

Studie  
zum Ertrag von Photovoltaikanlagen  
2013  
in Deutschland

Prof. Dr. Henrik te Heesen  
Prof. Dr. Volker Herbort  
Robert Pfatischer

## **Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen 2013 in Deutschland**

Herausgegeben von der meteocontrol GmbH, Augsburg

Von Prof. Dr. Henrik te Heesen (Umwelt-Campus Birkenfeld), Prof. Dr. Volker Her-  
bort (Hochschule Ulm), Robert Pfatischer (meteocontrol GmbH)

Mai 2014, 119 Seiten, 57 Abbildungen, 10 Tabellen

Bildnachweis Seite 1, Seite 5, Seite 8, Seite 20, Seite 32. Copyright Henrik te Heesen

Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe, Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspei-  
cherung und Verarbeitung in elektronischen Medien sind ohne Zustimmung der me-  
teocontrol nicht gestattet.

© 2014 meteocontrol GmbH, Augsburg

## Vorwort

Der Photovoltaikmarkt in Deutschland ist weltweit führend. Im Kalenderjahr 2013 wurden deutschlandweit knapp 125.000 PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 3,3 GWp zugebaut, sodass bis zum 31.12.2013 insgesamt 36,0 GWp Photovoltaikleistung installiert waren.

Allerdings zeigt die Erfahrung, dass in der PV-Branche der zügige Ausbau und die Installation von Neuanlagen im Fokus stand, wodurch die Qualität der Bauausführung teilweise gelitten hat. In den VDI nachrichten vom 21. März 2014 ist ein Artikel mit dem Titel „Solaranlagen: Unsachgemäße Installation senkt Rendite“ erschienen. Projektierer und Errichter von Photovoltaik (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, welchen 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 2013 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

<b>Vorwort</b>	<b>ii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>Glossar</b>	<b>viii</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>2 Executive Summary</b>	<b>3</b>
<b>3 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>4 Vorgehen</b>	<b>9</b>
4.1 Fernüberwachungskonzept . . . . .	9
4.2 Kennzahlen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen .	10
4.3 Datengrundlagen . . . . .	13
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>21</b>
5.1 Einstrahlung 2013 . . . . .	22
5.2 Spezifischer Ertrag 2013 . . . . .	22
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>33</b>
<b>A Anhang</b>	<b>34</b>
A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen . . . . .	34
A.2 Einstrahlungs- und Ertragsdaten 2013 für Deutschland . . . . .	37
A.3 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2013 . . . . .	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
A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx	77
A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx	84
A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx	90
A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx	97
A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx	104

## Abbildungsverzeichnis

1.1	Spez. Ertrag von PV-Anlagen in Deutschland . . . . .	2
2.1	Spec. yield of PV systems in Germany . . . . .	3
3.1	Kumulierte installierte Nennleistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland. . . . .	6
4.1	Prinzipieller Aufbau der Fernüberwachung . . . . .	10
4.2	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland . . . . .	14
4.3	Ausschluss von Extremwerten . . . . .	16
4.4	Darstellung des Filterverfahrens . . . . .	17
4.5	Sicherheitswahrscheinlichkeit . . . . .	18
5.1	Korrekturfaktor für Ausrichtung und Neigung . . . . .	21
5.2	Abweichung der horizontalen Einstrahlung 2013 . . . . .	23
5.3	Spez. Ertrag 2013 für PV-Anlagen . . . . .	24
5.4	Relative Abweichung zum langjährigen spez. Ertrag . . . . .	25
5.5	Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge für 2012 und 2013 . . . . .	26
5.6	Spez. Monatserträge Januar und Februar . . . . .	26
5.7	Spez. Monatserträge März und April . . . . .	27
5.8	Spez. Monatserträge Mai und Juni . . . . .	27
5.9	Spez. Monatserträge Juli und August . . . . .	28
5.10	Spez. Monatserträge September und Oktober . . . . .	29
5.11	Spez. Monatserträge November und Dezember . . . . .	29
5.12	Ertragsreferenzplot der spez. Erträge für Norddeutschland . . . . .	30
5.13	Ertragsreferenzplot der spez. Erträge für Süddeutschland . . . . .	31
A.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland . . . . .	36
A.2	Abweichung der horizontalen Einstrahlung 2013 . . . . .	37
A.3	Spez. Ertrag 2013 für PV-Anlagen . . . . .	38
A.4	Relative Abweichung zum langjährigen spez. Ertrag . . . . .	38
A.5	Spez. Ertrag im Januar 2013 . . . . .	39
A.6	Spez. Ertrag im Februar 2013 . . . . .	39

---

A.7	Spez. Ertrag im März 2013 . . . . .	40
A.8	Spez. Ertrag im April 2013 . . . . .	40
A.9	Spez. Ertrag im Mai 2013 . . . . .	41
A.10	Spez. Ertrag im Juni 2013 . . . . .	41
A.11	Spez. Ertrag im Juli 2013 . . . . .	42
A.12	Spez. Ertrag im August 2013 . . . . .	42
A.13	Spez. Ertrag im September 2013 . . . . .	43
A.14	Spez. Ertrag im Oktober 2013 . . . . .	43
A.15	Spez. Ertrag im November 2013 . . . . .	44
A.16	Spez. Ertrag im Dezember 2013 . . . . .	44
A.17	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 0xxxx	45
A.18	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 0xxxx . . .	46
A.19	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 1xxxx	51
A.20	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 1xxxx . . .	52
A.21	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 2xxxx	57
A.22	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 2xxxx . . .	58
A.23	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 3xxxx	64
A.24	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 3xxxx . . .	65
A.25	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 4xxxx	71
A.26	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 4xxxx . . .	72
A.27	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 5xxxx	77
A.28	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 5xxxx . . .	78
A.29	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 6xxxx	84
A.30	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 6xxxx . . .	85
A.31	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 7xxxx	90
A.32	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 7xxxx . . .	91
A.33	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 8xxxx	97
A.34	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 8xxxx . . .	98
A.35	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 9xxxx	104
A.36	Histogramm des spez. Jahresertrags für den PLZ-Bereich 9xxxx . . .	105

## Tabellenverzeichnis

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

## Glossar

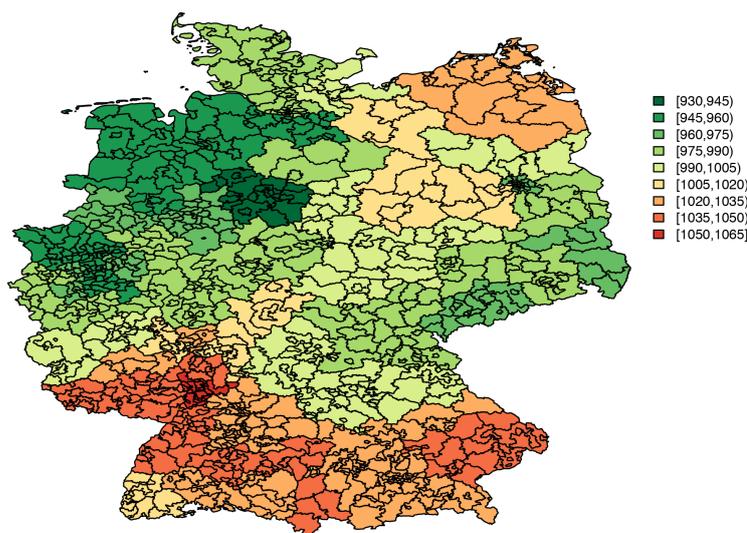
<b>EEG</b>	Erneuerbaren Energien Gesetz
<b>GWp</b>	Gigawatt Peak (1.000 MWp)
<b>IQ</b>	Interquartilsabstand
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunden
<b>kWp</b>	Kilowatt Peak (1.000 Wp)
<b>MWp</b>	Megawatt Peak (1.000 kWp)
<b>PLZ</b>	Postleitzahl
<b>PR</b>	Performance Ratio
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>QPR</b>	Quasi-Performance-Ratio
<b>STC</b>	Standard Test Conditions
<b>W</b>	Watt
<b>Wh</b>	Wattstunden
<b>Wp</b>	Watt Peak



# 1 Zusammenfassung

Während 2012 in weiten Teilen Deutschlands ein durchschnittlich sonnenreiches und damit ertragreiches Jahr war, zeigt sich das Kalenderjahr 2013 als unterdurchschnittliches Photovoltaikjahr. In Nordwestdeutschland weisen Photovoltaikanlagen aufgrund geringerer Sonneneinstrahlung als im langjährigen Mittel (2005–2012) geringere Energieerträge als in den Vorjahren auf. Südlich der Linie Saarbrücken-Frankfurt/Main-Regensburg erreichen PV-Anlagen zwar spezifische Jahreserträge von über 1.020 kWh/kWp, jedoch sind auch in diesen Regionen die Erträge im Vergleich zum Vorjahreszeitraum zurückgegangen. Ursache für den Rückgang des eingespeisten Stroms in 2013 ist die sehr geringe Sonneneinstrahlung im ersten Halbjahr in Deutschland. Lediglich in Mecklenburg-Vorpommern erreichen PV-Anlagen aufgrund der Sonneneinstrahlung, die im Bereich der langjährigen Durchschnittswerte liegt, verhältnismäßig hohe Erträge von 1.020 bis 1.035 kWh/kWp.

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 die statistischen Ergebnisse die wahren Erträge der Solaranlagen sehr gut widerspiegeln.



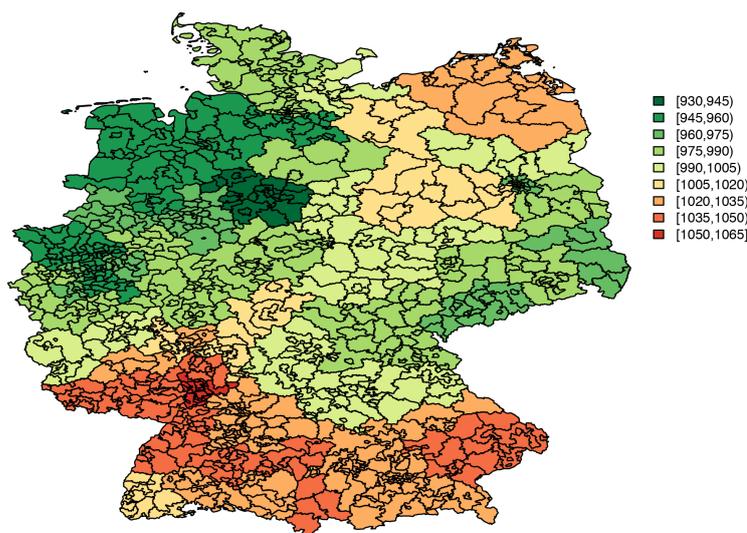
**Abbildung 1.1:** Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2013. Siehe auch Abb. 5.3.

## 2 Executive Summary

We provide an analysis of monitoring data of photovoltaic systems in Germany for 2013. We used yield and insolation data including the configuration of the PV system in 15-minute intervals and aggregated these data to monthly values. The data has been cleared up by a two-step algorithm to consider only PV systems without any malfunction in this time period. The evaluation of the yield represents the energy production of PV systems in Germany, which the systems were able to achieve if the systems have been planned, built and operated professionally.

During 2012 in many parts of Germany there was average insolation and thus a profitable year, 2013 shows a below-average solar year. In northwestern Germany PV systems have, due to lower solar radiation than the long-term average (2005–2012), lower energy yields than in previous years. PV systems located south of the line Saarbrücken-Frankfurt/Main-Regensburg achieve a specific annual yields of over 1,020 kWh/kWp, but also in these regions, the yield has decreased compared to the same period last year. Cause of the decline of the fed-in electricity in 2013 is the very small insolation in the first half-year in Germany. Only PV systems in Mecklenburg-Vorpommern achieve relatively high yields 1,020–1,035 kWh/kWp due to the insolation, which is in the range of the long-term average values.

The analysis in this study are based on purely statistical methods and algorithms. Therefore, the results are objectively verifiable and have no subjective influence.



**Figure 2.1:** Specific yield in kWh/kWp in titled module plain (Southern orientation, 30° tilted module plain) for PV systems in Germany 2013. See also Fig. 5.3.

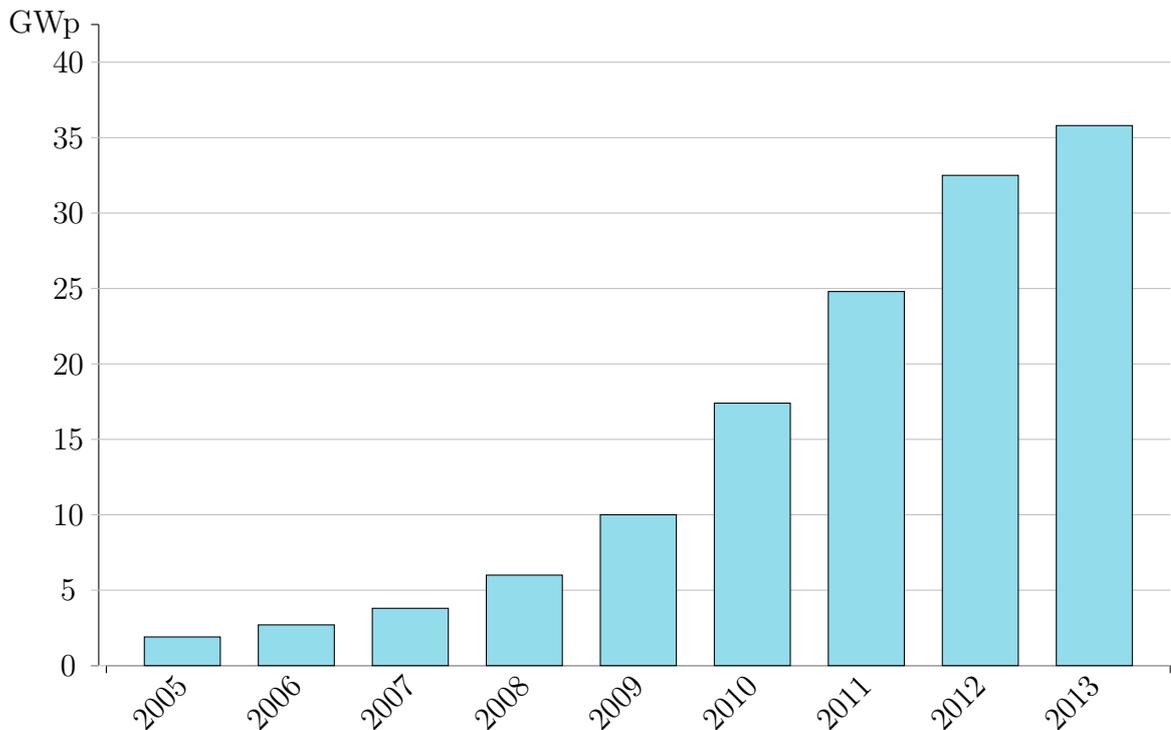
---

The significance analysis shows that for a sufficiently large number of evaluable PV systems, the statistical results reflect the real income of the solar systems very well.



## 3 Einleitung

In den letzten Jahren hat sich der Photovoltaikmarkt weltweit und insbesondere in Deutschland außergewöhnlich entwickelt. Von Anfang 2009 bis Ende 2013 wurden alleine in Deutschland mehr als 960.000 PV-Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 29,7 GWp installiert. Dies ist vor dem Hintergrund der andauernden politischen Diskussion zur Energiewende sowie den fortwährenden Anpassungen des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) zwar eine beachtliche Entwicklung, jedoch sind in der deutschen Solarindustrie die Auswirkungen der Regulierung des PV-Sektors durch die Anpassung der Einspeisevergütungssätze und der damit verbundenen Halbierung der installierten Leistung in 2013 zu spüren.



**Abbildung 3.1:** Kumulierte installierte Nennleistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland.

Um Sollerträge von PV-Anlagen zu ermitteln, gibt es unterschiedliche Wege. Für solare Kraftwerke bietet sich die Ermittlung des Jahressollertrags mithilfe einer Ertragssimulation an, die einem Ertragsgutachten unter Berücksichtigung der spezifi-

schen 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 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 2012 ins Leben gerufen und in diesem Jahr weitergeführt, 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 5 die Ergebnisse der Auswertung vorgestellt und diskutiert. Im Anhang A sind die Resultate im Detail für jede zweistellige Postleitzahlregion in Deutschland aufgeführt.



## 4 Vorgehen

In diesem Kapitel werden die Algorithmen beschrieben, welche zur Auswertung der Ertragsdaten der Photovoltaikanlagen verwendet wurden. Die Betreiber der PV-Anlagen sind in erster Instanz für die Qualität und Pflege der Messdaten des Fernüberwachungssystem verantwortlich. Jedoch sind die Messdaten häufig unzureichend gepflegt sind, sodass 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.

### 4.1 Fernüberwachungskonzept

Ausgangspunkt der Analyse sind Messdaten von PV-Anlagen, die mit dem Monitoringsystem der meteocontrol fernüberwacht werden. Zum 31. Dezember 2013 wurden weltweit 33.190 Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 8,3 GWp und in Deutschland 23.300 Anlagen mit einer Nennleistung von 5,1 GWp überwacht. In Abb. 4.1 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 verwendet.

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.

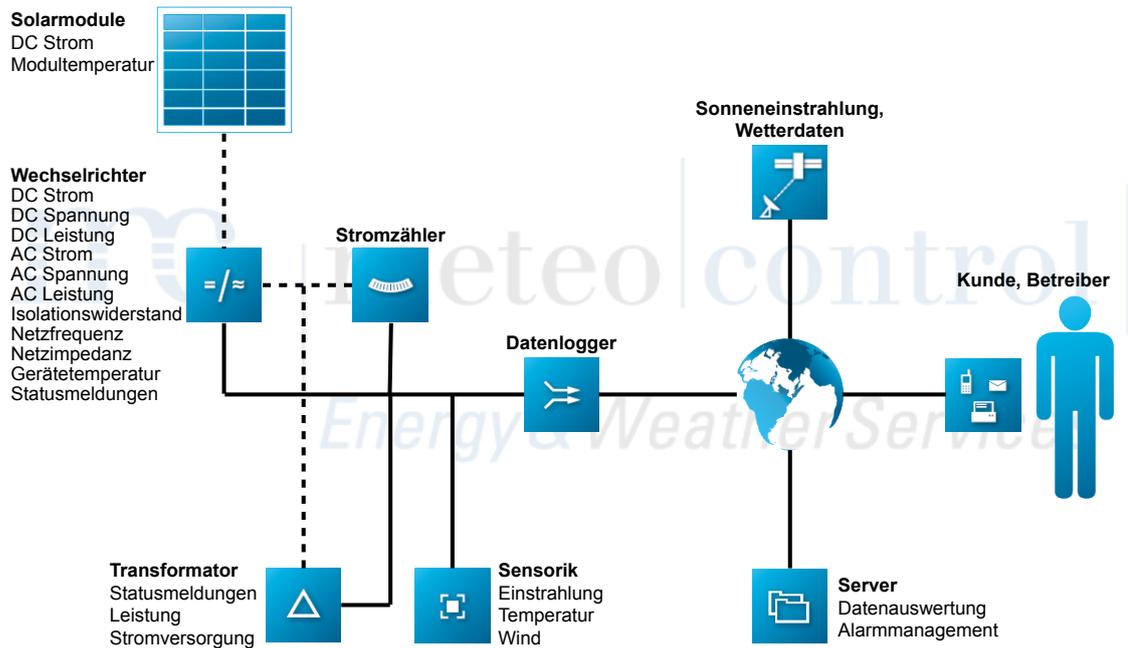


Abbildung 4.1: Prinzipieller Aufbau der Fernüberwachung einer PV-Anlage.

## 4.2 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.

### 4.2.1 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.

#### 4.2.2 Spezifischer Ertrag

Der spezifische Ertrag  $E_{\text{spez}}$  ist eine Kennzahl, mit der sich unterschiedliche Anlagen vergleichen lassen. Zur Berechnung des spezifischen Ertrags wird der Energieertrag durch die nominelle Anlagenleistung  $P_{\text{nom}}$  dividiert (siehe Gleichung (4.1)).

$$E_{\text{spez}} = \frac{E}{P_{\text{nom}}} \quad (4.1)$$

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.

#### 4.2.3 Performance Ratio

Die PR einer Anlage spiegelt die Effizienz der Anlage wider und ist durch die Gleichung (4.2) nach DIN VDE 61813 Abs. 3.4.26 n) und Abs. 3.4.66 [VDE, 2007] definiert

$$PR = \frac{E}{G_M \cdot A \cdot \eta_M} \quad (4.2)$$

$E$  = Energieertrag in kWh,

$G_M$  = Einstrahlungsenergie in Modulebene in kWh pro m<sup>2</sup>,

$A$  = Gesamtfläche der PV-Module in m<sup>2</sup>,

$\eta_M$  = 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 (4.3) vereinfacht darstellen lässt

$$PR = \frac{E}{P_{nom} \cdot G_M} \quad . \quad (4.3)$$

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 -5% 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.

## 4.3 Datengrundlagen

Die Fernüberwachungsmessdaten der meteocontrol bilden die Grundlage der Studie. Das Verfahren zur Erfassung der Betriebsdaten ist in Abschnitt 4.1 beschrieben.

### 4.3.1 Räumliche Eingrenzung

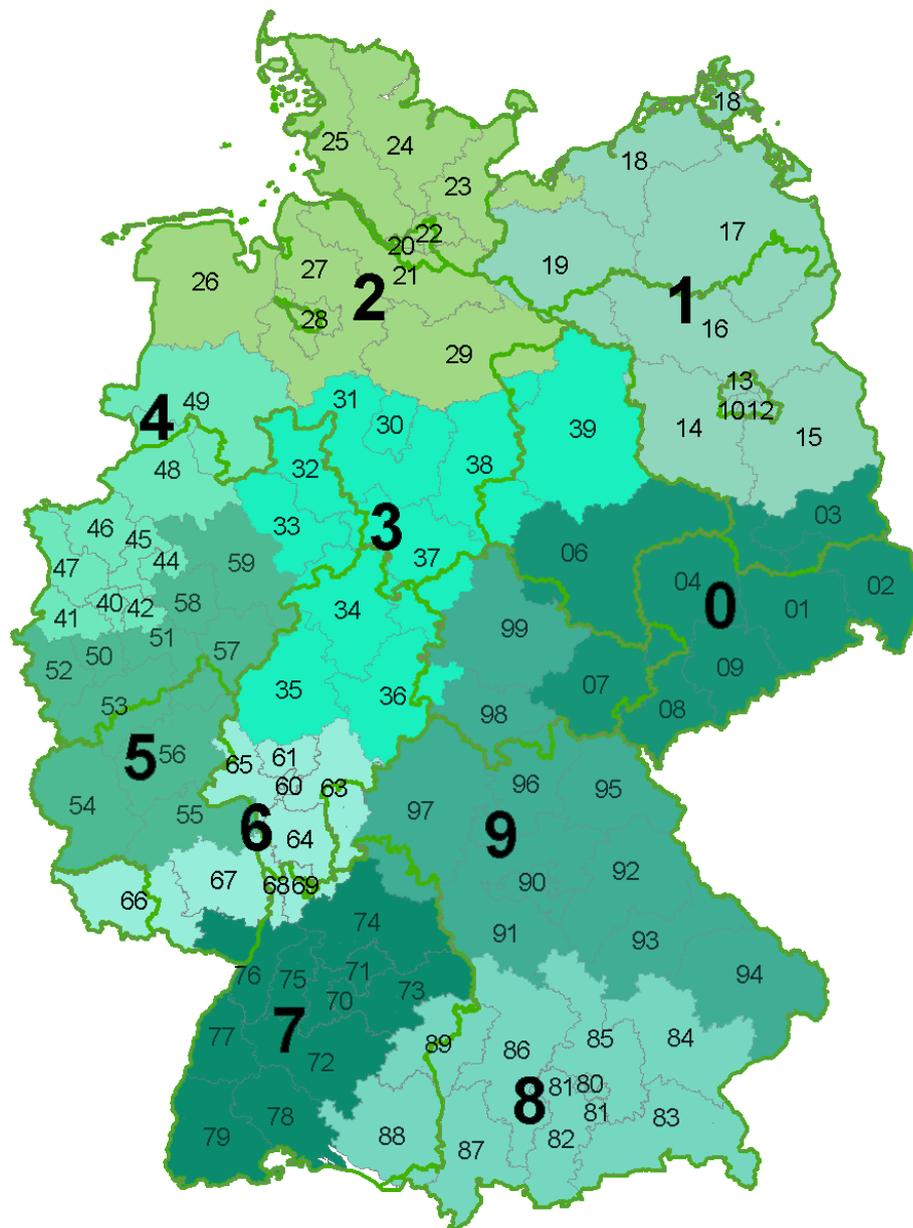
Die Studie soll die Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen in Deutschland untersuchen. Deutschland hat allerdings unterschiedliche klimatische Zonen in Bezug auf Einstrahlungsmengen und Temperatur wie z. B. die Küstenlandschaft in Norddeutschland im Vergleich zur Alpenregion in Süddeutschland. Da die verwendeten Qualitätskriterien meteorologische Besonderheiten wie z. B. unterschiedliche Umgebungstemperaturen nicht berücksichtigen, wurde die Auswertungen nach zweistelligen Postleitzahlbereichen durchgeführt (siehe Abbildung 4.2).

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 ergibt sich aufgrund der höheren Anlagendichte in Süddeutschland eine Häufung von auswertbaren Anlagen im süddeutschen Raum, daher ist die Analyse in diesen Regionen genauer als im restlichen Bundesgebiet.

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 4.3.4 für die Erläuterung der Datenqualitätsprüfung und -bereinigung).

### 4.3.2 Zeitliche Eingrenzung

In der Studie wurde das Betriebsjahr 2013 ausgewertet. Die Kennzahlen werden zunächst jeweils auf Monatsbasis ermittelt und fließen auch als Monatswerte in den



**Abbildung 4.2:** Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn).

Datenqualitätsfilter (siehe 4.3.4) ein. Im Anschluss daran wird der Jahresmittelwert aus den Monatsmittelwerten gebildet.

### 4.3.3 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 (Quaschnig, 2013, S. 121). Um einen Vergleich von Anlagen mit einer vergleichbaren Ertragserwartung zu ermöglichen, wurden nur Anlagen berücksichtigt, die eine Modul-Ausrichtung zwischen  $135^\circ$  und  $225^\circ$  haben. Außerdem wurde die Neigung der Module auf den Bereich zwischen  $10^\circ$  und  $45^\circ$  eingegrenzt.

### 4.3.4 Datenqualität

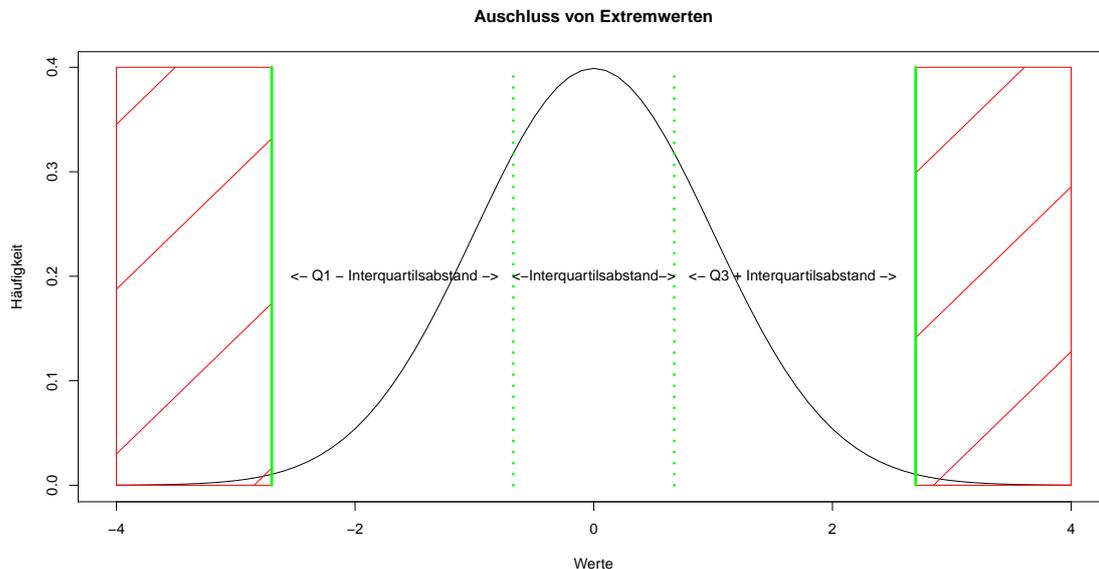
Bei der explorativen Datenanalyse\* zeigte sich, dass es teilweise Anlagen gab, welche unplausible Werte bzw. gar keine Werte liefern. Um ein korrektes Ergebnis zu ermöglichen, wurden daher zunächst die Monatswerte von Anlagen herausgefiltert, die extreme Werte aufwiesen bzw. keine Werte hatten.

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.

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.

---

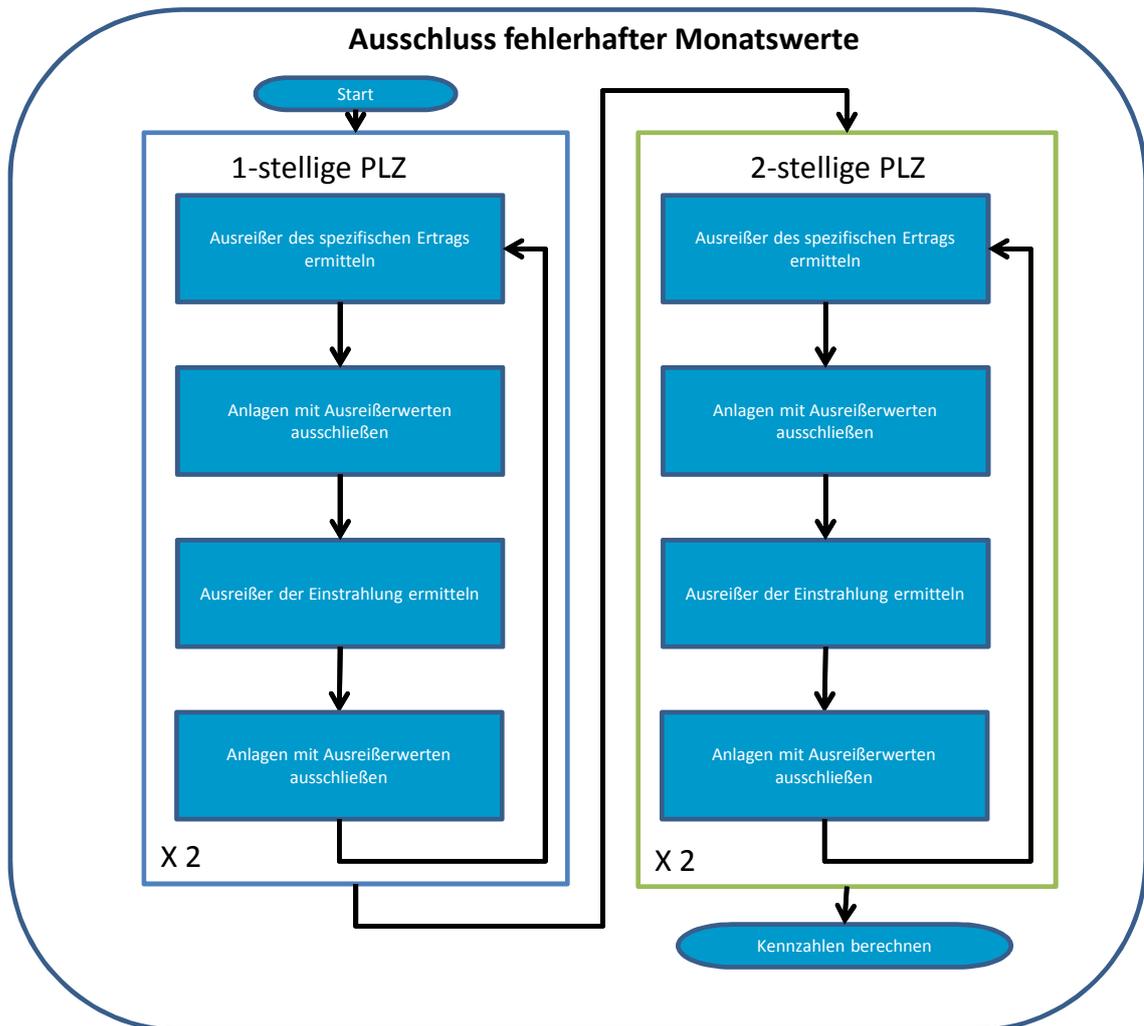
\* Explorative Datenanalyse dient dazu mit Hilfe von Histogrammen, Box-Plot u. A. grundlegende Zusammenhänge und Verteilungen in Daten zu ermitteln. Weiterführende Informationen bietet z. B. [Tukey, 1977]



**Abbildung 4.3:** Ausschluss von Extremwerten unter Verwendung des Interquartilsabstands nach Tukey (1977).

Nachdem die Anlagen entfernt wurden, die keine Werte liefern, durchliefen die anderen Anlagen ein zweistufiges Verfahren, wie in Abbildung 4.4 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 4.3).

