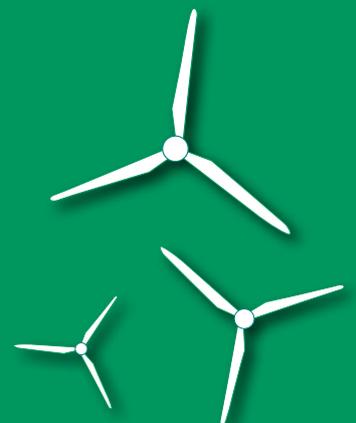


**WEBW**

Windkraftanlagen Creglingen  
GmbH & CO. KG

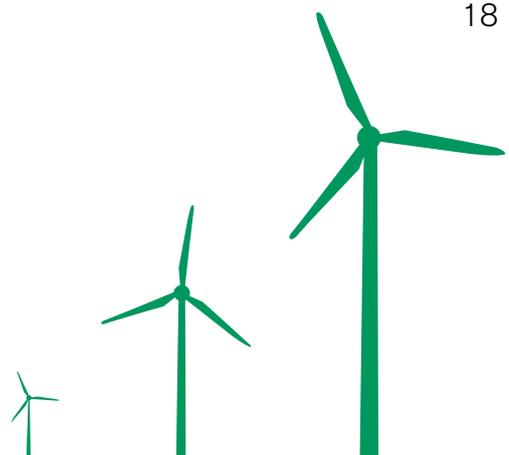


# WINDPARK KLOSTERWALD IN CREGLINGEN





Vorwort Solar Invest AG und KWA Contracting AG	4
Windpark Klosterwald	6
Die Region	7
Die Technik	8
Standorte der Windenergieanlagen	10
Umspannwerk Nassau	11
Die Windgutachten	12
Wirtschaftlichkeit und Finanzierung	13
Das Genehmigungsverfahren und Realisierung	14
Windenergie im Allgemeinen	16
Beteiligungsstruktur	18





*Dipl.-Ing. Johannes van Bergen,  
Vorstand Solar Invest AG*

*Martin Bidell,  
Vorstand KWA Contracting AG*

Liebe Leserinnen und Leser,

der Strommix in Deutschland des Jahres 2015 zeigt, dass wir bei der Energiewende auf einem guten Weg sind, es aber noch einiger Anstrengungen bedarf. Der Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland hat im Jahr 2015 erstmals die Marke von 30% erreicht. Ihr Anteil am Bruttostromverbrauch lag bei 32,5%.

Die größten Zuwächse verzeichnete 2015 die Windenergie an Land, die ihre Stromproduktion um 39% gegenüber dem Vorjahr steigern konnte. Im Energiemix der Zukunft übernimmt die Windenergie daher eine zentrale Rolle.

Baden-Württemberg blieb in der Vergangenheit beim Ausbau der Windenergie weit hinter den im Land gegebenen Möglichkeiten zurück. Es gibt ein erhebliches Ausbaupotenzial, das die Landesregierung weiter nutzen möchte. Bis 2020 sollen 10% des Stroms aus heimischer Windenergie erzeugt werden, was einen Zubau von rund 1.200 neuen Anlagen erfordert. Neue Anlagentypen mit hoher Nabenhöhe und großem Rotordurchmesser nutzen das Windpotenzial besser aus und

machen Binnenlandstandorte zunehmend wirtschaftlich attraktiv. Daher wird die Windenergie auch in Baden-Württemberg zukünftig eine wichtige Rolle bei der Energieversorgung einnehmen.

Diese politischen und technischen Voraussetzungen führten dazu, dass im Jahr 2013 die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG mit dem Zweck zur Errichtung und des Betriebs von sieben Windenergieanlagen im Klosterwald (Main-Tauber-Kreis) gegründet wurde. Aus unserer Sicht spielen Bürgerinnen und Bürger bei der Energiewende eine zentrale Rolle. Wir verfolgen das Ziel, alle Bürgerinnen und Bürger an den Chancen, die der Ausbau der erneuerbaren Energien bietet, zu beteiligen.

Daher wurde im September 2014 ein Verkaufsprospekt veröffentlicht, welches unter anderem die Beteiligung als Kommanditist an der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG zum Inhalt hatte. In der Zwischenzeit haben sich die Solar Invest AG mit 51,0% und die KWA Contracting AG mit 16,3% an der Gesellschaft beteiligt. Die restlichen 32,7% halten weitere

58 Kommanditisten, darunter 55 Privatpersonen. Bereits im Jahr 2015 konnten die Windkraftanlagen erfolgreich in Betrieb genommen werden.

Mit dieser Broschüre wollen wir Ihnen einen Einblick in die Entstehung sowie in die gesellschaftsrechtlichen Strukturen des Windparks Klosterwald geben.

Schwäbisch Hall, im Mai 2016

Es grüßen Sie freundlichst

Johannes van Bergen  
Vorstand der Solar Invest AG

Martin Bidell  
Vorstand der KWA Contracting AG



Die KWA Contracting AG verfügt über 15 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Projekten zur umweltfreundlichen Strom- und Wärmeerzeugung. Seit ihrer Gründung im Jahr 2001 ist bzw. war die KWA Contracting AG für die kaufmännische und technische Betriebsführung von über 70 Energieanlagen verantwortlich.

Als Gesellschafter der WEBW Windenergie Baden-Württemberg GmbH war die KWA Contracting AG aktiv an der Gründung der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG beteiligt. Sie ist an der Gesellschaft aktuell mit 16,3% beteiligt.

[www.kwa-ag.de](http://www.kwa-ag.de)



Die Solar Invest AG ist ein Bürgerbeteiligungsprojekt der Stadtwerke Schwäbisch Hall. Die Solar Invest AG ist seit dem Jahr 2015 an der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG mit insgesamt 51,0% beteiligt.

