Studie

zum Ertrag von Photovoltaikanlagen 2012

in Deutschland

Prof. Dr. Henrik te Heesen Volker Herbort Robert Pfatischer





Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen 2012 in Deutschland

Herausgegeben von der meteocontrol GmbH, Augsburg Von Prof. Dr. Henrik te Heesen (Umwelt-Campus Birkenfeld), Volker Herbort (meteocontrol GmbH), Robert Pfatischer (meteocontrol GmbH)

Mai 2013, 119 Seiten, 61 Abbildungen, 10 Tabellen

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe, Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Medien sind ohne Zustimmung der meteocontrol nicht gestattet.

© 2013 meteocontrol GmbH, Augsburg

Vorwort

Vorwort

Der Photovoltaikmarkt in Deutschland ist weltweit führend. Im Kalenderjahr 2012 wurden deutschlandweit knapp 185.000 PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 7,6 GWp zugebaut, sodass bis zum 31.12.2012 insgesamt 32,5 GWp Photovoltaikleistung installiert waren.

Allerdings zeigt die Erfahrung, dass in der Photovoltaik (PV)-Branche tendenziell eher auf Quantität denn auf Qualität geachtet wird. Das Handelsblatt schrieb in seiner Ausgabe vom 28. Oktober 2012, dass "viele Solaranlagen schlecht abschneiden". Projektierer und Errichter von PV-Anlagen legen aus unterschiedlichen Gründen - u. a. Zeitdruck, mangelnde Vor- und Nachbereitung oder fehlende Fachkenntnis - häufig das Hauptaugenmerk auf die zügige Fertigstellung der Anlage, sodass notwendige Zeit für die Qualitätssicherung fehlt. Gleichzeitig scheinen die Kunden nur eingeschränkt Wert darauf zu legen, dass ihre Anlagen nach dem Stand der Technik errichtet werden. Eine Begründung hierfür ist schwer zu finden, allerdings zeigen sich Kunden in Gesprächen immer wieder überrascht, welch hohen Standard sie hätten einfordern können und müssen.

Dabei steht für Investoren und Betreiber von Photovoltaikanlagen in der langjährigen Betriebsphase die Frage im Fokus, ob ihre PV-Anlage den maximal möglichen Energieertrag erzielt oder ob es aufgrund von technischen Störungen zu Ertragsverlusten gekommen ist.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Ertragsdaten von Photovoltaikanlagen in Deutschland für das Betriebsjahr 2012 objektiv zu bewerten, um Betreibern die Möglichkeit zu geben, ihre tatsächlichen Energieerträge mit den für ihre PV-Anlage zu erwartenden Erträgen zu vergleichen. Damit kann jeder Anlagenbetreiber einschätzen, ob seine Solaranlage solide Erträge erwirtschaftet oder ob es sich wegen zu kleiner Erträge lohnt, seine PV-Anlage technisch auf Optimierungsmöglichkeiten prüfen zu lassen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Vo	rwo	rt	ii		
In	halts	sverzeichnis	iv		
Al	bild	ungsverzeichnis	v		
Ta	belle	enverzeichnis	vii		
Gl	ossa	r	viii		
1	Zus	ammenfassung	2		
2	Ein	leitung	4		
3	Vorgehen				
	3.1	Fernüberwachungskonzept	7		
	3.2	Kennzahlen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen .	8		
	3.3	Datengrundlagen	11		
4	\mathbf{Erg}	ebnisse	19		
	4.1	Einstrahlung 2012	20		
	4.2	Spezifischer Ertrag 2012	23		
Li	terat	urverzeichnis	32		
\mathbf{A}	Anl	nang	33		
	A.1	Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen	33		
	A.2	Einstrahlungs- und Ertragsdaten 2012 für Deutschland	36		
	A.3	Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2012 $ \dots $	39		
	A.4	Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx	45		
	A.5	Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx	51		
	A.6	Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx	57		
	A.7	Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx	64		
	A.8	Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx	71		

	•
Inhaltsverzeichnis	17

A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx		77
$\rm A.10$ Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich $\rm 6xxxx$		84
$\rm A.11$ Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx		90
$\rm A.12~Ertragsdaten$ für den Postleitzahlbereich $8xxxx$		97
$\rm A.13$ Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich $9xxxx$	1	104

Abbildungsverzeichnis

1.1	Spez. Ertrag von PV-Anlagen in Deutschland	2
2.1	Kumulierte installierte Nennleistung in Deutschland	4
3.1	Prinzipieller Aufbau der Fernüberwachung	8
3.2	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	12
3.3	Anzahl ausgewerteter Anlagen pro Postleitzahlgebiet	13
3.4	Ausschluss von Extremwerten	14
3.5	Darstellung des Filterverfahrens	15
3.6	Sicherheitswahrscheinlichkeit	17
4.1	Korrekturfaktor für Ausrichtung und Neigung	19
4.2	Abweichung der horizontalen Einstrahlung 2012	21
4.3	Sonneneinstrahlung 2012 in geneigte Ebene	22
4.4	Abweichung von der langjährigen Einstrahlung	23
4.5	Spez. Ertrag 2012 für PV-Anlagen	24
4.6	Relative Abweichung zum langjährigen spez. Ertrag	25
4.7	Spez. Monatserträge Januar und Februar	26
4.8	Spez. Monatserträge März und April	26
4.9	Spez. Monatserträge Mai und Juni	27
4.10	Spez. Monatserträge Juli und August	27
4.11	Spez. Monatserträge September und Oktober	28
4.12	Spez. Monatserträge November und Dezember	28
4.13	Ertragsreferenzplot der spez. Erträge für Nordwestdeutschland $\ . \ . \ .$	29
4.14	Ertragsreferenzplot der spez. Erträge für Südostdeutschland	29
4.15	Streuung des spezifischen Ertrags	30
A.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	35
A.2	Abweichung der horizontalen Einstrahlung 2012	36
A.3	Sonneneinstrahlung 2012 in geneigte Ebene	37
A.4	Abweichung von der langjährigen Einstrahlung	37
A.5	Spez. Ertrag 2012 für PV-Anlagen	38

A.6 Relative Abweichung zum langjährigen spez. Ertrag	38
A.7 Spez. Ertrag im Januar 2012	39
A.8 Spez. Ertrag im Februar 2012	39
A.9 Spez. Ertrag im März 2012	40
A.10 Spez. Ertrag im April 2012	40
A.11 Spez. Ertrag im Mai 2012	41
A.12 Spez. Ertrag im Juni 2012 \hdots	41
A.13 Spez. Ertrag im Juli 2012	42
A.14 Spez. Ertrag im August 2012	42
A.15 Spez. Ertrag im September 2012	43
A.16 Spez. Ertrag im Oktober 2012	43
A.17 Spez. Ertrag im November 2012	44
A.18 Spez. Ertrag im Dezember 2012	44
$\rm A.19$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $\rm 0xxxx$	45
A.20 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 0xxxx $$	46
$\rm A.21$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 1xxxx	51
$\rm A.22~Histogramm$ des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 1xxxx $$	52
$\rm A.23$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $2xxxx$	57
A.24 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich $2xxxx$	58
$\rm A.25$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $3xxxx$	64
A.26 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich $3xxxx$	65
$\rm A.27$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $4xxxx$	71
A.28 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich $4xxxx$	72
$\rm A.29$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $\rm 5xxxx$	77
A.30 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich $5xxxx$	78
$\rm A.31$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $\rm 6xxxx$	84
$\rm A.32~Histogramm$ des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 6xxxx $$	85
$\rm A.33$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $7xxxx$	90
A.34 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich $7xxxx$	91
$\rm A.35~Ertragsreferenzplot$ der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $8xxxx$	97
${\rm A.36~Histogramm~des~spez}.$ Jahresertrags für den PLZ-Bereich $8xxxx$	98
$\rm A.37$ Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich $9xxxx1$	104
A.38 Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 9xxxx 1	105

Tabellenverzeichnis vii

Tabellenverzeichnis

A.1	Spezifische	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 0xxxx.	47
A.2	Spezifische	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 1xxxx.	53
A.3	${\bf Spezifische}$	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 2xxxx.	59
A.4	Spezifische	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 3xxxx.	66
A.5	${\bf Spezifische}$	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 4xxxx.	73
A.6	${\bf Spezifische}$	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 5xxxx.	79
A.7	Spezifische	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 6xxxx.	86
A.8	Spezifische	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 7xxxx.	92
A.9	${\bf Spezifische}$	Erträge	in	$\mathrm{kWh}/\mathrm{kWp}$	für	den	Postleitzahlbereich 8xxxx.	99
A.10	Spezifische	Erträge	in	kWh/kWp	für	den	Postleitzahlbereich 9xxxx.	106

Glossar

Glossar

EEGs Erneuerbaren Energien Gesetzes

GWp Gigawatt Peak (1.000 MWp)

IQ Interquartilsabstand

kW Kilowatt

kWh Kilowattstunden

kWp Kilowatt Peak (1.000 Wp)MWp Megawatt Peak (1.000 kWp)

PLZ Postleitzahl

PR Performance Ratio

PV Photovoltaik

QPR Quasi-Performance-RatioSTC Standard Test Conditions

W Watt

Wh WattstundenWp Watt Peak



1 Zusammenfassung

Während 2011 in weiten Teilen Deutschlands ein sehr sonnen- und damit ertragreiches Jahr war, zeigt sich das Kalenderjahr 2012 als durchschnittliches Photovoltaikjahr. In Nordwestdeutschland weisen Photovoltaikanlagen aufgrund geringerer Sonneneinstrahlung als im langjährigen Durchschnitt (2005–2011) leicht unterdurchschnittliche Energieerträge auf. Südlich der Linie Saarbrücken-Frankfurt/Main-Erfurt-Frankfurt/Oder ist die Sonneneinstrahlung zwischen 1 und 4% größer als die langjährige, mittlere Sonnenstrahlung, sodass PV-Anlagen in diesen Regionen etwas größere Erträge als in langfristigen Prognosen erwirtschaftet haben. In Baden-Württemberg und insbesondere in Nord-Baden waren die Erträge von PV-Anlagen in 2012 am größten.

Die Auswertungen in dieser Studie basieren auf rein statistischen Methoden und Algorithmen. Daher sind die Ergebnisse objektiv nachprüfbar und weisen keinen subjektiven Einfluss auf. Die Signifikanzanalyse zeigt, dass bei einer hinreichend großen Zahl auswertbarer PV-Anlagen (siehe Abschnitt 3.3.5) die statistischen Ergebnisse die wahren Erträge der Solaranlagen sehr gut widerspiegeln.

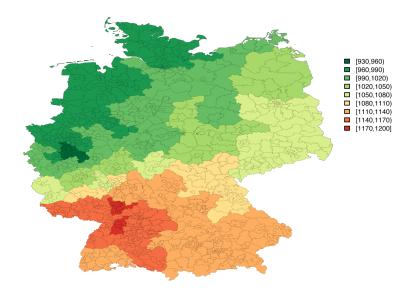


Abbildung 1.1: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2012. Siehe auch Abb. A.5.



2 Einleitung 4

2 Einleitung

In den letzten Jahren hat sich der Photovoltaikmarkt weltweit und insbesondere in Deutschland außergewöhnlich entwickelt. Von Anfang 2009 bis Ende 2012 wurden alleine in Deutschland mehr als 830.000 PV-Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 26,3 GWp installiert. Dies ist vor dem Hintergrund der andauernden politischen Diskussion zur Energiewende sowie den fortwährenden Anpassungen des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEGs) eine beachtliche Entwicklung.

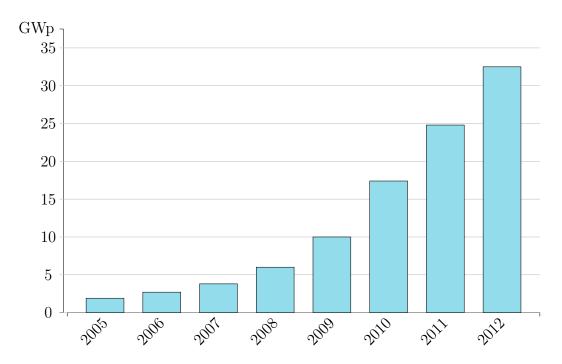


Abbildung 2.1: Kumulierte installierte Nennleistung in Deutschland.

Um Sollerträge von PV-Anlagen zu ermitteln, gibt es unterschiedliche Wege. Für solare Kraftwerke lohnt sich häufig die Ermittlung des Jahressollertrags mithilfe einer Ertragssimulation, die einem Ertragsgutachten unter Berücksichtigung der spezifischen Anlagenkonfiguration entspricht, jedoch die Einstrahlungs- und Temperaturverhältnisse des abgelaufenen Kalenderjahres anstatt langjähriger Strahlungsmittelwerte einbezieht. Für kleinere und mittelgroße PV-Anlagen ist dieser Aufwand in der Regel nicht wirtschaftlich, sodass für die Ertragsbewertung lediglich Vergleichsdaten von Solaranlagen in der Region herangezogen werden können. Im Internet

2 Einleitung 5

gibt es verschiedene Ertragsvergleichsportale, bei denen Betreiber ihre Ertragsdaten händisch eintragen und pflegen können; eine Qualitätskontrolle solcher Daten ist allerdings kaum möglich.

Aus diesem Grund wurde diese Studie ins Leben gerufen, um Investoren und Betreibern von Photovoltaikanlagen eine solide Bewertungsgrundlage zu bieten, die Energieerträge ihrer PV-Anlage zu vergleichen und zu analysieren. Zwar kann nicht ausgeschlossen werden, dass es in Einzelfällen bei Solaranlagen zu statistischen Abweichungen bei der Bewertung kommt, in den meisten Fällen spiegelt jedoch die Bewertung die Qualität des Energieertrags wider. Sollten die Erträge von PV-Anlagen unterdurchschnittlich ausfallen, lässt sich mit etwas technischem Aufwand aus den Monitoringdaten oder durch einen Vor-Ort-Termin eine Erklärung für die Mindererträge identifizieren.

Im folgenden Kapitel werden das prinzipielle Vorgehen und die angewandten Algorithmen beschrieben. Dabei wird großer Wert auf die statistischen Gesetzmäßigkeiten gelegt, welche eine objektive Beurteilung der Auswertung der Fernüberwachungsmessdaten erlauben. Anschließend werden in Kapitel 4 die Ergebnisse der Auswertung vorgestellt und diskutiert. Im Anhang A sind die Resultate im Detail für jede zweistellige Postleitzahlregion in Deutschland aufgeführt.



3 Vorgehen 7

3 Vorgehen

In diesem Kapitel werden die Algorithmen beschrieben, welche zur Auswertung der Ertragsdaten der Photovoltaikanlagen verwendet wurden. Da die Betreiber der PV-Anlagen in erster Instanz für die Qualität und Pflege der Messdaten des Fernüberwachungssystem verantwortlich und diese Daten häufig unzureichend gepflegt sind, musste ein großer Aufwand betrieben werden, um Fehlkonfigurationen, Mess- und Datenfehler sowie Betriebsstörungen statistisch auszuschließen, damit das Ergebnis der Ertragsbewertung nur gut gepflegte Solaranlagen widerspiegelt.

3.1 Fernüberwachungskonzept

Ausgangspunkt der Analyse sind Messdaten von PV-Anlagen, die mit dem Monitoringsystem der meteocontrol fernüberwacht werden. Zum 31. Dezember 2012 wurden weltweit 30.300 Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 6,4 GWp und in Deutschland 21.200 Anlagen mit einer Nennleistung von 4,1 GWp überwacht. In Abb. 3.1 ist das prinzipielle Konzept eines Fernüberwachungssystems von PV-Anlagen dargestellt.

Zentrale Komponente ist der Datenlogger, der die Messdaten der einzelnen Komponenten aufzeichnet, speichert und über das Internet an einen zentralen Server übermittelt. Für diese Studie werden die Ertragsdaten, die vom Stromzähler bzw. aus Messwerten der Wechselrichter ermittelt werden, sowie Einstrahlungsinformationen verwendet. Die Strahlungsdaten werden vor Ort von Einstrahlungssensoren oder Pyranometern, die in die geneigte Modulebene montiert sind, aufgenommen. Falls keine Einstrahlungssensorik installiert ist, werden die Sonnenenergiedaten von Satellitenmessungen des meteosat-Satelliten verwenden.

Darüber hinaus ist die Konfiguration jeder PV-Anlage bekannt. Neben dem Standort der Anlagen fließen die Ausrichtung und Neigung der Solarmodule in die Analyse ein.

Die Messdaten liegen in 15-Minuten-Intervallen für jede PV-Anlage vor. Für die Auswertung werden diese Daten auf Monatswerte aggregiert.

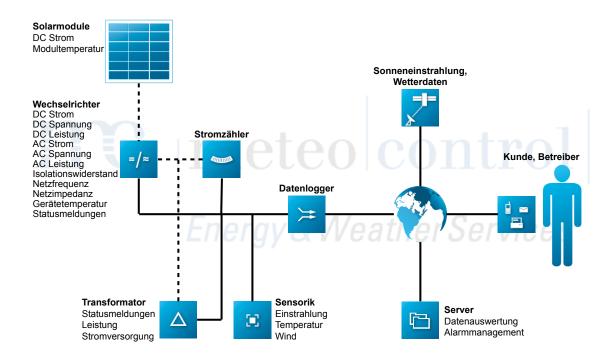


Abbildung 3.1: Prinzipieller Aufbau der Fernüberwachung einer PV-Anlage.

3.2 Kennzahlen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen

Für die Analyse der Photovoltaikanlagen bedarf es Kennzahlen, um Anlagen miteinander vergleichen zu können. Innerhalb der Studie werden daher bereits etablierte
Kennzahlen zur Bewertung von PV-Anlagen wie der Energieertrag bzw. der spezifische Energieertrag und die Einstrahlung analysiert. Die Performance Ratio (PR)
wird als Qualitätskennzahl in dieser Studie nicht herangezogen, da die PR zum
einen in Deutschland einen weitestgehend standortunabhängigen Wert wiedergeben
sollte, andererseits stark vom Messsystem insbesondere für die Sonneneinstrahlung
abhängt.

3.2.1 Energieertrag

Die wichtigste Kennzahl zur Beurteilung einer einzelnen PV-Anlage ist ihr Energieertrag. Der Energieertrag ist die in einem bestimmten Zeitraum produzierte Menge an Energie z. B. in Kilowattstunden (kWh). Die Messung des Energieertrags erfolgt über die Einspeisezähler einer Anlage. Da der Energieertrag von vielen Faktoren einer PV-Anlage abhängt (Nennleistung, Standort, Ausrichtung, Neigung, Komponenten, Konfiguration), ist ein direkter Vergleich von Energieerträgen unterschiedlicher Anlagen nicht möglich. Um die Ertragsdaten der PV-Anlagen vergleichen zu können, wird der spezifische Ertrag verwendet.

3.2.2 Spezifischer Ertrag

Der spezifische Ertrag $E_{\rm spez}$ ist eine Kennzahl, mit der sich unterschiedliche Anlagen vergleichen lassen. Zur Berechnung des spezifischen Ertrags wird der Energieertrag durch die nominelle Anlagenleistung $P_{\rm nom}$ dividiert (siehe Gleichung (3.1)).

$$E_{spez} = \frac{E}{P_{nom}} \tag{3.1}$$

Die nominelle Anlagenleistung in Kilowatt Peak (1.000 Wp) (kWp) errechnet sich aus der Summe der nominellen Leistung der installierten Module unter Standard Test Conditions (STC). Der spezifische Ertrag normiert Anlagen unterschiedlicher Größe auf eine einheitliche Ertragsgröße in kWh/kWp. Über den spezifischen Ertrag lassen sich PV-Anlagen in einer Region mit ähnlicher Konfiguration (Ausrichtung, Neigung, Komponenten) vergleichen.

3.2.3 Performance Ratio

Die PR einer Anlage spiegelt die Effizienz der Anlage wider und ist durch die Gleichung (3.2) nach DIN VDE 61813 Abs. 3.4.26 n) und Abs. 3.4.66 [VDE, 2007] definiert

$$PR = \frac{E}{G_M \cdot A \cdot \eta_M} \quad . \tag{3.2}$$

- E = Energieertrag in kWh,
- $G_M =$ Einstrahlungsenergie in Modulebene in kWh pro m^2 ,
- $A = \text{Gesamtfläche der PV-Module in } m^2$,
- η_M = Wirkungsgrad des Moduls.

Der Wirkungsgrad und die eingestrahlte Sonnenenergie in Modulebene der installierten Module fließen in die Berechnung der PR ein. Daher lassen sich mit Hilfe der Performance Ratio auch Anlagen mit unterschiedlicher Konfiguration und an unterschiedlichen Standorten vergleichen. Der Wirkungsgrad der Module ist indirekt mit in der nominellen Leistung unter STC verknüpft, sodass sich die PR in (3.3) vereinfacht darstellen lässt

$$PR = \frac{E}{P_{nom} \cdot G_M} \quad . \tag{3.3}$$

Definitionsgemäß ist die PR eine Jahreskennzahl, d. h. die PR bezieht sich auf den Jahresertrag und die Sonneneinstrahlung in einem vollständigen Jahr. Eine unterjährige Betrachtung der PR auf monatlicher oder täglicher Basis ist möglich, jedoch unterliegt die PR jahreszeitlichen Schwankungen, sodass eine direkte Vergleichbarkeit nicht gegeben ist [te Heesen und Herbort, 2013].

