

Im Nordosten sonnig, sonst eher trüb

Die markanten Punkte im Wetterjahr 2013 waren ein schneereiches Frühjahr, ein nasser Mai, ein sehr schöner Sommer mit außergewöhnlich viel Sonnenschein, ein nasser und anfangs warmer Herbst und ein sehr milder Dezember. Da lohnt es sich, wieder eine differenziertere Aufbereitung und Analyse des Wettergeschehens ([1], [2]) vorzunehmen, um das PV-Anlagenverhalten im Jahresverlauf besser zu verstehen. Nach Aufzeichnungen des DWD startete das Wetterjahr 2013 mit einer milden Wetterlage, die dann von einer beeindruckend langen 14-tägigen Kältewelle abgelöst wurde. Es wurde gebietsweise viel Niederschlag aufgezeichnet. Dies führte ab der Kälteperiode zu einer geschlossenen Schneedecke in Deutschland (21. Januar), die sich recht lange hielt. Der DWD meldete für dieses Zeitintervall den Negativrekord des sonnenscheinärmsten Winters seit Beginn der flächendeckenden Messungen im Jahr 1951, mit nur 62 % des Durchschnittswerts an Sonnenstunden. Durch die tiefen Temperaturen des März hielt sich eine langlebige und weit verbreitete Schneedecke. Die winterliche Witterung wurde erst im zweiten Monatsdrittel des Aprils durch Tiefdruckgebiete, die deutlich wärmere Luft aus Südwesten heranzuführten, abgelöst. Vielfach kletterten die Temperaturen sogar auf sommerliche Werte. Im Mai kam dann sehr viel Regen bei wenig Einstrahlung. Es war der zweitnasseste Monat seit 1881 mit einzelnen regionalen Regenrekorden. Ähnlich trüb wie die Monate Januar und Februar setzte auch der Mai mit nur 67 % der sonst üblichen Sonnenstunden ein bis dahin trübes Jahr 2013 fort. Der Frühling 2013 fand eigentlich nicht statt und erreichte nur etwa 84 % der sonst üblichen Sonnenscheindauer von 384 Stunden.

Die Sommermonate machten dafür mit vielen Sonnenstunden und hohen Temperaturen vieles wieder gut. Es dominierte der Hochdruckeinfluss, und Tiefdruckgebiete bestimmten immer nur für wenige Tage das Wetter. In den ersten Junitagen führten intensive Stauniederschläge zu katastrophalen Hochwasserereignissen. Der Juli und August verliefen dagegen sehr trocken und warm. Diese beiden Monate verzeichneten auch einen überdurchschnittlichen Einstrahlungseintrag mit einem Gesamtplus in den Sommermonaten von 18 %. Im Herbst waren weitgehend Tiefdruck-

