

## 3.7 Windenergieanlagen

### Einordnung der Windenergie

#### Vorteile der Windenergie

##### *Winterstrom*

Das wichtigste Merkmal der Windenergie, und das ist auch der entscheidende Vorteil gegenüber der Solarenergie, ist ihr Beitrag zum Winterstrom. Etwa 30 bis 40 % der jährlichen Stromproduktion einer Windenergieanlage (WEA) fallen alleine im Winterquartal (Nov., Dez., Jan.) an.

##### *Geringer Platzbedarf*

Eine einzelne WEA beansprucht relativ wenig Platz, insbesondere im Vergleich zu einer Solaranlage im Schweizer Mittelland mit gleichen Produktionswerten für Winterstrom. Zwar sind auf der umliegenden Fläche keine Siedlungen zugelassen, aber eine anderweitige (zeitlich befristete) Nutzung ist durchaus möglich. Aufgrund der grossen Bedeutung für die alternative Stromgewinnung in der Schweiz wäre es aus meiner Sicht auch sinnvoll und nötig, den Bau von WEA in Waldgebieten und auf Agrarflächen (inkl. Fruchtfolgeflächen) zu ermöglichen.

#### Fragliche Aspekte

##### *Nachhaltigkeit von WEA*

Die Nachhaltigkeit wird mit Blick auf die Gewinnung und Entsorgung der zum Bau von WEA erforderlichen Materialien kontrovers diskutiert. Dazu gehören unter anderem Balsaholz, Kupfer, Bauxit, Silber und seltene Erden. Starker Kritik unterliegen auch die Lieferketten dieser Materialien, denn es existiert keine Kreislaufwirtschaft (v. a. beim Recyceln der Rotorblätter).

#### Nachteile der Windenergie

##### *Mässige Windwerte in der Schweiz*

Leider hat die Schweiz im Vergleich zum europäischen Ausland nur unterdurchschnittliche Windwerte. Dies zeigt ein Blick auf den „[Global Wind Atlas](#)“ sowie die diversen [Windenergiekarten](#) des Bundesamts für Energie (BFE). In der Praxis bestätigen dies die bisherigen Produktionsdaten der Schweizer Windparks und der Einzelanlagen (**Bild 3.7-3**). Gute bis sehr gute Ergebnisse verzeichnen einzig die Anlagen auf den Jurahöhen und beim Rhoneknief im Wallis. Besonders enttäuschende Produktionswerte liefern die Anlagen in den Alpen.

##### *Akzeptanz in der Bevölkerung*

Der Anblick von Windenergieanlagen wird von einem Teil der Schweizer Bevölkerung als „Verschandelung der Landschaft“ betrachtet. Zu Recht oder zu Unrecht sei dahingestellt.

Vielleicht kann ein Kompromiss dahingehend helfen, dass für zukünftige Projekte eher kleinere Windparks (z. B. bis zu max. drei Windturbinen) vorgeschlagen werden.

Grosse Windparks werden als „Tannenwald“ wahrgenommen und dürften in den Gemeinden im Rahmen der Standortbewilligung auf Widerstand stossen. Des Weiteren braucht es eine intensive Information/Aufklärung der Bevölkerung, dass für eine sichere Stromversorgung grundsätzlich WEA und nicht Solaranlagen nötig sind.

##### *Dichte Besiedlung im Schweizer Mittelland*

Gemäss Bauvorschriften muss beim Bau von WEA ein Minimalabstand zu ganzjährig bewohnten Gebäuden/Siedlungen eingehalten werden. Daraus ergeben sich im dicht besiedelten Schweizer Mittelland deutliche Einschränkungen hinsichtlich der Standortwahl.

Da aus anderweitigen Überlegungen der Bau von grossen WEA (**Bild 3.7-1** Gesamthöhe bis zu 250 m) im Vordergrund steht, ergeben sich auch entsprechend grosse Abstände – grundsätzlich mindestens 1'000 m. Vielleicht gibt es fallweise auch einen „Schweizer Kompromiss“ von 850 m.

### 3.7.1 Auslegungswerte von Windenergieanlagen (WEA)

#### Standortabhängigkeit

Bei der Beurteilung des Potentials von WEA kommt der Standortabhängigkeit einer Anlage grosse Bedeutung zu. Die gleiche WEA liefert an verschiedenen Standorten eine völlig unterschiedliche Stromproduktion, weil aufgrund der jeweiligen topographischen Verhältnisse und lokalen Begebenheiten sehr unterschiedliche Windverhältnisse vorliegen. Zusätzlich wird die Prognose des Ertrags einer WEA dadurch erschwert, dass das zukünftige Wetter ja nicht wirklich vorausgesagt werden kann. Somit kann die zu erwartende Stromproduktion nur abgeschätzt werden. Die Produktionsstatistiken der vergangenen Jahre zeigen dies deutlich. So war z. B. 2023 ein besonders günstiges Windjahr. Natürlich wird mit Windmodellierungen und mit Hilfe von Erfahrungswerten versucht, eine bestmögliche Vorhersage zu erzielen – es bleibt aber so oder so eine Abschätzung.

Die Standortabhängigkeit kommt in **Bild 3.7-3** sehr gut zum Ausdruck. Hier wird die Produktivität der WEA für verschiedene Regionen der Schweiz wie Jurahöhen, Mittelland, Alpen oder auch spezielle Lagen wie das Rhoneknie im Wallis aufgezeigt.

Wird nun im Rahmen der sog. „Energiestrategie 2050“ angedacht, für die Schweizer Energieversorgung zwischen 900 und 1'200 WEA zu bauen, so empfiehlt es sich, vorgängig Pilotanlagen für die verschiedenen Landesteile zu errichten, um während mindestens einem Jahr die Produktion real messen zu können. Darauf basierend könnte dann abgeschätzt werden, wie viele WEA tatsächlich benötigt werden, um ein bestimmtes Ziel – z. B. die von Regierungsrat Neukom vorgeschlagenen 9 TWh/a Windenergie – zu erreichen.

#### Nennleistung einer WEA

Dem Design einer WEA wird eine Nennleistung zugrunde gelegt. Für theoretisch Interessierte: Die Nennleistung einer WEA ist etwa proportional zur Fläche des Rotors und der Windgeschwindigkeit hoch 3.

Die Nennleistung ist diejenige Leistung, die eine WEA unter optimalen Bedingungen erbringen kann – also die theoretische Maximalleistung bei stationärer Anströmung mit der idealen Windgeschwindigkeit.

WEA sind produktiv im Bereich von Windgeschwindigkeiten zwischen 10 und 80 km/h (Grössenordnung).

