

# Windenergie

Basiswissen-Dokument, Stand Januar 2018

## 1. Zusammenfassung

Windenergie hat in Europa ein grosses Realisierungspotenzial. In der Schweiz hingegen sind die Möglichkeiten zur Energieversorgung mit Windkraft schwierig. Zwar hat der Bund gemäss Energiestrategie 2050 insgesamt 4 TWh aus Windenergie als realistisch eingeschätzt. Die heutige Windtechnologien lassen sich auch in der Schweiz gut einsetzen. Geeignete Standorte sind ausreichend identifiziert. Jedoch scheitern viele Projekte in der Praxis an dem Konfliktpotential (u.a. am Landschafts- und Naturschutz). Die Gestehungskosten liegen in der Schweiz ausserdem über den Marktpreisen, während sie im Ausland an guten Standorten deutlich tiefer liegen. Es bedarf also zusätzlicher Förderung zur Realisierung von Projekten, was über die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) läuft. Es wird erwartet, dass sich die Kosten aufgrund von technischen Verbesserungen und Skaleneffekten langsam aber stetig sich dem Marktpreis annähern sollten.

Kritische Aspekte für den zukünftigen Ausbau sind daher insbesondere die langwierigen Bewilligungsverfahren, die zum Teil mangelnde Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung und die Wirtschaftlichkeit mancher Projekte (Kosten, Windergiebigkeit und Anzahl Volllaststunden). Die Problematik eines hohen Anteils an stochastischer Energieeinspeisung für das Netzmanagement verliert hingegen an Bedeutung, Prognosegenauigkeit und die fortschreitende Speichertechnologie dämpfen die Unsicherheit.

## 2. Heutige Situation in der Schweiz und weltweit

### 2.1 Situation Schweiz

Zum Ende des Jahres 2016 waren in der Schweiz 37 Windenergieturbinen mit einer Gesamtleistung von 75 MW installiert.<sup>1</sup> Ausserdem gibt es noch 25 kleine Einzelanlagen mit jeweils einer Leistung unter 150 kW. Diese Anlagen produzierten in 2016 zusammen weniger als 0.19 GWh. Die Wind-Stromproduktion betrug in 2016 108 GWh.<sup>2</sup> Dies entspricht dem jährlichen Strombedarf von ca. 35'000 Haushalten. Fast so viel wie die Zahl der Haushalte der Städte Neuenburg und Freiburg zusammen.<sup>3</sup> Dies entspricht aber lediglich 0.2 Prozent des gesamten Stromverbrauchs (58 TWh Endverbrauch im Jahr 2016).<sup>4</sup>

Im Vergleich zu 2010 wurde die Kapazität knapp verdoppelt: 2010 betrug die installierte Leistung noch 32 MW und die Produktion 74 GWh. Seit 2010/11 laufen am Standort Peuchapatte/Jura 3 Turbinen mit je 2.3 MW Leistung. Ende 2011 wurde am Standort Gries eine 2.3 MW Turbine errichtet und der Standort Feldmoss/Rengg mit einer zweiten 1 MW Turbine erweitert. 2012 wurde der Standort Gütsch-Andermatt (UR) um 0.9 MW erweitert. Als einziger neuer Standort kam im Jahr 2012 Charrat (VS) mit 3 MW hinzu. Anfang des Jahres 2013 wurde eine Anlage mit 3 MW Leistung in Haldenstein (GR) in Betrieb genommen.

<sup>1</sup> Quelle: Suisse Eole 2017 a

<sup>2</sup> Quelle: Suisse Eole 2017

<sup>3</sup> Quelle: Suisse Eole 2017 b

<sup>4</sup> Quelle: BFE 2017

Auf dem Mont-Crosin (BE) wurden in 2013 4 Turbinen erneuert und somit ca. 5.5 MW Leistung zusätzlich geschaffen.<sup>5</sup> Im Entlebuch (Lutersarni) wurde 2013 eine 2.3 MW Turbine errichtet. 2014 wurde kein Projekt realisiert. 2016 wurden auf dem Griespass 3 Turbinen mit einer Leistung von insgesamt 7 MW erstellt.<sup>6</sup> Für 2017 ist keine Realisation von Windenergie-Anlagen geplant.