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

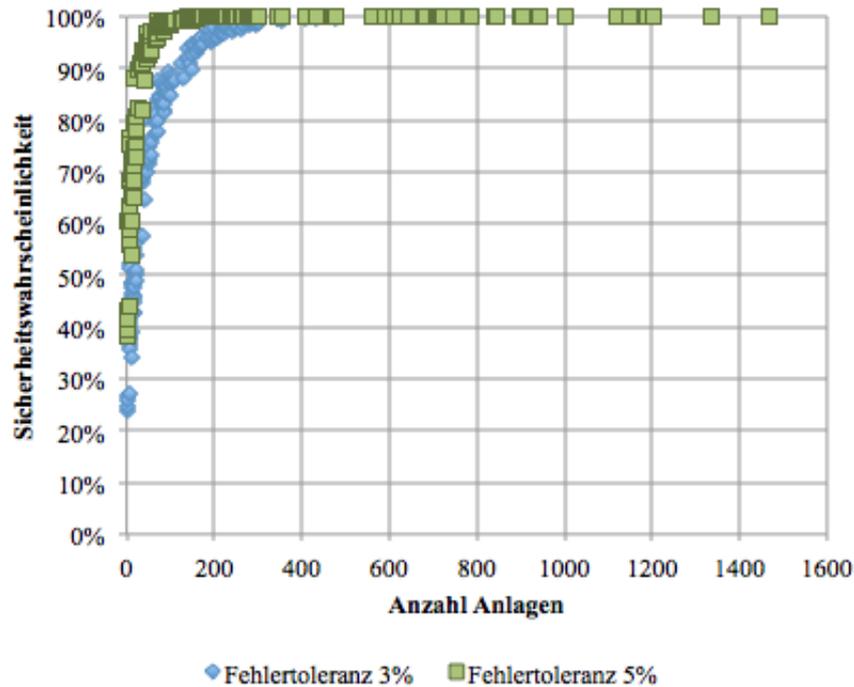


**Abbildung 4.4:** Ablauf des zweistufigen Filterverfahrens.

Messdaten zunächst auf einstelliger und anschließend auf zweistelliger PLZ-Ebene vergrößert die Anzahl auswertbarer Messdaten und stabilisiert den Algorithmus.

#### 4.3.5 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.



**Abbildung 4.5:** Sicherheitswahrscheinlichkeit der Messdatenanalyse in Abhängigkeit der ausgewerteten Anlagenanzahl. Der tolerierte Fehler ist mit 3 % in blau und mit 5 % in grün angegeben.

Für die Sicherheitswahrscheinlichkeit  $D(z)$  gilt

$$z^2 = \frac{n \cdot \varepsilon^2}{\sigma \cdot (1 - \sigma)} \quad (4.4)$$

mit der zentralen Wahrscheinlichkeit der Standardnormalverteilung  $z$ , der Anzahl der ausgewerteten PV-Anlagen  $n$ , dem tolerierten Fehler  $\varepsilon$  des berechneten Ertrag vom wahren Ertrag in einer Region und der relativen Abweichung  $\sigma$  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 4.5 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. Entsprechend beträgt ab bereits 50 auswertbaren Anlagen in einer Region die Si-

---

cherheitswahrscheinlichkeit 97,5 % mit einem tolerierten Fehler von 5 % (grüne Quadrate).

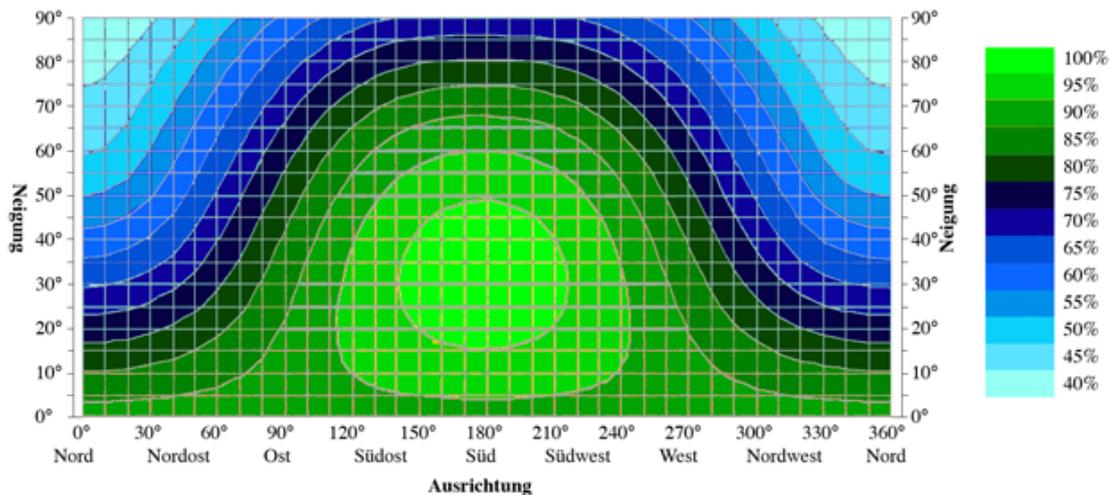
Aus dieser Betrachtung zeigt sich, dass durch den oben erläuterten Algorithmus die Ergebnisse statistisch signifikant sind und die zu erwartenden Erträge in den einzelnen Postleitzahlregionen wiedergeben.



## 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ertragsanalyse dargestellt und diskutiert. Im Anhang A ab Seite 34 sind die Ergebnisse der einzelnen Postleitzahlregionen im Detail aufgeführt.

Sämtliche Ertrags- und Einstrahlungsdaten beziehen sich auf PV-Anlagen mit Modulen, die nach Süden ausgerichtet ( $180^\circ$ ) und eine Neigung von  $30^\circ$  aufweisen. Für den Datenvergleich mit Anlagen, deren Module eine andere Ausrichtung und/oder Neigung aufweisen, müssen die in dieser Studie angegebenen Werte mit einem Korrekturfaktor nach Abbildung 5.1 multipliziert werden. Beispielsweise müssten die Ertrags- und Einstrahlungswerte in dieser Studie für den Vergleich mit einer PV-Anlage, deren Module nach Westen ( $270^\circ$ ) ausgerichtet und  $20^\circ$  geneigt sind, mit dem Faktor 90 % (0,9) multipliziert werden. Sofern die Module der PV-Anlage eine Ausrichtung zwischen Südost ( $150^\circ$ ) und Südwest ( $210^\circ$ ) sowie eine Neigung zwischen  $15^\circ$  und  $40^\circ$  aufweisen, müssen die angegebenen Daten nicht korrigiert werden.



**Abbildung 5.1:** Korrekturfaktor für Ertrags- und Einstrahlungsdaten in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung der Solarmodule in Deutschland. PV-Anlagen mit Solarmodulen mit einer Ausrichtung nach Süden ( $180^\circ$ ) und einer Neigung von  $30^\circ$  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 gut 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.

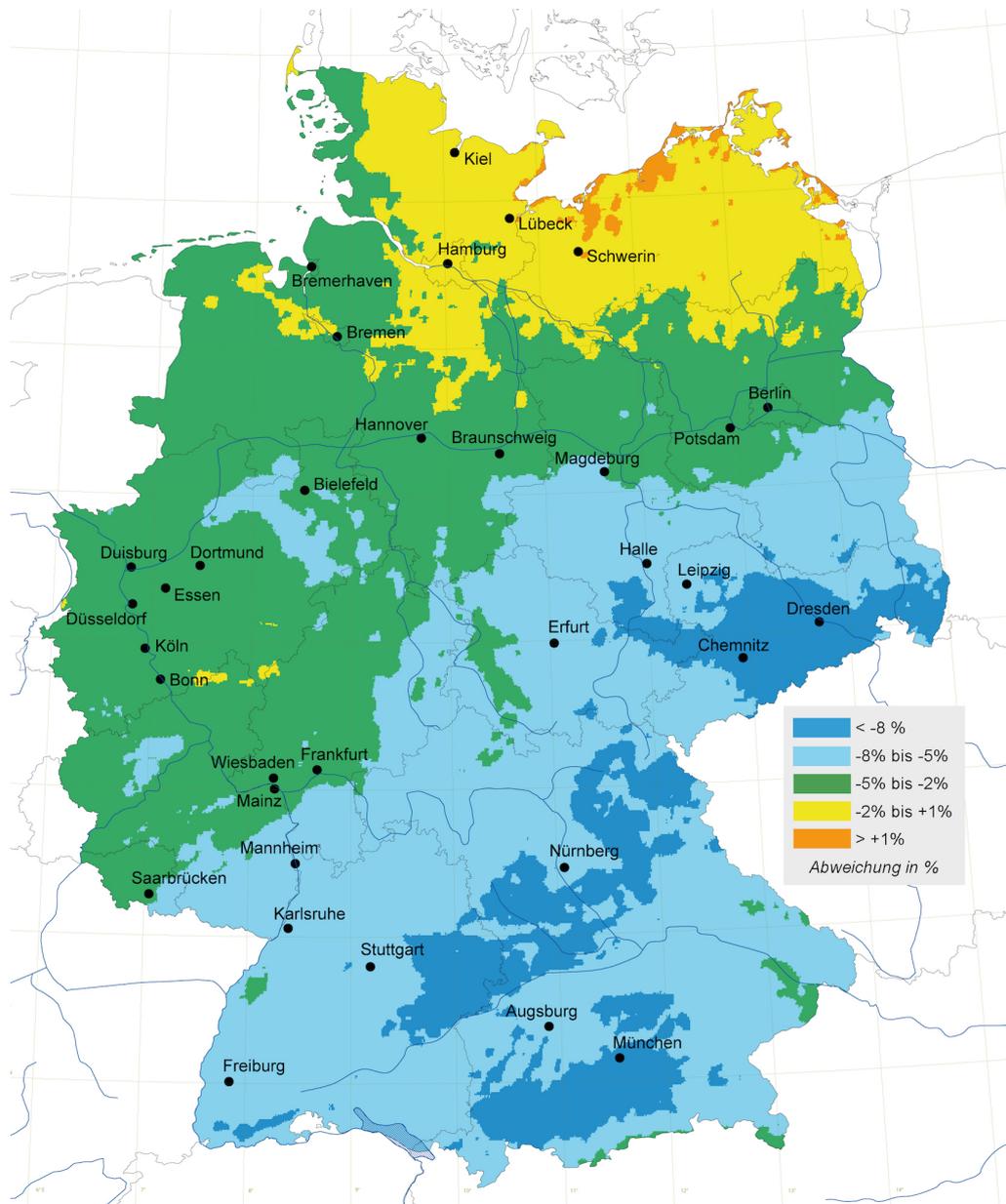
## 5.1 Einstrahlung 2013

Zunächst wird die Sonneneinstrahlung in der Horizontale im Kalenderjahr 2013 im Vergleich zur langjährigen, mittleren Sonneneinstrahlung (2005–2012) betrachtet [Zehner et al., 2014]. Hierzu wurden Daten des MSG-Satelliten (Meteosat Second Generation) in der Enmetsol-Datenbank ausgewertet.

Entgegen der horizontalen Globalstrahlungsdaten 2011 und 2012 zeigt sich für das Kalenderjahr 2013 ein sehr negatives Bild (siehe Abb. 5.2). Lediglich im äußersten Nordosten Deutschlands erreicht die Globalstrahlung die langjährigen Durchschnittswerte. In den übrigen Regionen ist die Horizontalstrahlung bis zu 5 % kleiner (Nord- und Westdeutschland) bzw. sogar bis zu 10 % kleiner (Südost- und Süddeutschland), als im langjährigen Mittel. Damit zeigt sich, dass 2013 deutschlandweit betrachtet ein Jahr mit unterdurchschnittlicher Sonneneinstrahlung war.

## 5.2 Spezifischer Ertrag 2013

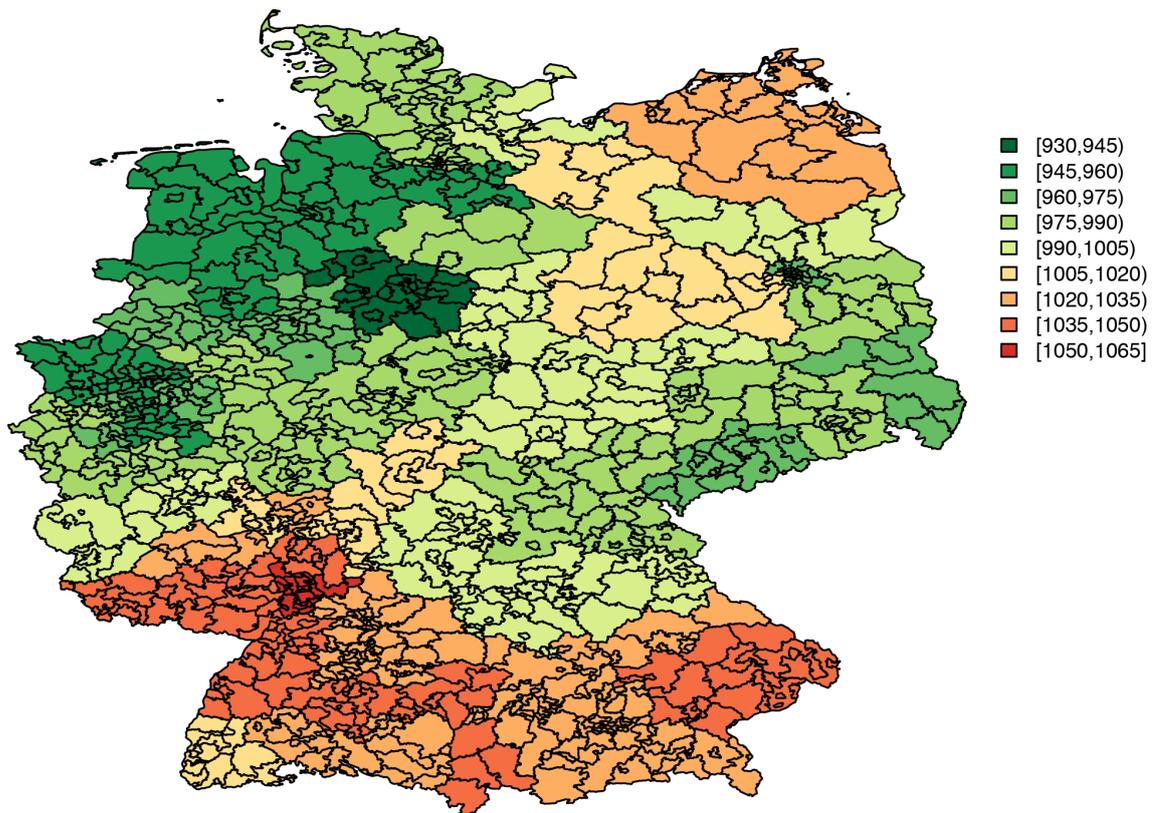
In diesem Abschnitt werden die spezifischen Erträge von PV-Anlagen in Deutschland mit südlicher Ausrichtung und ähnlicher Modulneigung dargestellt. Angegeben ist jeweils das 3. Quartil des spezifischen Ertrags für die jeweilige Region. Im Anhang A ab Seite 34 sind darüber hinaus Angaben zu den Ertragsobergrenzen und -untergrenzen sowie zu den Quartilswerten zu finden.



**Abbildung 5.2:** Abweichung der Einstrahlung 2013 von der langjährigen horizontalen Einstrahlung (2005–2012).

### 5.2.1 Vollständiges Kalenderjahr 2013

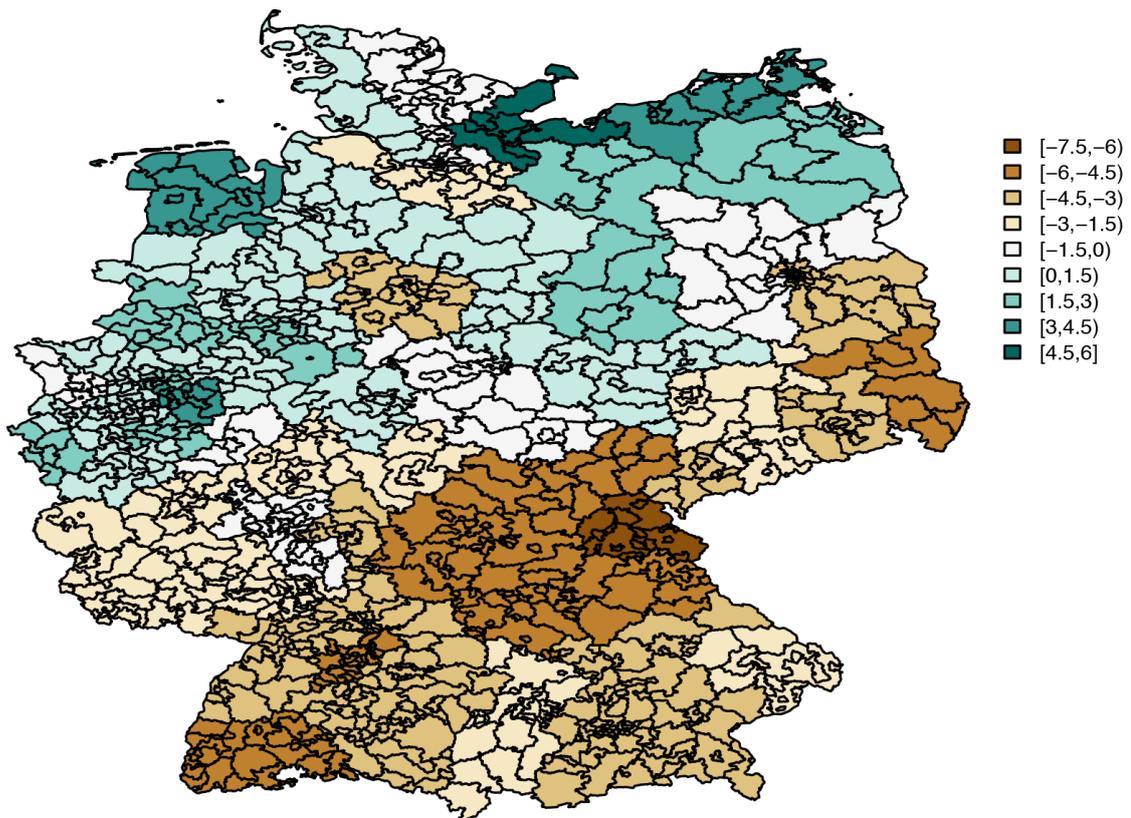
Abbildung 5.3 stellt die Verteilung des spezifischen Ertrags auf zweistelliger PLZ-Ebene dar. Zu erkennen ist, dass in Nordwestdeutschland sowie in Nordrhein-Westfalen in 2013 lediglich spezifische Erträge von 930 bis 990 kWh/kWp zu erwarten



**Abbildung 5.3:** Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2013.

sind. In Ostdeutschland, d. h. in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie in Thüringen betrug der spez. Jahresertrag 960 bis 1.035 kWh/kWp. Der spezifische Ertrag von über 1.020 kWh/kWp wird südlich der Linie Saarbrücken-Frankfurt-Regensburg überschritten. Die höchsten Erträge von PV-Anlagen in 2013 mit 1.050 bis 1.065 kWh/kWp sind im Großraum Mannheim zu verzeichnen.

Der Vergleich der spezifischen Erträge 2013 mit dem langjährigen mittleren Ertragsdaten von 2008 bis 2012 zeigt zum Teil deutliche regionale Unterschiede mit einem starkem Nord-Süd-Gefälle. So bleiben die Erträge aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung in den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg deutlich hinter den langjährigen Durchschnittserträgen zurück. Insbesondere in Franken sind die Erträge um bis zu 7,5 % kleiner als die mehrjährigen Durchschnittswerte. Hingegen können PV-Anlagenbetreiber in Nordostdeutschland Mehrerträge von 1 % bis 6 % in 2013 erwarten.



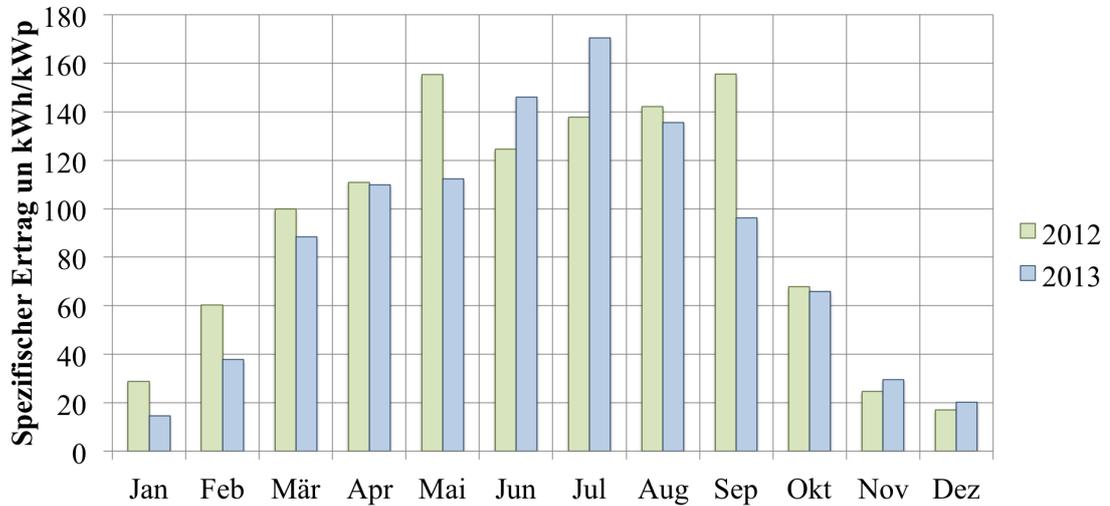
**Abbildung 5.4:** Relative Abweichung vom langjährigen spezifischen Ertrag (2008–2012) für PV-Anlagen in Deutschland für 2013.

In Abbildung 5.5 ist der Vergleich der mittleren spezifischen Monatserträge von PV-Anlagen in Deutschland für die Kalenderjahre 2012 und 2013 dargestellt. Zu erkennen ist, dass in den Monaten Januar bis Mai sowie September und Oktober die Erträge in 2013 zum Teil deutlich hinter den Erträgen von 2012 zurückbleiben. Die größeren Erträge im Juni und Juli 2013 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum konnten die fehlende Ertragsproduktion nicht mehr aufholen, sodass bei der Betrachtung des Gesamtjahres die PV-Anlagen in 2013 bis zu 15 % weniger Ertrag als im Vorjahr erwirtschaftet haben.

### 5.2.2 Spezifischer Ertrag pro Monat

Die folgenden Abbildungen (Abb. 5.6 bis 5.11) stellen die spezifischen Monatserträge für Januar bis Dezember 2013 für Photovoltaikanlagen in Deutschland dar. Eine

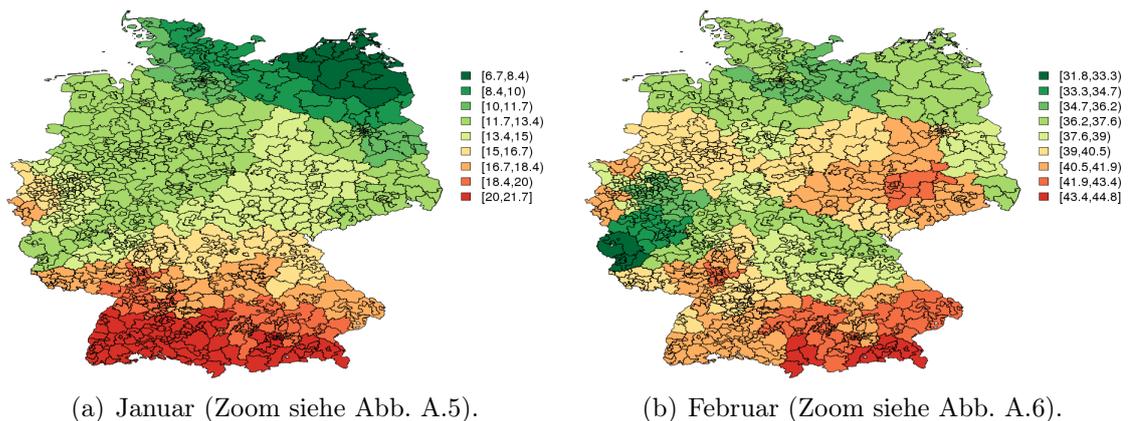
### Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge für 2012 und 2013



**Abbildung 5.5:** Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge in Deutschland für 2012 und 2013.

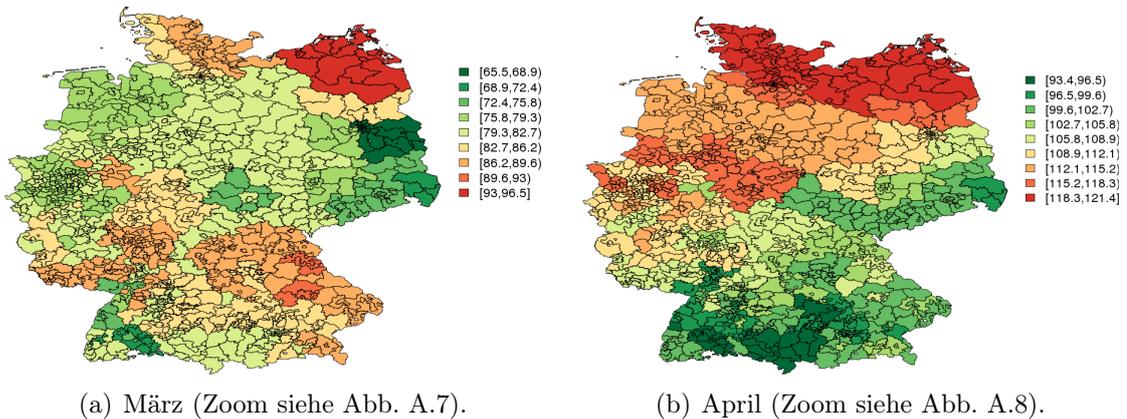
Vergrößerung der Ertragskarten ist im Anhang A.3 auf den Seiten 39 bis 44 zu finden.

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.



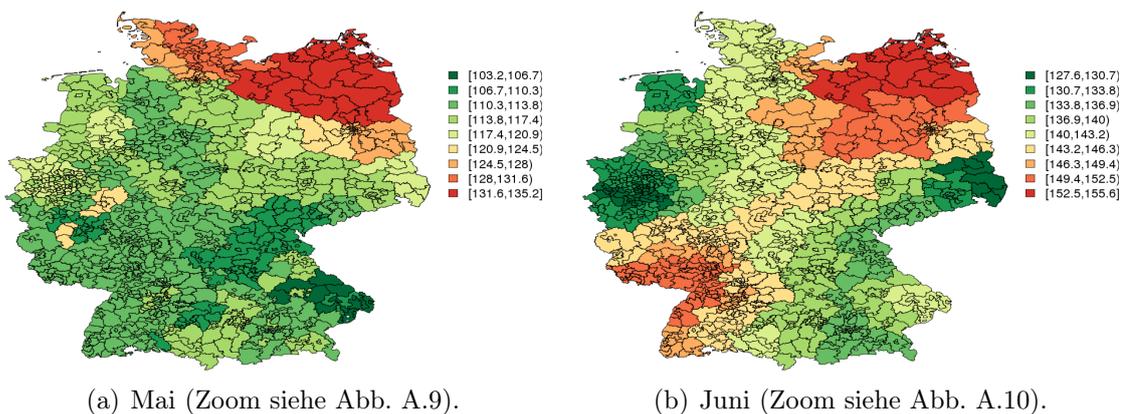
**Abbildung 5.6:** Spezifische Monaterträge in kWh/kWp für Januar und Februar 2013.

Im Januar zeigt sich beim spezifischen Ertrag ein Südwest-Nordost-Gefälle - auf der Achse Schleswig-Holstein-Niedersachsen-Thüringen sind die Erträge am kleinsten. Im Februar weisen weite Teile Deutschlands einen einheitlichen Ertrag auf, während sich die Erträge im Südost deutlich vom übrigen Deutschland abheben.



**Abbildung 5.7:** Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für März und April 2013.

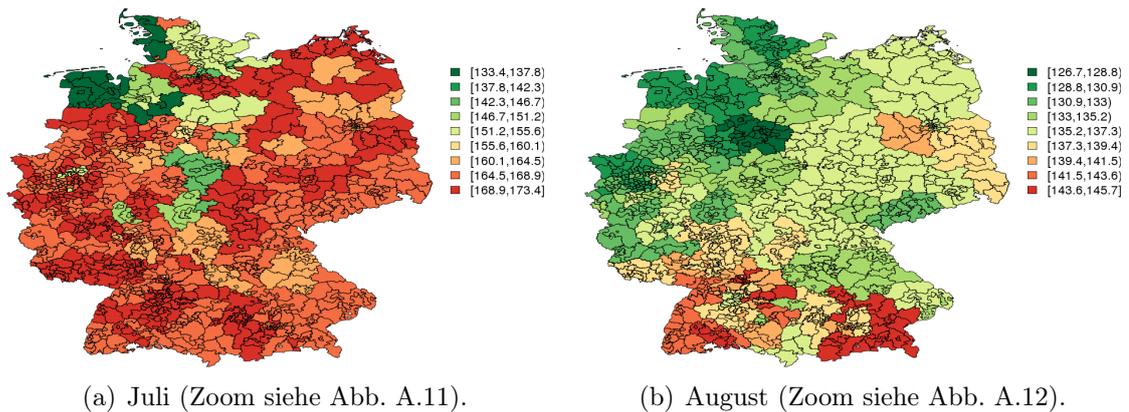
Im März 2013 erwirtschaften PV-Anlagen in Mecklenburg-Vorpommern die größten Erträge; in den meisten Regionen Deutschlands wird ein spezifischer Ertrag von rund 80 kWh/kWp erreicht. Im April bietet sich ein etwas anderes Bild - die größten Erträge im April sind im Norden und Nordwesten Deutschlands zu finden.