Der Wert der PR wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Diese Faktoren sind z. B. Temperatur- und Einstrahlungsabweichungen von den STC, welche zu einer Mehr- oder Minderleistung der Module und somit auch der Anlage führen.

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Faktor ist die Messmethode für die Einstrahlung (Haselhuhn, 2007). Die Einstrahlung in Modulebene wird in der Regel entweder mit einem kristallinen Sensor oder einem Pyranometer gemessen. Ein hochwertiges Pyranometer ist die genaueste Möglichkeit, die Einstrahlung zu messen. Die Messgenauigkeit beträgt im Jahresmittel ca. 2 %. Die Werte eines kristallinen Sensors können im Jahresmittel bis zu -4 %. von denen des Pyranometers abweichen. Da die PR direkt von der Genauigkeit der Einstrahlungssensoren abhängt, wirken sich diese Schwankungen auch auf die PR aus.

Eine weitere Möglichkeit Einstrahlungswerte zu erhalten, bieten Satellitendaten (Lorenz et al., 2004). Mit Hilfe geeigneter Algorithmen lassen sich die für PV-Anlagen relevanten Einstrahlungswerte aus den Satellitendaten ermitteln. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es eine PR-Ermittlung ohne den Einsatz von Einstrahlungssensoren möglich macht. Außerdem ermöglicht der Ansatz es, die PR vieler Anlagen unter Verwendung einer identischen Grundlage zu ermitteln. Hierdurch ist eine gesonderte Betrachtung der unterschiedlichen Messfehler zwischen Pyranometern und kristallinen Sensoren nicht mehr notwendig.

3.3 Datengrundlagen

Die Fernüberwachungsmessdaten der meteocontrol bilden die Grundlage der Studie. Das Verfahren zur Erfassung der Betriebsdaten ist in Abschnitt 3.1 beschrieben.

3.3.1 Räumliche Eingrenzung

Die Studie soll die Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen in Deutschland untersuchen. Deutschland hat allerdings unterschiedliche klimatische Zonen in Bezug auf Einstrahlungsmengen und Temperatur wie z. B. die Küstenlandschaft in Norddeutschland im Vergleich zur Alpenregion in Süddeutschland. Da die verwendeten Qualitätskriterien meteorologische Besonderheiten wie z. B. unterschiedliche Umgebungstemperaturen nicht berücksichtigen, wurde die Auswertungen nach zweistelligen Postleitzahlbereichen durchgeführt (siehe Abbildung 3.2).

Die zweistelligen Postleitzahl (PLZ)-Gebiete erstrecken sich meist über Regionen mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Die Lage einer Anlage innerhalb des PLZ-Gebiets spielt für die Auswertung von Ertrag und Einstrahlung eine vernachlässigbare Rolle.

Bezogen auf die Anzahl der Anlagen ergab sich eine Häufung von Anlagen im süddeutschen Raum, daher ist die Auswertung in diesen Regionen genauer als im restlichen Bundesgebiet (siehe Abb. 3.3).

Um die Anzahl der auswertbaren Anlagen zu vergrößern, werden für die regionale Analyse von Ertrag und Einstrahlung sämtliche PV-Anlagen betrachtet, deren Standort sich innerhalb eines zweistelligen PLZ-Gebiets und den direkt angrenzenden PLZ-Gebieten befindet (z. B. PLZ-Region 46xxx mit den benachbarten Regionen 45, 47 und 48). Dies führt zu einer stärkeren Durchmischung der Regionalanalyse, sodass einzelne Anlagen bzw. Anlagencluster die Untersuchung für einzelne PLZ-Bereiche nicht unverhältnismäßig beeinflussen können (siehe Abschnitt 3.3.4 für die Erläuterung der Datenqualitätsprüfung und -bereinigung).

3.3.2 Zeitliche Eingrenzung

In der Studie wurde das Betriebsjahr 2012 ausgewertet. Die Kennzahlen werden zunächst jeweils auf Monatsbasis ermittelt und fließen auch als Monatswerte in den

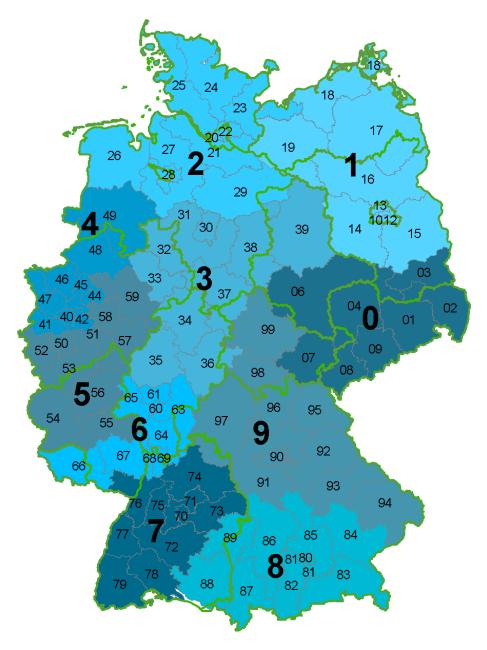


Abbildung 3.2: Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn).

Datenqualitätsfilter (siehe 3.3.4) ein. Im Anschluss daran wird der Jahresmittelwert aus den Monatsmittelwerten gebildet.

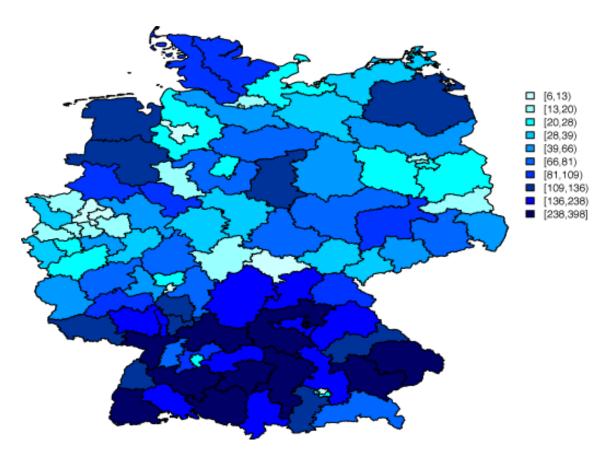


Abbildung 3.3: Anzahl ausgewerteter Anlagen pro zweistelligem PLZ-Gebiet nach Durchlaufen der Datenprüfalgorithmen nach Abschnitt 3.3.4: Es ergibt sich eine Häufung von Anlagen im süddeutschen Raum, kleinere PLZ-Gebiete (z. B. in Berlin) weisen hingegen nur sehr wenige Anlagen auf.

3.3.3 Einschränkung der Anlagenkonfiguration

Um Effekte wie zum Beispiel Degradation vernachlässigen zu können, werden nur Anlagen gewählt, die ab 2006 ans Netz gegangen sind. Außerdem werden nur Anlagen mit monokristallinen oder polykristallinen Solarmodulen berücksichtigt, um ertragsrelevante Effekte anderer Modultechnologien, insbesondere von Dünnschichtmodulen, auszuschließen.

Der Ertrag einer Anlage hängt maßgeblich von der Ausrichtung und Neigung der PV-Module ab (Quaschning, 2013, S. 121). Um einen Vergleich von Anlagen mit einer vergleichbaren Ertragserwartung zu ermöglichen, wurden nur Anlagen berücksichtigt, die eine Modul-Ausrichtung zwischen 135° und 225° haben. Außerdem wurde die Neigung der Module auf den Bereich zwischen 10° und 45° eingegrenzt.

3.3.4 Datenqualität

Bei der explorativen Datenanalyse* zeigte sich, dass es teilweise Anlagen gab, welche unplausible Werte bzw. gar keine Werte liefern. Um ein korrektes Ergebnis zu ermöglichen, wurden daher zunächst die Monatswerte von Anlagen herausgefiltert, die extreme Werte aufwiesen bzw. keine Werte hatten.

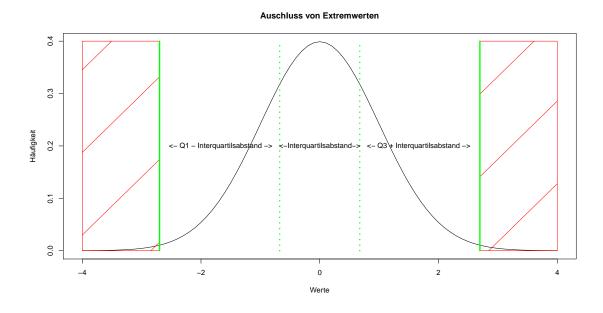


Abbildung 3.4: Ausschluss von Extremwerten unter Verwendung des Interquartilsabstands nach Tukey (1977).

Die für die Auswertung relevanten Kennzahlen zur Analyse der statistischen Ergebnisse sind der Median und die Quartile. Der Median gibt bei einer Menge von Daten den Wert an, bei dem 50 % der Messwerte kleiner und 50 % der Messwerte größer als der Median sind. Das 1. Quartil (oder untere Quartil) gibt den Messwert wieder, bei dem 25 % der Messwerte kleiner und 75 % der Messwerte größer als das 1. Quartil sind. Entsprechend sind bezogen auf das 3. Quartil (oder obere Quartil) 75 % der Messwerte kleiner und 25 % größer als das 3. Quartil. Der Abstand zwischen dem 1. und 3. Quartil wird als Interquartilsabstand (IQ) bezeichnet.

^{*} Explorative Datenanalyse dient dazu mit Hilfe von Histogrammen, Box-Plot u. A. grundlegende Zusammenhänge und Verteilungen in Daten zu ermitteln. Weiterführende Informationen bietet z. B. [Tukey, 1977]

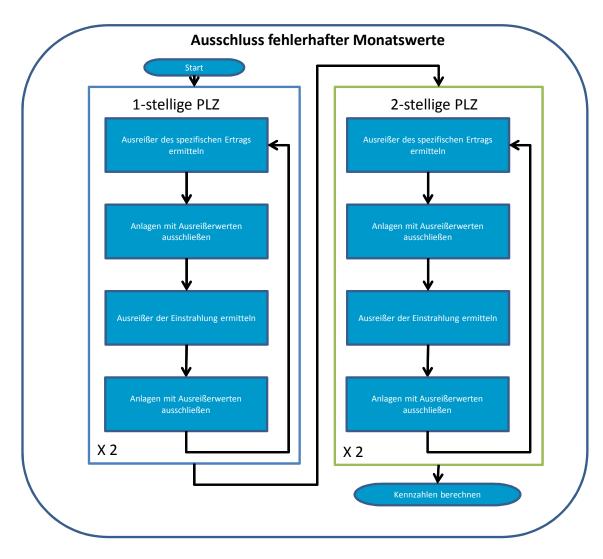


Abbildung 3.5: Ablauf des zweistufigen Filterverfahrens

Bei einer Normalverteilung entspricht der Median dem arithmetischen Mittelwert. Um eine Annäherung an die Normalverteilung zu erlangen, müssen Median und arithmetisches Mittel also angenähert werden. Kriterium für die Güte des Algorithmus ist daher die Distanz beider Werte.

Nachdem die Anlagen entfernt wurden, die keine Werte liefern, durchliefen die anderen Anlagen ein zweistufiges Verfahren, wie in Abbildung 3.5 dargestellt. Ziel des Verfahrens ist es, Ausreißer auszuschließen und dadurch eine Normalverteilung der Erträge der Anlagen zu gewährleisten. Eine geeignete Methode hierfür stellt nach [Tukey, 1977] die Verwendung des IQs dar. Demnach werden alle Werte, welche sich

innerhalb des Wertebereichs zwischen dem 1. Quartil - 1,5-fachen IQ und dem 3. Quartil + 1,5-fachen IQ befinden, als valide Werte angesehen (siehe Abbildung 3.4).

Die Ertrags- und Einstrahlungsdaten aller Anlagen, die sich in einem einstelligen Postleitzahlbereich befinden, werden für jeden Monat des Jahres bewertet. Anlagen, deren Erträge bzw. Einstrahlungswerte außerhalb der Ausreißergrenzen (d. h. deren Werte kleiner als die untere Grenze des Wertebereichs bzw. größer als die obere Grenze des Wertebereichs sind) liegen, werden im weiteren Verlauf des Algorithmus nicht mehr berücksichtigt. Nachdem der Algorithmus für die einstelligen PLZ-Bereiche abgeschlossen ist, wird der Algorithmus zweifach für sämtliche zweistellige Postleitzahlbereiche durchlaufen. Grund für die zweifache Anwendung des Algorithmus auf die Ertrags- und Einstrahlungsdaten ist, dass der einmalige Durchlauf des Verfahrens zu linksschiefen Normalverteilungen führt. Die Filterung der Messdaten zunächst auf einstelliger und anschließend auf zweistelliger PLZ-Ebene vergrößert die Anzahl auswertbarer Messdaten und stabilisiert den Algorithmus.

3.3.5 Signifikanz der Ergebnisse

Da der Algorithmus lediglich auf statistischen Verfahren beruht, sind die Ergebnisse des Algorithmus bei hinreichend großer Anzahl von PV-Anlagen in einer Region signifikant. Ertrag und Einstrahlung für die Regionen spiegeln bis auf einen statischen Fehler die Soll-Erträge und -Einstrahlung wider.

Für die Sicherheitswahrscheinlichkeit D(z) gilt

$$z^2 = \frac{n \cdot \varepsilon^2}{\sigma \cdot (1 - \sigma)} \tag{3.4}$$

mit der zentralen Wahrscheinlichkeit der Standardnormalverteilung z, der Anzahl der ausgewerteten PV-Anlagen n, dem tolerierten Fehler ε des berechneten Ertrag vom wahren Ertrag in einer Region und der relativen Abweichung σ des Whiskerabstands vom Median als Maß für die Streuung der Ertragsdaten.

Eine graphische Darstellung der Sicherheitswahrscheinlichkeit D(z) in Abhängigkeit der Anzahl ausgewerteter Anlagen pro Region ist in Abbildung 3.6 dargestellt. Bei einem tolerierten Fehler von 3% (blaue Rauten) weichen mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von über 95% die berechneten Werte wie Median und 1. bzw. 3. Quartil bei mehr als 200 ausgewerteten Anlagen nicht vom wahren Ertrag ab.

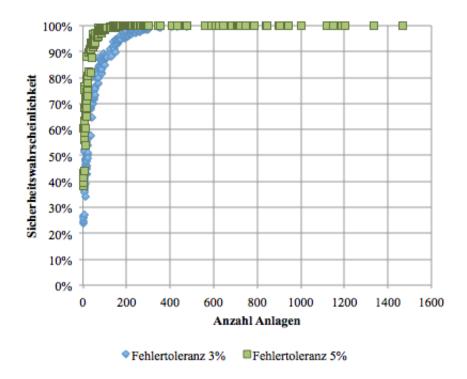


Abbildung 3.6: Sicherheitswahrscheinlichkeit der Messdatenanalyse in Abhängigkeit der ausgewerteten Anlagenanzahl. Der tolerierte Fehler ist mit $3\,\%$ in blau und mit $5\,\%$ in grün angegeben.

Entsprechend beträgt ab bereits 50 auswertbaren Anlagen in einer Region die Sicherheitswahrscheinlichkeit $97,5\,\%$ mit einem tolerierten Fehler von $5\,\%$ (grüne Quadrate).

Aus dieser Betrachtung zeigt sich, dass durch den oben erläuterten Algorithmus die Ergebnisse statistisch signifikant sind und die zu erwartenden Erträge in den einzelnen Postleitzahlregionen wiedergeben.



4 Ergebnisse 19

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ertragsanalyse dargestellt und diskutiert. Im Anhang A ab Seite 33 sind die Ergebnisse der einzelnen Postleitzahlregionen im Detail aufgeführt.

Sämtliche Ertrags- und Einstrahlungsdaten beziehen sich auf PV-Anlagen mit Modulen, die nach Süden ausgerichtet (180°) und eine Neigung von 30° aufweisen. Für den Datenvergleich mit Anlagen, deren Module eine andere Ausrichtung und/oder Neigung aufweisen, müssen die in dieser Studie angegeben Werte mit einem Korrekturfaktor nach Abbildung 4.1 multipliziert werden. Beispielsweise müssten die Ertrags- und Einstrahlungswerte in dieser Studie für den Vergleich mit einer PV-Anlage, deren Module nach Westen (270°) ausgerichtet und 20° geneigt sind, mit dem Faktor 90% (0,9) multipliziert werden. Sofern die Module der PV-Anlage eine Ausrichtung zwischen Südost (150°) und Südwest (210°) sowie eine Neigung zwischen 15° und 40° aufweisen, müssen die angegeben Daten nicht korrigiert werden.

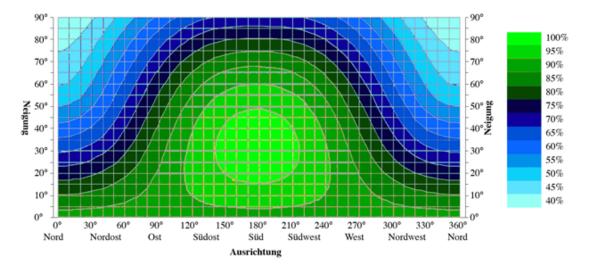


Abbildung 4.1: Korrekturfaktor für Ertrags- und Einstrahlungsdaten in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung der Solarmodule in Deutschland. PV-Anlagen mit Solarmodulen mit einer Ausrichtung nach Süden (180°) und einer Neigung von 30° weisen den höchsten Ertrag auf und werden mit 100% referenziert. Weichen Ausrichtung und/oder Neigung der Solarmodule von diesen Wert ab, reduziert sich der Jahresertrag der PV-Anlage.

Als Referenzwert für die Einstrahlung und den spezifischen Ertrag wird das 3. Quartil angegeben. Die verwendeten Modul- und Wechselrichtertechnologien sowie die spezifische Anlagenkonfiguration erlauben in den betrachteten Regionen entsprechende Werte für Einstrahlung und Ertrag, sodass eine gut errichtete und gepflegte Photovoltaikanlage einen Ertrag erreichen kann, der dem 3. Quartilswert entspricht. Ist der Ertrag einer PV-Anlage kleiner als der Wert des 3. Quartils, jedoch größer als der Median, so kann dieser Ertrag einer Anlage in einer Region als durchschnittlich angesehen werden. Sollte der Ertrag kleiner als der Median sein, so weist die Solaranlage technische Mängel auf, die zu einer ertragsgeminderten Stromproduktion führen - die PV-Anlage sollte einer technischen Überprüfung unterzogen werden, um Mängel identifizieren und ggf. beseitigen zu können.

4.1 Einstrahlung 2012

Zunächst wird die Sonneneinstrahlung in der Horizontale im Kalenderjahr 2012 im Vergleich zur langjährigen, mittleren Sonneneinstrahlung (2005–2011) betrachtet [Zehner et al., 2013]. Hierzu wurden Daten des MSG-Satelliten (Meteosat Second Generation) in der Enmetsol-Datenbank ausgewertet.

Ähnlich wie bereits in 2011 zeigt sich für 2012 ein Süd-Nord-Gefälle bei der Einstrahlungsdifferenz (siehe Abb. A.2). In Nordwestdeutschland nördlich der Linie Saarbrücken-Frankfurt/Main-Erfurt-Frankfurt/Oder war die Einstrahlung bis zu 7% geringer als im langjährigen Mittel. PV-Anlagen in dieser Region weisen einen kleineren Ertrag als in langfristigen Prognosen auf. Südlich dieser Linie, d. h. in Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen und Sachsen, ist die horizontale Sonneneinstrahlung bis zu 4% größer als die langjährige, mittlere Einstrahlung. Damit ist 2012 deutschlandweit betrachtet ein Jahr mit durchschnittlicher Sonneneinstrahlung.

Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der Analyse der Einstrahlungsdaten in die geneigter Modulebene. Zunächst wird in Abbildung A.3 die absolute Sonneneinstrahlung betrachtet. Die Verteilung der Einstrahlung nimmt aufgrund der Sonnenposition erwartungsgemäß von Norden nach Süden hin zu. Die Werte liegen zwischen $1.050\,\mathrm{kWh/m^2}$ in Norddeutschland und bis zu $1.365\,\mathrm{kWh/m^2}$ in Süddeutschland. Insbesondere in Schleswig-Holstein und im Ruhrgebiet war die Einstrahlung in 2012 am

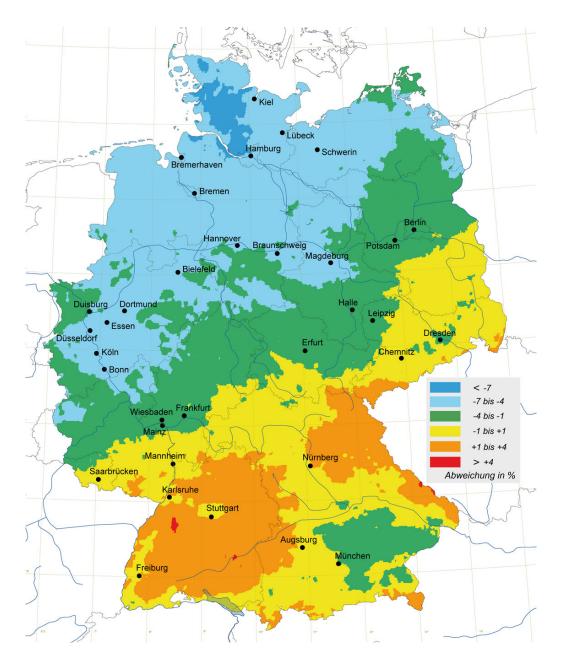


Abbildung 4.2: Abweichung der Einstrahlung 2012 von der langjährigen horizontalen Einstrahlung (2005–2011).

kleinsten. Baden und der Großraum Stuttgart weisen hingegen die größten Einstrahlungswerte auf.

