

**Studie**  
**zum Ertrag von Photovoltaikanlagen**  
**2016**  
**in Deutschland**

**Henrik te Heesen**  
**Volker Herbort**  
**Martin Rumpler**



Umwelt-Campus  
Birkenfeld

H O C H  
S C H U L E  
T R I E R

Hochschule Ulm



## Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen 2016 in Deutschland

Herausgegeben von der  
Hochschule Trier  
Umwelt-Campus Birkenfeld  
Campusallee  
55768 Neubrück (Nahe)

### Autoren

Prof. Dr. Henrik te Heesen (Umwelt-Campus Birkenfeld)  
Prof. Dr. Volker Herbort (Hochschule Ulm)  
Prof. Dr. Martin Rumpler (Umwelt-Campus Birkenfeld)

Februar 2017, 95 Seiten, 47 Abbildungen, 10 Tabellen

Bildnachweis Seite 0, Seite 3, Seite 6, Seite 14, Seite 25. ©Henrik te Heesen

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

© 2017 Hochschule Trier

## Vorwort

Zwar hat die Photovoltaikbranche in Deutschland ihre weltweite Führungsposition im Jahr 2015 an China abgegeben, dennoch hat die Photovoltaik mit einem Anteil von 5,9 % am deutschen Strommix einen signifikanten Einfluss auf die elektrische Energieerzeugung. Die Bedeutung der Photovoltaik in Deutschland spiegelt sich auch im kontinuierlichen, wenn auch derzeit niedrigeren Zubauniveau von PV-Anlagen von rund 1,5 GWp pro Jahr.

Durch die Vielzahl an PV-Anlagen, die in Deutschland in den unterschiedlichsten Größenkategorien in den vergangenen Jahren errichtet wurden, ist der Bedarf an verlässlichen Kennzahlen zur Ertragsbewertung gestiegen. Besitzer und Betreiber von Photovoltaikanlagen benötigen Referenzwerte, um die Jahres- und Monatsstromproduktion ihrer Anlagen bewerten zu können, sodass daraus Rückschlüsse auf die Qualität der PV-Anlage gezogen werden können. Nur Anlagen, die während der Planungs- und Bauphase qualitativ hochwertig errichtet und seit Inbetriebnahme kontinuierlich in Bezug auf Service und Wartung betreut werden, können ihr technisches Potenzial voll ausschöpfen. Für Investoren und Betreiber von Photovoltaikanlagen steht in der langjährigen Betriebsphase daher 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 2016 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>i</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>vi</b>
<b>Glossar</b>	<b>vii</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>2 Executive Summary</b>	<b>2</b>
<b>3 Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>4 Vorgehen</b>	<b>7</b>
4.1 Fernüberwachungskonzept . . . . .	7
4.2 Kennzahlen zur Beurteilung von PV-Anlagen . . . . .	7
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>15</b>
5.1 Spezifischer Jahresertrag 2016 . . . . .	16
5.2 Spezifische Erträge pro Monat . . . . .	18
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>26</b>
<b>A Anhang</b>	<b>27</b>
A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen . . . . .	27
A.2 Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland . . . . .	29
A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2016 . . . . .	30
A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2016 . . . . .	31
A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx . . . . .	37
A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx . . . . .	41
A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx . . . . .	46
A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx . . . . .	51
A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx . . . . .	55
A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx . . . . .	61
A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx . . . . .	66

---

A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx . . . . .	71
A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx . . . . .	76
A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx . . . . .	81

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Spez. Ertrag von PV-Anlagen in Deutschland . . . . .	1
2.1	Spec. yield of PV systems in Germany . . . . .	2
3.1	Installierte Nennleistung von PV-Anlagen . . . . .	4
4.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland . . . . .	9
4.2	Ausschluss von Extremwerten . . . . .	10
4.3	Darstellung des Filterverfahrens . . . . .	11
4.4	Sicherheitswahrscheinlichkeit . . . . .	12
5.1	Korrekturfaktor für Ausrichtung und Neigung . . . . .	15
5.2	Spez. Ertrag 2016 für PV-Anlagen . . . . .	16
5.3	Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge für die Jahre 2012 bis 2016 . . . . .	17
5.4	Mittlere spezifische Tageserträge 2016 in Deutschland . . . . .	18
5.5	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Januar . . . . .	19
5.6	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Februar . . . . .	19
5.7	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im März . . . . .	20
5.8	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im April . . . . .	20
5.9	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Mai . . . . .	21
5.10	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juni . . . . .	21
5.11	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juli . . . . .	22
5.12	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im August . . . . .	22
5.13	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im September . . . . .	23
5.14	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Oktober . . . . .	23
5.15	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im November . . . . .	24
5.16	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Dezember . . . . .	24
A.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland . . . . .	29
A.2	Spez. Ertrag 2016 für PV-Anlagen . . . . .	30
A.3	Spez. Ertrag im Januar 2016 . . . . .	31
A.4	Spez. Ertrag im Februar 2016 . . . . .	31
A.5	Spez. Ertrag im März 2016 . . . . .	32
A.6	Spez. Ertrag im April 2016 . . . . .	32
A.7	Spez. Ertrag im Mai 2016 . . . . .	33
A.8	Spez. Ertrag im Juni 2016 . . . . .	33
A.9	Spez. Ertrag im Juli 2016 . . . . .	34

---

A.10 Spez. Ertrag im August 2016 . . . . .	34
A.11 Spez. Ertrag im September 2016 . . . . .	35
A.12 Spez. Ertrag im Oktober 2016 . . . . .	35
A.13 Spez. Ertrag im November 2016 . . . . .	36
A.14 Spez. Ertrag im Dezember 2016 . . . . .	36
A.15 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 0xxxx . . . . .	37
A.16 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 1xxxx . . . . .	41
A.17 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 2xxxx . . . . .	46
A.18 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 3xxxx . . . . .	51
A.19 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 4xxxx . . . . .	56
A.20 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 5xxxx . . . . .	61
A.21 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 6xxxx . . . . .	66
A.22 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 7xxxx . . . . .	71
A.23 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 8xxxx . . . . .	76
A.24 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 9xxxx . . . . .	81

## Tabellenverzeichnis

A.1	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx.	37
A.2	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx.	41
A.3	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx.	46
A.4	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx.	51
A.5	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx.	57
A.6	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx.	61
A.7	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx.	66
A.8	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx.	71
A.9	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx.	76
A.10	Spezifische Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx.	81

## 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



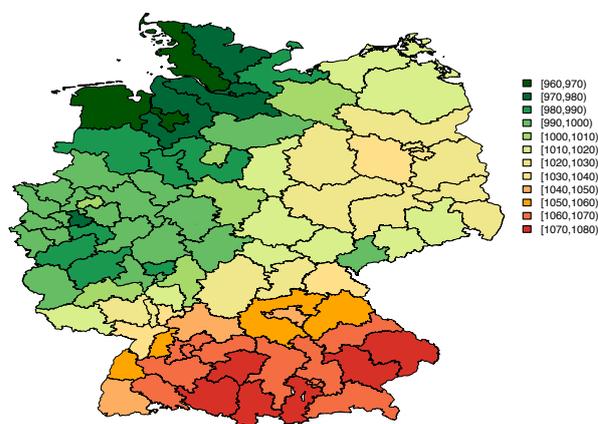
# 1 Zusammenfassung

In dieser Studie analysieren wir die Ertragsdaten der Photovoltaikanlagen in Deutschland für 2016. Hierzu verwenden wir Tagesertragsdaten inklusive der Konfiguration der PV-Anlagen und aggregieren diese Daten auf monatliche Werte. Die Daten werden durch einen zweistufigen Algorithmus bereinigt, um nur PV-Anlagen ohne Fehlfunktion zu betrachten.

Durchschnittliches PV-Ertragsjahr 2016 2016 war in weiten Teilen Deutschlands ein durchschnittliches Ertragsjahr für Photovoltaikanlagen, verglichen mit dem Referenzzeitraum 2012 bis 2015. Im Verlauf des Jahres lagen die Erträge im Mai und insbesondere im September über den langjährigen Ertragsmittelwerten; im Gegenzug waren der Februar, der März und der Oktober ertragsärmer als der Durchschnitt.

Spez. Ertrag zwischen 960 und 1.080 kWh/kWp In Bayern und Baden-Württemberg konnten die höchsten spezifischen Erträge von über 1.040 kWh/kWp beobachtet werden. PV-Anlagen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt wiesen Erträge von 1.020 bis 1.040 kWh/kWp auf, während die PV-Anlagen im Westen und Norden Deutschlands spezifische Erträge zwischen 960 kWh/kWp an der Nordsee und 1.010 kWh/kWp im Taunus und Westerwald erwirtschafteten.

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 2016. Siehe auch Abb. 5.2.

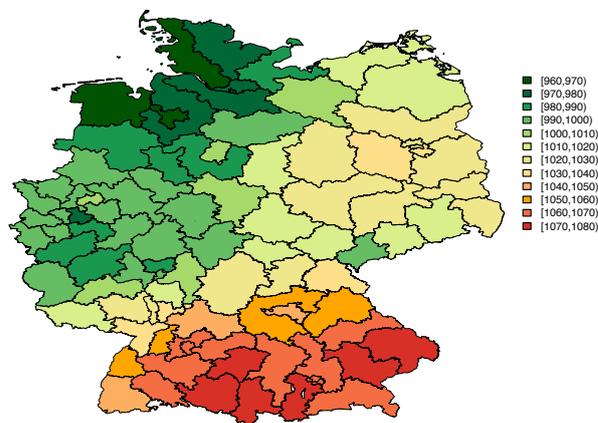
## 2 Executive Summary

We provide an analysis of public yield data of photovoltaic systems in Germany for 2016. We have used daily yield data including the configuration of the PV system and aggregated these data to monthly values. The data have 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.

**Average PV year 2016** 2016 was an average year for photovoltaic systems in Germany compared to the reference period from 2012 to 2015. The yield in May and especially in September was above the long-term average. On the other hand, yield values in February, March, and October were smaller than in average.

**Spec. yield between 960 and 1,080 kWh/kWp** The highest specific yield of more than 1,040 kWh/kWp was observed in Bavaria and Baden-Wurttemberg. PV systems in Brandenburg and Saxony-Anhalt showed yields of 1,020 to 1,040 kWh/kWp. PV plants in the western and northern part of Germany generated specific yields between 960 kWh/kWp at the North Sea coast and 1,010 kWh/kWp in the Taunus and Westerwald.

The analysis in this study is based on statistical methods and algorithms. Therefore, the results are objectively verifiable and have no subjective influence. The significance analysis shows that the statistical results will reflect the real income of the solar systems very well if a sufficiently large number of PV systems is evaluated.



**Figure 2.1:** Specific yield in kWh/kWp in titled module plain (Southern orientation, 30° inclination angle) for PV systems in Germany 2016. See also Fig. 5.2.

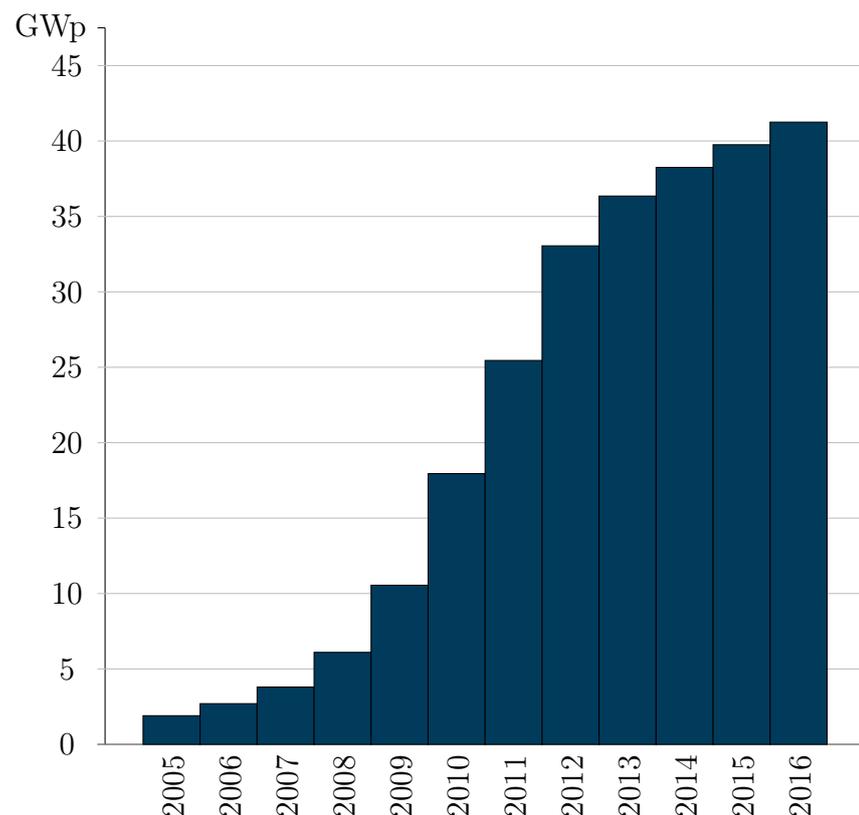


## 3 Einleitung

41,3 GWp installierte Leistung in Deutschland

In den letzten Jahren hat sich der Ausbau des Photovoltaikmarktes in Deutschland, entgegen der internationalen Entwicklung, stark verlangsamt. Der jährliche Zubau an Photovoltaik (PV)-Anlagen ist in 2015 und 2016 jeweils auf rund 1,5 GWp zurückgegangen und entspricht damit lediglich der unteren Grenze des von der Bundesregierung anvisierten Zubaukorridors. Zum Jahresende 2016 waren in Deutschland mehr als 1,5 Millionen PV-Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 41,3 GWp installiert (siehe Abb. 3.1). Dies ist vor dem Hintergrund der laufenden politischen Diskussion zur Energiewende sowie den fortwährenden Anpassungen des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) eine Entwicklung, die den klimapolitischen Zielen der Bundesregierung nicht gerecht werden kann.

**Abbildung 3.1:** Kumulierte installierte Nennleistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland im Zeitraum 2005 bis 2016. Datenquelle: Bundesnetzagentur.



Ertragssimulationen nur für Großkraftwerke sinnvoll

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 Be-

rücksichtigung der spezifischen Anlagenkonfiguration entspricht, jedoch die Einstrahlungs- und Temperaturverhältnisse des abgelaufenen Kalenderjahres anstatt langjähriger Strahlungsmittelwerte einbezieht. Für kleinere und mittelgroße PV-Anlagen ist dieser Aufwand in der Regel nicht wirtschaftlich, sodass für die Ertragsbewertung lediglich Vergleichsdaten von Solaranlagen in der Region herangezogen werden. Im Internet gibt es verschiedene Ertragsvergleichsportale, bei denen Betreiber ihre Ertragsdaten händisch eintragen und pflegen können; eine Qualitätskontrolle solcher Daten erfolgt allerdings in der Regel nicht.

Ertragsvergleiche  
zur Beurteilung  
von PV-Anlagen

Aus diesem Grund wurde diese Ertragsstudie in diesem Jahr weitergeführt [te Heesen et al., 2013, 2014], 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 finden.

Im folgenden Kapitel werden das prinzipielle Vorgehen und die angewendeten Algorithmen beschrieben. Dabei wird großer Wert auf statistische 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 im Fernüberwachungssystem verantwortlich. Jedoch sind die Messdaten häufig unzureichend gepflegt, sodass ein großer Aufwand betrieben werden muss, um Fehlkonfigurationen, Mess- und Datenfehler sowie Betriebsstörungen statistisch auszuschließen, damit das Ergebnis der Ertragsbewertung nur gut gepflegte Solaranlagen widerspiegelt.

### 4.1 Fernüberwachungskonzept

Anonymisierte  
Rohertragsdaten  
aus öffentlich zu-  
gänglichen Quellen

Ausgangspunkt der Analyse sind Messdaten von PV-Anlagen, die über ein internetbasiertes Fernüberwachungssystem verfügen und deren Daten öffentlich verfügbar sind. Die Rohdaten werden zunächst anonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf die einzelne Anlage bzw. den Betreiber möglich sind. Anschließend erfolgt die Datenverarbeitung und -bereinigung. Zentrale Komponente zur Datenaufzeichnung ist ein Datenlogger, der die Messdaten der einzelnen Komponenten aufzeichnet, speichert und über das Internet an einen zentralen Server übermittelt. 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 typischerweise in 5 oder 15-Minuten-Intervallen für jede PV-Anlage vor. Für die Auswertung werden Tagesertragsdaten verwendet und auf Monatswerte aggregiert.

### 4.2 Kennzahlen zur Beurteilung von PV-Anlagen

Spezifischer Ertrag  
als zentrale Kennzahl

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 weitest-

gehend 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

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

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.

