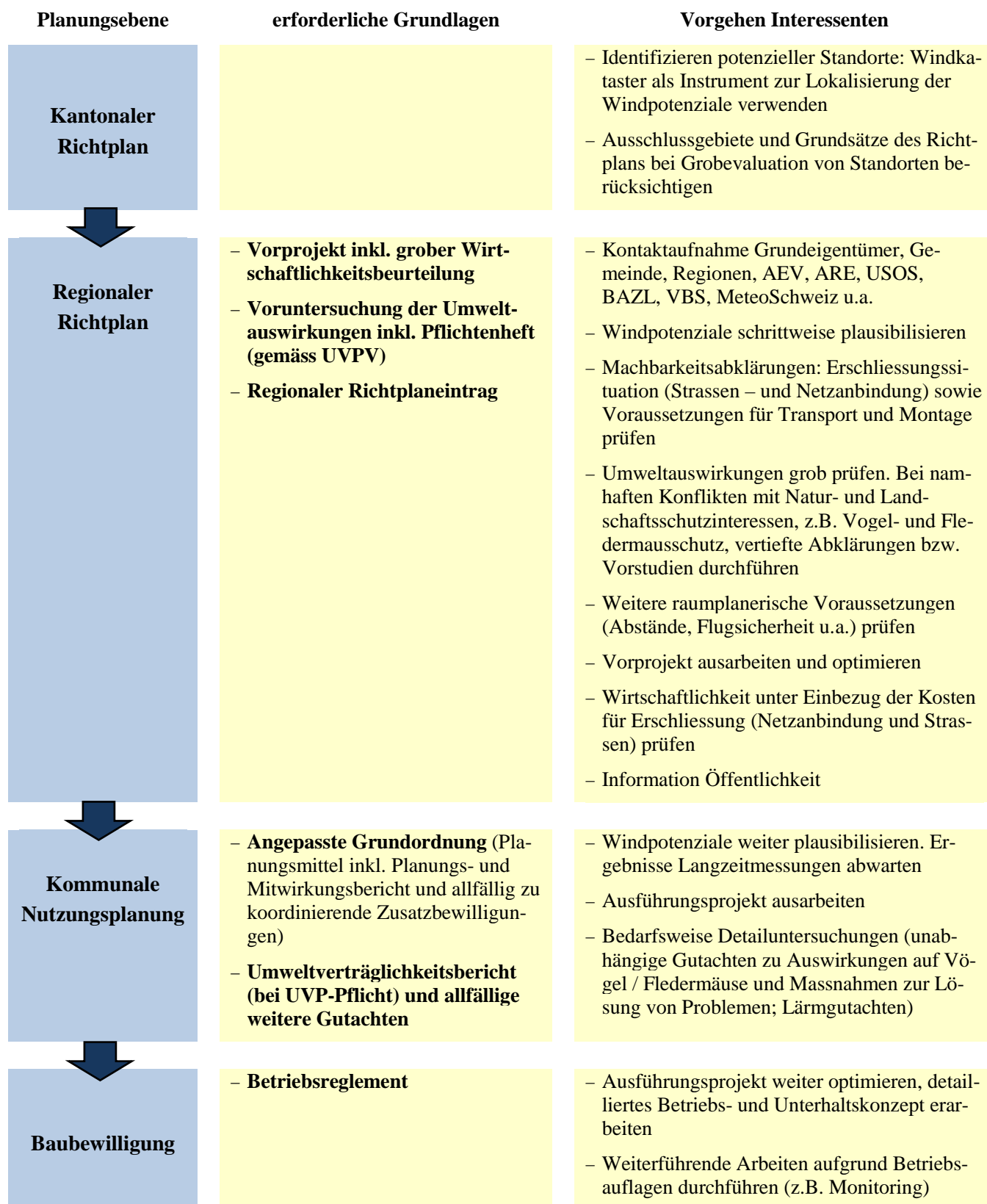
---

<sup>36</sup>

<http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/are/BAB/Liste%20der%20zu%20koordinierenden%20Zusatzbewilligungen.pdf> (Zugriff: 14. August 2015)

<sup>37</sup> Vgl. dazu auch: BUWAL (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11 Bezug: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00133/index.html?lang=de> (Zugriff: 14. August 2015)

## 4.5 Überblick Planungsablauf



## 5 Bibliographie

Amt für Energie und Verkehr Graubünden, AEV (2011): Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ohne Grosswasserkraft. Potenzialstudie 2011.

Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, AJF und Amt für Wald Graubünden, AfW (2010): Auerhuhn-Konzept Graubünden. Regionaldossier für die Regionen Nord- und Mittelbünden (4b) und Engadin mit angrenzenden Südtälern (5).

Bundesamt für Energie, BFE (2015): Synopsis des internationalen Kenntnisstandes zum Einfluss der Windenergie auf Fledermäuse und Vögel und Spezifizierung für die Schweiz. Schlussbericht von 19.11.2015.

Bundesamt für Energie, BFE; Bundesamt für Umwelt, BAFU & Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2012): Bericht in Erfüllung des Postulats Erleichterung des Baus von Windkraftanlagen in Wäldern und auf Waldweideflächen 10.3722 (Cramer Robert): Vom Bundesrat in seiner Sitzung vom 10. Oktober 2012 gutgeheissen.

Bundesamt für Energie BFE; Bundesamt für Umwelt BAFU & Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2010): Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen. Die Anwendung von Raumplanungsinstrumenten und Kriterien zur Standortwahl.

Bundesamt für Energie, BFE (2012): Forschungsprogramm Windenergie. Konzept 2013-2016.

Bundesamt für Energie, BFE (2009): Antifreeze Beschichtungen für Rotorblätter von Windenergieanlagen. Schlussbericht.

Bundesamt für Energie, BFE (2008a): Energieforschungsprogramm Windenergie für die Jahre 2008–2011.

Bundesamt für Energie, BFE (2008b): Alpine Test Site Guetsch. Handbuch und Fachtagung. Schlussbericht.

Bundesamt für Energie BFE (2006): Windkraftanlage Gütsch, EW Ursern Andermatt UR. Schlussbericht 2006.

Bundesamt für Energie, BFE; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL & Bundesamt für Raumentwicklung, ARE (2004): Konzept Windenergie Schweiz. Grundlagen für die Standortwahl von Windparks. Bern.

Bundesamt für Energie, BFE (1998): Planung von Windenergieanlagen. Leitfaden für die Schweiz – Bausteine einer Windenergie-Strategie.

Bundesamt für Raumentwicklung, ARE (2014): Ergänzung des Leitfadens Richtplanung. Umsetzung der Teilrevision vom 15. Juni 2012 des Raumplanungsgesetzes vom 22. Juni 1979.

Bundesamt für Raumentwicklung, ARE; Bundesamt für Umwelt, BAFU; Bundesamt für Verkehr, BAV; Bundesamt für Energie, BFE; Bundesamt für Strassen, ASTRA (2013): Planungshilfe Koordination Raumplanung und Störfallvorsorge.

Bundesamt für Umwelt, BAFU; Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, CCO; Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz, KOF; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, SZKF & Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (2014): Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011.

Bundesamt für Umwelt, BAFU (2014): Vollzugshilfe Rodungen und Rodungsersatz.

Bundesamt für Umwelt, BAFU (2011): Info-Blatt zu Lärm von Windkraftanlagen.

Bundesamt für Umwelt, BAFU und Schweizerische Vogelwarte (2010): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010.

Bundesamt für Umwelt, BAFU (2001): Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren. Leitfaden Umwelt Nr. 9, 2001.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11.

Bundesamt für Zivilluftfahrt, BAZL (2014): Richtlinie AD I-006 D Luftfahrthindernisse.

Bundesverband WindEnergie, BWE (2015): Rückbau. <https://www.windenergie.de/infocenter/technik/betrieb/rueckbau> (Zugriff: 19. Februar 2015).

Burton, Tony; Jenkins, Nick; Sharpe, David & Bossanyi, Ervin (2011): Wind Energy Handbook. 2. Auflage, Chichester: Wiley.

Cattin, René; Kunz, Stefan; Heimo, Alain; Russi, Gabriela; Russi, Markus & Tiefgraber, Michael (2007): Wind Turbine Ice Throw Studies in the Swiss Alps. European Wind Energy Conference & Exhibition, Milano, 7–10. Mai 2007

De Vries, Eize (2014): Enercon launches 4MW turbine platform. In: WindPower monthly. <http://www.windpowermonthly.com/article/1325370/enercon-launches-4mw-turbine-platform> (Zugriff: 19. Februar 2015).

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, VBS (2015): Merkblatt Nutzungskonflikte zwischen Windenergieanlagen und militärischen Systemen, VBS Generalsekretariat.

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA (2010): Untersuchungsbericht Nr. 452 460, int. 562.2432. Lärmmittlung und Massnahmen zur Emissionsbegrenzung bei Windkraftanlagen.

Emeis, Stefan (2013): Wind Energy Meteorology. Atmospheric Physics for Wind Power Generation. Green Energy and Technology. 1. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer.