Neben diesem Windpark hält die Solar Invest AG Beteiligungen an drei weiteren Windenergieanlagen und zählt Fotovoltaikanlagen mit mehr als 18,5 MW zu ihrem Anlagenportfolio. Aktuell befinden sich rund 38 % der Aktien der Solar Invest AG in Streubesitz bei diversen Aktionären. Den restlichen Anteil halten die Stadtwerke Schwäbisch Hall.

[www.solar-invest-ag.de](http://www.solar-invest-ag.de)

## WINDPARK KLOSTERWALD

Der Windpark Klosterwald befindet sich in einem Staatswald bei Creglingen im Main-Tauber-Kreis und umfasst insgesamt zehn Windenergieanlagen. Sieben der Anlagen werden von der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG gehalten. Die drei weiteren Anlagen wurden von drei Unternehmen errichtet, mit denen seit dem Planungs- und Realisierungsprozess eine enge Zusammenarbeit besteht. Dies sind die MVV Energie AG, die Creglinger Bürgerwindrad GmbH & Co. KG sowie die Wirthwein Windenergie GmbH & Co. KG.

Mit diesen drei Partnern sowie einem weiteren Windparkentwickler in der Umgebung wurde

zudem eine weitere Gesellschaft, die Umspannwerk Nassau GmbH & Co. KG, zum Bau und Betrieb des Umspannwerks gegründet.

## WEBW WINDKRAFTANLAGEN CREGLINGEN GMBH UND CO. KG

Die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG hält in ihrem Anlagevermögen sieben Windenergieanlagen im Klosterwald. Komplementärin dieser Gesellschaft ist die WEBW Creglingen Verwaltungs-GmbH. Eine detaillierte Übersicht der Beteiligungsstruktur findet sich auf Seite 18.

Die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG hat einen Geschäftsbesorgungs-

vertrag mit der KWA Contracting AG geschlossen. Zu den Aufgaben der KWA Contracting AG gehören die laufende Anlagenüberwachung und weitere Aufgaben in den Bereichen Controlling, der kaufmännischen sowie technischen Betriebsführung.

Kommanditisten der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG sind die Solar Invest AG aus Schwäbisch Hall mit 51,0 %, die KWA Contracting AG mit 16,3 % sowie weitere Kommanditisten mit insgesamt 32,7%. Es haben sich 55 Privatpersonen an dem Windpark beteiligt. Ein Großteil stammt aus Baden-Württemberg und Bayern.

*Bild: Windpark Klosterwald*





## CREGLINGEN IM MAIN-TAUBER-KREIS

Der Windpark Klosterwald befindet sich auf den Gemarkungen Frauenthal und Freudenbach der Stadt Creglingen und liegt somit im Nordosten Baden-Württembergs.

Creglingen liegt in Tauberfranken, im äußersten Nordosten Baden-Württembergs an der Tauber, flussabwärts etwa 15 km nordwestlich von Rothenburg ob der Tauber und flussaufwärts etwa 19 km östlich von Bad Mergentheim. Der namensgebende Hauptort liegt im Mündungstrichter des dort von links der Tauber und Süden zufließenden Herrgottsbachs.

Erstmals schriftlich erwähnt wur-

de Creglingen im Jahr 1045 in einer Urkunde des Bischofs von Bamberg. Im Jahr 1088 gelangte der Ort an das Kloster Comburg. Im 13. Jahrhundert ging das Dorf in den Besitz des Grafengeschlechts der Hohenloher über, das unter anderem die Burg Brauneck bewohnte. Im Jahr 1349 erhielt Gottfried von Hohenlohe-Brauneck für Creglingen das Stadtrecht. Einer Sage nach fand am 10. August 1384 ein Bauer beim Pflügen am rechten Hang des Herrgottsbachs südlich von Creglingen eine unversehrte Hostie. Über dem Fundort errichtete man 1389 die Herrgottskirche, die Konrad IV. von Hohenlohe-Brauneck stiftete. In ihr steht der Marienaltar Tilman Riemenschneiders, den er um das Jahr 1505 schuf. Dieser Marienaltar ist heute noch erhal-

ten und unter Kennern weltbekannt.

Im Jahr 1791 wurde Creglingen preußisch, 1806 bayerisch und 1810 schließlich württembergisch. Dort gehörte Creglingen zum Oberamt Mergentheim. 1934 wurde aus dem Oberamt der Kreis, 1938 der Landkreis Mergentheim. Mit dessen Auflösung kam Creglingen zum 1. Januar 1973 zum neuen Tauberkreis, dem heutigen Main-Tauber-Kreis. Zuvor, am 1. Februar 1972, hatte sich Creglingen mit zwölf weiteren Gemeinden (Archshofen, Blumweiler, Craintal, Finsterlohr, Frauental, Freudenbach, Münster, Niederrimbach, Oberimbach, Reinsbronn, Schmerbach und Waldmannshofen) zur neuen Stadt Creglingen vereinigt.

Abbildung: Standort Windpark Klosterwald bei Creglingen (Main-Tauber-Kreis) und angrenzende Landkreise



Der Windpark Klosterwald wurde 2015 auf der Gemarkung der Stadt Creglingen im Nordosten Baden-Württembergs errichtet.



## TECHNISCHE DATEN DES WINDPARKS

Der Windpark Klosterwald ging Ende des Jahres 2015 in Betrieb. Bei dem Windpark wurden insgesamt zehn Anlagen vom Typ GE 2.5-120 des Herstellers General Electric (GE) eingesetzt. Sieben dieser Anlagen zählen zum Anlagenportfolio der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG (WEBW).

Die Anlagen haben eine Leistung von jeweils 2,53 MW und sind insgesamt 199 Meter hoch. Die Nabenhöhe beläuft sich auf 139 Meter.

Mit weltweit über 21.000 installierten Anlagen verfügt GE über

große Erfahrung im Bereich der Windenergie. Der Anlagentyp GE 2.5-120 ist optimal für Binnenstandorte mit mittleren Windgeschwindigkeiten ausgerichtet.

Die für jedes Rotorblatt individuell einstellbare Rotorblattposition ermöglicht eine hohe Energieausbeute. Die erzeugte Elektrizität wird durch den GE-Umrichter effizient in das 50-Hz-Netz eingespeist.