Das Planungsverfahren für Windkraftanlagen ist mehrstufig und relativ komplex. Die Kompetenz dazu liegt bei den Kantonen und teilweise auch bei den Gemeinden. Es bedarf einer kantonalen Richtplanung, einer kommunalen Nutzungsplanung und schliesslich einer Baubewilligung.<sup>7</sup>

Die Bundesinteressen werden durch die seit 2010 bestehende "Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen"<sup>8</sup> definiert und berücksichtigt.<sup>9</sup> Diese Empfehlung wurde 2017 durch das "Konzept Windenergie" des Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) ersetzt. Das "Konzepts Windenergie" hat der Bundesrat im Juni 2017 verabschiedet.<sup>10</sup> Das gewachsene Interesse an Windenergie verlangt neue Ansätze für die Planung von Windenergieanlagen. Das neue Konzept liefert Hinweise, wie Nutzungs- und Schutzinteressen abgewogen werden.

Windkraftanlagen werden im Rahmen der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) gefördert. Anlagen, die ab dem 1. März 2012 in Betrieb genommen werden, erhalten in den ersten fünf Jahren eine Vergütung von 21.5 Rappen pro kWh (Anfangsvergütung). Für Anlagen, deren Standort über 1700 Meter Höhe liegt, gibt es einen Bonus von 2.5 Rappen pro kWh. Je nach erzieltm Ertrag wird danach ein Zeitpunkt bestimmt, ab dem die Vergütung bis zum Ende der Vergütungsdauer auf 13.5 Rappen pro kWh sinkt (Grundvergütung). Die gesamte Vergütungsdauer beträgt 20 Jahre.

Im Zuge der Förderung erneuerbarer Energien haben die Planungen von Windenergieanlagen in den letzten Jahren zugenommen. Gemäss Statistik der Stiftung KEV vom Oktober 2017 haben 465 Windanlagen mit einer Leistung von 1046 MW bereits einen positiven KEV-Bescheid, wurden aber noch nicht realisiert.<sup>11</sup> Ausserdem sind weitere 365 Windanlagen mit einer Leistung von 858 MW auf der Warteliste. Hier liegt auch noch keine Realisierung vor. Welche Projekte tatsächlich umgesetzt werden, ist offen und hängt von vielen Facetten ab.

Im Rahmen seiner Energiestrategie strebt der Bund für 2050 einen Anteil von sieben Prozent an, was 4.000 GWh jährlich entsprechen würde. Zum Vergleich: In Deutschland kam die Windenergie Ende 2016 auf einen Anteil von 12.3 Prozent, in Europa waren es 10.4 Prozent und weltweit drei Prozent. Führend in der globalen Windstatistik sind Dänemark (36.8 %), Irland (27.0%) sowie Portugal (24.7 %).<sup>12</sup>

---

<sup>5</sup> Quelle: Juvent 2017

<sup>6</sup> Quelle: Suisse Eole 2017 b

<sup>7</sup> Quelle: BFE 2010

<sup>8</sup> Quelle: BFE 2010

<sup>9</sup> Die Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen aus dem Jahr 2010 nennen die Rahmenbedingungen für Planung und Bau von Windparks und folgen dem Prinzip, Windenergieanlagen an geeigneten Standorten zu konzentrieren. Zu den Kriterien für die Identifikation guter Standorte gehören Windaufkommen, Erschliessung, Siedlungsabstand sowie Verträglichkeit mit Natur und Landschaft. Kantonen und Gemeinden soll das Konzept als Planungsgrundlage dienen.

<sup>10</sup> Quelle: ARE 2017

<sup>11</sup> Quelle: KEV-Stiftung 2017

<sup>12</sup> Quelle: Wind Europe 2017

## 2.2 Situation weltweit

2016 wurden rund 54 GW neu installiert, davon 23 370 MW in der Volksrepublik China, 8 200 MW in den Vereinigten Staaten, 5 400 MW in Deutschland, 3 600 MW in Indien, 2 000 MW in Brasilien, 1 600 MW in Frankreich, 1 400 MW in der Türkei und je etwa 800 MW in den Niederlanden, in Grossbritannien und Kanada.<sup>13</sup> Kumulativ waren Ende 2016 weltweit rund 490 000 MW installiert. China ist mit 169 000 MW führend, gefolgt von den USA mit 82 000 MW, Deutschland mit 50 000 MW, Indien mit 29 000 MW und Spanien mit 23 000 MW. Die installierte Leistung wächst seit rund 20 Jahren exponentiell mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von rund 30 %.<sup>14</sup> Je nach Standort und Technologie (On-/Offshore) fällt die effektive Produktion jedoch sehr unterschiedlich aus. Für Onshore-Anlagen erwartet man rund 1300 bis 2700 Volllaststunden, für Offshore-Anlagen rund 2800 bis 4000 Stunden.<sup>15</sup>