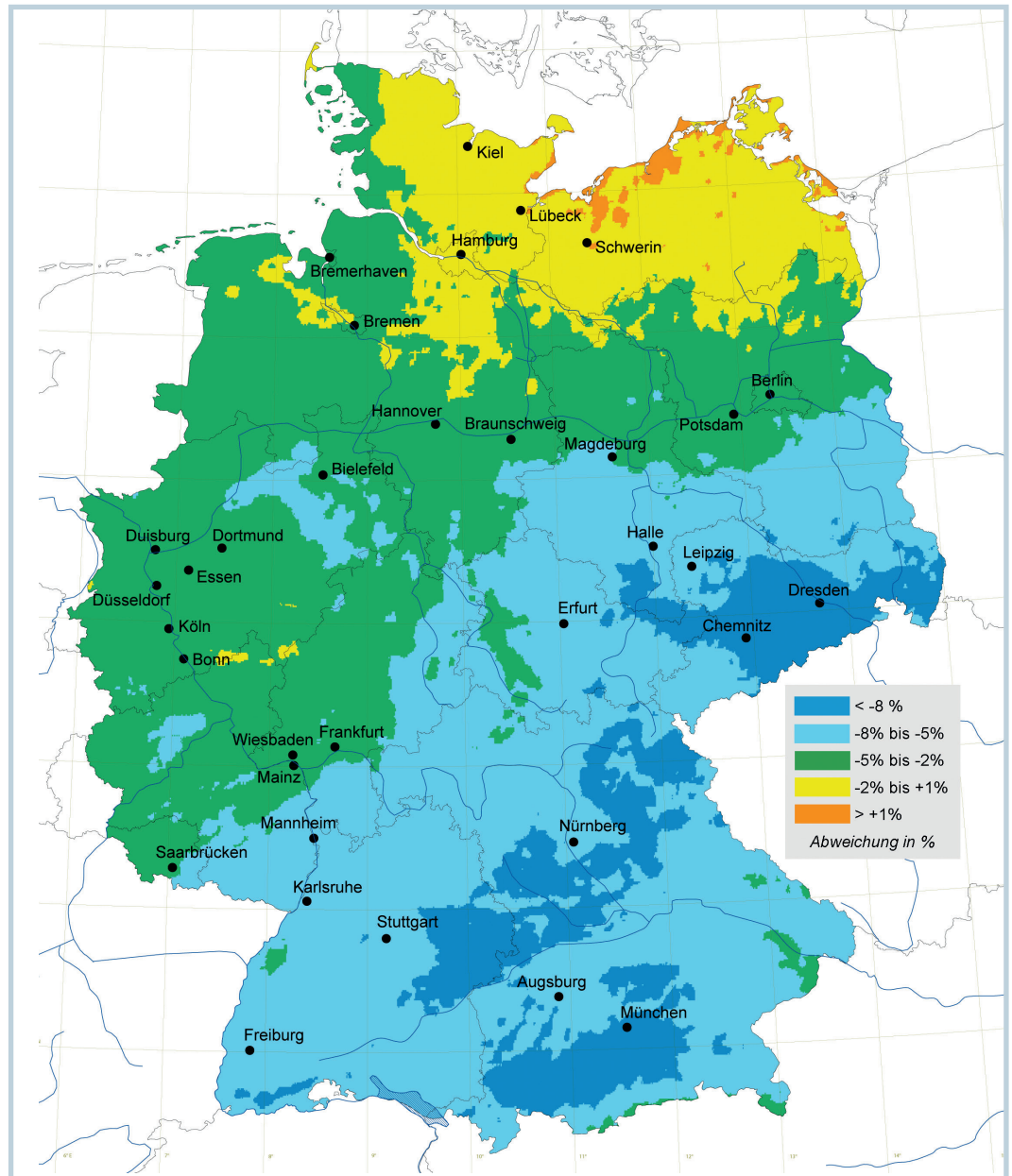


Cartoon: Michael Hüter

2013 bleibt als mausgraues und eher trübes Jahr in Erinnerung. Niederschläge und Einstrahlung lagen unter den langjährigen Mittelwerten, die Temperaturen jedoch darüber. Für Meteorologen war 2013 statistisch ein durchschnittliches, aber keineswegs langweiliges Wetterjahr, denn einige bemerkenswerte Wetterverläufe und -lagen stechen heraus. Viele PV-Anlagenbetreiber verzeichneten 2013 Erträge, die teilweise erheblich unter dem langjährigen Durchschnitt lagen.

Abb. 1: Die Deutschlandkarte der Globalstrahlungswerte in Horizontalebene für das Jahr 2013 zeigt die Abweichungen der Jahreswerte vom langjährigen Mittel (2005 bis 2012). Für diese Auswertung von der Uni Oldenburg und Meteocontrol wurden Daten des MSG-Satelliten (Meteosat Second Generation) in der EnMetSOL-Datenbank ausgewertet.

Grafik: Uni Oldenburg,
Meteocontrol, 2014



gebiete mit wechselhaftem Wetter bestimmend. Der klassische Altweibersommer blieb aus. Meist sorgten stattdessen Tiefdruckgebiete für wechselhaftes Wetter in Deutschland. Der Herbst blieb bei den Sonnenstunden durchschnittlich 12 % unter dem Mittelwert. Hier zeigen sich aber deutliche regionale Unterschiede. Der Norden Deutschlands, besonders die Ostseeküste, erlebte in diesen Monaten einen höheren Einstrahlungseintrag als der Süden. Die Herbstmonate der Jahre 2011 und 2012 waren im Gegensatz dazu für Gesamtdeutschland noch deutlich sonniger gewesen. Der Dezember war hingegen ungewöhnlich sonnen-scheinreich (plus von 36 %) bei sehr milder Witterung und ohne richtiges Winterwetter. [1]

Betrachtet man dazu weitere Analysen des Meteorologischen Instituts der LMU für den Standort München, so findet man für diesen Messzeitraum ein langes, niedriges Temperaturintervall für die Monate Januar bis Mai. Für den Juli wurden 28 Tage mit Temperaturwerten über 25 °C aufgezeichnet. Der Dezember hatte den zweithöchsten Monatsmittelwert seit Beginn dieser Aufzeichnungen. [2]

Energiemeteorologische Auswertungen

Die Analyse der Globalstrahlungswerte für Deutschland für das Jahr 2013 ergibt wie in den letzten Jahren einen zweigeteilten, diesmal aber ungewöhnlichen Verlauf. Abbildung 1 zeigt die Abweichung der Jahreswerte vom langjährigen Mittel (2005 bis 2012). Aufbereitet wurden dazu Daten des MSG-Satelliten (Meteosat Second Generation) in der EnMetSOL-Datenbank [3]. Generell sind die meisten Regionen Deutschlands von Mindererträgen in der Strahlungsleistung betroffen. Eine erfreuliche Ausnahme bildete hier leider nur Nordostdeutschland. Hier war in den Küstenregionen Ostdeutschlands in einigen wenigen Gebieten sogar ein Ertragszuwachs zu verzeichnen. Eine durch die Mitte Deutschlands wieder leicht schräg von West (etwa auf der Höhe von Saarbrücken) nach Ost (Richtung Frankfurt an der Oder) verlaufende Linie bildet eine Grenze für unterschiedliche Bereiche an Einstrahlungswerten. Die relativen Abweichungen im Energieeintrag sind für die nördlich