Global Wind Energy Council GWEC (2015): Global Wind Statistics 2014. <http://www.gwec.net/global-figures/graphs/> (Zugriff: 19. Februar 2015).

Horch, Petra; Schmid, Hans; Guélat, Jérôme & Liechti, Felix (2013): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Brutvögel, Gastvögel und Vogelschutzgebiete gemäss WZVV. Erläuterungsbericht, Aktualisierung 2013.

Horch, Petra; Bruderer, Bruno; Keller, Verena; Mollet, Pierre & Schmid, Hans (2003): Windenergiekonzept Schweiz – Beurteilung der 40 prioritären Standorte aus ornithologischer Sicht. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.

Hübner, Gundula und Löffler, Elisabeth (2013): Wirkungen von Windkraftanlagen auf Anwohner in der Schweiz: Einflussfaktoren und Empfehlungen. Abschlussbericht. Studie in Kooperation mit Universität St. Gallen.

Keller, Verena; Ayé, Raffael; Müller, Werner; Spaar, Reto & Zbinden, Niklaus (2010): Die prioritären Vogelarten der Schweiz: Revision 2010. In: Der Ornithologische Beobachter, Bd. 107, Nr.4.

KEV (2015): KEV-Cockpit. 4. Quartal 2014, Stand Januar 2015.

Kunz, T.K.M.; Arnett, E.B.; Erickson, W.P.; Alexander, A.R.H.; Johnson, G.D.; Larkin, R.P.; Strickland, M.D.; Thresher, R.W. & Tuttle, M.D. (2007) Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research, needs and hypotheses. In: Frontiers in Ecology and the environment. Bd. 5, Nr. 6, 315-324.

Kießling, Friedrich; Nefzger, Peter & Kaintzyk, Ulf (2001): Freileitungen. Planung, Berechnung, Ausführung. 5. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer.

Leung, Dennis Y.C. und Yuan Yang (2012): Wind energy development and its environmental impact: A review. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Bd. 16, Nr. 1, 1031–1039.

Liechti, Felix; Guélat, Jérôme; Bauer, Silke; Mateos, María & Komenda-Zehnder, Susanna (2013): Konfliktpotenzialkarte Windenergie – Vögel Schweiz: Teilbereich Vogelzug. Erläuterungsbericht, Aktualisierung 2013.

Lovich, Jeffrey E. und Ennen, Joshua R. (2013): Assessing the state of knowledge of utility-scale wind energy development and operation on non-volant terrestrial and marine wildlife. In: Applied Energy, Bd. 103, 52–60.

Prognos (2011): Energieszenarien für die Schweiz bis 2050. Erste Ergebnisse der angepassten Szenarien I und IV aus den Energieperspektiven 2007. Elektrizitätsangebot. Zwischenbericht II. Im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE.

Saidur R.; Rahim, N.A.; Islam, M.R. & Solangi, K.H. (2011): Environmental impact of wind energy. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Bd.15, Nr.5 2423–2430.

Seifert, Henry; Westerhellweg, Annette & Kröning, Jürgen (2003): Risk Analysis of Ice Throw from Wind Turbines. BOREAS, Pyhä, 9–11. April 2003.

Siemens (2014): Die Siemens D3-Plattform, Broschüre.

St.Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG, SAK (2013): Projekt Windkraftanlage Schollberg. Machbarkeitsstudie Umwelt und Raumplanung.

Suisseéole (2015a): Windenergie-Karte der Schweiz. <http://wind-data.ch/windkarte/> (Zugriff: 18. Februar 2015).

Suisseéole (2015b): Vereisungshäufigkeit <http://wind-data.ch/windkarte/vereisung.php>

Suisseéole (2015c): Wer bezahlt die Rückbaukosten von Anlagen? <http://www.suisse-eole.ch/de/windenergie/faq/wer-bezahlt-die-ruckbaukosten-von-anlagen-20/> (Zugriff: 19 Februar 2015).

Suisseéole (2015d): Statistik (ch /international). <http://www.suisse-eole.ch/de/windenergie/statistik/> (Zugriff: 24. Februar 2015)

Tabi, Andrea; Wüstenhagen, Rolf (2015): Befragung der Anwohner von möglichen Windparks in der Ostschweiz. Studie Universität St. Gallen im Auftrag der Kantone Graubünden, St. Gallen und Thurgau sowie des Bundesamts für Energie..

UNESCO World Heritage Centre (2009): World Heritage and Buffer Zones; International Expert Meeting on World Heritage and Buffer Zones Davos, Switzerland 11–14 March 2008.