Die EU-Staaten mit den höchsten installierten Leistungen von Windenergie sind Deutschland (50 GW), Spanien (23.1 GW), Grossbritannien (14.5 GW), Frankreich (12.1 GW) und Italien (9.3 GW). Deutschland und Spanien haben die grösste installierte Leistung mit einem Kapazitätsanteil von 48% in Europa. Die EU-weit installierte Leistung entsprach Ende 2016 154 GW mit einem Wachstum von 8 % und hat ein Stromerzeugungspotenzial von 296 TWh/a, was 10.4 % des EU-Stromverbrauchs deckt.<sup>16</sup>

In Deutschland, Dänemark und Spanien gab es über Jahre eine durch den politischen Willen getragene gleichmässige Entwicklung der Windenergie. Dies hat zur Entwicklung eines neuen Industriezweiges in diesen drei Staaten geführt. Deutsche, dänische und spanische Technologien wurden daher in den letzten Jahren auch verstärkt in anderen Märkten eingesetzt. Der weltweit grösste Investor in Windkraftanlagen ist jedoch China.

## 2.3 Offshore-Windkraft in Deutschland

Die deutsche Bundesregierung hat im September 2010 das Energiekonzept 2050 beschlossen, wonach bis 2030 15'000 MW an Offshore-Windkraftleistung installiert sein sollen. Bis 2020 sollen es 6'500 MW sein. Nach einigen Anlaufschwierigkeiten ist man inzwischen von der Planungsphase in die Umsetzung übergegangen.<sup>17</sup>

Im Juni 2017 waren Windenergieanlagen in der Nord- und Ostsee mit einer gesamten Leistung von 4'570 MW in Betrieb. Im Dezember 2014 konnte erstmals mehr als ein Gigawatt – genauer 1049.2 Megawatt – durch insgesamt 285 Offshore-Windenergieanlagen eingespeist werden. Im Oktober 2015 waren 4'600 MW Offshore-Anschlussleitungen fertiggestellt. Die Phase der Verzögerung beim Offshore-Netzausbau ist vorbei. Im Jahr 2016 hat der Ausbau der Offshore-Windenergie wieder einen konstanten Wachstumspfad eingeschlagen, nachdem 2015 durch netzbedingte Nachholeffekte ein Rekordzubau zu verzeichnen war. Insgesamt wurden 2016 Offshore-Windenergieanlagen mit einer Gesamtkapazität von knapp 820 MW ans Netz angeschlossen. Für das Gesamtjahr 2017 wird erwartet, dass die neue Offshore-Leistung in einer Größenordnung von 900 MW liegen könnte, gegenüber dem Vorjahr 2016 entspräche das einem Wachstum von etwa 10 Prozent.<sup>18</sup>

<sup>13</sup> Quelle: GWEC 2017

<sup>14</sup> Quelle: IEA 2013

<sup>15</sup> Quelle: Fraunhofer ISE 2013

<sup>16</sup> Quelle: GWEC 2017

<sup>17</sup> Quelle: BMWi 2017

<sup>18</sup> Quelle: Offshore Windindustrie

### 3. Stand und weitere Entwicklung der Technik

Bei Windkraftanlagen handelt es sich um eine weit entwickelte Technik, die sich bis 2035/2050 nur noch graduell weiterentwickeln wird, und zwar vor allem in den Bereichen kostengünstiges Design, Fertigungstechnik, Gesamtwirkungsgrad, Betriebs- und Instandhaltungskonzepte.

#### 3.1 Onshore-Anlagen

Die Leistung einzelner Windanlagen ist in den letzten 25 Jahren massiv gestiegen von 0.5 MW auf heute bis zu 7 MW (Abbildung 1). Heute sind Neuanlagen von 2 bis 3 MW üblich. Die Wahl der Leistungsgrösse und Turmhöhe richtet sich hauptsächlich nach den lokalen Windverhältnissen. Aufgrund von historisch beobachteten „Lernkurven“ rechnet man mit einer durchschnittlichen Kostenreduktion von 3 bis 7 % mit jeder Verdoppelung der weltweit installierten Leistung aufgrund von technischen Verbesserungen und Skaleneffekten.