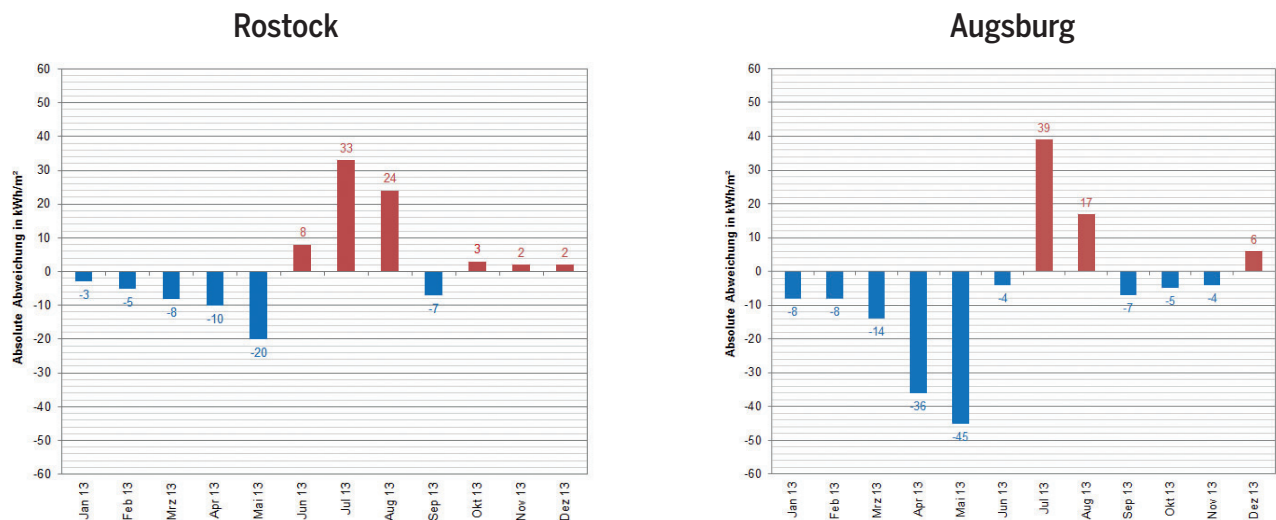


Abb. 2a und b: Die zwei Grafiken mit dem Solarindex der beiden exemplarischen Standorte Rostock (links) und Augsburg (rechts) zeigen die absolute Abweichung der einzelnen Monatswerte der horizontalen Globalstrahlung im Jahr 2013 versus die langjährigen Monatsmittelwerte (2005 bis 2012) in kWh/(m²*a).

Grafik: Uni Oldenburg, Meteocontrol, 2014

dieser Linie liegenden Gebiete (markiert in grün, gelb oder orange) besser als -5 %. Die Region südlich der Linie markiert normalerweise die ertragreichsten Gebiete in Deutschland. 2013 war das Gegenteil der Fall. Die hell- und dunkelblau gekennzeichneten Regionen verzeichneten diesmal erhebliche Ertragsminderungen von mehr als -5 % in der Globalstrahlung gegenüber den langjährigen Mittelwerten. Auffallend schlecht (mehr als -8 %) waren die Einstrahlungsverhältnisse 2013 in den Gebieten – markiert durch die drei dunkelblauen Streifen in der Karte – südlich von München vom Allgäu bis ins Chiemgau, von Stuttgart bis Weiden und Gera bis Görlitz. München, Chemnitz und Dresden sind allesamt Städte inmitten der Zonen mit den stärksten Ertragsminderungen.

In den Abbildungen 2a und 2b sieht man exemplarisch für zwei Städte deren Solarindex für 2013. Dargestellt wird die absolute Abweichung der monatlichen Verteilung der Globalstrahlung von den jeweiligen langjährigen Mittelwerten (2005 bis 2012) in Kilowattstunden pro Quadratmeter. Eindeutig sichtbar wird in beiden Grafiken, wie sich der Jahresverlauf der geschilderten Witterungslagen in den Jahresgängen der Einstrahlungswerte beider Städte exemplarisch widerspiegelt. Das trübe, graue Wetter der Monate Januar bis Mai schlägt sich für Rostock und Augsburg in den verminderten Einstrahlungswerten nieder. Besonders gravierend waren die Einstrahlungsminderungen im Mai. Während Süddeutschland noch unter den extremen Dauerniederschlägen der ersten Junitage litt, war Mecklenburg-Vorpommern das in dem Monat sonnenscheinreichste Bundesland. Der wunderbare Sommer mit hohen Einstrahlungswerten im Juli und August wird in beiden Grafiken sichtbar. Doch während sich in Rostock und an der Ostseeküste die Sonne häufiger zeigte als erwartet, fehlte es in allen übrigen Bundesländern durch den nassen und wenig sonnigen Herbst an Einstrahlungsleistung. Der klassische, sonst immer noch ertrag-