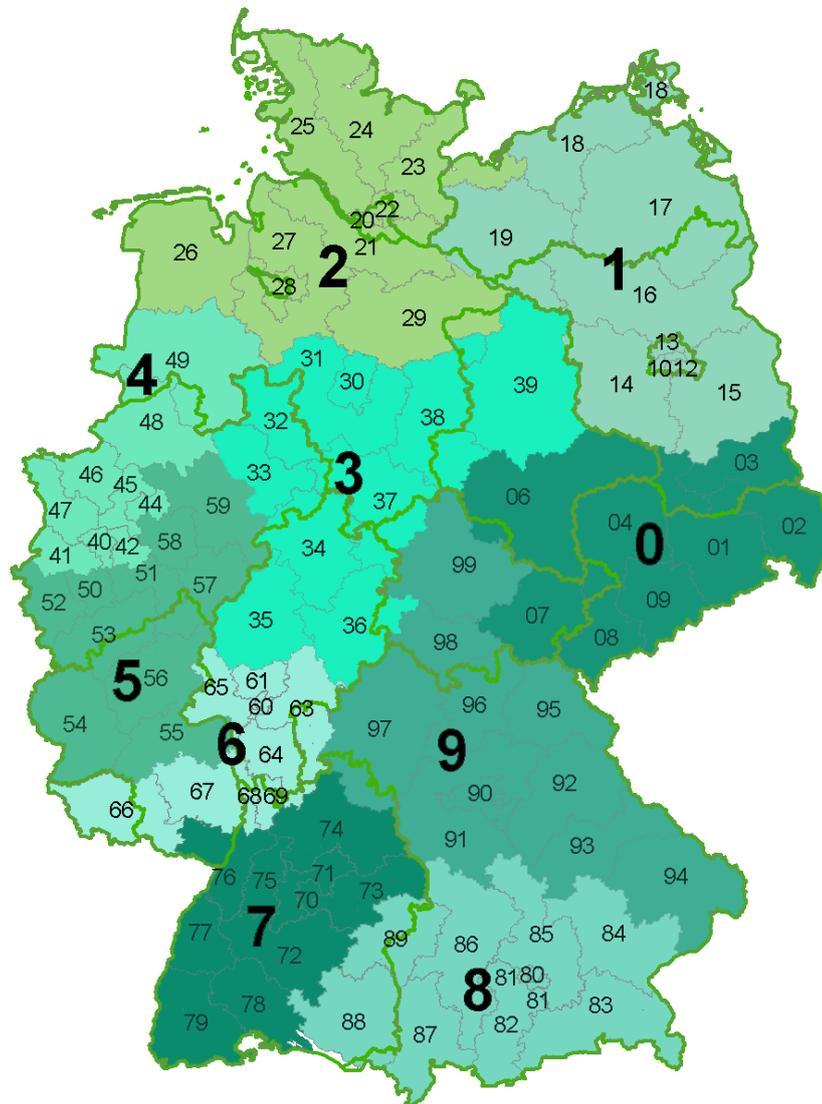
#### 4.2.3 Räumliche Eingrenzung

Regionale Klassifizierung der Anlagen

Die Studie soll die Leistungsfähigkeit von PV-Anlagen in Deutschland untersuchen. Deutschland hat allerdings unterschiedliche klimatische Zonen in Bezug auf Einstrahlung und Temperatur. Da die verwendeten Qualitätskriterien meteorologische Besonderheiten wie z. B. unterschiedliche Umgebungstemperaturen nicht berücksichtigen, wurde die Auswertungen nach zweistelligen Postleitzahlbereichen durchgeführt (siehe Abbildung 4.1).

Die zweistelligen Postleitzahl (PLZ)-Gebiete erstrecken sich meist über Regionen mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Die Lage einer Anla-

**Abbildung 4.1:** Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn, Creative-Commons-Lizenz CC0 1.0).



ge 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.

Clusterung von  
PLZ-Gebieten

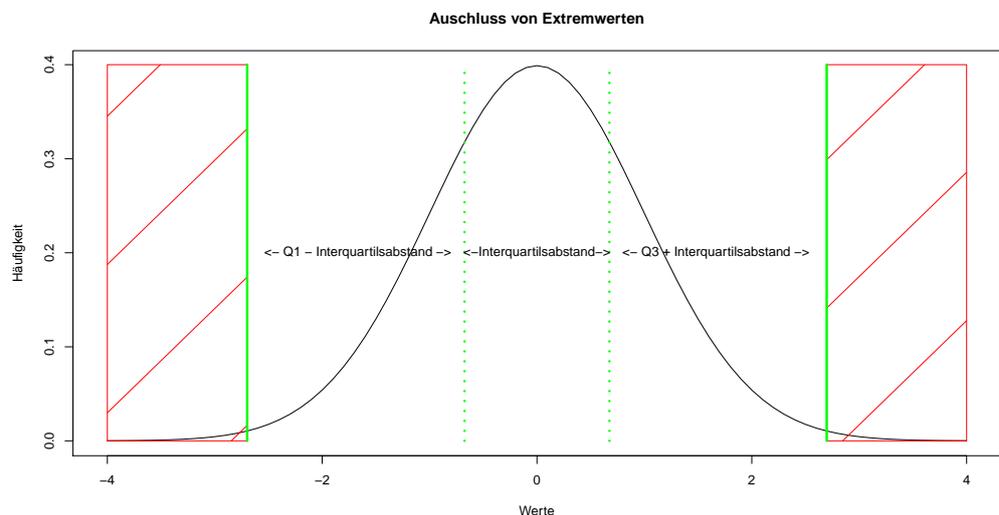
Um die Anzahl der auswertbaren Anlagen zu vergrößern, werden für die regionale Analyse von Ertrag und Einstrahlung sämtliche PV-Anlagen betrachtet, deren Standort sich innerhalb eines zweistelligen PLZ-Gebiets und den direkt angrenzenden PLZ-Gebieten befindet (z. B. PLZ-Region 46xxx mit den benachbarten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

cluster die Untersuchung für einzelne PLZ-Bereiche nicht unverhältnismäßig beeinflussen können (siehe Abschnitt 4.2.4 für die Erläuterung der Datenqualitätsprüfung und -bereinigung).

#### 4.2.4 Datenqualität

Bei der explorativen Datenanalyse\* zeigt sich, dass es teilweise Anlagen gibt, 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 aufzeichneten.

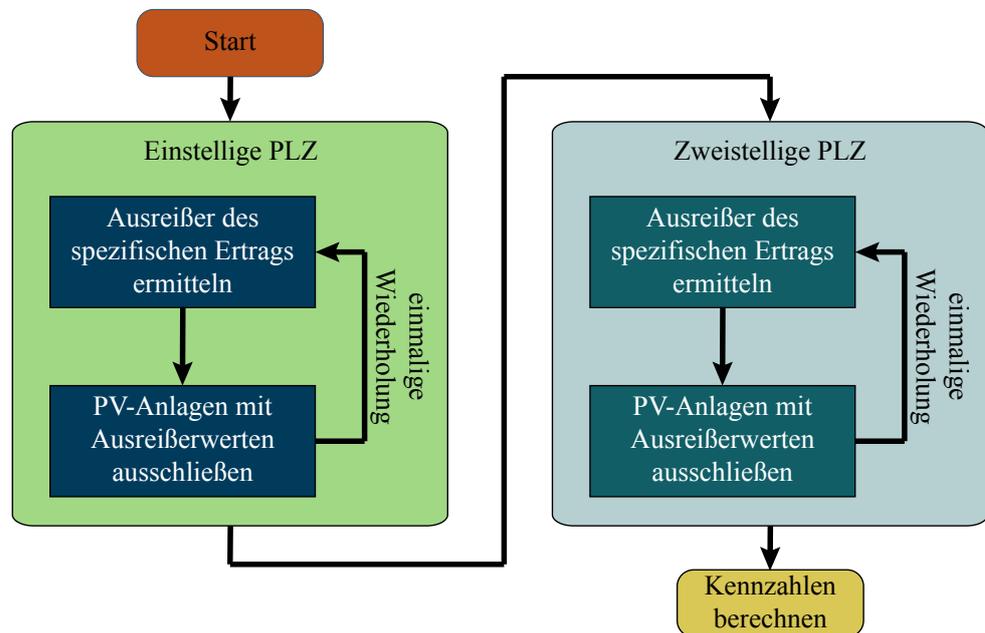
**Abbildung 4.2:** Ausschluss von Extremwerten unter Verwendung des Interquartilsabstands nach Tukey (1977).



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

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

**Abbildung 4.3:** Ablauf des zweistufigen Filterverfahrens [te Heesen und Herbort, 2016].



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 Differenz beider Werte.

Zweistufiger Algorithmus zur Datenbereinigung

Nachdem die Anlagen entfernt wurden, die keine Werte liefern, durchlaufen die übrigen Anlagen ein zweistufiges Verfahren, wie in Abbildung 4.3 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 4.2).

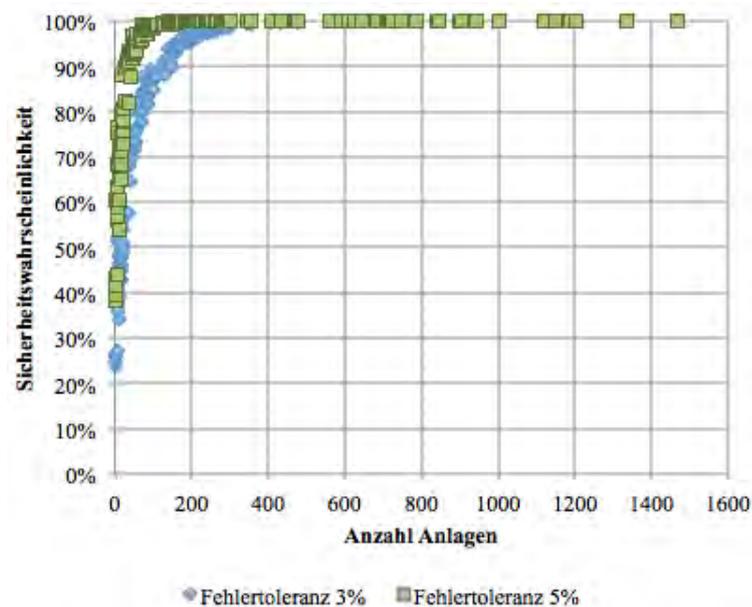
Die Ertragsdaten aller Anlagen, die sich in einem einstelligen Postleitzahlbereich befinden, werden für jeden Monat des Jahres bewertet. Anlagen, deren Erträge außerhalb der Ausreißergrenzen (d. h. deren Werte kleiner als die untere Grenze des Wertebereichs bzw. größer als die obere Grenze des Wertebereichs sind) liegen, werden im weiteren Verlauf des Algorithmus nicht mehr berücksichtigt. Nachdem der Algorithmus für die einstelligen PLZ-Bereiche nach zweimaligem Durchlauf der Datenbereinigung abge-

geschlossen ist, wird die Datenbereinigung zweifach für sämtliche zweistellige Postleitzahlbereiche durchlaufen. Grund für die zweifache Anwendung der Datenbereinigung auf die Ertragsdaten ist, dass der einmalige Durchlauf des Verfahrens zu linksschiefen Normalverteilungen führt. Die Filterung der Messdaten zunächst auf einstelliger und anschließend auf zweistelliger PLZ-Ebene vergrößert die Anzahl auswertbarer Messdaten.

#### 4.2.5 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 wider.

**Abbildung 4.4:** 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

$$z^2 = \frac{n \cdot \varepsilon^2}{\sigma \cdot (1 - \sigma)} \quad (4.2)$$

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.

Große Sicherheits-  
wahrscheinlichkeit  
durch zweistufigen  
Algorithmus

Eine graphische Darstellung der Sicherheitswahrscheinlichkeit  $D(z)$  in Abhängigkeit der Anzahl ausgewerteter Anlagen pro Region ist in Abbildung 4.4 zu erkennen. 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 Sicherheitswahrscheinlichkeit 97,5% mit einem tolerierten Fehler von 5% (grüne Quadrate).

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

Details zum Algorithmus und der Datenbereinigung sind bei te Heesen und Herbort [te Heesen und Herbort, 2016] zu finden.



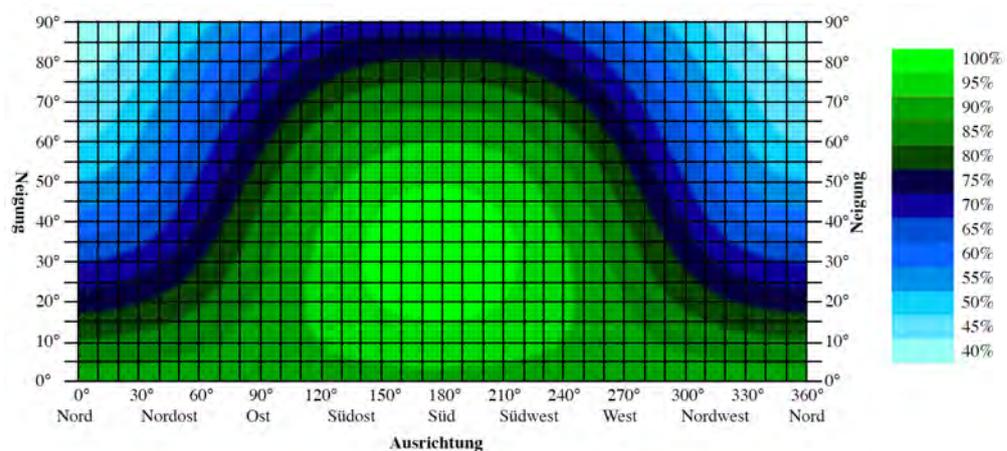
## 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ertragsanalyse dargestellt und diskutiert. Im Anhang A ab Seite 27 sind die Ergebnisse der einzelnen Postleitzahlregionen im Detail (Ertragsobergrenzen und -untergrenzen sowie Quartilswerte) aufgeführt.

Korrekturfaktor  
für Ertragsdaten

Sämtliche Ertragsdaten beziehen sich auf PV-Anlagen mit Modulen, die nach Süden ausgerichtet ( $180^\circ$ ) sind 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 Ertragswerte 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 Ertragsdaten 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 diesem Wert ab, reduziert sich der Jahresertrag der PV-Anlage.

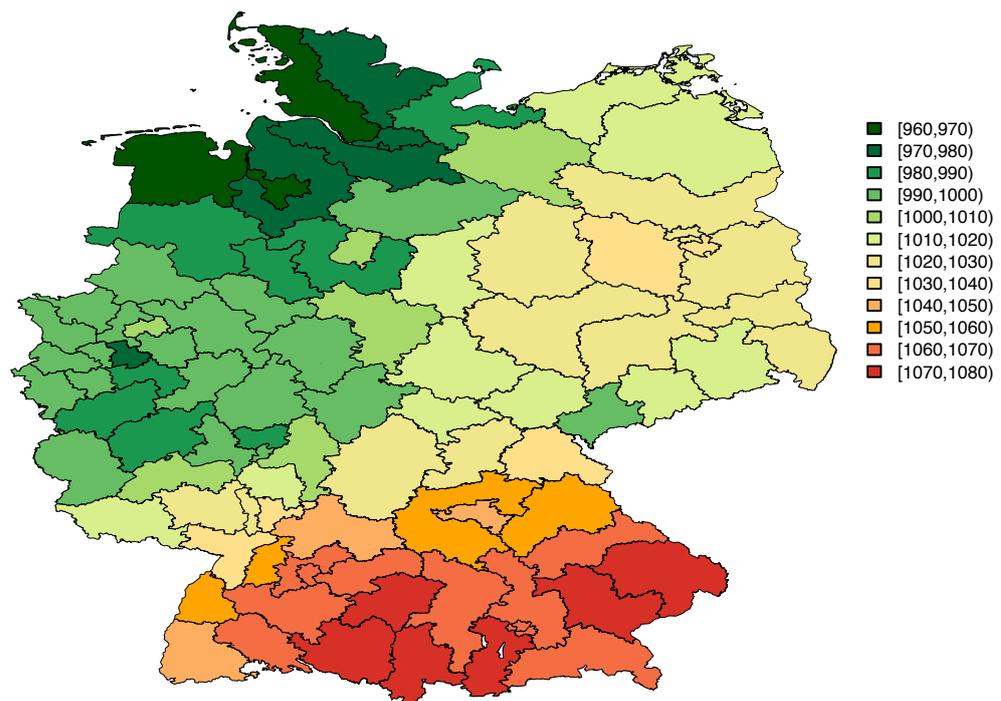


Als Referenzwert für den spezifischen Ertrag wird das 3. Quartil angegeben. Die verwendeten Modul- und Wechselrichtertechnologien sowie die spezifische Anlagenkonfiguration erlauben in den betrachteten Regionen entsprechende Werte für den Ertrag, sodass eine gut errichtete und gepflegte

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 kann die Solaranlage technische Mängel aufweisen, die zu einer ertragsgeminderten Stromproduktion führen können - die PV-Anlage sollte ggf. einer technischen Überprüfung unterzogen werden, um mögliche Mängel identifizieren und ggf. beseitigen zu können.