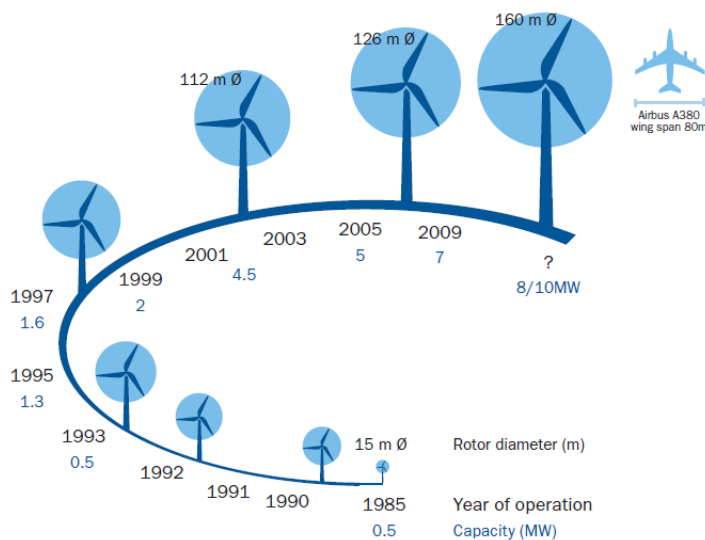


Abbildung 1. Entwicklung von Windturbinen seit 1985. Quelle: EWEA 2014.

#### 3.2 Offshore-Anlagen

Die Anlagengrößen liegen zwischen rund 5 und 7 MW. Auch hier rechnet man mit einer durchschnittlichen Kostenreduktion von 5 bis 9 % mit jeder Verdoppelung der weltweit installierten Leistung. Es zeichnet sich aber ab, dass sich die Anlagen verteuern, je weiter sie vom Festland entfernt sind. Zusätzliche Kostenfaktoren sind zum Beispiel die Verankerung in grösserer Tiefe und der Anschluss der Windparks an das Höchstspannungsnetz auf dem Land

Offshore-Anlagen müssen eine höhere Standsicherheit haben, je tiefer das Wasser ist, in dem sie stehen. Die Anlagen müssen das eigene Gewicht tragen, sehr starken Winden standhalten und dürfen daneben der Strömung des Wassers und der Kraft der Wellen nicht nachgeben.

#### 4. Potenzial

Verschiedene Studien zum Potenzial der erneuerbaren Energien in der Schweiz bis 2035 und 2050 wurden in einer Meta-Studie des Energie Dialog Schweiz aus dem Jahr 2009 zusammengefasst.<sup>19</sup>

Die Abschätzungen der verschiedenen Studien zum erwarteten bzw. realisierbaren Potenzial bis 2035/2050 variieren stark (Tabelle 1). Der Energie Dialog geht nach Analyse aller Studien von einem erwarteten Potenzial von rund 1.5 TWh bis 2035 aus und von 2 bis 3 TWh bis 2050. Suisse Eole geht, basierend auf dem Konzept Windenergie Schweiz und kantonalen Planungen, von einem langfristig realisierbaren Potenzial von rund 4 TWh aus. Auch die Energieperspektiven des BFE erwarten rund 4 TWh Produktion bis 2050.<sup>20</sup>

Windkraft hat in der Schweiz ein hohes theoretisches Potenzial, das aber durch eine Reihe von Ausschlusskriterien reduziert wird: spezifischen Windverhältnissen, Waldgebieten, der Hangneigung, der Eignung des Baugrunds und der Besiedelung. Der VSE schätzt das realisierbare Potential auf 0.7 bis 1.5 TWh in 2035 bzw. auf 2 bis 4 TWh bis 2050. Ob dieses Potenzial effektiv ausgeschöpft wird, hängt stark vom politischen Willen, insbesondere vom vereinfachten Planungsverfahren und von den Förderbedingungen, sowie von der Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung ab. Unter den jetzigen Umständen rechnet die Branche nicht damit, dass das vorhandene Potenzial realisiert werden kann.