reiche, Altweibersommer blieb wie geschildert aus. Erst mit dem sehr warmen und sonnigen Dezember holten Standorte in Süddeutschland wieder etwas auf.

PV-Erträge unter der Lupe

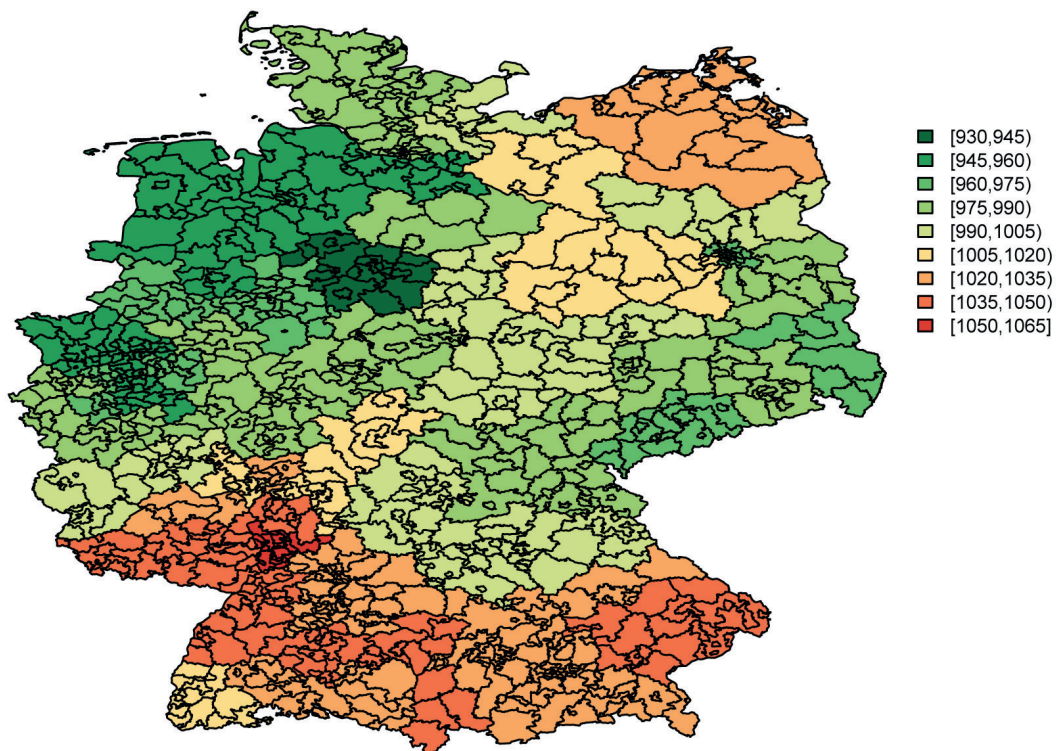
Die Abbildungen 3 und 4 beschreiben den spezifischen durchschnittlichen PV-Ertrag für das Jahr 2013 sowie deren prozentuale Abweichung zu den vorhergehenden Jahren auf Basis der Daten des Fernüberwachungsportals von Meteocontrol [4]. Die Karten sind wie in den letzten Jahren wiederum in Postleitzahlenbereiche aufgeteilt, um eine möglichst detaillierte Darstellung zu erhalten. Die unterschiedliche farbliche Hinterlegung (Unterteilung) zeigt einmal den kompletten Jahresertrag und einmal die prozentuale Abweichung zu den vorherigen Jahren.

Abbildung 3 ist in mehrerlei Hinsicht interessant. Wie zu erwarten ist Süddeutschland am ertragreichsten, allerdings fällt Mecklenburg-Vorpommern besonders auf, da hier die eingespeiste Leistung (1.020 bis 1.035 kWh/kW) höher war als beispielsweise in den bayerischen Regionen Franken und Pfalz (950 bis 1.005 kWh/kW), was sehr untypisch ist. Auch die westlichen Regionen von Brandenburg und Sachsen-Anhalt zeigen sich im Vergleich sehr ertragsreich. Das typische Einstrahlungsgefälle nach Nordwesten hin spiegelt sich in den Ertragswerten wieder. Die ertragsärmste Region 2013 liegt um die niedersächsische Landeshauptstadt Hannover mit 930 und 945 kWh/kW. Die ertragreichste Region liegt bei Heidelberg mit Anlagenenerträgen von 1.050 bis 1.075 kWh/kW. Damit gehört die Region um Heidelberg wie im letzten Jahr zu den ertragreichsten Orten in Deutschland.

