Energie und Wirtschaftlichkeit (1/2)

Thematik und Untersuchungen

Der **Energieertrag** eines Windparks hängt vom standortspezifischen **Windaufkommen** und dem gewählten **Anlagetyp** ab. Der Windatlas des Bundesamtes für Energie gibt einen groben Überblick über das Windvorkommen in der Schweiz, ist für die Planung eines Windparks aber zu ungenau.

Die **Wirtschaftlichkeit** eines Windparks beruht auf dem **Energieertrag**, dem **Strompreis**, den **Entwicklungs- und Baukosten,** sowie den **Betriebskosten.**

Zur Ermittlung des Energieertrags wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

» Windmessungen auf dem Lindenberg (Abb. 1).
» Erstellen einer Windressourcenkarte mit dem lokalen Windvorkommen (Abb. 2).
» Energieertragsprognosen mit den gewählten Anlagetypen für vier Standorte (Abb. 4 & 5).

WINDMESSUNGEN UND ENERGIEERTRAGSPROGNOSE

Die Windmessungen wurden von der Firma Meteotest ausgewertet und flossen in die Windressourcenkarte und das Energieertragsgutachten ein.

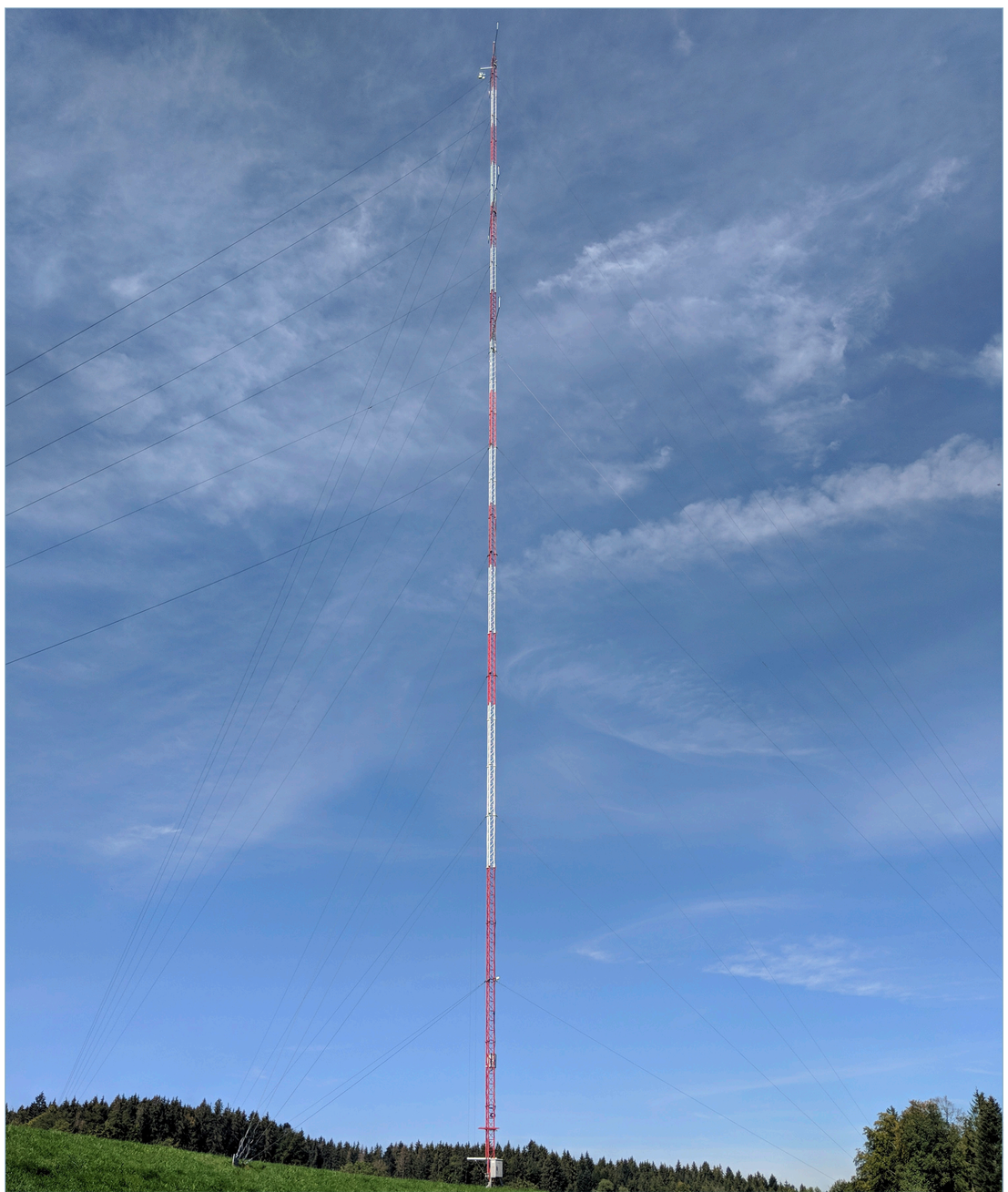


Abb. 1: Aufbau und Messgeräte des Windmessmastes Lindenberg / Sonneri. Quelle: Meteotest AG.