Neben den guten technischen Parametern sprechen für den gewählten Anlagentyp vor allem:

- > ein 15-jähriger Vollwartungsvertrag sowie eine energetische Verfügbarkeitsgarantie von 97 %.

- > das gute Preis-Leistungsverhältnis, das die Anlage am Standort Klosterwald aufweist.

### Technische Daten zum Windpark Klosterwald der WEBW auf einen Blick:

#### Anzahl und Leistung:

Anzahl:	7 Anlagen der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG mit je 2,53 MW; 3 weitere Anlagen von anderen Investoren
Installierte Gesamtleistung (WEBW):	17,71 MW
Inbetriebnahme:	Oktober / November 2015
Hersteller:	General Electric (GE 2.5-120)
Gesamthöhe:	199 Meter
Nabenhöhe:	139 Meter
Rotordurchmesser:	120 Meter
Netzanschluss	30/110 kV Umspannwerk in Nassau

#### Stromerzeugung:

Stromerzeugung:	ab einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s
Volllastbetrieb:	ab einer Windgeschwindigkeit von 12 m/s
Abschaltung:	ab einer Windgeschwindigkeit von 25 m/s
Prognostizierter jährlicher Windstromertrag:	44,5 Millionen kWh (Dies entspricht dem Strombedarf von rund 11.000 4-Personen-Haushalten)
CO <sub>2</sub> -Einsparung:	Jährlich ca. 24.000 Tonnen gegenüber Erzeugungsmix in Deutschland



Die Nabhöhe der Anlagen liegt bei 139 m. Der Rotordurchmesser beträgt 120 m.



Gondel mit Getriebe, Generator und Transformator. Der Umrichter befindet sich im Turmfuß.



Im Turm befindet sich ein Aufzug und eine Leiter. Der Hybridturm besteht aus 83 m Beton und 56 m Stahl.



Stahlbewehrtes Ringfundament mit einem Durchmesser von 20 m und einer Höhe von 1,30 m außen sowie 3,87 m innen.

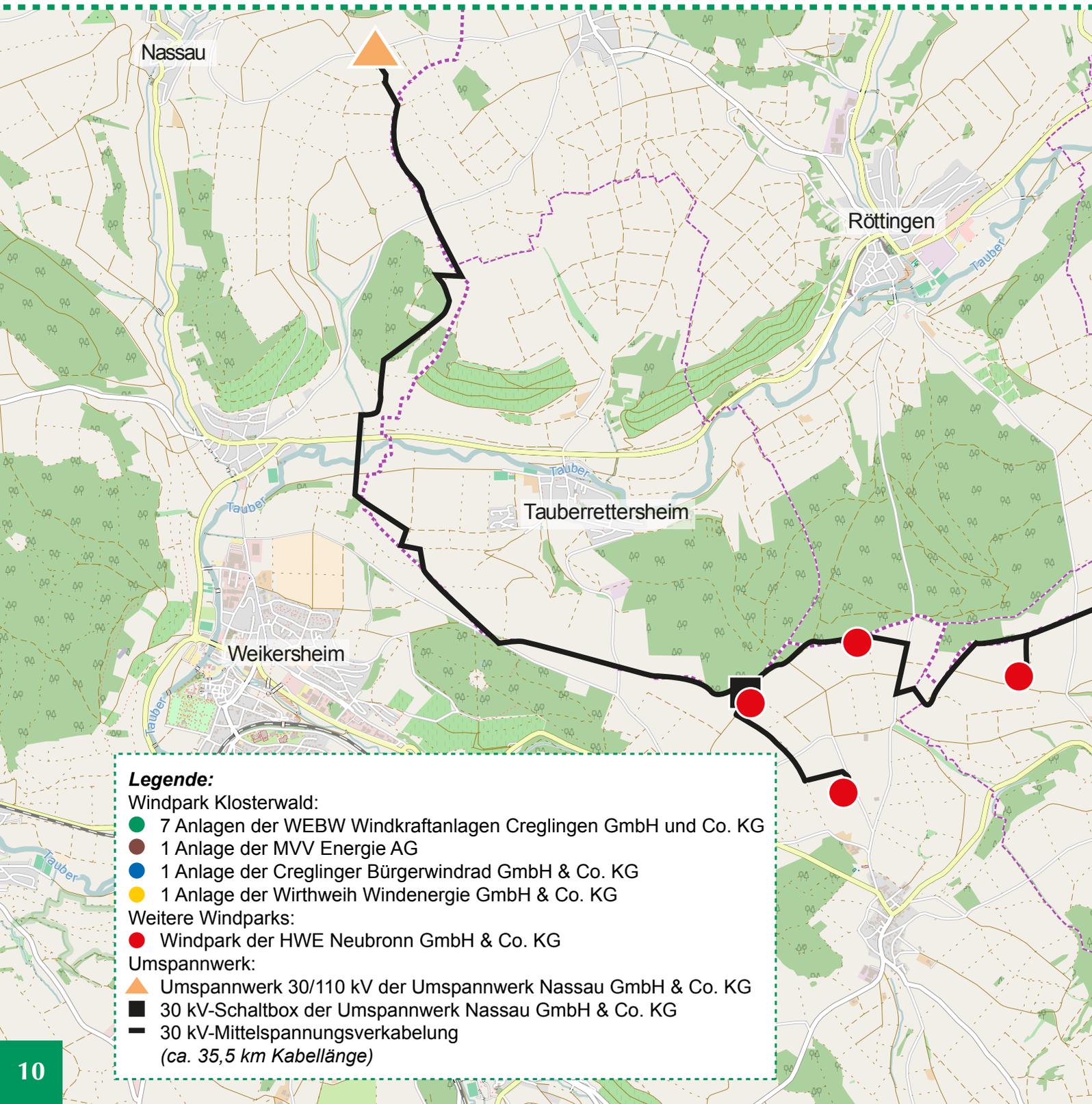
# STANDORTE DER WINDENERGIEANLAGEN

Die Windenergieanlagen des Windparks bei Creglingen befinden sich in einem Staatswald in der Nähe von Creglingen.