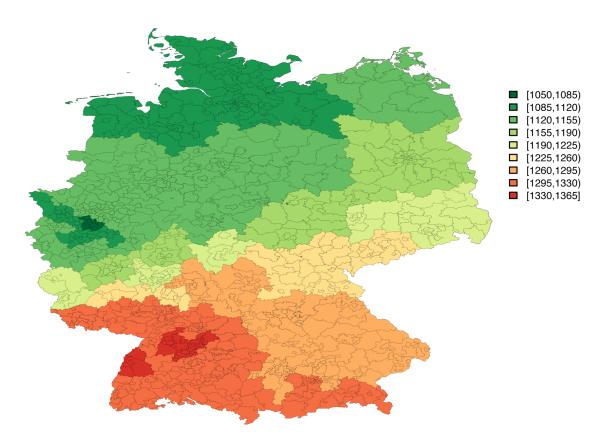


Abbildung 4.3: Mittlere Einstrahlung in geneigter Ebene der Anlagen pro zweistelligem Postleitzahlbereich.

Wird die Einstrahlungsverteilung 2012 in Modulebene mit der mittleren Sonneneinstrahlung von 2008 bis 2011 in Deutschland verglichen, ergibt sich ein etwas anderes Bild (siehe Abb. A.4).

Das Saarland, Nordbaden sowie Sachsen weisen 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel den größten Gewinn an Einstrahlung von 3,2 % bis zu 4,0 % auf. Dieser Einstrahlungsgewinn hat direkten Einfluss auf den Ertrag, da Einstrahlung und Ertrag annähernd proportional sind. In Schleswig-Holstein, dem Sauerland und Teilen Niedersachsens bzw. Nordhessens zeigt sich hingegen 2012 die größte negative Abweichung der Einstrahlung in Bezug auf die langjährig mittlere Einstrahlung. Für Gesamtdeutschland sind die Unterschiede 2012 zum langjährigen Mittel jedoch nicht so groß wie im Kalenderjahr 2011, in dem es aufgrund hoher Sonneneinstrahlung sowie vieler Sonnenstunden zu einem Einstrahlungsgewinn von bis zu 15 % kam [Zehner et al., 2012].

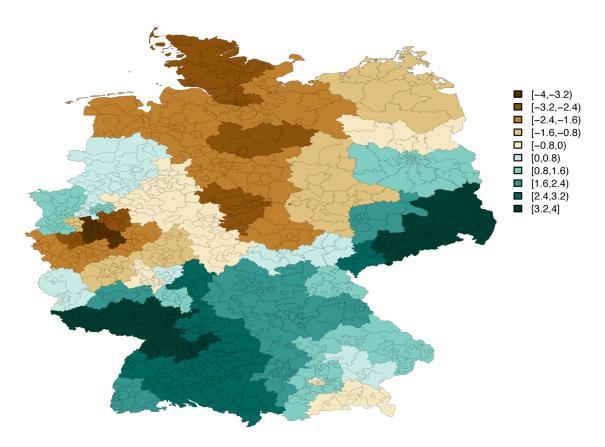


Abbildung 4.4: Abweichung von der langjährigen Einstrahlung in geneigter Ebene der Anlagen pro zweistelligem Postleitzahlbereich.

4.2 Spezifischer Ertrag 2012

Nachdem die Einstrahlung in die nach Süden ausgerichtete und um 30° geneigte Modulebene für 2012 dargestellt wurde, werden nun die spezifischen Erträge von PV-Anlagen in Deutschland mit derselben Modulneigung dargestellt. Angegeben ist jeweils das 3. Quartil des spezifischen Ertrags für die jeweilige Region. Im Anhang A ab Seite 33 sind darüber hinaus Angaben zu den Ertragsobergrenzen und -untergrenzen sowie zu den Quartilswerten zu finden.

4.2.1 Vollständiges Kalenderjahr 2012

Abbildung A.5 stellt die Verteilung des spezifischen Ertrags auf zweistelliger PLZ-Ebene dar. Entsprechend zur Einstrahlungsverteilung (siehe Abb. A.3) zeigt sich, dass in Nordwestdeutschland sowie in Nordrhein-Westfalen in 2012 lediglich spezifi-

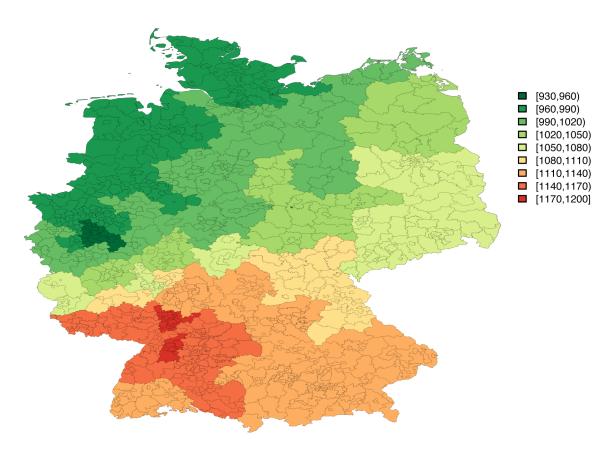


Abbildung 4.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2012.

sche Erträge von 930 bis 990 kWh/kWp zu erwarten sind. In Ostdeutschland, d. h. in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie in Thüringen betrug der spez. Jahresertrag 1.020 bis 1.080 kWh/kWp. Der spezifische Ertrag von über 1.080 kWh/kWp wird südlich der Linie Trier-Frankfurt-Leipzig-Berlin überschritten. Die höchsten Erträge von PV-Anlagen in 2012 mit 1.140 bis 1.200 kWh/kWp sind im Saarland sowie Nordbaden zu verzeichnen.

Der Vergleich der spezifischen Erträge 2012 mit dem langjährigen mittleren Ertragsdaten von 2008 bis 2011 zeigt zum Teil deutliche regionale Unterschiede. So bleiben die Erträge in Nord- und Nordostdeutschland hinter den langjährigen Mittelwerten zurück. In Mecklenburg-Vorpommern müssen Anlagenbetreiber Ertragseinbußen von rund 4% im Vergleich zu den Vorjahren hinnehmen. Leicht höhere Erträge als im langjährigen Durchschnitt sind in weiten Teilen von Hessen, Rheinland-Pfalz, Bayern sowie Sachsen zu verzeichnen. Aufgrund der Einstrahlungsverteilung

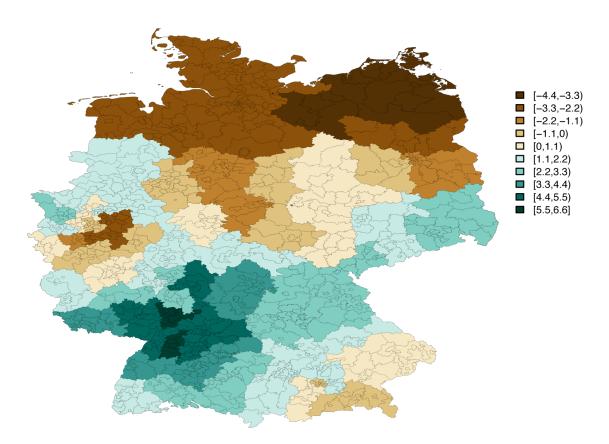


Abbildung 4.6: Relative Abweichung vom langjährigen spezifischen Ertrag (2008-2011) für PV-Anlagen in Deutschland für 2012.

(siehe Abb. A.4) gibt es für 2012 Ertragsüberschüsse von 4 bis zu $6,6\,\%$ im Saarland und dem nördlichen Baden-Württemberg.

4.2.2 Spezifischer Ertrag pro Monat

Die folgenden Abbildungen (Abb. 4.7 bis 4.12) stellen die spezifischen Monatserträge für Januar bis Dezember 2012 für Photovoltaikanlagen in Deutschland dar. Eine Vergrößerung der Ertragskarten ist im Anhang A.3 auf den Seiten 39 bis 44 zu finden.

In den einzelnen Monaten sind die jahreszeitlich-regionalen Schwankungen der Erträge für PV-Anlagen zu erkennen. In den einstrahlungsstarken Sommermonaten sind erwartungsgemäß die Erträge in Süddeutschland hoch.

Im Januar zeigt sich beim spezifischen Ertrag ein Südwest-Nordost-Gefälle - auf der Achse Schleswig-Holstein-Niedersachsen-Thüringen sind die Erträge am klein-

sten. Im Februar weisen weite Teile Deutschlands einen einheitlichen Ertrag auf, während sich die Erträge im Südwesten deutlich vom übrigen Deutschland abheben.

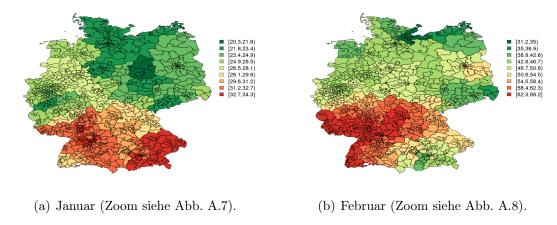


Abbildung 4.7: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für Januar und Februar 2012.

Im März 2012 weisen PV-Anlagen im Breisgau und dem südlichen Schwarzwald die größten Erträge auf, während im Nordwesten um rund 30% kleiner sind. Im April bietet sich ein vollständig anderes Bild - die größten Erträge im April sind im Osten und Südosten Deutschlands zu finden.

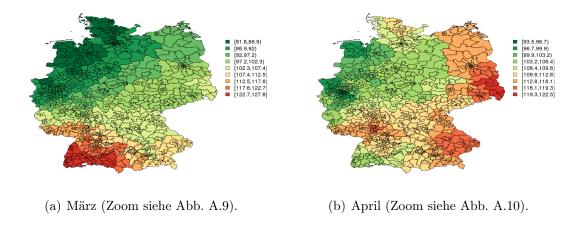


Abbildung 4.8: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für März und April 2012.

Der Mai 2012 ist der Monat mit den höchsten Erträgen deutschlandweit. Im nördlichen Baden-Württemberg, Bayern sowie in Thüringen erreichen die PV-Anlagen spezifische Erträge von rund 160 kWh/kWp. Die Erträge im Juni sind zum Teil deut-

lich kleiner - insbesondere in Westdeutschland erreichen PV-Anlagen einen spez. Ertrag von lediglich $110\,\mathrm{kWh/kWp}$.

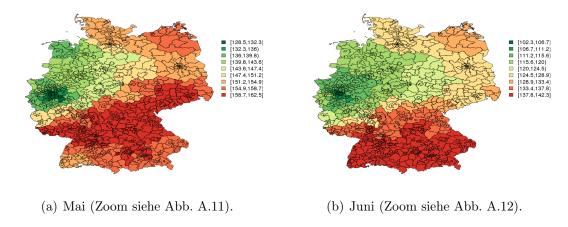


Abbildung 4.9: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für Mai und Juni 2012.

Im Juli sind die spezifischen Erträge in Deutschland weitestgehend gleichverteilt. Lediglich im Süden von Nordrhein-Westfalen erreichen die Erträge nicht die Werte wie im übrigen Deutschland. Im August zeigt sich erneut ein deutliches Süd-Nord-Gefälle - die Erträge im Süden Deutschlands sind rund 15 % größer als im Norden.

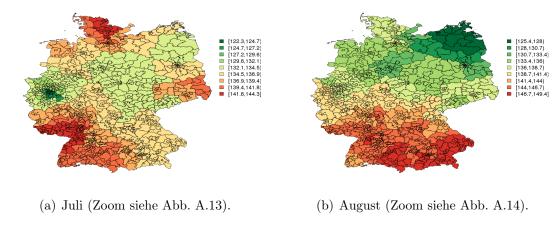
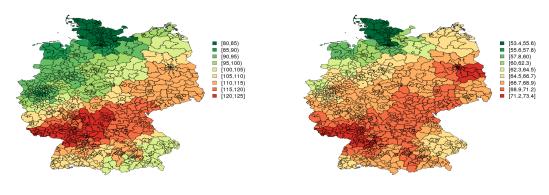


Abbildung 4.10: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für Juli und August 2012.

Im Saarland, in Nordbaden und in Franken sind die Septembererträge der PV-Anlagen am größten. In Schleswig-Holstein werden hingegen lediglich spezifische Erträge von 80 bis 85 kWh/kWp erreicht. Im Oktober zeigt sich ein ähnliches Bild, wobei die Ertragsunterschiede nicht so groß wie im September sind.



- (a) September (Zoom siehe Abb. A.15).
- (b) Oktober (Zoom siehe Abb. A.16).

Abbildung 4.11: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für September und Oktober 2012.

Die spezifischen Erträge im November sind in Deutschland wieder homogen verteilt. Im Dezember sind die Erträge in Südwestdeutschland noch einmal am größten, ihr Beitrag zum Gesamtertrag ist jedoch klein.

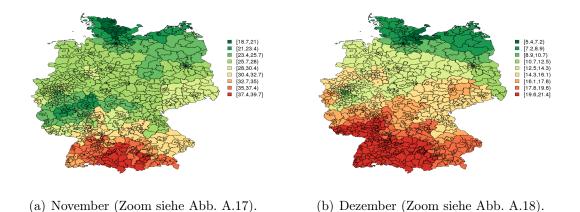


Abbildung 4.12: Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für November und Dezember 2012.

Zur Verdeutlichung der monatlichen Ertragsdaten sind in den Abbildungen 4.13 und 4.14 die Ertragsreferenzplots für Photovoltaikanlagen in Nordwest- und Südostdeutschland dargestellt.

Im Mai 2012 betrug der spezifische Ertrag rund 155 kWh/kWp; damit war der Mai der ertragreichste Monat 2012 in Deutschland gewesen. Die Erträge der Wintermonate Januar, November sowie Dezember liegen annähernd auf gleichem Niveau.

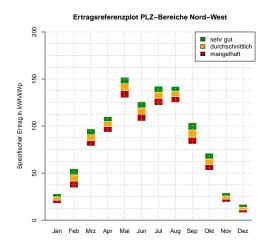


Abbildung 4.13: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für PV-Anlagen in Nordwestdeutschland. Der grüne Bereich gibt den Ertrag von sehr guten PV-Anlagen wieder, der gelbe Bereich repräsentiert Erträge durchschnittlicher Anlagen und der rote Bereich stellt Erträge von PV-Anlagen dar, die technisch bedingte Mindererträge aufweisen.

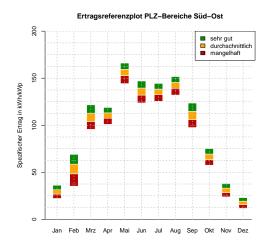


Abbildung 4.14: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für PV-Anlagen in Südwestdeutschland. Der grüne Bereich gibt den Ertrag von sehr guten PV-Anlagen wieder, der gelbe Bereich repräsentiert Erträge durchschnittlicher Anlagen und der rote Bereich stellt Erträge von PV-Anlagen dar, die technisch bedingte Mindererträge aufweisen.

In den Sommermonaten Mai bis August wurden spezifische Erträge von 140 bis $150\,\mathrm{kWh/kWp}$ erreicht.

Neben den regionalen Unterschieden konnten aber auch teilweise erhebliche Unterschiede innerhalb der Postleitzahlengebiete festgestellt werden (siehe Abbildung 4.15).

Es zeigte sich, dass es in den Wintermonaten teilweise Werte um bis 35 % vom Mittelwert abweichen. Eine Erklärung hierfür sind unter anderem PV-Anlagen mit schneebedeckten Solarmodulen. Aber auch Verschattungseffekte, die aufgrund des niedrigen Sonnenstands im Winter stärker auftreten, haben zu einer größeren Streuung der Erträge beigetragen. In der Zeit von April bis September ist die Streuung

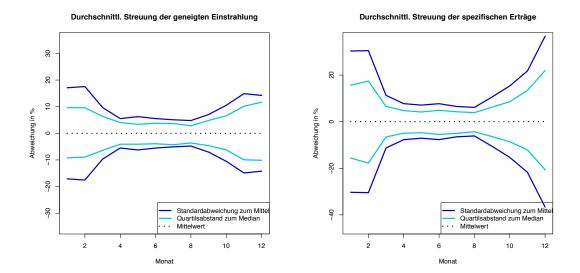
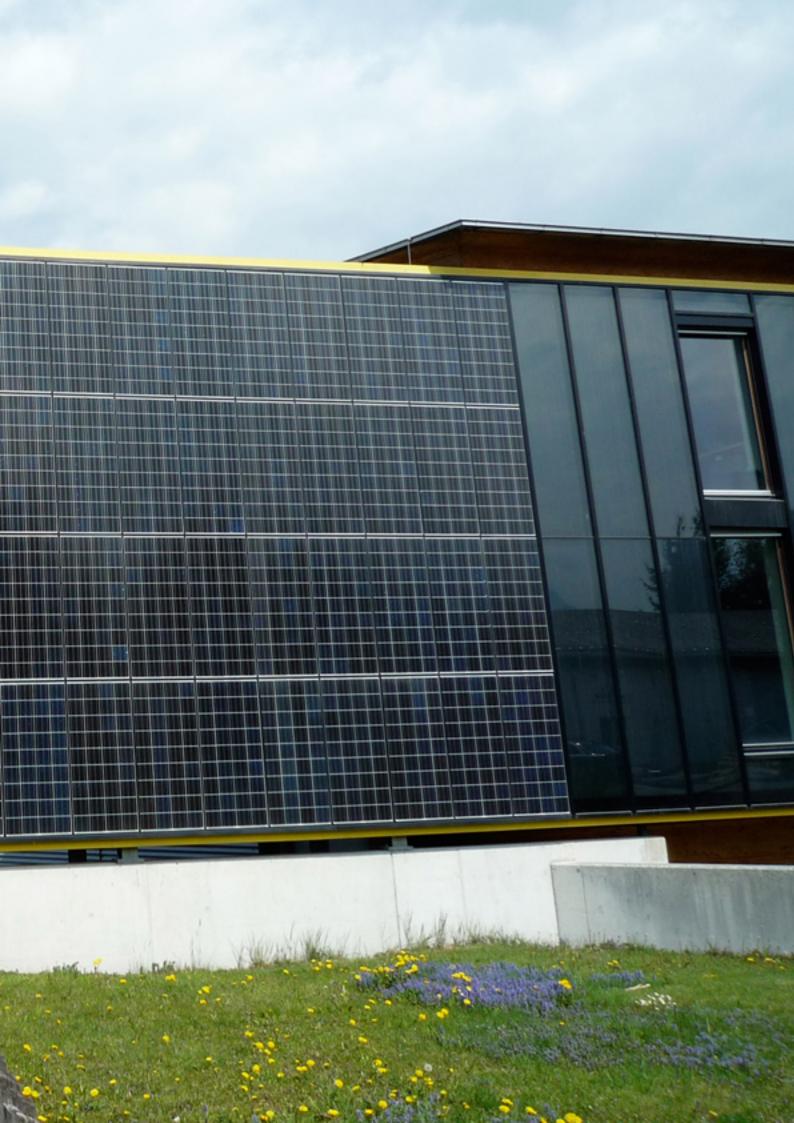


Abbildung 4.15: Durchschnittliche Streuung der Sonneneinstrahlung und des spezifischen Ertrags der PV-Anlagen in Deutschland.

konstant bei rund. \pm 7 %. Grund sind unter anderem unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen, welche zu einer Streuung der Erträge führen.



Literaturverzeichnis 32

Literaturverzeichnis

HASELHUHN, R. Performance Ratio zur Qualitätsbestimmung. *Elektropraktiker*, 61, S. S. 1 (2007).

- TE HEESEN, H.; HERBORT, V. Performancevergleich von Modultechnologien. η green, 1, S. 6 (2013).
- LORENZ, E.; BETCKE, J.; DREWS, A.; DE KEIZER, A.; STETTLER, S.; SCHEIDER, M.; BOFINGER, S.; HEINEMANN, D. Intelligent Performance Check of PV System Operation Based on Satellite Data (PVSAT-2), Final Technical Report. *Copernicus Institute, Utrecht University* (2004).
- Quaschning, V. Regenerative Energiesysteme: Technologie, Berechnung, Simulation (Hanser), 8. Aufl. (2013).
- Tukey, J. W. Exploratory data analysis (Addison-Wesley), 1. Aufl. (1977).
- VDE (Hg.) Photovoltaische Solarenergiesysteme Begriffe, Definitionen und Symbole (IEC/TS 61836:2007); Deutsche Fassung CLC/TS 61836:2009 (VDE) (2007).
- ZEHNER, M.; DOLL, A.; HAMMER, A.; TE HEESEN, H.; HERBORT, V.; MARIANI, M. Solarer Erntedank. Sonne, Wind & Wärme, 4, S. 114 (2012).
- ZEHNER, M.; DOLL, A.; HAMMER, A.; TE HEESEN, H.; HERBORT, V.; MARIANI, M. Vergleichsweise heiter. Sonne, Wind & Wärme (2013).

A Anhang 33

A Anhang

Im Anhang sind die detaillierten Ergebnisse dieser Ertragsstudie aufgeführt. Zunächst wird in Abschnitt A.1 erläutert, wie die Ergebnisse der Studie in den folgenden Abbildungen und Tabellen dargestellt und aufbereitet sind. Anschließend werden zunächst die Monatsertragskarten (Abschnitt A.3) und danach die Ertragsdaten für die zehn einstelligen Postleitzahlbereiche (Abschnitt A.4 bis A.13) aufgeführt.