Moderne WEA, die voraussichtlich zukünftig in der Schweiz erstellt werden, verfügen über Nennleistungen im Bereich von 3.3 bis 5.6 MW<sub>n</sub>. (sprich: Megawatt Nennleistung)

Mit der Nennleistung ergibt sich die maximal mögliche Stromproduktion einer WEA pro Jahr. Dieser Produktionswert ist natürlich völlig theoretisch und wird nie erreicht werden. Er dient zum Vergleich zwischen verschiedenen Windturbinen und als Planungsreferenz für Anlagen (Windparks).

Jahresstunden:  $24 \text{ h/Tg} * 365 \text{ Tg/a} = 8'760 \text{ h/a}$

Nennleistung 3.3 MW<sub>n</sub>: Jahresproduktion =  $3.3 \text{ MW}_n * 8'760 \text{ h} = 28'908 \text{ MW}_n\text{h}$  -> 28.908 GW<sub>n</sub>h

Nennleistung 5.6 MW<sub>n</sub>: Jahresproduktion =  $5.6 \text{ MW}_n * 8'760 \text{ h} = 49'056 \text{ MW}_n\text{h}$  -> 49.056 GW<sub>n</sub>h

Wichtig: Es ist strikte zu beachten, dass ein Vergleich zwischen verschiedenen Technologien oder Anlagen stets über die Stromproduktion pro Jahr und nicht über die Nennleistung der Anlagen gemacht werden muss.

## Prozentuale Verfügbarkeit der Nennleistung bzw. Wind-Volllaststunden

Zur Abschätzung der Produktivität einer WEA kann nun sehr vereinfachend ein Wert bezüglich der „prozentualen Verfügbarkeit der Nennleistung“ herangezogen werden. Dies sind Allerweltswerte, in die all die Unwegsamkeiten für Design, Standortverhältnisse, Witterung, Flauten, Abschaltungen etc. hineingepackt werden. Dennoch sind solche Werte sehr hilfreich und letztlich auch aussagekräftig für die Beurteilung eines Standortes.

Ein anderer Ansatz mit dem gleichen Effekt sind die sog. Wind-Volllaststunden. Diese beziffern ganz einfach die Zeit (Stunden), die eine Anlage auf Volllast (Nennleistung) hätte laufen müssen, um die effektiv erbrachte Jahresproduktion zu erbringen. Zum Beispiel kann gemäss [statista](#) in Deutschland (Onshore) mit 1'800 Volllaststunden gerechnet werden, um die Produktion einer WEA abzuschätzen.

1'800 Volllaststunden entsprechen einer prozentualen Verfügbarkeit von:

$$1'800 \text{ h} / 8'760 \text{ h} * 100 = 20.5 \%$$

Das heisst, es wird erwartet, dass eine WEA ca. einen Fünftel der theoretischen Maximalleistung erreichen wird.

Für die vorgängig genannten Referenzanlagen dürfte somit mit folgenden Werten für die effektive Jahresproduktion gerechnet werden:

Nennleistung 3.3 MW<sub>n</sub>: Jahresproduktion = 28.908 GW<sub>n</sub>h \* 0.205 = 5.926 GWh -> ca. 6'000 MWh

Nennleistung 5.6 MW<sub>n</sub>: Jahresproduktion = 49.056 GW<sub>n</sub>h \* 0.205 = 10.056 GWh -> ca. 10'000 MWh

Für die 41 Schweizer WEA, welche 2023 ganzjährig in Betrieb waren, sind diese Werte in **Bild 3.7-3** aufgezeigt. Dabei sind grosse Unterschiede erkennbar. Die besten Werte wurden auf den Jurahöhen (28 %) und die schlechtesten Werte in den Alpen erreicht. Die WEA Gries auf dem Nufenenpass erreichte gerade mal 7.5 % – ein Wert, der zu denken gibt. Dieses Ergebnis bedeutet im Prinzip, dass auf dem Nufenen etwa viermal mehr WEA aufgestellt werden müssten als auf den Jurahöhen, um die gleiche Stromproduktion zu erreichen. Natürlich ist das vereinfachend, aber dem Gedanken muss trotzdem Rechnung getragen werden, wenn, wie in der Präsentation Neukom vorgeschlagen, in der Schweiz ca. 900 WEA errichtet werden sollen. Diese werden sich über die gesamte Fläche der Schweiz verteilen müssen und können nicht alle auf den Jurahöhen stehen. Gerade die Anlagen in den Alpen lieferten bescheidene Ergebnisse.

## Abstand der WEA zur nächsten Siedlung

Bereits in der Pionierzeit der WEA wurde als sinnvolle Regel die 10H-Regel eingeführt. Ich war ca. 1980 im Windausschuss von Kiel (BRD), als diese Regel entstand. Sie war damals unbestritten und galt als fairer Kompromiss zwischen Anlagenplaner und Bevölkerung.

Die Regel besagt: Der Abstand zwischen einer WEA und dem nächsten ganzjährig bewohnten Gebäude beträgt 10-mal die Nabenhöhe. (Nabenhöhe = Höhe des Mastes)

Unruhe entstand, als die bayrische Landesregierung 2014 eine 10H-Regel in ihre Bauordnung aufnahm, wobei für H aber nicht die Nabenhöhe, sondern die Gesamthöhe der WEA (also Nabenhöhe plus der halbe Rotordurchmesser) stand. Da neue, moderne WEA über 200 m hoch sind, führt diese Regel natürlich zu einer starken Einschränkung von möglichen WEA-Standorten. Nach stetigen und heftigen Diskussionen wurde diese Regel in Bayern 2022 nochmals bestätigt, nun aber mit rigorosen Ausnahmen und um einen Mindestabstand von 1'000 m ergänzt, der jedenfalls einzuhalten ist.

In der Schweiz ist die Abstandsregelung den Standortgemeinden im Rahmen der Baubewilligung überlassen. Eine 10H-Regel im ursprünglichen Sinne (10 x Masthöhe) würde den Bau von WEA aufgrund der hohen Siedlungsdichte in der Schweiz sicherlich stark beeinträchtigen. In dieser Situation wird es für jede zukünftige

WEA Diskussionen um die Abstandsregelung geben. Aufgrund der bisherigen Bewilligungsverfahren zeichnet sich ein „Schweizer Kompromiss“ ab, für einen Abstand von mindestens 850 m zum nächsten ganzjährig bewohnten Gebäude bzw. zur nächsten Siedlung.