**Abbildung 5.8:** Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für Mai und Juni 2013.

Diese Tendenz findet sich im Mai 2013 wieder - auch in diesem Monat sind die Erträge von PV-Anlagen in Mecklenburg-Vorpommern mit einem spez. Ertrag

von mehr als 125 kWh/kWp am größten, während in den übrigen Landesteilen die spezifischen Erträge von PV-Anlagen um bis zu 20 % kleiner sind. Im Juni teilen sich die Erträge in Deutschland regional in drei Regionen auf: Auf der Linie Saarland/Baden-Hessen-Sachsen-Anhalt-Mecklenburg-Vorpommern sind die Erträge am größten, nordwestlich bzw. südöstlich von dieser Linie weisen PV-Anlagen um ca. 20 % kleinere spezifische Erträge auf.

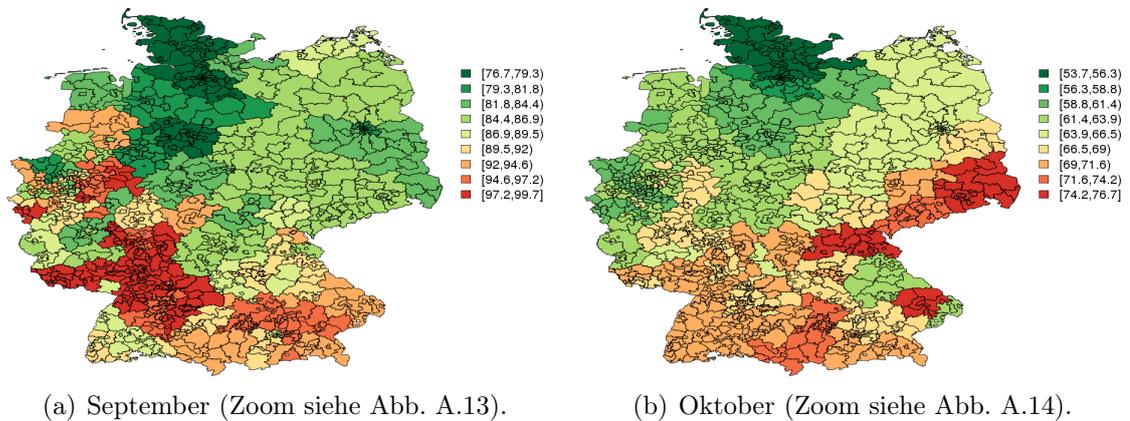


**Abbildung 5.9:** Spezifische Monatserträge in kWh/kWp für Juli und August 2013.

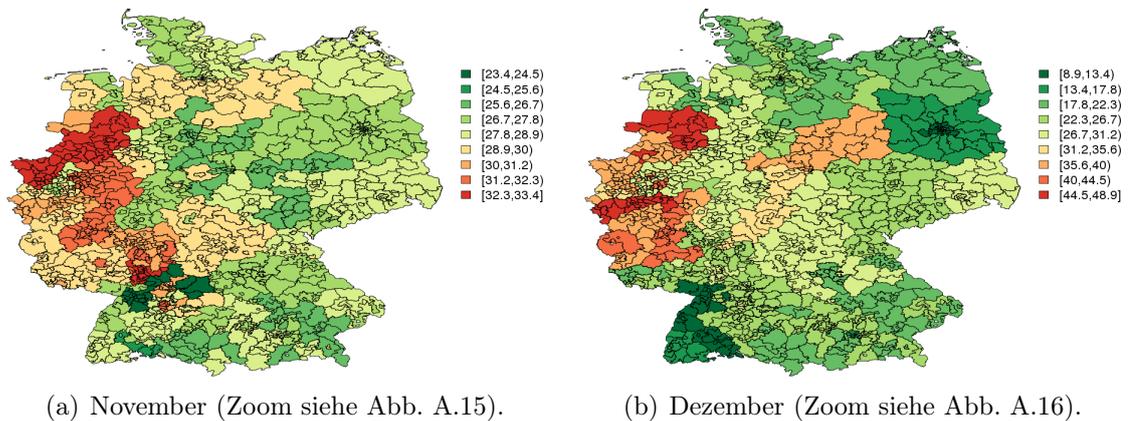
Der Juli 2013 ist der Monat mit den höchsten Erträgen deutschlandweit; die spezifischen Erträge sind darüber hinaus weitestgehend gleichverteilt und erreichen Werte von über 160 kWh/kWp. Lediglich im äußersten Nordwesten erreichen die Erträge nicht die Werte wie im übrigen Deutschland. Im August zeigt sich ein deutliches Süd-Nord-Gefälle - die Erträge im Süden Deutschlands sind rund 15 % größer als im Norden.

Im Saarland und in Nordbaden sind die Septembererträge der PV-Anlagen am größten. In Schleswig-Holstein werden hingegen lediglich spezifische Erträge von 75 bis 80 kWh/kWp erreicht. Im Oktober weisen die Anlagen in Sachsen mit einem spez. Ertrag von bis zu 75 kWh/kWp die größten Erträge auf, im Nordwesten Deutschland sind die Erträge kleiner.

Die spezifischen Erträge im November sind in Deutschland homogener verteilt, wobei PV-Anlagen in Westdeutschland die größten Erträge erwirtschaften. Im Dezember zeigt sich ein ähnliches Bild, ihr Beitrag zum Gesamtjahresertrag ist jedoch klein.



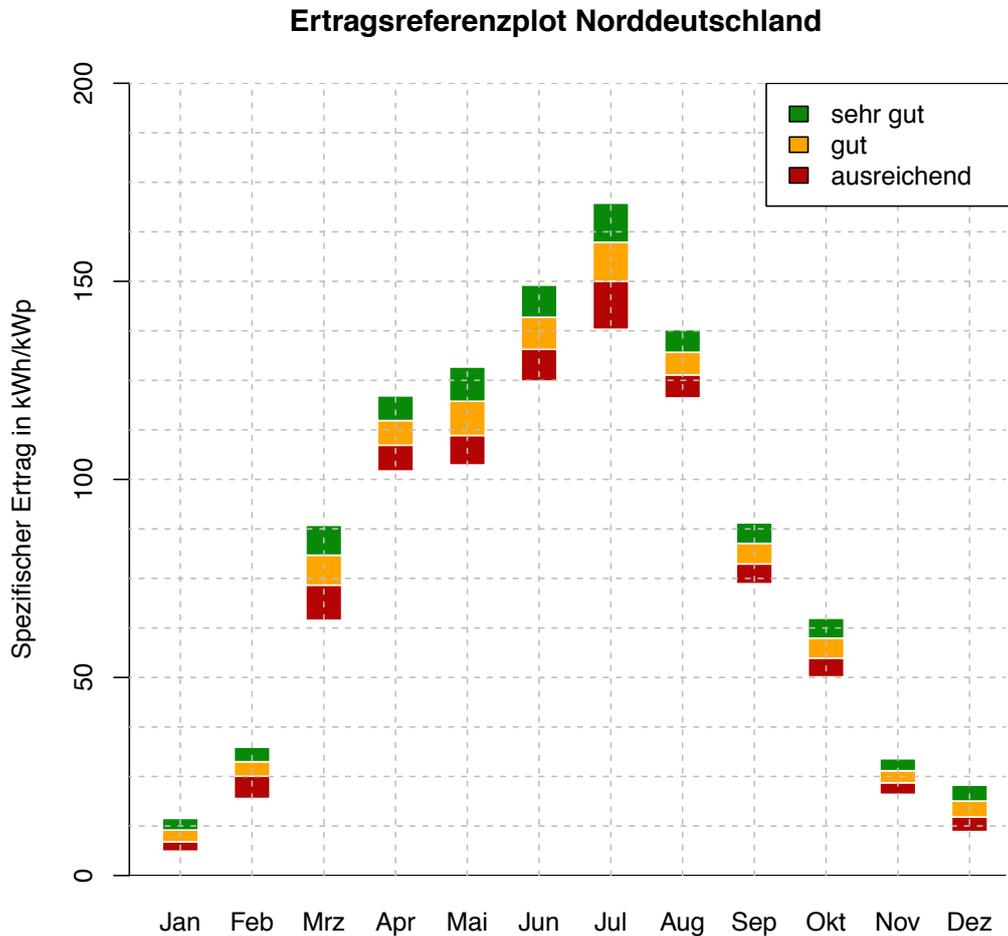
**Abbildung 5.10:** Spezifische Monaterträge in kWh/kWp für September und Oktober 2013.



**Abbildung 5.11:** Spezifische Monaterträge in kWh/kWp für November und Dezember 2013.

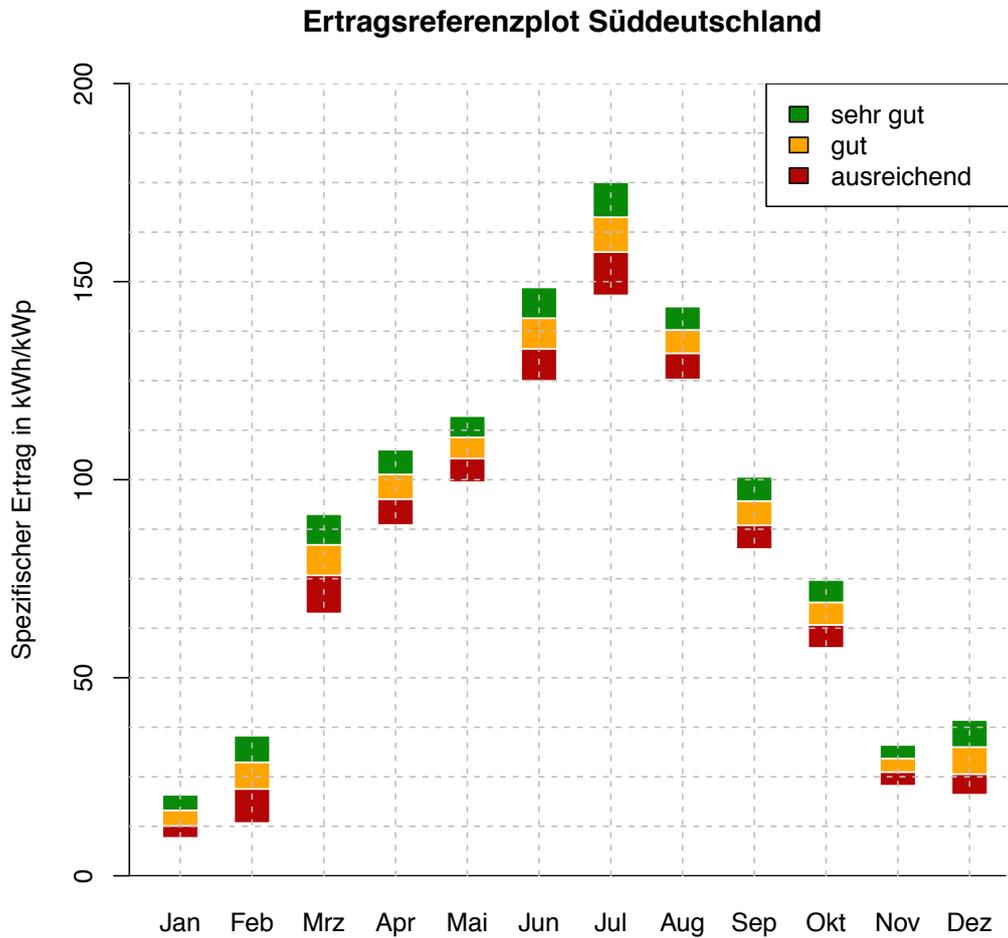
Zur Verdeutlichung der monatlichen Ertragsdaten sind in den Abbildungen 5.12 und 5.13 die Ertragsreferenzplots für Photovoltaikanlagen in Nord- und Süddeutschland dargestellt.

Im Juli 2013 betrug der spezifische Ertrag rund 155 kWh/kWp; damit war der Juli der ertragreichste Monat 2013 in Deutschland. Die Erträge der Wintermonate Januar, November sowie Dezember liegen annähernd auf gleichem Niveau. In den Sommermonaten Mai bis August wurden spezifische Erträge von 110 bis 150 kWh/kWp erreicht.



**Abbildung 5.12:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für PV-Anlagen in Norddeutschland. 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.

Die regionale Betrachtung der spezifischen Erträge zeigt, dass die Erträge in Süddeutschland über die Monate wesentlich heterogener verteilt sind; in Norddeutschland weisen die PV-Anlagen im Sommer eine relativ homogene Ertragsverteilung auf.



**Abbildung 5.13:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für PV-Anlagen in Süddeutschland. 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.



## Literaturverzeichnis

- HASELHUHN, R. Performance Ratio zur Qualitätsbestimmung. *Elektropraktiker*, 61, S. S. 1 (2007).
- TE HEESEN, H.; HERBORT, V. Performancevergleich von Modultechnologien.  *$\eta$  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. Im Nordosten sonnig, sonst eher trüb. *Sonne, Wind & Wärme*, 5 (2014).

## 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 Monatertragskarten (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 angegebenen Daten vergleichen und die Erträge ihrer PV-Anlage bewerten. Bei Anlagen, deren Ausrichtung von  $180^\circ$  und deren Solarmodulneigung von  $30^\circ$  abweicht, müssten die tabellarischen Werte mit einem Korrekturfaktor nach Abbildung 5.1 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 angegebenen 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 1.000 kWh/kWp erwirtschaftet haben, dann läge dieser Wert zwischen Median und 3. Quartil - diese Anlage würde also eine durchschnittlich gute Anlage darstellen. Wäre der spez. Jahresertrag 1.070 kWh/kWp, dann gehört diese Anlage zur Klasse der sehr guten Anlagen in der PLZ-Region 79. Sollte der spez. Jahresertrag lediglich 920 kWh/kWp betragen, dann wäre dieser Ertrag lediglich ausreichend. Bei einem spez. Ertrag von 850 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.

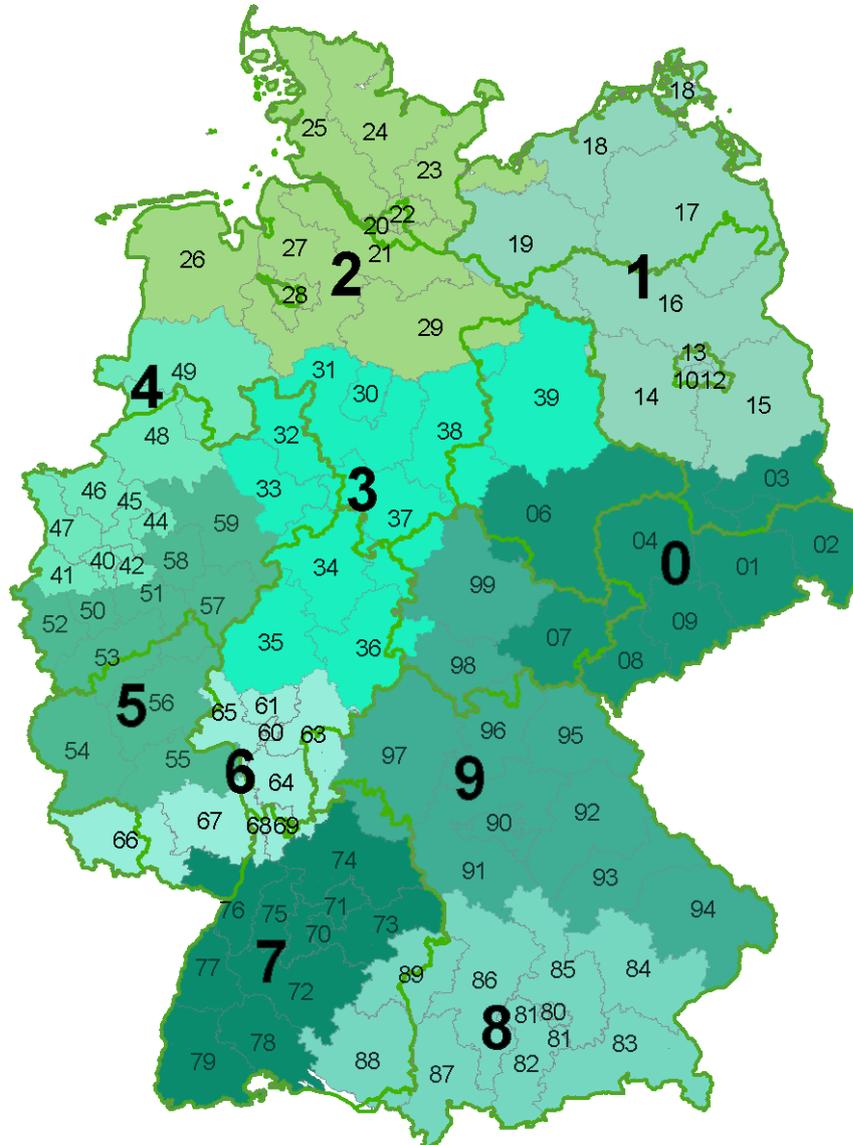


Abbildung A.1: Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn).

## A.2 Einstrahlungs- und Ertragsdaten 2013 für Deutschland

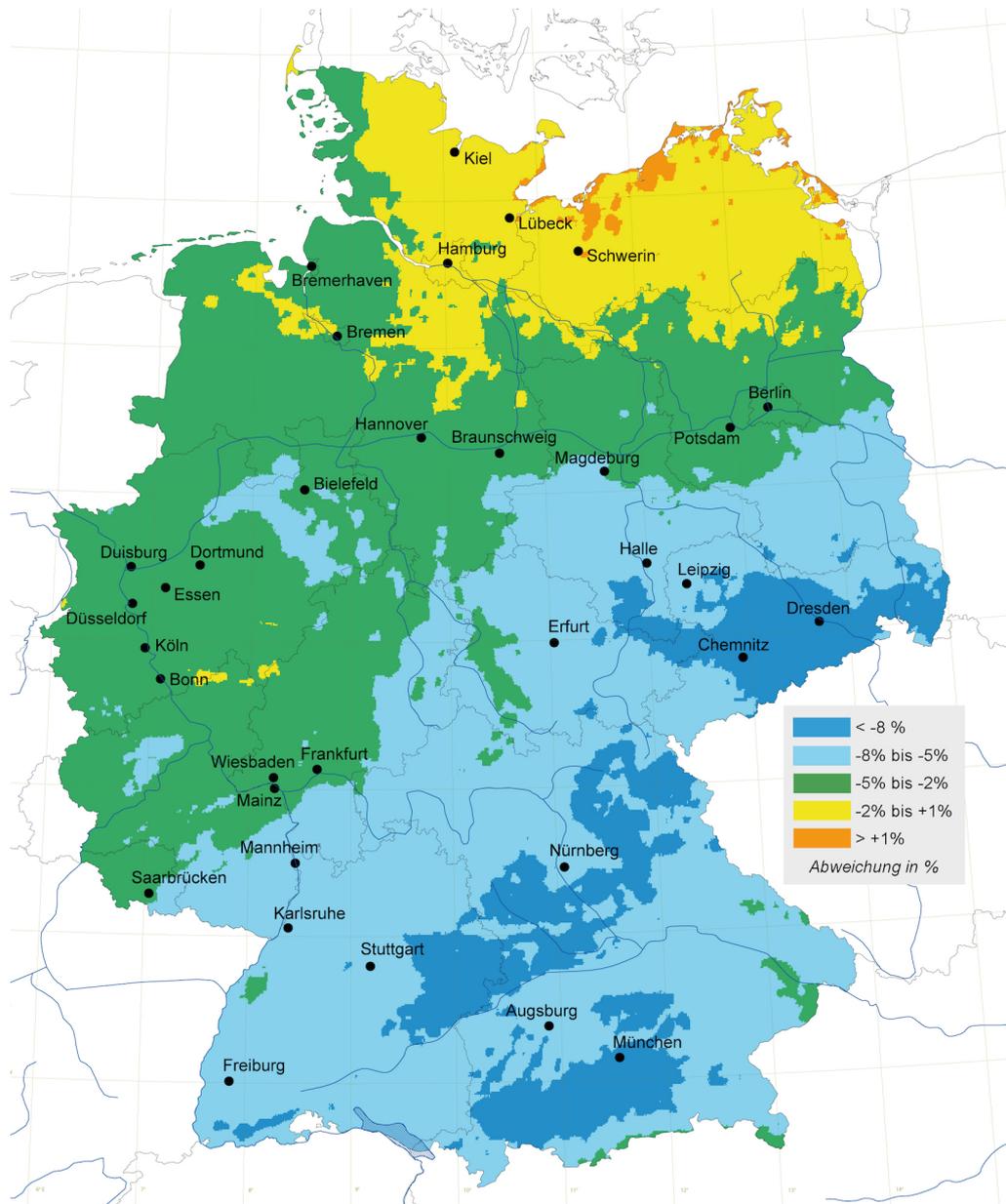
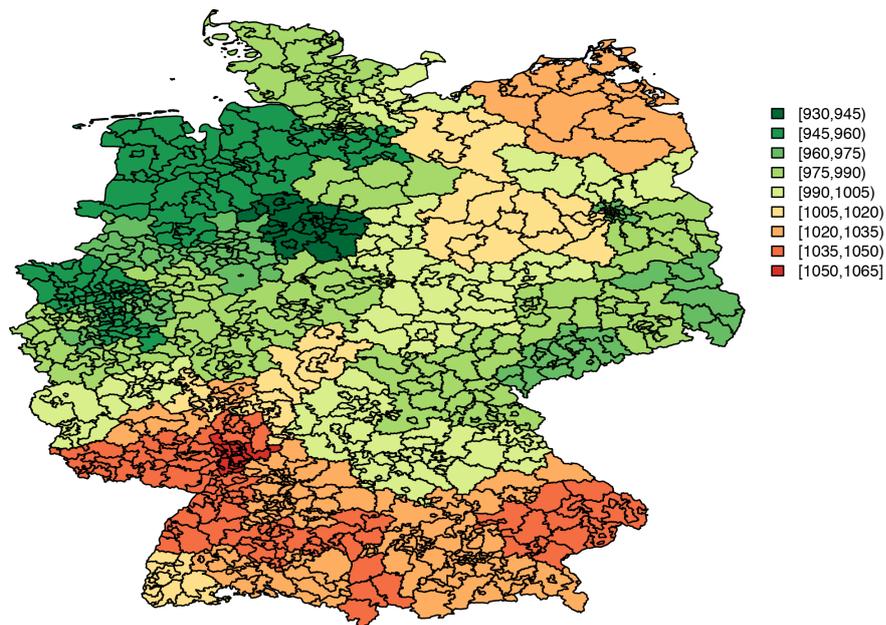
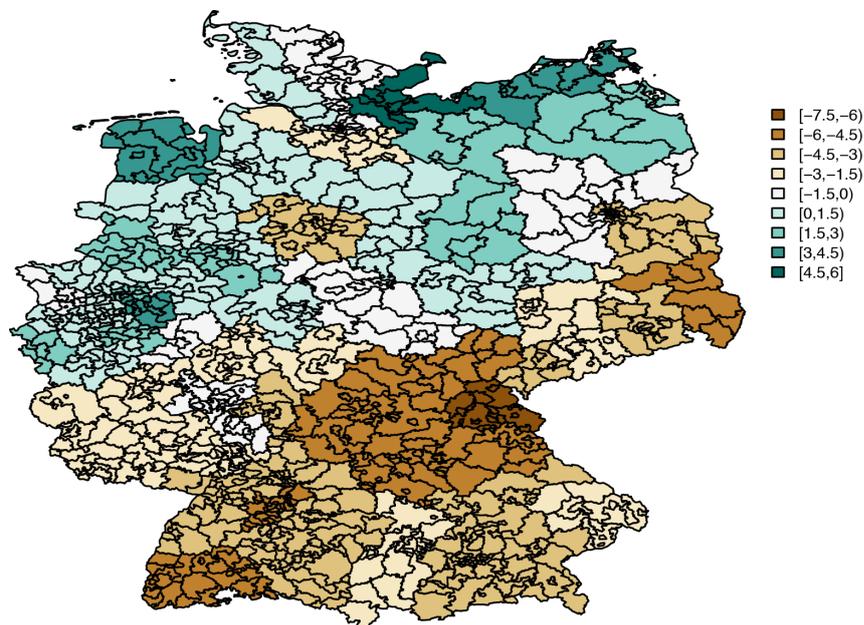


Abbildung A.2: Abweichung der Einstrahlung 2013 von der langjährigen horizontalen Einstrahlung (2005–2012).



**Abbildung A.3:** Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.4:** Relative Abweichung vom langjährigen spezifischen Ertrag (2008-2011) für PV-Anlagen in Deutschland für 2013.

## A.3 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2013

### Dezember 2013

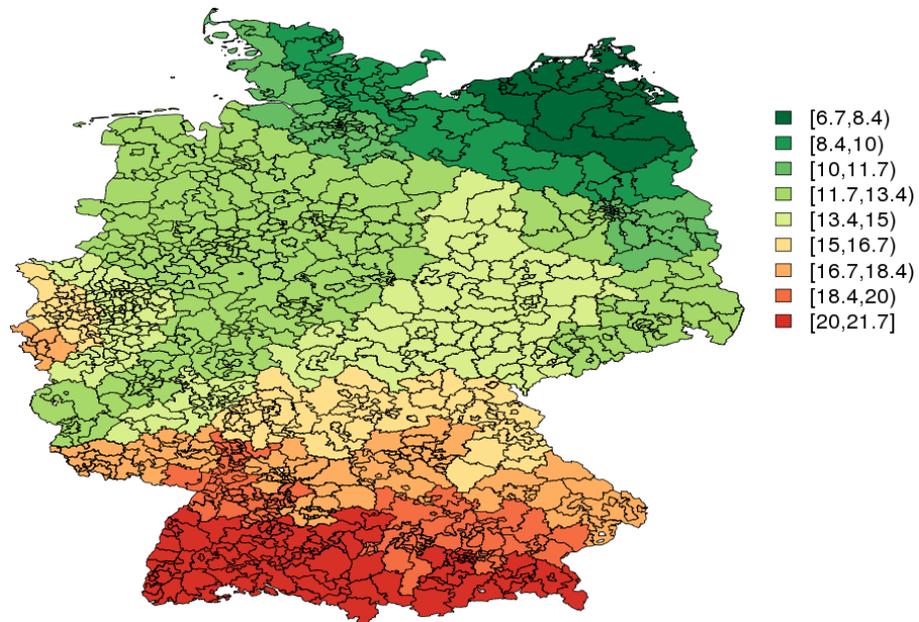


Abbildung A.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Januar 2013 (vgl. Abb. 5.6).

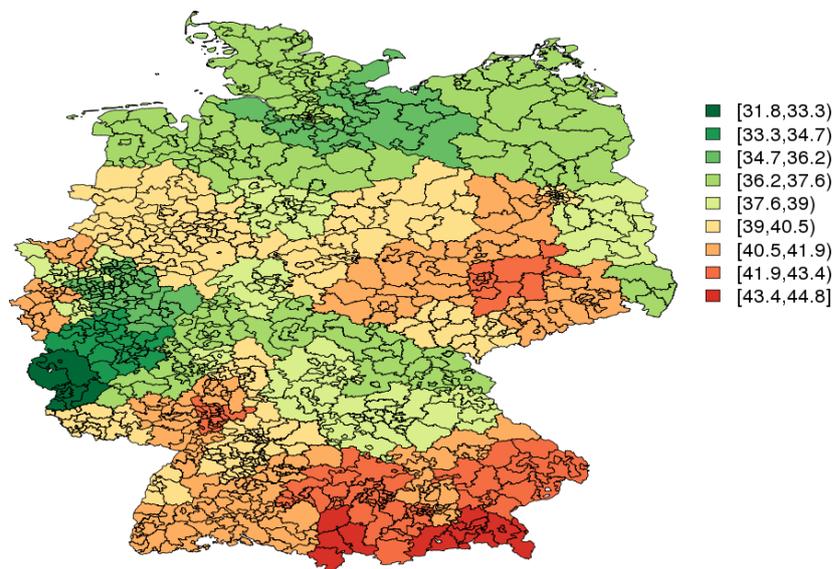


Abbildung A.6: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Februar 2013 (vgl. Abb. 5.6).

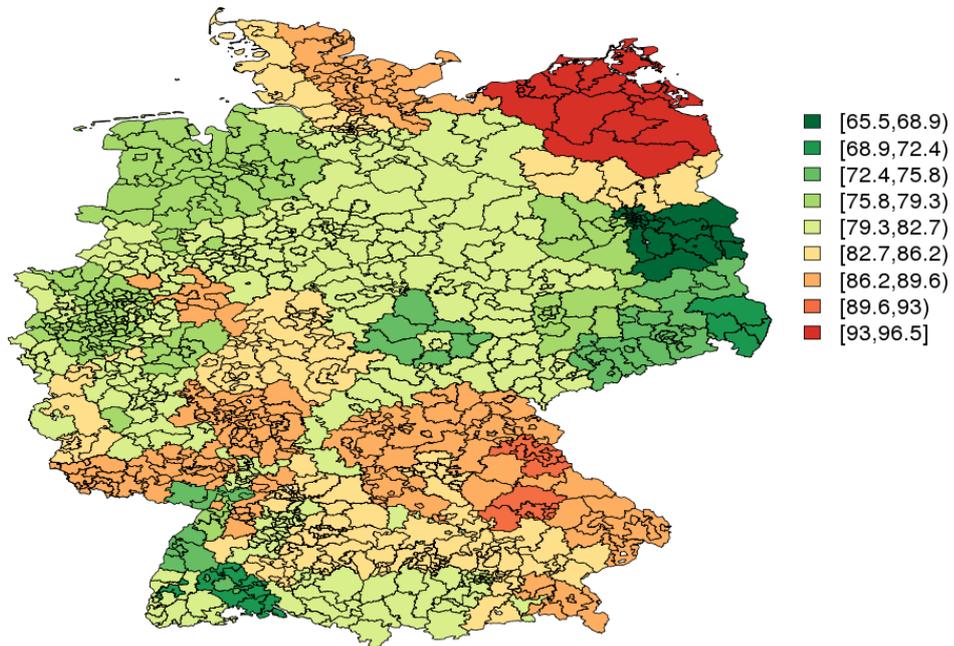


Abbildung A.7: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im März 2013 (vgl. Abb. 5.7).