Potenzial (TWh)	2013	2020	2035	2050
Erwartet (VSE)	0,04		0,7-1,5	2-4
Erwartet (Energie Dialog Schweiz)			1,5 (± 0,5)	2-3
BFE Energieperspektiven 2007/2011		0.6		4

Tabelle 1. Potenzial Windkraft Schweiz bis 2050. Quellen: VSE 2012, ETS 2009, BFE 2011.

#### 5. Einschätzung zu Leistungsverfügbarkeit und Energiequalität

Windkraftanlagen produzieren Strom abhängig von der Windgeschwindigkeit – mehr Wind bedeutet dabei überproportional mehr Energie. Vorteilhaft ist die winterlastige Jahresverteilung der Produktion. Die Aufteilung der Produktion in Sommer/Winter beträgt aufgrund von Erfahrungswerten rund 35 % (Sommer) zu 65 % (Winter).<sup>21</sup> Produktionsprognosen werden auf Wettervorhersagen gestützt. Geringste Abweichungen haben jedoch eine grosse Auswirkung, denn die Stromproduktion ist proportional zur dritten Potenz („hoch drei“) der Windgeschwindigkeit. Bei einer Verdoppelung der Windgeschwindigkeit wird demnach 8-Mal mehr Energie produziert. Geringe Abweichungen in der Vorhersage entfalten hier eine grosse Wirkung. Die Produktion von Windkraftanlagen ist volatil als bei Photovoltaik-Anlagen, zudem ist sie weniger planbar. Windprognosen werden datengestützt aber zunehmend besser und verlässlicher. Fortschreitende Speichertechnologien mindern ebenfalls die Wirkung des Planbarkeitsnachteils von Wind- gegenüber Photovoltaik-Anlagen hinsichtlich der Systemintegration.

<sup>19</sup> Quelle: ETS 2009

<sup>20</sup> Quelle: BFE 2011

<sup>21</sup> Quelle: ETS 2009

## 6. Gestehungskosten

Die Gestehungskosten heutiger Projekte orientieren sich an den KEV-Vergütungssätzen von 24 Rappen (Anfangsvergütung+ Höhenzuschlag) pro kWh. Neben den Kosten für die Windenergieanlage an sich tragen langwierige und teure Planungen sowie die behördlich auferlegten betrieblichen Einschränkungen zu den Gestehungskosten bei. Bis 2050 werden aufgrund technischer Verbesserungen und Skaleneffekten leichte Kostensenkungen erwartet. Aufgrund technischer Verbesserungen könnten sie auf rund 12 bis 17 Rappen pro kWh sinken. Die Stromgestehungskosten wurden mit einem Zinssatz von 5 % und 10 % und einer Lebensdauer von 20 Jahren berechnet, was zur Bandbreite in Tabelle 3 führt. Vorbehalten ist natürlich eine Sonderdegression (oder Erhöhung), falls sich die Kosten weltweit deutlich verändern – so geschehen bei der Vergütung von Strom aus Photovoltaikanlagen.

Kosten	2013	2035	2050
Investitionskosten (CHF/kW)	2000-2500	1850	1800
Betrieb und Unterhalt	ca. 2 % der Investitionskosten jährlich		
Gestehungskosten (Rp./kWh)	14-20	12-18	12-17

Tabelle 2. Kosten bis 2050. Quelle: BFE 2007 und 2011, VSE 2012.

Die heutigen und zukünftigen erwarteten Gestehungskosten sind im Ausland wegen besseren Windverhältnissen (Produktion abhängig von der Windgeschwindigkeit „hoch drei“) oder einfacheren Transport- und Montagemöglichkeiten deutlich günstiger. Zum Vergleich: In Deutschland liegen die Vergütungssätze für Onshore Windenergie bei 4.9 mit einer Anfangsvergütung von 8.9 Euro-Cent pro kWh über fünf Jahre. Für Offshore Anlagen liegen die beiden Werte bei 3.9 und 19.4 Euro-Cent pro kWh<sup>22</sup>. Die Anfangsvergütung läuft acht Jahre. Ab dem 1. Mai 2017 führt die Bundesnetzagentur Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen an Land durch. Der ermittelte anzulegende Wert dient als Berechnungsgrundlage für die Höhe des Zahlungsanspruchs (Marktpremie).<sup>23</sup> Bis 2030 rechnet man mit kaum sinkenden Gestehungskosten.<sup>24</sup>

<sup>22</sup> Quelle: Erneuerbare-Energien-Gesetz

<sup>23</sup> Quelle: Bundesnetzagentur 2017

<sup>24</sup> Quelle: Fraunhofer ISE 2013

## 7. Umwelt/Klima

Windkraftanlagen stossen direkt kein CO<sub>2</sub> aus. Ihr Lebenszykluswert beträgt 24 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh.<sup>25</sup> Die Akzeptanz für Windkraftanlagen ist aber bei direkt Betroffenen eher tief wegen Bedenken bezüglich des Landschaftsbildes und Geräuschemissionen.