----- meine persönliche Meinung -----

Ich befürworte die Regel:

**Mindestabstand = der kleinere Wert von 10H oder 1'000 m**

**H = Nabenhöhe = Masthöhe**

In der EKZ BLUE 1/2024 sind auf den Seiten 16 und 17 einerseits eine WEA von 246 m Gesamthöhe und andererseits Abstände zu bewohnten Gebäuden/Siedlungen von 300, 500 oder 700 m aufgeführt. Solche Aussagen sind aus meiner Sicht zynisch und verantwortungslos.

Als Stimmbürger einer WEA-Standortgemeinde würde ich jedes Bauvorhaben ablehnen, das die obige Regel bzw. den möglichen „Schweizer Kompromiss“ von 850 m nicht erfüllt.

### 3.7.2 Beispiele für WEA-Referenzanlagen

#### Veranlassung

Zur Vereinfachung und für ein gemeinsames Verständnis innerhalb von diesem Website werden nachfolgend zwei Anlagen als „Referenzanlagen“ beschrieben. Es sind dies:

- 1) Mittlere WEA:                    3.3 MW    Basis: Windpark Verenafohren (D)
- 2) Grosse WEA:                    5.6 MW    Basis: Projekt Weisslingen

#### Mittlere WEA

[Link](#)

Als Referenz für kleine bis mittlere WEA kann der Windpark Verenafohren mit den nachfolgenden Kennzahlen dienen. Der Windpark liegt wenige Kilometer nördlich von Schaffhausen und besteht aus drei identischen WEA.

Leistung einer Turbine:        3.3 MW  
Nabenhöhe:                        134 m  
Rotor Durchmesser:            131 m  
Gesamthöhe:         $134 + (131/2) = 199.50 \text{ m}$

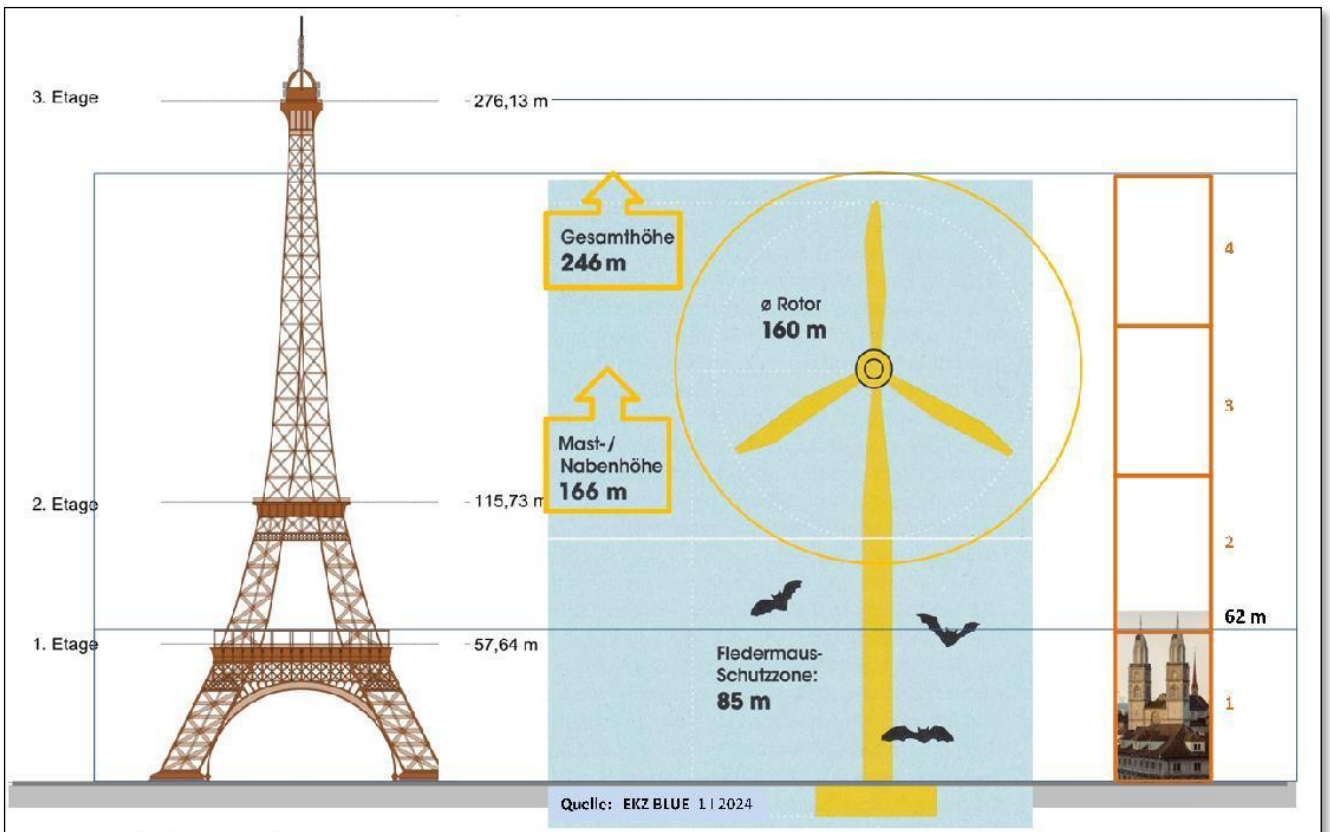
#### Grosse WEA

[Link](#)

Als Referenz für wirklich grosse WEA kann das Projekt Weisslingen (zwischenzeitlich sistiert) mit folgenden Kennzahlen dienen:

Leistung:                            5.6 MW  
Nabenhöhe:                        166 m  
Rotor Durchmesser:            160 m  
Gesamthöhe:         $166 + (160/2) = 246 \text{ m}$

**Bild 3.7-1** zeigt einen Grössenvergleich der grossen WEA mit dem Eiffelturm und dem Zürcher Grossmünster. Die Rotorspitze erreicht ca. 90 % der Höhe des Eiffelturms und die vierfache Höhe des Grossmünsters.