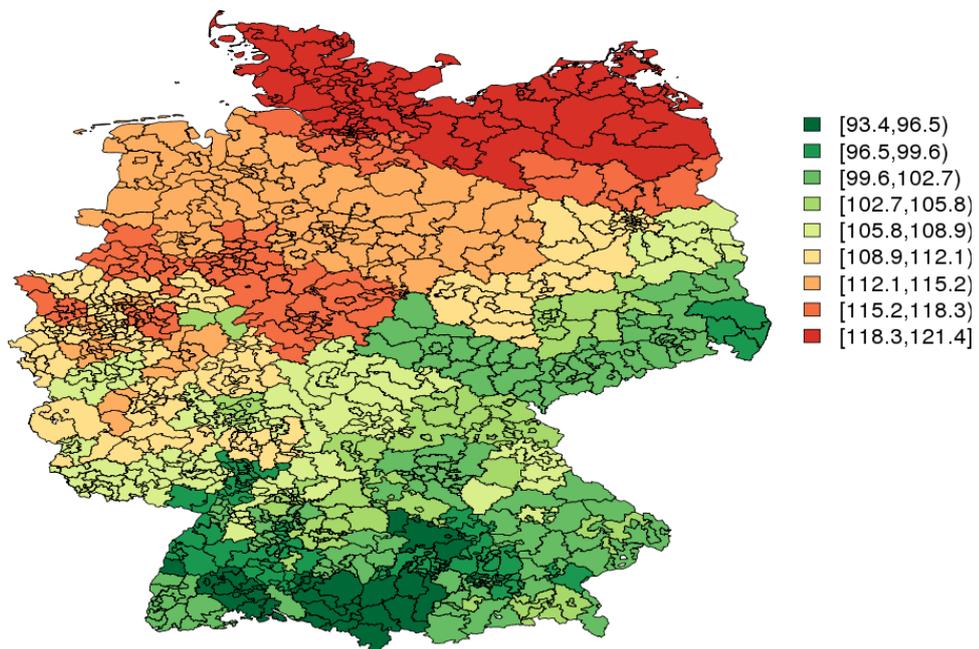


Abbildung A.8: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im April 2013 (vgl. Abb. 5.7).

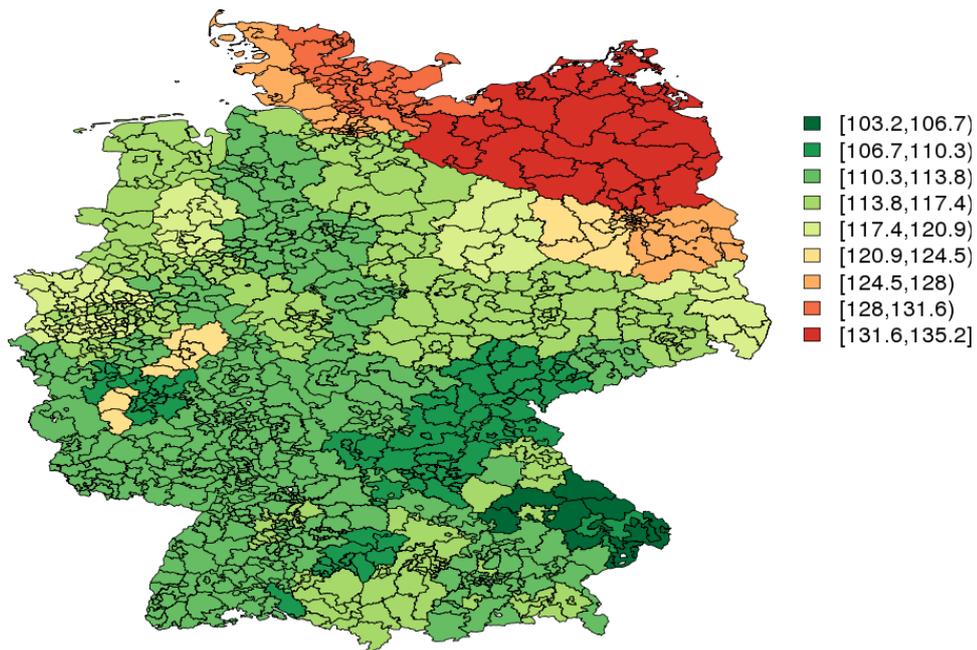


Abbildung A.9: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Mai 2013 (vgl. Abb. 5.8).

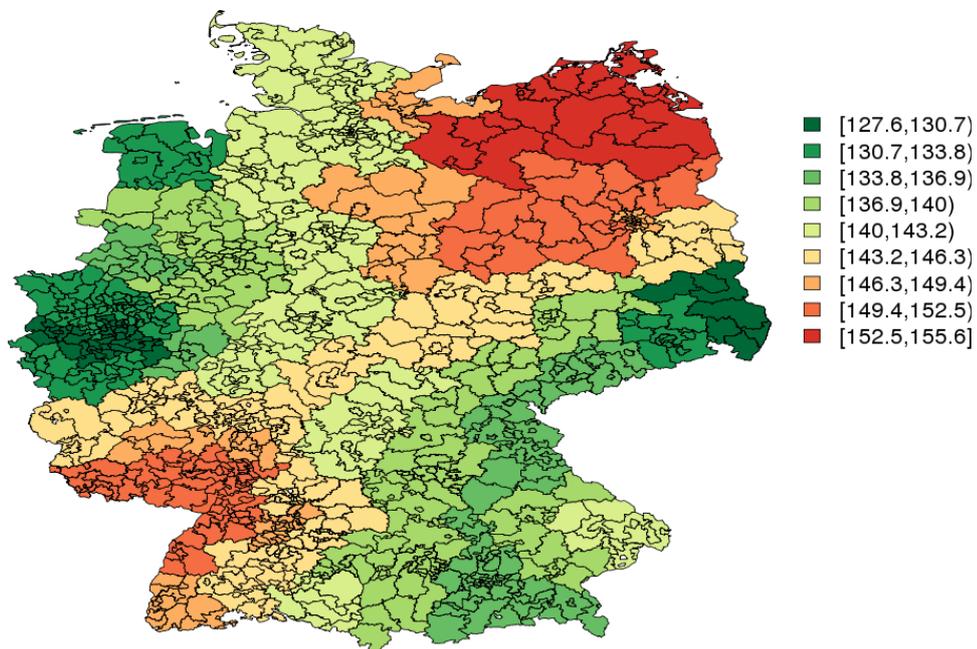


Abbildung A.10: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juni 2013 (vgl. Abb. 5.8).

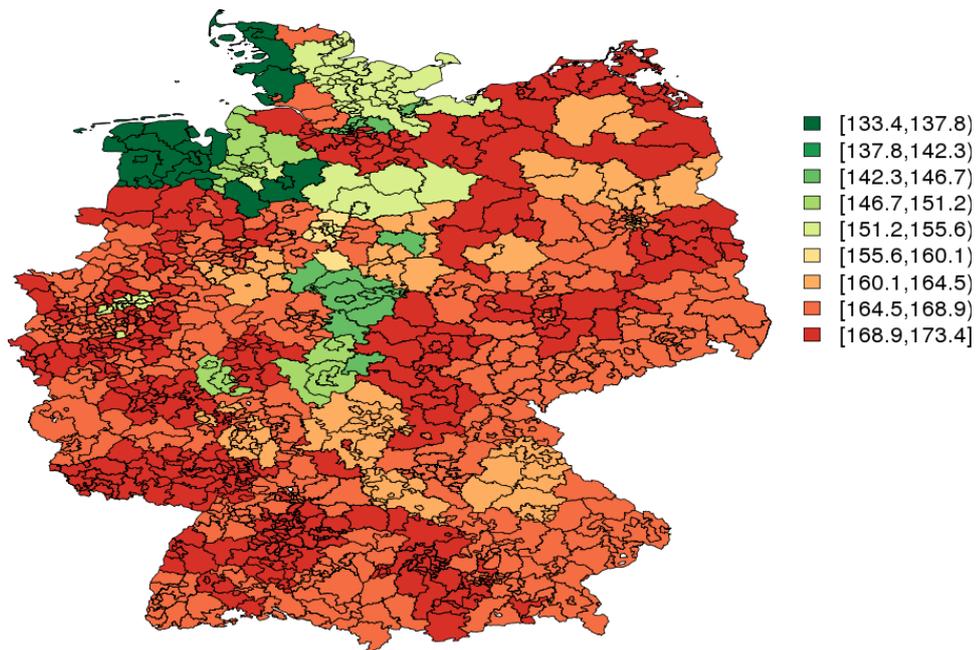


Abbildung A.11: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juli 2013 (vgl. Abb. 5.9).

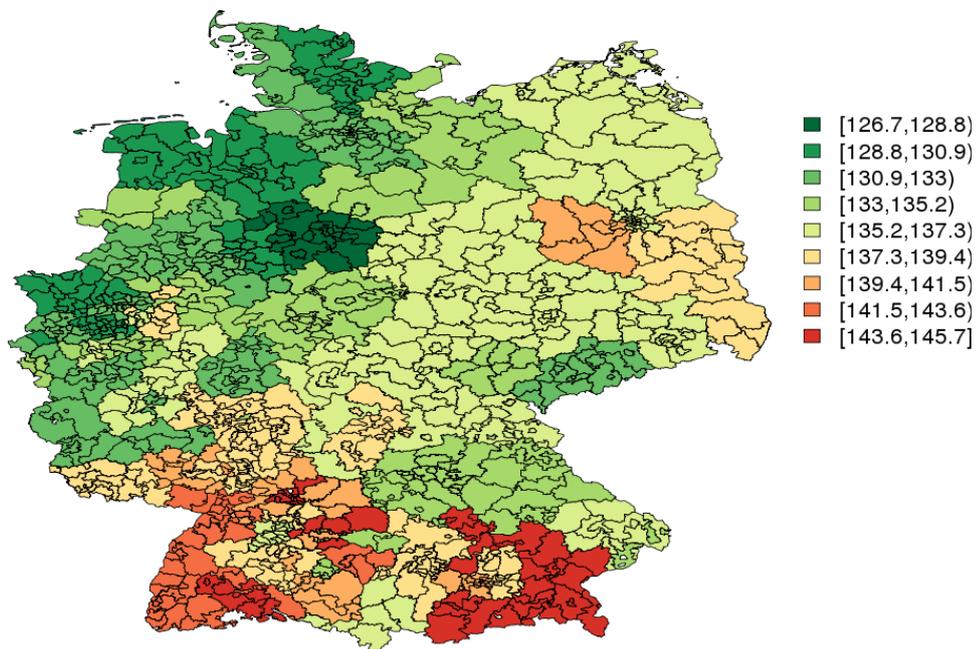


Abbildung A.12: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im August 2013 (vgl. Abb. 5.9).

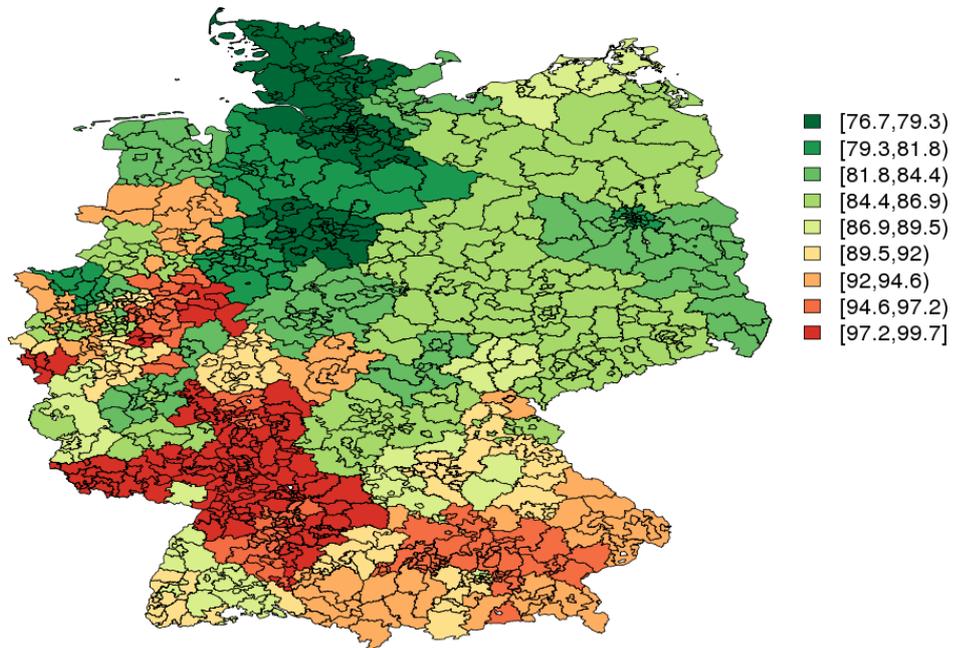


Abbildung A.13: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im September 2013 (vgl. Abb. 5.10).

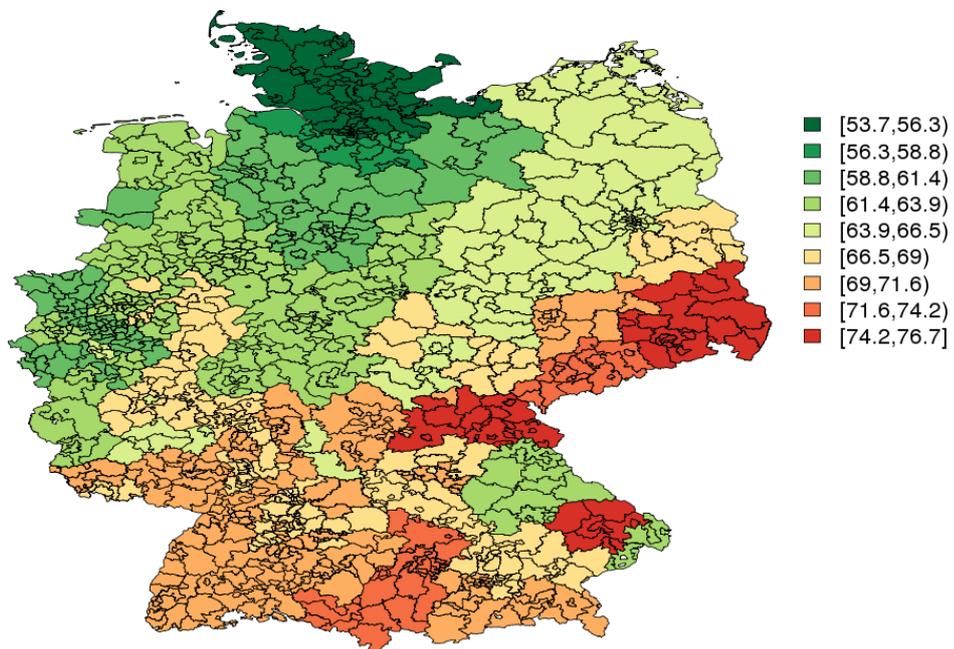


Abbildung A.14: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Oktober 2013 (vgl. Abb. 5.10).

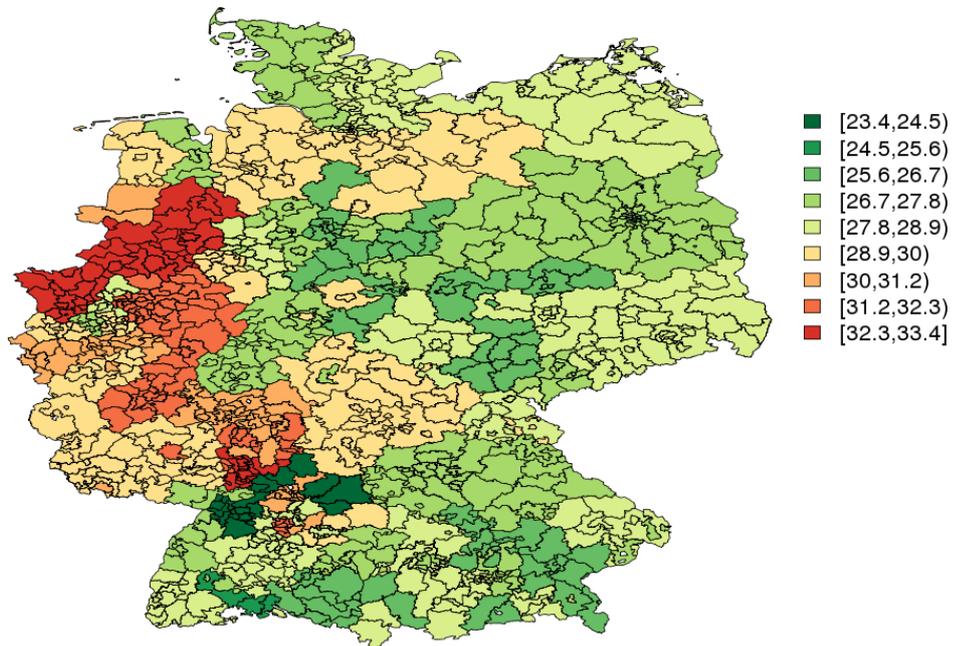


Abbildung A.15: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im November 2013 (vgl. Abb. 5.11).

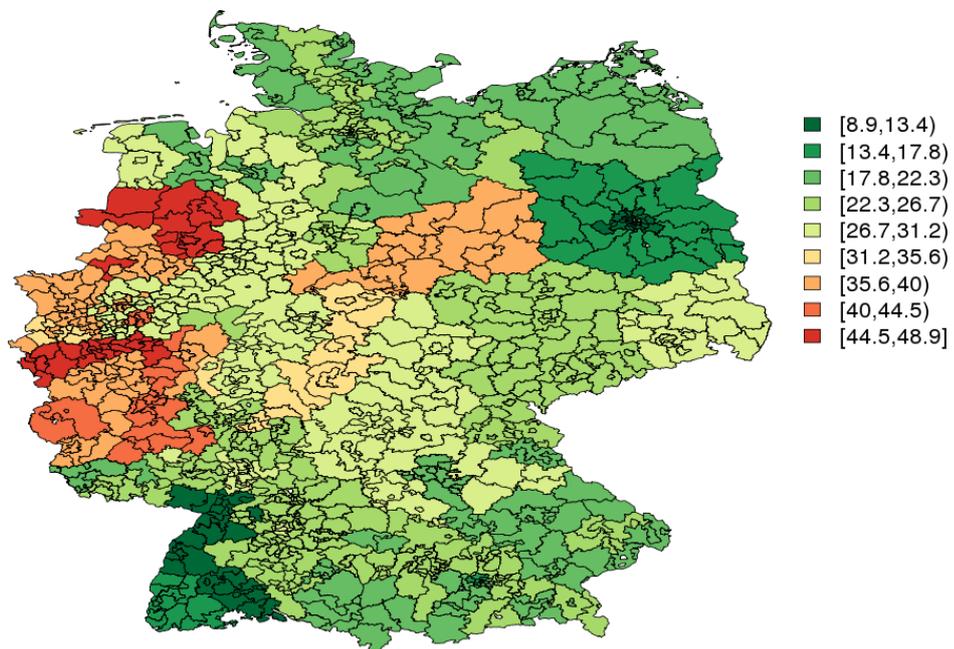
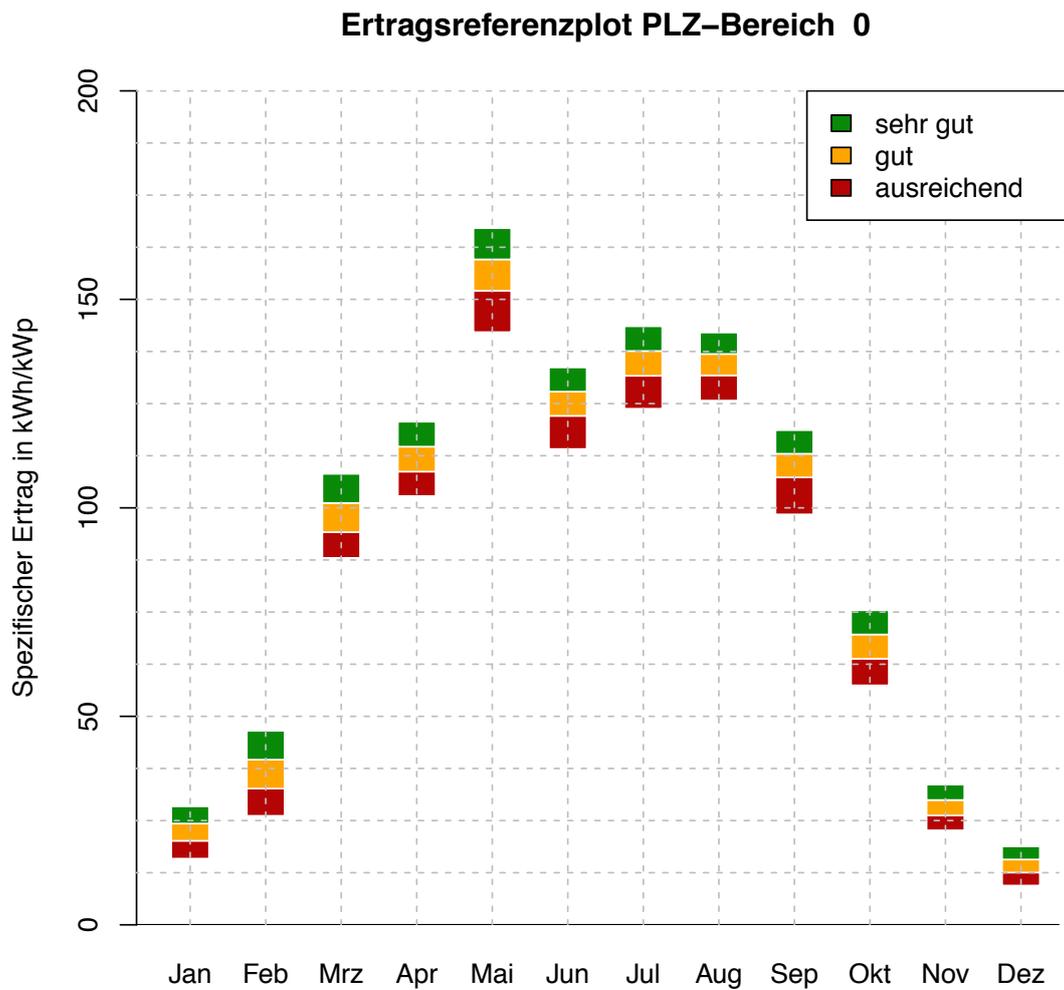


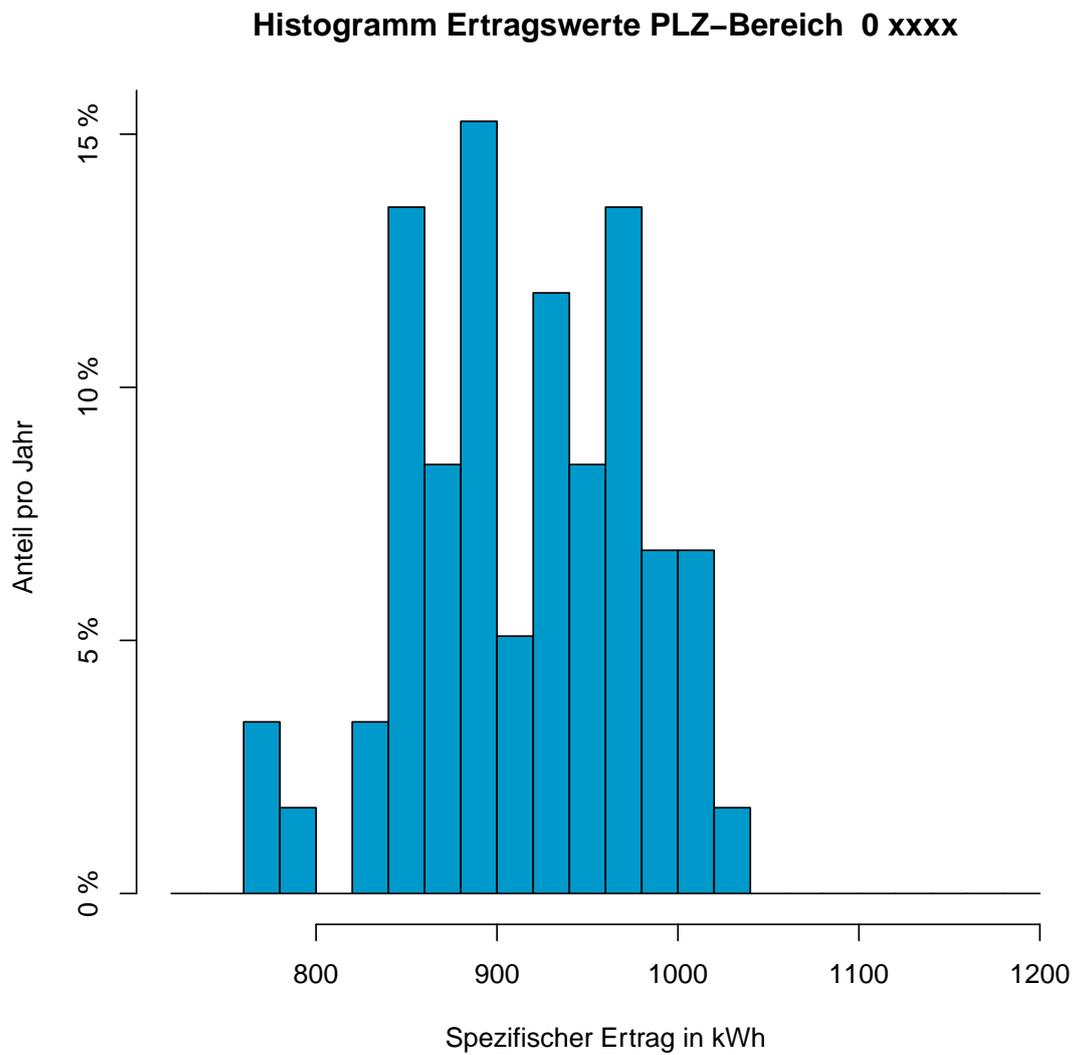
Abbildung A.16: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Dezember 2013 (vgl. Abb. 5.11).

## A.4 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx

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



**Abbildung A.17:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.18:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.1:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Jan	8,6	10,3	12,8	15,3
01	Feb	29,9	34,4	41,3	48,2
01	Mär	45,0	61,1	75,3	89,5
01	Apr	93,1	97,3	100,7	104,1
01	Mai	104,7	110,2	115,0	119,8
01	Jun	124,4	127,8	133,4	139,0
01	Jul	155,8	163,5	165,7	167,9
01	Aug	127,3	132,0	136,1	140,2
01	Sep	77,1	80,8	85,2	89,6
01	Okt	64,4	70,1	75,8	81,5
01	Nov	23,9	26,3	28,8	31,3
01	Dez	21,8	24,9	28,1	31,3
01	2013	875,9	938,8	998,4	1058,0
02	Jan	8,1	10,3	12,4	14,5
02	Feb	23,4	31,7	37,2	42,7
02	Mär	42,1	51,7	71,0	90,3
02	Apr	90,5	94,8	99,4	104
02	Mai	105,4	110,4	117,4	124,4
02	Jun	124,5	126,2	129,3	132,4
02	Jul	151,9	156,7	161,8	166,9
02	Aug	126,4	134,0	138,8	143,6
02	Sep	70,8	77,1	82,5	87,9
02	Okt	60,7	69,5	75,7	81,9
02	Nov	22,7	25,0	26,1	27,2
02	Dez	22,0	25,5	27,0	28,5
02	2013	848,7	912,8	978,7	1044,6
03	Jan	8,5	10,3	12,4	14,5
03	Feb	23,6	31,8	38,7	45,6
03	Mär	43,3	61,1	73,4	85,7
03	Apr	90,0	94,2	99,6	105

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
03	Mai	104,5	110,5	119,0	127,5
03	Jun	124,3	126,1	129,3	132,5
03	Jul	156,0	161,5	164,1	166,7
03	Aug	123,9	133,3	138,8	144,3
03	Sep	70,7	77,1	82,5	87,9
03	Okt	58,1	68,4	75,5	82,6
03	Nov	22,3	25,3	26,2	27,1
03	Dez	22,0	25,5	27,0	28,5
03	2013	847,2	925,0	986,4	1047,8
04	Jan	9,2	11,2	13,5	15,8
04	Feb	29,0	35,0	42,6	50,2
04	Mär	49,8	62,7	75,9	89,1
04	Apr	92,8	97,6	104,0	110,4
04	Mai	103,3	109,3	114,9	120,5
04	Jun	124,7	132,1	140,0	147,9
04	Jul	156,9	163,5	166,7	169,9
04	Aug	125,7	130,5	136,1	141,7
04	Sep	78,9	81,6	85,3	89,0
04	Okt	57,7	64,5	70,8	77,1
04	Nov	21,1	24,2	28,5	32,8
04	Dez	21,7	23,1	25,9	28,7
04	2013	870,7	935,3	1004,2	1073,1
06	Jan	9,8	11,7	14,0	16,3
06	Feb	30,6	35,9	41,8	47,7
06	Mär	56,2	70,2	81,2	92,2
06	Apr	97,5	102,8	109,7	116,6
06	Mai	103,3	110,9	116,7	122,5
06	Jun	132,4	139,4	145,4	151,4
06	Jul	159,5	166,5	170,0	173,5
06	Aug	126,4	131,7	135,8	139,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

