

Windpark Tomerdingen-Bermaringen GmbH
ein Tochterunternehmen der



Windpark Tomerdingen-Bermaringen



Vorwort



Sehr geehrte Damen und Herren,

die Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH haben im Jahr 2010 die wesentlichen Anlagen zur Produktion von erneuerbarem Strom in die Solar Invest AG ausgelagert. Anschließend konnten interessierte Bürger Aktien an der Solar Invest AG erwerben und damit auch Teil-Eigentümer dieser Anlagen werden. Jetzt, nach 7 Jahren halten die Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH noch rund 57% der Anteile und der Rest ist auf etwa 480 Aktionäre verteilt.

Wie der nebenstehenden Grafik entnommen werden kann, hat die Solar Invest AG sehr umfangreich in Deutschland und im Ausland investiert und mittlerweile direkt und indirekt Anlagen zur Produktion erneuerbarer Energien mit einer Leistung von über 54 MW am Netz. Im Jahr 2016 wurde in diesen Anlagen insgesamt 65 Mio. kWh produziert, genug für den jährlichen Strom von etwa 20.000 Haushalten.

Im April 2016 hat Herr Grauling aus Tomerdingen den Unterzeichner besucht und gefragt, ob die Solar Invest AG sich vorstellen könne, die Projektrechte für drei Windkraftanlagen in Tomerdingen und Bermaringen zu erwerben und die Gesamtanlage zu errichten. Die angedachte Zeitschiene, die abschließende Investitionsentscheidung einschließlich Finanzierung und Vertragsumsetzungen bis Juli 2016 zu realisieren war kritisch, weil eine ungelöste Grundstücksfrage kurzfristig geklärt werden musste.

Nach sehr umfangreichen juristischen Aktivitäten konnte das Projekt im Juli 2016 starten und wurde vertragsgerecht im Mai 2017 fertiggestellt.

Die Genehmigungsbehörde im Landratsamt Alb-Donau-Kreis hat uns nachhaltig bei wichtigen Fragen unterstützt. Gemeinsam wehren wir uns gegen eine Klage des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Der DWD will, dass wegen denkbarer Störungen in der etwa 14 km entfernten Wetter-Radarstation die Anlagen wieder entfernt werden.

Bei den Kommunen Gemeinde Dornstadt und Stadt Blaustein bzw. den Bürgermeistern Rainer Braig und Thomas Kayser möchte ich mich für die konstruktive Unterstützung sehr herzlich bedanken.

Der produzierte Strom der drei Windkraftanlagen wird jährlich etwa 16 Mio. kWh betragen und wird in das 20 kV-Netz der EnBW Netz GmbH eingespeist.

Bei der EnBW bedanke ich mich für die schnelle und technisch hochwertige Umsetzung des Konzeptes für die Netzeinspeisung.

Allen Beteiligten der Solar Invest AG, der finanzierenden Bank, der technischen Dienstleister, hier sei die Projektsteuerung der Firma Loscon Engineering GmbH genannt und insbesondere der Firma Nordex Energy GmbH gehört unser Dank für die hochwertigen und unfallfreien Arbeiten.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Johannes van Bergen'. The signature is fluid and cursive.