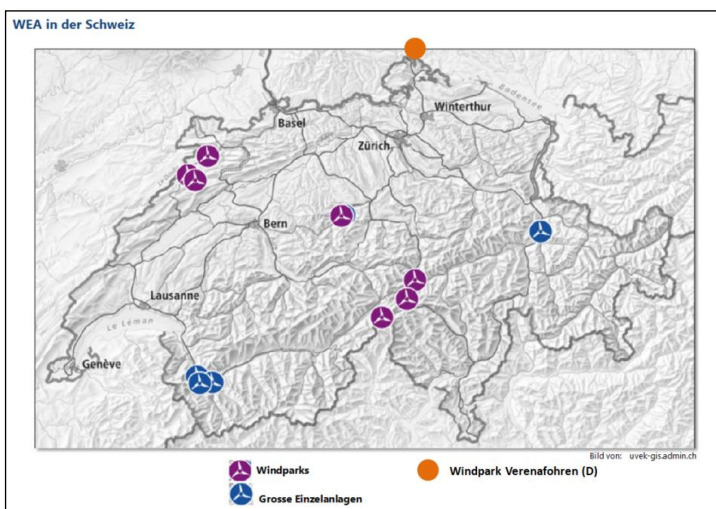
**Bild 3.7-1** Größenvergleich grosse Referenzanlage

### 3.7.3 Windenergie in der Schweiz

#### Produktionsdaten der Schweizer WEA im Jahr 2023

In diesem Abschnitt werden die Produktionsdaten der 41 Schweizer WEA, die 2023 ganzjährig in Betrieb waren, zusammengestellt, ausgewertet und bezüglich ihrer Effizienz beurteilt. Zusätzlich werden die Daten des grenznahen Windparks Verenafohren aufgezeigt.

**Bild- und Datenquelle:** [UVEK-GIS](#) [Windpark Verenafohren](#)



**Bild 3.7-2** WEA in der Schweiz 2023; Windpark Verenafohren (D)

In **Bild 3.7-3** werden die Kenndaten und die Jahresproduktion 2023 der Windparks und grossen Einzelanlagen auf Basis der Angaben im UVEK-GIS für die Regionen Jura, Mittelland und Alpen zusammengestellt und die „Verfügbarkeit bezüglich der Nennleistung“ ausgewertet. Dies ist eine analoge Auswertung zu den oben erwähnten Volllaststunden.

Wie erwartet zeigt sich eine gute Ausbeute der Anlagen auf den Jurahöhen mit ca. 28 %. Dagegen fallen die Ergebnisse für die Anlagen im Mittelland und in den Alpen enttäuschend aus. Die Werte für Gries (7.5 %) und Feldmoos/Rengg (10 %) sind schlicht unterirdisch. Ohne gegenteiligen Beweis bedeutet dies, dass in den Lagen Mittelland/Alpen ca. drei- bis viermal mehr WEA erstellt werden müssten, um die gleiche Strommenge zu erzeugen wie auf den Jurahöhen.

Ebenfalls aufgeführt ist der grenznahe Windpark Verenafohren (nördlich Schaffhausens). Dieser Windpark zeichnet sich durch eine hohe Effizienz aus – gleich wie die Anlagen auf den Jurahöhen.

<b>A) Windparks</b>				
<b>Jura</b>	<b>Mt. Crosin</b>	<b>Peuchapatte</b>	<b>St. Brais</b>	<b>Total</b>
Geographische Lage	St. Imier	Breuleux	St. Brais	Jura
Anzahl WEA / Baujahr	16 / 2010..2016	3 / 2010	2 / 2009	21
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m 94 / 112	108 / 82	78 / 82	
Gesamthöhe	m 150	149	119	
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub> 37.20	6.90	4.00	48.10
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n,h</sub> 325'872	60'444	35'040	421'356
Jahesproduktion 2023	MWh 91'144	17'108	9'681	117'933
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	% 28.0	28.3	27.6	28.0 %
<b>Mittelland</b>	<b>Feldmoos/Rengg</b>			<b>Total</b>
Geographische Lage	Entlebuch			Mittelland
Anzahl WEA / Baujahr	2 / 2005..2011			2
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m 50 / 54			
Gesamthöhe	m 77			
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub> 1.85			1.85
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n,h</sub> 16'206			16'206
Jahesproduktion 2023	MWh 1'616			1'616
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	% 10.0			10.0 %
<b>Alpen</b>	<b>Gries</b>	<b>San Gottardo</b>	<b>Gütsch</b>	<b>Total</b>
Geographische Lage	Nufenen	Gotthard	Oberalp	Alpen
Anzahl WEA / Baujahr	4 / 2016	5 / 2020	4 / 2004...2012	13
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m 85 / 92	98 / 92	55 / 44	
Gesamthöhe	m 131	144	77	
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub> 9.36	11.75	3.30	24.41
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n,h</sub> 81'994	102'930	28'908	213'832
Jahesproduktion 2023	MWh 6'178	13'465	4'780	24'423
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	% 7.5	13.1	16.5	11.4 %

**Bild 3.7-3a** Anlagedaten und Stromproduktion der Schweizer Windparks im Jahr 2023

<b>B) Grosse Einzelanlagen (&gt; 1 MW)</b>					
<b>Mittelland</b>		<b>Haldenstein</b>	<b>Lutersarn</b>	<b>Total</b>	
Geographische Lage		Chur / Trimmis	Entlebuch	Mittelland	
Anzahl WEA / Baujahr		1 / 2012	1 / 2013	2	
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m	119 / 112	78 / 82		
Gesamthöhe	m	175	119		
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub>	3.0	2.3	5.3	
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n</sub> h	26'280	20'148	46'428	
Jahesproduktion 2023	MWh	4'400	3'927	8'327	
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	%	16.7	19.5	17.9 %	
<b>Wallis (Talsohle)</b>		<b>Charrat VS</b>	<b>Martigny</b>	<b>Collonges</b>	<b>Total</b>
Geographische Lage		Rhoneknie	Rhoneknie	Rhoneknie	Wallis
Anzahl WEA / Baujahr		1 / 2012	1 / 2008	1 / 2005	3
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m	99 / 101	99 / 82	100 / 71	
Gesamthöhe	m	150	140	136	
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub>	3.0	2.0	2.0	7.0
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n</sub> h	26'280	17'520	17'520	61'320
Jahesproduktion 2023	MWh	6'615	5'008	4'582	16'205
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	%	25.2	28.6	26.2	26.4 %
<b>C) Zusammenstellung WEA Schweiz (Stand 2023)</b>					
	<b>Max. Produktion</b>	<b>Produktion 2023</b>	<b>Verfügbarkeit</b>	<b>Anz. WEA</b>	
	MW <sub>n</sub> h	MWh	%		
Jura	421'356	117'933	28	21	
Mittelland	62'634	9'943	16	4	
Wallis Rhoneknie	61'320	16'205	26	3	
Alpen	213'832	24'423	11	13	
<b>Total Schweiz</b>	<b>759'142</b>	<b>168'505</b>	<b>22</b>	<b>41</b>	