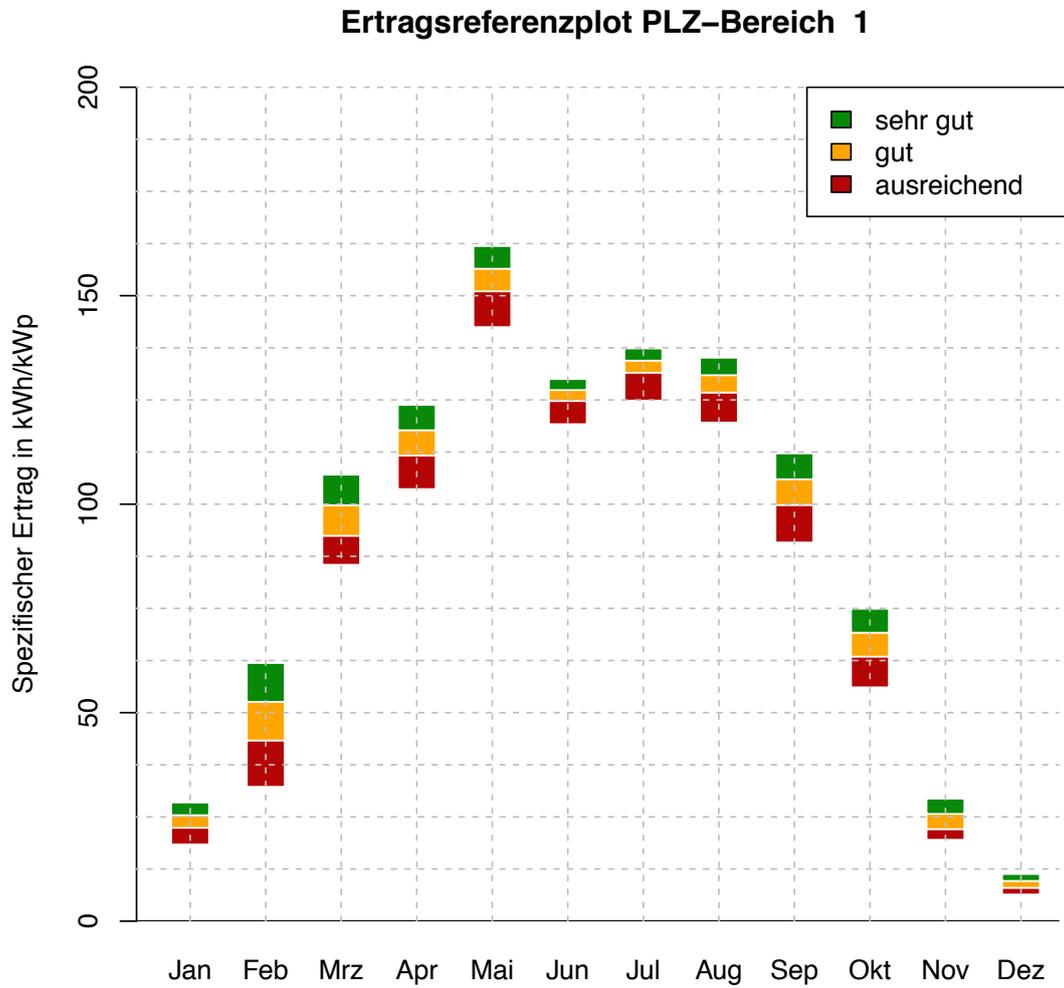
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
06	Sep	78,5	81,6	86,3	91,0
06	Okt	55,1	60,7	66,3	71,9
06	Nov	21,3	25,6	28,9	32,2
06	Dez	17,9	21,7	23,9	26,1
06	2013	888,4	958,6	1020,0	1081,4
07	Jan	9,5	11,8	14,3	16,8
07	Feb	28,2	33,6	39,1	44,6
07	Mär	67,4	76,5	82,5	88,5
07	Apr	93,9	98,1	101,9	105,7
07	Mai	97,3	102,5	110,2	117,9
07	Jun	126,6	131,8	139,2	146,6
07	Jul	160,0	164,8	168,3	171,8
07	Aug	123,0	128,9	134,4	139,9
07	Sep	79,4	83,6	87,2	90,8
07	Okt	55,9	61,7	68,0	74,3
07	Nov	19,8	22,8	26,4	30
07	Dez	16,5	21,5	23,6	25,7
07	2013	877,6	937,8	995,0	1052,2
08	Jan	9,5	11,7	14,2	16,7
08	Feb	30,6	34,9	40,0	45,1
08	Mär	55,7	69,2	79,3	89,4
08	Apr	92,2	96,5	99,6	102,7
08	Mai	99,2	102,9	107,5	112,1
08	Jun	125,1	129,3	134,7	140,1
08	Jul	156,7	160,8	164,6	168,4
08	Aug	122,9	127,6	132,2	136,8
08	Sep	79,6	83,4	85,5	87,6
08	Okt	60,6	66,8	72,3	77,8
08	Nov	20,4	22,8	26,1	29,4
08	Dez	21,7	22,1	23,1	24,1

*Fortsetzung auf nächster Seite*

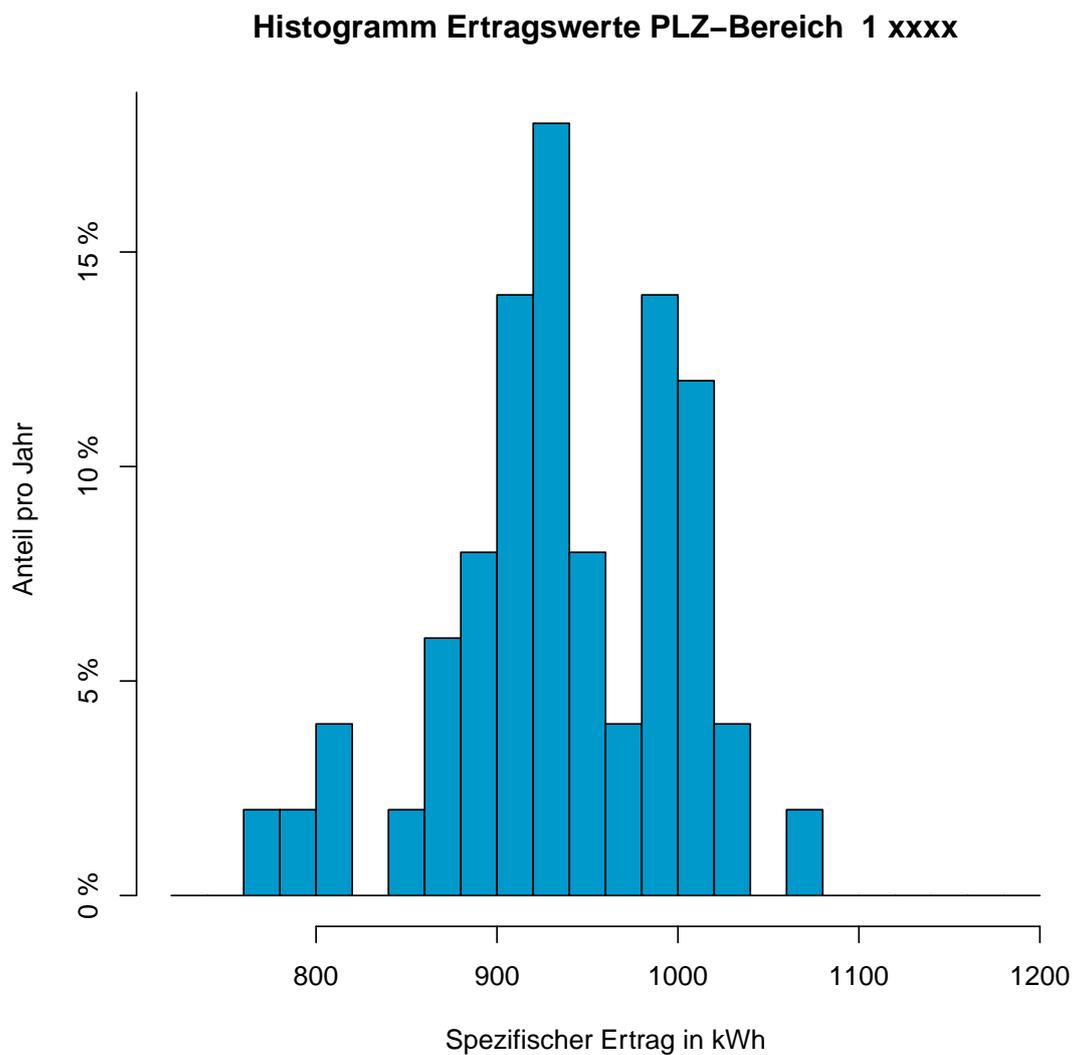
**Tabelle A.1.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 0xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
08	2013	874,2	927,9	979,1	1030,3
09	Jan	8,9	10,6	13,3	16,0
09	Feb	30,9	35,7	41,3	46,9
09	Mär	49,8	59,5	74,7	89,9
09	Apr	92,9	96,9	100,3	103,7
09	Mai	101,3	105,7	111,9	118,1
09	Jun	125,8	129,2	134,9	140,6
09	Jul	156,6	160,6	164,7	168,8
09	Aug	124,3	128,9	132,4	135,9
09	Sep	79,2	82,4	84,7	87,0
09	Okt	60,7	66,4	72,6	78,8
09	Nov	21,3	23,1	26,7	30,3
09	Dez	21,7	22,0	22,2	22,4
09	2013	873,4	921,1	979,7	1038,3

## A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx



**Abbildung A.19:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.20:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.2:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
10	Jan	7,2	8,9	11,1	13,3
10	Feb	26,2	30,7	39,2	47,7
10	Mär	40,0	53,2	66,5	79,8
10	Apr	100,3	104,9	110,3	115,7
10	Mai	120,5	122,2	125,9	129,6
10	Jun	133,6	143,5	146,7	149,9
10	Jul	152,9	157,0	162,4	167,8
10	Aug	123,0	131,8	136,5	141,2
10	Sep	77,3	79,7	81,5	83,3
10	Okt	50,9	58,9	66,3	73,7
10	Nov	19,7	21,8	26,0	30,2
10	Dez	12,4	15,8	18,2	20,6
10	2013	864,1	928,6	990,6	1052,6
12	Jan	7,2	8,9	11,1	13,3
12	Feb	26,2	30,7	39,2	47,7
12	Mär	40,0	53,2	66,5	79,8
12	Apr	100,3	104,9	110,3	115,7
12	Mai	120,5	122,2	125,9	129,6
12	Jun	133,6	143,5	146,7	149,9
12	Jul	152,9	157,0	162,4	167,8
12	Aug	123,0	131,8	136,5	141,2
12	Sep	77,3	79,7	81,5	83,3
12	Okt	50,9	58,9	66,3	73,7
12	Nov	19,7	21,8	26,0	30,2
12	Dez	12,4	15,8	18,2	20,6
12	2013	864,1	928,6	990,6	1052,6
13	Jan	7,2	8,9	11,1	13,3
13	Feb	26,2	30,7	39,2	47,7
13	Mär	40,0	53,2	66,5	79,8
13	Apr	100,3	104,9	110,3	115,7

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
13	Mai	120,5	122,2	125,9	129,6
13	Jun	133,6	143,5	146,7	149,9
13	Jul	152,9	157,0	162,4	167,8
13	Aug	123,0	131,8	136,5	141,2
13	Sep	77,3	79,7	81,5	83,3
13	Okt	50,9	58,9	66,3	73,7
13	Nov	19,7	21,8	26,0	30,2
13	Dez	12,4	15,8	18,2	20,6
13	2013	864,1	928,6	990,6	1052,6
14	Jan	7,8	10,9	13,0	15,1
14	Feb	28,0	33,0	40,8	48,6
14	Mär	45,7	62,7	77,9	93,1
14	Apr	102,6	107,7	111,3	114,9
14	Mai	113,9	119,9	122,8	125,7
14	Jun	137,3	143,8	150,2	156,6
14	Jul	155,5	163,2	166,9	170,6
14	Aug	124,3	133,7	139,8	145,9
14	Sep	77,2	80,4	83,0	85,6
14	Okt	53,5	60,0	65,9	71,8
14	Nov	20,2	24,8	28,5	32,2
14	Dez	15,6	18,9	22,7	26,5
14	2013	881,8	959,0	1022,7	1086,4
15	Jan	7,2	8,9	11,1	13,3
15	Feb	26,7	31,2	37,8	44,4
15	Mär	40,6	50,8	66,3	81,8
15	Apr	94,5	103,1	108,8	114,5
15	Mai	119,8	122,1	126,3	130,5
15	Jun	131,4	137,7	145,3	152,9
15	Jul	152,4	156,7	164,4	172,1
15	Aug	122,3	131,7	137,8	143,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

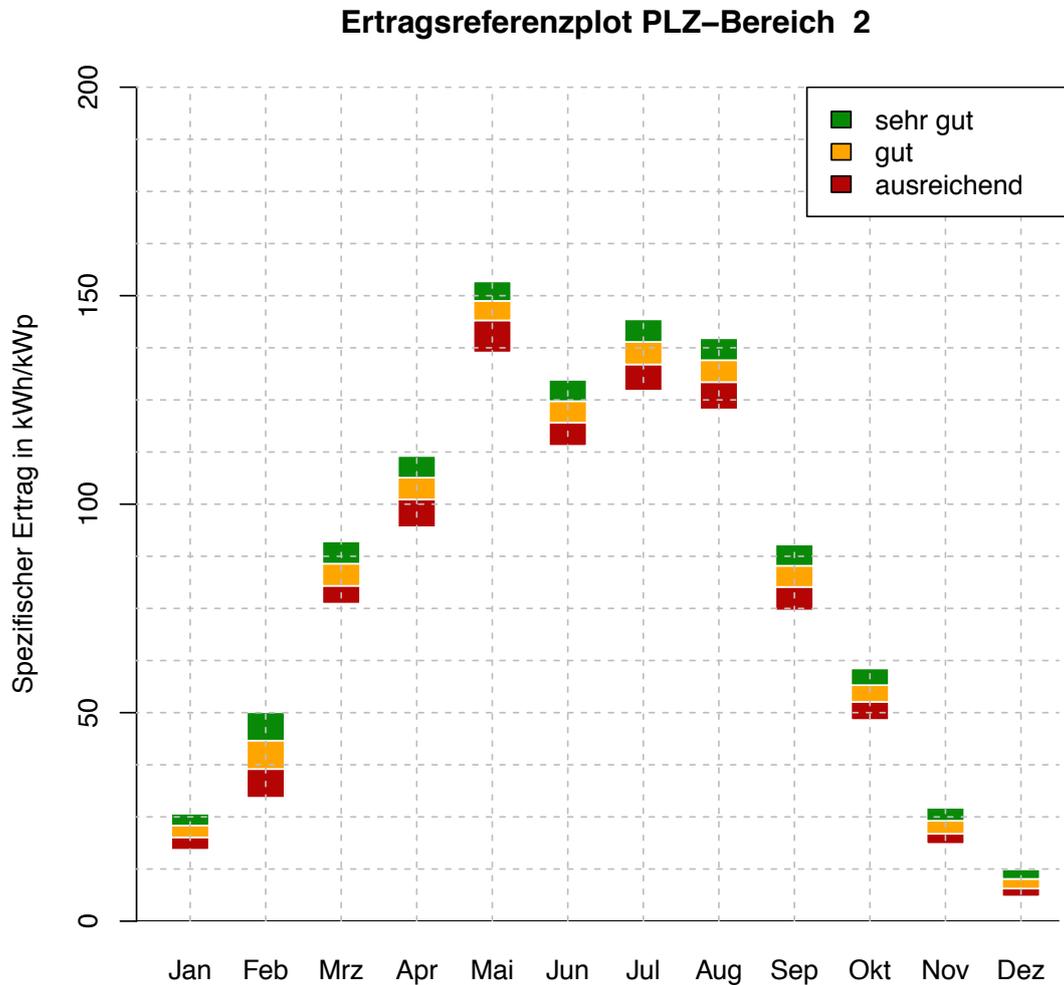
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
15	Sep	77,0	79,7	81,9	84,1
15	Okt	50,9	59,1	66,5	73,9
15	Nov	20,0	22,7	25,6	28,5
15	Dez	14,3	17,6	20,8	24,0
15	2013	857,2	921,5	992,6	1063,7
16	Jan	6,3	7,5	9,3	11,1
16	Feb	27,7	31,8	37,3	42,8
16	Mär	42,7	62,6	83,6	104,6
16	Apr	100,3	107,6	115,8	124,0
16	Mai	119,6	124,7	134,6	144,5
16	Jun	134,0	144,8	150,9	157,0
16	Jul	152,9	158,1	162,4	166,7
16	Aug	122,5	130,9	135,2	139,5
16	Sep	77,1	80,0	84,6	89,2
16	Okt	50,5	59,9	66,3	72,7
16	Nov	20,3	21,8	22,7	23,6
16	Dez	12,2	13,1	15,4	17,7
16	2013	866,2	942,9	1018,1	1093,3
17	Jan	5,8	6,8	8,1	9,4
17	Feb	27,8	32,0	37,0	42,0
17	Mär	59,5	76,9	96,5	116,1
17	Apr	105,5	113,1	120,0	126,9
17	Mai	124,1	129,7	137,1	144,5
17	Jun	140,6	149,1	154,0	158,9
17	Jul	157,0	162,0	166,5	171,0
17	Aug	122,2	132,2	135,8	139,4
17	Sep	77,6	81,9	85,8	89,7
17	Okt	53,0	60,7	65,5	70,3
17	Nov	20,3	21,7	22,7	23,7
17	Dez	12,1	13,8	16,8	19,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

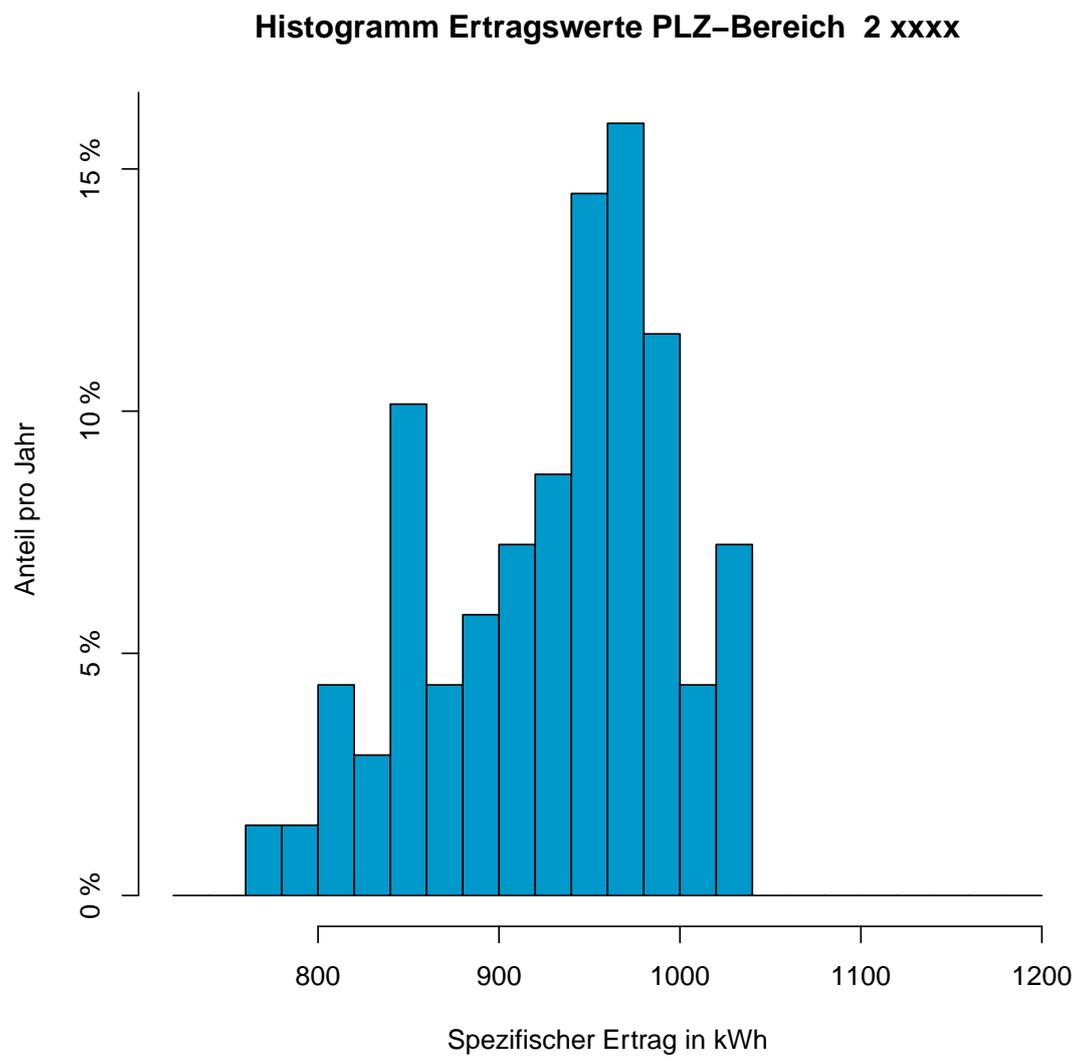
**Tabelle A.2.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 1xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
17	2013	905,4	979,8	1045,7	1111,6
18	Jan	5,7	6,3	7,4	8,5
18	Feb	27,7	31,3	36,4	41,5
18	Mär	60,9	78,6	95,8	113,0
18	Apr	106,5	115,9	121,3	126,7
18	Mai	124,2	132,1	137,5	142,9
18	Jun	141,8	150,0	156,3	162,6
18	Jul	158,3	162,0	168,8	175,6
18	Aug	122,1	132,2	135,8	139,4
18	Sep	78,2	83,2	87,0	90,8
18	Okt	49,6	57,9	64,2	70,5
18	Nov	18,3	21,2	22,7	24,2
18	Dez	9,7	11,7	13,3	14,9
18	2013	902,8	982,5	1046,4	1110,3
19	Jan	6,2	7,4	9,3	11,2
19	Feb	28,2	32,2	35,6	39,0
19	Mär	55,7	69,6	80,8	92,0
19	Apr	105,7	111,9	118,5	125,1
19	Mai	108,6	119,7	133,2	146,7
19	Jun	132,6	144,6	152,6	160,6
19	Jul	157,9	161,2	167,4	173,6
19	Aug	121,1	126,6	134,8	143
19	Sep	76,7	79,8	85,3	90,8
19	Okt	49,9	54,8	60,9	67,0
19	Nov	20,5	22,4	25,8	29,2
19	Dez	9,0	10,5	12,4	14,3
19	2013	872,2	940,6	1016,6	1092,6

## A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx



**Abbildung A.21:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.22:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2013.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
20	Jan	7,3	8,7	10,0	11,3
20	Feb	30,2	34,4	36,4	38,4
20	Mär	64,1	76,8	84,5	92,2
20	Apr	112,0	115,9	121,4	126,9
20	Mai	111,1	121,2	127,6	134,0
20	Jun	130,9	136,0	141,7	147,4
20	Jul	159,2	166,2	169,2	172,2
20	Aug	122,5	126,0	132,1	138,2
20	Sep	73,3	77,0	78,6	80,2
20	Okt	50,2	52,2	54,5	56,8
20	Nov	21,9	25,9	27,1	28,3
20	Dez	8,1	9,1	10,4	11,7
20	2013	890,8	949,5	993,5	1037,5
21	Jan	7,7	9,1	10,9	12,7
21	Feb	28,7	32,9	35,7	38,5
21	Mär	59,6	71,8	79,7	87,6
21	Apr	106,4	111,7	115,6	119,5
21	Mai	103,5	109,6	116,2	122,8
21	Jun	130,4	135,1	141,0	146,9
21	Jul	134,3	158,0	163,4	168,8
21	Aug	121,0	126,1	132,4	138,7
21	Sep	70,5	75,4	78,1	80,8
21	Okt	50,7	52,7	56,5	60,3
21	Nov	23,0	26,1	27,2	28,3
21	Dez	8,2	9,0	10,5	12,0
21	2013	843,9	917,6	967,2	1016,8
22	Jan	7,3	8,7	10,0	11,3
22	Feb	30,2	34,4	36,4	38,4
22	Mär	64,1	76,8	84,5	92,2
22	Apr	112,0	115,9	121,4	126,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
22	Mai	111,1	121,2	127,6	134,0
22	Jun	130,9	136,0	141,7	147,4
22	Jul	159,2	166,2	169,2	172,2
22	Aug	122,5	126,0	132,1	138,2
22	Sep	73,3	77,0	78,6	80,2
22	Okt	50,2	52,2	54,5	56,8
22	Nov	21,9	25,9	27,1	28,3
22	Dez	8,1	9,1	10,4	11,7
22	2013	890,8	949,5	993,5	1037,5
23	Jan	6,3	7,8	8,9	10,0
23	Feb	28,4	31,6	35,4	39,2
23	Mär	72,6	82,8	89,5	96,2
23	Apr	111,9	117,2	123,4	129,6
23	Mai	120,2	125,2	130,3	135,4
23	Jun	131,9	140,4	148,2	156
23	Jul	159,8	166,7	169,3	171,9
23	Aug	122,3	126,3	133,5	140,7
23	Sep	76,0	78,6	83,7	88,8
23	Okt	51,0	53,4	54,7	56
23	Nov	21,2	22,6	26,6	30,6
23	Dez	8,8	9,4	9,8	10,2
23	2013	910,5	962,0	1013,2	1064,4
24	Jan	7,1	8,6	9,8	11
24	Feb	30,6	34,7	36,4	38,1
24	Mär	74,5	80,0	86,8	93,6
24	Apr	113,1	117,1	122,2	127,3
24	Mai	116,1	123,5	128,1	132,7
24	Jun	130,8	135,4	140,4	145,4
24	Jul	159,2	166,4	169,2	172
24	Aug	122,7	125,6	130,0	134,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
24	Sep	73,5	77,2	78,7	80,2
24	Okt	50,0	52,0	54,4	56,8
24	Nov	21,9	24,9	26,6	28,3
24	Dez	7,7	8,8	9,6	10,4
24	2013	907,1	954,2	992,0	1029,8
25	Jan	7,7	8,8	10,0	11,2
25	Feb	29,6	34,6	36,4	38,2
25	Mär	64,9	76,8	85,2	93,6
25	Apr	112,3	116,2	121,5	126,8
25	Mai	112,1	121,3	127,6	133,9
25	Jun	130,6	136,0	141,5	147,0
25	Jul	159,2	166,2	169,2	172,2
25	Aug	122,9	126,1	131,2	136,3
25	Sep	72,8	76,1	78,6	81,1
25	Okt	50,4	52,0	53,7	55,4
25	Nov	21,7	25,4	26,7	28,0
25	Dez	8,2	9,3	10,5	11,7
25	2013	892,4	948,8	992,2	1035,6
26	Jan	7,7	9,8	13,1	16,4
26	Feb	28,8	32,4	36,5	40,6
26	Mär	63,9	70,7	77,7	84,7
26	Apr	105,1	109,1	113,3	117,5
26	Mai	106,5	111,1	114,6	118,1
26	Jun	121,7	129,6	133,8	138
26	Jul	95,7	129,0	145,1	161,2
26	Aug	124,1	126,7	130,8	134,9
26	Sep	72,6	77,7	81,8	85,9
26	Okt	57,9	60,4	62,9	65,4
26	Nov	22,5	25,8	28,3	30,8
26	Dez	12,5	15,3	16,3	17,3

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

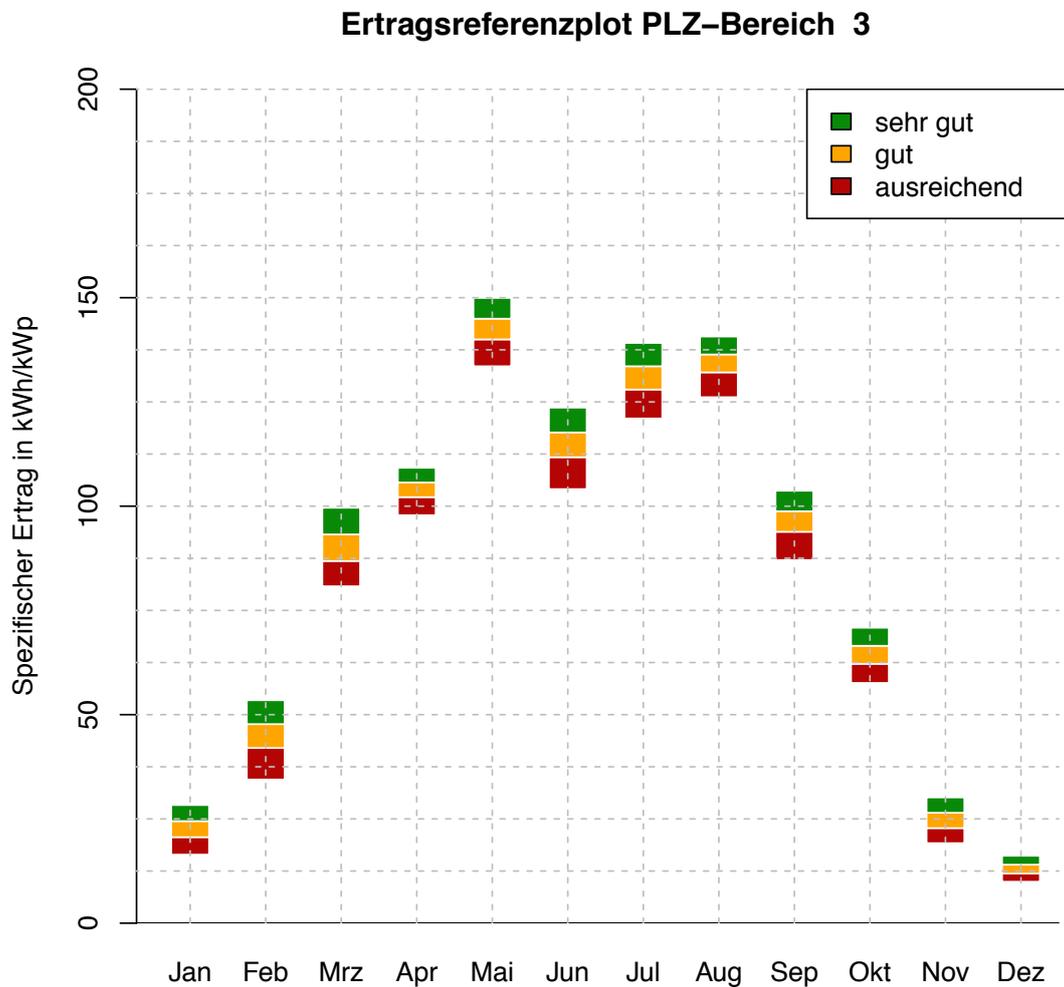
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
26	2013	819,0	897,6	954,3	1011
27	Jan	7,7	9,6	11,8	14
27	Feb	28,3	32,6	36,7	40,8
27	Mär	57,3	70,2	78,7	87,2
27	Apr	104,7	109,2	114,3	119,4
27	Mai	102,9	108,6	112,8	117,0
27	Jun	127,6	133,4	140,8	148,2
27	Jul	106,4	133,0	153,2	173,4
27	Aug	118,6	125,1	129,2	133,3
27	Sep	68,9	75,0	80,6	86,2
27	Okt	48,0	55,0	60,9	66,8
27	Nov	21,9	26,1	28,6	31,1
27	Dez	10,6	12,3	15,8	19,3
27	2013	802,9	890,1	963,4	1036,7
28	Jan	7,7	9,6	11,8	14
28	Feb	28,3	32,6	36,7	40,8
28	Mär	57,3	70,2	78,7	87,2
28	Apr	104,7	109,2	114,3	119,4
28	Mai	102,9	108,6	112,8	117,0
28	Jun	127,6	133,4	140,8	148,2
28	Jul	106,4	133,0	153,2	173,4
28	Aug	118,6	125,1	129,2	133,3
28	Sep	68,9	75,0	80,6	86,2
28	Okt	48,0	55,0	60,9	66,8
28	Nov	21,9	26,1	28,6	31,1
28	Dez	10,6	12,3	15,8	19,3
28	2013	802,9	890,1	963,4	1036,7
29	Jan	7,9	9,7	11,7	13,7
29	Feb	28,8	33,1	37,1	41,1
29	Mär	55,5	67,8	80,1	92,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