Abbildung 4 zeigt die prozentuale Abweichung zu den mehrjährigen Ertragswerten der Jahre 2008 bis 2012. Wie in der vorherigen Grafik kann man einige Gebiete ausmachen, die besonders auffällig sind. Die

Abb. 3: Deutschlandkarte für das Jahr 2013 mit den normierten PV-Anlagenerträgen gemittelt auf die einzelnen Postleitzahlenbezirke

Grafiken (2): Meteocontrol, 2014



Region um Hof und Bayreuth in Bayern zeigen die stärkste Ertragsminderung mit bis zu 7,5 %. Franken und die Pfalz mussten Einbußen von bis zu 6 % hinnehmen. Zur vorherigen Abbildung fiel aber die Region um Freiburg in Baden-Württemberg nicht großartig auf, allerdings wurden auch hier Einbußen von bis zu 6 % verzeichnet. Heidelberg, vorher ertragreichste Gegend Deutschlands, fällt nicht besonders auf, verzeichnet sogar eine minimale Einbuße, allerdings gemessen an der Einstrahlung reicht es dennoch für die beste Region in Deutschland. Mecklenburg-Vorpommern konnte 2013 eine Ertragssteigerung von bis zu 3 %, die Landkreise an der Ostsee sogar bis zu 6 % verzeichnen. Die Region um Hannover zeigt zwar mit einer Minderung

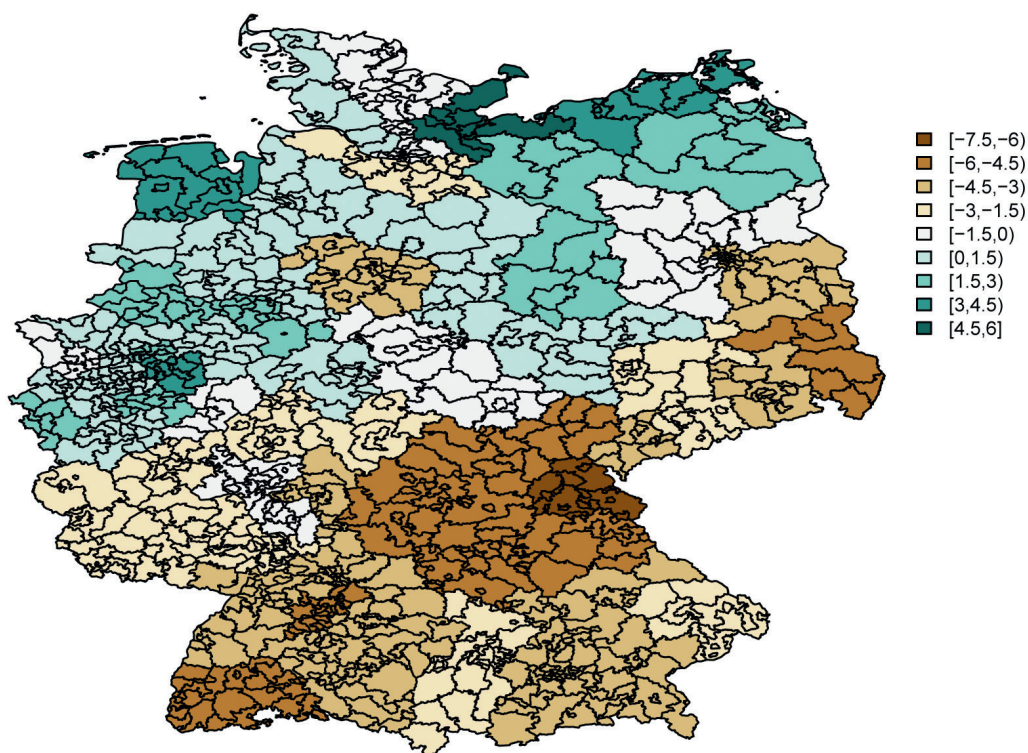
von 4,5 % nicht das stärkste Minus, allerdings sorgen die durchschnittlich schwächeren Einstrahlungen gegenüber Süddeutschland dafür, dass es dort zu den schlechtesten Erträgen kommt.

Beide Grafiken zeigen, dass Deutschland den PV-Anlagenertrag betreffend 2013 in zwei Hälften aufgeteilt war: in den Süden mit vergleichsweise schwachen Werten und den Norden, welcher teilweise sogar höhere Erträge aufwies.