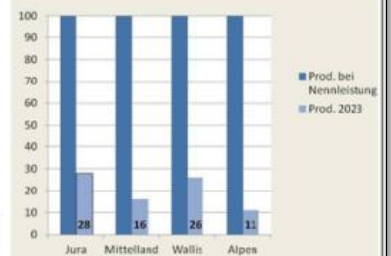


Bild 3.7-3b Anlagedaten und Stromproduktion von grossen Schweizer WEA im Jahr 2023

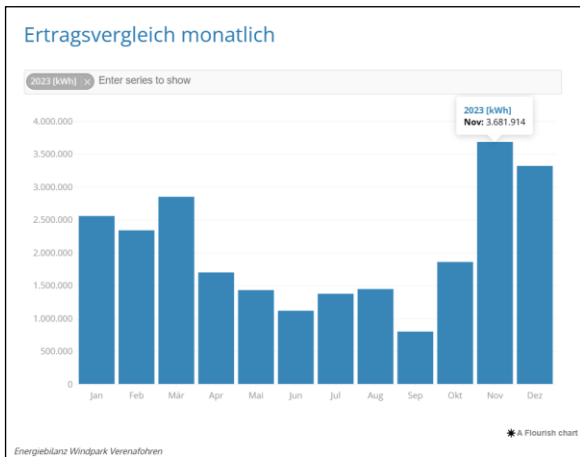
<b>D) Windpark Deutschland</b> (nördlich Schaffhausen)			
<b>Landkreis Konstanz</b>		<b>Verenafohren</b>	<b>Total</b>
Geographische Lage		Schaffhausen Nord	Schaffhausen Nord
Anzahl WEA / Baujahr		3 / 2017	3
Nabenhöhe / Rotordurchmesser	m	134 / 131	
Gesamthöhe	m	199.50	
Total Installierte Leistung (Nennleistung)	MW <sub>n</sub>	9.9	9.9
Jahesproduktion bei Nennleistung	MW <sub>n</sub> h	86'724	86'724
Jahesproduktion 2023	MWh	24'447	24'447
Verfügbarkeit bez. Nennleistung	%	28.2	28.2 %

Bild 3.7-3c Anlagedaten und Stromproduktion für den Windpark Verenafohren (D) im Jahr 2023

### 3.7.4 Fokus Winterstrom

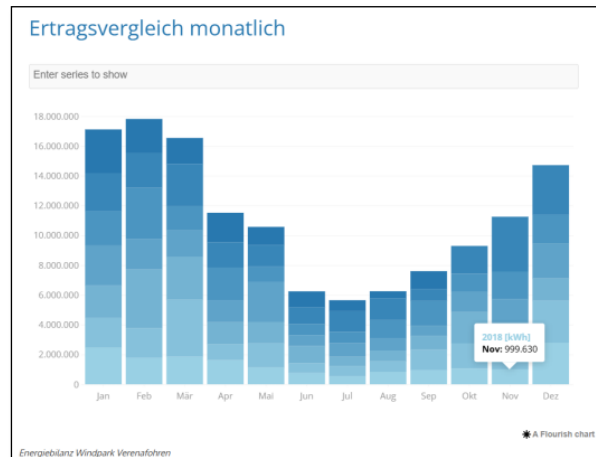
#### Liefern WEA Winterstrom?

In der Diskussion um die Schweizer Stromversorgung steht der Bedarf an Winterstrom im Zentrum. Dabei wird stets hervorgehoben, dass bei WEA ca. zwei Drittel der Stromproduktion im Winter anfallen. Die Daten des Windparks Verenafohren bestätigen dies eindrücklich. Die monatlichen Erträge seit Inbetriebnahme dieses Windparks werden von der „bürger-energie bodensee“ zur Verfügung gestellt (**Bild 3.7-4** und **Bild 3.7-5**).



**Bild 3.7-4** Verenafohren: Monatl. Erträge 2023

Bildquelle: [bürger-energie bodensee](http://www.buerger-energie-bodensee.ch)



**Bild 3.7-5** Verenafohren: Erträge 2018 bis 2024

Es stellt sich allerdings die Frage: Sind das nun gute Werte im Winter oder einfach nur schlechte Werte im Sommer? Die Zahlen sagen Folgendes:

Der Park hat drei Turbinen mit je 3.3 MW<sub>n</sub> Nennleistung pro Turbine: (sprich: Megawatt Nennleistung)

Monatsproduktion:  $3 * 3.3 \text{ MW}_n * 8'760 \text{ h} / 12 = 7'227 \text{ MW}_n\text{h} \rightarrow 7'227'000 \text{ kW}_n\text{h}$

Höchste Produktion im November:  $3'681'914 \text{ kWh} / 7'227'000 \text{ kW}_n\text{h} * 100 = 51 \%$

Tiefste Produktion im September:  $796'943 \text{ kWh} / 7'227'000 \text{ kW}_n\text{h} * 100 = 11 \%$

Auch wenn 2023 ein Windrekordjahr war, ist die Ausnutzung im Winter mit über 50 % doch sehr gut. Die Schwäche im Sommer ist verkraftbar, da es ja ohnehin viel zu viel unnützen Sommer-Solarstrom geben wird/soll. Ausserdem sind schwache 11 % immer noch gleich viel wie das Jahresmittel des Gotthard-Windparks.

Mit dem Fokus auf die Stromproduktion im Winter wird nachfolgend eine Gegenüberstellung der Produktionskapazitäten von Solar- und Windenergieanlagen gezeigt. Also: Wie viele Solarmodule sind erforderlich, um den gleichen Stromertrag wie 1 Windturbine zu liefern? Der Vergleich der Winterproduktion von einer (1) mittleren Referenz-Windturbine (3.3 MW<sub>n</sub>) mit der Winterproduktion von einem (1) Referenz-Solarpanel (400 WP) ergibt Folgendes:

#### Stromproduktion Windturbine

Aus **Bild 3.7-4**: Durchschnittliche Produktion von 1 Windturbine im Winterquartal (in kWh):

NOV  $3'681'914 / 3 = 1'227'305$

DEZ  $3'317'238 / 3 = 1'105'746$

JAN  $2'555'072 / 3 = 851'691$

-----  
Winterquartal  $3'184'742 \text{ kWh}$



## Stromproduktion Solarpanel

Durchschnittliche Produktion im Winterquartal von 1 Solarpanel im Schweizer Mittelland:

Basis: Standard-Panel 400 $w_p$	(sprich: Watt-Peak)	
Jährliche Stromproduktion bezüglich Peakleistung:	15 %	
Anteil der Jahresproduktion im Winterquartal:	7 %	-> <b>Bild 3.6-4</b>

Peak-Produktion im Winterquartal:  $0.4 \text{ kW}_p * 8'760 \text{ h} / 4 = 876 \text{ kW}_p\text{h}$

Effektive Produktion im Winterquartal:  $876 \text{ kW}_p\text{h} * 0.15 \text{ kWh/kW}_p\text{h} * 0.07 = 9.2 \text{ kWh}$  pro Panel

## Gegenüberstellung

Die Gegenüberstellung ergibt nun Folgendes:

$3'184'742 \text{ kWh} / 9.2 \text{ kWh} = 346'167$  Panels

Das heisst:

Eine (1) Turbine (3.3  $\text{MW}_n$ ) des Windparks Verenafohren liefert also im Winterquartal (NOV, DEZ, JAN) so viel Strom, wie schätzungsweise von mehr als 300'000 Solarpanels (400  $w_p$ ) im gleichen Zeitraum für das Schweizer Mittelland erwartet werden darf.