Für die Errichtung der Anlagen mussten entsprechende Rüstflächen im Wald vorgesehen werden, damit der Kran zur Errichtung mit seinem Ausleger

von über 150 Meter Länge auch zusammengebaut und aufgestellt werden konnte. Diese Flächen bleiben für spätere Arbeiten an den Anlagen erhalten. Die Fundamente der Anlagen selbst sind als Ringfundamente ausgeführt und benötigen im Verhältnis zur Rüstfläche des Krans nur sehr wenig Platz. Insgesamt wurde

für die Errichtung des gesamten Windparks eine Fläche von 5 Hektar Wald dauerhaft umgewandelt. Hierfür werden in der Region Creglingen ökologische Ausgleichsmaßnahmen wie z.B. die Aufforstung anderer Bereiche ergriffen.





## EINSEIUNG IN DAS STROMNETZ

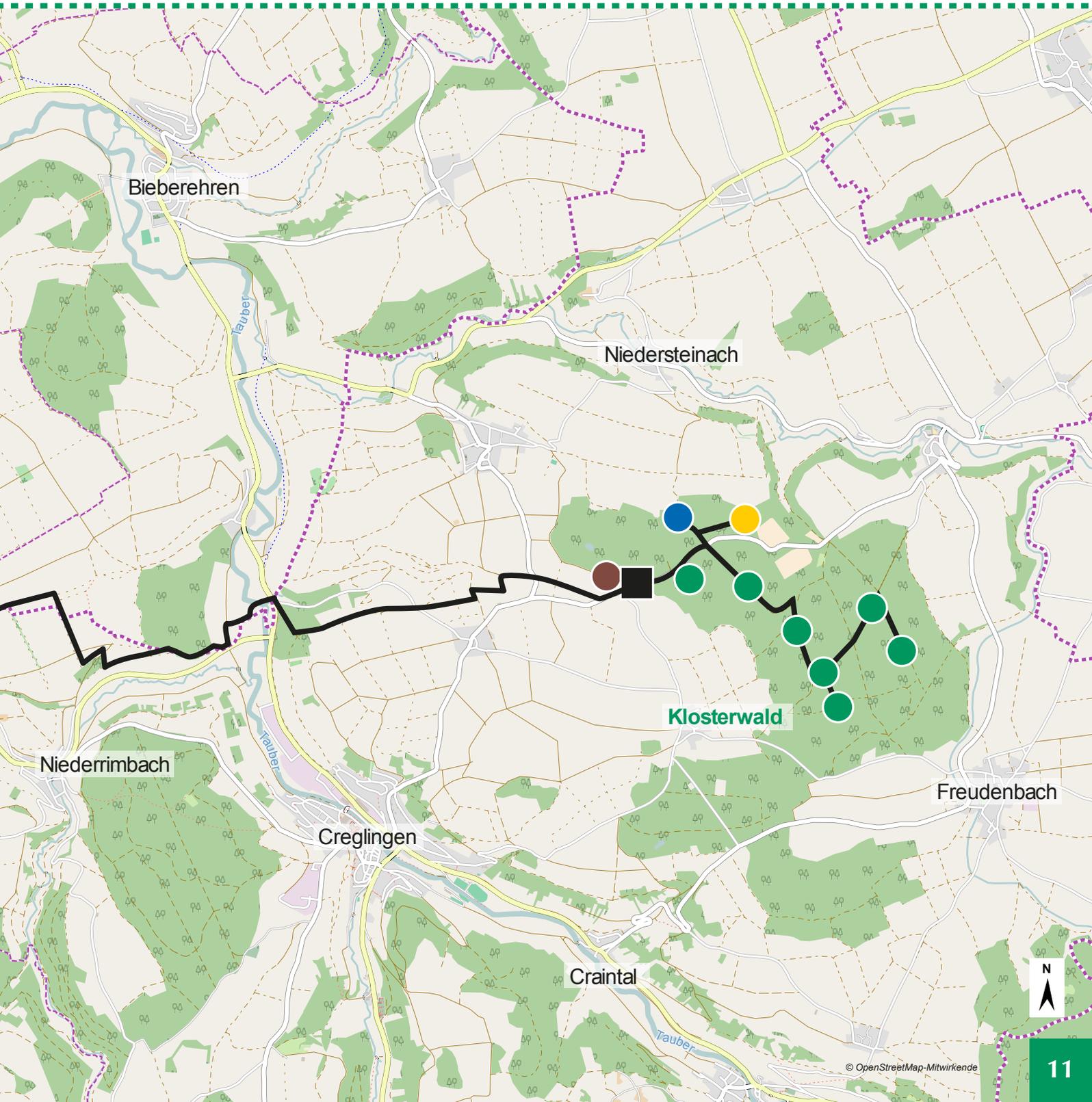
Das Umspannwerk in Nassau wird von der Umspannwerk Nassau GmbH & Co. KG betrieben. Die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG ist an dieser Gesellschaft zu 48,34% beteiligt. Der Netzan-

schluss wurde Anfang Oktober 2015 fertiggestellt.

Die Umspannwerk Nassau GmbH & Co. KG war für die Planung und den Bau des Umspannwerks verantwortlich und ist aktuell für den Betrieb und damit den Verkauf des eingespeisten Stroms zuständig.

In das Umspannwerk speisen die zehn Anlagen aus dem Windpark Klosterwald sowie vier weitere Windenergieanlagen der HWE Neubronn GmbH & Co. KG ein.

Diese liegen entlang der 18 km langen Trasse vom Windpark Klosterwald zum Umspannwerk.





## ERTRAGSGUTACHTEN

Für den Windpark Klosterwald wurden zwei unabhängige, TR6-konforme Ertragsgutachten der Firmen CUBE Engineering GmbH aus Kassel und RSC GmbH aus Velburg eingeholt.