## 5.1 Spezifischer Jahresertrag 2016

**Abbildung 5.2:** Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2016 (vgl. Abb. A.2).

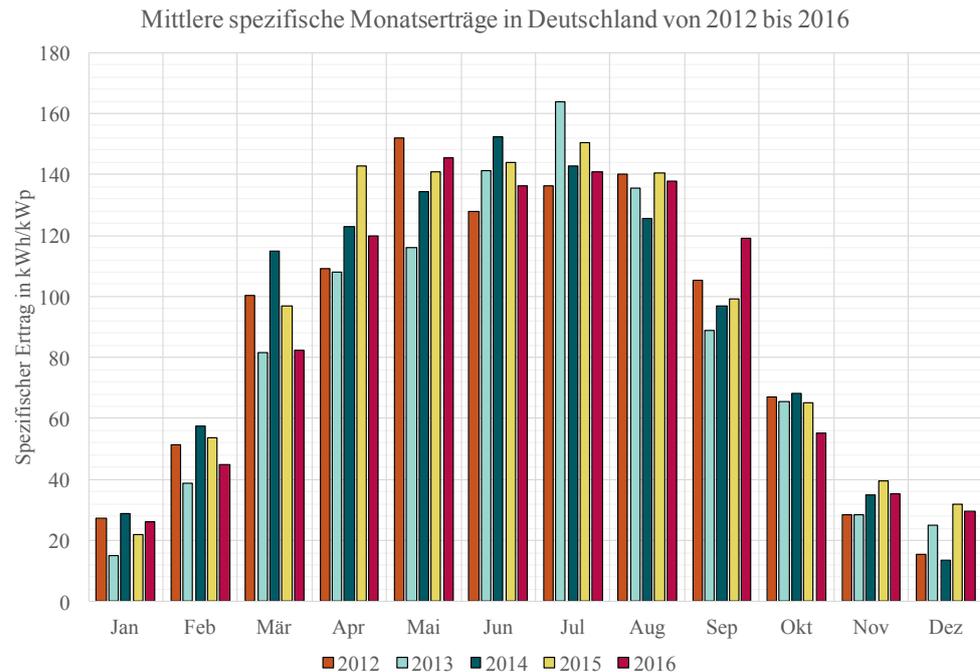


Spez. Ertrag mit  
Südost-Nordwestge-  
fälle

Abbildung 5.2 stellt die Verteilung des spezifischen Ertrags auf zweistelliger PLZ-Ebene dar. Zu erkennen ist, dass in Nordwestdeutschland sowie in Nordrhein-Westfalen in 2016 lediglich spezifische Erträge von 960 bis 1.000 kWh/kWp zu erwarten sind. In Ostdeutschland, d. h. in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie in Thüringen beträgt der spez. Jahresertrag 1.000 bis 1.040 kWh/kWp. Der spezifi-

sche Ertrag von 1.050 kWh/kWp wird südlich der Linie Karlsruhe-Nürnberg überschritten. Die größten Erträge von PV-Anlagen in 2016 mit 1.050 bis 1.080 kWh/kWp sind im Schwarzwald, im Allgäu und Schwaben sowie in Oberbayern zu verzeichnen.

**Abbildung 5.3:** Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge in Deutschland für die Jahre 2012 bis 2016.



Durchschnittliches Ertragsjahr 2016

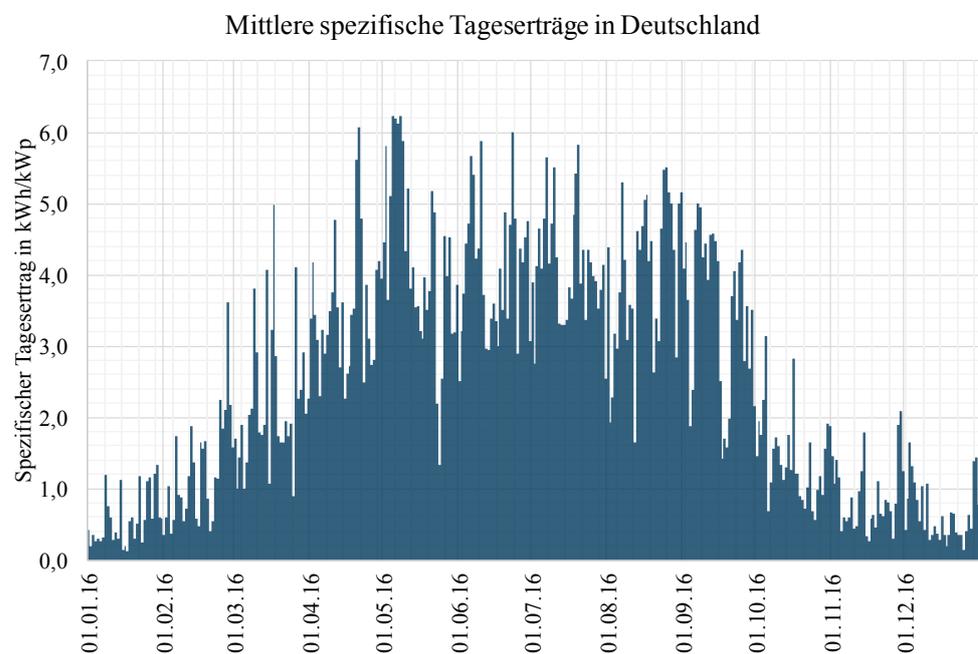
In Abbildung 5.3 ist der Vergleich der mittleren spezifischen Monatserträge von PV-Anlagen in Deutschland für die Kalenderjahre 2012 und 2016 dargestellt. Zu erkennen ist, dass in den Monaten Januar bis April die spezifischen Erträge in 2016 kleiner als die mittleren Erträgen der Vorjahre sind. In den Frühjahrs- und Sommermonaten Mai bis August erreichen die Monatserträge durchschnittliche Werte von rund 140 kWh/kWp. Im September 2016 zeigt sich ein überdurchschnittlich hoher Monatsertrag von fast 120 kWh/kWp, der damit deutlich über den Vorjahren liegt. In den Herbstmonaten Oktober bis Dezember fällt der monatliche spezifische Ertrag in Deutschland auf typische Werte zwischen 55 und schließlich 30 kWh/kWp. In der Gesamtjahresbetrachtung entspricht der mittlere spezifische Ertrag 2016 von 1.074 kWh/kWp dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre.

Tageserträge spiegeln die Monatsverteilung 2016

Die Entwicklung der monatlichen Erträge spiegelt sich auch in der Analyse der spezifischen Tageserträge (siehe Abb. 5.4). Während im Januar, Februar und März 2016 im deutschlandweiten Durchschnitt pro Tag kaum

2 kWh/kWp erreicht werden, sticht der Mai mit Erträgen von mehr als 6 kWh/kWp pro Tag in der Kalenderwoche 18/19 hervor. Neben den typischen Ertragsschwankungen, bedingt durch regionale und überregionale Witterungseinflüsse, in den Sommermonaten sind im September 2016 verhältnismäßig hohe Tageserträge zwischen 4 und 5 kWh/kWp zu beobachten, die in diesem Monat eher selten auftreten. Im Gegenzug brechen die Erträge im Oktober 2016 dann ein, sodass es nur noch wenige Tage mit Erträgen über 2 kWh/kWp gibt.

**Abbildung 5.4:** Mittlere spezifische Tageserträge von PV-Anlagen in Deutschland für 2016.



## 5.2 Spezifische Erträge pro Monat

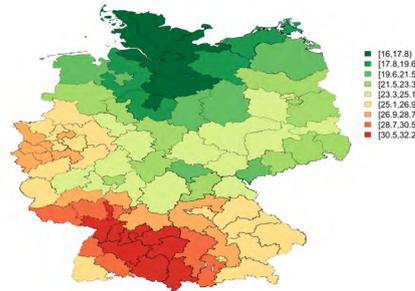
Die folgenden Abbildungen (Abb. 5.5 bis 5.16) stellen die spezifischen Monatserträge für Januar bis Dezember 2016 für Photovoltaikanlagen in Deutschland dar. Eine Vergrößerung der Ertragskarten ist im Anhang A.4 auf den Seiten 31 bis 36 zu finden.

Januarerträge im langjährigen Mittel

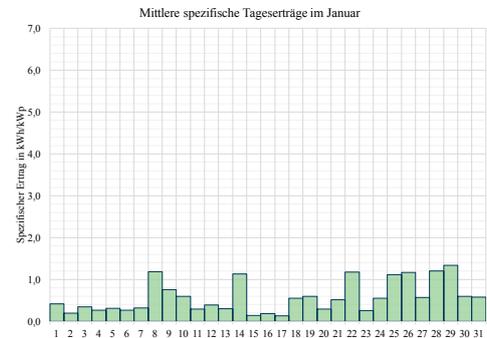
Im Januar zeigt sich beim spezifischen Ertrag, dass die größte Stromproduktion im Südwesten Deutschlands erzielt wurde. Des Weiteren waren die Erträge am Niederrhein verhältnismäßig hoch, während Schleswig-Holstein die geringsten Erträge aufwies. Allerdings gab es nur wenige Tage im Januar 2016, in denen im deutschlandweiten Mittel die spezifischen Tageserträge

**Abbildung 5.5:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Januar 2016.

(a) Januar (Zoom siehe Abb. A.3).

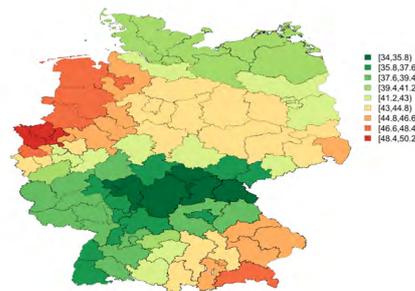


(b) Tageserträge im Januar.

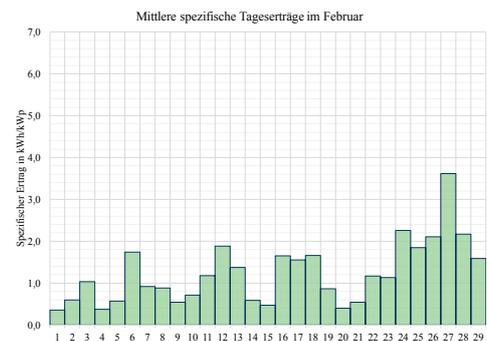


**Abbildung 5.6:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Februar 2016.

(a) Februar (Zoom siehe Abb. A.4).



(b) Tageserträge im Februar.



über 1 kWh/kWp gestiegen sind.

Februar leicht unter dem Monatsmittel

Im Februar waren die größten Erträge im Nordwesten Deutschlands zu finden. Im Gegenzug erreichten PV-Anlagen in der Rhön und im südlichen Thüringen Erträge von lediglich 35 kWh/kWp. Ende des Monats Februar konnten die PV-Anlagen in Deutschland durchschnittlich über 2 kWh/kWp produzieren, zuvor schwankte der spezifische Tagesertrag zwischen 0,4 und 1,8 kWh/kWp.

Ertragsschwacher März

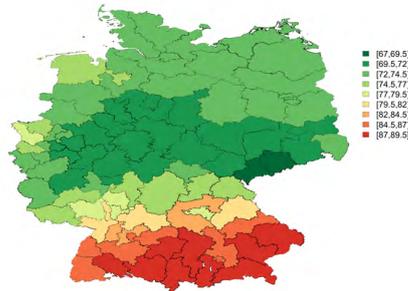
Der März 2016 zeichnete sich durch hohe Erträge in Süddeutschland, insbesondere im Allgäu und dem Chiemgau, mit fast 90 kWh/kWp, aus. In den übrigen Regionen fiel der spezifische Ertrag auf unter 80 kWh/kWp. Vereinzelt gab es im März bereits sehr sonnige Tage mit spez. Tageserträgen von rund 4 kWh/kWp, im Monatsdurchschnitt betrug der Tagesertrag in Deutschland 2,2 kWh/kWp.

Typische Erträge im April

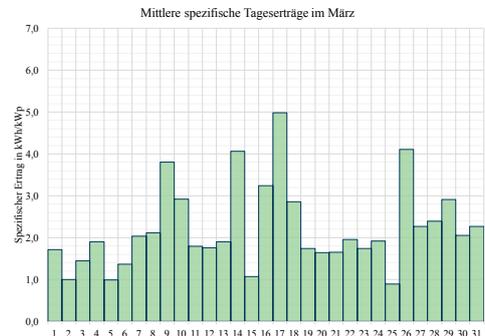
PV-Anlagen in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-An-

**Abbildung 5.7:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für März 2016.

(a) März (Zoom siehe Abb. A.5).

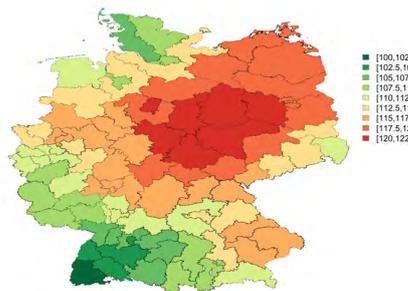


(b) Tageserträge im März.

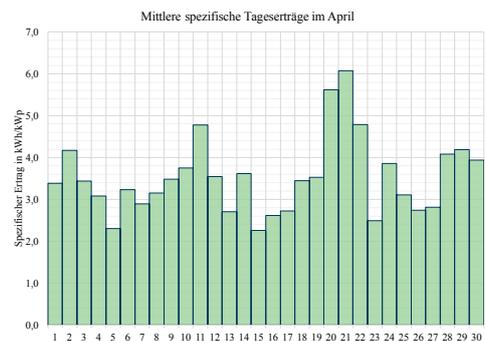


**Abbildung 5.8:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für April 2016.

(a) April (Zoom siehe Abb. A.6).



(b) Tageserträge im April.



halt erreichten im April spezifische Monatserträge von über 115 kWh/kWp, während im Schwarzwald und im Breisgau lediglich Erträge zwischen 100 und 105 kWh/kWp erreicht wurden. Dennoch lagen deutschlandweit die spezifischen Tageserträge fast jeden Tag zwischen 3 und 4 kWh/kWp, vom 20. bis 22.04.2016 sogar bei 5 kWh/kWp und darüber.

Hohe Erträge im  
Mai

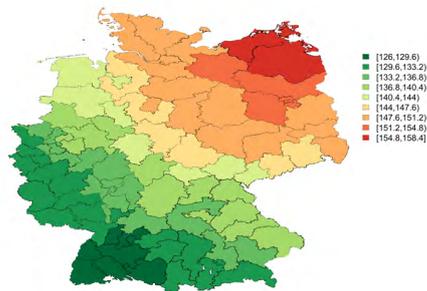
Ein starkes Nordost-Südwest-Gefälle war im Mai 2016 zu beobachten. In Vorpommern und auf Rügen wurden spezifische Monatserträge von über 150 kWh/kWp erreicht, gleichzeitig betrug die spez. Erträge der PV-Anlagen in weiten Teilen Südwestdeutschlands weniger als 130 kWh/kWp. In der ersten Monatshälfte im Mai wurden durchschnittlich spez. Tageserträge von 4 kWh/kWp und mehr erzielt - vom 5. bis 9. Mai 2016 sogar von über 6 kWh/kWp - die zweite Monatshälfte zeigte einen Rückgang der mittleren Tageserträge auf ca. 3,6 kWh/kWp.

Juni leicht unter  
dem Durchschnitt

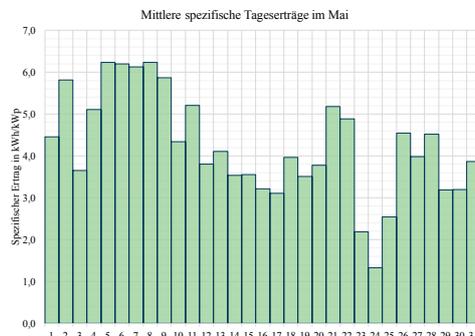
Die regionale Ertragsverteilung aus dem Mai ließ sich auch im Juni 2016

**Abbildung 5.9:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Mai 2016.

(a) Mai (Zoom siehe Abb. A.7).

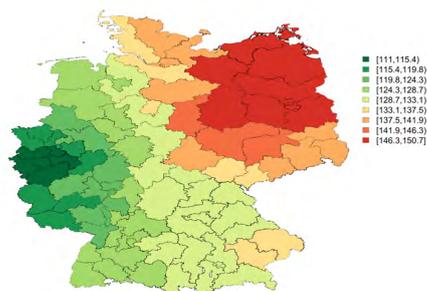


(b) Tageserträge im Mai.

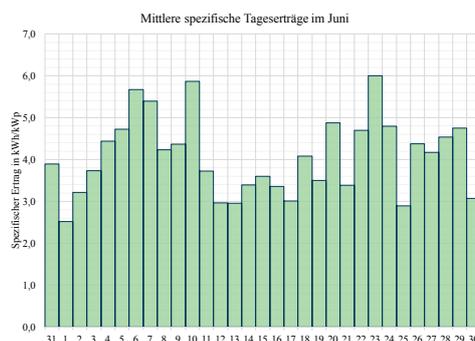


**Abbildung 5.10:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Juni 2016.

(a) Juni (Zoom siehe Abb. A.8).