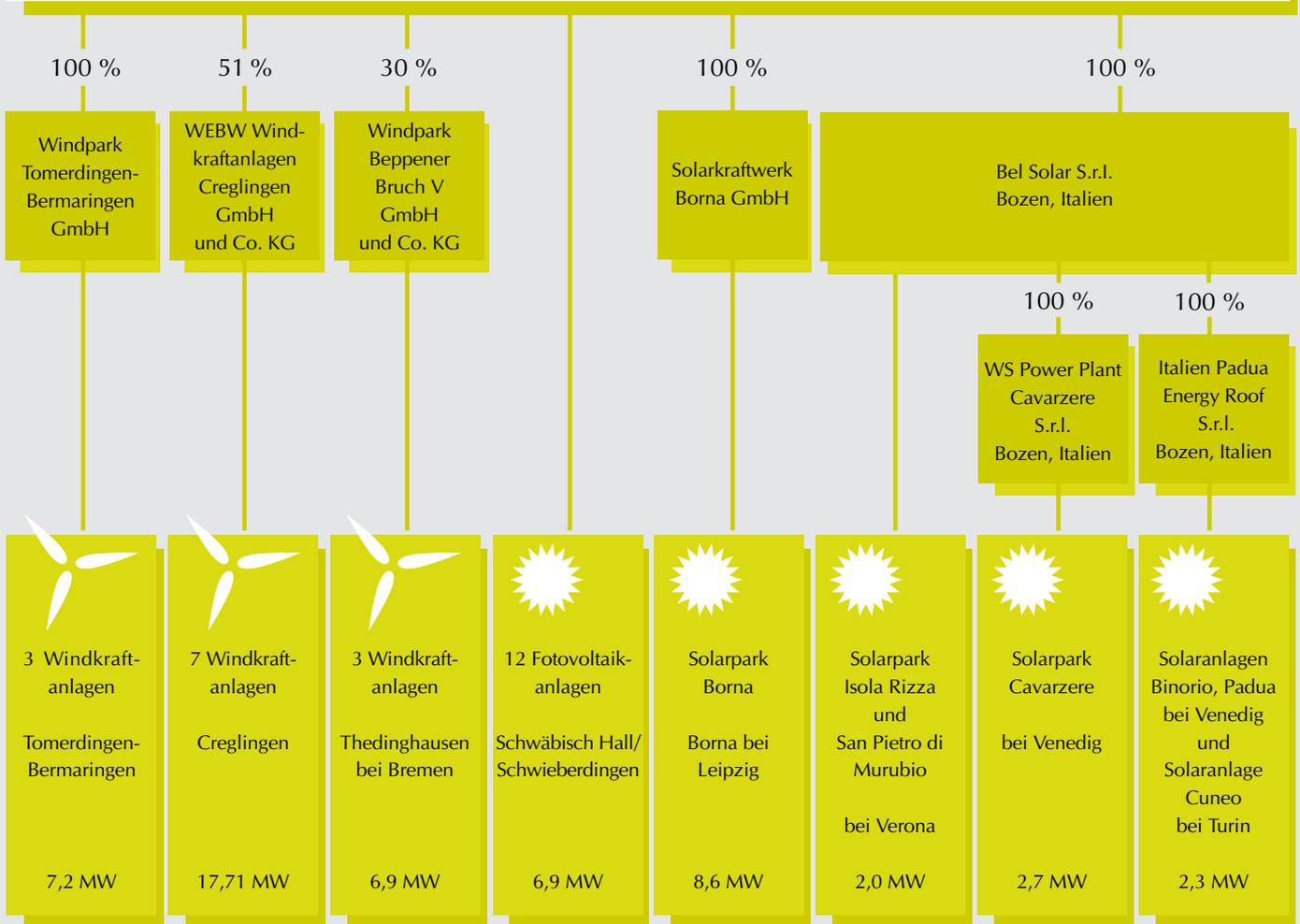
Johannes van Bergen
Vorstand der Solar Invest AG



Solar Invest AG

Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH **56,93 %**

Streubesitz **43,07 %** (Stand: 30.04.2017)





Standort

Der Windpark Tomerdingen-Bermaringen liegt auf der Schwäbischen Alb im Bereich der Blaubeurener Alb, in der Nähe des Blautales südlich der Autobahn A8. Etwa 10 km südlich beginnt das Donautal. Die Albhochfläche ist leicht hügelig und fällt nach Südosten zur Donau hin etwas ab. Nach Westen und Südwesten steigt das Gelände um etwa 50 Meter zur Münsinger Alb hin an.

In der Hauptwindrichtung aus Westen liegt der Windpark auf einer weiträumigen Hochfläche gut exponiert. Auch aus Richtung Osten ist der Standort für Wind frei zugänglich.

Der Standort selbst liegt auf freiem Ackerland. Der Anteil der Siedlungen und des Waldes, die Luftströmungen abbremsen, ist gering.

Der Windpark liegt zwischen den Ortschaften Tomerdingen, Temmenhausen und Bollingen, die zur Gemeinde Dornstadt gehören, sowie Bermaringen, das zur Stadt Blaustein gehört.