Konkrete Beispiele

Nachdem die letzten Jahre sehr ertragreiche und erfreuliche Jahre für PV-Anlagenbetreiber waren, hat

Abb. 4: Die PV-Anlagenerträge aus Abbildung 3, diesmal dargestellt als Abweichung im spezifischen Ertrag von einem mehrjährigen Mittelwert (2008 bis 2012) in Prozent.



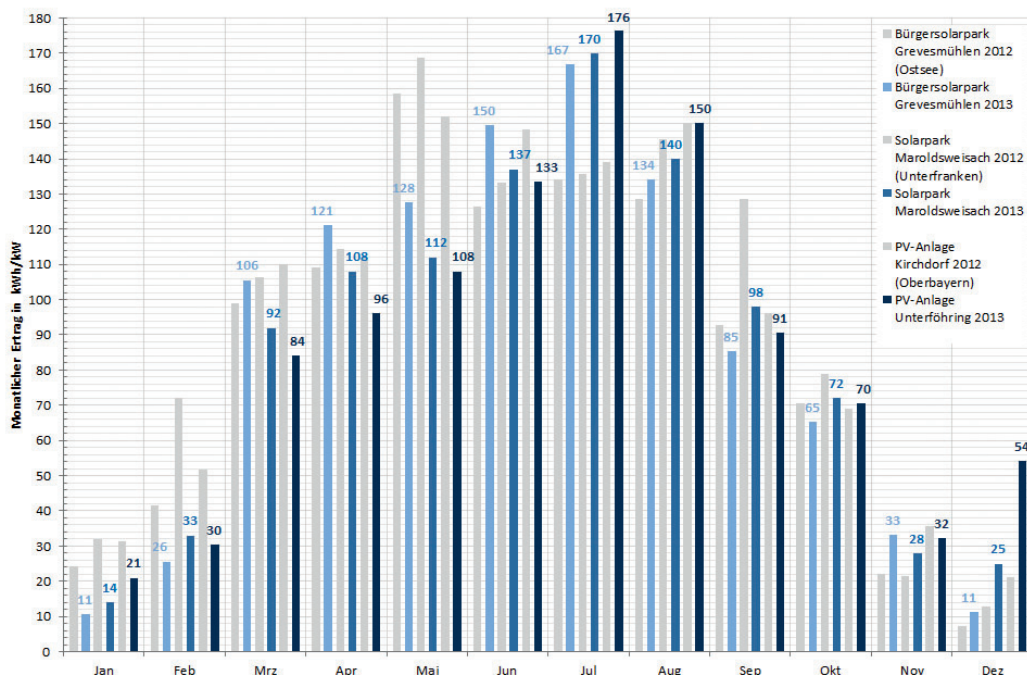


Abb. 5: Bürgersolarpark Grevesmühlen (Ostseenähe), Solarpark Maroldsweisach (Unterfranken) und eine Aufdachanlage bei Kirchdorf in Oberbayern mit der spezifischen monatlichen Netzeinspeisung

sich dies 2013 durch den langen, mausgrauen Winter und den nassen, grauen Herbst relativiert. Doch von welchen Ertragseinbußen war auszugehen? Exemplarisch werden wieder vier verschiedene Freiflächenanlagen als Referenzanlagen herausgegriffen, um die reale Situation detaillierter zu analysieren.

In Abbildung 5 soll der deutschlandweite Anlagenvergleich von Nord- nach Süddeutschland exemplarisch anhand der normierten Monatswerte des Bürgersolarparks Grevesmühlen (Ostsee, 1,65 MW installierte Leistung), des Solarparks Maroldsweisach (Unterfranken, 1,7 MW installierte Leistung) und der PV-Anlage in Unterföhring (Oberbayern, 1,7 MW installierte Leistung) betrachtet werden. Die ersten drei Anlagen sind willkürlich ausgewählte Systeme der IBC Solar AG aus Bad Staffelstein [5]. Als graue Balken jeweils links neben den farbigen Balken der drei Referenzanlagen sind die Vergleichswerte des Vorjahres

2012 aufgetragen. Für die Anlage in Unterföhring stand nur ein Vergleichssystem aus deren näherer Umgebung als Referenz zur Verfügung. Sofort sichtbar werden die zumeist niedrigeren monatlichen Ertragswerte des Jahres 2013 im Vergleich zu 2012. Deutlich anders war dies nur in den Monaten Juli und Dezember. Die relativen Erträge der Anlage an der Ostsee hoben sich im März, April, Mai und Juni deutlich von den anderen beiden Systemen ab. Dies änderte sich erst im Juli und August deutlich zugunsten der anderen beiden Systeme. Im Zeitraum September bis November zeigen sich relativ identische Anlagenenerträge trotz der Standortvorteile der südlicheren Systeme. Diese beiden Systeme holten dies zumindest im Dezember dann wieder ein wenig auf.