Um eine, mit dem Windpark Verenafohren vergleichbare Produktion an Winterstrom zu erzeugen, müssten im Schweizer Mittelland etwa 1 Mio. Solarpanel eingesetzt werden.

## Wie unterscheiden sich nun Windenergie und Solarenergie?

Die vorstehende Gegenüberstellung zeigt deutlich die Überlegenheit der Windenergie gegenüber der Solarenergie, wenn es um Winterstrom und grössere Anlagen (grössere Strommengen – nicht für ein Einfamilienhäuschen) geht. Oder anders gesagt: Beim Skalieren der Solarenergie kommen die inhärenten Nachteile dieser Technologie deutlich zum Tragen.

### ----- Gegenüberstellung -----

Eine (1) Turbine des Windparks Verenafohren liefert im Winterquartal (Nov., Dez., Jan.) so viel Strom, wie schätzungsweise von mehr als 300'000 Solarpanels für den gleichen Zeitraum im Schweizer Mittelland erwartet werden darf.

Das heisst: Um mit Solarpanels die gleiche Strommenge zu erzeugen wie der Windpark Verenafohren (3 Turbinen), würden ca. 1 Mio. Panels benötigt.

## 3.7.5 Fazit Windenergie

----- meine persönliche Meinung: Analyse -----

Beim Betrachten der vorstehenden Abschnitte zeigen sich einige bedeutende Aspekte für den Bau von WEA in der Schweiz:

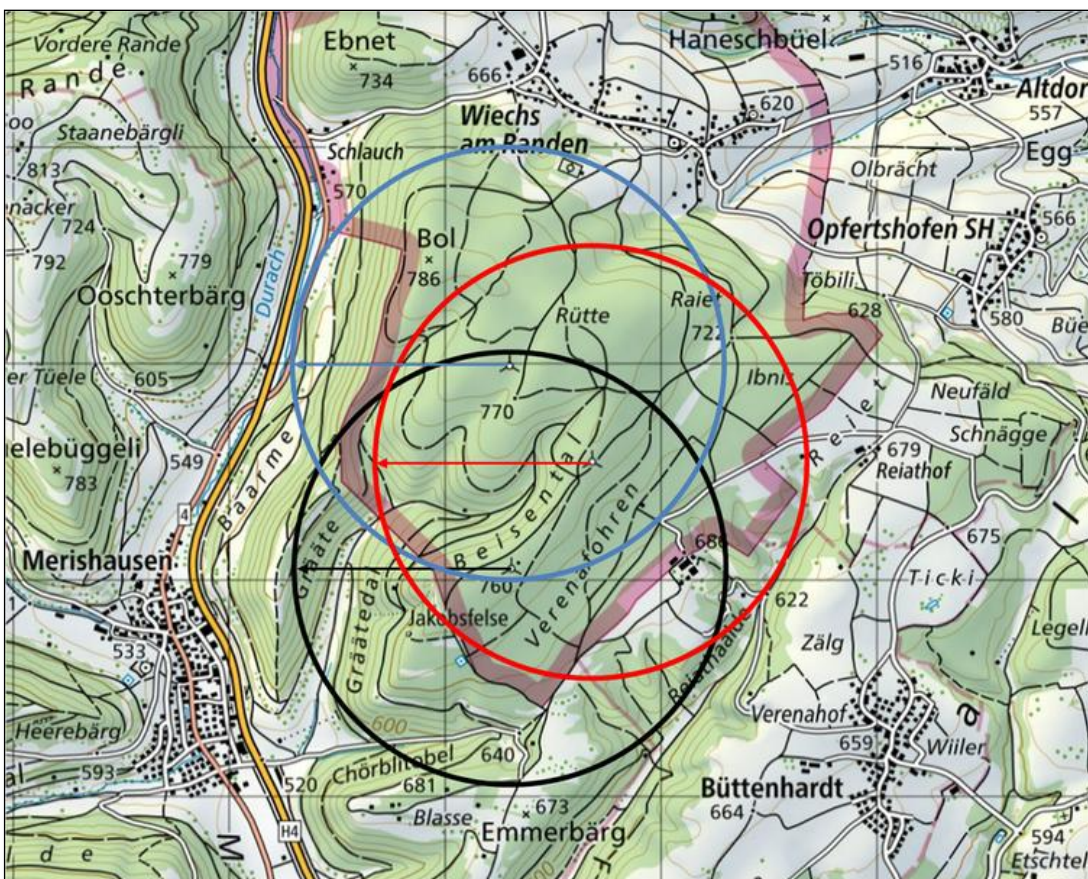
- a) Die Standortwahl einer WEA ist wichtig und hat einen massgeblichen Einfluss auf die Produktivität der Anlage. Es ist richtig, dass grosse WEA (>200 m) diverse Vorteile haben – die Wahl eines guten Standorts ist aber von weit höherer Bedeutung. Beispiele dafür:
  - > Im Mittelland erzielt die deutlich kleinere Anlage Lutersarni (119 m) eine wesentlich höhere Effizienz als Haldenstein (175 m).
  - > In den Alpen erreicht die kleine Anlage Gütsch/Oberalp (77 m) einen mehr als doppelt so hohen Effizienzwert wie das Schweizer Schlusslicht Gries/Nufenen (131 m).
- b) Von den heute in der Schweiz in Betrieb stehenden WEA erzielen nur die Anlagen auf den Jurahöhen und der Spezialfall Rhoneknie gute bis sehr gute Produktionswerte (Effizienz). Auch für das Berner Seeland dürfen gute Werte erwartet werden, wobei für andere Gebiete im Mittelland die besten Standorte noch zu bestätigen sind. Erstaunlich sind die vielen schlechten Ergebnisse für die Anlagen in den Alpen.
- c) Die „offizielle“ Erwartungshaltung an die Windenergie ist riesig. In der sog. „Energiestrategie 2050“ sind 4.3 TWh/a an Windenergie vorgesehen, die gemäss einer [ETH-Studie](#) durch ca. 760 (eher kleinere) WEA zu erbringen wären. Neukom rechnet mit 9 TWh/a und setzt dafür 900 WEA ein. Nach meiner Einschätzung könnten – abhängig von der heute noch nicht bestätigten Effizienz der Anlagen – noch bis zu 1'200 Anlagen nötig sein. So oder so – eine grosse Zahl. Das dürfte schwierig werden.
- d) Die Schweiz hat eine sehr hohe Besiedlungsdichte – insbesondere natürlich im Mittelland – und ist daher mit unseren Nachbarn nicht direkt vergleichbar. Dabei muss eine vernünftige Abstandsregel eingehalten werden. Dass dies den einzelnen Standortgemeinden überlassen wird, ist ein Unding. Die Regeln für die Gesundheit der Menschen sollten von Genf bis Romanshorn die gleichen sein.
- e) Unser politisches System mit Volksabstimmungen wird sich für grosse WEA-Projekte als schwierige Hürde erweisen. Ob der politische Wille dafür vorhanden ist, wie sich Regierungsrat Neukom das erhofft?
- f) Der Windpark Verenafohren (D) nördlich Schaffhausens hat für mich Vorbildcharakter. Aus technischer Sicht erreicht er eine hohe Effizienz im Winter, und aus gesellschaftspolitischer Sicht ist er doch akzeptabel, da vernünftige Abstände von mindestens 1'000 m zu den Siedlungen eingehalten werden (**Bild 3.7-6**). Nebst der sorgfältigen Standortwahl ist auch die Parkgrösse mit drei Turbinen akzeptabel – im Gegensatz zur Planung von ganzen „Turbinenwäldern“ ([Windpark in Niederösterreich](#)).