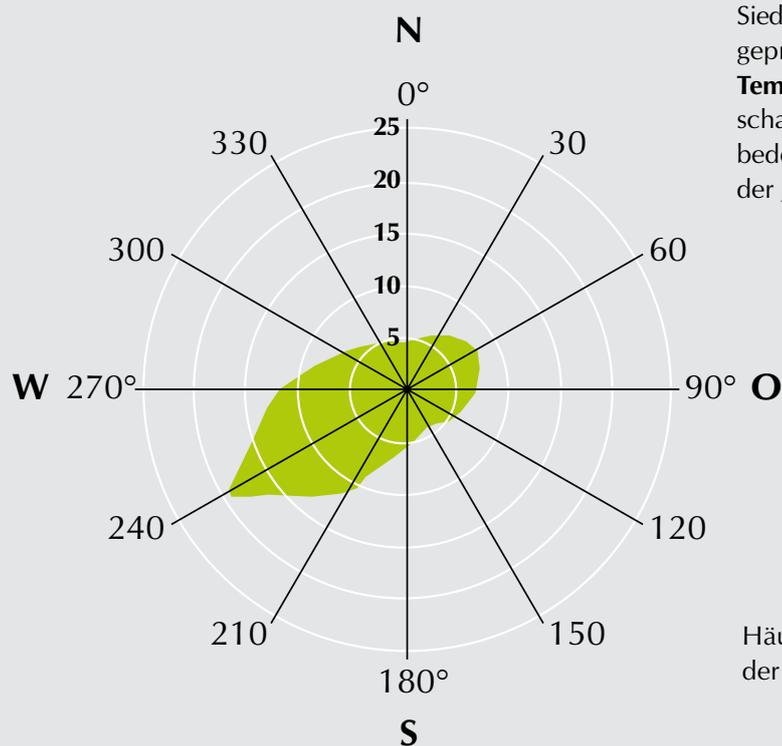
Dornstadt (4.000 Einwohner) ist ein wichtiger Wirtschaftsstandort in der Region.

Tomerdingen (1.700 Einwohner) war als Marktflecken durch die Jahrhunderte ein Mittelpunkt für die nähere Umgebung. Von einer alten Kulturlandschaft zeugen Funde aus der Jungsteinzeit, eine "Keltische Viereckschanze", Reste eines römischen Gutshofs und Hügelgräber aus der Hallstattzeit.

Bollingen: (1.200 Einwohner) liegt inmitten des abwechslungsreichen Naherholungsgebiets Kiesental, das bei Spaziergängern, Nordic-Walking-Läufern und Radfahrern sehr beliebt ist.

Bermaringen geht ebenfalls auf eine alte alemannische Siedlung zurück und ist auch heute noch landwirtschaftlich geprägt.