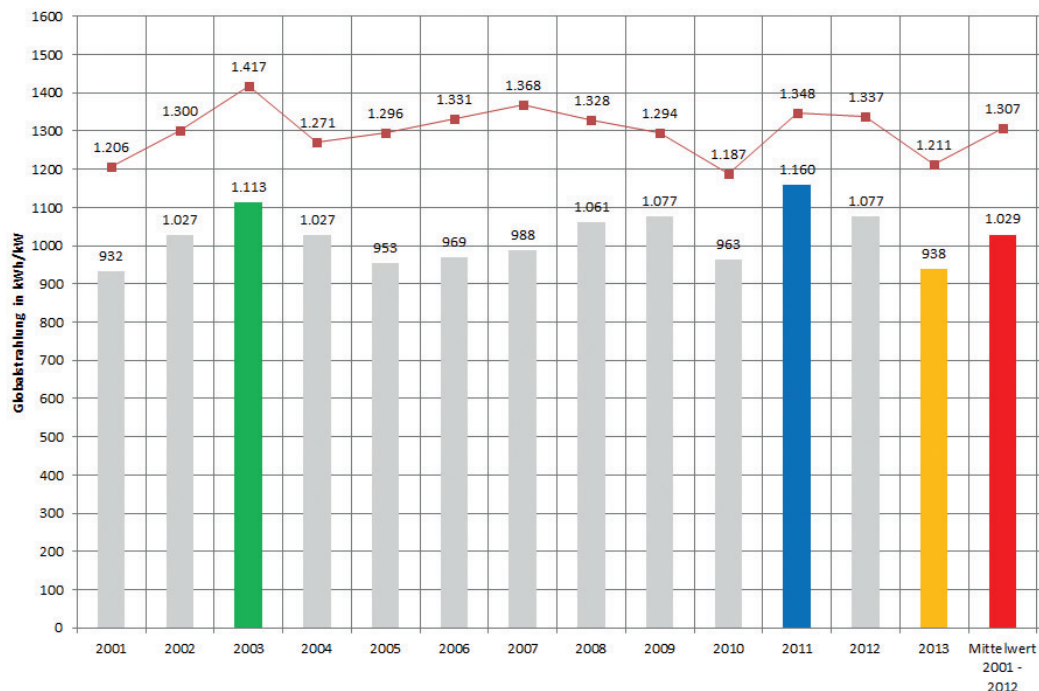
Abbildung 6 stellt ein viertes Referenzsystem vor und soll mit den bisherigen Jahreserträgen der PV-Anlage der Neuen Messe München einen Überblick

Messdatenerfassung bei Meteocontrol

Grundlage der Messdatenauswertung sind Fernüberwachungsdaten der Meteocontrol GmbH von mehr als 34.000 Photovoltaik-Anlagen mit einer installierten Nennleistung von mehr als 8,5 GW. In die technische Bewertung der Energieerträge von PV-Anlagen in Deutschland fließen die Anlagenkonfiguration (Leistung, Standort, Ausrichtung, Neigung, Montageart, Module, Wechselrichter etc.), die eingespeiste Energie sowie die Sonneneinstrahlung in die geneigte Modulebene auf viertelstündiger Basis ein. Da sowohl die Einrichtung und Pflege der Anlagenstammdaten als auch die zeitnahe Identifikation und Beseitigung von Betriebsstörungen im Verantwortungsbereich der Anlagenbetreiber liegen, werden ertragsmindernde Einflüsse auf den Betrieb der PV-Anlage im Rahmen der Datenanalyse anhand mehrstufiger, automatisierter Algorithmen identifiziert.

Die Standort- und Konfigurationsinformationen der Anlagen werden auf Fehleinträge geprüft und für die Auswertung korrigiert. Die Intervalldaten werden auf Monatswerte aggregiert. Für jeden Monatswert wird aus Ertrag und Einstrahlung die Performance Ratio (PR) berechnet. PV-Anlagen mit fehlenden Ertrags- oder Einstrahlungsmessdaten werden in der Untersuchung nicht berücksichtigt. Die Anlagen werden regional zusammengefasst – alle Anlagen in einem zweistelligen Postleitzahlenbereich und den jeweils benachbarten PLZ-Regionen werden in einer Analyse betrachtet. In einem zweistufigen Verfahren werden Median und Interquartilsabstand pro Region und Monat für Ertrag und Einstrahlung berechnet. Sämtliche Anlagen, deren Erträge und Einstrahlungsdaten als Ausreißerwerte klassifiziert werden, fließen in die Auswertung nicht ein. Dieses Vorgehen sichert eine rein statistische Betrachtung der Messdaten, sodass nur statistisch signifikante PV-Anlagen ausgewertet werden.