A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen

Im Folgenden werden die Diagramme und Tabellen erläutert, die für die einzelnen Postleitzahlbereiche folgen.

Zunächst werden die monatlichen spezifischen Erträge dargestellt. Die grünen Bereiche stellen Erträge von sehr guten PV-Anlagen dar; der Ertrag dieser Anlagen ist besser als der Wert des 3. Quartils und damit besser als 75% aller Anlagen in der entsprechenden Postleitzahlregion. Der gelbe Bereich markiert den Ertrag von durchschnittlichen PV-Anlagen - der Ertrag dieser Anlagen ist größer als der Medianertrag in dieser Region, jedoch kleiner als das 3. Quartil. Der rot markierte Bereich gibt den Ertrag von PV-Anlagen wieder, die aufgrund von technischen Störungen oder anderen Fehlern einen unzureichenden spezifischen Ertrag aufweisen der Ertrag ist kleiner als der Medianertrag in dieser Region. Sollte der Ertrag einer PV-Anlage kleiner als die untere Grenze des roten Bereichs sein, so lassen sich in der Regel technische Mängel bei dieser Solaranlage identifizieren, um den zu geringen Ertrag zu erklären.

Die Histogramme zeigen die Häufigkeitsverteilung der spezifischen Jahreserträge in der einstelligen Postleitzahlregion, die sich aus den Erträgen der nach Durchlaufen des Analysealgorithmus auswertbaren Photovoltaikanlagen ergeben.

Schließlich werden tabellarisch für die zweistelligen Postleitzahlregionen die spezifischen Monats- und Jahreserträge in kWh/kWp aufgeführt. Die Einteilung ist analog zur oben eingeführten Klassifizierung. Sollte der spezifische Ertrag einer PV-Anlage größer als die angegebene Ertragsobergrenze sein, so ist eine Überprüfung der messtechnischen Aufzeichnung der Energieerträge der Solaranlage zu empfehlen, da die

Erträge überdurchschnittlich groß im Vergleich zu anderen Anlagen in der Region sind - aufgrund von einem ertragstechnisch optimierten Betrieb können Erträge von Anlagen jedoch über der angegebenen Obergrenze liegen. Anlagenbetreiber können ihre Monats- und Jahreserträge mit den angegeben Daten vergleichen und die Erträge ihrer PV-Anlage bewerten. Bei Anlagen, deren Ausrichtung von 180° und deren Solarmodulneigung von 30° abweicht, müssten die tabellarischen Werte mit einem Korrekturfaktor nach Abbildung 4.1 multiplizieren, um die Erträge miteinander vergleichen zu können. Postleitzahlenregionen von Großstädten (z. B. 70 für Stuttgart) weisen identische Ertragsdaten wie die umgebende Postleitzahlregion (z. B. 71 für den Großraum um Stuttgart) auf.

Da es sich um eine statistische Auswertung realer Betriebsdaten handelt, können die Erträge einzelner Anlagen aufgrund außergewöhnlicher Konfigurationen von den angegeben Erträgen abweichen. Sollten die Erträge von PV-Anlagen wesentlich kleiner oder gar größer als die Ergebnisse dieser Studie sein, so lässt sich bei einer Detailanalyse dieser PV-Anlage technische Gründe finden, welche die Abweichung erklären.

Beispiel

Anhand eines Beispiels lassen sich die Bewertungen der spezifischen Erträge veranschaulichen.

Betrachtet werden soll eine PV-Anlage in der Postleitzahlregion 79*** (Freiburg im Breisgau). In Tabelle A.8 ab Seite 92 sind die zu erwartenden spezifischen Erträge pro Monat und Jahr aufgeführt. Sollte die Beispielanlage einen spezifischen Jahresertrag von 1.060 kWh/kWp erwirtschaftet haben, dann läge dieser Wert zwischen Median und 3. Quartil - diese Anlage würde also eine durchschnittliche Anlage darstellen. Wäre der spez. Jahresertrag 1.140 kWh/kWp, dann gehört diese Anlage zur Klasse der sehr guten Anlagen in der PLZ-Region 79. Sollte der spez. Jahresertrag lediglich 1.000 kWh/kWp betragen, dann wäre dieser Ertrag mangelhaft. Bei einem spez. Ertrag von 900 kWh/kWp ergibt sich, dass die Beispielanlage aufgrund von Betriebsstörungen oder Defekten im Kalenderjahr zu geringe Energieerträge erwirtschaftet hat und einer technischen Überprüfung unterzogen werden sollte. Durch die Analyse der Monatserträge ließe sich der Fehlerzeitraum genauer eingrenzen.

Zur Übersicht und regionalen Einordnung der zweistelligen Postleitzahlen ist die Deutschlandkarte mit den zweistelligen PLZ-Bereichen dargestellt.

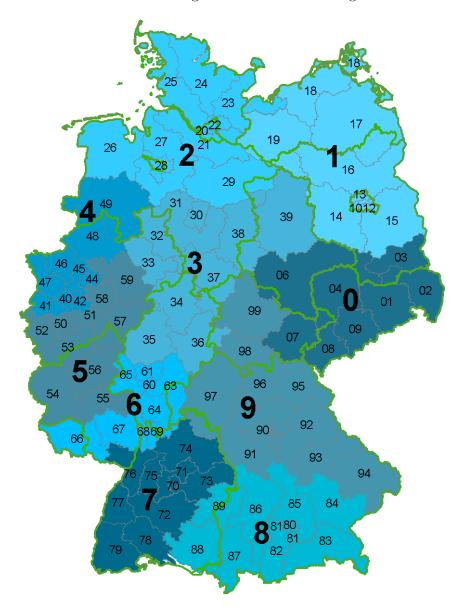


Abbildung A.1: Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn).

A.2 Einstrahlungs- und Ertragsdaten 2012 für Deutschland

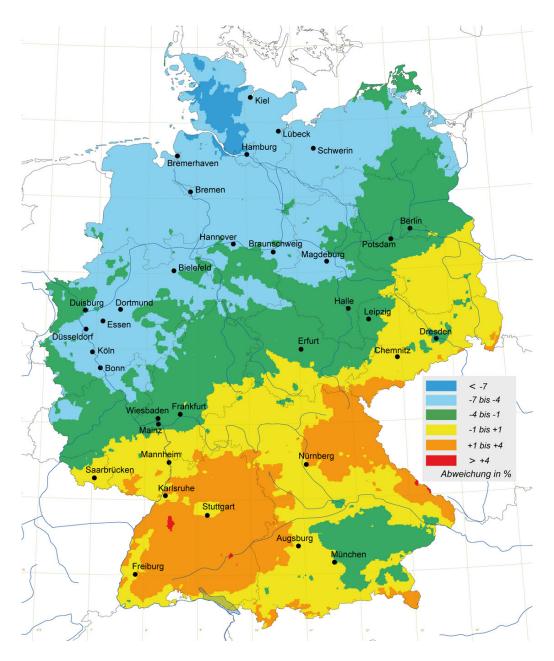


Abbildung A.2: Abweichung der Einstrahlung 2012 von der langjährigen horizontalen Einstrahlung (2005–2011).

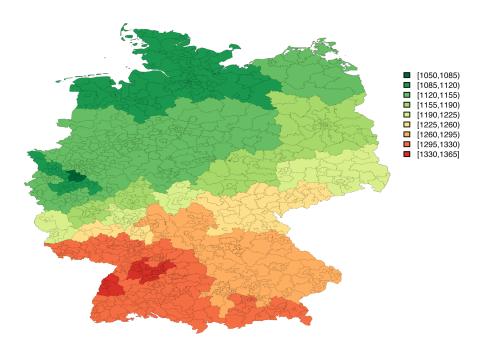


Abbildung A.3: Mittlere Einstrahlung in geneigter Ebene der Anlagen pro zweistelligem Postleitzahlbereich.

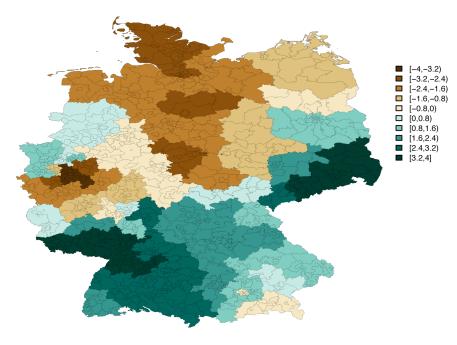


Abbildung A.4: Abweichung von der langjährigen Einstrahlung in geneigter Ebene der Anlagen pro zweistelligem Postleitzahlbereich.

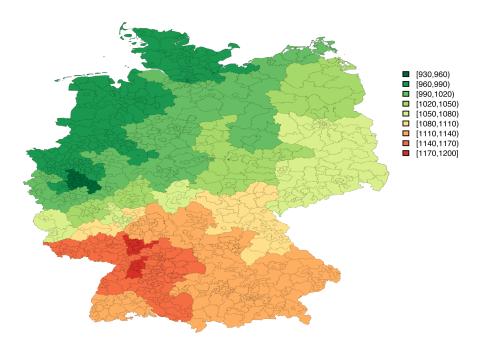


Abbildung A.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2012.

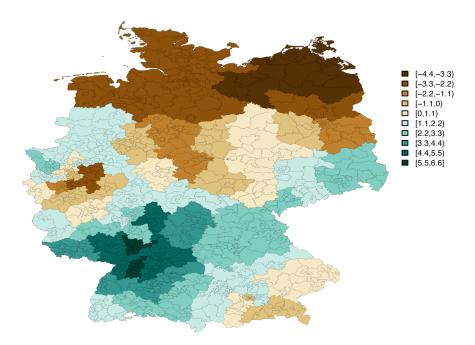


Abbildung A.6: Relative Abweichung vom langjährigen spezifischen Ertrag (2008-2011) für PV-Anlagen in Deutschland für 2012.

A.3 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2012

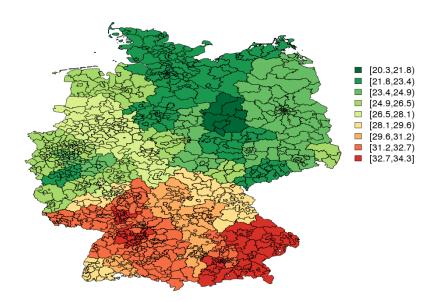


Abbildung A.7: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Januar 2012 (vgl. Abb. 4.7).

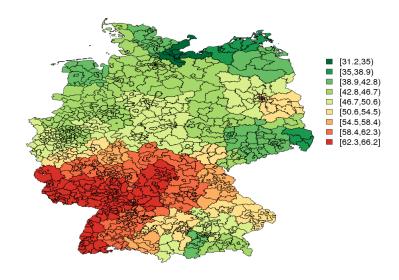


Abbildung A.8: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Februar 2012 (vgl. Abb. 4.7).

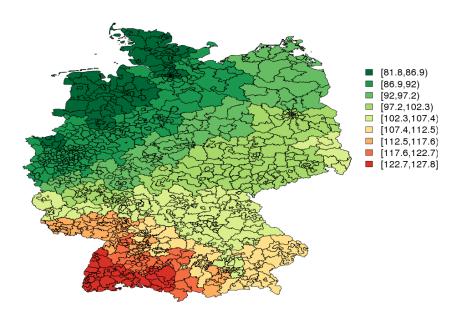


Abbildung A.9: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im März 2012 (vgl. Abb. 4.8).

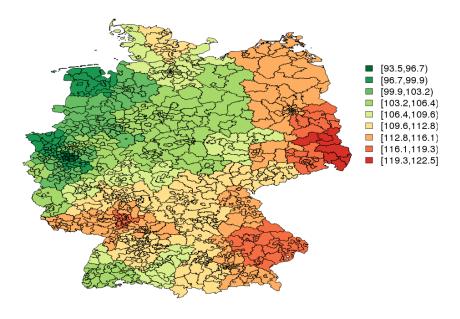


Abbildung A.10: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im April 2012 (vgl. Abb. 4.8).

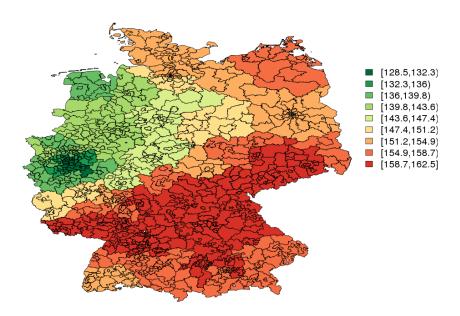


Abbildung A.11: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Mai 2012 (vgl. Abb. 4.9).

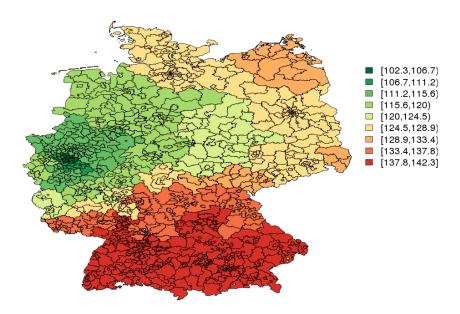


Abbildung A.12: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juni 2012 (vgl. Abb. 4.9).

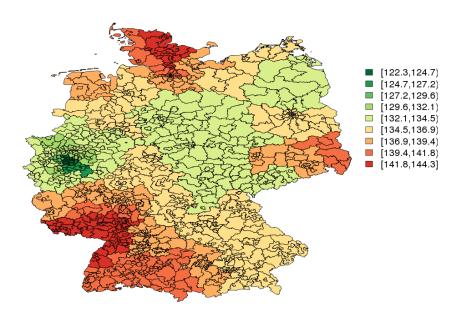


Abbildung A.13: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juli 2012 (vgl. Abb. 4.10).

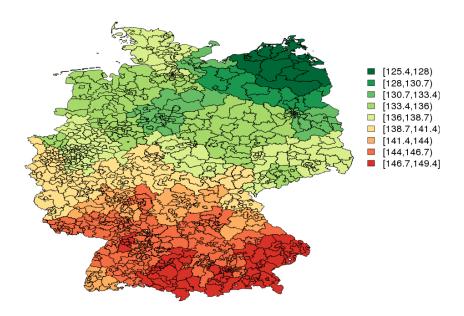


Abbildung A.14: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im August 2012 (vgl. Abb. 4.10).

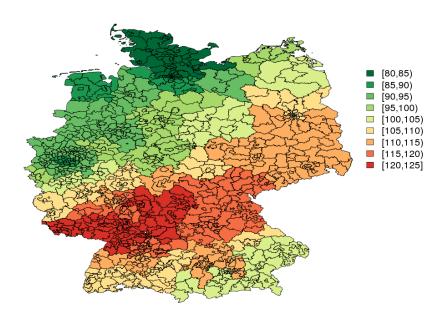


Abbildung A.15: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im September 2012 (vgl. Abb. 4.11).

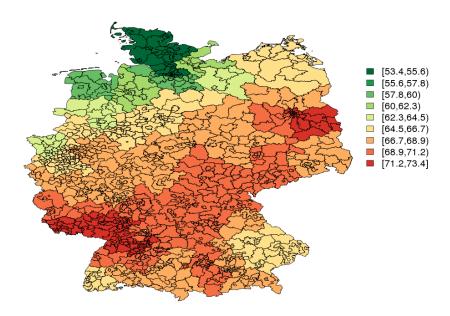


Abbildung A.16: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Oktober 2012 (vgl. Abb. 4.11).

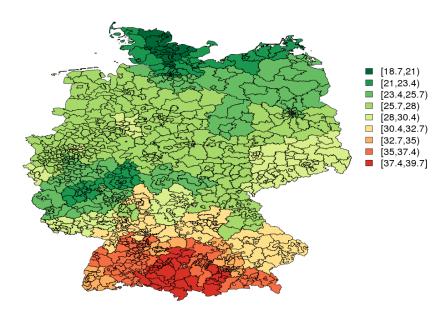


Abbildung A.17: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im November 2012 (vgl. Abb. 4.12).

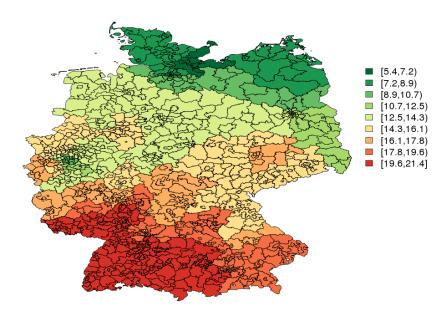


Abbildung A.18: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Dezember 2012 (vgl. Abb. 4.12).

A.4 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx

Im folgenden Abschnitt sind die Einzeldaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx aufgeführt.

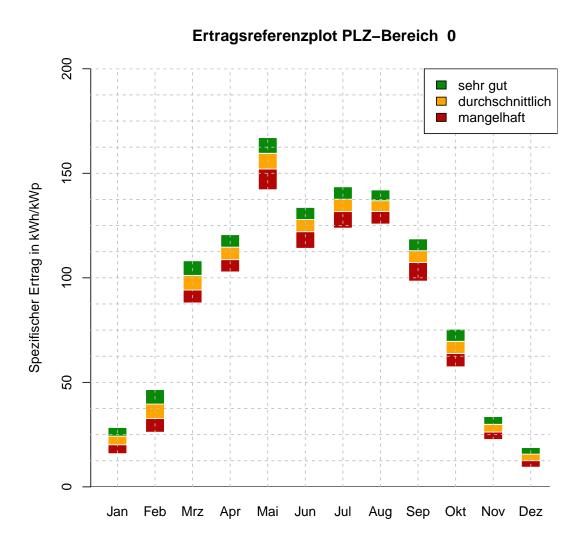


Abbildung A.19: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2012.

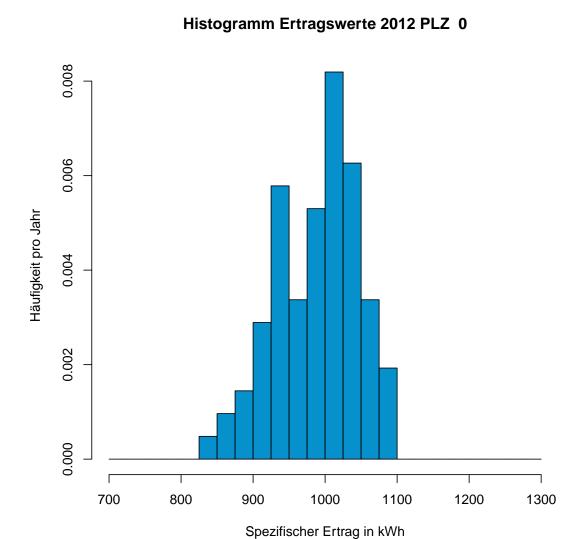


Abbildung A.20: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.1:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ f\"{u}r \ den \ Postleitzahlbereich \ 0xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
01	Jan	15,9	20,3	24,0	27,7
01	Feb	27,3	33,2	41,1	49,0
01	Mär	87,5	93,9	100,7	107,5
01	Apr	106,0	111,2	117,0	122,8
01	Mai	143,6	153,0	159,7	166,4
01	Jun	115,4	122,6	128,6	134,6
01	Jul	125,8	132,3	138,0	143,7
01	Aug	126,7	132,9	137,2	141,5
01	Sep	98,2	106,8	113,4	120,0
01	Okt	56,5	62,7	68,6	74,5
01	Nov	22,7	26,4	30,0	33,6
01	Dez	8,5	11,4	15,2	19,0
01	2012	934,0	1.006,7	1.073,6	1.140,5
02	Jan	18,5	21,2	26,0	30,8
02	Feb	28,2	33,1	37,7	42,3
02	Mär	88,8	95,2	103,3	111,4
02	Apr	108,6	114,2	121,0	127,8
02	Mai	142,0	149,7	156,9	164,1
02	Jun	115,4	122,4	129,0	135,6
02	Jul	129,6	134,1	140,1	146,1
02	Aug	126,6	132,3	138,6	144,9
02	Sep	97,2	105,3	114,5	123,7
02	Okt	55,9	62,2	68,4	74,6
02	Nov	22,7	25,5	29,9	34,3
02	Dez	7,6	8,9	11,7	14,5
02	2012	941,0	1.004,2	1.077,3	1.150,4
03	Jan	18,4	21,2	24,6	28,0
03	Feb	30,8	35,1	44,8	54,5
03	Mär	88,1	94,6	102,7	110,8
03	Apr	108,8	114,8	121,1	127,4

Tabelle A.1. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 0xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
03	Mai	141,7	149,0	156,7	164,4
03	Jun	116,1	122,7	128,6	134,5
03	Jul	129,1	133,9	139,4	144,9
03	Aug	125,4	130,6	138,5	146,4
03	Sep	96,9	104,9	114,5	124,1
03	Okt	55,9	62,2	68,8	75,4
03	Nov	21,6	24,9	28,1	31,3
03	Dez	7,6	9,2	11,6	14,0
03	2012	940,4	1.003,1	1.079,3	1.155,5
04	Jan	15,7	19,7	24,7	29,7
04	Feb	25,5	33,1	41,1	49,1
04	Mär	88,0	94,6	101,5	108,4
04	Apr	101,5	107,8	113,7	119,6
04	Mai	142,0	153,0	160,0	167,0
04	Jun	114,6	121,9	127,5	133,1
04	Jul	123,3	131,4	136,9	142,4
04	Aug	127,0	132,8	137,2	141,6
04	Sep	98,8	107,7	113,5	119,3
04	Okt	58,1	64,8	70,4	76,0
04	Nov	22,6	26,6	30,1	33,6
04	Dez	10,5	13,9	16,1	18,3
04	2012	927,7	1.007,2	1.072,7	1.138,2
06	Jan	15,8	19,4	22,4	25,4
06	Feb	28,1	37,9	45,8	53,7
06	Mär	84,4	91,5	98,2	104,9
06	Apr	99,8	104,4	108,9	113,4
06	Mai	139,1	146,8	155,2	163,6
06	Jun	108,9	117,0	122,9	128,8
06	Jul	121,8	128,7	133,3	137,9
06	Aug	127,3	131,8	135,8	139,8