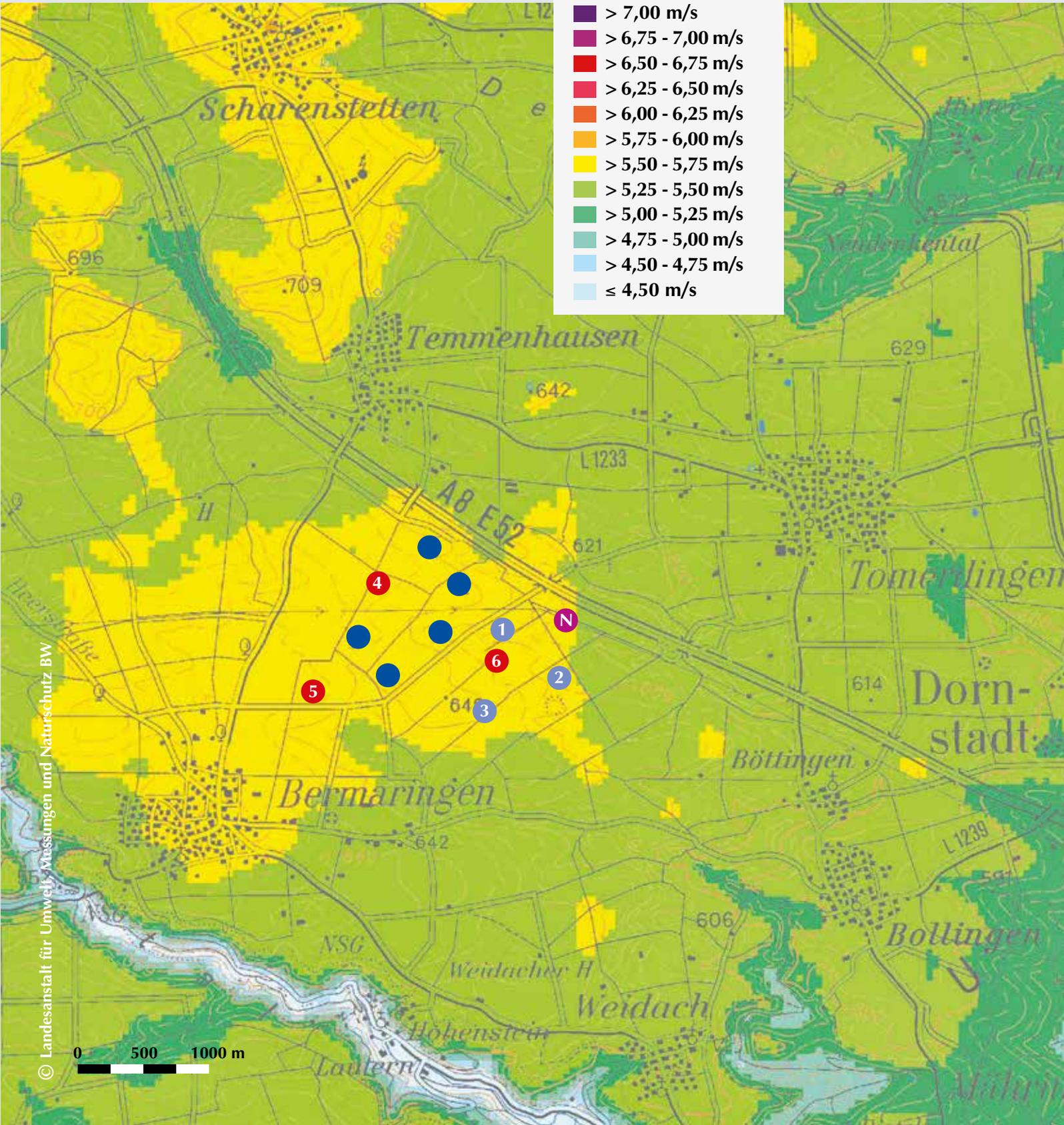
Temmenhausen: (640 Einwohner) ist ebenfalls landwirtschaftlich geprägt und liegt idyllisch am erdgeschichtlich bedeutenden Strandkliff des Schwäbischen Meeres aus der Jurazeit vor 20 Mio. Jahren.



Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen am Standort

**Windgeschwindigkeiten
bei 140 m über Grund**

- > 7,00 m/s
- > 6,75 - 7,00 m/s
- > 6,50 - 6,75 m/s
- > 6,25 - 6,50 m/s
- > 6,00 - 6,25 m/s
- > 5,75 - 6,00 m/s
- > 5,50 - 5,75 m/s
- > 5,25 - 5,50 m/s
- > 5,00 - 5,25 m/s
- > 4,75 - 5,00 m/s
- > 4,50 - 4,75 m/s
- ≤ 4,50 m/s



© Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW

0 500 1000 m

- Anlage der Windpark Tomerdingen-Bermaringen GmbH
- Anlage der Planet Energy GmbH
- Netzeinspeisung
- Windenergieanlage





Windpark Tomerdingen-Bermaringen

Links die Ortschaft Bermaringen, rechts die Autobahn A8 mit der im Bau befindlichen ICE-Trasse Stuttgart-München. Durch den Windpark verläuft die 20 kV-Freileitung mit der Übergabestation.

Technische Daten

Die N117/2400 wurde speziell für Binnenlandstandorte mit niedrigen Windgeschwindigkeiten entwickelt.

Der Rotordurchmesser beträgt 117 Meter und überstreicht eine Fläche von 10.715 Quadratmeter.

Die relativ große Rotorfläche ermöglicht so auch bei leichterem Wind durchschnittlich über 2.240 Volllaststunden pro Jahr und kann dadurch eine hohe, stetige Stromproduktion sicherstellen.