Diese Gutachten berechnen den Energieertrag der Anlagen auf Basis von langjährigen Winddaten, Geländemodellen und der Leistungskurve des Anlagentyps. In die Gutachten flossen unter anderem die mehrjährigen Betriebsdaten von 28 Windenergieanlagen in 3 bis 21 km Entfernung zum Klosterwald ein. Durch diese repräsentative Datenbasis konnte auf eine eigene Windmessung am Standort verzichtet werden. Die vorhandenen Daten wurden langzeitkorreliert. Die Ab-

schätzung durch die drei weiteren Anlagen im Windpark ist in den Parkwirkungsgraden berücksichtigt.

Für die Prognoserechnung des Windparks wurde der Mittelwert beider Gutachten angesetzt. Es ergibt sich ein jährlicher Energieertrag nach dem Abzug von Parkverlusten von 45.034 MWh. Für Nichtverfügbarkeit, Netzverluste und einen Sicherheitsabschlag werden weitere 7% abgezogen, wodurch sich ein prognostizierter Netto-Energieertrag von 41.881 MWh ergibt.

An einem Waldstandort unterliegen Ertragsgutachten einer höheren Unsicherheit als auf einer Freifläche. Die Geländerauhigkeit ist jedoch in den Gutachten berücksichtigt. Zusätzlich ist in der

Prognoserechnung ein Sicherheitsabschlag von 1,4% enthalten.

## ERTRÄGE

Die Leistungsdaten der Anlagen werden aktuell bei entsprechenden Windverhältnissen erreicht bzw. sogar geringfügig übertroffen.

Ertragsgutachten	CUBE	RSC
Brutto-Energieertrag (freie Anströmung)	55.603 MWh	49.530 MWh
Parkwirkungsgrad (Verluste durch gegenseitige Abschattung)	91,79%	91,79%
Brutto-Energieertrag (P75)	51.038 MWh	45.464 MWh
<b>Angesetzter Brutto-Energieertrag (P75)</b>	<b>45.034 MWh</b>	
Verfügbarkeit	2,1%	
Netzverluste	1,7%	
Sonstige Verluste (Fledermausabschaltung, Schattenabschaltung etc.)	1,8%	
Sicherheitsabschlag	1,4%	
<b>Gesamtverluste</b>	<b>7%</b>	
<b>Angesetzter Netto-Energieertrag (P75)</b>	<b>41.881 MWh</b>	



## INVESTITIONSKOSTEN

Die Investitionskosten für die sieben Windenergieanlagen der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG belaufen sich auf 36,2 Mio. Euro. Davon wurden 10 Mio. Euro als Eigenkapital (Kommanditkapital) eingebracht. Die restlichen 26,2 Mio. Euro wurden fremdfinanziert.

Von dem Kommanditkapital halten die Solar Invest AG 51,0%, die KWA Contracting AG 16,3% sowie weitere Kommanditisten die verbleibenden 32,7%.

Die Fremdfinanzierung wurde über ein Darlehen in Höhe von 26,2 Mio. Euro durch die NORD/LB Norddeutsche Landesbank und die SÜDWESTBANK AG realisiert. Die Darlehenslaufzeit

beträgt 18 Jahre seit Inbetriebnahme des Windparks. Das erste Jahr nach Inbetriebnahme ist tilgungsfrei. Der Zinssatz beträgt 1,6% in den ersten zehn Betriebsjahren. Zur Absicherung des Kreditzinses nach Ablauf der ersten zehn Jahre wurde ein Termingeschäft abgeschlossen. Es handelt sich um ein Zinssatz-Swapgeschäft. Der Zinssatz beträgt in den Betriebsjahren 11 bis 18, also bis zum Ende der Kreditlaufzeit 3,05%.

## STROMERLÖSE

Die kalkulierten Erträge beruhen auf dem prognostizierten Energieertrag sowie der Einspeisevergütung nach dem EEG. Als Energieertrag wurden 41.881 MWh angesetzt. Dies entspricht dem Mittelwert aus den zwei un-

abhängigen Ertragsgutachten abzüglich Verlusten für Nichtverfügbarkeit, Abschaltung und Netzübertragung von insgesamt 7%. Gerechnet wurde mit einer EEG-Einspeisevergütung für Onshore-Windkraftanlagen, die 2015 in Betrieb genommen werden, von 8,9 ct/kWh.

## VERSICHERUNG

Für den Windpark besteht eine Sachwerte- und Ertragsausfallversicherung in Ergänzung zum Vollwartungsvertrag des Windenergieanlagenherstellers.

Zudem besteht eine Betreiberhaftpflicht- und Umwelthaftpflicht-Versicherung.

*Bild: Windenergieanlagen des Windparks Klosterwald*



## PLANUNG UND GENEHMIGUNG

Die Planung des Windparks Klosterwald wurde von Beginn an in enger Abstimmung mit der betroffenen Kommune geführt. Besonders während der 4. Teilfortschreibung des Flächennutzungsplans der Stadt Creglingen erfolgte ein ständiger Austausch mit der Stadtverwaltung. Sämtliche Belange in Bezug auf die Umwelteinwirkungen (Natur- und Artenschutz, Schall- und Schattenimmissionen, Eingriff ins Landschaftsbild etc.) wurden berücksichtigt und bereits vor dem Antrag auf die immissionsschutzrechtliche Genehmigung mit den zuständigen Trägern öffentlicher Belange thematisiert.

Der Flächennutzungsplan der

Stadt Creglingen wurde ursprünglich am 05.11.2013 beschlossen. Aufgrund einer Befangenheit unter den Gemeinderatsmitgliedern war dieser Beschluss jedoch nichtig. Am 28.07.2014 wurde der unveränderte Flächennutzungsplan verabschiedet. Daraufhin wurden die sieben Windenergieanlagen am 12.08.2014 nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigt. Mit der Genehmigung wurde bereits die Baufreigabe erteilt.