Tabelle A.1. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 0xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
06	Sep	94,1	101,7	110,1	118,5
06	Okt	58,8	63,9	68,9	73,9
06	Nov	21,3	24,1	27,1	30,1
06	Dez	10,9	13,1	15,4	17,7
06	2012	910,2	980,3	1.043,9	1.107,5
07	Jan	17,5	21,3	26,1	30,9
07	Feb	30,1	41,6	53,5	65,4
07	Mär	88,9	94,9	101,3	107,7
07	Apr	101,6	107,2	111,7	116,2
07	Mai	146,5	155,4	161,3	167,2
07	Jun	116,7	123,6	130,7	137,8
07	Jul	120,7	128,1	133,6	139,1
07	Aug	128,9	134,4	139,1	143,8
07	Sep	103,4	109,9	116,9	123,9
07	Okt	59,8	65,3	70,4	75,5
07	Nov	19,7	22,6	26,4	30,2
07	Dez	8,4	11,5	15,3	19,1
07	2012	942,1	1.015,8	1.086,3	1.156,8
08	Jan	15,2	19,5	22,3	25,1
08	Feb	25,8	34,3	44,2	54,1
08	Mär	89,7	95,4	101,6	107,8
08	Apr	102,8	108,0	112,0	116,0
08	Mai	147,1	155,2	161,0	166,8
08	Jun	118,7	124,8	131,2	137,6
08	Jul	121,6	128,3	133,2	138,1
08	Aug	127,5	133,1	137,0	140,9
08	Sep	101,7	108,6	115,3	122,0
08	Okt	58,1	63,6	70,3	77,0
08	Nov	21,1	24,6	28,6	32,6
08	Dez	8,5	11,1	15,1	19,1

Tabelle A.1. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 0xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
08	2012	937,8	1.006,6	1.071,8	1.137,0
09	Jan	15,6	19,5	22,3	25,1
09	Feb	25,6	31,6	40,5	$49,\!4$
09	Mär	87,8	93,6	100,4	107,2
09	Apr	101,1	106,6	110,5	114,4
09	Mai	143,4	153,9	159,7	165,5
09	Jun	116,0	122,6	128,6	134,6
09	Jul	121,8	128,7	133,7	138,7
09	Aug	122,9	130,7	135,2	139,7
09	Sep	99,5	107,6	111,6	115,6
09	Okt	57,8	63,3	69,9	76,5
09	Nov	24,1	27,1	30,2	33,3
09	Dez	10,4	13,0	16,0	19,0
09	2012	926,0	998,3	1.058,5	1.118,7

A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx

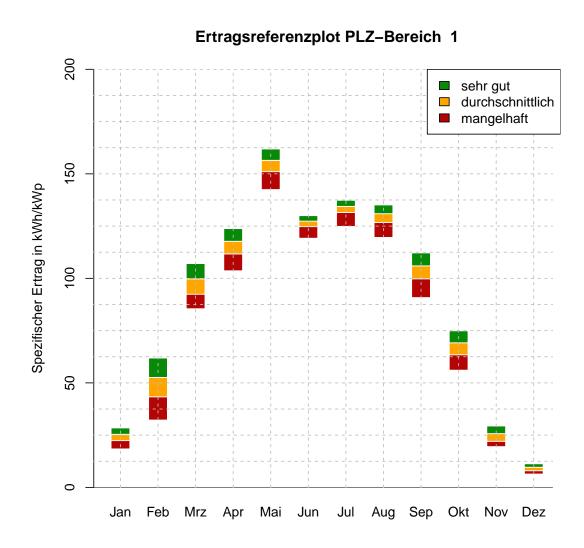


Abbildung A.21: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2012.

Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 1

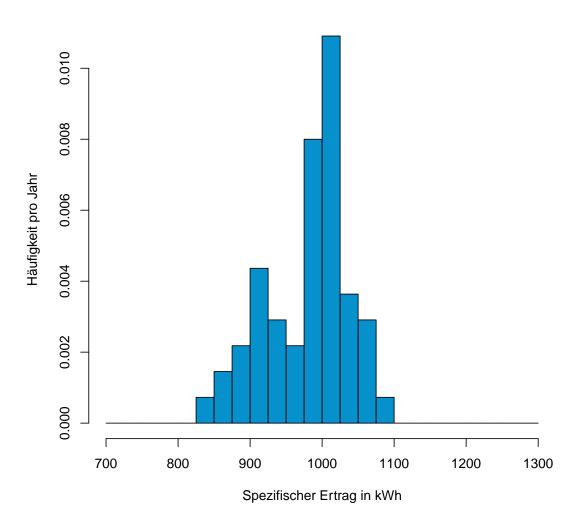


Abbildung A.22: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.2:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ f\"{u}r \ den \ Postleitzahlbereich 1xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
10	Jan	18,5	21,5	24,5	27,5
10	Feb	38,4	44,4	51,6	58,8
10	Mär	88,7	92,5	97,9	103,3
10	Apr	105,5	110,7	115,3	119,9
10	Mai	141,7	147,1	152,7	158,3
10	Jun	118,3	123,9	126,9	129,9
10	Jul	125,1	130,6	135,0	139,4
10	Aug	122,9	127,8	132,0	136,2
10	Sep	95,7	103,5	109,6	115,7
10	Okt	60,4	65,3	71,4	77,5
10	Nov	19,8	22,4	25,4	28,4
10	Dez	7,7	9,7	11,3	12,9
10	2012	942,6	999,5	1.053,5	1.107,5
12	Jan	18,5	21,5	24,5	27,5
12	Feb	38,4	44,4	51,6	58,8
12	Mär	88,7	92,5	97,9	103,3
12	Apr	105,5	110,7	115,3	119,9
12	Mai	141,7	147,1	152,7	158,3
12	Jun	118,3	123,9	126,9	129,9
12	Jul	125,1	130,6	135,0	139,4
12	Aug	122,9	127,8	132,0	136,2
12	Sep	95,7	103,5	109,6	115,7
12	Okt	60,4	65,3	71,4	77,5
12	Nov	19,8	22,4	25,4	28,4
12	Dez	7,7	9,7	11,3	12,9
12	2012	942,6	999,5	1.053,5	1.107,5
13	Jan	18,5	21,5	24,5	27,5
13	Feb	38,4	44,4	51,6	58,8
13	Mär	88,7	92,5	97,9	103,3
13	Apr	105,5	110,7	115,3	119,9

Tabelle A.2. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 1xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
13	Mai	141,7	147,1	152,7	158,3
13	Jun	118,3	123,9	126,9	129,9
13	Jul	125,1	130,6	135,0	139,4
13	Aug	122,9	127,8	132,0	136,2
13	Sep	95,7	103,5	109,6	115,7
13	Okt	60,4	65,3	71,4	77,5
13	Nov	19,8	22,4	25,4	28,4
13	Dez	7,7	9,7	11,3	12,9
13	2012	942,6	999,5	1.053,5	1.107,5
14	Jan	17,4	20,6	24,3	28,0
14	Feb	29,5	40,3	49,0	57,7
14	Mär	87,3	93,3	99,0	104,7
14	Apr	101,9	108,6	113,8	119,0
14	Mai	141,8	148,0	154,1	160,2
14	Jun	116,7	122,5	126,8	131,1
14	Jul	125,1	131,8	136,0	140,2
14	Aug	123,7	129,9	134,9	139,9
14	Sep	95,7	104,6	111,3	118,0
14	Okt	59,9	65,3	70,7	76,1
14	Nov	20,2	23,1	26,0	28,9
14	Dez	8,7	10,8	14,0	17,2
14	2012	927,9	998,7	1.060,1	1.121,5
15	Jan	18,5	21,7	24,6	27,5
15	Feb	37,8	44,4	52,3	60,2
15	Mär	88,6	92,5	98,3	104,1
15	Apr	105,7	110,6	116,2	121,8
15	Mai	141,9	147,4	152,9	158,4
15	Jun	118,4	124,3	127,9	131,5
15	Jul	125,2	131,4	135,4	139,4
15	Aug	123,1	127,8	132,7	137,6

Tabelle A.2. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 1xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
15	Sep	95,6	104,0	110,5	117,0
15	Okt	60,4	65,5	71,5	77,5
15	Nov	20,0	22,5	25,7	28,9
15	Dez	7,6	9,8	11,7	13,6
15	2012	942,7	1.001,8	1.059,7	1.117,6
16	Jan	18,3	21,5	23,8	26,1
16	Feb	32,0	40,5	49,3	58,1
16	Mär	85,5	91,3	96,5	101,7
16	Apr	104,1	109,3	114,9	120,5
16	Mai	141,9	148,8	153,5	158,2
16	Jun	118,3	123,9	127,5	131,1
16	Jul	124,7	130,7	134,4	138,1
16	Aug	118,8	125,7	130,6	135,5
16	Sep	91,2	99,3	106,5	113,7
16	Okt	55,9	62,7	68,8	74,9
16	Nov	19,3	21,6	24,7	27,8
16	Dez	6,4	7,9	10,1	12,3
16	2012	916,4	983,2	1.040,7	1.098,2
17	Jan	17,6	21,6	23,6	25,6
17	Feb	26,8	33,2	41,7	50,2
17	Mär	85,2	90,3	95,4	100,5
17	Apr	101,6	108,0	114,2	120,4
17	Mai	141,9	150,8	156,2	161,6
17	Jun	118,6	124,5	129,9	135,3
17	Jul	123,7	130,3	134,3	138,3
17	Aug	116,1	121,9	126,8	131,7
17	Sep	87,5	93,9	100,5	107,1
17	Okt	54,0	60,6	66,4	72,2
17	Nov	18,5	21,0	24,3	27,6
17	Dez	5,2	6,8	8,7	10,6

Tabelle A.2. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 1xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
17	2012	896,6	963,0	1.021,9	1.080,8
18	Jan	17,2	20,5	23,3	26,1
18	Feb	26,2	31,0	36,9	42,8
18	Mär	83,0	88,5	93,5	98,5
18	Apr	100,0	106,7	113,8	120,9
18	Mai	142,0	150,9	157,5	164,1
18	Jun	118,6	125,5	130,7	135,9
18	Jul	124,1	131,7	135,9	140,1
18	Aug	116,1	121,4	126,3	131,2
18	Sep	82,0	89,5	96,1	102,7
18	Okt	52,7	59,1	64,7	70,3
18	Nov	18,1	20,6	23,0	25,4
18	Dez	4,9	6,4	7,6	8,8
18	2012	885,0	952,0	1.009,4	1.066,8
19	Jan	16,7	19,3	23,1	26,9
19	Feb	28,0	36,0	44,2	52,4
19	Mär	80,5	85,6	91,1	96,6
19	Apr	96,4	101,5	106,1	110,7
19	Mai	139,6	146,7	152,9	159,1
19	Jun	114,8	119,6	126,5	133,4
19	Jul	124,5	131,2	135,8	$140,\!4$
19	Aug	118,8	125,1	129,9	134,7
19	Sep	80,8	87,7	94,5	101,3
19	Okt	52,6	57,6	64,1	70,6
19	Nov	19,1	21,6	24,2	26,8
19	Dez	5,6	7,2	9,0	10,8
19	2012	877,3	939,0	1.001,3	1.063,6

A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx

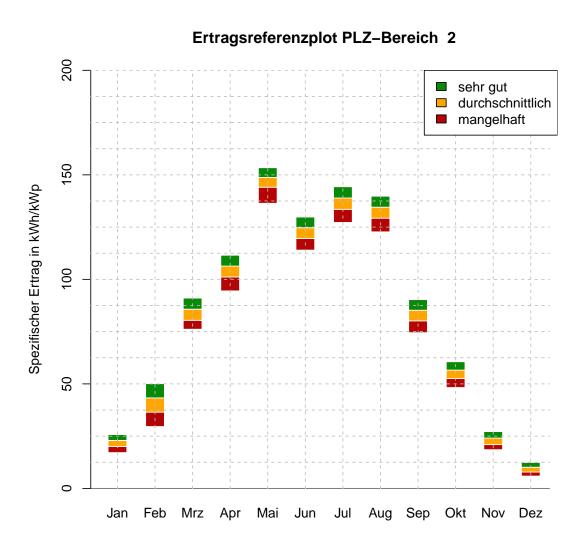


Abbildung A.23: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2012.

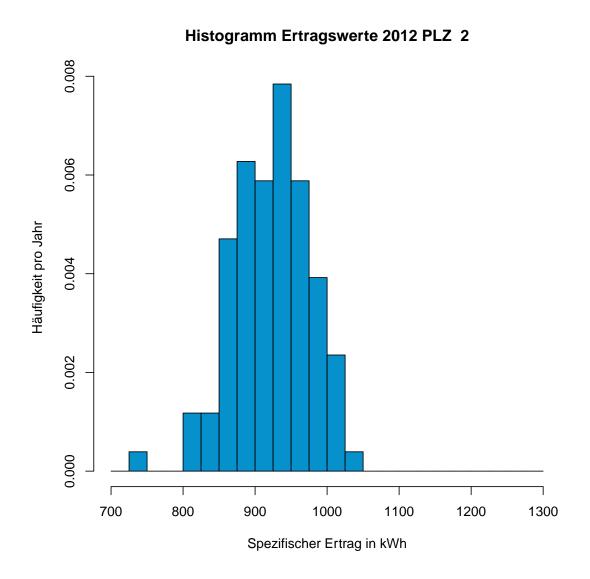


Abbildung A.24: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2012.

Tabelle A.3: Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
20	Jan	16,8	19,7	22,0	24,3
20	Feb	26,7	36,4	44,2	52,0
20	Mär	78,3	80,8	85,1	89,4
20	Apr	98,6	103,3	108,9	114,5
20	Mai	142,9	146,5	151,6	156,7
20	Jun	116,5	121,8	126,3	130,8
20	Jul	129,2	135,2	140,7	146,2
20	Aug	124,2	130,2	137,2	144,2
20	Sep	71,8	76,6	81,7	86,8
20	Okt	47,7	52,0	55,5	59,0
20	Nov	17,6	19,4	21,8	24,2
20	Dez	4,9	6,2	8,0	9,8
20	2012	875,3	928,3	983,1	1.037,9
21	Jan	16,9	19,3	22,6	25,9
21	Feb	32,7	39,1	45,8	52,5
21	Mär	78,4	81,7	87,2	92,7
21	Apr	96,6	102,4	108,1	113,8
21	Mai	140,6	145,8	149,7	153,6
21	Jun	115,3	120,4	126,5	132,6
21	Jul	127,2	133,4	138,9	144,4
21	Aug	123,8	129,4	133,6	137,8
21	Sep	73,4	79,9	86,1	92,3
21	Okt	48,6	53,0	59,2	65,4
21	Nov	18,5	20,7	23,8	26,9
21	Dez	5,9	7,9	9,7	11,5
21	2012	877,9	932,9	991,1	1.049,3
22	Jan	16,8	19,7	22,0	24,3
22	Feb	26,7	36,4	44,2	52,0
22	Mär	78,3	80,8	85,1	89,4
22	Apr	98,6	103,3	108,9	114,5

Tabelle A.3. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 2xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
22	Mai	142,9	146,5	151,6	156,7
22	Jun	116,5	121,8	126,3	130,8
22	Jul	129,2	135,2	140,7	146,2
22	Aug	124,2	130,2	137,2	144,2
22	Sep	71,8	76,6	81,7	86,8
22	Okt	47,7	52,0	55,5	59,0
22	Nov	17,6	19,4	21,8	24,2
22	Dez	4,9	6,2	8,0	9,8
22	2012	875,3	928,3	983,1	1.037,9
23	Jan	15,9	19,4	22,3	25,2
23	Feb	23,8	27,9	34,7	41,5
23	Mär	79,0	83,1	88,7	94,3
23	Apr	97,6	101,9	106,6	111,3
23	Mai	139,9	148,4	154,3	160,2
23	Jun	113,7	121,7	125,8	129,9
23	Jul	127,1	133,5	138,1	142,7
23	Aug	119,4	124,0	132,0	140,0
23	Sep	74,1	79,2	83,7	88,2
23	Okt	50,2	54,3	60,4	66,5
23	Nov	17,4	19,8	22,1	24,4
23	Dez	4,3	5,2	6,7	8,2
23	2012	862,4	918,4	975,2	1.032,0
24	Jan	16,5	19,7	22,0	24,3
24	Feb	26,2	33,4	40,9	48,4
24	Mär	77,6	80,5	83,7	86,9
24	Apr	99,8	104,9	110,1	115,3
24	Mai	143,4	147,3	152,0	156,7
24	Jun	118,1	122,4	126,9	131,4
24	Jul	130,2	136,3	142,4	148,5
24	Aug	123,7	131,5	138,0	144,5

 $Fortsetzung\ auf\ n\"{a}chster\ Seite$

Tabelle A.3. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 2xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
24	Sep	71,4	75,6	80,5	85,4
24	Okt	47,3	51,4	54,7	58,0
24	Nov	17,4	18,9	20,7	22,5
24	Dez	4,7	5,8	7,3	8,8
24	2012	876,2	927,8	979,2	1.030,6
25	Jan	16,9	19,8	22,0	24,2
25	Feb	26,9	37,6	44,4	51,2
25	Mär	77,7	80,5	83,9	87,3
25	Apr	98,0	103,5	108,9	114,3
25	Mai	143,1	146,3	151,4	156,5
25	Jun	116,5	121,4	126,0	130,6
25	Jul	128,9	135,4	141,1	146,8
25	Aug	125,5	131,0	137,7	144,4
25	Sep	71,6	76,1	81,1	86,1
25	Okt	47,7	52,0	55,3	58,6
25	Nov	17,6	19,4	21,9	24,4
25	Dez	5,0	6,4	8,1	9,8
25	2012	875,4	929,3	981,9	1.034,5
26	Jan	20,3	23,4	25,9	28,4
26	Feb	34,5	39,0	42,6	46,2
26	Mär	74,2	79,7	83,8	87,9
26	Apr	90,9	94,7	99,0	103,3
26	Mai	127,6	132,7	138,2	143,7
26	Jun	106,6	113,4	118,2	123,0
26	Jul	123,9	130,8	137,4	144,0
26	Aug	120,4	127,9	134,1	140,3
26	Sep	78,6	84,5	88,9	93,3
26	Okt	49,1	53,4	58,0	62,6
26	Nov	22,1	24,6	26,8	29,0
26	Dez	9,1	11,6	13,8	16,0

Tabelle A.3. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 2xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
26	2012	857,4	915,8	966,7	1.017,6
27	Jan	18,3	21,9	25,2	28,5
27	Feb	35,1	39,2	44,0	48,8
27	Mär	76,0	80,5	85,4	90,3
27	Apr	93,0	97,1	102,5	107,9
27	Mai	129,6	136,8	143,4	150,0
27	Jun	108,0	114,8	120,0	125,2
27	Jul	124,6	130,7	136,0	141,3
27	Aug	122,0	128,6	133,5	138,4
27	Sep	80,8	85,8	91,0	96,2
27	Okt	51,0	55,7	60,6	65,5
27	Nov	21,9	24,4	26,9	29,4
27	Dez	8,8	10,9	13,0	15,1
27	2012	869,1	926,3	981,4	1.036,5
28	Jan	18,3	21,9	25,2	28,5
28	Feb	35,1	39,2	44,0	48,8
28	Mär	76,0	80,5	85,4	90,3
28	Apr	93,0	97,1	102,5	107,9
28	Mai	129,6	136,8	143,4	150,0
28	Jun	108,0	114,8	120,0	125,2
28	Jul	124,6	130,7	136,0	141,3
28	Aug	122,0	128,6	133,5	138,4
28	Sep	80,8	85,8	91,0	96,2
28	Okt	51,0	55,7	60,6	65,5
28	Nov	21,9	24,4	26,9	29,4
28	Dez	8,8	10,9	13,0	15,1
28	2012	869,1	926,3	981,4	1.036,5
29	Jan	15,8	18,5	21,9	25,3
29	Feb	32,7	41,5	46,5	51,5
29	Mär	78,8	84,8	89,3	93,8

Tabelle A.3. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 2xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
29	Apr	96,9	101,5	104,8	108,1
29	Mai	135,9	142,0	146,7	151,4
29	Jun	107,5	113,6	119,6	125,6
29	Jul	122,3	128,0	133,5	139,0
29	Aug	124,0	129,1	132,8	136,5
29	Sep	83,8	90,2	95,6	101,0
29	Okt	54,3	60,1	64,9	69,7
29	Nov	20,6	22,9	25,9	28,9
29	Dez	8,2	10,3	12,6	14,9
29	2012	880,7	942,5	994,1	1.045,7

A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx

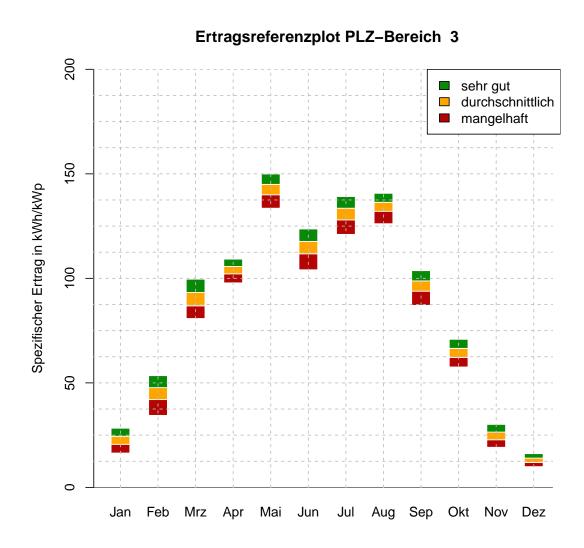


Abbildung A.25: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2012.