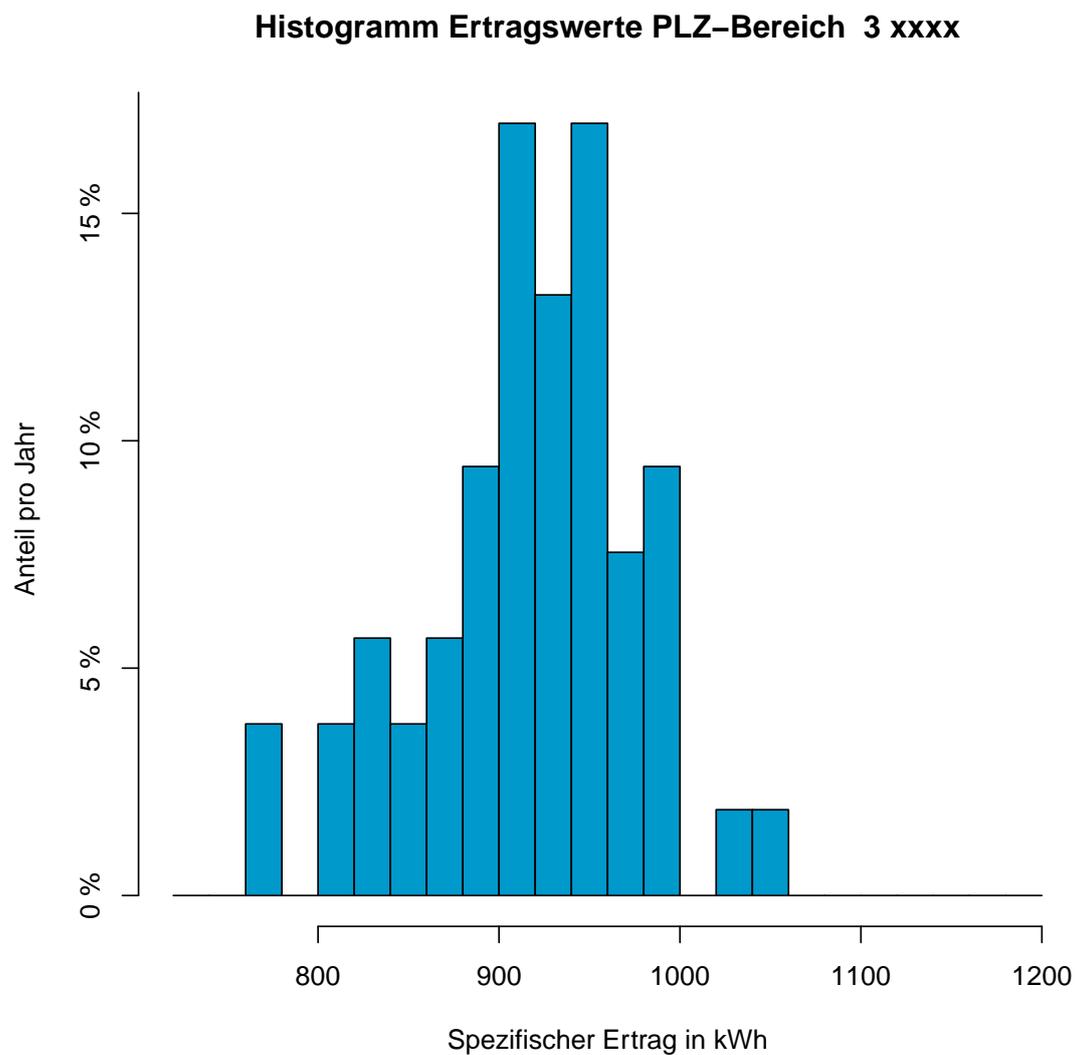
**Tabelle A.3.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 2xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
29	Apr	105,0	110,2	114,5	118,8
29	Mai	102,5	108,6	115,9	123,2
29	Jun	131,6	138,0	147,0	156,0
29	Jul	128,9	148,9	164,7	180,5
29	Aug	119,3	126,0	133,2	140,4
29	Sep	70,5	76,9	80,6	84,3
29	Okt	48,9	55,0	60,9	66,8
29	Nov	22,6	26,6	29,1	31,6
29	Dez	10,0	11,8	15,9	20,0
29	2013	831,4	912,6	990,6	1068,6

## A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx



**Abbildung A.23:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.24:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.4:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
30	Jan	7,8	9,7	11,8	13,9
30	Feb	30,0	33,4	38,5	43,6
30	Mär	57,3	71,1	80,0	88,9
30	Apr	105,3	109,5	114,0	118,5
30	Mai	100,8	105,0	111,6	118,2
30	Jun	129,7	136,7	143,1	149,5
30	Jul	116,3	126,2	137,8	149,4
30	Aug	115,4	122,9	126,7	130,5
30	Sep	70,3	76,0	78,5	81,0
30	Okt	48,0	53,2	59,2	65,2
30	Nov	22,4	25,8	29,5	33,2
30	Dez	12,3	15,3	17,7	20,1
30	2013	815,6	884,8	948,4	1012,0
31	Jan	7,8	9,7	11,8	13,9
31	Feb	30,0	33,4	38,5	43,6
31	Mär	57,3	71,1	80,0	88,9
31	Apr	105,3	109,5	114,0	118,5
31	Mai	100,8	105,0	111,6	118,2
31	Jun	129,7	136,7	143,1	149,5
31	Jul	116,3	126,2	137,8	149,4
31	Aug	115,4	122,9	126,7	130,5
31	Sep	70,3	76,0	78,5	81,0
31	Okt	48,0	53,2	59,2	65,2
31	Nov	22,4	25,8	29,5	33,2
31	Dez	12,3	15,3	17,7	20,1
31	2013	815,6	884,8	948,4	1012,0
32	Jan	8,1	10,2	12,2	14,2
32	Feb	31,0	34,6	39,6	44,6
32	Mär	66,3	76,4	81,7	87,0
32	Apr	104,8	110,4	117,4	124,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
32	Mai	102,9	109,3	113,5	117,7
32	Jun	128,0	134,5	139,7	144,9
32	Jul	123,6	141,4	149,9	158,4
32	Aug	120,8	125,4	130,8	136,2
32	Sep	71,1	76,0	80,2	84,4
32	Okt	49,5	55,4	62,2	69,0
32	Nov	22,4	24,8	28,8	32,8
32	Dez	11,7	14,1	17,6	21,1
32	2013	840,1	912,5	973,6	1034,7
33	Jan	9,6	11,0	12,7	14,4
33	Feb	31,5	35,4	39,7	44
33	Mär	66,9	73,6	80,3	87,0
33	Apr	103,3	109,3	115,8	122,3
33	Mai	103,6	110,6	116,2	121,8
33	Jun	127,3	132,0	138,4	144,8
33	Jul	141,9	148,4	151,4	154,4
33	Aug	122,0	127,8	132,1	136,4
33	Sep	74,4	77,8	81,7	85,6
33	Okt	53,2	57,7	62,8	67,9
33	Nov	21,4	23,5	28,5	33,5
33	Dez	13,8	17,7	20,7	23,7
33	2013	869,0	924,8	980,2	1035,6
34	Jan	10,4	11,6	13,2	14,8
34	Feb	31,3	35,2	38,4	41,6
34	Mär	71,0	79,1	85,7	92,3
34	Apr	102,1	108,7	117,6	126,5
34	Mai	102,9	109,4	115,4	121,4
34	Jun	128,6	135,2	141,4	147,6
34	Jul	145,4	151,7	156,9	162,1
34	Aug	123,2	127,8	133,3	138,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
34	Sep	75,3	79,3	83,1	86,9
34	Okt	51,3	54,4	62,3	70,2
34	Nov	22,1	24,8	28,7	32,6
34	Dez	15,7	16,0	19,8	23,6
34	2013	879,3	933,4	995,9	1058,4
35	Jan	9,9	11,4	13,3	15,2
35	Feb	29,2	33,4	36,4	39,4
35	Mär	70,4	78,4	83,6	88,8
35	Apr	98,8	105,8	109,7	113,6
35	Mai	102,1	107,4	111,5	115,6
35	Jun	126,3	135,0	141,3	147,6
35	Jul	152,1	160,0	166,7	173,4
35	Aug	122,8	126,4	132,8	139,2
35	Sep	77,6	83,2	90,9	98,6
35	Okt	51,7	54,4	62,1	69,8
35	Nov	22,2	24,3	27,3	30,3
35	Dez	15,1	17,6	19,1	20,6
35	2013	878,2	937,2	994,5	1051,8
36	Jan	10,4	12,7	14,8	16,9
36	Feb	28,8	34,1	37,4	40,7
36	Mär	70,6	80,4	85,9	91,4
36	Apr	99,2	103,8	108,4	113
36	Mai	99,7	107,3	111,1	114,9
36	Jun	132,6	139,1	144,8	150,5
36	Jul	160,8	166,7	171,6	176,5
36	Aug	124,6	129,6	135,5	141,4
36	Sep	81,0	86,0	92,2	98,4
36	Okt	52,6	58,4	63,2	68,0
36	Nov	21,1	24,6	27,6	30,6
36	Dez	15,8	19,3	24,2	29,1

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

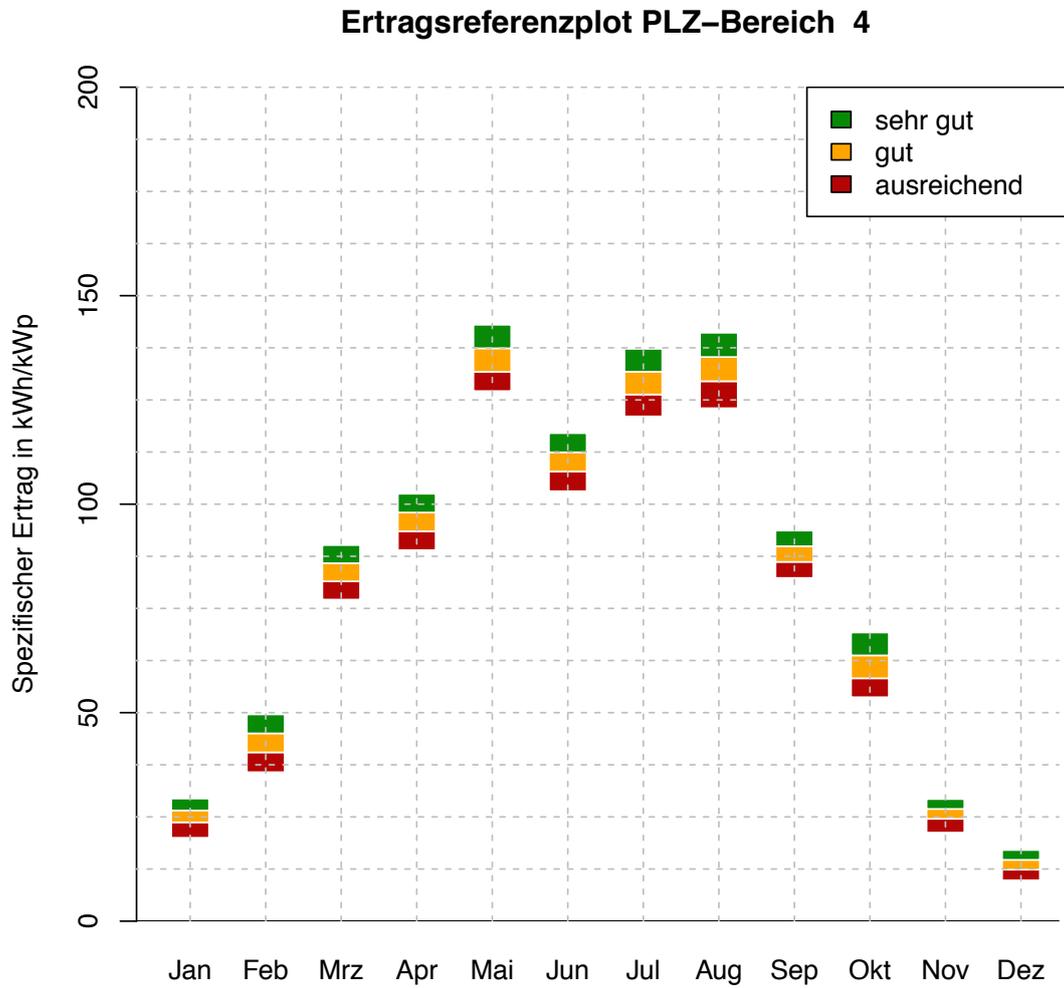
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
36	2013	897,3	962,0	1016,8	1071,6
37	Jan	9,3	11,1	12,7	14,3
37	Feb	30,8	34,2	39,7	45,2
37	Mär	64,3	76,4	81,9	87,4
37	Apr	101,2	108,5	115,6	122,7
37	Mai	100,7	106,9	113,1	119,3
37	Jun	128,8	136,4	141,4	146,4
37	Jul	131,1	149,0	161,8	174,6
37	Aug	121,8	127,5	133,1	138,7
37	Sep	74,6	78,4	82,6	86,8
37	Okt	50,0	54,2	61,8	69,4
37	Nov	22,1	24,8	29,1	33,4
37	Dez	15,7	17,5	19,7	21,9
37	2013	850,4	924,9	992,5	1060,1
38	Jan	8,5	11,2	13,0	14,8
38	Feb	30,3	34,4	40,2	46
38	Mär	59,0	72,6	81,0	89,4
38	Apr	102,1	108,1	112,3	116,5
38	Mai	102,5	108,9	115,4	121,9
38	Jun	134,4	140,2	146,6	153,0
38	Jul	137,4	159,8	168,6	177,4
38	Aug	120,3	128,0	135,1	142,2
38	Sep	75,0	80,3	84,6	88,9
38	Okt	49,7	56,5	63,0	69,5
38	Nov	22,3	26,7	29,4	32,1
38	Dez	14,4	18,7	23,2	27,7
38	2013	855,8	945,3	1012,5	1079,7
39	Jan	8,4	11,3	13,4	15,5
39	Feb	29,9	34,0	40,4	46,8
39	Mär	57,2	71,2	81,0	90,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

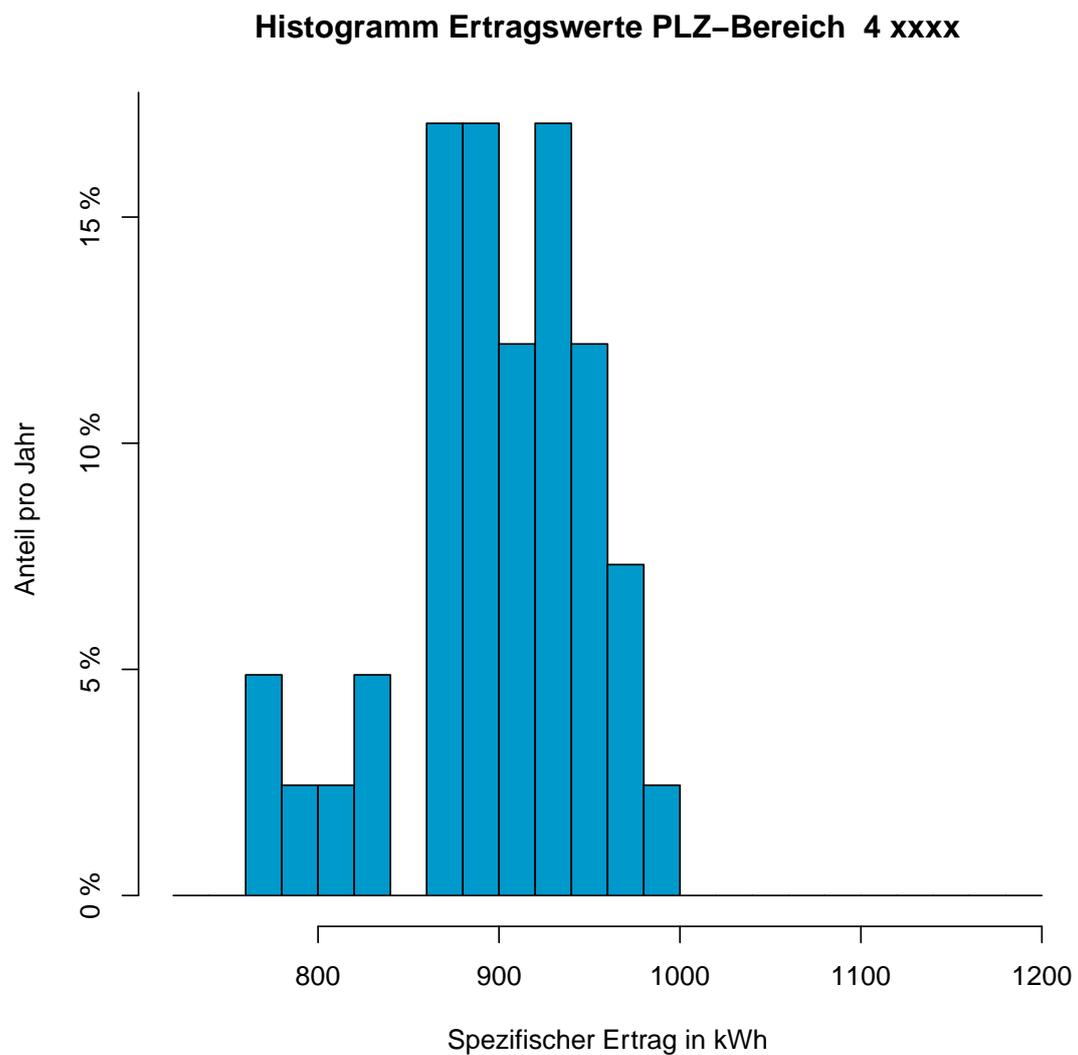
**Tabelle A.4.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 3xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
39	Apr	105,9	109,7	112,9	116,1
39	Mai	105,2	114,3	119,9	125,5
39	Jun	136,7	143,2	151,1	159,0
39	Jul	161,2	166,8	170,3	173,8
39	Aug	123,3	130,4	137,0	143,6
39	Sep	77,4	80,4	84,8	89,2
39	Okt	54,8	58,8	65,4	72
39	Nov	21,6	26,2	29,6	33,0
39	Dez	14,0	18,9	22,8	26,7
39	2013	895,5	965,2	1028,7	1092,2

## A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx



**Abbildung A.25:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.26:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.5:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
40	Jan	10,9	12,2	15,2	18,2
40	Feb	29,7	32,7	34,8	36,9
40	Mär	70,9	75,5	77,9	80,3
40	Apr	102,4	105,4	112,7	120,0
40	Mai	106,3	114,2	118,8	123,4
40	Jun	118,2	127,0	132,4	137,8
40	Jul	137,2	141,0	151,2	161,4
40	Aug	121,8	126,1	130,1	134,1
40	Sep	76,8	84,0	87,9	91,8
40	Okt	50,9	58,4	60,2	62
40	Nov	19,5	25,0	26,8	28,6
40	Dez	18,9	20,1	22,1	24,1
40	2013	863,5	921,7	969,9	1018,1
41	Jan	11,6	14,6	16,5	18,4
41	Feb	27,4	34,1	41,8	49,5
41	Mär	67,5	72,6	76,8	81,0
41	Apr	103,3	106,0	111,7	117,4
41	Mai	107,3	113,5	118,5	123,5
41	Jun	115,1	125,7	130,5	135,3
41	Jul	135,7	138,3	151,2	164,1
41	Aug	120,9	127,9	130,9	133,9
41	Sep	78,3	86,7	93,7	100,7
41	Okt	50,4	57,8	63,4	69,0
41	Nov	19,6	25,3	29,6	33,9
41	Dez	18,6	19,5	20,3	21,1
41	2013	855,4	922,2	985,0	1047,8
42	Jan	9,2	11,6	13,6	15,6
42	Feb	29,6	32,7	34,8	36,9
42	Mär	73,4	75,5	78,3	81,1
42	Apr	102,7	105,0	111,4	117,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
42	Mai	106,2	115,3	118,8	122,3
42	Jun	116,6	125,8	129,7	133,6
42	Jul	139,3	146,0	151,5	157,0
42	Aug	122,4	126,5	129,6	132,7
42	Sep	80,4	82,8	85,2	87,6
42	Okt	49,1	54,5	60,1	65,7
42	Nov	25,0	25,7	26,8	27,9
42	Dez	18,2	19,8	21,2	22,6
42	2013	871,9	921,2	961,0	1000,8
44	Jan	11,0	11,7	13,8	15,9
44	Feb	30,9	33,7	35,3	36,9
44	Mär	73,3	74,4	76,5	78,6
44	Apr	100,4	106,3	112,6	118,9
44	Mai	106,2	115,7	120,0	124,3
44	Jun	121,1	129,5	133,0	136,5
44	Jul	140,6	143,5	147,3	151,1
44	Aug	120,6	125,6	131,8	138
44	Sep	77,9	80,9	88,8	96,7
44	Okt	51,6	59,2	60,7	62,2
44	Nov	22,3	25,1	26,6	28,1
44	Dez	19,2	20,1	22,4	24,7
44	2013	875,0	925,7	968,8	1011,9
45	Jan	10,6	11,9	14,3	16,7
45	Feb	30,4	34,5	38,4	42,3
45	Mär	67,5	73,4	77,2	81,0
45	Apr	99,6	105,1	111,0	116,9
45	Mai	107,8	113,5	119,0	124,5
45	Jun	122,1	127,3	132,6	137,9
45	Jul	134,2	140,2	147,8	155,4
45	Aug	120,7	125,6	130,4	135,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

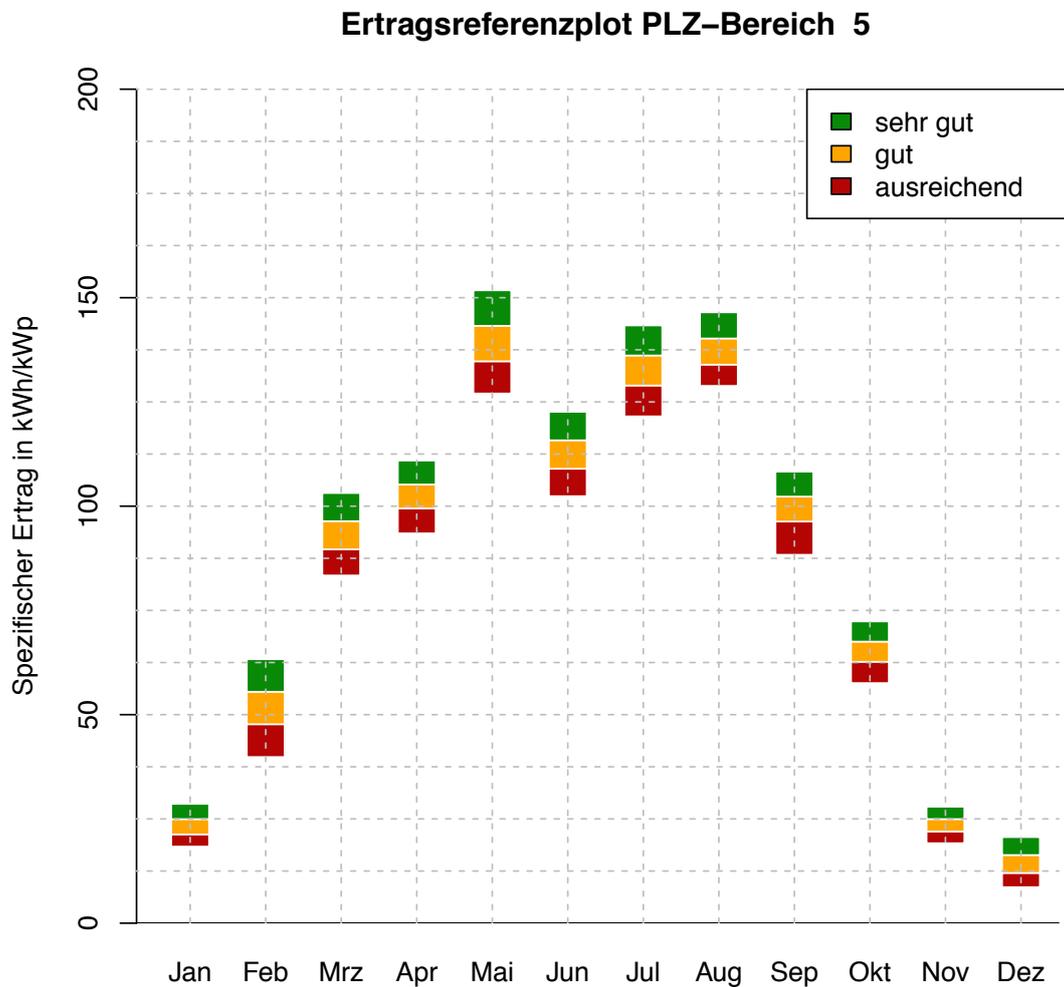
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
45	Sep	75,4	80,3	85,7	91,1
45	Okt	51,8	58,4	60,0	61,6
45	Nov	19,4	22,5	25,6	28,7
45	Dez	15,9	19,3	20,6	21,9
45	2013	855,4	911,9	962,6	1013,3
46	Jan	9,8	11,7	14,2	16,7
46	Feb	28,7	34,2	41,1	48,0
46	Mär	67,0	72,0	75,8	79,6
46	Apr	101,1	105,0	110,5	116,0
46	Mai	108,8	112,5	116,4	120,3
46	Jun	121,9	127,0	132,6	138,2
46	Jul	134,2	139,4	144,9	150,4
46	Aug	119,7	125,7	130,9	136,1
46	Sep	74,1	80,3	86,5	92,7
46	Okt	52,1	58,4	62,4	66,4
46	Nov	18,2	20,0	23,7	27,4
46	Dez	13,8	18,8	21,0	23,2
46	2013	849,4	905,0	960,1	1015,2
47	Jan	11,2	13,1	15,1	17,1
47	Feb	29,8	33,1	38,1	43,1
47	Mär	70,9	74,5	77,7	80,9
47	Apr	101,6	105,7	108,2	110,7
47	Mai	109,2	115,8	118,8	121,8
47	Jun	121,4	127,0	132,6	138,2
47	Jul	137,5	139,4	142,3	145,2
47	Aug	122,1	125,6	130,5	135,4
47	Sep	77,8	85,8	89,7	93,6
47	Okt	53,5	58,7	63,6	68,5
47	Nov	19,5	25,0	26,8	28,6
47	Dez	19,3	19,8	20,5	21,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

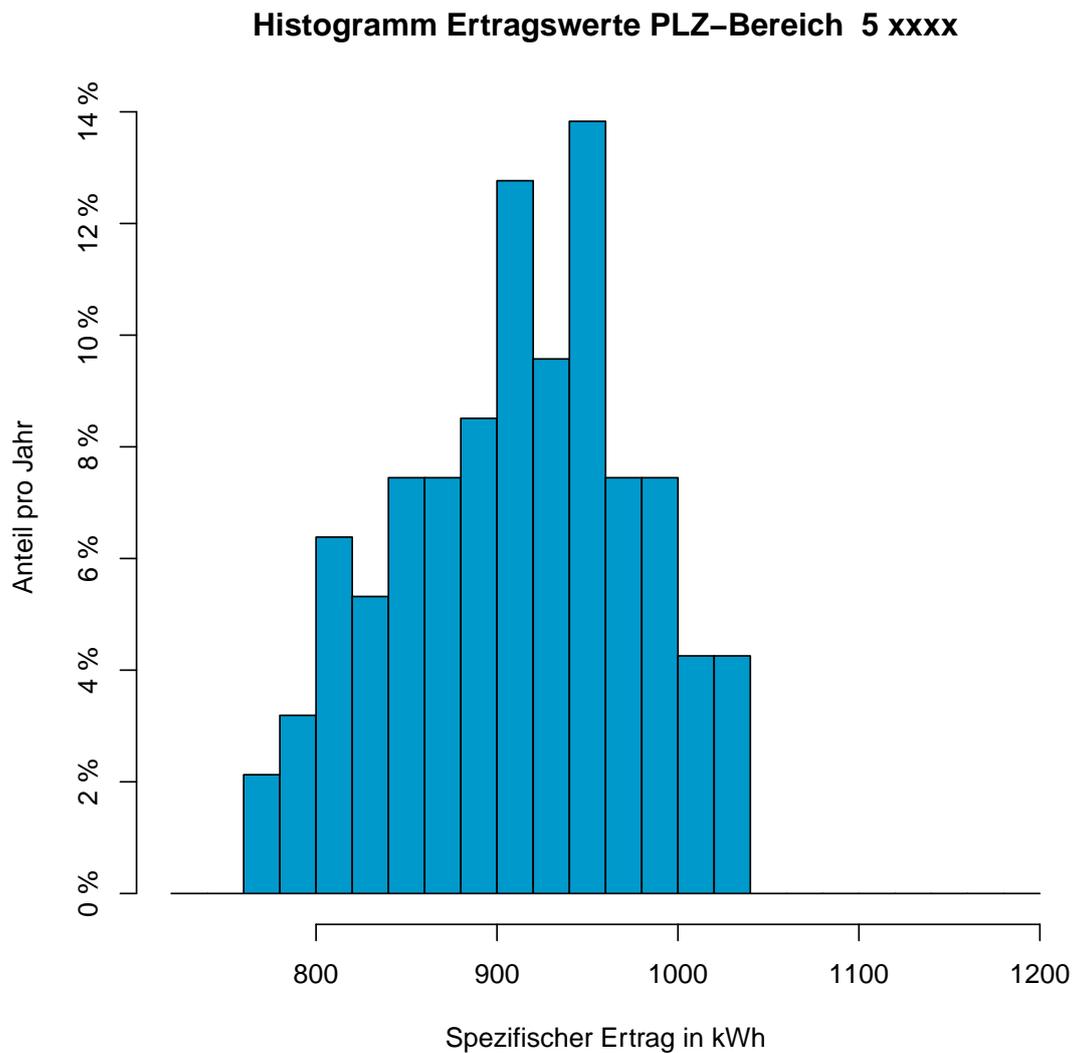
**Tabelle A.5.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 4xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
47	2013	873,7	923,5	963,8	1004,1
48	Jan	9,6	11,1	13,2	15,3
48	Feb	31,7	35,0	39,7	44,4
48	Mär	69,3	74,5	79,5	84,5
48	Apr	104,3	110,1	115,8	121,5
48	Mai	107,5	111,7	117,6	123,5
48	Jun	126,7	132,0	136,4	140,8
48	Jul	141,7	146,0	149,5	153,0
48	Aug	122,8	128,2	132,3	136,4
48	Sep	73,6	77,9	82,1	86,3
48	Okt	53,5	58,0	63,3	68,6
48	Nov	21,4	23,9	27,0	30,1
48	Dez	12,5	18,4	23,0	27,6
48	2013	874,7	926,7	979,5	1032,3
49	Jan	8,1	10,3	12,6	14,9
49	Feb	29,6	33,7	39,0	44,3
49	Mär	65,9	72,6	79,9	87,2
49	Apr	104,2	110,1	116,1	122,1
49	Mai	104,0	110,1	114,1	118,1
49	Jun	125,2	132,0	138,3	144,6
49	Jul	116,1	135,0	146,1	157,2
49	Aug	119,5	126,0	130,7	135,4
49	Sep	70,7	76,0	80,6	85,2
49	Okt	50,7	57,2	62,5	67,8
49	Nov	21,4	24,8	28,6	32,4
49	Dez	12,1	15,8	18,2	20,6
49	2013	827,4	903,5	966,7	1029,9