Folgende Aspekte wurden im Rahmen des Genehmigungsprozesses geprüft:

- > Ertragsgutachten
- > Schallimmission und Schattenwurf

- > Landschafts- und Naturschutz
- > Eingriffsbilanzierung
- > Standsicherheit und Turbulenzbelastung
- > Fledermausaktivitäten und Gondelmonitoring
- > Baugrundgutachten

Mit dem Erhalt der Genehmigung waren die wesentlichen Planungsschritte abgeschlossen.

Die wichtigsten Verträge, wie der Werk- und Vollwartungsvertrag mit dem Anlagenhersteller GE, der Gestattungsvertrag mit dem Landesforst Baden-Württemberg und der Gesellschaftsvertrag einer Gesellschaft zum Bau und Betrieb des Umspannwerkes

*Bild: Anlieferung eines Rotorblattes mit Schwertransporter*





inkl. Netzanschluss wurden zeitnah abgeschlossen. Ebenso der Kreditvertrag als wichtige Voraussetzung für den Beginn der Realisierungsphase.

## REALISIERUNG

Nach Abschluss der Finanzierungsverhandlungen und Platzierung der Vermögensanlagen konnte mit der Realisierungsphase am 1. März 2015 begonnen werden.

Die Wege und Kranstellflächen wurden im März 2015 errichtet. Hierfür wurde eigens eine weitere Gesellschaft, die WP Klosterwald Infrastruktur GmbH & Co. KG gegründet. Diese Infrastrukturgesellschaft ist eine gemeinsame Gesellschaft der WEBW Windkraftanlagen Creglingen

GmbH und Co. KG sowie drei weiterer Partner im Klosterwald. Die Gesellschaft war für den Bau der Wege und Kranstellflächen im Windpark sowie für den Ausbau der Zuliefertrasse ab Autobahnausfahrt verantwortlich. Im Rahmen des aktuellen Betriebs des Windparks kümmert sie sich um die Erhaltung und Pflege der Wege.

Nach Fertigstellung der Kranflächen wurden von April bis August im Jahr 2015 die Fundamente und Betontürme für alle sieben Windenergieanlagen fertiggestellt. Anfang August wurde mit der Anlieferung der Hauptkomponenten und Installation der ersten Anlage begonnen. Mitte November 2015 waren die sieben Anlagen fertig errichtet und zwei Anlagen bereits in Betrieb.

Die Bauzeit, vom Roden der Flächen bis zur Inbetriebnahme der letzten Windenergieanlage der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG, betrug somit nur acht Monate. Die Bauphase verlief reibungslos, sodass alle Anlagen seit Ende des Jahres 2015 in das Netz der Netze BW einspeisen.

Ebenso konnte das Umspannwerk bei Weikersheim-Nassau erfolgreich mit einer Bauzeit von nur sechs Monaten zügig fertiggestellt werden. Dort speisen die 10 Anlagen des Windparks Klosterwald sowie 4 weitere Anlagen entlang der rund 18 km langen Trasse ein.

*Bild: Montage des Rotors an der Gondel einer Windkraftanlage*



## PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Die Windenergie oder Windkraft ist eine erneuerbare Energiequelle. Dabei wird die kinetische Energie von Wind, also bewegten Luftmassen der Atmosphäre, technisch genutzt. Die Windenergie wird seit dem Altertum genutzt, um Energie aus der Umwelt für technische Zwecke verfügbar zu machen. Während sie in der Vergangenheit vor allem mit Windmühlen oder Segelschiffen genutzt wurde, ist heute die Stromerzeugung mit Windkraftanlagen mit großem Abstand die wichtigste Form der Windenergienutzung.

Die Leistung einer Windkraftanlage ist nicht gleichzusetzen mit dem Ertrag der Anlage. Die Leis-

tung ist ein physikalischer Wert, der eine Menge an Energie zu einem Zeitpunkt beschreibt, der Ertrag jedoch bezieht sich auf die geleistete Arbeit, also Leistung multipliziert mit der Zeitdauer in der die Leistung anliegt. Die Leistung wird in Kilowatt angegeben, die Arbeit dann mit der Zeit multipliziert in Kilowattstunden.

Die in elektrische Leistung umsetzbare Leistung aus dem Windangebot lässt sich aus dem kinetischen Leistungsangebot des Massenstroms der Luft errechnen, multipliziert mit dem Wirkungsgrad nach Betz, aus den Strömungsverlusten (Reibungsanteil in den Navier-Stokes-Gleichungen) sowie dem mechanischen (Reibungsverluste im Getriebe und den Lagern des Konverters) und elektrischen

Wirkungsgrad des Systems.

Betrachtet man die physikalische Formel für die erzielbare Leistung näher fällt auf, dass die erzielbare Leistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zunimmt. Die Windgeschwindigkeit ist daher wichtig für ihre Nutzung sowie ein Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit.

Der Wirkungsgrad nach Betz ist strenggenommen kein Wirkungsgrad, sondern eine Leistungs-ziffer, ein sog. Leistungsbeiwert. Er geht auf den deutschen Physiker Albert Betz zurück. Er formulierte das Gesetz, dass eine Windkraftanlage maximal  $16/27$  (knapp 60%) der mechanischen Leistung, die der Wind ohne den bremsenden Rotor transportiert, in Nutzleistung umwandeln kann.

*Bild: Windenergieanlage des Windparks Klosterwald*





Der Grund ist, dass die Energieabgabe mit einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit und einem Luftstau einhergeht, der einen Teil der heranströmenden Luft der Rotorfläche ausweichen lässt. Der maximale Wirkungsgrad einer Windenergieanlage in der Bauform wie sie in Creglingen verbaut ist, bleibt damit auf knapp 60% begrenzt. Moderne Windenergieanlagen haben einen elektrischen Wirkungsgrad von über 50%, sind also sehr effizient.