(b) Tageserträge im Juni.



wiederfinden. PV-Anlagen in Mecklenburg-Vorpommern erreichten Erträge von über 140 kWh/kWp. In der Kölner Bucht und im Münsterland betrug die spez. Erträge hingegen lediglich 110 bis 120 kWh/kWp.

Erträge im Juli entsprechen Durchschnittserträgen

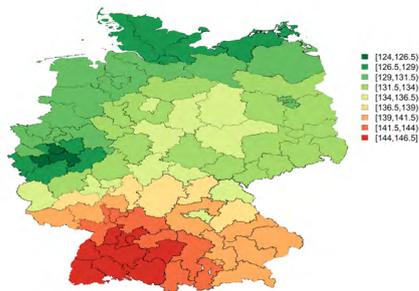
Im Juli waren die größten Erträge in Baden-Württemberg mit Werten über 140 kWh/kWp zu verzeichnen. Im Norden und Westen Deutschlands erreichten die PV-Anlagen spezifische Monatserträge von 125 bis 130 kWh/kWp. Die mittleren Tageserträge lagen in Deutschland im Juli fast immer über 3 kWh/kWp.

Erträge im August typisch für diesen Monat

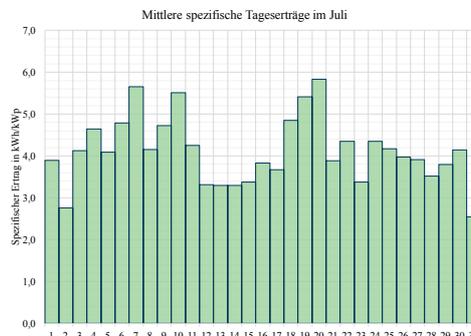
Das Stromproduktionsniveau aus dem Juli ließ sich auch im August 2016 wiederfinden. Weite Teile Bayerns und Baden-Württembergs wiesen spez. Monatserträge von über 130 kWh/kWp auf. Im Emsland und Ostfriesland erwirtschafteten PV-Anlagen im August weniger als 120 kWh/kWp. Die spezifischen Tageserträge im August schwankten deutlich stärker als im Juli mit Werten zwischen 2 und 5 kWh/kWp.

**Abbildung 5.11:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Juli 2016.

(a) Juli (Zoom siehe Abb. A.9).

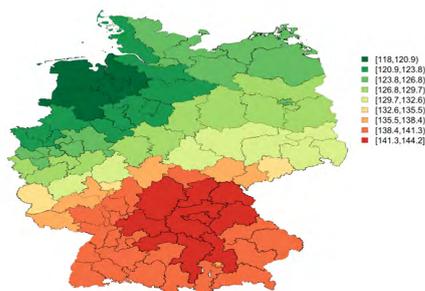


(b) Tageserträge im Juli.

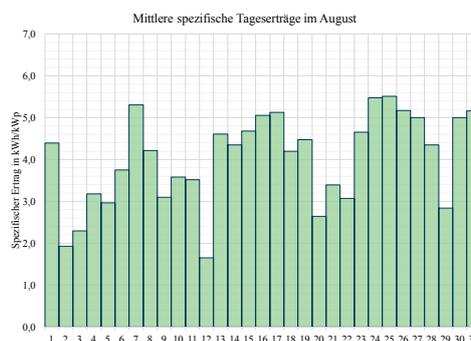


**Abbildung 5.12:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für August 2016.

(a) August (Zoom siehe Abb. A.10).



(b) Tageserträge im August.



Sehr ertragreicher September

Der September wies ein sehr indifferentes Bild bezüglich der spezifischen Erträge in Deutschland auf. PV-Anlagen im Bayerischen Wald und in Brandenburg rund um Berlin erreichten Erträge von mehr als 115 kWh/kWp, während Anlagen in der Lüneburger Heide bis zum Erzgebirge weniger als 110 kWh/kWp produzierten. Die erste Hälfte des Monats September war von spezifischen Tageserträgen von rund 4 kWh/kWp gekennzeichnet, in der zweiten Septemberhälfte sanken die Erträge auf unter 4 kWh/kWp.

Oktober ertragsarm

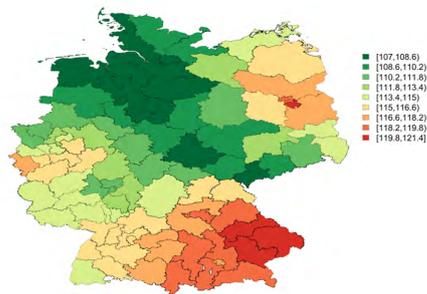
Im Oktober 2016 gingen die spezifischen Erträge der PV-Anlagen in ganz Deutschland deutlich zurück - in Süddeutschland wurden Erträge von 60 bis 65 kWh/kWp erreicht, in weiten Teilen Nordostdeutschlands lagen die Erträge unterhalb von 45 kWh/kWp. Auch die Tageserträge gingen auf Werte unter 2 kWh/kWp zurück, sodass im Oktober ungefähr die Hälfte des spez. Ertrags im Vergleich zum Vormonat September erreicht wurde.

Typische Novembererträge

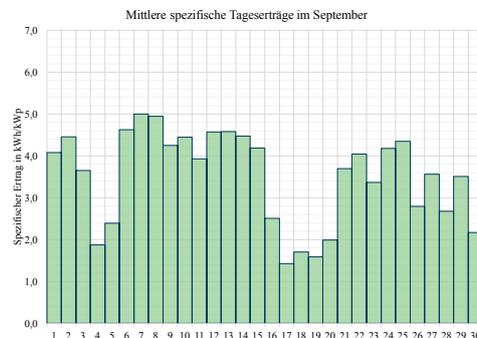
Ein Südost-Nordwest-Gefälle der spezifischen Monatserträge war im Mo-

**Abbildung 5.13:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für September 2016.

(a) September (Zoom siehe Abb. A.11).

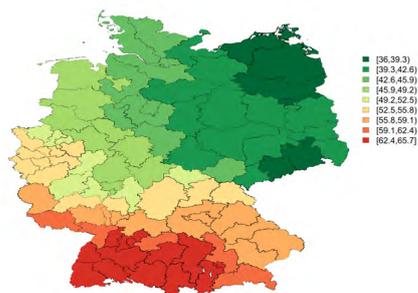


(b) Tageserträge im September.

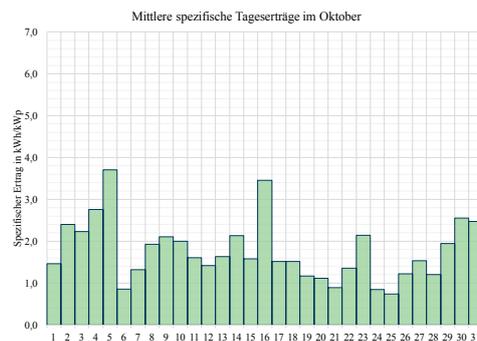


**Abbildung 5.14:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Oktober 2016.

(a) Oktober (Zoom siehe Abb. A.12).



(b) Tageserträge im Oktober.



nat November zu erkennen. In Bayern produzierten die PV-Anlagen mehr als 35 kWh/kWp, an der Nordseeküste weniger als 30 kWh/kWp. Dies spiegelte sich auch in den Tageserträgen, die im November nur an einem Tag über 2 kWh/kWp und ansonsten durchschnittlich unter 0,9 kWh/kWp lagen.

Dezembererträge im Vergleich zu Vorjahren gut

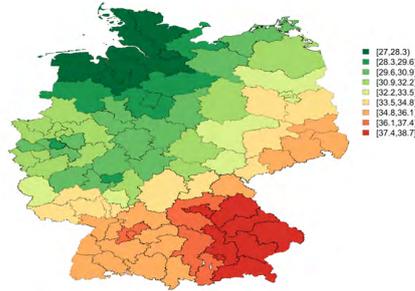
Die Erträge im Dezember waren inhomogen verteilt - lediglich im Breisgau und im Schwarzwald erreichten die PV-Anlagen spezifische Monatserträge von über 40 kWh/kWp. In den übrigen Landesteilen sanken die Erträge auf unter 30 kWh/kWp - an der Ostseeküste betragen die Erträge sogar lediglich 15 kWh/kWp. Die Tageserträge stiegen im Dezember nur an wenigen Tagen über 1 kWh/kWp, durchschnittlich erwirtschafteten die Anlagen in Deutschland lediglich 0,7 kWh/kWp.

Sonnenreicher Sommer im Süden und Osten

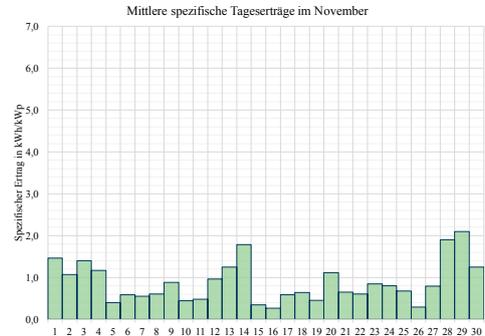
Zusammenfassend lässt sich damit festhalten, dass Photovoltaikanlagen in Süddeutschland im Ertragsjahr 2016 von den sonnenreichen Monaten profitiert haben. Anlagen in Nordostdeutschland kam insbesondere der son-

**Abbildung 5.15:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für November 2016.

(a) November (Zoom siehe Abb. A.13).

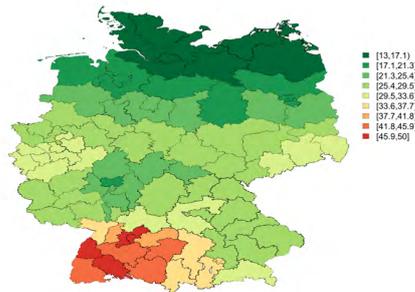


(b) Tageserträge im November.

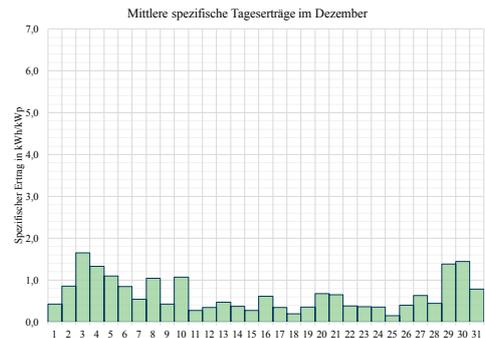


**Abbildung 5.16:** Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kWp für Dezember 2016.

(a) Dezember (Zoom siehe Abb. A.14).



(b) Tageserträge im Dezember.



nenreiche September zugute. Im Westen und Norden Deutschland waren zwar die Wintermonate ertragsreicher als in übrigen Regionen, diese Monate tragen jedoch nur zu einem kleinen Anteil zum Jahresertrag bei - im Sommer lagen die spezifischen Erträge der PV-Anlagen in Nord- und Westdeutschland zum Teil deutlich unter den Erträgen der PV-Anlagen in Ost- und Süddeutschland.



## Literaturverzeichnis

- TE HEESEN, H.; HERBORT, V. Development of an Algorithm to Analyze the Yield of Photovoltaic Systems. *Renewable Energy*, 87, S. 1016 (2016).
- TE HEESEN, H.; HERBORT, V.; PFATISCHER, R. Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2012. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH (2013). Online verfügbar: [https://www.umwelt-campus.de/ucb/fileadmin/users/176\\_h.teheesen/dokumente/Publikationen/Ertragsstudie\\_2012.pdf](https://www.umwelt-campus.de/ucb/fileadmin/users/176_h.teheesen/dokumente/Publikationen/Ertragsstudie_2012.pdf).
- TE HEESEN, H.; HERBORT, V.; PFATISCHER, R. Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2013. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH (2014). Online verfügbar: [https://www.umwelt-campus.de/ucb/fileadmin/users/176\\_h.teheesen/dokumente/Publikationen/Ertragsstudie\\_2013.pdf](https://www.umwelt-campus.de/ucb/fileadmin/users/176_h.teheesen/dokumente/Publikationen/Ertragsstudie_2013.pdf).
- TUKEY, J. W. *Exploratory data analysis* (Addison-Wesley), 1. Aufl. (1977).

## 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 Jahresertragskarte (Abschnitt A.3) die Monatsertragskarten (Abschnitt A.4) und danach die Ertragsdaten für die zehn einstelligen Postleitzahlbereiche (Abschnitt A.5 bis A.14) aufgeführt.

### A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen

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

Klassifizierung  
der PV-Anlagen

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.

Tabellarische Übersicht  
zu den Erträgen

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 lassen 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.

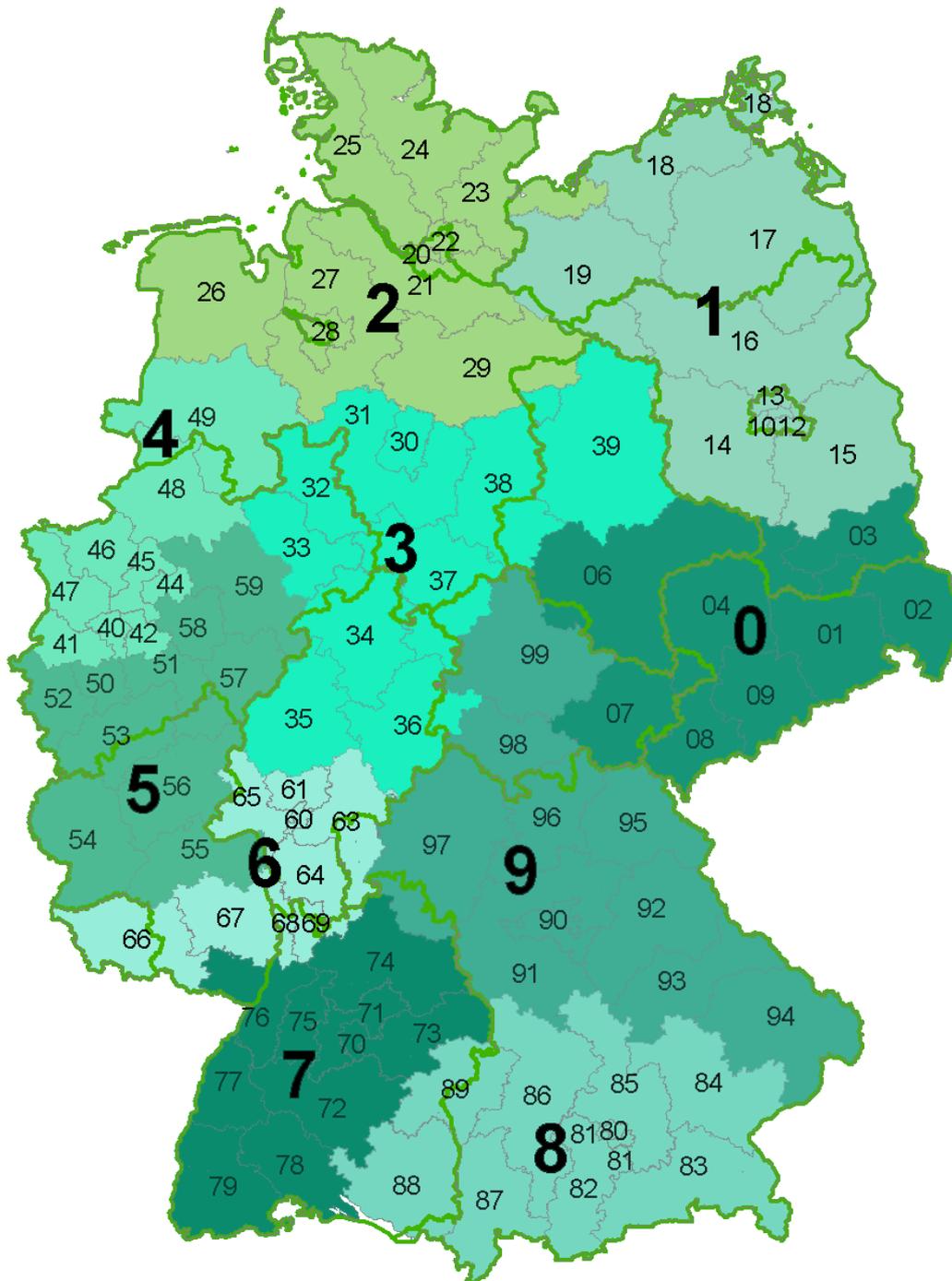
Erläuterung zum  
Bewertungsschema

Betrachtet werden soll eine PV-Anlage in der Postleitzahlregion 79 (Freiburg im Breisgau). In Tabelle A.8 ab Seite 71 sind die zu erwartenden spezifischen Erträge pro Monat und Jahr aufgeführt. Sollte die Beispielanlage einen spezifischen Jahresertrag von  $1.000 \text{ kWh/kWp}$  erwirtschaftet haben, dann läge dieser Wert zwischen Median und 3. Quartil - diese Anlage würde also eine durchschnittlich gute Anlage darstellen. Wäre der spez. Jahresertrag  $1.070 \text{ kWh/kWp}$ , dann gehört diese Anlage zur Klasse der sehr guten Anlagen in der PLZ-Region 79. Sollte der spez. Jahresertrag lediglich  $920 \text{ kWh/kWp}$  betragen, dann wäre dieser Ertrag lediglich ausreichend. Bei einem spez. Ertrag von  $850 \text{ kWh/kWp}$  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.