## A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx



**Abbildung A.27:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.28:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.6:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
50	Jan	10,8	12,6	15,8	19,0
50	Feb	26,5	32,7	38,1	43,5
50	Mär	70,1	75,1	78,3	81,5
50	Apr	101,1	104,1	112,6	121,1
50	Mai	103,2	109,7	117,4	125,1
50	Jun	115,2	124,9	130,3	135,7
50	Jul	136,1	149,5	151,5	153,5
50	Aug	121,0	126,5	130,9	135,3
50	Sep	78,3	86,3	93,2	100,1
50	Okt	47,8	56,6	60,8	65,0
50	Nov	22,0	25,6	29,3	33,0
50	Dez	18,4	19,8	20,0	20,2
50	2013	850,6	923,4	978,2	1033,0
51	Jan	8,8	11,3	13,6	15,9
51	Feb	25,6	30,8	34,8	38,8
51	Mär	69,7	74,9	78,8	82,7
51	Apr	100,6	103,6	112,9	122,2
51	Mai	102,0	106,8	116,2	125,6
51	Jun	114,8	123,0	129,2	135,4
51	Jul	133,4	149,8	151,6	153,4
51	Aug	121,0	126,5	131,1	135,7
51	Sep	82,2	85,4	86,7	88,0
51	Okt	46,7	56,4	59,3	62,2
51	Nov	23,1	24,2	26,3	28,4
51	Dez	18,2	19,8	20,0	20,2
51	2013	845,9	912,4	960,5	1008,6
52	Jan	11,6	14,6	16,7	18,8
52	Feb	25,8	32,7	40,6	48,5
52	Mär	60,9	71,7	76,4	81,1
52	Apr	100,8	104,7	113,1	121,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
52	Mai	102,7	110,2	117,1	124
52	Jun	114,7	125,2	131,4	137,6
52	Jul	135,3	148,1	151,3	154,5
52	Aug	115,2	124,7	130,9	137,1
52	Sep	86,3	89,7	94,3	98,9
52	Okt	51,7	58,3	61,5	64,7
52	Nov	21,3	25,3	29,6	33,9
52	Dez	19,2	20,0	23,0	26,0
52	2013	845,6	925,2	985,8	1046,4
53	Jan	9,1	11,0	13,6	16,2
53	Feb	25,1	29,7	34,6	39,5
53	Mär	69,3	74,9	80,8	86,7
53	Apr	97,8	102,6	110,6	118,6
53	Mai	102,9	107,0	113,0	119,0
53	Jun	115,8	125,0	130,7	136,4
53	Jul	150,4	152,0	163,0	174,0
53	Aug	120,4	126,3	132,2	138,1
53	Sep	82,4	88,8	92,4	96
53	Okt	52,7	56,6	61,5	66,4
53	Nov	20,5	23,7	26,8	29,9
53	Dez	18,4	19,8	26,0	32,2
53	2013	864,7	917,2	985,2	1053,2
54	Jan	9,2	11,6	13,3	15
54	Feb	26,5	29,5	33,0	36,5
54	Mär	67,5	74,5	81,2	87,9
54	Apr	97,8	102,5	108,2	113,9
54	Mai	101,5	104,8	109,7	114,6
54	Jun	124,8	135,0	144,5	154,0
54	Jul	151,4	161,8	170,2	178,6
54	Aug	121,8	128,2	134,0	139,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
54	Sep	85,2	89,1	91,9	94,7
54	Okt	53,0	57,4	61,1	64,8
54	Nov	23,4	25,3	26,9	28,5
54	Dez	17,6	21,6	27,2	32,8
54	2013	879,8	941,4	1001,1	1060,8
55	Jan	9,9	12,4	14,8	17,2
55	Feb	28,5	32,3	36,7	41,1
55	Mär	70,8	78,0	86,0	94,0
55	Apr	99,6	103,5	108,1	112,7
55	Mai	102,3	107,3	111,8	116,3
55	Jun	131,7	141,5	147,5	153,5
55	Jul	155,0	163,0	168,7	174,4
55	Aug	126,5	132,0	136,9	141,8
55	Sep	87,9	91,8	97,5	103,2
55	Okt	54,1	59,3	64,3	69,3
55	Nov	24,0	26,7	29,1	31,5
55	Dez	18,7	20,9	27,6	34,3
55	2013	909,2	968,7	1029,1	1089,5
56	Jan	9,2	10,9	13,1	15,3
56	Feb	25,9	29,7	34,0	38,3
56	Mär	65,2	73,5	81,5	89,5
56	Apr	97,8	102,8	109,4	116
56	Mai	102,9	107,6	112,2	116,8
56	Jun	121,3	131,6	145,1	158,6
56	Jul	150,4	159,2	166,7	174,2
56	Aug	118,8	126,3	134,0	141,7
56	Sep	83,0	88,3	91,8	95,3
56	Okt	52,2	55,9	59,9	63,9
56	Nov	23,6	24,1	26,3	28,5
56	Dez	18,6	20,0	28,3	36,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

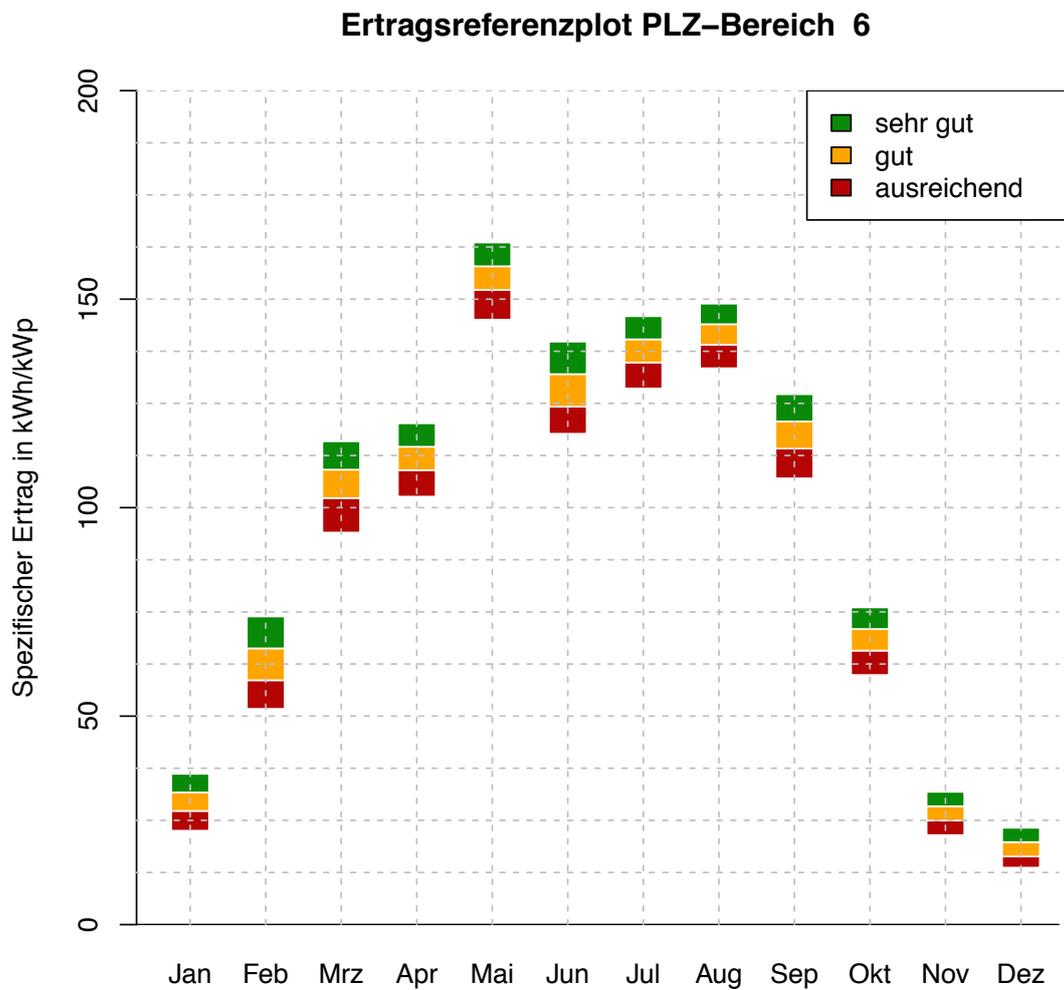
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
56	2013	868,9	929,8	1002,3	1074,8
57	Jan	9,7	11,5	13,1	14,7
57	Feb	25,5	30,9	35,2	39,5
57	Mär	70,2	74,8	82,3	89,8
57	Apr	98,1	103,4	110,4	117,4
57	Mai	101,6	106,2	109,8	113,4
57	Jun	115,8	126,3	134,9	143,5
57	Jul	151,4	154,1	165,9	177,7
57	Aug	121,6	125,7	132,2	138,7
57	Sep	76,4	85,2	89,2	93,2
57	Okt	50,4	54,5	60,8	67,1
57	Nov	22,1	23,7	27,2	30,7
57	Dez	14,6	18,5	20,1	21,7
57	2013	857,3	914,8	981,0	1047,2
58	Jan	11,0	11,7	14,1	16,5
58	Feb	30,6	33,2	35,2	37,2
58	Mär	73,5	75,1	78,8	82,5
58	Apr	103,3	107,1	113,2	119,3
58	Mai	107,1	116,0	121,2	126,4
58	Jun	119,2	128,2	132,6	137,0
58	Jul	141,0	146,0	151,4	156,8
58	Aug	121,6	125,7	131,5	137,3
58	Sep	77,9	81,6	85,4	89,2
58	Okt	52,3	58,9	60,3	61,7
58	Nov	22,3	25,1	26,6	28,1
58	Dez	19,2	20,1	22,4	24,7
58	2013	878,8	928,5	972,7	1016,9
59	Jan	10,0	11,4	13,2	15
59	Feb	31,3	35,2	39,5	43,8
59	Mär	70,2	76,4	81,6	86,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

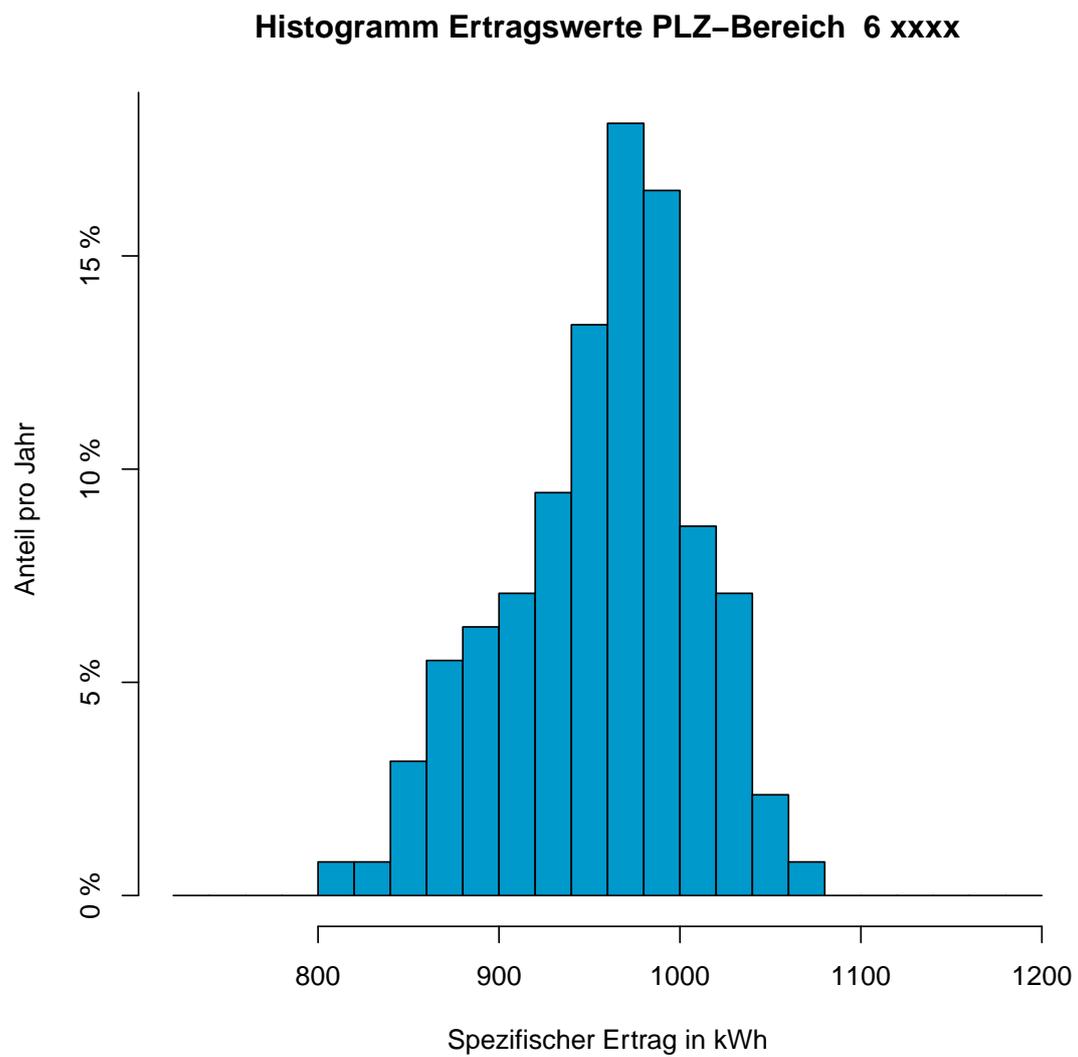
**Tabelle A.6.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 5xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
59	Apr	102,8	109,1	115,8	122,5
59	Mai	103,8	110,8	117,3	123,8
59	Jun	127,3	132,7	139,1	145,5
59	Jul	140,1	146,1	152,4	158,7
59	Aug	122,4	127,1	132,3	137,5
59	Sep	75,1	79,4	83,9	88,4
59	Okt	51,6	57,2	62,9	68,6
59	Nov	21,6	24,8	27,4	30
59	Dez	14,2	18,4	20,3	22,2
59	2013	870,3	928,5	985,7	1042,9

## A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx



**Abbildung A.29:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.30:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.7:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
60	Jan	10,4	12,5	14,6	16,7
60	Feb	30,5	34,3	37,7	41,1
60	Mär	71,0	81,5	88,4	95,3
60	Apr	102,5	106,7	109,9	113,1
60	Mai	105,1	108,8	112,4	116
60	Jun	136,6	140,2	146,1	152,0
60	Jul	158,4	162,0	170,6	179,2
60	Aug	125,4	127,9	135,7	143,5
60	Sep	80,4	88,9	96,2	103,5
60	Okt	52,5	58,5	65,8	73,1
60	Nov	24,3	27,0	29,4	31,8
60	Dez	14,6	18,9	20,3	21,7
60	2013	911,7	967,2	1027,0	1086,8
61	Jan	10,4	12,5	14,6	16,7
61	Feb	30,5	34,3	37,7	41,1
61	Mär	71,0	81,5	88,4	95,3
61	Apr	102,5	106,7	109,9	113,1
61	Mai	105,1	108,8	112,4	116
61	Jun	136,6	140,2	146,1	152,0
61	Jul	158,4	162,0	170,6	179,2
61	Aug	125,4	127,9	135,7	143,5
61	Sep	80,4	88,9	96,2	103,5
61	Okt	52,5	58,5	65,8	73,1
61	Nov	24,3	27,0	29,4	31,8
61	Dez	14,6	18,9	20,3	21,7
61	2013	911,7	967,2	1027,0	1086,8
63	Jan	11,6	14,0	16,1	18,2
63	Feb	31,0	35,4	39,4	43,4
63	Mär	75,8	81,9	87,6	93,3
63	Apr	92,5	100,4	104,4	108,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
63	Mai	103,4	107,5	110,9	114,3
63	Jun	132,7	138,5	146,2	153,9
63	Jul	158,7	162,2	166,8	171,4
63	Aug	126,6	132,0	136,1	140,2
63	Sep	85,1	90,8	96,3	101,8
63	Okt	55,3	61,4	68,1	74,8
63	Nov	23,0	26,1	29,3	32,5
63	Dez	15,9	21,1	25,9	30,7
63	2013	911,5	971,2	1027,0	1082,8
64	Jan	11,0	13,6	16,4	19,2
64	Feb	31,4	35,2	40,9	46,6
64	Mär	70,8	80,1	87,7	95,3
64	Apr	100,9	103,9	108,3	112,7
64	Mai	103,8	109,3	113,7	118,1
64	Jun	137,7	144,5	148,9	153,3
64	Jul	161,3	166,2	170,2	174,2
64	Aug	127,8	133,5	137,4	141,3
64	Sep	87,6	92,7	99,3	105,9
64	Okt	54,9	60,5	66,8	73,1
64	Nov	25,4	27,2	32,0	36,8
64	Dez	19,0	20,7	27,9	35,1
64	2013	931,6	987,4	1049,5	1111,6
65	Jan	10,3	12,2	14,3	16,4
65	Feb	28,6	33,0	36,6	40,2
65	Mär	69,9	78,1	87,5	96,9
65	Apr	100,8	105,2	109,8	114,4
65	Mai	103,7	108,6	112,8	117,0
65	Jun	128,9	138,8	145,7	152,6
65	Jul	152,1	160,2	167,2	174,2
65	Aug	123,0	127,0	134,5	142,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

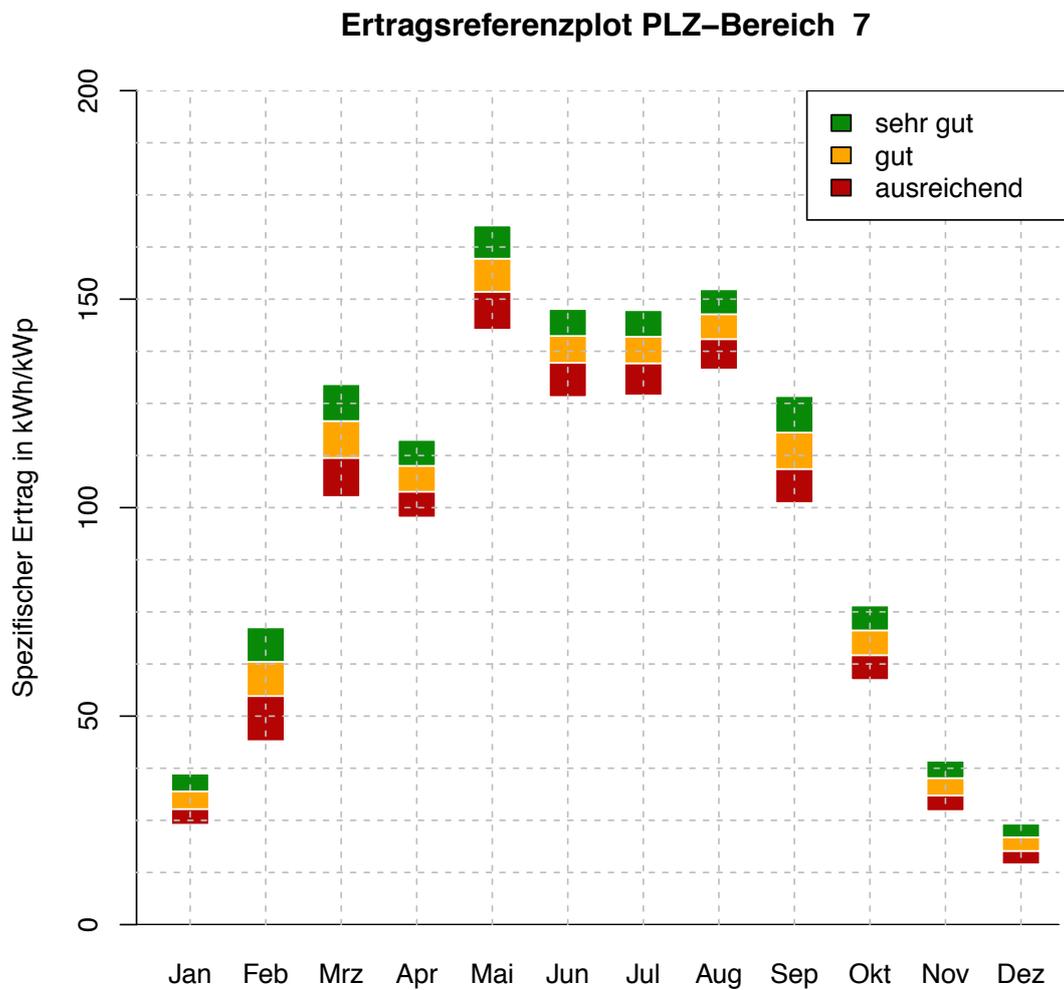
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
65	Sep	82,3	88,7	95,3	101,9
65	Okt	52,1	55,7	63,3	70,9
65	Nov	23,6	25,1	28,2	31,3
65	Dez	17,1	19,7	26,7	33,7
65	2013	892,2	952,4	1022,0	1091,6
66	Jan	10,5	14,2	17,7	21,2
66	Feb	29,4	34,7	39,9	45,1
66	Mär	75,1	80,1	86,7	93,3
66	Apr	101,2	103,6	107,5	111,4
66	Mai	102,9	108,2	112,8	117,4
66	Jun	140,3	146,7	151,0	155,3
66	Jul	160,1	166,7	170,3	173,9
66	Aug	128,8	134,3	138,7	143,1
66	Sep	90,3	95,2	99,7	104,2
66	Okt	56,7	61,0	66,9	72,8
66	Nov	26,2	28,7	32,5	36,3
66	Dez	19,2	23,0	30,0	37,0
66	2013	940,8	996,2	1053,6	1111
67	Jan	11,7	14,5	18,2	21,9
67	Feb	30,6	36,0	41,3	46,6
67	Mär	75,1	80,7	87,6	94,5
67	Apr	100,9	103,2	106,3	109,4
67	Mai	102,2	108,0	112,4	116,8
67	Jun	136,6	144,0	150,2	156,4
67	Jul	159,8	166,7	170,3	173,9
67	Aug	127,7	133,3	137,7	142,1
67	Sep	89,8	95,8	99,4	103
67	Okt	57,2	61,5	67,4	73,3
67	Nov	25,8	28,8	32,5	36,2
67	Dez	19,3	24,0	29,8	35,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

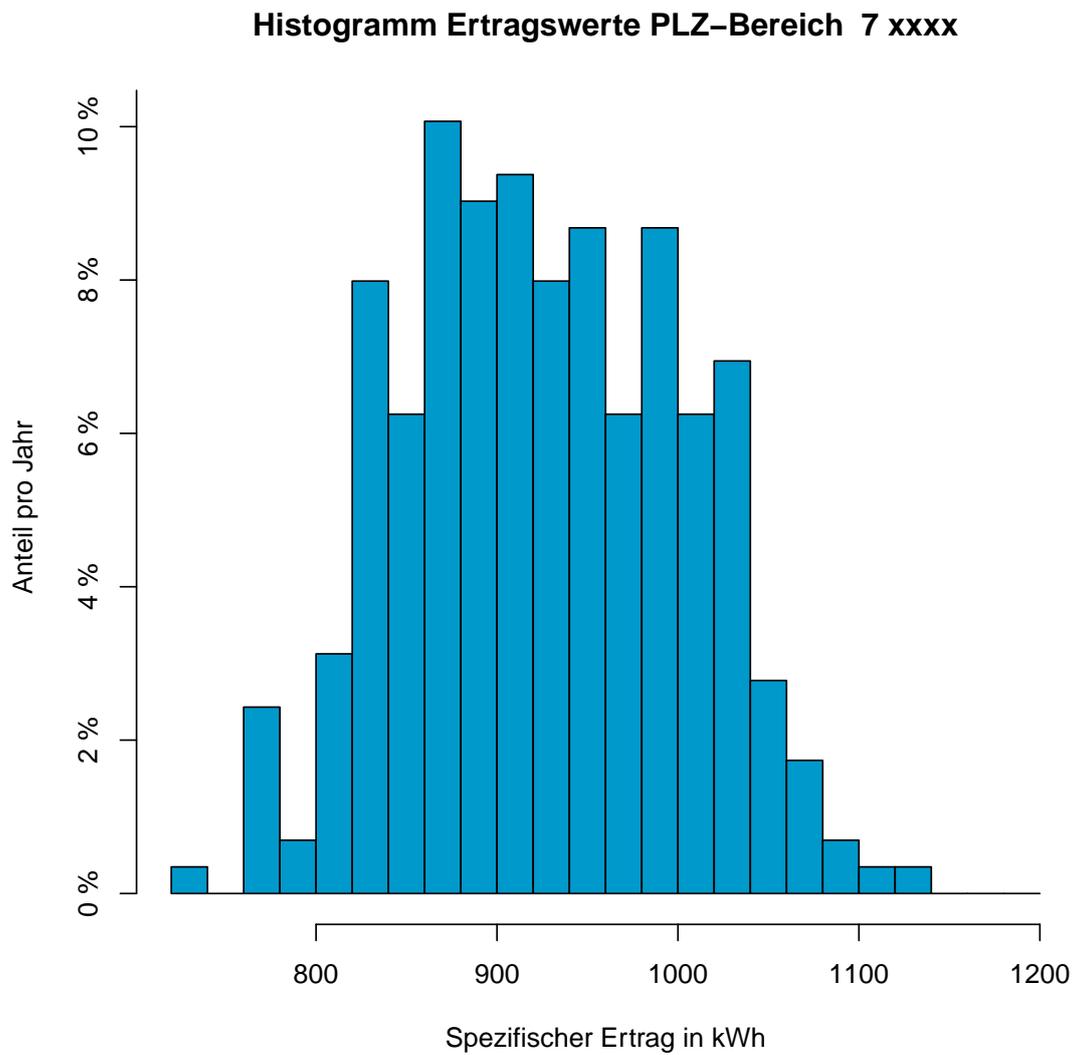
**Tabelle A.7.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 6xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
67	2013	936,7	996,5	1053,0	1109,5
68	Jan	12,7	15,4	19,5	23,6
68	Feb	33,6	38,3	42,6	46,9
68	Mär	77,7	81,8	88,3	94,8
68	Apr	101,4	103,3	105,9	108,5
68	Mai	102,9	108,7	112,8	116,9
68	Jun	138,2	145,0	150,9	156,8
68	Jul	155,5	165,5	169,3	173,1
68	Aug	128,1	133,6	137,8	142
68	Sep	92,7	96,8	99,9	103
68	Okt	59,1	63,6	69,0	74,4
68	Nov	27,4	29,2	33,6	38,0
68	Dez	19,8	25,4	31,8	38,2
68	2013	949,2	1006,4	1061,5	1116,6
69	Jan	12,7	15,4	19,5	23,6
69	Feb	33,6	38,3	42,6	46,9
69	Mär	77,7	81,8	88,3	94,8
69	Apr	101,4	103,3	105,9	108,5
69	Mai	102,9	108,7	112,8	116,9
69	Jun	138,2	145,0	150,9	156,8
69	Jul	155,5	165,5	169,3	173,1
69	Aug	128,1	133,6	137,8	142
69	Sep	92,7	96,8	99,9	103
69	Okt	59,1	63,6	69,0	74,4
69	Nov	27,4	29,2	33,6	38,0
69	Dez	19,8	25,4	31,8	38,2
69	2013	949,2	1006,4	1061,5	1116,6

## A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx



**Abbildung A.31:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.32:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.8:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
70	Jan	12,7	15,1	18,9	22,7
70	Feb	28,5	34,5	39,5	44,5
70	Mär	70,8	75,7	82,0	88,3
70	Apr	86,9	91,2	97,6	104
70	Mai	103,3	107,4	111,0	114,6
70	Jun	134,6	140,3	147,8	155,3
70	Jul	153,9	159,6	166,3	173
70	Aug	128,9	133,1	137,2	141,3
70	Sep	88,2	92,4	97,4	102,4
70	Okt	57,4	63,8	68,3	72,8
70	Nov	23,3	27,1	30,3	33,5
70	Dez	22,4	27,9	36,6	45,3
70	2013	910,9	968,0	1033,2	1098,4
71	Jan	12,7	15,1	18,9	22,7
71	Feb	28,5	34,5	39,5	44,5
71	Mär	70,8	75,7	82,0	88,3
71	Apr	86,9	91,2	97,6	104
71	Mai	103,3	107,4	111,0	114,6
71	Jun	134,6	140,3	147,8	155,3
71	Jul	153,9	159,6	166,3	173
71	Aug	128,9	133,1	137,2	141,3
71	Sep	88,2	92,4	97,4	102,4
71	Okt	57,4	63,8	68,3	72,8
71	Nov	23,3	27,1	30,3	33,5
71	Dez	22,4	27,9	36,6	45,3
71	2013	910,9	968,0	1033,2	1098,4
72	Jan	13,6	16,7	20,7	24,7
72	Feb	27,9	34,5	40,9	47,3
72	Mär	66,0	75,6	82,3	89,0
72	Apr	88,3	93,8	100,5	107,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
72	Mai	104,4	109,4	113,9	118,4
72	Jun	130,0	138,4	146,0	153,6
72	Jul	149,1	159,7	170,2	180,7
72	Aug	130,9	136,2	140,6	145,0
72	Sep	88,2	93,8	98,2	102,6
72	Okt	58,4	65,0	70,6	76,2
72	Nov	24,3	28,5	30,9	33,3
72	Dez	22,2	29,0	35,9	42,8
72	2013	903,4	980,3	1050,7	1121,1
73	Jan	12,7	15,0	17,8	20,6
73	Feb	29,6	35,1	40,6	46,1
73	Mär	73,8	78,8	84,8	90,8
73	Apr	88,0	93,9	99,0	104,1
73	Mai	103,2	107,2	111,6	116
73	Jun	131,2	137,4	144,5	151,6
73	Jul	158,2	163,2	168,6	174,0
73	Aug	129,7	133,6	137,5	141,4
73	Sep	86,5	91,2	96,4	101,6
73	Okt	57,4	63,5	69,1	74,7
73	Nov	23,1	26,9	29,9	32,9
73	Dez	21,4	26,7	35,4	44,1
73	2013	914,8	972,6	1035,1	1097,6
74	Jan	11,8	14,2	17,2	20,2
74	Feb	30,6	35,5	40,0	44,5
74	Mär	74,6	80,0	85,9	91,8
74	Apr	91,5	98,4	103,3	108,2
74	Mai	102,0	107,0	111,1	115,2
74	Jun	133,4	138,8	146,1	153,4
74	Jul	159,6	165,0	169,6	174,2
74	Aug	125,9	131,9	136,2	140,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
74	Sep	87,3	92,0	96,4	100,8
74	Okt	57,4	63,0	68,1	73,2
74	Nov	22,8	26,1	29,3	32,5
74	Dez	18,9	23,6	28,3	33,0
74	2013	915,8	975,5	1031,6	1087,7
75	Jan	12,7	15,5	19,6	23,7
75	Feb	30,0	35,7	40,1	44,5
75	Mär	74,8	79,5	85,1	90,7
75	Apr	88,3	96,3	103,2	110,1
75	Mai	104,3	108,7	112,4	116,1
75	Jun	137,4	144,7	151,0	157,3
75	Jul	149,2	159,8	167,8	175,8
75	Aug	129,0	134,1	138,5	142,9
75	Sep	90,9	95,9	99,6	103,3
75	Okt	57,9	64,7	69,1	73,5
75	Nov	24,3	28,7	31,1	33,5
75	Dez	22,5	27,3	36,4	45,5
75	2013	921,4	990,8	1053,9	1117
76	Jan	11,7	14,6	18,7	22,8
76	Feb	30,8	36,3	41,4	46,5
76	Mär	75,2	80,2	86,3	92,4
76	Apr	99,7	103,0	105,8	108,6
76	Mai	102,0	107,6	112,2	116,8
76	Jun	136,8	144,0	150,6	157,2
76	Jul	146,9	159,8	167,9	176,0
76	Aug	126,0	133,1	137,7	142,3
76	Sep	89,8	95,5	98,9	102,3
76	Okt	57,7	61,3	67,3	73,3
76	Nov	24,7	28,0	31,7	35,4
76	Dez	18,8	23,2	28,3	33,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