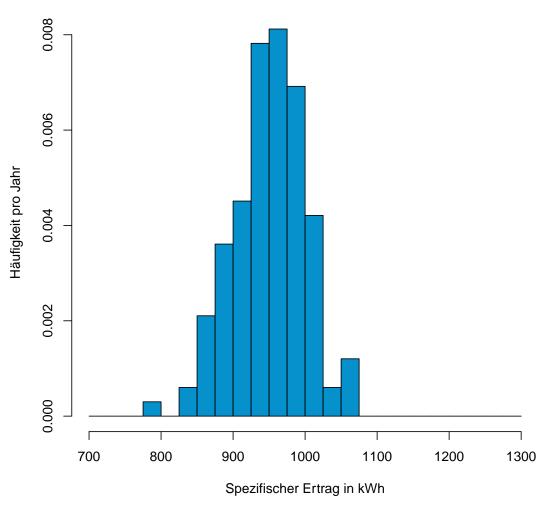


Abbildung A.26: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2012.

 ${\bf Tabelle~A.4:~Spezifische~Ertr\"{a}ge~in~kWh/kWp~f\"{u}r~den~Postleitzahlbereich~3xxxx.}$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
30	Jan	16,0	18,8	22,9	27,0
30	Feb	33,3	41,4	46,7	52,0
30	Mär	78,3	84,4	89,2	94,0
30	Apr	97,2	101,9	104,8	107,7
30	Mai	135,2	141,0	145,4	149,8
30	Jun	105,8	112,5	117,3	122,1
30	Jul	121,2	127,4	132,8	138,2
30	Aug	124,2	129,3	133,3	137,3
30	Sep	85,1	91,7	96,5	101,3
30	Okt	55,6	60,4	65,1	69,8
30	Nov	20,7	23,1	26,1	29,1
30	Dez	9,0	11,2	13,1	15,0
30	2012	881,7	943,0	993,2	1.043,4
31	Jan	16,0	18,8	22,9	27,0
31	Feb	33,3	41,4	46,7	52,0
31	Mär	78,3	84,4	89,2	94,0
31	Apr	97,2	101,9	104,8	107,7
31	Mai	135,2	141,0	145,4	149,8
31	Jun	105,8	112,5	117,3	122,1
31	Jul	121,2	127,4	132,8	138,2
31	Aug	124,2	129,3	133,3	137,3
31	Sep	85,1	91,7	96,5	101,3
31	Okt	55,6	60,4	65,1	69,8
31	Nov	20,7	23,1	26,1	29,1
31	Dez	9,0	11,2	13,1	15,0
31	2012	881,7	943,0	993,2	1.043,4
32	Jan	21,7	24,5	27,7	30,9
32	Feb	36,7	40,4	44,4	48,4
32	Mär	78,6	82,7	88,8	94,9
32	Apr	94,7	99,5	104,1	108,7

Tabelle A.4. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 3xxxx.

-					
PLZ	Monat	mangelhaft	durch schnittlich	sehr gut	Obergrenze
32	Mai	129,9	136,8	142,4	148,0
32	Jun	105,3	111,1	117,0	122,9
32	Jul	122,3	129,8	135,7	141,6
32	Aug	124,8	131,2	135,9	140,6
32	Sep	84,1	88,2	93,3	98,4
32	Okt	55,9	60,4	64,5	68,6
32	Nov	23,1	26,0	28,2	30,4
32	Dez	10,7	12,5	14,5	16,5
32	2012	887,7	943,2	996,4	1.049,6
33	Jan	21,3	24,3	27,9	31,5
33	Feb	36,4	40,1	44,4	48,7
33	Mär	79,1	83,3	89,5	95,7
33	Apr	92,7	97,5	102,3	107,1
33	Mai	127,7	134,7	141,1	147,5
33	Jun	103,7	109,5	115,0	120,5
33	Jul	122,0	128,3	133,8	139,3
33	Aug	125,0	130,8	135,8	140,8
33	Sep	82,1	87,0	91,2	95,4
33	Okt	55,9	60,6	66,1	71,6
33	Nov	22,1	25,2	27,6	30,0
33	Dez	10,7	12,6	14,6	16,6
33	2012	878,6	934,0	989,4	1.044,8
34	Jan	19,9	23,2	26,7	30,2
34	Feb	37,6	42,4	49,0	55,6
34	Mär	82,8	88,6	94,7	100,8
34	Apr	96,6	101,0	105,7	110,4
34	Mai	132,3	138,7	144,3	149,9
34	Jun	102,7	110,9	117,4	123,9
34	Jul	121,2	129,7	135,3	140,9
34	Aug	128,8	134,2	138,9	143,6

Tabelle A.4. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 3xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
34	Sep	85,2	92,2	99,0	105,8
34	Okt	57,7	62,5	66,8	71,1
34	Nov	18,5	22,4	26,8	31,2
34	Dez	10,2	12,4	14,2	16,0
34	2012	893,7	958,2	1.018,7	1.079,2
35	Jan	20,1	22,8	26,4	30,0
35	Feb	42,0	49,6	57,9	66,2
35	Mär	83,6	90,1	96,7	103,3
35	Apr	98,4	103,0	107,9	112,8
35	Mai	129,8	139,3	147,2	155,1
35	Jun	104,4	113,0	119,2	125,4
35	Jul	121,6	130,5	136,4	142,3
35	Aug	129,4	135,1	140,2	145,3
35	Sep	91,7	99,9	107,7	115,5
35	Okt	57,6	62,7	67,5	72,3
35	Nov	18,0	20,3	22,6	24,9
35	Dez	9,5	12,6	15,1	17,6
35	2012	906,2	979,0	1.044,8	1.110,6
36	Jan	20,5	23,9	27,8	31,7
36	Feb	43,4	50,8	58,6	66,4
36	Mär	86,9	93,3	98,2	103,1
36	Apr	99,3	104,2	109,3	114,4
36	Mai	139,6	148,1	157,1	166,1
36	Jun	110,6	119,2	127,2	135,2
36	Jul	122,6	129,7	135,1	140,5
36	Aug	129,9	136,2	141,1	146,0
36	Sep	97,4	105,9	114,7	123,5
36	Okt	57,5	63,4	68,4	73,4
36	Nov	18,1	21,2	24,3	27,4
36	Dez	10,8	13,8	16,7	19,6

Tabelle A.4. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 3xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
$\frac{162}{36}$	2012	936,5	1.009,8	1.078,4	1.147,0
37	Jan	17,4	21,7	25,2	28,7
37	Feb	34,7	41,5	47,2	52,9
37	Mär	80,8	87,3	93,4	99,5
37	Apr	98,6	102,6	105,8	109,0
37	Mai	135,7	141,7	146,2	150,7
37	Jun	105,9	112,9	118,2	123,5
37	Jul	121,2	128,1	133,2	138,3
37	Aug	126,9	132,2	136,4	140,6
37	Sep	87,0	93,4	98,1	102,8
37	Okt	58,0	62,7	67,2	71,7
37	Nov	21,4	24,0	27,4	30,8
37	Dez	10,2	12,0	14,0	16,0
37	2012	897,7	960,4	1.012,3	1.064,2
38	Jan	16,3	19,9	24,0	28,1
38	Feb	31,5	41,3	47,4	53,5
38	Mär	80,7	87,6	94,2	100,8
38	Apr	98,4	102,7	106,0	109,3
38	Mai	138,1	143,4	149,7	156,0
38	Jun	107,8	115,0	121,4	127,8
38	Jul	122,0	128,8	134,3	139,8
38	Aug	126,0	131,0	135,1	139,2
38	Sep	89,4	95,5	102,3	109,1
38	Okt	57,1	62,9	67,6	72,3
38	Nov	21,0	23,5	26,7	29,9
38	Dez	9,5	11,7	14,0	16,3
38	2012	897,9	963,3	1.022,6	1.081,9
39	Jan	15,6	18,4	21,1	23,8
39	Feb	29,6	39,3	45,9	52,5
39	Mär	83,4	88,1	93,4	98,7
		, -	1 -	, -	, •

Tabelle A.4. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 3xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
39	Apr	98,3	102,4	106,0	109,6
39	Mai	138,8	144,8	150,6	156,4
39	Jun	108,4	115,7	122,0	128,3
39	Jul	122,4	128,8	134,2	139,6
39	Aug	124,7	129,3	133,4	137,5
39	Sep	89,7	95,3	101,9	108,5
39	Okt	57,2	63,0	67,3	71,6
39	Nov	20,3	22,8	25,2	27,6
39	Dez	8,8	11,2	13,7	16,2
39	2012	897,1	958,9	1.014,7	1.070,5

A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx

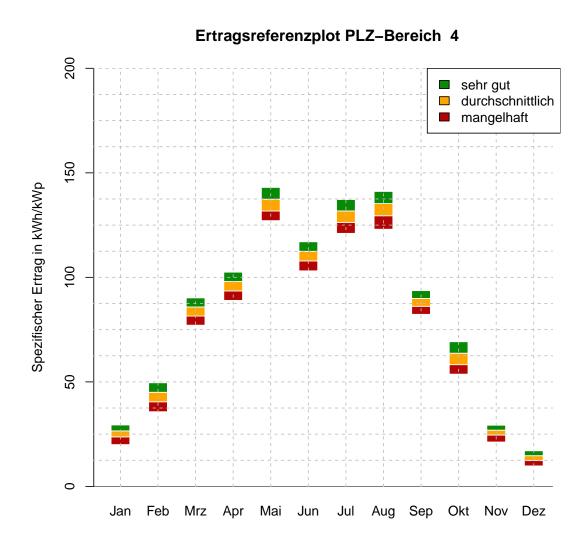


Abbildung A.27: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2012.

Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 4

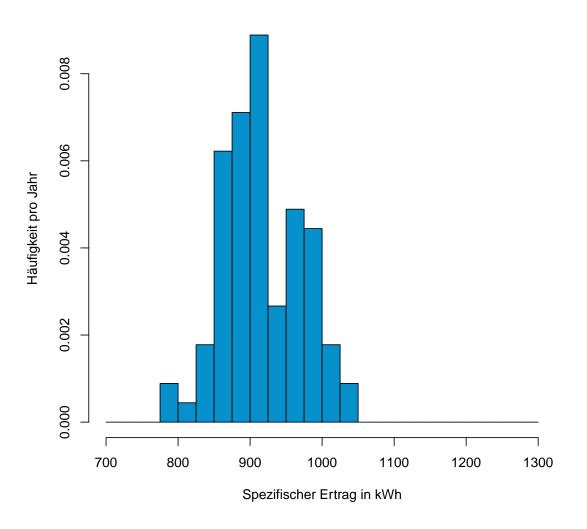


Abbildung A.28: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.5:} \ \textbf{Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich } 4xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
40	Jan	17,9	21,0	24,6	28,2
40	Feb	38,0	42,4	47,3	52,2
40	Mär	77,1	83,8	88,8	93,8
40	Apr	88,2	91,4	97,3	103,2
40	Mai	127,9	130,3	134,7	139,1
40	Jun	101,7	105,1	110,7	116,3
40	Jul	117,6	122,0	128,1	134,2
40	Aug	129,0	133,1	139,0	144,9
40	Sep	84,6	87,8	89,8	91,8
40	Okt	56,3	60,5	65,0	69,5
40	Nov	21,9	23,8	26,2	28,6
40	Dez	8,3	10,7	13,9	17,1
40	2012	868,3	911,7	965,4	1.019,1
41	Jan	18,4	22,1	25,2	28,3
41	Feb	34,8	41,5	49,9	58,3
41	Mär	77,1	82,1	88,1	94,1
41	Apr	89,4	96,3	101,7	107,1
41	Mai	126,9	131,8	138,4	145,0
41	Jun	103,6	109,3	116,1	122,9
41	Jul	120,8	127,0	132,8	138,6
41	Aug	128,6	134,2	140,3	146,4
41	Sep	84,1	88,3	94,1	99,9
41	Okt	55,2	61,0	65,9	70,8
41	Nov	21,7	24,1	27,5	30,9
41	Dez	10,9	13,9	16,2	18,5
41	2012	871,6	931,5	996,4	1.061,3
42	Jan	17,7	20,2	23,6	27,0
42	Feb	37,4	42,4	45,9	49,4
42	Mär	79,9	84,6	89,0	93,4
42	Apr	88,8	91,4	93,7	96,0

Tabelle A.5. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 4xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
42	Mai	126,7	129,1	130,9	132,7
42	Jun	100,6	102,7	105,6	108,5
42	Jul	117,0	119,3	122,7	126,1
42	Aug	128,5	131,6	137,7	143,8
42	Sep	84,1	86,9	89,4	91,9
42	Okt	57,8	60,6	65,3	70,0
42	Nov	22,2	23,4	24,9	26,4
42	Dez	7,2	8,6	10,4	12,2
42	2012	868,0	900,9	939,0	977,1
44	Jan	20,2	23,6	25,5	27,4
44	Feb	38,3	40,5	44,5	48,5
44	Mär	79,0	85,0	89,5	94,0
44	Apr	92,3	98,6	103,3	108,0
44	Mai	127,2	133,6	139,9	146,2
44	Jun	102,4	108,9	114,9	120,9
44	Jul	120,5	128,4	132,8	137,2
44	Aug	129,2	133,6	136,6	139,6
44	Sep	82,5	85,7	90,7	95,7
44	Okt	57,9	61,9	67,0	72,1
44	Nov	24,1	25,5	28,1	30,7
44	Dez	9,0	12,2	13,1	14,0
44	2012	882,5	937,5	986,1	1.034,7
45	Jan	20,4	23,7	26,1	28,5
45	Feb	37,9	41,3	45,8	50,3
45	Mär	78,0	83,1	88,7	94,3
45	Apr	89,1	94,4	99,9	105,4
45	Mai	127,8	132,5	138,7	144,9
45	Jun	103,0	107,4	112,9	118,4
45	Jul	121,0	126,4	131,9	137,4
45	Aug	127,7	132,2	136,5	140,8

Tabelle A.5. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 4xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
45	Sep	82,8	86,2	90,3	94,4
45	Okt	55,5	60,3	65,5	70,7
45	Nov	21,1	24,4	26,9	29,4
45	Dez	9,4	12,2	14,3	16,4
45	2012	873,6	924,3	977,4	1.030,5
46	Jan	19,3	23,3	26,3	29,3
46	Feb	37,0	41,2	46,2	51,2
46	Mär	75,6	82,2	86,4	90,6
46	Apr	87,6	93,0	97,5	102,0
46	Mai	127,1	133,0	138,4	143,8
46	Jun	103,8	107,3	111,3	115,3
46	Jul	122,0	126,8	131,3	135,8
46	Aug	125,9	130,5	135,6	140,7
46	Sep	81,4	86,2	90,2	94,2
46	Okt	53,6	57,9	64,2	70,5
46	Nov	20,4	24,0	26,7	29,4
46	Dez	10,4	12,7	15,3	17,9
46	2012	863,9	918,0	969,4	1.020,8
47	Jan	17,9	22,9	25,5	28,1
47	Feb	41,2	45,7	48,1	50,5
47	Mär	76,4	80,7	87,0	93,3
47	Apr	88,3	93,7	98,7	103,7
47	Mai	128,2	133,4	139,9	146,4
47	Jun	105,2	109,9	112,4	114,9
47	Jul	120,7	127,1	132,6	138,1
47	Aug	128,6	134,2	139,9	145,6
47	Sep	82,8	85,5	92,4	99,3
47	Okt	54,2	59,5	63,6	67,7
47	Nov	21,0	24,0	26,6	29,2
47	Dez	10,4	13,0	15,9	18,8

Tabelle A.5. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 4xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
47	2012	874,8	929,5	982,6	1.035,7
48	Jan	21,5	24,5	27,9	31,3
48	Feb	37,2	40,4	44,8	49,2
48	Mär	79,0	83,1	88,1	93,1
48	Apr	92,6	96,9	101,5	106,1
48	Mai	127,8	134,6	139,9	145,2
48	Jun	104,6	109,9	115,2	120,5
48	Jul	122,3	128,7	134,2	139,7
48	Aug	126,7	132,1	136,1	140,1
48	Sep	82,4	87,0	91,1	95,2
48	Okt	55,6	60,5	65,8	71,1
48	Nov	22,5	25,4	27,9	30,4
48	Dez	10,8	12,7	14,9	17,1
48	2012	883,1	935,9	987,5	1.039,1
49	Jan	20,0	23,6	26,8	30,0
49	Feb	35,3	39,4	43,4	47,4
49	Mär	76,2	81,5	86,2	90,9
49	Apr	92,0	96,8	102,2	107,6
49	Mai	128,1	134,7	140,4	146,1
49	Jun	105,9	111,8	117,6	123,4
49	Jul	122,3	129,9	135,9	141,9
49	Aug	123,4	130,2	134,8	139,4
49	Sep	82,2	86,9	90,9	94,9
49	Okt	51,9	57,7	63,1	68,5
49	Nov	22,5	25,4	27,6	29,8
49	Dez	10,0	11,9	14,0	16,1
49	2012	870,0	929,9	982,9	1.035,9

A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx

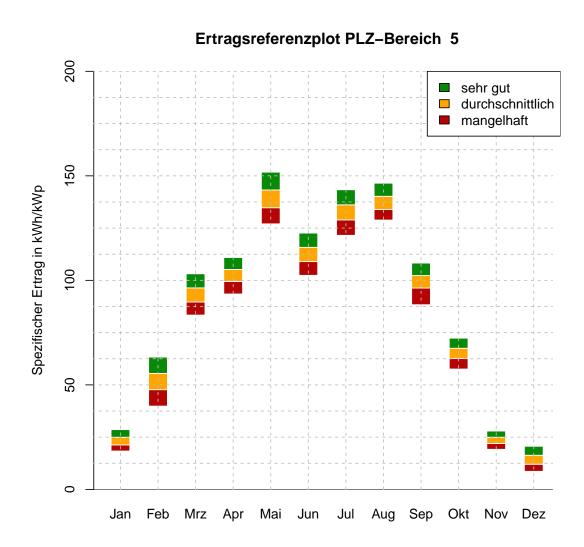
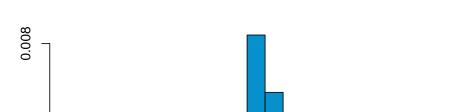


Abbildung A.29: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2012.



Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 5

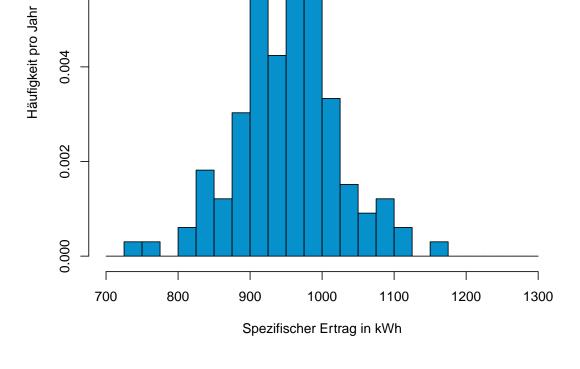


Abbildung A.30: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.6:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ f\"{u}r \ den \ Postleitzahlbereich \ 5xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
50	Jan	17,6	20,9	25,0	29,1
50	Feb	36,4	42,3	47,8	53,3
50	Mär	80,9	86,1	89,5	92,9
50	Apr	89,7	93,9	100,6	107,3
50	Mai	127,0	130,0	135,8	141,6
50	Jun	102,1	105,9	112,7	119,5
50	Jul	118,0	124,7	130,0	135,3
50	Aug	129,8	133,6	140,0	146,4
50	Sep	85,3	89,3	94,7	100,1
50	Okt	57,5	61,9	66,4	70,9
50	Nov	21,7	24,1	27,9	31,7
50	Dez	8,2	10,7	14,7	18,7
50	2012	874,0	923,6	984,9	1.046,2
51	Jan	17,6	20,2	23,7	27,2
51	Feb	37,4	42,5	47,2	51,9
51	Mär	79,4	85,6	90,0	94,4
51	Apr	88,7	92,0	98,5	105,0
51	Mai	123,0	128,4	131,8	135,2
51	Jun	98,8	102,7	107,4	112,1
51	Jul	115,6	119,8	125,7	131,6
51	Aug	127,3	131,6	137,7	143,8
51	Sep	85,2	88,5	93,1	97,7
51	Okt	$55,\!5$	60,8	66,1	71,4
51	Nov	21,1	23,3	25,2	27,1
51	Dez	7,1	8,9	10,8	12,7
51	2012	856,8	904,2	957,1	1.010,0
52	Jan	18,4	21,4	26,4	31,4
52	Feb	34,4	41,7	50,5	59,3
52	Mär	79,2	86,5	90,6	94,7
52	Apr	94,2	100,1	103,8	107,5

Tabelle A.6. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 5xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
52	Mai	126,8	132,0	137,5	143,0
52	Jun	106,1	111,2	117,1	123,0
52	Jul	124,7	128,1	134,2	140,3
52	Aug	131,8	137,4	141,1	144,8
52	Sep	86,6	93,1	97,3	101,5
52	Okt	57,6	63,9	66,7	69,5
52	Nov	21,8	25,7	29,6	33,5
52	Dez	10,1	14,1	16,3	18,5
52	2012	891,6	955,2	1.011,2	1.067,2
53	Jan	16,3	20,0	22,4	24,8
53	Feb	37,8	45,3	53,9	62,5
53	Mär	83,6	89,2	94,8	100,4
53	Apr	91,8	98,3	102,8	107,3
53	Mai	125,1	132,1	138,9	145,7
53	Jun	100,7	107,0	112,5	118,0
53	Jul	120,2	127,5	133,5	139,5
53	Aug	129,8	134,6	140,4	146,2
53	Sep	89,3	96,0	101,0	106,0
53	Okt	57,5	63,0	67,5	72,0
53	Nov	20,4	22,2	24,5	26,8
53	Dez	7,9	10,1	13,9	17,7
53	2012	880,4	945,3	1.006,0	1.066,7
54	Jan	18,8	22,1	25,1	28,1
54	Feb	47,7	54,6	63,2	71,8
54	Mär	89,4	96,1	104,0	111,9
54	Apr	97,7	102,0	106,0	110,0
54	Mai	133,0	141,7	148,6	155,5
54	Jun	106,7	113,9	120,4	126,9
54	Jul	127,7	133,1	138,4	143,7
54	Aug	129,8	135,8	141,3	146,8

Tabelle A.6. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 5xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
54	Sep	96,6	102,4	109,9	117,4
54	Okt	58,0	63,3	68,9	74,5
54	Nov	19,3	21,5	23,8	26,1
54	Dez	10,6	14,0	17,2	20,4
54	2012	935,3	1.000,6	1.066,9	1.133,2
55	Jan	20,8	24,2	28,8	33,4
55	Feb	50,7	57,3	65,4	73,5
55	Mär	91,4	99,1	106,3	113,5
55	Apr	99,4	105,6	111,6	117,6
55	Mai	141,7	149,0	155,4	161,8
55	Jun	111,0	119,2	126,5	133,8
55	Jul	128,6	134,7	140,7	146,7
55	Aug	131,8	137,9	142,9	147,9
55	Sep	100,9	109,5	116,8	124,1
55	Okt	59,0	64,1	69,8	75,5
55	Nov	20,0	22,6	25,7	28,8
55	Dez	12,1	15,7	19,0	22,3
55	2012	967,4	1.039,1	1.108,8	1.178,5
56	Jan	18,6	22,1	25,5	28,9
56	Feb	45,9	53,9	59,9	65,9
56	Mär	87,1	92,4	98,5	104,6
56	Apr	97,2	101,4	106,6	111,8
56	Mai	128,9	138,4	147,6	156,8
56	Jun	104,2	111,0	118,1	125,2
56	Jul	125,4	132,5	138,8	145,1
56	Aug	129,2	136,0	141,1	146,2
56	Sep	93,8	99,8	107,0	114,2
56	Okt	57,5	62,2	67,1	72,0
56	Nov	18,8	20,6	22,3	24,0
56	Dez	9,1	12,5	16,6	20,7

Tabelle A.6. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 5xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
56	2012	915,6	982,7	1.049,0	1.115,3
57	Jan	18,7	21,0	23,8	26,6
57	Feb	40,1	45,9	51,1	56,3
57	Mär	81,9	87,9	94,2	100,5
57	Apr	91,9	99,3	104,6	109,9
57	Mai	125,1	131,4	137,7	144,0
57	Jun	100,1	106,6	114,6	122,6
57	Jul	117,6	124,9	132,4	139,9
57	Aug	128,7	133,6	138,9	144,2
57	Sep	86,4	93,8	100,2	106,6
57	Okt	57,5	62,1	67,0	71,9
57	Nov	17,7	21,1	24,8	28,5
57	Dez	8,1	10,4	13,1	15,8
57	2012	873,8	938,0	1.002,3	1.066,6
58	Jan	20,1	23,1	25,0	26,9
58	Feb	37,7	41,7	45,7	49,7
58	Mär	79,1	85,7	89,8	93,9
58	Apr	89,9	94,5	100,2	105,9
58	Mai	124,4	130,3	135,2	140,1
58	Jun	98,6	105,2	112,4	119,6
58	Jul	115,5	122,0	130,8	139,6
58	Aug	128,5	133,2	138,1	143,0
58	Sep	83,6	86,6	90,8	95,0
58	Okt	57,4	61,6	67,1	72,6
58	Nov	21,0	24,4	26,8	29,2
_ 58	Dez	7,4	10,0	12,6	15,2
58	2012	863,2	918,3	974,6	1.030,9
59	Jan	19,4	22,8	26,5	30,2
59	Feb	37,0	41,7	47,5	53,3
59	Mär	80,4	86,6	91,7	96,8

Tabelle A.6. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 5xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
59	Apr	92,5	98,6	103,4	108,2
59	Mai	127,1	134,6	140,6	146,6
59	Jun	101,9	109,1	115,4	121,7
59	Jul	120,1	127,8	133,3	138,8
59	Aug	128,0	132,8	137,3	141,8
59	Sep	84,2	88,6	95,2	101,8
59	Okt	56,7	61,7	66,7	71,7
59	Nov	18,5	22,6	26,8	31,0
59	Dez	9,6	12,0	14,0	16,0
59	2012	875,6	939,0	998,4	1.057,8

A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx

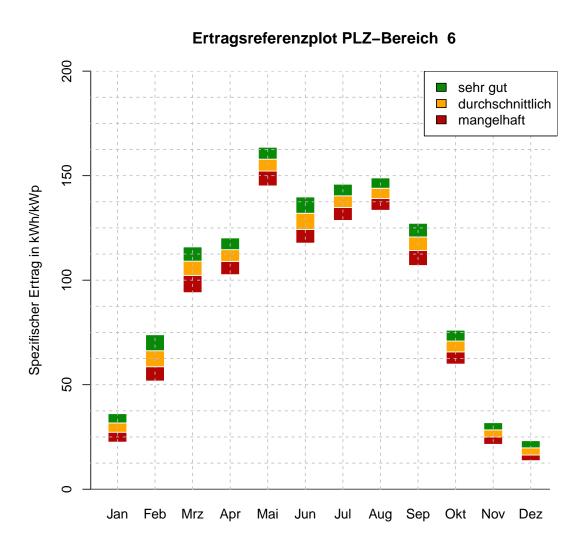


Abbildung A.31: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2012.

Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 6

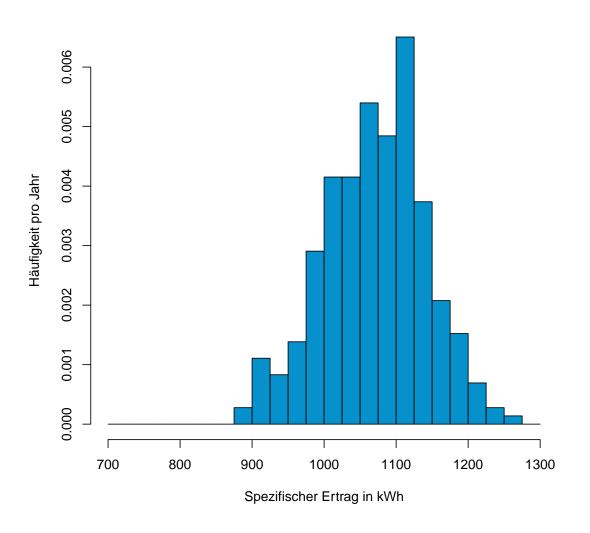


Abbildung A.32: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.7:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ f\"{u}r \ den \ Postleitzahlbereich 6xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
60	Jan	21,7	25,9	28,8	31,7
60	Feb	49,5	55,2	60,3	65,4
60	Mär	88,0	94,5	99,8	105,1
60	Apr	102,0	106,5	111,0	115,5
60	Mai	141,5	148,7	155,3	161,9
60	Jun	113,1	119,0	124,6	130,2
60	Jul	126,7	133,3	137,9	142,5
60	Aug	132,3	137,9	142,2	146,5
60	Sep	101,9	109,1	115,6	122,1
60	Okt	58,0	63,0	67,8	72,6
60	Nov	18,5	20,9	24,5	28,1
60	Dez	11,9	14,4	17,0	19,6
60	2012	965,1	1.028,4	1.084,8	1.141,2
61	Jan	21,7	25,9	28,8	31,7
61	Feb	49,5	55,2	60,3	65,4
61	Mär	88,0	94,5	99,8	105,1
61	Apr	102,0	106,5	111,0	115,5
61	Mai	141,5	148,7	155,3	161,9
61	Jun	113,1	119,0	124,6	130,2
61	Jul	126,7	133,3	137,9	142,5
61	Aug	132,3	137,9	142,2	146,5
61	Sep	101,9	109,1	115,6	122,1
61	Okt	58,0	63,0	67,8	72,6
61	Nov	18,5	20,9	24,5	28,1
61	Dez	11,9	14,4	17,0	19,6
61	2012	965,1	1.028,4	1.084,8	1.141,2
63	Jan	22,6	27,0	31,4	35,8
63	Feb	47,3	55,5	61,8	68,1
63	Mär	91,5	98,8	105,3	111,8
63	Apr	102,3	107,8	112,4	117,0

Tabelle A.7. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 6xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
63	Mai	146,9	155,0	162,2	169,4
63	Jun	120,1	129,0	136,2	143,4
63	Jul	126,6	133,3	138,5	143,7
63	Aug	132,2	139,0	144,9	150,8
63	Sep	106,9	114,4	121,1	127,8
63	Okt	59,1	64,6	70,1	75,6
63	Nov	21,8	26,5	30,8	35,1
63	Dez	11,9	14,9	17,9	20,9
63	2012	989,4	1.065,7	1.132,6	1.199,5
64	Jan	23,3	27,1	31,5	35,9
64	Feb	52,7	58,4	65,9	73,4
64	Mär	91,2	98,3	104,5	110,7
64	Apr	102,7	108,7	114,6	120,5
64	Mai	144,5	151,1	156,5	161,9
64	Jun	114,8	121,0	127,6	134,2
64	Jul	129,9	135,7	141,2	146,7
64	Aug	131,8	138,6	143,2	147,8
64	Sep	104,6	112,4	118,6	124,8
64	Okt	58,9	64,2	69,3	74,4
64	Nov	19,8	22,5	26,2	29,9
64	Dez	13,8	16,5	19,8	23,1
64	2012	988,0	1.054,5	1.118,8	1.183,1
65	Jan	21,2	24,5	27,9	31,3
65	Feb	50,2	55,1	61,1	67,1
65	Mär	87,9	94,3	100,2	106,1
65	Apr	99,8	105,7	110,2	114,7
65	Mai	136,4	146,2	154,1	162,0
65	Jun	109,3	117,2	122,7	128,2
65	Jul	126,6	133,1	138,7	144,3
65	Aug	131,0	136,8	142,0	147,2

Tabelle A.7. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 6xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
65	Sep	98,5	105,2	112,9	120,6
65	Okt	58,0	62,7	67,1	71,5
65	Nov	18,4	20,5	23,6	26,7
65	Dez	11,5	14,2	17,3	20,4
65	2012	948,8	1.015,5	1.077,9	1.140,3
66	Jan	21,9	26,4	31,6	36,8
66	Feb	52,3	60,8	68,4	76,0
66	Mär	97,3	105,4	114,0	122,6
66	Apr	101,3	108,6	114,7	120,8
66	Mai	143,7	151,7	159,0	166,3
66	Jun	116,3	125,9	137,2	148,5
66	Jul	131,1	138,1	144,0	149,9
66	Aug	133,1	140,3	146,2	152,1
66	Sep	104,0	114,2	121,1	128,0
66	Okt	61,0	67,0	71,7	76,4
66	Nov	21,5	25,4	29,7	34,0
66	Dez	14,6	18,2	20,9	23,6
66	2012	998,1	1.082,1	1.158,4	1.234,7
67	Jan	23,4	27,8	32,5	37,2
67	Feb	53,0	60,1	67,8	75,5
67	Mär	97,5	104,9	113,1	121,3
67	Apr	103,8	110,3	115,4	120,5
67	Mai	145,7	153,8	160,4	167,0
67	Jun	119,8	127,6	137,2	146,8
67	Jul	129,9	136,9	142,7	148,5
67	Aug	135,0	140,6	146,1	151,6
67	Sep	108,6	115,8	122,4	129,0
67	Okt	60,8	66,8	71,9	77,0
67	Nov	22,7	26,5	30,3	34,1
67	Dez	15,0	18,2	20,8	23,4

Tabelle A.7. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 6xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
67	2012	1.015,2	1.089,2	1.160,5	1.231,8
68	Jan	25,1	29,4	33,7	38,0
68	Feb	53,4	60,4	68,0	75,6
68	Mär	98,7	106,0	113,8	121,6
68	Apr	108,0	112,5	116,6	120,7
68	Mai	148,5	156,0	161,9	167,8
68	Jun	122,4	131,1	138,9	146,7
68	Jul	130,2	137,5	143,1	148,7
68	Aug	136,3	142,1	146,6	151,1
68	Sep	112,0	117,9	124,1	130,3
68	Okt	61,7	67,5	73,0	78,5
68	Nov	25,0	28,1	31,0	33,9
68	Dez	15,8	18,7	21,2	23,7
68	2012	1.036,9	1.107,1	1.171,9	1.236,7
69	Jan	25,1	29,4	33,7	38,0
69	Feb	53,4	60,4	68,0	75,6
69	Mär	98,7	106,0	113,8	121,6
69	Apr	108,0	112,5	116,6	120,7
69	Mai	148,5	156,0	161,9	167,8
69	Jun	122,4	131,1	138,9	146,7
69	Jul	130,2	137,5	143,1	148,7
69	Aug	136,3	142,1	146,6	151,1
69	Sep	112,0	117,9	124,1	130,3
69	Okt	61,7	67,5	73,0	78,5
69	Nov	25,0	28,1	31,0	33,9
69	Dez	15,8	18,7	21,2	23,7
69	2012	1.036,9	1.107,1	1.171,9	1.236,7

A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx

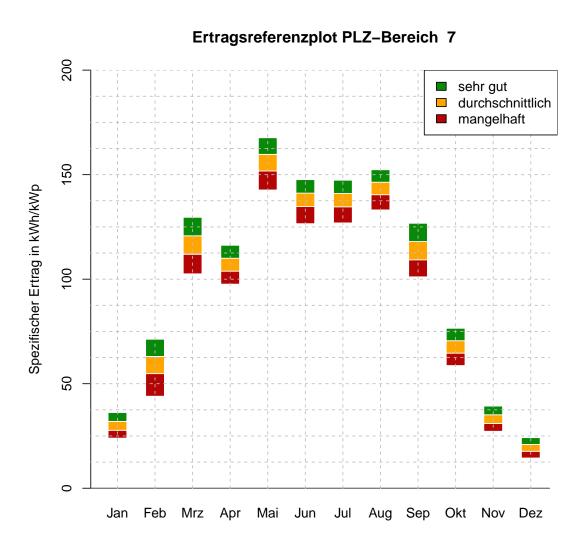


Abbildung A.33: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2012.

Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 7

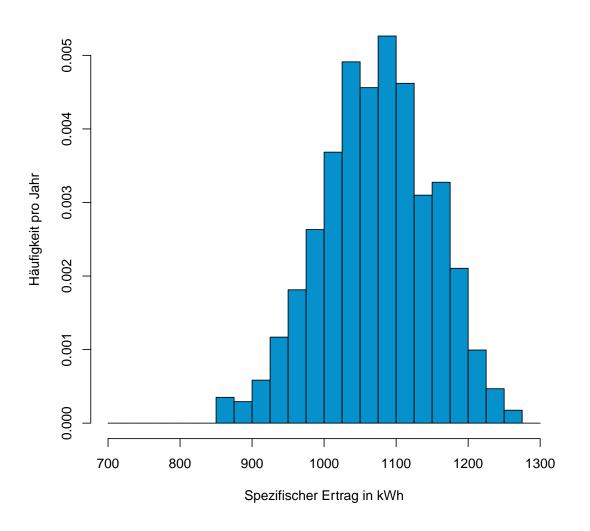


Abbildung A.34: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2012.

 ${\bf Tabelle~A.8:~Spezifische~Ertr\"{a}ge~in~kWh/kWp~f\"{u}r~den~Postleitzahlbereich~7xxxx.}$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
70	Jan	25,2	28,6	32,9	37,2
70	Feb	45,0	54,2	61,7	69,2
70	Mär	100,3	109,0	117,3	125,6
70	Apr	99,1	104,5	110,0	115,5
70	Mai	144,9	154,2	161,0	167,8
70	Jun	126,4	133,9	140,1	146,3
70	Jul	126,5	133,4	138,9	144,4
70	Aug	134,0	140,9	146,6	152,3
70	Sep	104,4	111,2	119,3	127,4
70	Okt	59,9	65,8	71,1	76,4
70	Nov	28,4	32,5	36,0	39,5
70	Dez	14,5	17,7	21,2	24,7
70	2012	1.008,5	1.085,7	1.156,1	1.226,5
71	Jan	25,2	28,6	32,9	37,2
71	Feb	45,0	54,2	61,7	69,2
71	Mär	100,3	109,0	117,3	125,6
71	Apr	99,1	104,5	110,0	115,5
71	Mai	144,9	154,2	161,0	167,8
71	Jun	126,4	133,9	140,1	146,3
71	Jul	126,5	133,4	138,9	144,4
71	Aug	134,0	140,9	146,6	152,3
71	Sep	104,4	111,2	119,3	127,4
71	Okt	59,9	65,8	71,1	76,4
71	Nov	28,4	32,5	36,0	39,5
71	Dez	14,5	17,7	21,2	24,7
71	2012	1.008,5	1.085,7	1.156,1	1.226,5
72	Jan	23,5	27,4	31,5	35,6
72	Feb	37,6	50,3	59,6	68,9
72	Mär	103,7	112,4	121,9	131,4
72	Apr	97,8	104,1	110,0	115,9

Tabelle A.8. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 7xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
72	Mai	142,7	150,8	157,6	164,4
72	Jun	126,5	134,7	141,7	148,7
72	Jul	126,1	134,5	141,2	147,9
72	Aug	133,7	140,4	146,6	152,8
72	Sep	97,2	105,2	113,7	122,2
72	Okt	56,7	63,0	69,6	76,2
72	Nov	27,6	31,3	35,5	39,7
72	Dez	14,4	17,6	21,2	24,8
72	2012	987,6	1.071,6	1.150,1	1.228,6
73	Jan	23,8	27,8	31,8	35,8
73	Feb	40,5	52,2	60,4	68,6
73	Mär	97,2	104,0	112,0	120,0
73	Apr	100,4	106,3	111,4	116,5
73	Mai	145,9	154,4	160,6	166,8
73	Jun	126,0	133,2	139,6	146,0
73	Jul	125,5	132,2	138,6	145,0
73	Aug	132,6	139,3	145,5	151,7
73	Sep	103,6	110,3	118,1	125,9
73	Okt	58,9	64,5	70,5	76,5
73	Nov	26,6	30,2	34,0	37,8
73	Dez	12,8	16,4	20,3	24,2
73	2012	993,8	1.070,8	1.143,0	1.215,2
74	Jan	23,4	27,5	31,8	36,1
74	Feb	46,8	55,5	62,6	69,7
74	Mär	93,5	101,4	108,5	115,6
74	Apr	102,5	108,2	113,1	118,0
74	Mai	147,8	155,6	162,0	168,4
74	Jun	124,1	131,5	137,7	143,9
74	Jul	125,6	132,2	138,0	143,8
74	Aug	132,4	139,1	145,1	151,1

Tabelle A.8. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 7xxxx.