Typ	Nordex N 117/2400
Nennleistung	2.400 kW
Rotordurchmesser	117 m
Nabenhöhe	141 m
Nabenhöhe über NN	770 bis 785 m

Einschaltgeschwindigkeit	3 m/s 10,8 km/h
---------------------------------	---------------------------

Abschaltgeschwindigkeit	20 m/s 72 km/h
--------------------------------	--------------------------

Nenn Drehzahl	11,8 U/min
Baujahr	2017

Turm	Stahlrohrturm/Hybridturm
-------------	---------------------------------

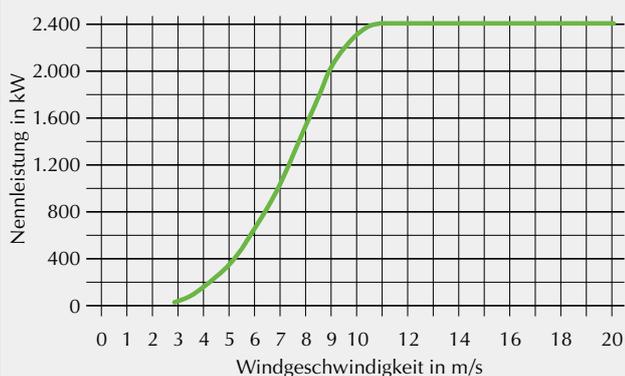
Hauptbremse	aerodynamische Bremse (Querstellen der Rotorblätter)
--------------------	--

Notbremse	hydraulische Scheibenbremse
------------------	------------------------------------

Ertragsprognose	16,1 Mio kWh/a
------------------------	-----------------------

CO₂-Einsparung pro Jahr	8.680 t
<small>(verdrängte Strommenge entsprechend deutschem Strommix)</small>	

Leistungskennlinie





 **NORDEX**

5000-130-005-1

Anlagenerstellung

Nach Absteckung der Ausbaugrenzen und Anlagenstandorte Ende September 2016 begannen die Erdarbeiten. An den Anlagenstandorten wurde zunächst Oberboden abgeschoben und seitlich gelagert. Nach Rücksprachen mit Grundstücksbesitzern und Bewirtschaftern konnte der Oberboden seitlich in die Randbereiche der anliegenden Felder ausgebracht und eingearbeitet werden. Im Anschluss erfolgte der Bodenaushub im Bereich der Fundamentgründung, parallel dazu wurden die Zuwegungen teilweise verbreitert, Zuwegungen ertüchtigt, Kurvenradien angelegt und das Planum für die Kranstellflächen hergestellt. Nach Begutachtung und Freigabe der Fundamentgründungssohlen durch den Baugrundgutachter mussten zum Erreichen eines homogenen Auflagers der Fundamentsohle Schotterpolster eingebaut und verdichtet werden. Nach Einbau der Leerrohre konnte die Sauberkeitsschicht eingebaut, Bewehrung verlegt und Schalung gestellt werden.

Die Betonage der Fundamente konnte noch vor Winter einbruch jeweils am WEA6: 08.12.2016, WEA4: 15.12.2016, WEA5: 21.12.2016 stattfinden (Dauer Fundamentbau zwischen 2 und 3 Wochen).

Ab Anfang Februar 2017 begann die Betonturmerrichtung. Nach Setzen der Turmsegmente und des Turmadapters (Beton-Stahlkonstruktion in einer Höhe von ca. 80 m im Übergangsbereich zum Stahlrohrturm) wurden die einzelnen Sektionen mit Stahlspanngliedern bis zum Fundamentkeller zusammengespannt. Der Innenausbau mit Installation von Kabelhaltesystemen, Kabelsystemen, Liftanlage, Begehungsplattformen und Steigsystem wurde vor Errichtungsbeginn der beiden Stahlrohrelemente fertiggestellt.





Turminneres bis zum Übergang zum Stahlrohrturm mit Stahlspanngliedern, Liftanlage und Kabelsystem

Rotormontage

Auf den Turm wurde zunächst das Maschinenhaus mit vorinstalliertem Generator montiert. Anschließend wurde der komplette Getriebestrang mit der Aufnahme für die Nabe in das Maschinenhaus eingebracht.

Am Boden wurden um die Nabe die drei Rotorblätter befestigt. Anschließend wurde mit einem Schwerlastkran der Rotor hochgezogen und mit einem zweiten Schwerlastkran in 80 Meter Höhe der Rotor um 90° gedreht.

Die Ausrichtung des Rotors in die exakte Montageposition wurde von zwei Monteuren direkt an der Nabe und vier Monteuren an den Flügelenden mit Seilen durchgeführt.



Getriebestrang ... wird in die Gondel eingebracht

Blattmontage an die Nabe



Blattmontage im Inneren der Nabe





Montage der Windenergieanlagen (WEA)

WEA 6: 11.04. - 21.04.2017,

WEA 4: 27.04. - 03.05.2017,

WEA 5: 09.05. - 10.05.2017

Die Montage von zwei Stahlurmsektionen, einem Maschinenhaus und einem vorab am Boden montierten Rotor (Nabe und drei Flügel) stellte den Abschluss der mechanischen Errichtung dar.