Ein Negativ-Beispiel diesbezüglich ist das mittlerweile gescheiterte Projekt Thundorf. Hier wurde ein überrissenes Windpark-Projekt mit acht Turbinen geplant, das dann von der breiten Bevölkerung abgelehnt wurde. Nach der Vorgabe eines Minimalabstands von 850 m zu bewohnten Gebäuden (dieser Wert könnte ein vernünftiger „Schweizer Kompromiss“ werden) wurde ein neues Projekt mit drei Turbinen aufgelegt. Der Vertrauensverlust des Stimmvolks war aber offensichtlich zu gross und so wurde auch dieses Projekt am 24.11.2024 abgeschmettert. Schade, denn das neue, redimensionierte Projekt hätte – zumindest aus meiner Sicht – sehr gut gepasst.

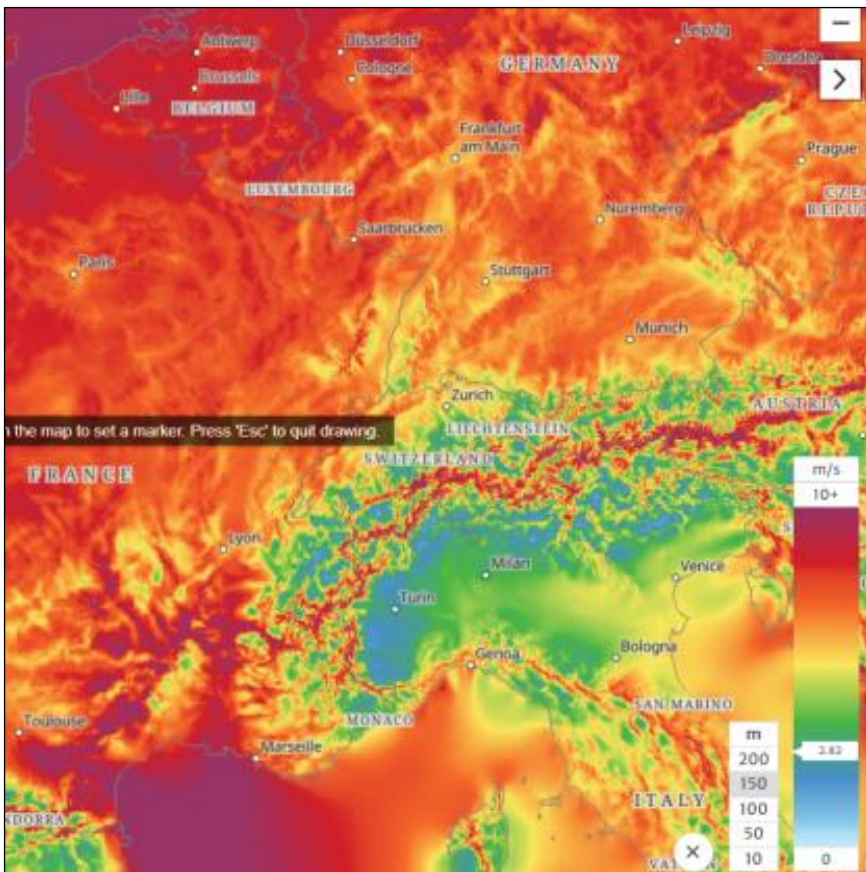
Es ist nicht einfach, den Leuten zu widersprechen, die sagen: „Die Schweiz ist kein Windland.“ Das wird sowohl durch die bisherigen Ergebnisse als auch bei Betrachtung des „Global Wind Atlas“ (**Bild 3.7-7**) und der diversen Windenergie-Karten des BFE deutlich (**Bild 3.7-8**).

Dennoch: Im direkten Vergleich mit Solar-Freiflächenanlagen im Schweizer Mittelland weisen WEA bezüglich der Stromproduktion und Einspeisung (Nutzung) deutliche Vorteile auf. Ein entscheidender Vorteil ist die weitaus bessere Produktion der WEA von Winterstrom (**Bild 3.7-4**) – verstärkt durch die schwache Performance der Solaranlagen im Winter (**Bild 3.6-7**). Ein weiterer Vorteil zeigt sich hinsichtlich der Volatilität der Stromproduktion (Flutterstrom). Es ist einfach ein Elend, dass per se ALLE Solaranlagen von Palermo bis Oslo und von Paris bis Prag gleichzeitig „schwarz“ sehen, um dann wiederum über die Mittagszeit eine enorme, nicht verwertbare Spitzenlast aufzubauen. Bei WEA darf eine statistisch deutlich bessere Verteilung angenommen werden.