					-
PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
74	Sep	107,5	114,9	121,3	127,7
74	Okt	59,4	65,4	70,7	76,0
74	Nov	24,0	28,3	32,5	36,7
74	Dez	12,6	16,0	19,3	22,6
74	2012	999,7	1.075,6	1.142,7	1.209,8
75	Jan	25,4	28,9	33,2	37,5
75	Feb	46,8	55,9	64,0	72,1
75	Mär	101,9	110,6	118,2	125,8
75	Apr	100,2	106,6	112,2	117,8
75	Mai	147,3	156,3	162,8	169,3
75	Jun	127,6	135,6	141,4	147,2
75	Jul	128,7	135,7	141,9	148,1
75	Aug	135,3	142,6	148,1	153,6
75	Sep	106,1	114,3	121,6	128,9
75	Okt	60,4	66,6	72,0	77,4
75	Nov	27,8	31,4	35,4	39,4
75	Dez	15,0	18,4	21,7	25,0
75	2012	1.022,6	1.102,9	1.172,4	1.241,9
76	Jan	22,6	27,1	32,1	37,1
76	Feb	51,7	59,4	67,0	74,6
76	Mär	101,5	108,0	115,2	122,4
76	Apr	102,7	109,6	114,9	120,2
76	Mai	145,4	153,6	160,6	167,6
76	Jun	122,0	130,8	138,6	146,4
76	Jul	129,1	136,2	142,5	148,8
76	Aug	134,7	141,1	146,2	151,3
76	Sep	107,6	115,6	122,5	129,4
76	Okt	60,2	66,4	71,9	77,4
76	Nov	24,5	28,1	31,6	35,1
76	Dez	15,3	18,3	20,9	23,5

Tabelle A.8. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 7xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
76	2012	1.017,4	1.094,1	1.164,1	1.234,1
77	Jan	23,2	26,9	31,2	35,5
77	Feb	41,5	54,4	63,5	72,6
77	Mär	107,1	116,0	126,4	136,8
77	Apr	95,8	102,6	108,8	115,0
77	Mai	140,4	148,9	156,9	164,9
77	Jun	127,4	136,0	142,7	149,4
77	Jul	127,4	135,3	142,2	149,1
77	Aug	133,1	140,4	146,0	151,6
77	Sep	97,9	106,2	114,5	122,8
77	Okt	57,5	63,9	70,5	77,1
77	Nov	26,9	30,4	35,1	39,8
77	Dez	14,7	17,9	21,0	24,1
77	2012	993,1	1.079,0	1.158,9	1.238,8
78	Jan	23,0	26,7	30,8	34,9
78	Feb	36,3	48,7	60,0	71,3
78	Mär	108,1	117,6	127,3	137,0
78	Apr	95,3	101,0	105,8	110,6
78	Mai	139,4	147,4	154,3	161,2
78	Jun	127,0	134,7	141,6	148,5
78	Jul	126,8	134,0	140,9	147,8
78	Aug	132,9	139,5	145,6	151,7
78	Sep	94,7	101,6	108,3	115,0
78	Okt	55,1	61,4	67,5	73,6
78	Nov	27,1	31,2	36,6	42,0
78	Dez	13,5	16,5	20,0	23,5
78	2012	979,3	1.060,2	1.138,6	1.217,0
79	Jan	22,1	25,6	29,5	33,4
79	Feb	40,4	53,6	62,5	71,4
79	Mär	107,9	117,6	128,2	138,8

Tabelle A.8. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 7xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
79	Apr	93,0	99,6	104,8	110,0
79	Mai	138,5	145,0	152,5	160,0
79	Jun	126,5	134,8	142,1	149,4
79	Jul	126,6	134,4	141,2	148,0
79	Aug	130,7	138,6	143,5	148,4
79	Sep	95,2	101,6	108,7	115,8
79	Okt	54,6	60,7	66,6	72,5
79	Nov	25,7	29,6	34,2	38,8
79	Dez	13,8	16,6	19,6	22,6
79	2012	975,0	1.057,6	1.133,3	1.209,0

A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx

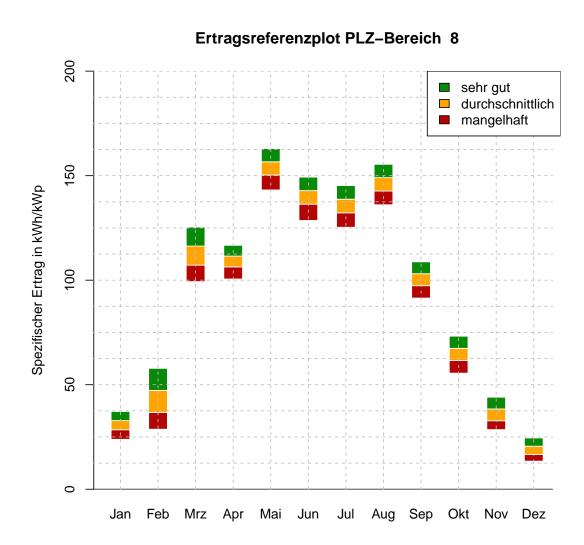


Abbildung A.35: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2012.

Histogramm Ertragswerte 2012 PLZ 8

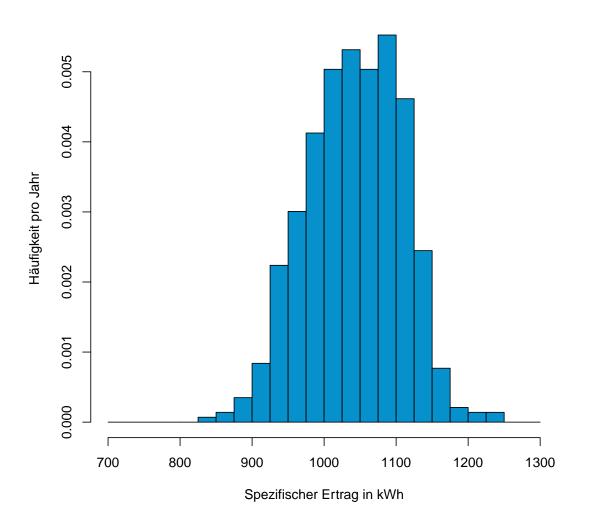


Abbildung A.36: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.9:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ f\"{u}r \ den \ Postleitzahlbereich \ 8xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
80	Jan	23,9	28,9	33,5	38,1
80	Feb	29,4	36,8	44,4	52,0
80	Mär	97,1	103,7	110,1	116,5
80	Apr	104,1	109,0	113,7	118,4
80	Mai	144,2	150,7	156,0	161,3
80	Jun	132,3	138,7	143,9	149,1
80	Jul	125,2	131,1	136,1	141,1
80	Aug	137,8	143,8	149,4	155,0
80	Sep	91,4	96,6	101,2	105,8
80	Okt	56,7	62,2	67,9	73,6
80	Nov	28,6	32,6	36,8	41,0
80	Dez	13,3	16,1	19,3	22,5
80	2012	984,0	1.050,2	1.112,4	1.174,6
81	Jan	23,9	28,9	33,5	38,1
81	Feb	29,4	36,8	44,4	52,0
81	Mär	97,1	103,7	110,1	116,5
81	Apr	104,1	109,0	113,7	118,4
81	Mai	144,2	150,7	156,0	161,3
81	Jun	132,3	138,7	143,9	149,1
81	Jul	125,2	131,1	136,1	141,1
81	Aug	137,8	143,8	149,4	155,0
81	Sep	91,4	96,6	101,2	105,8
81	Okt	56,7	62,2	67,9	73,6
81	Nov	28,6	32,6	36,8	41,0
81	Dez	13,3	16,1	19,3	22,5
81	2012	984,0	1.050,2	1.112,4	1.174,6
82	Jan	22,9	28,1	32,9	37,7
82	Feb	25,1	31,9	39,4	46,9
82	Mär	99,0	107,5	115,6	123,7
82	Apr	100,3	105,6	110,4	115,2

Tabelle A.9. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 8xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
82	Mai	142,3	149,7	156,3	162,9
82	Jun	128,7	137,3	143,7	150,1
82	Jul	123,8	131,2	137,2	143,2
82	Aug	136,6	143,3	149,9	156,5
82	Sep	90,4	96,2	101,5	106,8
82	Okt	57,3	63,9	69,7	75,5
82	Nov	31,4	36,2	40,6	45,0
82	Dez	13,9	17,8	21,2	24,6
82	2012	971,7	1.048,6	1.118,4	1.188,2
83	Jan	23,9	28,9	33,1	37,3
83	Feb	29,5	37,0	44,6	52,2
83	Mär	97,0	103,6	109,9	116,2
83	Apr	104,7	109,6	114,2	118,8
83	Mai	144,3	150,8	156,1	161,4
83	Jun	132,5	139,1	144,0	148,9
83	Jul	125,3	131,2	136,2	141,2
83	Aug	137,8	143,6	149,4	155,2
83	Sep	91,5	96,7	101,5	106,3
83	Okt	56,7	61,8	67,5	73,2
83	Nov	28,5	32,1	36,3	40,5
83	Dez	13,2	16,0	19,0	22,0
83	2012	984,8	1.050,3	1.111,7	1.173,1
84	Jan	24,5	29,4	34,2	39,0
84	Feb	33,3	41,9	49,7	57,5
84	Mär	95,7	102,2	107,8	113,4
84	Apr	106,9	111,7	116,5	121,3
84	Mai	145,6	152,1	157,6	163,1
84	Jun	131,8	137,4	142,8	148,2
84	Jul	125,4	131,1	136,1	141,1
84	Aug	136,4	142,5	148,1	153,7

Tabelle A.9. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 8xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
84	Sep	93,5	99,0	104,3	109,6
84	Okt	55,4	60,4	65,7	71,0
84	Nov	26,0	29,0	32,7	36,4
84	Dez	12,2	15,1	18,3	21,5
84	2012	986,6	1.051,9	1.113,8	1.175,7
85	Jan	21,7	26,5	31,3	36,1
85	Feb	29,7	39,7	50,4	61,1
85	Mär	94,1	101,0	106,9	112,8
85	Apr	103,8	108,9	113,4	117,9
85	Mai	146,5	153,8	159,2	164,6
85	Jun	127,0	134,9	141,1	147,3
85	Jul	123,7	130,6	136,2	141,8
85	Aug	133,4	139,5	145,5	151,5
85	Sep	95,2	103,1	111,1	119,1
85	Okt	57,0	62,8	68,1	73,4
85	Nov	24,0	28,6	33,4	38,2
85	Dez	11,0	14,5	18,2	21,9
85	2012	967,1	1.043,9	1.114,7	1.185,5
86	Jan	22,6	26,7	31,0	35,3
86	Feb	30,2	40,4	54,3	68,2
86	Mär	95,9	102,5	109,3	116,1
86	Apr	102,0	107,0	111,7	116,4
86	Mai	145,3	153,1	158,9	164,7
86	Jun	125,8	133,7	141,0	148,3
86	Jul	124,0	131,0	137,7	144,4
86	Aug	133,8	139,8	146,3	152,8
86	Sep	96,6	104,3	112,2	120,1
86	Okt	57,4	63,5	69,6	75,7
86	Nov	26,7	30,8	35,0	39,2
86	Dez	12,5	16,4	20,4	24,4

Tabelle A.9. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 8xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
86	2012	972,7	1.049,4	1.127,3	1.205,2
87	Jan	23,6	28,0	32,3	36,6
87	Feb	28,0	36,8	50,3	63,8
87	Mär	101,3	109,8	119,2	128,6
87	Apr	99,6	105,0	110,5	116,0
87	Mai	142,4	150,1	156,6	163,1
87	Jun	126,8	135,2	142,1	149,0
87	Jul	125,6	133,5	140,4	147,3
87	Aug	135,5	141,6	148,6	155,6
87	Sep	91,6	97,8	103,9	110,0
87	Okt	55,2	61,3	67,1	72,9
87	Nov	28,5	32,9	38,7	44,5
87	Dez	13,7	17,1	21,1	25,1
87	2012	971,8	1.049,1	1.130,8	1.212,5
88	Jan	23,7	28,0	31,7	35,4
88	Feb	32,4	41,8	55,2	68,6
88	Mär	105,4	114,9	125,3	135,7
88	Apr	97,3	103,1	108,2	113,3
88	Mai	140,7	148,7	156,0	163,3
88	Jun	127,1	135,2	142,2	149,2
88	Jul	125,6	133,6	140,7	147,8
88	Aug	134,4	140,7	146,9	153,1
88	Sep	94,0	100,9	107,1	113,3
88	Okt	55,2	61,9	68,5	75,1
88	Nov	28,2	32,6	38,2	43,8
88	Dez	13,8	16,7	20,7	24,7
88	2012	977,6	1.058,0	1.140,7	1.223,4
89	Jan	23,6	28,0	32,2	36,4
89	Feb	30,5	40,7	54,4	68,1
89	Mär	102,1	111,1	121,2	131,3

Tabelle A.9. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 8xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
89	Apr	98,4	103,8	109,2	114,6
89	Mai	141,7	149,6	156,3	163,0
89	Jun	126,7	134,6	141,7	148,8
89	Jul	125,2	132,7	139,3	145,9
89	Aug	134,7	140,8	147,4	154,0
89	Sep	93,7	100,6	107,1	113,6
89	Okt	56,2	62,6	68,6	74,6
89	Nov	28,6	33,1	38,3	43,5
89	Dez	14,0	17,3	21,3	25,3
89	2012	975,3	1.054,9	1.137,0	1.219,1

A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx

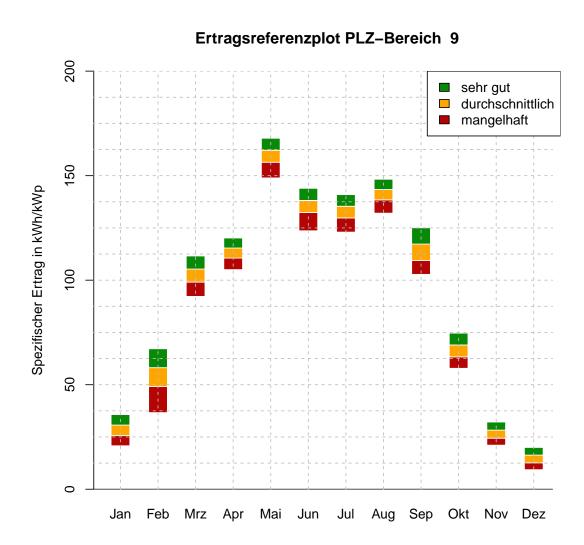


Abbildung A.37: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2012.

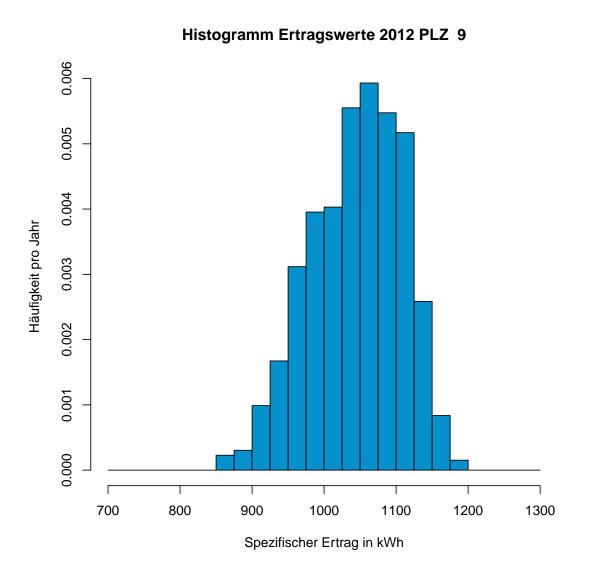


Abbildung A.38: Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2012.

 $\textbf{Tabelle A.10:} \ \textbf{Spezifische Erträge in } \ kWh/kWp \ für \ den \ Postleitzahlbereich \ 9xxxx.$

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
90	Jan	21,6	26,3	30,7	35,1
90	Feb	34,4	49,1	58,9	68,7
90	Mär	93,1	99,6	106,4	113,2
90	Apr	102,6	107,9	112,5	117,1
90	Mai	147,9	155,5	161,9	168,3
90	Jun	125,0	132,6	139,0	145,4
90	Jul	123,9	131,0	136,6	142,2
90	Aug	132,5	138,9	144,3	149,7
90	Sep	101,9	109,8	118,4	127,0
90	Okt	58,9	64,3	69,9	75,5
90	Nov	22,4	27,4	32,6	37,8
90	Dez	10,3	14,1	18,1	22,1
90	2012	974,6	1.056,4	1.129,3	1.202,2
91	Jan	21,6	26,3	30,7	35,1
91	Feb	34,4	49,1	58,9	68,7
91	Mär	93,1	99,6	106,4	113,2
91	Apr	102,6	107,9	112,5	117,1
91	Mai	147,9	155,5	161,9	168,3
91	Jun	125,0	132,6	139,0	145,4
91	Jul	123,9	131,0	136,6	142,2
91	Aug	132,5	138,9	144,3	149,7
91	Sep	101,9	109,8	118,4	127,0
91	Okt	58,9	64,3	69,9	75,5
91	Nov	22,4	27,4	32,6	37,8
91	Dez	10,3	14,1	18,1	22,1
91	2012	974,6	1.056,4	1.129,3	1.202,2
92	Jan	19,5	24,0	28,4	32,8
92	Feb	30,8	44,7	56,0	67,3
92	Mär	92,3	98,9	104,4	109,9
92	Apr	105,0	109,4	113,6	117,8

Tabelle A.10. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 9xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
92	Mai	150,4	156,2	161,5	166,8
92	Jun	123,6	131,5	137,7	143,9
92	Jul	122,5	129,3	135,5	141,7
92	Aug	130,2	136,7	141,8	146,9
92	Sep	104,9	110,7	117,6	124,5
92	Okt	58,2	63,2	68,7	74,2
92	Nov	21,2	24,3	27,9	31,5
92	Dez	9,1	12,1	15,6	19,1
92	2012	967,4	1.040,9	1.108,7	1.176,5
93	Jan	22,6	27,9	33,0	38,1
93	Feb	32,7	42,2	50,7	59,2
93	Mär	94,3	101,0	106,7	112,4
93	Apr	107,4	111,8	116,1	120,4
93	Mai	147,6	154,1	159,2	164,3
93	Jun	131,2	137,2	142,5	147,8
93	Jul	126,0	131,5	136,3	141,1
93	Aug	134,9	141,0	146,3	151,6
93	Sep	94,9	101,6	107,1	112,6
93	Okt	55,6	60,5	65,5	70,5
93	Nov	23,8	27,3	31,1	34,9
93	Dez	10,5	13,9	17,4	20,9
93	2012	981,3	1.049,9	1.112,0	1.174,1
94	Jan	25,8	30,0	34,9	39,8
94	Feb	35,8	44,2	51,1	58,0
94	Mär	94,8	101,9	107,4	112,9
94	Apr	108,1	113,1	117,6	122,1
94	Mai	146,7	153,1	158,0	162,9
94	Jun	131,6	137,1	142,5	147,9
94	Jul	125,7	131,0	135,8	140,6
94	Aug	135,3	142,3	147,7	153,1

Tabelle A.10. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 9xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
94	Sep	94,1	100,0	105,0	110,0
94	Okt	55,0	59,7	64,5	69,3
94	Nov	25,5	28,3	31,6	34,9
94	Dez	11,7	14,8	18,0	21,2
94	2012	989,9	1.055,6	1.114,0	1.172,4
95	Jan	19,1	23,2	28,1	33,0
95	Feb	31,8	44,9	57,5	70,1
95	Mär	91,2	97,7	103,2	108,7
95	Apr	104,0	108,7	113,1	117,5
95	Mai	148,9	156,3	161,6	166,9
95	Jun	121,5	130,1	136,7	143,3
95	Jul	121,4	128,4	134,5	140,6
95	Aug	129,6	136,0	140,9	145,8
95	Sep	106,3	112,4	118,6	124,8
95	Okt	59,0	64,1	69,7	75,3
95	Nov	20,3	23,4	27,4	31,4
95	Dez	8,5	11,1	14,6	18,1
95	2012	961,6	1.036,3	1.105,9	1.175,5
96	Jan	19,5	24,2	28,6	33,0
96	Feb	36,3	49,4	59,5	69,6
96	Mär	89,3	96,5	102,3	108,1
96	Apr	102,6	108,0	112,7	117,4
96	Mai	148,5	156,3	162,0	167,7
96	Jun	120,6	129,0	135,5	142,0
96	Jul	121,3	128,1	134,0	139,9
96	Aug	129,6	136,5	141,6	146,7
96	Sep	107,3	113,8	119,7	125,6
96	Okt	58,9	64,4	70,4	76,4
96	Nov	20,1	23,4	27,7	32,0
96	Dez	9,1	12,3	15,9	19,5

Tabelle A.10. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 9xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
96	2012	963,2	1.041,9	1.109,8	1.177,7
97	Jan	22,0	26,6	30,9	35,2
97	Feb	44,3	54,7	62,4	70,1
97	Mär	90,9	98,3	104,7	111,1
97	Apr	102,5	108,0	112,6	117,2
97	Mai	148,4	156,7	163,1	169,5
97	Jun	121,8	130,3	136,8	143,3
97	Jul	123,8	131,0	136,7	142,4
97	Aug	131,5	138,3	143,9	149,5
97	Sep	108,2	115,2	121,3	127,4
97	Okt	59,2	64,9	70,5	76,1
97	Nov	21,4	25,7	30,2	34,7
97	Dez	10,7	14,2	17,3	20,4
97	2012	984,7	1.063,9	1.130,3	1.196,7
98	Jan	19,9	24,0	28,5	33,0
98	Feb	38,5	51,6	60,1	68,6
98	Mär	87,5	94,1	99,5	104,9
98	Apr	101,5	106,0	111,0	116,0
98	Mai	147,4	156,1	163,0	169,9
98	Jun	117,4	125,6	132,9	140,2
98	Jul	121,2	128,3	133,8	139,3
98	Aug	130,3	136,8	141,0	145,2
98	Sep	104,6	110,7	118,9	127,1
98	Okt	59,0	64,3	69,5	74,7
98	Nov	18,8	21,6	24,5	27,4
98	Dez	9,0	12,6	16,2	19,8
98	2012	954,9	1.031,6	1.098,9	1.166,2
99	Jan	16,3	20,2	24,3	28,4
99	Feb	28,9	38,9	47,6	56,3
99	Mär	84,0	91,8	98,3	104,8

Tabelle A.10. Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 9xxxx.

PLZ	Monat	mangelhaft	durchschnittlich	sehr gut	Obergrenze
99	Apr	98,7	103,1	106,0	108,9
99	Mai	138,8	144,3	151,7	159,1
99	Jun	107,6	114,3	121,3	128,3
99	Jul	120,2	127,3	132,5	137,7
99	Aug	126,9	131,7	136,5	141,3
99	Sep	92,7	99,1	108,6	118,1
99	Okt	59,0	64,5	69,5	74,5
99	Nov	20,5	23,2	26,3	29,4
99	Dez	10,8	13,0	15,1	17,2
99	2012	904,4	971,4	1.037,7	1.104,0