Nach Fertigstellung aller Innenausbau- und elektrischen Anschlussarbeiten begann die Inbetriebnahme (Dauer einer Inbetriebnahme ca. 3-5 Tage/WEA).

Vor Beginn aller Großraum- und Schwerlasttransporte mussten sämtliche Abstimmungen mit den Autobahnmeistereien, Straßenmeistern, Anlieger-Gemeinden, Grundstückseigentümern entlang der Transportroute erfolgreich abgeschlossen sein, alle Um- und Ausbaumaßnahmen wie z. B. Rückbau von Kreisverkehren konnten planmäßig umgesetzt werden.



Rotor

Windenergie kann nur effizient durch die optimale Anpassung der Rotorblätter an die wechselnden Windgeschwindigkeiten genutzt werden. Bei dieser Anlage werden folgende Technologien angewendet:

Pitchsystem:

Das Pitchsystem steuert den Winkel der Rotorblätter. Es kann die Rotorblätter um ihre Längsachse drehen. Bei wenig Wind wird das Blatt quer zum Wind gedreht und das Blatt in eine Rotationsbewegung gebracht. Bei höher werdendem Winddruck dreht das Pitchsystem das Blatt immer mehr in Windrichtung. Ab Nennwindgeschwindigkeit dient das Pitchsystem vor allem der Leistungsbegrenzung auf Nennleistung. Das Pitchsystem kann Windböen ausgleichen und dient ebenso als Hauptbremse des Rotors durch eine Drehung der Rotorblätter um ca. 90°. Das Pitchsystem ermöglicht die optimale Drehzahl für einen maximalen aerodynamischen Wirkungsgrad.

Die Anlage kann so ab 10 m/s konstant mit ihrer Nennleistung betrieben werden. Ab 20 m/s werden die Blätter aus dem Wind gedreht.

Das Pitchsystem besteht – für jedes Rotorblatt separat – aus einem elektromechanischen Antrieb mit Drehstrommotor, Planetengetriebe und Antriebsritzel sowie einer Steuereinheit und Notstromversorgung. Vereisung wird von Sensoren am Blatt erkannt und die Anlage gestoppt.

Twist:

Bei maximaler Drehzahl treten an den Blattspitzen Geschwindigkeiten bis zu 290 km/h auf. Bei Nenndrehzahl beträgt die Umlaufgeschwindigkeit 260 km/h. Um den bestmöglichen Winkel zum Wind zu erreichen, ist das Blatt in sich gedreht. An der Blattspitze ist der Winkel zum Wind flacher, in Richtung Nabe steht das Blatt quer zum Wind.

Sichelform:

Mit der leichten Sichelform an der Blattspitze weichen die Blätter bei Windböen aus. Die damit einhergehende Verwindung der Rotorblätter mindert den Anströmwinkel der Blätter und damit die Windlast.

Zackenbänder:

Die Zackenbänder (siehe Foto Seite 9) an der Oberseite des Blattes sorgen für eine laminare Strömung und verhindern eine leistungsreduzierende Wirbelbildung.

Durch Pitch, Twist und Zackenbänder wird nicht nur eine bestmögliche Nutzung des Winddrucks erreicht – auch die Geräuschemission der Anlage wird so auf ein Minimum reduziert.

Gesamtgewicht des Rotors:	59 t
Gewicht je Blatt:	10,4 t
Blattlänge:	57,3 m

Werkstoff:
glasfaserverstärkter und
kohlefaserverstärkter
Kunststoff



Twist (Verdrehung des Blattes)



Generator und Getriebe

Getriebe:

Die relativ niedrige Drehzahl des Rotors wird durch ein zweistufiges Planetengetriebe mit einer Stirnradstufe für den Generator um den Faktor 100 erhöht.

Die Getriebekühlung ist über einen Kühlkreislauf mit gestufter Kühlleistung realisiert.

Getriebelager und Zahneingriffe werden kontinuierlich mit Öl versorgt.

Bremssystem

Drei redundant und unabhängig angesteuerte Rotorblätter verstellen sich vollständig quer zur Drehrichtung beim aerodynamischen Bremsen. Zusätzlich unterstützt die hydraulische Scheibenbremse den Bremsvorgang bei einem Not-Stopp.