## A.2 Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland

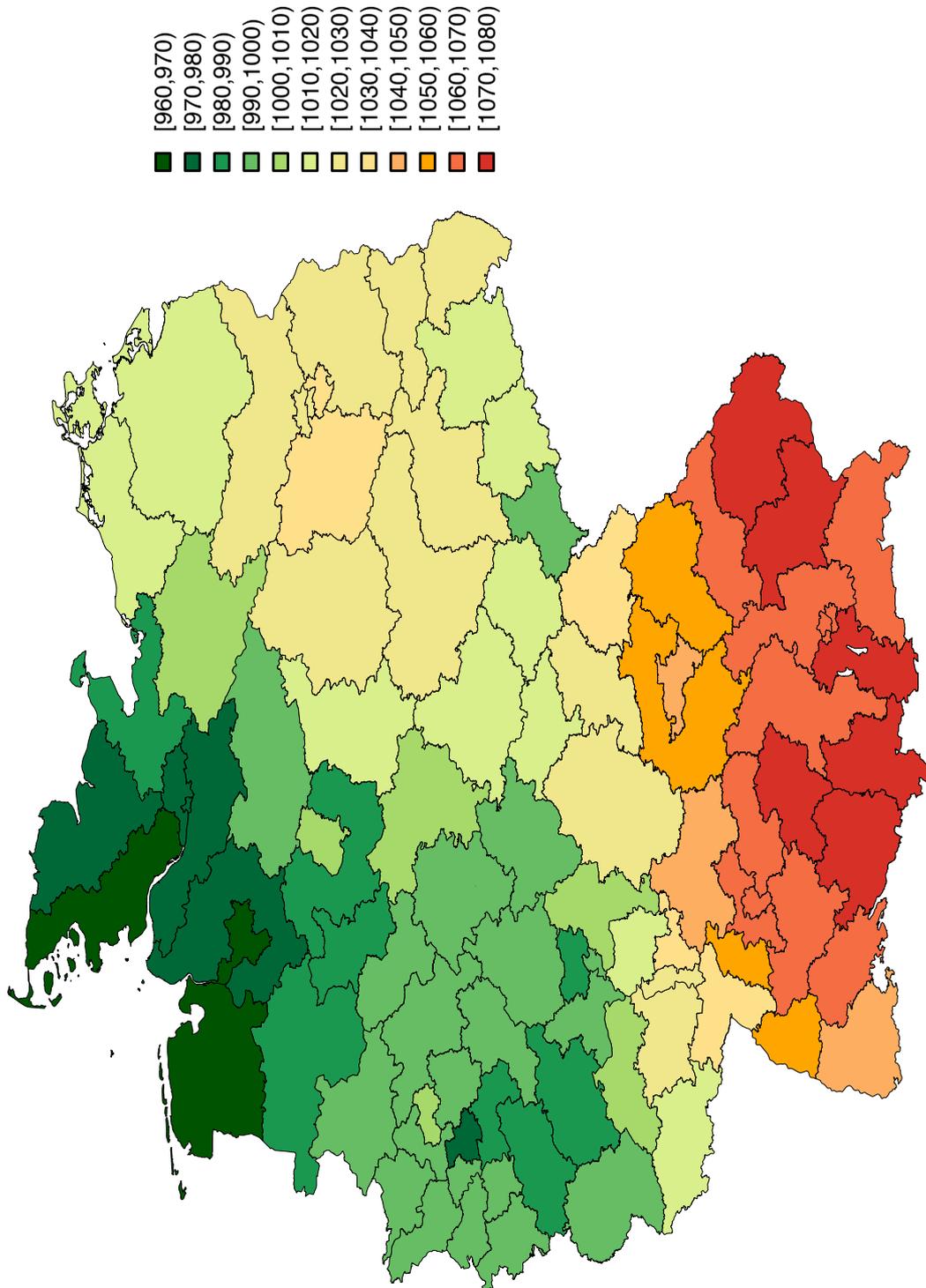
Zur Übersicht und regionalen Einordnung der zweistelligen Postleitzahlen ist die Deutschlandkarte mit den zweistelligen PLZ-Bereichen dargestellt.

**Abbildung A.1:** Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland (nach Stefan Kühn, Creative-Commons-Lizenz CC0 1.0).



## A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2016

**Abbildung A.2:** Spezifischer Ertrag in kWh/kWp in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2016 (vgl. Abb. 5.2).



## A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2016

Abbildung A.3: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Januar 2016 (vgl. Abb. 5.5).

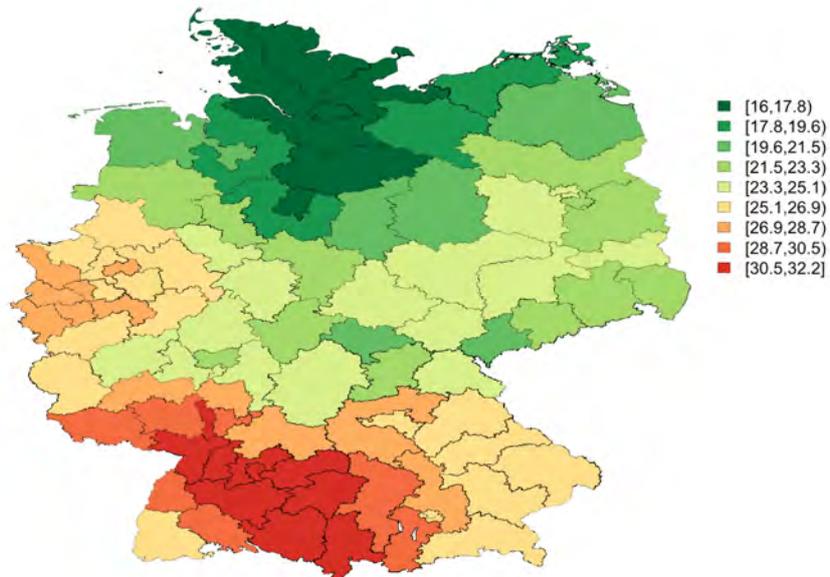


Abbildung A.4: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Februar 2016 (vgl. Abb. 5.6).

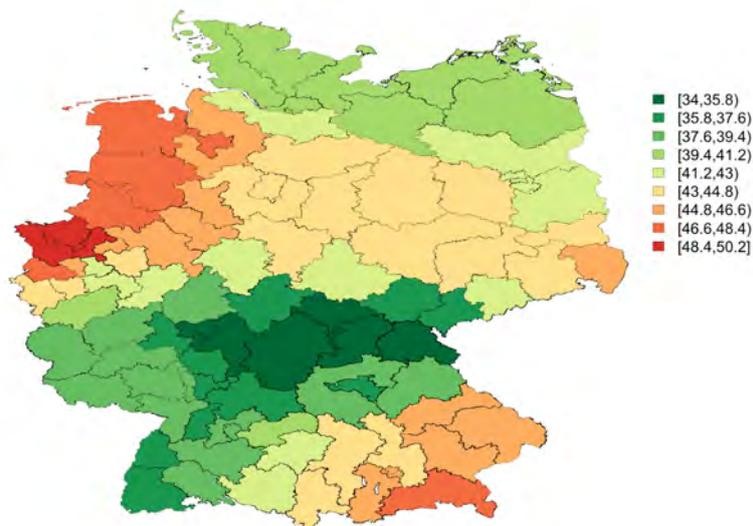


Abbildung A.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im März 2016 (vgl. Abb. 5.7).

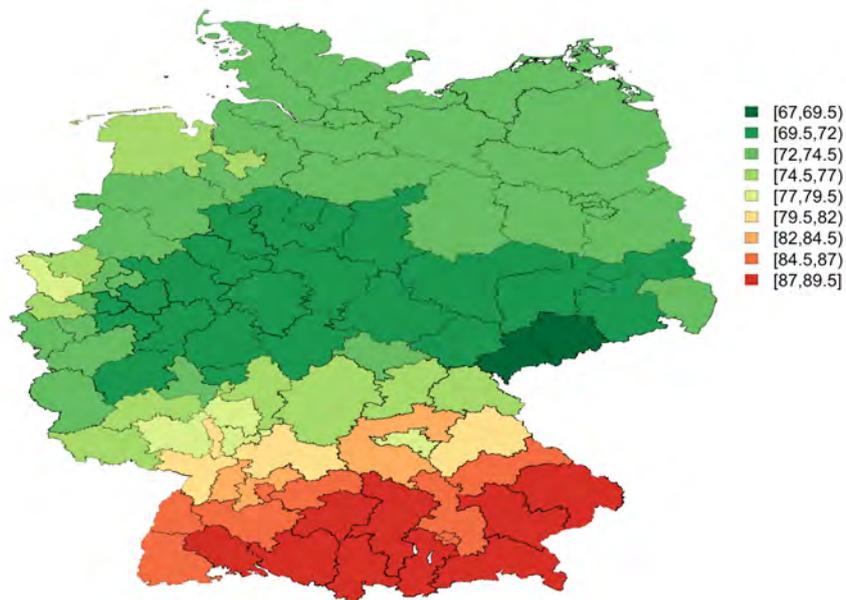


Abbildung A.6: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im April 2016 (vgl. Abb. 5.8).

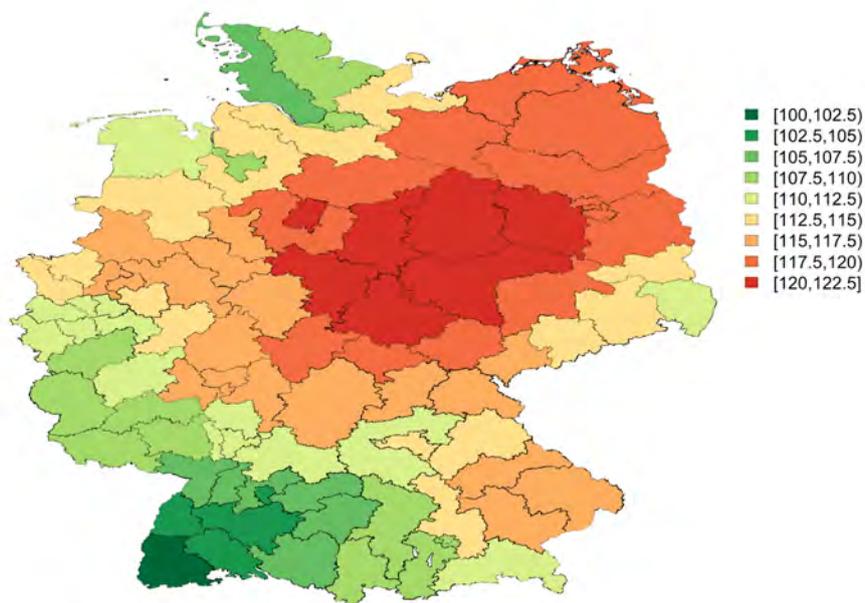


Abbildung A.7: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Mai 2016 (vgl. Abb. 5.9).

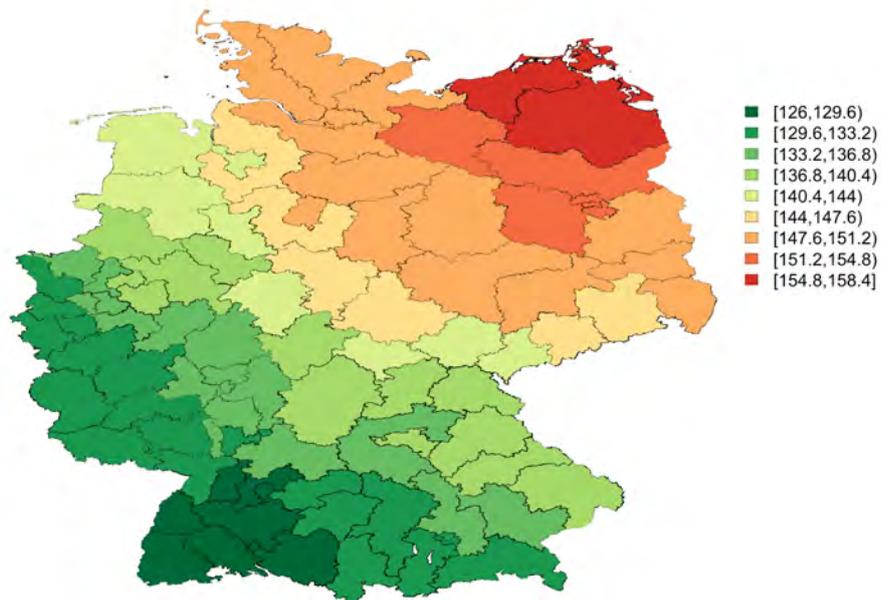


Abbildung A.8: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juni 2016 (vgl. Abb. 5.10).

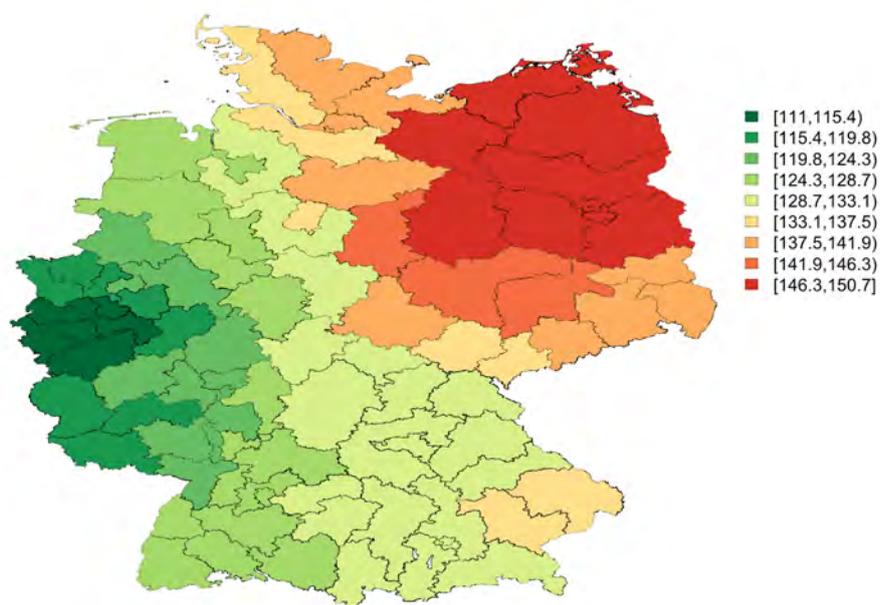


Abbildung A.9: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Juli 2016 (vgl. Abb. 5.11).

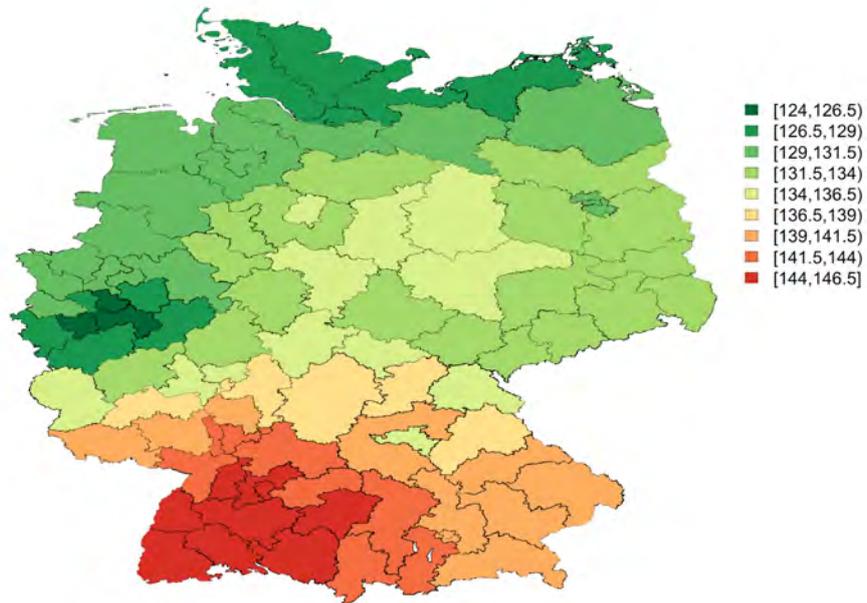


Abbildung A.10: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im August 2016 (vgl. Abb. 5.12).