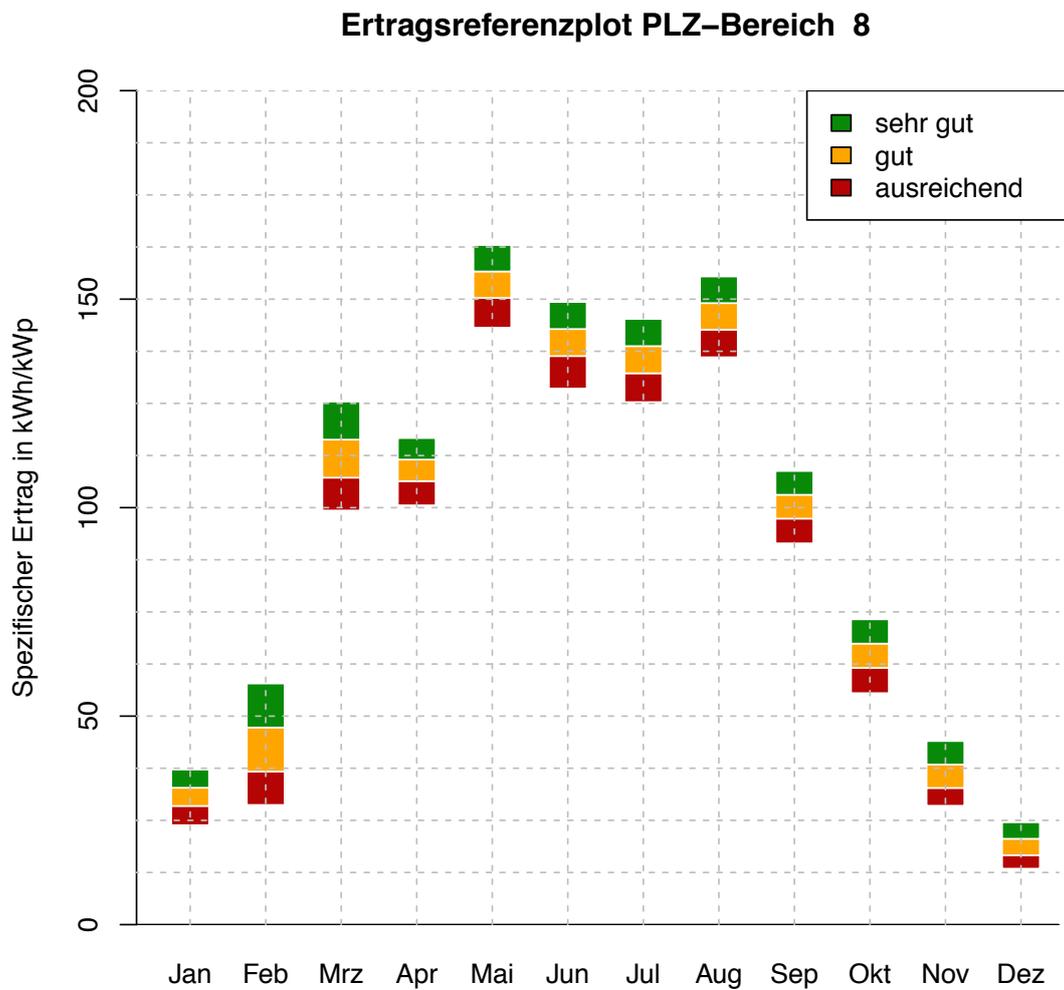
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
76	2013	919,9	986,7	1046,7	1106,7
77	Jan	14,2	18,1	21,5	24,9
77	Feb	28,2	35,3	40,4	45,5
77	Mär	60,9	70,5	78,6	86,7
77	Apr	86,9	93,2	102,0	110,8
77	Mai	102,7	108,0	112,3	116,6
77	Jun	134,9	141,7	150,0	158,3
77	Jul	141,6	153,7	163,8	173,9
77	Aug	124,8	135,2	140,4	145,6
77	Sep	89,8	96,4	100,4	104,4
77	Okt	58,8	64,3	69,6	74,9
77	Nov	24,5	28,8	32,1	35,4
77	Dez	20,4	30,3	38,2	46,1
77	2013	887,7	975,5	1049,2	1122,9
78	Jan	14,5	18,2	21,8	25,4
78	Feb	27,0	34,1	41,3	48,5
78	Mär	58,7	67,2	74,9	82,6
78	Apr	88,0	92,5	96,8	101,1
78	Mai	103,8	108,9	113,7	118,5
78	Jun	129,9	136,9	143,4	149,9
78	Jul	143,6	156,2	166,6	177,0
78	Aug	127,7	137,6	143,6	149,6
78	Sep	87,8	94,2	98,5	102,8
78	Okt	57,6	64,6	69,5	74,4
78	Nov	25,3	28,7	32,1	35,5
78	Dez	23,2	34,5	39,5	44,5
78	2013	887,1	973,7	1041,7	1109,7
79	Jan	14,2	18,2	21,4	24,6
79	Feb	28,1	35,2	41,3	47,4
79	Mär	58,6	65,4	72,1	78,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

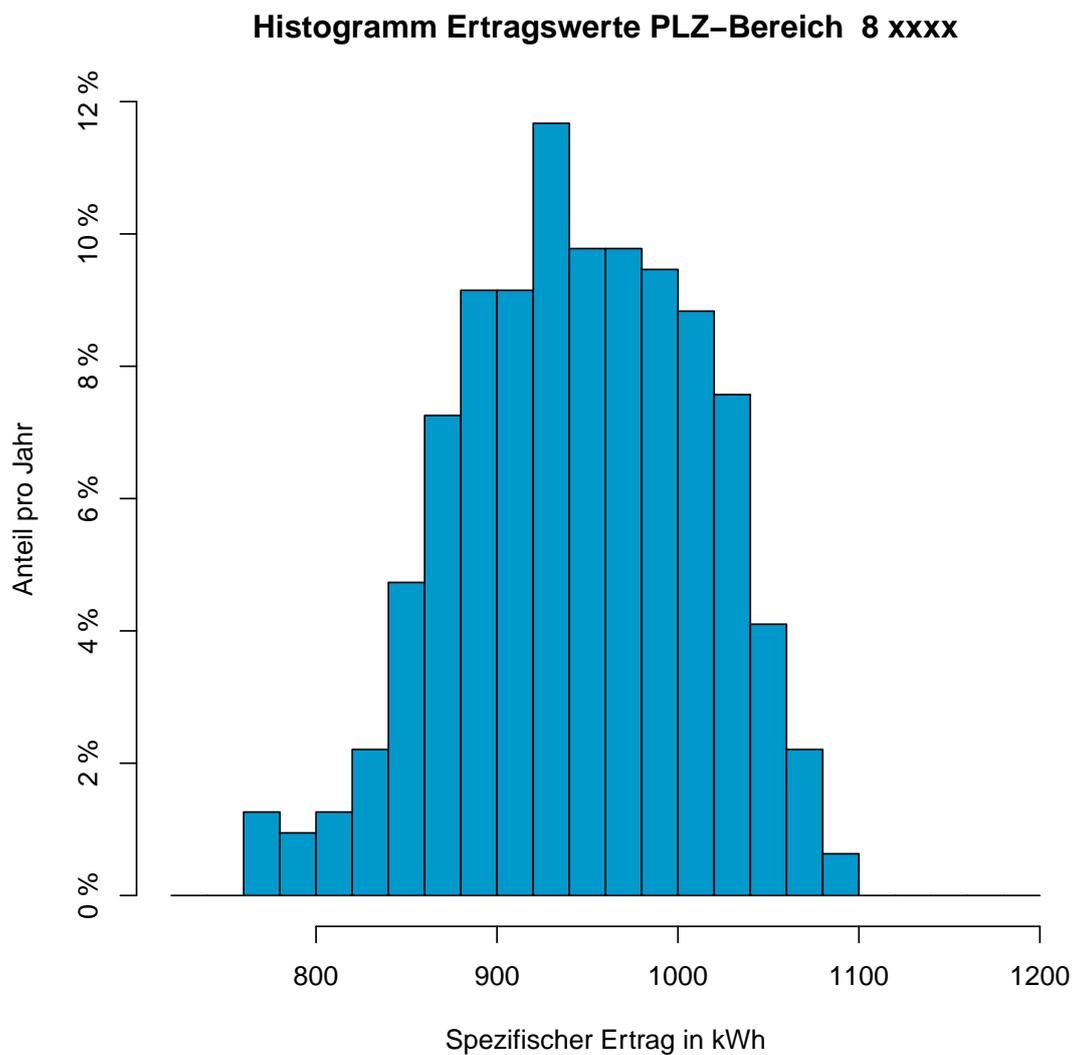
**Tabelle A.8.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 7xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
79	Apr	86,6	92,4	96,3	100,2
79	Mai	98,3	106,3	111,6	116,9
79	Jun	130,2	139,0	147,3	155,6
79	Jul	140,7	152,0	162,9	173,8
79	Aug	122,1	134,1	141,3	148,5
79	Sep	87,8	95,7	99,3	102,9
79	Okt	57,9	61,8	67,6	73,4
79	Nov	23,2	26,9	31,9	36,9
79	Dez	20,3	29,6	37,5	45,4
79	2013	868,0	956,7	1030,4	1104,1

## A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx



**Abbildung A.33:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.34:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2013.

**Tabelle A.9:** Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
80	Jan	14,2	17,0	20,7	24,4
80	Feb	30,2	35,5	41,9	48,3
80	Mär	58,5	70,3	81,3	92,3
80	Apr	87,7	92,7	100,0	107,3
80	Mai	101,1	107,8	111,7	115,6
80	Jun	124,2	130,8	135,7	140,6
80	Jul	167,8	171,7	176,6	181,5
80	Aug	130,8	136,6	143,2	149,8
80	Sep	78,6	84,0	89,1	94,2
80	Okt	58,7	64,5	70,2	75,9
80	Nov	22,6	26,9	30,0	33,1
80	Dez	22,5	35,7	44,8	53,9
80	2013	896,9	973,6	1045,1	1116,6
81	Jan	14,2	17,0	20,7	24,4
81	Feb	30,2	35,5	41,9	48,3
81	Mär	58,5	70,3	81,3	92,3
81	Apr	87,7	92,7	100,0	107,3
81	Mai	101,1	107,8	111,7	115,6
81	Jun	124,2	130,8	135,7	140,6
81	Jul	167,8	171,7	176,6	181,5
81	Aug	130,8	136,6	143,2	149,8
81	Sep	78,6	84,0	89,1	94,2
81	Okt	58,7	64,5	70,2	75,9
81	Nov	22,6	26,9	30,0	33,1
81	Dez	22,5	35,7	44,8	53,9
81	2013	896,9	973,6	1045,1	1116,6
82	Jan	14,4	17,9	21,7	25,5
82	Feb	30,0	35,9	43,3	50,7
82	Mär	58,6	70,4	79,1	87,8
82	Apr	85,3	90,6	96,2	101,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
82	Mai	103,8	109,0	113,0	117,0
82	Jun	123,9	130,2	136,1	142,0
82	Jul	159,3	169,6	175,9	182,2
82	Aug	130,8	137,5	144,6	151,7
82	Sep	82,3	86,9	91,9	96,9
82	Okt	60,0	63,9	69,3	74,7
82	Nov	24,5	28,0	31,4	34,8
82	Dez	27,5	39,9	49,4	58,9
82	2013	900,5	979,9	1051,8	1123,7
83	Jan	13,9	17,0	20,7	24,4
83	Feb	30,3	35,7	43,5	51,3
83	Mär	60,0	72,1	82,0	91,9
83	Apr	88,0	92,7	100,0	107,3
83	Mai	101,6	108,0	111,7	115,4
83	Jun	125,0	131,0	135,7	140,4
83	Jul	167,9	171,7	176,0	180,3
83	Aug	131,6	136,8	143,1	149,4
83	Sep	79,0	84,1	89,1	94,1
83	Okt	59,8	65,0	70,4	75,8
83	Nov	23,0	27,0	30,1	33,2
83	Dez	21,9	35,7	45,7	55,7
83	2013	902,0	977,1	1048,0	1118,9
84	Jan	13,4	16,0	19,0	22,0
84	Feb	29,7	36,4	43,0	49,6
84	Mär	69,7	81,8	89,0	96,2
84	Apr	90,4	98,3	103,1	107,9
84	Mai	105,4	109,3	114,2	119,1
84	Jun	127,8	133,8	139,5	145,2
84	Jul	165,9	170,2	176,1	182,0
84	Aug	130,9	137,2	142,8	148,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
84	Sep	80,5	86,1	91,0	95,9
84	Okt	56,8	65,5	71,2	76,9
84	Nov	23,9	28,6	30,4	32,2
84	Dez	21,2	27,3	36,4	45,5
84	2013	915,5	990,6	1055,7	1120,8
85	Jan	13,0	16,0	19,4	22,8
85	Feb	29,6	35,5	41,0	46,5
85	Mär	68,4	78,4	85,4	92,4
85	Apr	88,6	95,2	100,4	105,6
85	Mai	102,1	107,1	111,4	115,7
85	Jun	125,5	131,6	136,4	141,2
85	Jul	156,9	165,4	170,3	175,2
85	Aug	128,4	135,1	140,6	146,1
85	Sep	82,2	86,1	91,1	96,1
85	Okt	57,5	64,0	70,5	77,0
85	Nov	22,1	26,5	29,9	33,3
85	Dez	21,0	27,6	39,9	52,2
85	2013	895,3	968,4	1036,4	1104,4
86	Jan	13,5	16,4	19,6	22,8
86	Feb	30,4	35,5	42,7	49,9
86	Mär	69,7	77,4	83,7	90,0
86	Apr	87,6	92,8	98,0	103,2
86	Mai	102,6	107,8	111,9	116
86	Jun	127,9	133,7	137,7	141,7
86	Jul	156,9	165,0	173,4	181,8
86	Aug	130,7	135,1	140,5	145,9
86	Sep	83,2	88,2	92,1	96
86	Okt	58,1	62,9	69,2	75,5
86	Nov	23,2	27,2	29,9	32,6
86	Dez	24,7	33,6	44,1	54,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

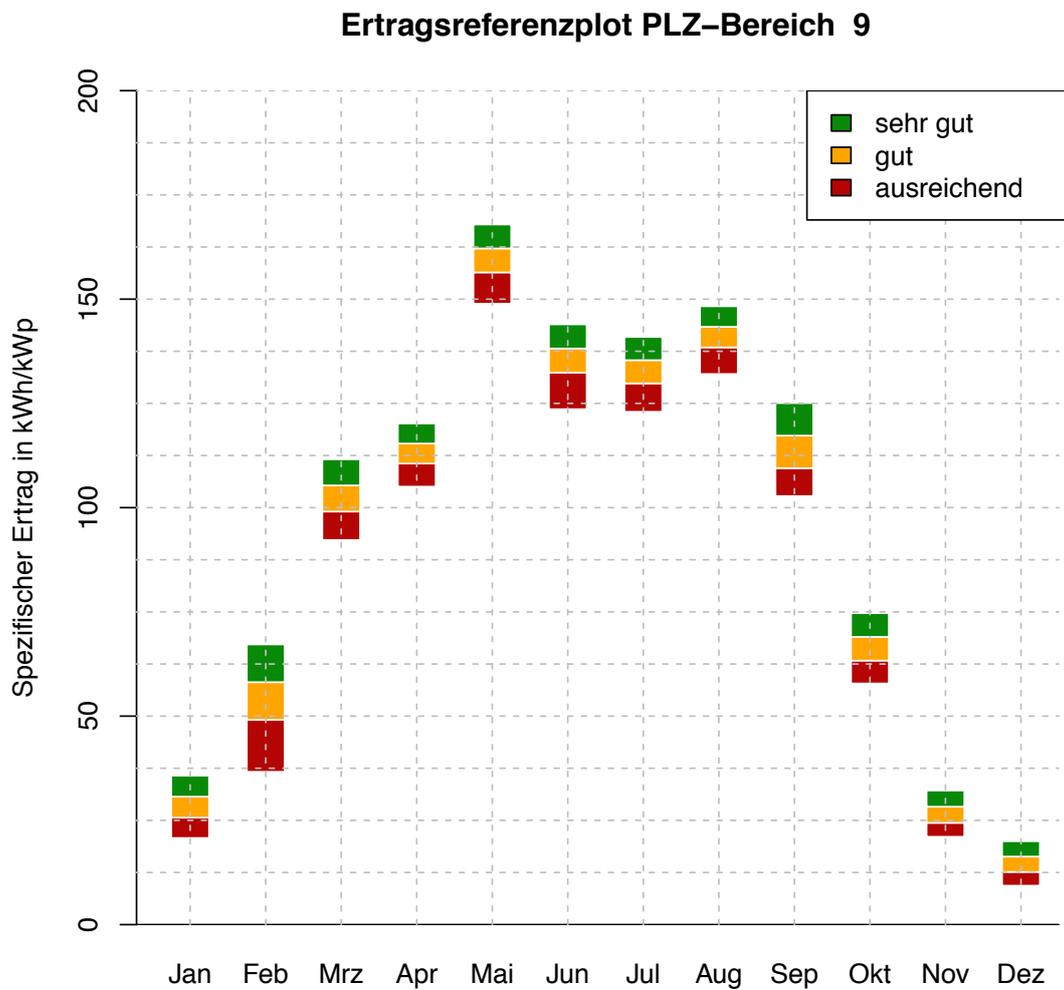
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
86	2013	908,5	975,6	1042,9	1110,2
87	Jan	13,9	17,3	21,0	24,7
87	Feb	29,0	35,5	44,0	52,5
87	Mär	64,0	75,9	82,8	89,7
87	Apr	87,4	92,3	97,0	101,7
87	Mai	105,7	110,8	115,2	119,6
87	Jun	126,8	133,1	138,8	144,5
87	Jul	162,5	169,4	175,3	181,2
87	Aug	131,9	138,4	144,5	150,6
87	Sep	85,6	90,7	95,0	99,3
87	Okt	58,2	64,1	70,3	76,5
87	Nov	25,1	28,3	31,9	35,5
87	Dez	25,9	33,7	40,1	46,5
87	2013	915,9	989,3	1055,9	1122,5
88	Jan	14,0	17,8	21,8	25,8
88	Feb	23,4	32,3	40,5	48,7
88	Mär	60,7	72,0	80,8	89,6
88	Apr	86,0	91,5	96,1	100,7
88	Mai	105,1	110,6	115,4	120,2
88	Jun	126,4	133,6	140,2	146,8
88	Jul	157,6	167,8	174,5	181,2
88	Aug	131,1	138,2	144,1	150,0
88	Sep	86,9	92,2	96,3	100,4
88	Okt	58,2	65,9	71,4	76,9
88	Nov	26,4	28,8	32,6	36,4
88	Dez	23,5	31,3	37,3	43,3
88	2013	899,3	982,1	1050,9	1119,7
89	Jan	13,9	17,5	21,2	24,9
89	Feb	28,0	34,6	43,3	52
89	Mär	65,0	75,2	82,0	88,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

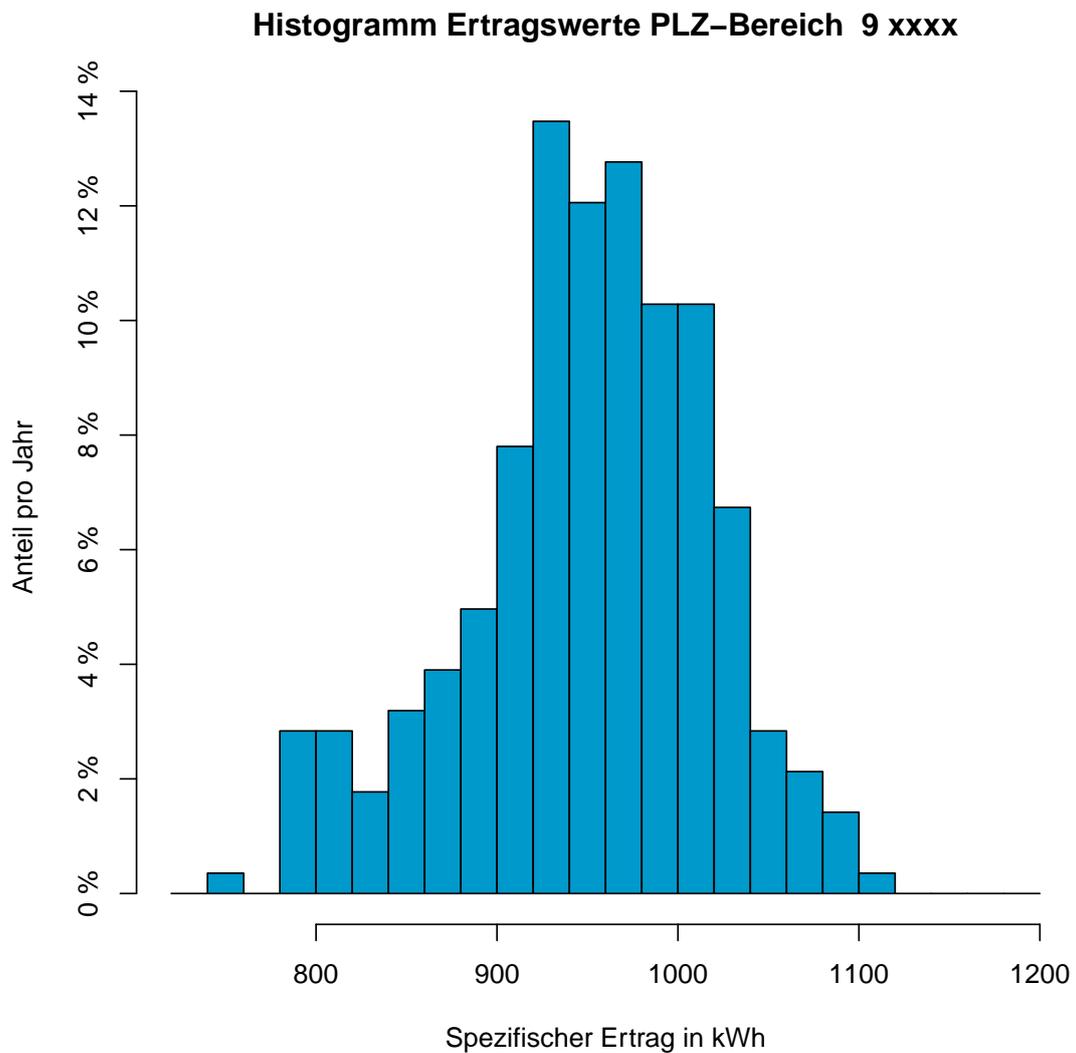
**Tabelle A.9.** Spez. Erträge in kWh/kWp für den PLZ-Bereich 8xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
89	Apr	86,9	91,7	96,1	100,5
89	Mai	104,6	109,8	114,5	119,2
89	Jun	127,5	133,7	138,9	144,1
89	Jul	157,6	166,8	174,5	182,2
89	Aug	131,0	137,2	144,1	151,0
89	Sep	86,0	90,9	95,1	99,3
89	Okt	58,2	63,9	70,6	77,3
89	Nov	25,2	28,3	31,9	35,5
89	Dez	25,9	33,8	40,7	47,6
89	2013	909,7	983,3	1052,9	1122,5

## A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx



**Abbildung A.35:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2013.



**Abbildung A.36:** Histogramm des spezifischen Jahresertrags in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2013.

Tabelle A.10: Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
90	Jan	11,7	14,4	17,3	20,2
90	Feb	28,5	34,2	38,9	43,6
90	Mär	73,2	78,6	84,9	91,2
90	Apr	88,7	95,4	100,5	105,6
90	Mai	100,7	105,8	110,2	114,6
90	Jun	127,4	134,1	139,2	144,3
90	Jul	159,5	164,9	168,7	172,5
90	Aug	126,1	132,8	137,2	141,6
90	Sep	83,7	88,2	92,4	96,6
90	Okt	56,5	62,9	68,3	73,7
90	Nov	21,5	24,4	28,5	32,6
90	Dez	17,9	22,2	27,3	32,4
90	2013	895,5	957,7	1013,5	1069,3
91	Jan	11,7	14,4	17,3	20,2
91	Feb	28,5	34,2	38,9	43,6
91	Mär	73,2	78,6	84,9	91,2
91	Apr	88,7	95,4	100,5	105,6
91	Mai	100,7	105,8	110,2	114,6
91	Jun	127,4	134,1	139,2	144,3
91	Jul	159,5	164,9	168,7	172,5
91	Aug	126,1	132,8	137,2	141,6
91	Sep	83,7	88,2	92,4	96,6
91	Okt	56,5	62,9	68,3	73,7
91	Nov	21,5	24,4	28,5	32,6
91	Dez	17,9	22,2	27,3	32,4
91	2013	895,5	957,7	1013,5	1069,3
92	Jan	11,9	14,2	16,4	18,6
92	Feb	29,8	35,0	38,3	41,6
92	Mär	77,2	82,5	87,6	92,7
92	Apr	93,7	97,5	101,5	105,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
92	Mai	99,8	103,6	108,2	112,8
92	Jun	125,3	130,5	135,6	140,7
92	Jul	161,5	165,4	166,8	168,2
92	Aug	125,2	130,7	135,2	139,7
92	Sep	83,7	85,7	89,7	93,7
92	Okt	56,9	65,9	72,2	78,5
92	Nov	20,8	23,9	27,8	31,7
92	Dez	16,8	21,1	24,0	26,9
92	2013	902,5	956,1	1003,5	1050,9
93	Jan	12,8	15,5	18,0	20,5
93	Feb	28,4	35,0	41,1	47,2
93	Mär	73,3	83,9	89,5	95,1
93	Apr	91,0	98,2	102,8	107,4
93	Mai	102,1	108,2	113,4	118,6
93	Jun	127,3	133,9	139,0	144,1
93	Jul	163,4	169,6	173,6	177,6
93	Aug	128,4	135,3	141,2	147,1
93	Sep	81,4	85,7	91,1	96,5
93	Okt	56,5	66,1	73,1	80,1
93	Nov	23,9	27,8	30,0	32,2
93	Dez	18,1	22,7	27,3	31,9
93	2013	906,6	981,8	1040,1	1098,4
94	Jan	13,4	15,8	18,1	20,4
94	Feb	31,2	37,9	42,8	47,7
94	Mär	80,7	86,8	92,4	98
94	Apr	93,5	101,0	106,2	111,4
94	Mai	106,7	110,6	115,1	119,6
94	Jun	128,8	135,3	141,2	147,1
94	Jul	166,1	170,2	175,5	180,8
94	Aug	130,2	136,2	142,4	148,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
94	Sep	81,6	87,9	91,6	95,3
94	Okt	56,5	67,3	73,0	78,7
94	Nov	26,2	28,8	30,2	31,6
94	Dez	21,0	23,2	31,6	40,0
94	2013	935,8	1000,9	1060,2	1119,5
95	Jan	11,0	13,3	15,6	17,9
95	Feb	28,0	33,0	37,5	42,0
95	Mär	76,1	81,7	87,1	92,5
95	Apr	92,9	97,4	100,9	104,4
95	Mai	97,4	102,1	106,0	109,9
95	Jun	124,6	129,3	134,4	139,5
95	Jul	159,3	162,6	166,6	170,6
95	Aug	123,0	127,9	133,9	139,9
95	Sep	81,4	84,6	88,1	91,6
95	Okt	56,3	61,7	71,2	80,7
95	Nov	20,2	22,1	24,3	26,5
95	Dez	15,8	18,8	22,3	25,8
95	2013	886,1	934,5	988,1	1041,7
96	Jan	11,3	13,5	15,4	17,3
96	Feb	28,7	33,4	37,5	41,6
96	Mär	76,2	81,7	87,3	92,9
96	Apr	95,0	98,8	103,5	108,2
96	Mai	98,2	102,7	107,6	112,5
96	Jun	126,4	131,8	138,1	144,4
96	Jul	160,6	164,0	167,5	171,0
96	Aug	122,9	127,4	133,8	140,2
96	Sep	80,4	85,2	90,4	95,6
96	Okt	56,6	62,0	69,1	76,2
96	Nov	19,4	21,7	24,2	26,7
96	Dez	15,8	18,8	22,8	26,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
96	2013	891,6	941,1	997,2	1053,3
97	Jan	11,5	13,8	15,8	17,8
97	Feb	29,0	34,1	38,3	42,5
97	Mär	76,3	81,8	87,3	92,8
97	Apr	92,3	98,8	103,6	108,4
97	Mai	100,9	105,8	109,9	114
97	Jun	127,9	135,8	142,2	148,6
97	Jul	160,8	165,0	168,8	172,6
97	Aug	125,4	130,3	134,8	139,3
97	Sep	83,5	89,2	93,5	97,8
97	Okt	56,2	61,4	67,3	73,2
97	Nov	20,9	24,0	27,5	31,0
97	Dez	15,9	21,1	24,7	28,3
97	2013	900,8	961,0	1013,8	1066,6
98	Jan	10,5	12,8	14,9	17,0
98	Feb	27,5	32,8	36,6	40,4
98	Mär	74,0	80,6	86,7	92,8
98	Apr	96,6	100,4	105,1	109,8
98	Mai	98,1	102,7	108,8	114,9
98	Jun	127,4	133,1	140,3	147,5
98	Jul	160,8	165,7	170,6	175,5
98	Aug	124,0	128,3	134,4	140,5
98	Sep	79,4	84,5	90,7	96,9
98	Okt	54,3	59,6	62,9	66,2
98	Nov	19,2	21,6	24,6	27,6
98	Dez	15,9	18,5	22,2	25,9
98	2013	887,7	940,7	997,7	1054,7
99	Jan	10,0	11,7	13,6	15,5
99	Feb	29,5	34,4	40,5	46,6
99	Mär	58,8	70,6	81,3	92,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
99	Apr	97,2	103,2	108,7	114,2
99	Mai	101,0	108,4	113,8	119,2
99	Jun	131,1	139,0	143,3	147,6
99	Jul	156,9	165,6	169,4	173,2
99	Aug	124,6	130,4	135,4	140,4
99	Sep	77,8	81,3	84,7	88,1
99	Okt	51,3	57,9	61,8	65,7
99	Nov	20,0	22,8	28,2	33,6
99	Dez	16,4	20,6	23,3	26,0
99	2013	874,8	946,0	1004,0	1062,0