Abb. 6: Normierte Jahreswerte von Anlagenerträgen der 1-MW-Photovoltaik-Anlage Solardach München-Riem von 2001 bis 2013 im Vergleich als Balkengrafik. Die rote Liniengrafik zeigt den Verlauf der zugehörigen Globalstrahlungswerte. Speziell eingefärbte Balken kennzeichnen besondere Jahre sowie die Jahresmittelwerte.



in normierten Zahlenwerten geben. Wie zu erwarten war der Jahresertrag 2013 mit 938 kWh/kW relativ niedrig und insgesamt der niedrigste Wert der letzten zehn Jahre. Damit wurde ein Ertrag erreicht, der bei etwa 91 % des langjährigen Mittelwerts liegt. Der niedrige Jahresenergieeintrag liegt sicherlich auch an der dauerhaften Schneebedeckung am Dach, was die Diskrepanz zum Einstrahlungswert von 2010 erklären würde. [6]

Betrachtet man die normierten Erträge aufgeschlüsselt nach Quartalen im Vergleich zu 2013, so stellt man wie erwartet fest, dass die Ertragswerte für 2013 in den ersten zwei Quartalen (Januar bis März und April bis Juni) deutlich unter den Werten der anderen Jahre liegen. Im dritten Quartal (Juli bis September) erzielte man hervorragende Werte und landete mit dem Quartalertrag auf dem zweiten Platz. Der Ertrag im vierten Quartal liegt dagegen genau im langjährigen Mittel und wurde trotz des regnerischen Herbstes wahrscheinlich nur noch wegen der Spitzenwerte im Dezember erreicht.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Wetter 2013 war in weiten Teilen Deutschlands gekennzeichnet durch eine zunächst winterlich trübe Witterung, die bis über den Frühling hinausreichte. Hierauf folgte ein ertragreicher und wunderschöner Sommer, dem sich ein verregneter Herbst anschloss. Das Jahr endete mit einem ungewöhnlich milden und sonnigen Dezember. Dieser Jahresgang des Wetterprofils spiegelt sich ebenso wie die Abweichungen in der Karte der Globalstrahlung 2013 zum langjährigen Mittel in etwa auch in den PV-Anlagenenerträgen. In Summe war 2013 für PV-Anlagen in den Erträgen eines der schlechteren Jahre. Nur wenige Regionen im Norden Deutschlands konnten gewohnte Ertragswerte halten oder gar wie an der Ostseeküste steigern.

Mike Zehner, Andreas Doll, Annette Hammer,
Henrik te Heesen, Volker Herbort, Marco Mariani

Mike Zehner ist Professor für nachhaltige Energietechnik im Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie der HS Rosenheim und leitet dort zusammen mit Kollegen das Solar Engineering Labor.

Andreas Doll ist Mitarbeiter der Arbeitsgruppe PV-Systeme an der Hochschule München.

Annette Hammer arbeitet in der Arbeitsgruppe Energiemeteorologie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg mit dem Schwerpunkt Solarstrahlungsinformationen aus Satellitendaten.

Henrik te Heesen ist seit März 2013 Professor für erneuerbare Energien am Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier. Zuvor war er Leiter der technischen Betriebsführungsabteilung der Meteocontrol GmbH. Gemeinsam mit Meteocontrol bearbeitet er das Forschungsprojekt zur Analyse von Fernüberwachungsmessdaten.

Volker Herbort hat in Kooperation mit der Universität Ulm zum Thema Leistungsbeurteilung von PV-Komponenten promoviert und betreut das Data-Mining-Vorhaben der Meteocontrol GmbH zur Auswertung von PV-Betriebsdaten.

Marco Mariani hat Geographie an der Universität Augsburg studiert. Er arbeitet in der Abteilung PV Ertragsprognosen & Meteodaten der Meteocontrol GmbH und ist dort unter anderem für den Bereich Einstrahlungs- und Temperaturdaten zuständig.

Referenzen und Quellen

- [1] Verschiedene Pressemitteilungen des DWD: Jahresrückblick 2013 und monatliche Berichte zum Deutschlandwetter 2013, www.dwd.de
- [2] Klimaauswertungen des Meteorologischen Instituts der LMU München für den Zeitraum 1982 bis 2013 für den Standort München
- [3] Hammer Annette, Documentation – EnMetSOL, Satellite Data – Available Regions at Oldenburg University, Carl von Ossietzky University of Oldenburg, 2011
- [4] Meteocontrol GmbH, Fernüberwachungsdatenbank der Meteocontrol mit 31.000 Anlagen und 6,6 GW an installierter Leistung über die Jahre 2002 bis 2012, www.meteocontrol.de
- [5] IBC Solar AG, Messdatensätze der PV-Anlagen Grevesmühlen, Maroldsweisach und Kirchdorf des Jahres 2012, www.ibc-solar.de
- [6] Solarenergieförderverein Bayern e.V., Messdatensätze der 1 MW PV-Anlage Neue Messe München der Jahre 2001 bis 2013, www.sev-bayern.de