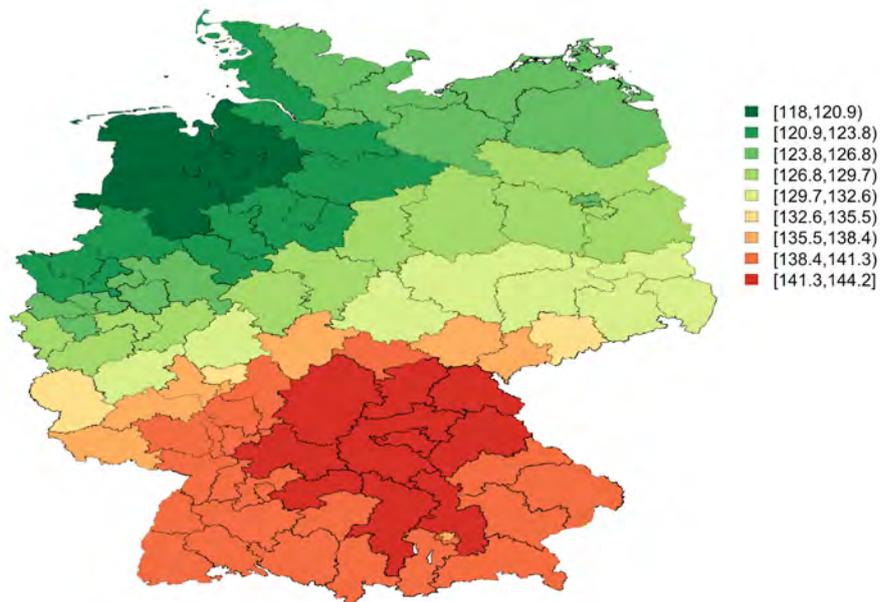


Abbildung A.11: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im September 2016 (vgl. Abb. 5.13).

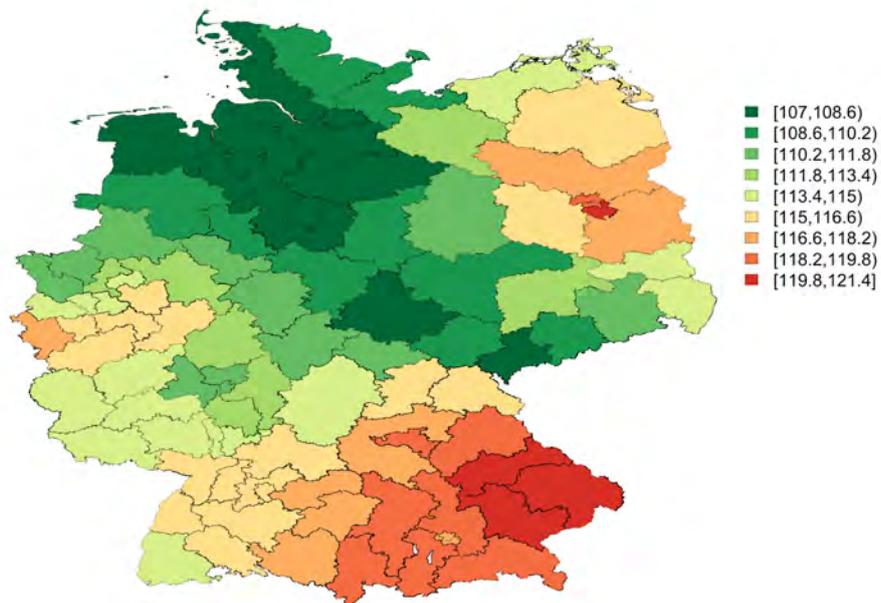


Abbildung A.12: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Oktober 2016 (vgl. Abb. 5.14).

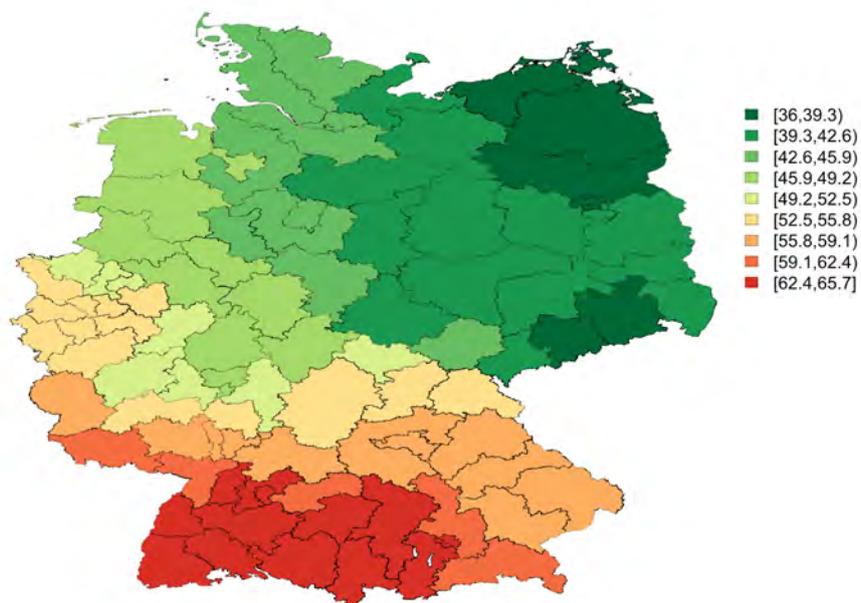


Abbildung A.13: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im November 2016 (vgl. Abb. 5.15).

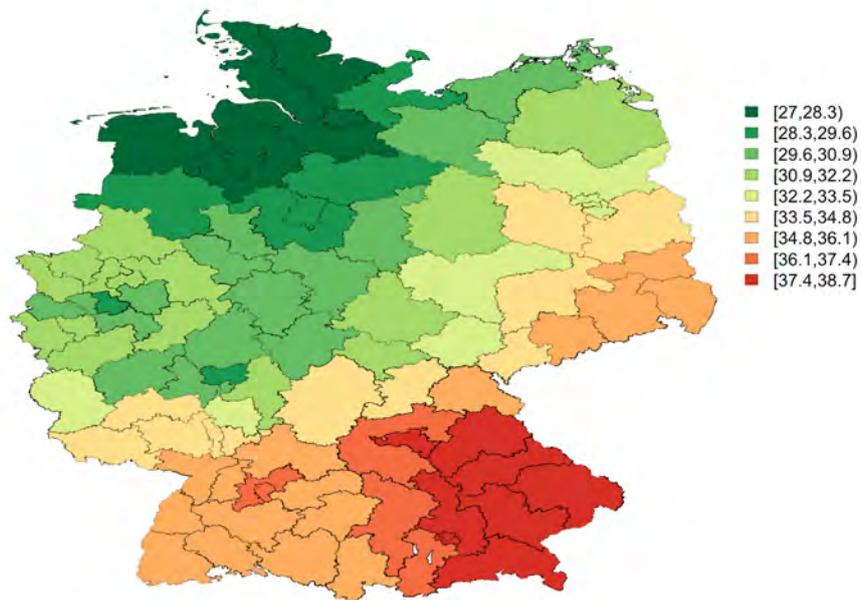
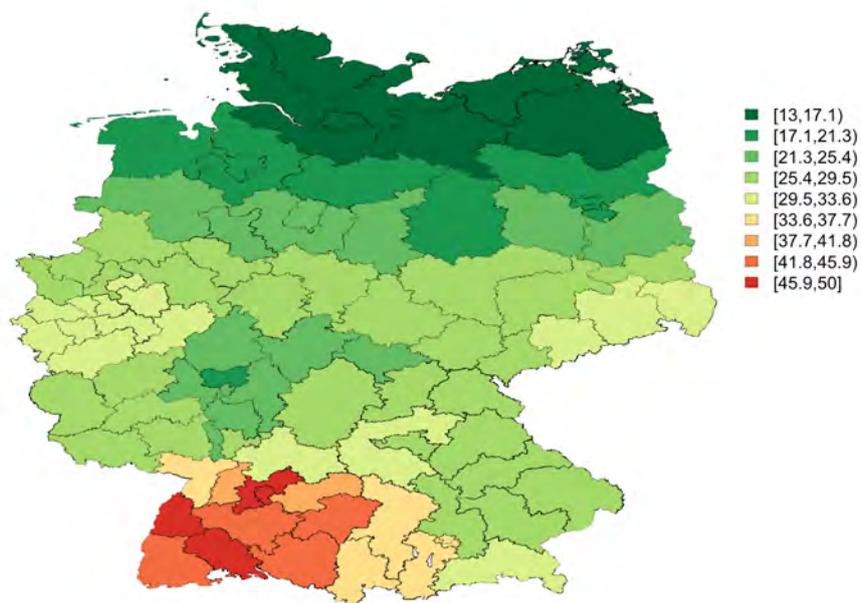


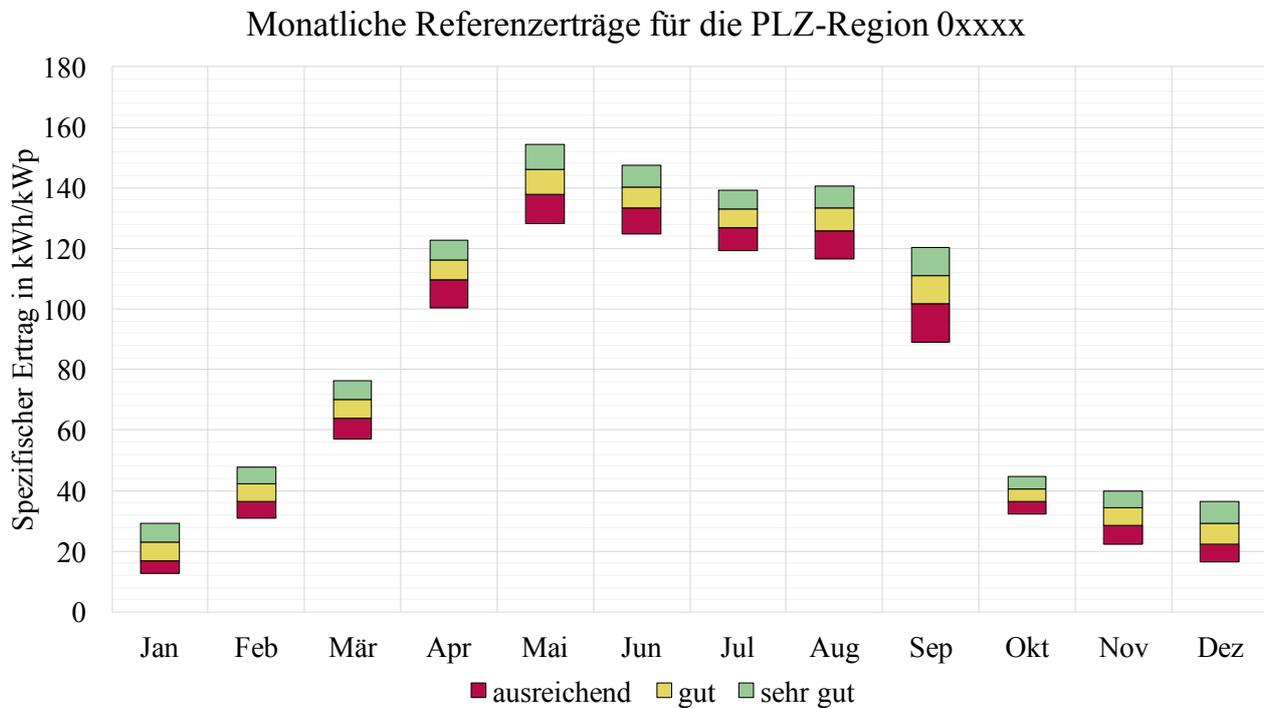
Abbildung A.14: Spezifischer Ertrag in kWh/kWp im Dezember 2016 (vgl. Abb. 5.16).



## A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx

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

**Abbildung A.15:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2016.



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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Jan	12,8	16,6	22,3	28,0
01	Feb	32,3	37,7	43,5	49,3
01	Mär	56,9	62,6	70,1	77,6
01	Apr	98,2	107,8	113,8	119,8
01	Mai	128,4	137,4	146,2	155,0
01	Jun	125,2	134,0	140,4	146,8
01	Jul	119,0	126,8	132,7	138,6
01	Aug	116,8	125,6	132,0	138,4
01	Sep	89,5	101,6	110,8	120,0
01	Okt	31,7	35,4	39,1	42,8
01	Nov	22,9	29,4	35,3	41,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Dez	16,7	23,2	31,7	40,2
01	2016	850,4	938,1	1017,9	1097,7
02	Jan	12,5	16,0	21,6	27,2
02	Feb	35,9	41,2	46,1	51,0
02	Mär	60,7	67,6	72,9	78,2
02	Apr	98,5	107,5	112,4	117,3
02	Mai	131,5	140,4	148,2	156,0
02	Jun	126,5	134,5	140,9	147,3
02	Jul	118,9	126,8	133,4	140,0
02	Aug	117,0	125,9	131,5	137,1
02	Sep	94,0	106,2	114,8	123,4
02	Okt	33,2	36,9	40,0	43,1
02	Nov	23,6	29,9	35,4	40,9
02	Dez	16,1	22,2	29,5	36,8
02	2016	868,4	955,1	1026,7	1098,3
03	Jan	12,9	17,0	23,2	29,4
03	Feb	33,1	38,8	44,3	49,8
03	Mär	58,8	65,0	71,2	77,4
03	Apr	100,2	109,0	114,7	120,4
03	Mai	131,6	140,3	148,1	155,9
03	Jun	128,4	135,9	141,7	147,5
03	Jul	119,6	126,8	132,6	138,4
03	Aug	115,3	124,9	131,4	137,9
03	Sep	90,5	103,9	114,1	124,3
03	Okt	32,2	35,9	39,6	43,3
03	Nov	22,5	29,3	35,0	40,7
03	Dez	16,0	21,5	27,8	34,1
03	2016	861,1	948,3	1023,7	1099,1
04	Jan	13,1	18,0	24,7	31,4
04	Feb	30,6	36,6	43,2	49,8
04	Mär	55,7	62,6	70,2	77,8
04	Apr	99,9	109,9	118,2	126,5
04	Mai	128,4	139,1	147,9	156,7
04	Jun	126,3	135,1	143,0	150,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

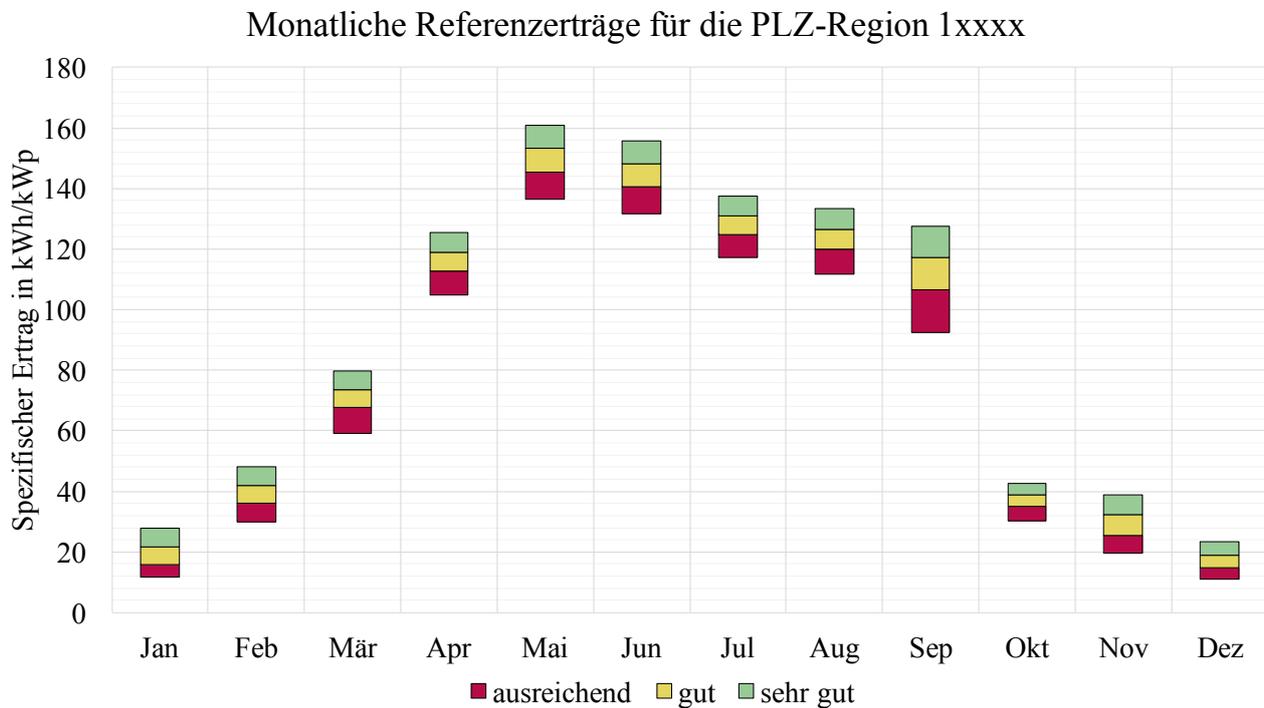
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
04	Jul	118,2	126,1	132,1	138,1
04	Aug	114,4	124,1	131,9	139,7
04	Sep	87,6	101,6	112,2	122,8
04	Okt	31,3	35,4	39,5	43,6
04	Nov	21,7	28,2	34,1	40,0
04	Dez	15,5	21,1	28,7	36,3
04	2016	842,7	937,8	1025,7	1113,6
06	Jan	12,4	17,0	24,6	32,2
06	Feb	31,3	37,5	43,6	49,7
06	Mär	57,3	65,2	71,0	76,8
06	Apr	105,3	114,7	121,6	128,5
06	Mai	132,0	141,4	149,5	157,6
06	Jun	127,1	136,5	144,2	151,9
06	Jul	120,1	127,7	134,0	140,3
06	Aug	114,2	123,5	131,3	139,1
06	Sep	86,6	100,3	109,8	119,3
06	Okt	31,8	36,4	40,4	44,4
06	Nov	20,9	26,6	32,3	38,0
06	Dez	14,5	19,7	26,2	32,7
06	2016	853,5	946,5	1028,5	1110,5
07	Jan	12,4	16,9	23,2	29,5
07	Feb	27,7	32,3	37,6	42,9
07	Mär	57,5	65,0	70,9	76,8
07	Apr	103,7	112,5	119,2	125,9
07	Mai	127,0	136,5	144,0	151,5
07	Jun	120,9	129,4	136,8	144,2
07	Jul	119,8	127,5	133,8	140,1
07	Aug	119,3	129,5	137,3	145,1
07	Sep	87,9	100,6	110,0	119,4
07	Okt	34,0	39,6	44,8	50,0
07	Nov	22,0	27,8	33,0	38,2
07	Dez	17,0	22,1	28,4	34,7
07	2016	849,2	939,7	1019,0	1098,3
08	Jan	12,2	15,9	21,2	26,5