## 8. Rahmenbedingungen

### 8.1 Förderung

Windkraft ist eine KEV-berechtigte Technologie. Unter Berücksichtigung der unten genannten Ausschlusskriterien werden Richt- und Zonenpläne ausgearbeitet, aufgrund derer dann eine Baubewilligung ausgesprochen werden kann.

Das Programm zur Förderung der erneuerbaren Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz des Bundesamts für Energie steckte im Jahr 2001 ein damals hohes Ziel: 50 bis 100 Mio. kWh Schweizer Windstrom per 2010. Das differenzierte, mehrstufige Planungsverfahren mit kantonaler Richtplanung, kommunaler Nutzungsplanung und Baubewilligung gewährleistet zusammen mit den Qualitätsstandards der Branche und Empfehlungen des Bundes, dass Windenergie mit Rücksicht auf Natur- und Landschaftswerte genutzt wird.

### 8.2 Windenergie in der kantonalen Richtplanung

Die kantonalen Richtpläne zeigen, wie im Hinblick auf die gewünschte Entwicklung raumplanerisch vorgegangen werden soll und in welcher zeitlichen Folge und mit welchen Mitteln die Aufgaben erfüllt werden sollen (Art. 8 RPG). Damit ist auch die erneuerbaren Energie, in der Regel auch die Windenergie, ein Thema in jedem kantonalen Richtplan.

Die diesbezügliche Strategie der Kantone soll definieren, ob, inwiefern und unter welchen Bedingungen Windenergie auch kantonal gefördert werden soll. In grösseren Kantonen kann es zweckmässig sein, Planungsaufgaben im Zusammenhang mit der Windenergie teilweise an die Regionalplanungen zu delegieren. Aufgrund von Art. 6 Abs. 4 RPG, wonach die Richtpläne der Nachbarkantone zu berücksichtigen sind, wird sich jedenfalls eine praktikable Zusammenarbeit zwischen Kantonen und Regionen ergeben müssen. Neben den Interessen der Nachbarkantone müssen auch jene des Bundes berücksichtigt werden (Art. 11 RPG).

---

<sup>25</sup> Quelle: BFE 2012

## 9. Bewertung und SWOT-Analyse

Bewertungskriterium	2017	2035	2050
<b>Investitions- und Gestehungskosten</b>	Kosten über dem Marktpreis	Kosten im Bereich des erwarteten Marktpreises	Kosten im Bereich des erwarteten Marktpreises
<b>Umweltverträglichkeit</b>	gut (falls nur CO <sub>2</sub> -Belastung betrachtet wird)	gut (falls nur CO <sub>2</sub> -Belastung betrachtet wird)	gut (falls nur CO <sub>2</sub> -Belastung betrachtet wird)
<b>Verfügbarkeit der Energie</b>	stochastische Erzeugung (im Winterhalbjahr rund doppelt so hohe Produktion wie im Sommerhalbjahr)	stochastische Erzeugung (im Winterhalbjahr rund doppelt so hohe Produktion wie im Sommerhalbjahr)	stochastische Erzeugung (im Winterhalbjahr rund doppelt so hohe Produktion wie im Sommerhalbjahr)
<b>Produktionspotenzial</b>	0.04 TWh	0.7-1.5 TWh	2-4 TWh
<b>Gesellschaftliche Akzeptanz</b>	sehr durchzogen (vor Ort tiefer als in den Städten)	noch offen	noch offen
<b>Politische Akzeptanz</b>	sehr durchzogen (vor Ort tiefer als in den Städten)	noch offen	noch offen