## ROTORBLÄTTER

Heutige Windkraftanlagen verfügen fast ausnahmslos über drei Rotorblätter. Je weniger Rotorblätter eine Windkraftanlage hat, desto schneller muss sich der Rotor drehen um das Optimum an Ertrag zu generieren. Schnellere Drehzahlen reduzieren das Drehmoment, wodurch ein schwächeres Getriebe und kleinere Achsen benötigt werden. Zwei Rotorblätter würden jedoch die Vibrationsbelastung des Turms stark erhöhen, weshalb sich in der Praxis drei Rotorblätter als technisches und wirtschaftliches Optimum zwischen Gewicht, Kosten, Ertrag und mechanischer Belastung sowie der Geräuschentwicklung ergeben haben. Die Rotorblätter sind für einen wesentlichen Teil der Betriebsgeräusche verantwortlich und werden daher nicht nur auf einen hohen Wirkungsgrad, sondern insbesondere nahe der Blattspitzen auch auf Geräuschminderung hin optimiert. Moderne Rotorblätter bestehen in der Regel aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Vermehrt kommen bei langen Rotorblättern Kohlenstofffasern zum Einsatz, vor allem bei hohen Belastungen

ausgesetzten Starkwind- und Offshore-Anlagen. Da Blitzeinschläge an großen Windkraftanlagen nicht zu vermeiden sind, werden alle modernen Rotorblätter mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet. In der Nähe der Blattspitze befinden sich an der Oberfläche des Rotorblatts ein oder mehrere Punkte aus Metall (die sog. Rezeptoren). An diesen schlagen Blitze bevorzugt ein. Alternativ werden Blattspitzen aus Aluminium verwendet. Von dort aus werden die Ströme, über im Blatt integrierte metallische Leiter, über Gondel und Turm in den Boden abgeleitet.

Mit einer leichten Sichelform im äußeren Bereich der Rotorblätter weichen die Blattspitzen in Windböen in Windrichtung nach hinten aus. Die damit einhergehende Verwindung der Blätter mindert den Anströmwinkel und damit die Windlast.

## ANLAGENREGELUNG

Heutzutage werden Windenergieanlagen als drehzahlvariable, pitchgeregelte Anlagen aufgestellt. Sie entsprechen dem aktuellen Stand der Technik im Windkraftanlagenbau. Unter dem Begriff Pitch versteht man den Winkel des Blattes zum anströmenden Wind. Bei allen modernen Windenergieanlagen kann dieser Winkel durch Stellmotoren in den Naben elektrisch verstellt werden und damit die Rotorblätter immer ideal in den Wind positioniert werden. Die variable Drehzahl wird elektrisch durch Umrichter möglich. Die Rotornabe ist mit einem Getriebe fest mit dem Generator verbunden. Der Strom, der dann aus dem Generator kommt, wird zunächst in

Gleichstrom umgewandelt und dann mit einem Umrichter wieder in 50 Herz Drehstrom. Nur so kann der Rotor drehzahlvariabel betrieben werden, wodurch am Generator unterschiedliche Frequenzen des eingespeisten Stroms auftreten. Die Umwandlung dieses frequenzvariablen Drehstroms in Gleichstrom macht wieder die Umrichtung in Drehstrom mit einer festen Frequenz von 50 Herz möglich, so wie wir diese im europäischen Stromnetz benötigen. Die Kombination aus variabler Drehzahl und Pitchregelung hat eine Reihe von Vorteilen:

- > die variable Rotorgeschwindigkeit, sodass der Rotor unterhalb der Nennleistung immer mit der aerodynamisch optimalen Drehzahl betrieben werden kann
- > geringere Belastungen des Getriebes durch geringere Drehmomentschwankungen, v.a. bei hohen Leistungen
- > niedrigere Schallemissionen während Zeiten schwacher Windverhältnisse durch niedrige Rotordrehzahlen
- > geringere Drehmomentschwankungen durch Einsatzmöglichkeit des Rotors als Schwungrad während Böen

Der Nachteil ist die Notwendigkeit eines Wechselrichters sowie die höhere Komplexität gegenüber einfacheren Konstruktionen.

Die Anlagenregelung wird zwischen zwei Betriebszuständen unterschieden: der Drehzahlregelung im Teillastbetrieb (Momentenregelung) und der Drehzahlregelung im Vollastbetrieb (Pitchregelung).