*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	Feb	27,1	31,8	36,8	41,8
08	Mär	55,4	61,3	67,0	72,7
08	Apr	99,2	108,8	115,4	122,0
08	Mai	122,8	133,1	140,7	148,3
08	Jun	119,2	128,2	136,5	144,8
08	Jul	118,3	126,5	132,6	138,7
08	Aug	118,9	128,2	136,9	145,6
08	Sep	87,9	99,4	108,0	116,6
08	Okt	32,7	36,9	42,1	47,3
08	Nov	22,6	28,0	33,5	39,0
08	Dez	17,2	23,0	29,0	35,0
08	2016	833,5	921,1	999,7	1078,3
09	Jan	12,9	17,1	22,9	28,7
09	Feb	29,9	36,1	41,9	47,7
09	Mär	54,9	61,0	67,4	73,8
09	Apr	97,9	108,5	114,9	121,3
09	Mai	124,5	135,6	144,5	153,4
09	Jun	123,5	132,5	139,8	147,1
09	Jul	119,5	126,8	132,8	138,8
09	Aug	116,6	125,7	133,7	141,7
09	Sep	87,2	99,4	108,7	118,0
09	Okt	31,5	35,0	38,8	42,6
09	Nov	23,2	29,2	35,4	41,6
09	Dez	17,9	25,0	33,5	42,0
09	2016	839,5	931,9	1014,3	1096,7

## A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx



**Abbildung A.16:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
10	Jan	11,9	16,6	23,4	30,2
10	Feb	30,1	36,2	42,7	49,2
10	Mär	59,2	68,0	73,9	79,8
10	Apr	106,8	113,1	118,6	124,1
10	Mai	135,7	144,8	151,4	158,0
10	Jun	131,5	140,6	148,0	155,4
10	Jul	117,3	125,0	131,3	137,6
10	Aug	112,5	120,6	126,6	132,6
10	Sep	96,3	110,1	119,6	129,1
10	Okt	30,0	35,5	39,0	42,5
10	Nov	20,0	25,8	32,8	39,8
10	Dez	10,9	15,2	19,6	24,0
10	2016	862,2	951,5	1026,9	1102,3

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
12	Jan	11,8	16,1	22,9	29,7
12	Feb	29,8	36,2	42,5	48,8
12	Mär	59,1	68,5	74,0	79,5
12	Apr	105,9	112,9	118,7	124,5
12	Mai	135,1	144,6	151,7	158,8
12	Jun	130,3	140,5	148,3	156,1
12	Jul	116,8	124,8	131,4	138,0
12	Aug	112,3	120,6	127,1	133,6
12	Sep	96,3	111,0	121,3	131,6
12	Okt	30,1	35,8	39,4	43,0
12	Nov	20,3	26,7	33,4	40,1
12	Dez	11,2	15,3	19,7	24,1
12	2016	859,0	953,0	1030,4	1107,8
13	Jan	11,9	16,6	23,4	30,2
13	Feb	30,1	36,2	42,7	49,2
13	Mär	59,2	68,0	73,9	79,8
13	Apr	106,8	113,1	118,6	124,1
13	Mai	135,7	144,8	151,4	158,0
13	Jun	131,5	140,6	148,0	155,4
13	Jul	117,3	125,0	131,3	137,6
13	Aug	112,5	120,6	126,6	132,6
13	Sep	96,3	110,1	119,6	129,1
13	Okt	30,0	35,5	39,0	42,5
13	Nov	20,0	25,8	32,8	39,8
13	Dez	10,9	15,2	19,6	24,0
13	2016	862,2	951,5	1026,9	1102,3
14	Jan	12,6	17,2	24,5	31,8
14	Feb	30,8	37,0	43,5	50,0
14	Mär	57,5	65,9	72,7	79,5
14	Apr	105,5	113,4	120,3	127,2
14	Mai	135,8	144,0	151,2	158,4
14	Jun	131,3	139,7	147,1	154,5
14	Jul	119,5	126,7	132,7	138,7
14	Aug	112,6	122,0	129,4	136,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
14	Sep	88,7	104,1	115,2	126,3
14	Okt	31,0	35,7	39,7	43,7
14	Nov	20,9	27,0	33,6	40,2
14	Dez	12,6	16,9	22,4	27,9
14	2016	858,8	949,6	1032,3	1115,0
15	Jan	12,3	16,7	23,0	29,3
15	Feb	30,2	36,3	42,4	48,5
15	Mär	58,0	66,5	72,9	79,3
15	Apr	103,8	111,7	118,3	124,9
15	Mai	134,0	142,9	150,9	158,9
15	Jun	130,1	139,2	146,4	153,6
15	Jul	117,5	125,4	131,8	138,2
15	Aug	113,6	121,9	128,7	135,5
15	Sep	91,6	107,0	118,0	129,0
15	Okt	30,9	35,6	39,4	43,2
15	Nov	21,1	26,9	33,5	40,1
15	Dez	11,8	16,4	21,3	26,2
15	2016	854,9	946,5	1026,6	1106,7
16	Jan	11,8	15,9	21,4	26,9
16	Feb	30,2	36,3	42,3	48,3
16	Mär	59,1	68,0	73,6	79,2
16	Apr	104,3	113,2	119,7	126,2
16	Mai	136,6	145,9	153,8	161,7
16	Jun	133,2	142,1	149,5	156,9
16	Jul	117,5	125,9	131,6	137,3
16	Aug	111,7	119,3	126,8	134,3
16	Sep	92,4	107,1	117,6	128,1
16	Okt	29,8	34,7	38,9	43,1
16	Nov	20,2	25,8	32,4	39,0
16	Dez	11,2	14,6	19,2	23,8
16	2016	858,0	948,8	1026,8	1104,8
17	Jan	10,9	15,0	19,9	24,8
17	Feb	29,8	35,6	40,6	45,6
17	Mär	60,5	68,7	74,1	79,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

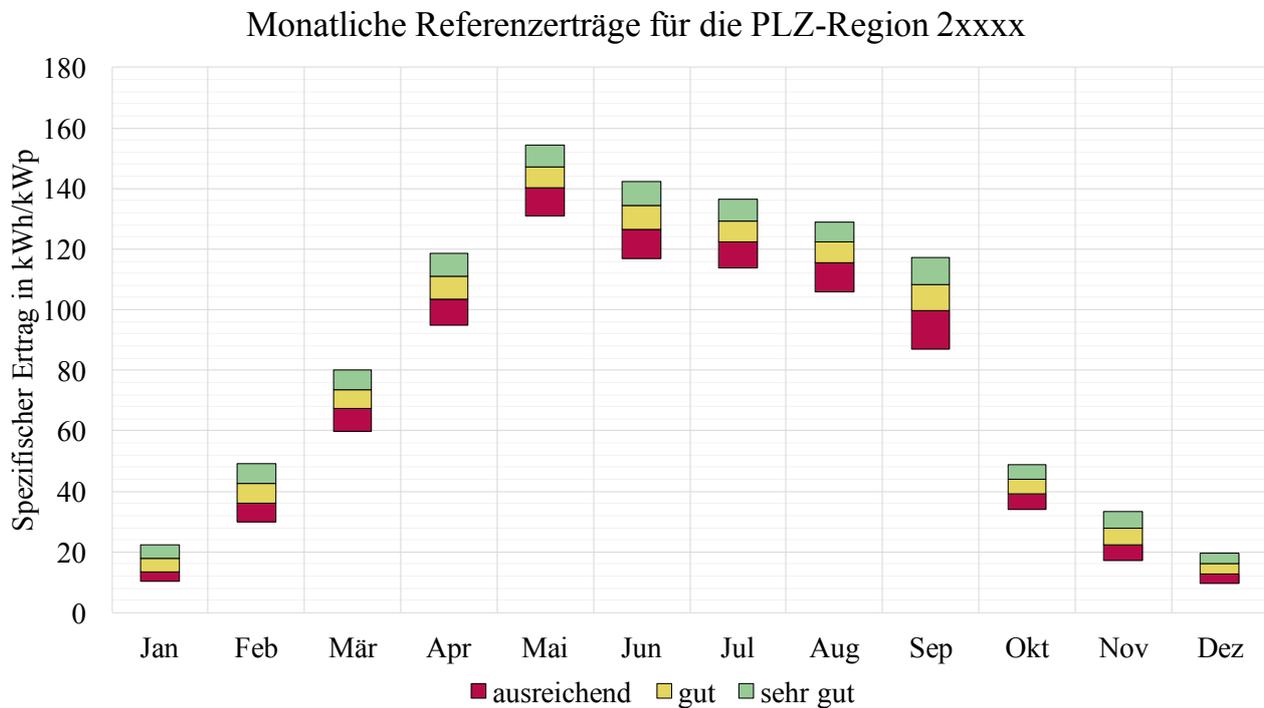
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
17	Apr	103,9	113,5	118,9	124,3
17	Mai	139,5	148,1	156,9	165,7
17	Jun	134,9	143,1	150,3	157,5
17	Jul	116,6	123,5	129,9	136,3
17	Aug	109,4	117,3	124,5	131,7
17	Sep	91,5	105,1	115,4	125,7
17	Okt	28,6	32,9	36,5	40,1
17	Nov	19,0	25,0	31,0	37,0
17	Dez	9,8	12,5	15,9	19,3
17	2016	854,4	940,3	1013,9	1087,5
18	Jan	10,4	14,3	18,9	23,5
18	Feb	29,6	34,8	40,5	46,2
18	Mär	60,2	67,0	73,8	80,6
18	Apr	103,3	112,5	119,2	125,9
18	Mai	140,1	149,0	158,1	167,2
18	Jun	133,5	141,6	150,0	158,4
18	Jul	115,1	122,5	128,7	134,9
18	Aug	110,8	118,4	125,2	132,0
18	Sep	91,7	103,5	114,8	126,1
18	Okt	29,7	34,4	38,5	42,6
18	Nov	17,3	23,6	30,0	36,4
18	Dez	9,8	12,5	15,9	19,3
18	2016	851,5	934,1	1013,6	1093,1
19	Jan	10,7	14,4	18,5	22,6
19	Feb	29,3	35,5	41,1	46,7
19	Mär	59,6	67,4	73,3	79,2
19	Apr	102,3	111,3	118,9	126,5
19	Mai	135,9	145,4	152,9	160,4
19	Jun	129,5	138,6	146,7	154,8
19	Jul	116,8	124,4	131,0	137,6
19	Aug	109,2	117,8	124,8	131,8
19	Sep	88,7	102,1	112,1	122,1
19	Okt	30,7	35,3	39,3	43,3
19	Nov	17,7	23,3	29,9	36,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
19	Dez	10,3	13,5	17,1	20,7
19	2016	840,7	929,0	1005,6	1082,2

## A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx



**Abbildung A.17:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
20	Jan	10,2	13,3	17,3	21,3
20	Feb	28,8	34,2	40,2	46,2
20	Mär	59,5	67,0	73,4	79,8
20	Apr	93,5	102,2	109,7	117,2
20	Mai	132,8	143,1	149,4	155,7
20	Jun	119,8	130,1	137,6	145,1
20	Jul	111,7	120,7	128,1	135,5
20	Aug	107,2	117,9	124,0	130,1
20	Sep	86,6	100,0	108,6	117,2
20	Okt	33,4	38,8	43,4	48,0
20	Nov	16,6	22,3	27,7	33,1
20	Dez	8,6	11,1	13,9	16,7
20	2016	808,7	900,7	973,3	1045,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
21	Jan	9,9	12,8	16,6	20,4
21	Feb	29,3	35,5	41,6	47,7
21	Mär	60,2	67,2	73,5	79,8
21	Apr	96,2	104,8	113,0	121,2
21	Mai	130,1	140,4	148,4	156,4
21	Jun	118,1	128,2	137,1	146,0
21	Jul	115,3	123,8	131,1	138,4
21	Aug	105,1	114,4	121,8	129,2
21	Sep	87,2	99,5	108,3	117,1
21	Okt	33,5	38,4	43,1	47,8
21	Nov	16,6	21,8	27,3	32,8
21	Dez	9,6	12,6	16,3	20,0
21	2016	811,1	899,4	978,1	1056,8
22	Jan	10,2	13,3	17,3	21,3
22	Feb	28,8	34,2	40,2	46,2
22	Mär	59,5	67,0	73,4	79,8
22	Apr	93,5	102,2	109,7	117,2
22	Mai	132,8	143,1	149,4	155,7
22	Jun	119,8	130,1	137,6	145,1
22	Jul	111,7	120,7	128,1	135,5
22	Aug	107,2	117,9	124,0	130,1
22	Sep	86,6	100,0	108,6	117,2
22	Okt	33,4	38,8	43,4	48,0
22	Nov	16,6	22,3	27,7	33,1
22	Dez	8,6	11,1	13,9	16,7
22	2016	808,7	900,7	973,3	1045,9
23	Jan	10,1	13,1	17,1	21,1
23	Feb	28,6	34,0	40,2	46,4
23	Mär	58,8	66,6	72,9	79,2
23	Apr	95,1	104,3	113,2	122,1
23	Mai	134,7	144,1	150,6	157,1
23	Jun	122,7	133,2	140,9	148,6
23	Jul	112,6	120,7	127,4	134,1
23	Aug	107,2	117,5	123,8	130,1

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
23	Sep	86,8	100,5	110,1	119,7
23	Okt	32,0	37,1	41,1	45,1
23	Nov	16,4	21,9	28,6	35,3
23	Dez	8,7	11,6	14,8	18,0
23	2016	813,7	904,6	980,7	1056,8
24	Jan	10,1	13,1	17,4	21,7
24	Feb	28,9	34,0	40,5	47,0
24	Mär	59,4	66,4	73,7	81,0
24	Apr	93,4	101,8	108,3	114,8
24	Mai	134,1	143,9	150,3	156,7
24	Jun	120,1	130,4	138,1	145,8
24	Jul	111,6	120,7	128,7	136,7
24	Aug	108,6	118,4	124,6	130,8
24	Sep	88,0	100,0	108,7	117,4
24	Okt	34,0	39,3	44,2	49,1
24	Nov	17,2	22,7	27,8	32,9
24	Dez	8,5	10,8	13,0	15,2
24	2016	813,9	901,5	975,3	1049,1
25	Jan	10,2	13,2	17,1	21,0
25	Feb	28,6	34,4	39,9	45,4
25	Mär	59,3	67,2	73,3	79,4
25	Apr	92,7	100,8	107,3	113,8
25	Mai	131,8	141,7	148,4	155,1
25	Jun	118,6	128,1	135,5	142,9
25	Jul	110,9	120,3	127,9	135,5
25	Aug	105,8	116,7	123,3	129,9
25	Sep	85,6	99,5	107,9	116,3
25	Okt	33,2	38,8	43,2	47,6
25	Nov	16,9	22,4	27,6	32,8
25	Dez	8,5	10,9	13,4	15,9
25	2016	802,1	894,0	964,8	1035,6
26	Jan	10,7	14,6	20,2	25,8
26	Feb	31,7	38,6	46,7	54,8
26	Mär	60,0	67,2	74,5	81,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