In der Schweiz lässt sich mit Windenergie bestimmt ein achtbarer Beitrag zur Stromerzeugung erzielen, insbesondere wertvoller Winterstrom. Aufgrund der vorstehenden Betrachtungen wird Windenergie meiner Einschätzung nach aber nur ein begrenzter Pfeiler einer sicheren Stromversorgung sein können.

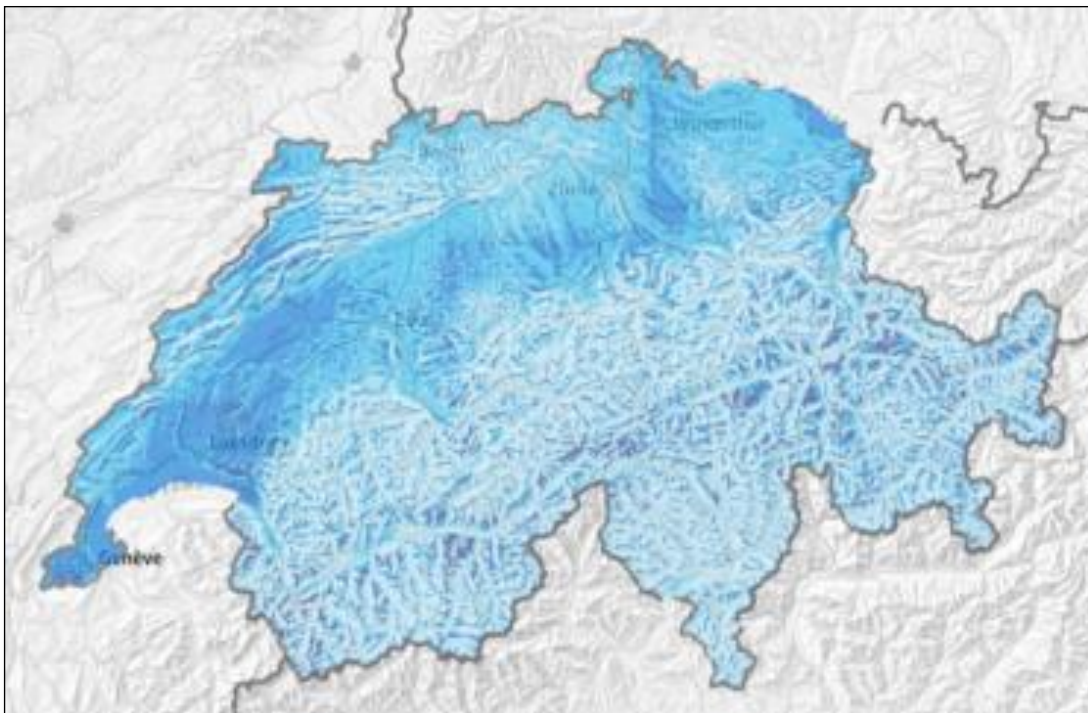


**Bild 3.7-6** Windpark Verenafohren: Abstand zu den Siedlungen (Kreise mit 1'000 m Radius)



**Bild 3.7-7** Global Wind Atlas

Quelle: [Globalwindatlas](#)



**Bild 3.7-8** Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe

Quelle: [UVEK-GIS](#)

Als weiteres Vorgehen würde ich begrüßen, wenn schnellstmöglich etwa ein Dutzend Projekte mit grossen WEA realisiert würden – gut verteilt über das Mittelland, wahrscheinlich mit wenigen weiteren Alpenstandorten. Dies können grosse Einzelanlagen sein oder Windparks mit maximal drei Turbinen. Nach einem vollen Betriebsjahr könnten die Produktionsergebnisse ausgewertet werden, um Rückschlüsse auf effektive Standortregionen zu ziehen. Regionen, in denen WEA weniger als 15 % der Nennleistung erbringen, sollen für weitere Projekte ausgeschlossen werden – denn der geringe Ertrag rechtfertigt die daraus entstehenden Beeinträchtigungen nicht. Geringe Produktionserträge bedeuten einfach, dass viel mehr Anlagen errichtet werden müssen, um ein bestimmtes Produktionsziel (z. B. 9 TWh/a) zu erreichen. Dieses Vorgehen würde dazu dienen, die in den kantonalen Richtplänen ausgeschiedenen analytisch bestimmten Windgebiete durch Anlagen im limitierten Umfang zu bestätigen. Es könnte auch den Einstieg in den weiteren politischen Hürdenlauf unterstützen.

Also konkret: WEA bauen, so viele wie sinnvoll und möglich, aber gleichzeitig auch alle erforderlichen Massnahmen vorantreiben, für eine sichere zukünftige Stromversorgung der Schweiz.

Es ist höchste Zeit, dass die grossen, öffentlich-rechtlichen Stromkonzerne oder andere qualifizierte Institutionen, die über Know-how und das erforderliche Datenmaterial verfügen, endlich eine konkrete und nachvollziehbare Modell-Rechnung vorlegen, wie die zukünftige Stromversorgung unter Einbezug von Flatterstrom und Dunkelflauten sichergestellt werden kann, bevor mit weiteren Volksabstimmungen neues Unheil angerichtet wird. Es ist völlig unklar, wie die sog. „Energiestrategie 2050“ des Bundes mit der extremen Fokussierung auf Solar- und Windenergie erfüllt werden kann.

Niemand kann heute voraussehen, wie viel Zubau von Solar- und Windenergie zukünftig erreicht werden wird. Als Basis für die Modellrechnung könnte angenommen werden, dass

- die Schweiz **50 %** des von Neukom vorgeschlagenen Zubaus erreichen wird. Der Rest müsste dann mit Wasserkraft gedeckt werden.
- der im Mantelerlass beschlossene Zubau an Speicherwasser vollumfänglich realisiert wird.
- die für den zukünftigen Strombedarf geforderte Leistung mit dem heute existierenden Turbinenpark erreicht werden kann (im Mantelerlass ist nur eine Erhöhung von Staumauern vorgesehen, aber keine zusätzliche Turbinenleistung).

Der Entscheidungsbaum:

- 1) Ausbau EE**
- 2) Ist ein weiterer Ausbau der Speicherwasserkraft noch nötig und machbar?**
- 3) Neubau Kernkraft?**

kann nicht seriell (d. h. nacheinander -> alle 10 Jahre ein neuer Entscheid) beantwortet werden.

Es müssen zeitnah Entscheide herbeigeführt werden, anhand von fundierten Zahlen und einer realen Einschätzung des politisch Machbaren.