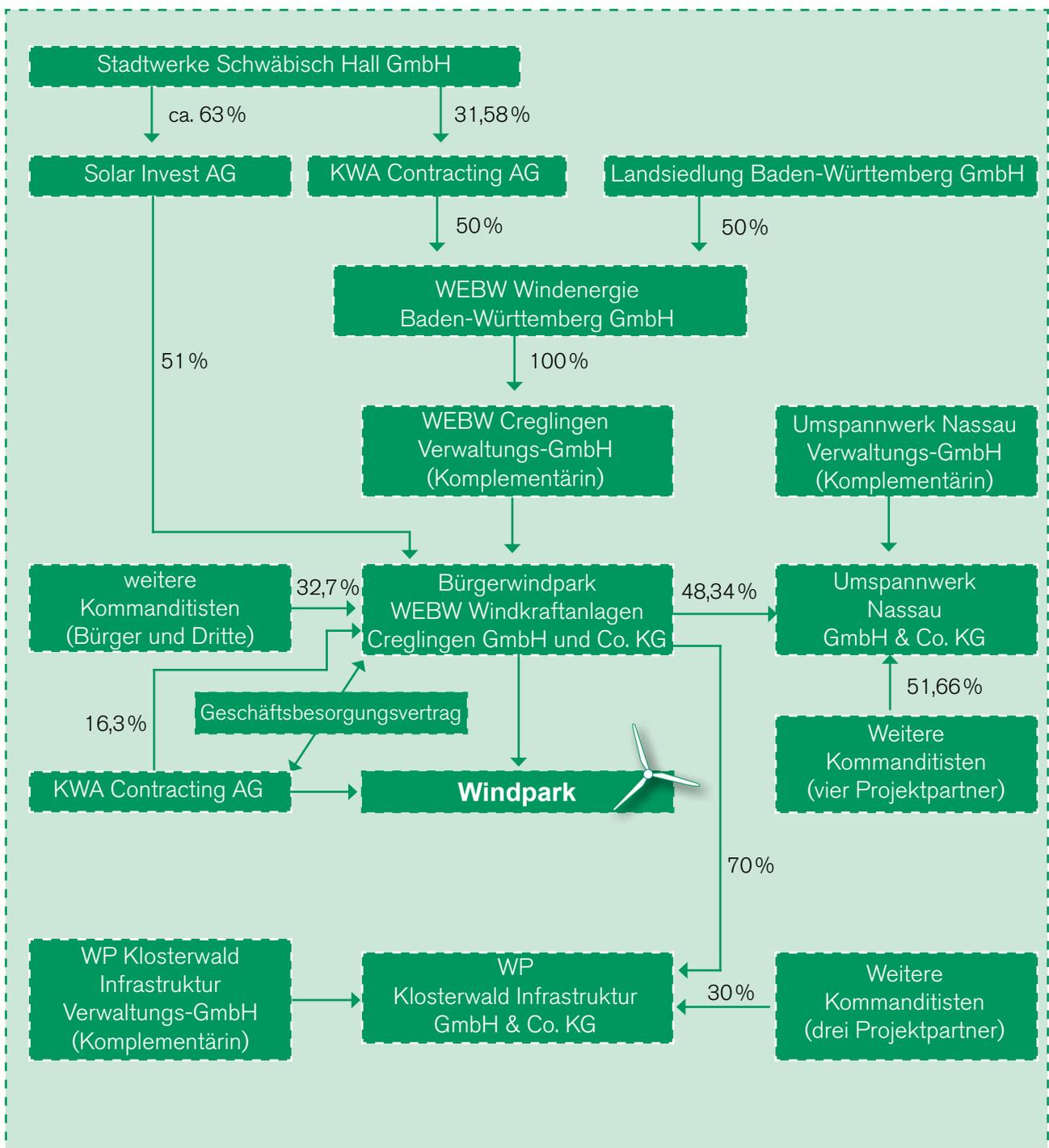
## GESELLSCHAFTSRECHTLICHE STRUKTUR

Die Komplementärin, die WEBW Creglingen Verwaltungs-GmbH, ist eine Tochtergesellschaft der WEBW Windenergie Baden-Württemberg GmbH. Die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG hat wiederum selbst zwei Tochtergesellschaften. Die Umspannwerk Nassau

GmbH & Co. KG sowie die WP Klosterwald Infrastruktur GmbH & Co. KG. Bei der Entwicklung der Beteiligungsstruktur wurde gesellschaftsrechtlich sehr stringent und sorgfältig vorgegangen, was Risiken für die Zukunft weitestgehend ausschließt.

Die WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG ist ein operativ tätiges Unterneh-

men. Im Vorstand des Geschäftsbesorgers, der KWA Contracting AG, und in der Geschäftsführung der WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG bzw. der WEBW Creglingen Verwaltungs-GmbH gibt es keine Personenidentität. Dadurch entstehen keine Abhängigkeiten und jeder Geschäftsführer ist frei in seiner Entscheidungsfindung.



Impressum

Redaktion/Satz:  
Solar Invest AG

Layout:  
Patricia Wirth

Fotos:  
Titelseite:  
fotolia und Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall

Seite 4:  
Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH, Schwäbisch Hall und KWA Contracting AG, Stuttgart

Seite 5:  
Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall und  
Logos der dargestellten Unternehmen

Seite 6:  
KWA Contracting AG, Stuttgart

Seite 7:  
fotolia. #59218956 | Urheber: pico und Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall

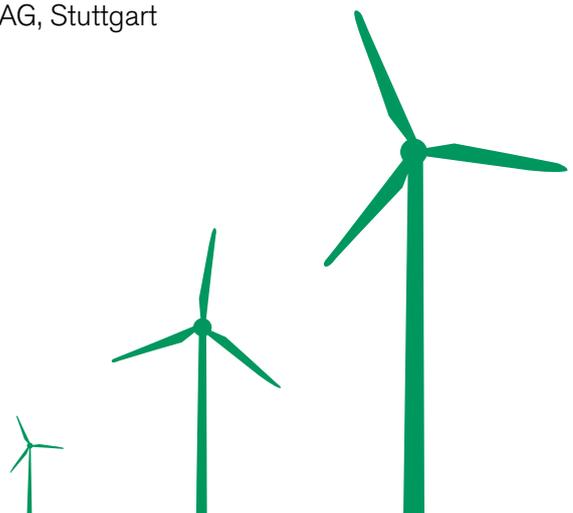
Seite 9:  
Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall  
GE Renewable Energy, Salzbergen und KWA Contracting AG, Stuttgart

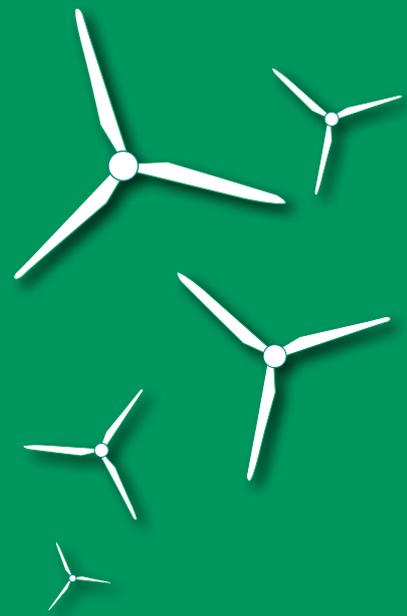
Seite 10 und 11:  
OpenStreetMap-Mitwirkende

Seite 13:  
Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall

Seite 14 und 15:  
KWA Contracting AG, Stuttgart

Seite 16:  
Fotostudio Harald Reich, Schwäbisch Hall





**WEBW Windkraftanlagen Creglingen GmbH und Co. KG**  
**Herzogstraße 6 A**  
**70176 Stuttgart**

Weitere Informationen: [www.kwa-ag.de](http://www.kwa-ag.de)