90-m-Messmast «Sonneri»: 1. 4. 2014–3. 3. 2018 (ausgewertet)

» Windgeschwindigkeit: auf der Höhe von 91, 90, 71, 57 Meter
» Windrichtung: auf der Höhe von 91, 71, 57 Meter

Weitere Parameter zur Bestimmung der meteorologischen Bedingungen

» Temperatur und relative Feuchte: auf der Höhe von 91, 10 Meter
» Luftdruck

→ Die Messungen entsprechen der internationalen Norm MEASNET und der Norm IEC 61400-12-1.
→ Die Messungen sind Grundlage für ein bankfähiges Gutachten.

Erkenntnisse aus den Untersuchungen

Die lokale **Windpotenzialkarte** zeigt, dass auf der Kuppe des Lindenbergs die höchsten Windgeschwindigkeiten erreicht werden.

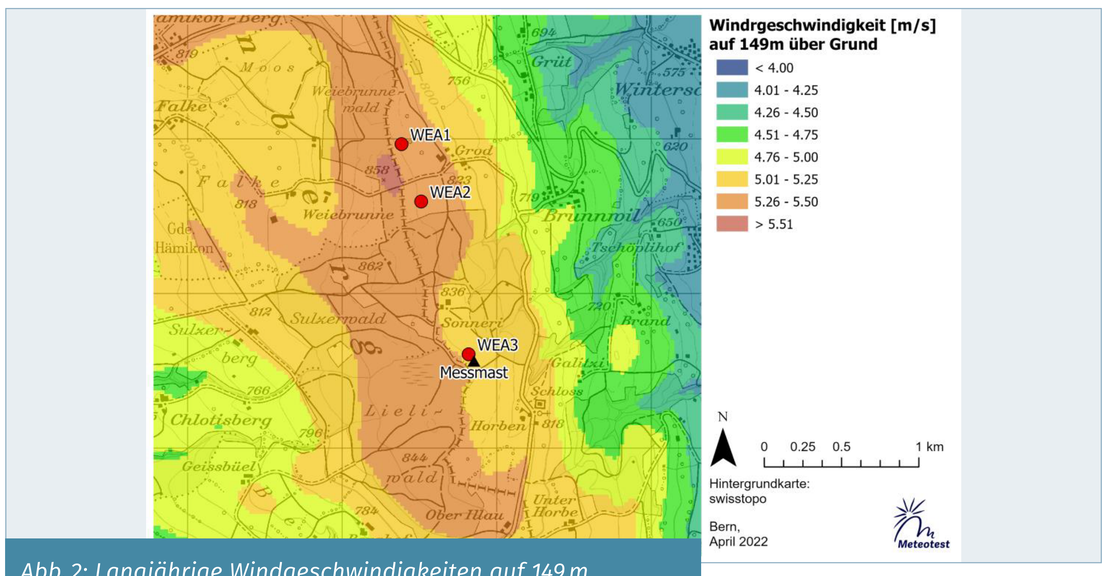


Abb. 2: Langjährige Windgeschwindigkeiten auf 149 m über Boden. Quelle: Meteotest AG.

ANLAGENAUSWAHL

Anlagen mit grossen Rotordurchmessern und Nabenhöhen können das Windpotenzial besser nutzen als kleinere Anlagen (Abb. 3). Je grösser die überstrichene Fläche, desto grösser der Windenergieertrag.