Getriebe (Generatorseite) mit Scheibenbremse

Generator:

Als Generator kommt eine doppelt gespeiste Asynchronmaschine zum Einsatz. Diese Generatorart setzt Nordex bereits seit Jahren mit Erfolg bei drehzahlvariablen Anlagen ein. Wesentlicher Vorteil: Nur 25 bis 30 % der erzeugten Energie müssen über einen Umrichter in das Stromnetz eingespeist werden. Damit senkt der Einbau dieses Generator/Umrichter-Systems die Gesamtkosten der Windenergieanlage.

Maschinenhaus

Das Maschinenhaus besteht aus einem gegossenen Maschinenträger, einem als Schweißkonstruktion ausgeführten Generatorträger, einem Stahltragwerk für das Kransystem und zur Aufnahme der Maschinenhausverkleidung sowie aus der Maschinenhausverkleidung selbst, die aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigt ist.

Kühlung und Filtration

Getriebe, Generator und Umrichter der Turbine haben voneinander unabhängige aktive Kühlsysteme. Die Kühlung des Generators und des Umrichters erfolgt über Wasserkreisläufe, die des Getriebes über einen Ölkreislauf. Bei jeder Witterung werden so optimale Betriebstemperaturen realisiert.

Ein separater Kühlungsraum im hinteren Bereich des Maschinenhauses verbessert die Zugänglichkeit der Kühler und optimiert die Kühlleistung der einzelnen Systeme.



Maschinenhaus und Generator

Steuerung und Regelung der Anlage

Windnachführung

Die Windrichtung wird in Nabenhöhe mit zwei redundanten Windfahnen kontinuierlich gemessen. Bei einer Überschreitung der zulässigen Abweichung wird das Maschinenhaus aktiv über bis zu vier Getriebemotoren nachgeführt.

Steuerung und Netzanbindung

Die automatische Steuerung wertet die internen Daten der Windenergieanlage, die meteorologischen Daten und die Daten der Umspannstation aus und berechnet so die beste Anstellung zum Wind für den optimalen Stromertrag.

Die Windenergieanlage arbeitet mit zwei Anemometern. Das erste wird zur Steuerung eingesetzt, das zweite dient seiner Überprüfung. Auf einem Kontrollbildschirm am Schaltschrank oder auch an einem externen Laptop können alle Betriebsdaten überprüft sowie diverse Funktionen gesteuert werden. Per Mobilfunkverbindung werden Daten und Signale für die Datenfernüberwachung übertragen. Durch Mausklick können alle wichtigen Daten der Anlage aus dem Internet geladen werden.



Datenfernüberwachung

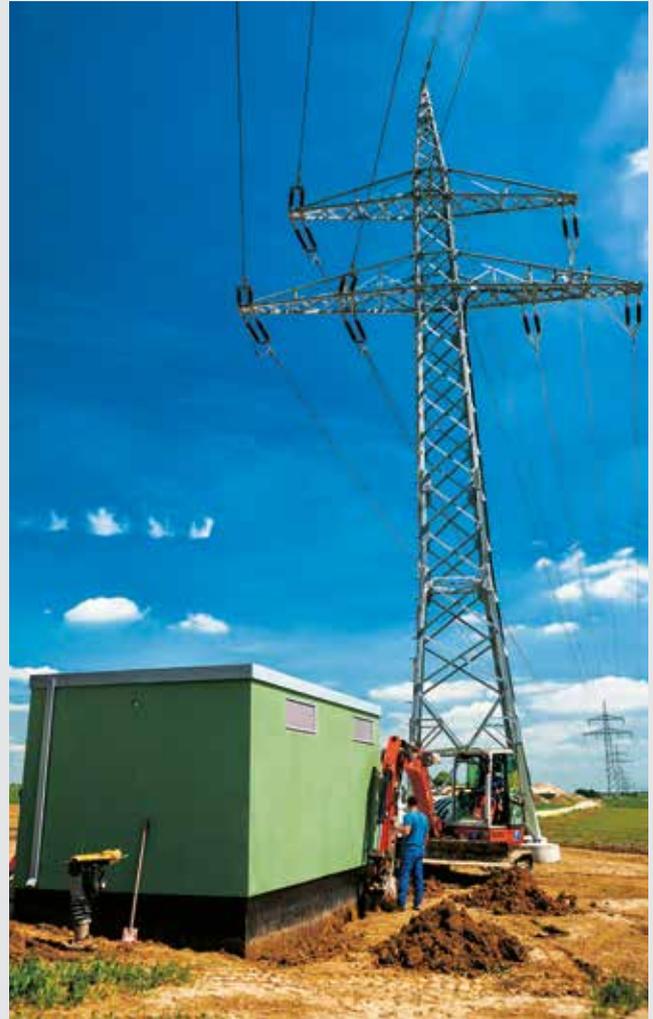


Generatordach mit Sensoren für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Luftdruck