Tabelle 3. Bewertung der Windenergie nach verschiedenen Kriterien für die Zeiträume 2017, 2035 und 2050. Grün: gut, orange: genügend, rot: schlecht

extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- langfristige Kostenreduktion in der Schweiz bis 2050 um rund 50 % und mehr</li> <li>- Gestehungskosten um 2035 im Bereich der erwarteten Marktpreise</li> <li>- verbesserte Prognosetools erlauben bessere Planung</li> </ul>	<p><b>Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- langwierige Bewilligungsverfahren</li> <li>- Standorte mit guten Windwerten und Zonenkonformität in der Schweiz begrenzt</li> <li>- z.T. mangelnde Akzeptanz bei betroffener Bevölkerung</li> </ul>
intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr gute Umweltbilanz</li> <li>- Beitrag zur Deckung des Strombedarfs v.a. im Winter (65 % Winteranteil).</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stochastische Erzeugung, Regulierbarkeit nur durch Abschaltung</li> <li>- Produktion schwierig zu prognostizieren</li> </ul>

Tabelle 4. SWOT-Analyse.



## 10. Quellenverzeichnis

- ARE 2017 Konzept Windenergie, 2017, <https://www.aren.admin.ch/aren/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/konzepte/anhoerung-konzept-windenergie.html>
- BFE 2007 Die Energieperspektiven 2035 - Band 5, Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebotes, Bundesamt für Energie BFE, Bern, Juni 2007
- BFE 2010 Empfehlungen zur Planung von Windenergieanlagen: Die Anwendung von Raumplanungsinstrumenten und Kriterien zur Standortwahl, Bundesamt für Energie BFE, Bern, März 2010; <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=32397>
- BFE 2011 Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates, Aktualisierung der Energieperspektiven 2035; Frühjahr 2011, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2011
- BFE 2012 ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2012
- BFE 2017 Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2012, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2013
- BMWi 2017 Windenergie auf See, Ziele, <http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Windenergie-auf-See/Ziele/ziele.html>
- Bundesnetzagentur 2017 Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung von Windenergieanlagen an Land, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Elektrizitaetund-Gas/Unternehmen\\_Institutionen/Ausschreibungen/Wind\\_Onshore/Wind\\_Onshore\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Elektrizitaetund-Gas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Wind_Onshore_node.html)
- Erneuerbare-Energien-Gesetz <http://dejure.org/gesetze/EEG>
- ETS 2009 Erneuerbare Energien: Übersicht über vorliegende Studien und Einschätzung des Energie Dialog Schweiz zu den erwarteten inländischen Potenzialen für die Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion in den Jahren 2035 und 2050 inklusive Berücksichtigung der Potenziale aus Abfällen, Grundlagenpapier für die Energie-Strategie 2050. Energie Dialog Schweiz (ETS), Zürich, 2009
- EWEA 2014 Wind in power, 2014 annual European statistics, European Wind Energy Association, Brüssel 2015
- Fraunhofer ISE 2013 Studie Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Fraunhofer ISE, Freiburg, Mai 2013
- GWEC 2017 Global Wind Report 2016, Global Wind Energy Council (GWEC), Brüssel, 2017
- IEA 2013 Technology Roadmap: Wind Energy, International Energy Agency (IEA), Paris, 2013
- Juvent 2017 <http://www.juvent.ch/%C3%BCbersicht.html>

KEV-Cockpit	KEV-Cockpit 3. Quartal 2017; Stand 02.10.2017, <a href="http://www.pronovo.ch">www.pronovo.ch</a> (ehemals Stiftung KEV)
Offshore Windindustrie	Windparks in Deutschland, <a href="http://www.offshore-windindustrie.de/windparks/deutschland">http://www.offshore-windindustrie.de/windparks/deutschland</a>
Swiss Eole 2017a	Windenergie in der Schweiz - Zahlen und Fakten, Stand 17.10.2017, Suisse Eole, Basel, 2017 <a href="http://wind-data.ch/wka/list.php?field=capacity&amp;dir=DESC&amp;">http://wind-data.ch/wka/list.php?field=capacity&amp;dir=DESC&amp;</a>
Swiss Eole 2017 b	Faktenblatt zur Windenergie in der Schweiz, <a href="http://www.suisse-eole.ch/media/ul/resources/Suisse_Eole_Faktenblatt_Windenergie_Zahlen_201704.pdf">http://www.suisse-eole.ch/media/ul/resources/Suisse_Eole_Faktenblatt_Windenergie_Zahlen_201704.pdf</a>
VSE 2012	Wege in die neue Stromzukunft, Gesamtbericht, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), Aarau, 2012
Wind Europe 2017	Wind in power, 2016 annual European statistics, Wind Europe, 2017