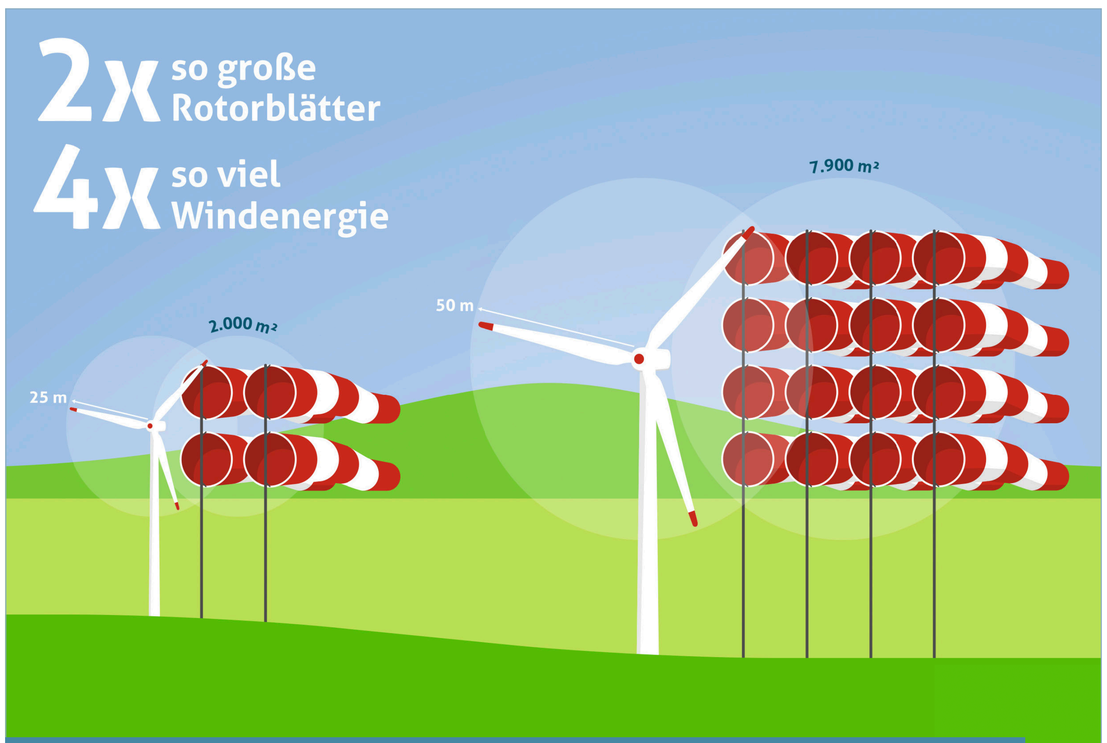


Abb. 3: Einfluss der Rotorblattlänge auf den Energieertrag. Quelle: BWE.

Daher weist der Anlagentyp **GE 5.5-158** mit 5, MW Leistung, 158 m Rotordurchmesser und 229 m Gesamthöhe den besten Ertrag

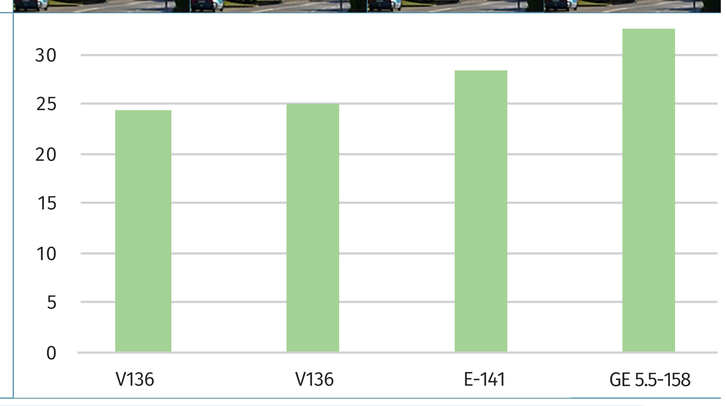
	V136	V136	E-141	GE 5.5-158
Gesamthöhe (m)	200	217	230	229
Rotordurchmesser (m)	136	136	141	158
Nabenhöhe (m)	132	149	159	150
Ansicht (Beinwil)				
Vgl. Produktion (P75) Windpark (4 WEA) In Mio. kWh / Jahr				

Abb. 4: Darstellung des Energieertrages netto (P75) für verschiedene Anlagentypen mit gleichzeitiger Darstellung der Sichtbarkeit von Beinwil aus. Quelle: Meteotest AG, Windpark Lindenberg AG.

Energie und Wirtschaftlichkeit (2/2)

BERECHNUNG JAHRESENERGIEERTRAG

Zur Berechnung der Energie, die der Windpark im Jahr produzieren wird (Abb. 5), müssen die Verluste berücksichtigt werden. Nach Abzug der Verluste (19%) ergibt sich so der Energieertrag netto (P50).

Jede Modellrechnung beinhaltet Unsicherheiten. Für den Jahresenergieertrag wurde daher nicht der Energieertrag netto (P50), sondern der konservativere Wert Energieertrag netto (P75) angenommen, der einen Sicherheitsabschlag von weiteren 7% berücksichtigt.

Der Wert P75 beziffert eine Jahresproduktion, die mit 75% Wahrscheinlichkeit überschritten wird. Er beträgt 74% des Energieertrages brutto.