Netzeinspeisung und Datenübertragung

Die Netzeinspeisung erfolgt in rund 1,5 km Entfernung ans Netz der EnBW Netz GmbH.

Hierfür wurde durch den Netzbetreiber die bestehende 110 kV-Freileitung um eine 20 kV-Freileitung erweitert an die unsere Übergabestation angeschlossen wurde. Die Übergabestation, in der auch sämtliche Daten der einzelnen Windenergieanlagen zusammen laufen, wurde mit einer eigenen Notstromversorgung ausgestattet und in unmittelbarer Nähe der Freileitung aufgestellt.



Netzeinspeisung mit USV und Datenübertragung

Wirtschaftlichkeit

Für den Windpark Tomerdingen-Bermaringen wurden zwei unabhängige Windgutachten eingeholt. Diese Gutachten berechnen den Energieertrag der Anlagen auf Basis von langjährigen Winddaten, Geländemodellen und der Leistungskurve des Anlagentyps. In die Gutachten flossen zudem mehrjährige Betriebsdaten der bestehenden Windenergieanlagen am Standort ein.

Durch diese repräsentative Datenbasis konnte auf eine eigene Windmessung am Standort verzichtet werden. Für die Prognoserechnung des Windparks wurde der Mittelwert der beiden Gutachten angesetzt. Es ergibt sich ein jährlicher Energieertrag nach Abzug von Parkverlusten von 16.790 MWh. Für Nichtverfügbarkeit, Netzverluste und einem Sicherheitsabschlag wurden weitere 4 % abgezogen, wodurch sich ein prognostizierter Netto-Energieertrag von 16.118 MWh ergibt.

Die Stromerlöse in Höhe von jährlich 1.307 T€ basieren auf dem prognostizierten Energieertrag sowie der festen Einspeisevergütung nach dem EEG. Den Stromerlösen stehen Aufwendungen für den 20-jährigen Full-Service-Vertrag, jährliche Pachtzahlungen für die Anlagenstandorte, Ausgleichsflächen, Kabeltrasse sowie für die technische und kaufmännische Betriebsführung, Direktvermarktung und Standortpflege gegenüber.

Nach Ablauf des zwanzigsten Betriebsjahres wird keine EEG-Vergütung für den produzierten Strom gewährt, sodass bei einem angenommenen Börsen-Strompreis in Höhe von 4,5 ct/kWh, nur noch Stromerlöse in Höhe von jährlich 725 T€ erzielt werden können.

Anzahl der Anlagen:	3 x 2.400 kW
Installierte Gesamtleistung:	7.200 kW
Gesamtinvestition	13.300 T€
Kapitalzins	1,90 %
EEG-Vergütung	8,11 ct/kWh
Vergütung nach Ablauf EEG-Vergütung	4,50 ct/kWh

Ertragsgutachten	CUBE	RSC
Angesetzter Brutto-Energieertrag: (freie Anströmung)	18.353 MWh	17.714 MWh
Parkwirkungsgrad (Verlust d. gegenseitige Abschattung)	92,52 %	93,71 %
Brutto-Energieertrag (P75)	16.980 MWh	16.600 MWh

Angesetzter Brutto-Energieertrag:	16.790 MWh
Verfügbarkeit	2 %
Netz- und Übertragungsverlust	1 %
Sicherheitsabschlag	1 %
Gesamtverlust	4 %

Angesetzter Netto-Energieertrag: 16.118 MWh

Kapitalrückfluss







SOLAR INVEST AG

Windpark Tomerdingen-Bermaringen GmbH
An der Limpurgbrücke 1
74523 Schwäbisch Hall

Tel. 0791-401 200

info@solar-invest-ag.de
www.solar-invest-ag.de