Energieertrag brutto	100%	33,8	Mio. kWh
Verluste: elektrische Verluste, Wartung Abschaltungsverluste: Schatten, Schall, Vögel, Fledermäuse, Eis, Reserve	–18%	–6,2	Mio. kWh
Energieertrag netto (P50)		27,6	Mio. kWh
Sicherheitsabschlag	–7%	–2,4	Mio. kWh
Energieertrag netto (P75) Windpark (4 WEA) In Mio. kWh / Jahr	**75%**	**25,2**	**Mio. kWh**

Abb. 5: Berechnung des Energieertrages netto (P75). Dieser Wert geht in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Es werden die jährlich durchschnittlich zu erwartenden Werte angegeben. Quelle: Meteotest AG.

Abbildung 6 zeigt wie viele Haushalte mit dem Energieertrag netto (P75) versorgt werden und wie viel Tonnen CO_2 jährlich eingespart werden können, wenn der Strom nicht importiert wird (Annahme: Gaskraftwerk).

Haushalte unter Berücksichtigung des Haushaltsstromverbrauches[1] (Profil H4)	5 600	
CO_2-Einsparung gegenüber Importstrom aus Gaskraftwerk (Tonnen / Jahr)[2]	12 300	

Abb. 6: Quelle[1]: Verbrauchsprofil H4, Definition nach ElCom (Eidg. Elektrizitätskommission), www.strompreis.elcom.admin.ch; Quelle[2]: Ökobilanzierung Schweizer Windenergie, S. 74. Bundesamt für Energie, 2015. CO_2-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2007.

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Wirtschaftlichkeit wird mit der Methode der abgezinsten Zahlungsströme (Discounted Cashflow) errechnet. Es handelt sich hier um ein gängiges ökonomisches Verfahren (Abb. 7).

Auf der **Einnahmenseite** verfügt die Windpark Lindenberg AG über die Zusage der Einspeisevergütung für alle Windenergieanlagen über 20 Jahre. Das Prinzip der Einspeisevergütung ist nötig, um die Ziele der Energiestrategie 2050 erreichen zu können. Zur Deckung der Einspeisevergütung erhebt der Bund bereits heute schweizweit einen Netzzuschlag auf jede konsumierte Kilowattstunde Strom. Das Kraftwerk finanziert sich so auf nationaler Ebene und nicht regional.

Auf der **Ausgabenseite** bietet der Anlagenhersteller einen Vollwartungsvertrag über die Zeitdauer von 20 Jahren an. Dieser schliesst eine Verfügbarkeitsgarantie von 95% ein. Ist die Anlage nicht verfügbar, zahlt der Anlagenhersteller für den Produktionsausfall.

Unter Berücksichtigung der Einnahmen und Aufwände ergibt sich für den Energieertrag P75 ein **interner Kapitalzinsfuss von rund 7%** auf das Projekt.

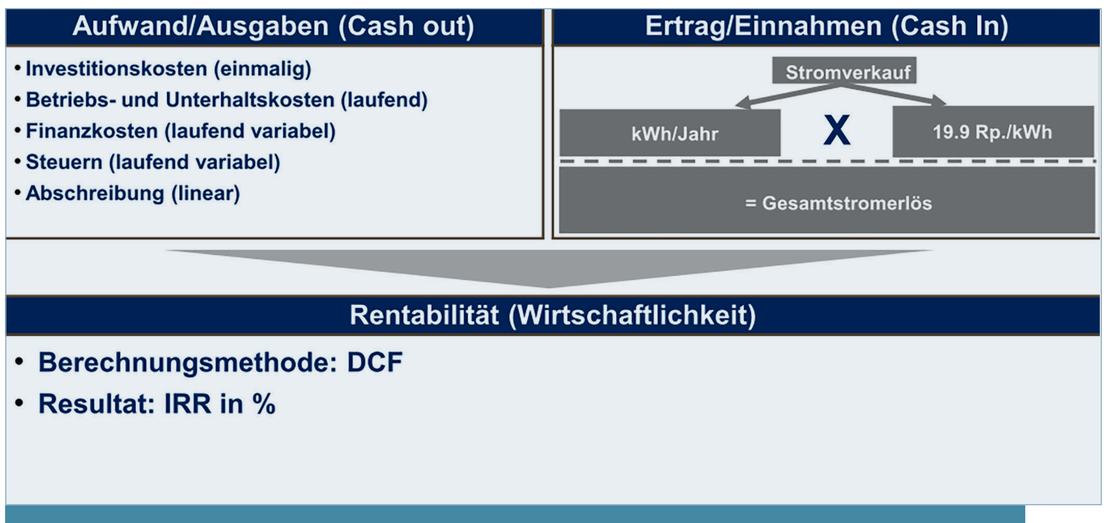


Abb. 7: Schematische Darstellung des angewandten Wirtschaftlichkeitsmodelles. Quelle: Windpark Lindenberg AG.