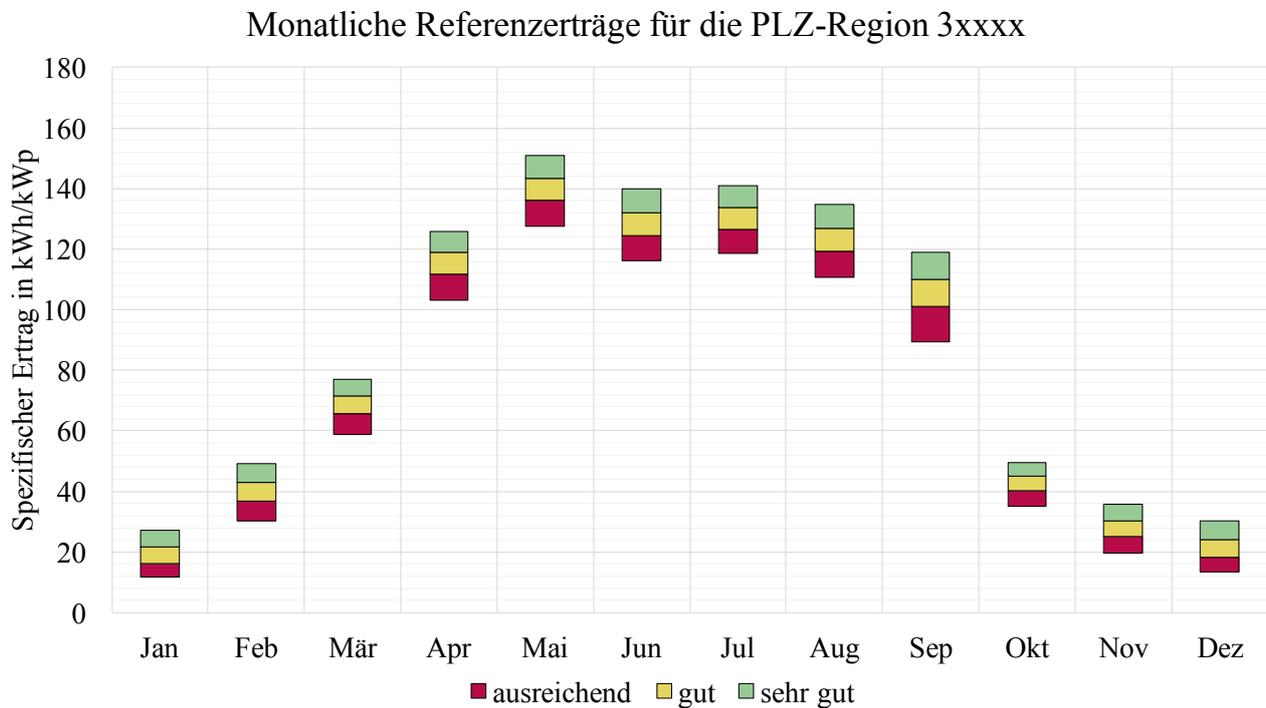
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
26	Apr	95,2	103,1	110,1	117,1
26	Mai	126,5	134,6	141,5	148,4
26	Jun	110,0	117,9	124,7	131,5
26	Jul	115,5	123,1	129,5	135,9
26	Aug	104,2	111,7	118,7	125,7
26	Sep	88,1	98,6	107,8	117,0
26	Okt	36,4	41,1	46,4	51,7
26	Nov	18,3	22,6	27,7	32,8
26	Dez	11,2	14,5	18,8	23,1
26	2016	807,8	887,6	966,6	1045,6
27	Jan	10,6	14,3	19,5	24,7
27	Feb	31,1	37,8	45,4	53,0
27	Mär	60,0	67,3	73,5	79,7
27	Apr	96,5	105,1	113,1	121,1
27	Mai	127,6	136,2	144,1	152,0
27	Jun	112,0	120,5	129,1	137,7
27	Jul	115,9	123,7	130,6	137,5
27	Aug	104,5	112,8	120,2	127,6
27	Sep	87,6	99,2	108,1	117,0
27	Okt	35,2	39,9	45,1	50,3
27	Nov	18,1	22,7	28,1	33,5
27	Dez	11,2	14,8	19,4	24,0
27	2016	810,3	894,3	976,2	1058,1
28	Jan	10,3	13,7	19,6	25,5
28	Feb	32,4	39,5	47,3	55,1
28	Mär	61,8	69,1	76,4	83,7
28	Apr	94,5	101,7	107,9	114,1
28	Mai	127,0	135,7	142,3	148,9
28	Jun	109,5	117,7	124,8	131,9
28	Jul	114,6	122,8	129,2	135,6
28	Aug	103,6	111,2	118,3	125,4
28	Sep	87,3	98,5	107,7	116,9
28	Okt	37,2	42,1	47,6	53,1
28	Nov	18,0	22,5	27,6	32,7

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
28	Dez	10,8	14,1	18,1	22,1
28	2016	807,0	888,6	966,8	1045,0
29	Jan	10,1	13,3	17,4	21,5
29	Feb	30,7	37,3	43,9	50,5
29	Mär	60,3	67,3	72,8	78,3
29	Apr	99,7	110,0	118,9	127,8
29	Mai	131,1	140,6	148,6	156,6
29	Jun	119,5	129,6	139,1	148,6
29	Jul	118,1	126,5	133,6	140,7
29	Aug	106,6	116,0	123,7	131,4
29	Sep	87,1	99,7	108,5	117,3
29	Okt	33,0	38,3	42,5	46,7
29	Nov	17,8	23,2	29,1	35,0
29	Dez	11,4	15,3	20,5	25,7
29	2016	825,4	917,1	998,6	1080,1

## A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx



**Abbildung A.18:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
30	Jan	9,7	12,9	17,2	21,5
30	Feb	31,2	37,7	44,5	51,3
30	Mär	60,6	67,2	72,0	76,8
30	Apr	104,9	114,1	121,6	129,1
30	Mai	131,7	140,6	148,5	156,4
30	Jun	119,9	129,4	137,3	145,2
30	Jul	118,9	127,6	135,1	142,6
30	Aug	106,9	116,1	123,4	130,7
30	Sep	87,3	100,2	108,1	116,0
30	Okt	33,3	38,1	42,9	47,7
30	Nov	17,4	23,0	28,9	34,8
30	Dez	12,3	16,7	22,8	28,9
30	2016	834,1	923,6	1002,3	1081,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
31	Jan	10,3	14,0	19,3	24,6
31	Feb	31,0	37,5	44,6	51,7
31	Mär	59,4	65,8	71,6	77,4
31	Apr	100,1	109,4	117,7	126,0
31	Mai	127,8	136,7	144,7	152,7
31	Jun	114,8	123,1	131,8	140,5
31	Jul	118,3	126,2	133,6	141,0
31	Aug	106,6	114,6	122,0	129,4
31	Sep	87,7	99,2	108,0	116,8
31	Okt	34,5	39,4	43,5	47,6
31	Nov	18,4	23,5	28,8	34,1
31	Dez	12,0	16,2	21,8	27,4
31	2016	820,9	905,6	987,4	1069,2
32	Jan	11,5	16,4	22,1	27,8
32	Feb	31,2	38,4	44,9	51,4
32	Mär	58,2	64,8	70,6	76,4
32	Apr	101,6	110,3	117,4	124,5
32	Mai	127,1	135,2	142,5	149,8
32	Jun	113,2	120,4	127,6	134,8
32	Jul	118,4	125,5	132,7	139,9
32	Aug	107,5	115,5	122,0	128,5
32	Sep	89,6	100,7	109,3	117,9
32	Okt	35,4	40,3	44,8	49,3
32	Nov	19,5	24,5	29,8	35,1
32	Dez	13,3	18,4	25,0	31,6
32	2016	826,5	910,4	988,7	1067,0
33	Jan	13,3	18,9	24,5	30,1
33	Feb	31,8	39,1	46,5	53,9
33	Mär	58,7	65,3	71,5	77,7
33	Apr	101,3	109,6	116,3	123,0
33	Mai	124,9	132,6	140,1	147,6
33	Jun	110,1	117,5	124,5	131,5
33	Jul	117,1	124,4	131,6	138,8
33	Aug	107,7	115,6	122,2	128,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
33	Sep	90,6	101,4	111,2	121,0
33	Okt	36,3	41,7	46,8	51,9
33	Nov	20,1	25,1	30,8	36,5
33	Dez	13,6	19,3	26,2	33,1
33	2016	825,5	910,5	992,2	1073,9
34	Jan	12,9	18,3	24,4	30,5
34	Feb	30,3	36,4	42,3	48,2
34	Mär	57,8	64,5	70,2	75,9
34	Apr	103,6	110,6	117,3	124,0
34	Mai	124,8	132,9	140,4	147,9
34	Jun	111,1	118,4	125,4	132,4
34	Jul	117,4	124,6	131,9	139,2
34	Aug	112,0	119,4	127,0	134,6
34	Sep	92,3	102,4	111,2	120,0
34	Okt	37,7	43,0	48,2	53,4
34	Nov	20,4	25,5	30,5	35,5
34	Dez	14,8	20,5	27,0	33,5
34	2016	835,1	916,5	995,8	1075,1
35	Jan	13,0	17,8	23,3	28,8
35	Feb	28,4	33,2	38,1	43,0
35	Mär	59,0	65,5	71,4	77,3
35	Apr	101,7	109,2	116,3	123,4
35	Mai	120,5	128,8	136,2	143,6
35	Jun	109,2	116,1	122,7	129,3
35	Jul	117,0	125,2	132,7	140,2
35	Aug	114,0	123,1	132,4	141,7
35	Sep	91,9	103,4	112,8	122,2
35	Okt	38,6	44,2	49,1	54,0
35	Nov	20,6	25,5	30,6	35,7
35	Dez	13,8	18,7	24,7	30,7
35	2016	827,7	910,7	990,3	1069,9
36	Jan	12,1	16,3	21,9	27,5
36	Feb	26,9	31,6	36,1	40,6
36	Mär	58,3	65,0	71,0	77,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

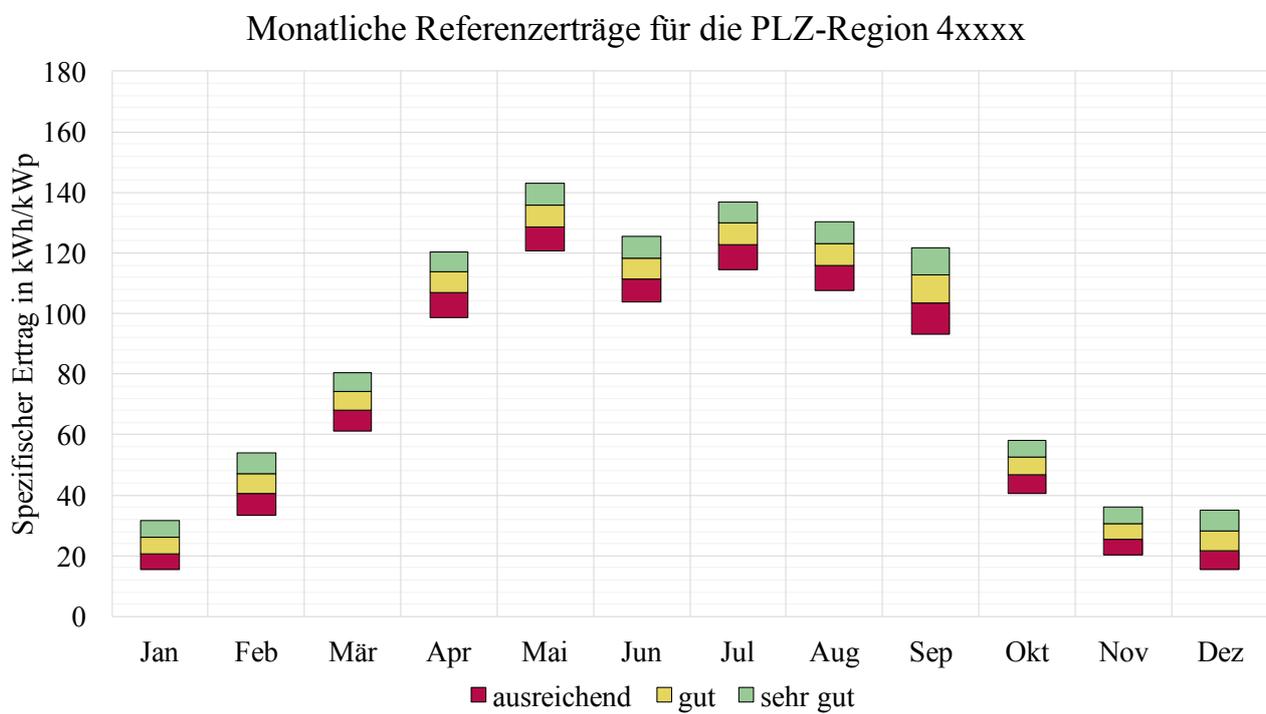
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
36	Apr	101,6	110,7	117,8	124,9
36	Mai	122,1	130,8	138,3	145,8
36	Jun	113,5	121,7	129,5	137,3
36	Jul	118,8	127,4	134,7	142,0
36	Aug	116,9	127,2	136,7	146,2
36	Sep	89,2	100,9	111,0	121,1
36	Okt	36,7	42,1	48,3	54,5
36	Nov	20,0	25,2	30,5	35,8
36	Dez	13,2	17,7	22,3	26,9
36	2016	829,3	916,6	998,1	1079,6
37	Jan	11,5	15,9	22,1	28,3
37	Feb	30,8	38,1	43,9	49,7
37	Mär	58,1	65,1	70,5	75,9
37	Apr	103,9	112,9	120,2	127,5
37	Mai	127,7	137,1	144,2	151,3
37	Jun	115,3	124,0	132,8	141,6
37	Jul	118,7	126,8	134,4	142,0
37	Aug	111,0	119,3	126,9	134,5
37	Sep	89,8	101,1	109,3	117,5
37	Okt	34,9	39,9	44,3	48,7
37	Nov	20,0	25,6	30,6	35,6
37	Dez	14,8	20,0	26,2	32,4
37	2016	836,5	925,8	1005,4	1085,0
38	Jan	11,1	15,1	20,7	26,3
38	Feb	31,4	38,1	44,3	50,5
38	Mär	59,2	66,4	71,7	77,0
38	Apr	105,9	115,4	122,0	128,6
38	Mai	132,2	141,1	148,9	156,7
38	Jun	123,7	133,7	142,6	151,5
38	Jul	119,9	128,1	134,9	141,7
38	Aug	111,7	120,4	128,5	136,6
38	Sep	86,8	100,0	108,8	117,6
38	Okt	32,5	37,4	41,5	45,6
38	Nov	19,8	25,6	30,8	36,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
38	Dez	13,6	18,7	25,1	31,5
38	2016	847,8	940,0	1019,8	1099,6
39	Jan	11,2	15,1	20,7	26,3
39	Feb	30,9	37,1	43,6	50,1
39	Mär	59,3	67,0	73,0	79,0
39	Apr	105,5	114,7	121,3	127,9
39	Mai	135,4	144,2	151,1	158,0
39	Jun	129,8	139,1	146,5	153,9
39	Jul	119,9	127,5	134,2	140,9
39	Aug	111,5	120,2	127,6	135,0
39	Sep	88,3	102,0	111,5	121,0
39	Okt	31,8	36,4	40,0	43,6
39	Nov	20,0	25,6	31,7	37,8
39	Dez	11,9	16,0	21,2	26,4
39	2016	855,5	944,9	1022,4	1099,9

## A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx



**Abbildung A.19:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
40	Jan	16,2	22,1	27,2	32,3
40	Feb	33,8	40,0	45,9	51,8
40	Mär	62,0	68,5	74,5	80,5
40	Apr	98,7	105,7	112,0	118,3
40	Mai	120,3	127,2	134,2	141,2
40	Jun	101,6	108,6	115,4	122,2
40	Jul	113,7	121,7	128,7	135,7
40	Aug	108,9	117,2	124,6	132,0
40	Sep	95,5	105,6	114,5	123,4
40	Okt	43,6	49,8	55,6	61,4
40	Nov	20,6	25,8	30,4	35,0
40	Dez	17,0	23,6	29,9	36,2
40	2016	831,9	915,8	992,9	1070,0
41	Jan	17,7	22,6	27,5	32,4
41	Feb	33,6	40,5	46,7	52,9
41	Mär	62,8	70,3	76,8	83,3
41	Apr	95,3	103,8	110,6	117,4
41	Mai	116,1	123,6	131,9	140,2
41	Jun	101,2	108,4	115,2	122,0
41	Jul	113,8	122,0	129,7	137,4
41	Aug	109,0	117,6	125,2	132,8
41	Sep	95,3	105,0	114,4	123,8
41	Okt	43,0	49,6	55,7	61,8
41	Nov	21,8	26,0	30,7	35,4
41	Dez	17,9	24,2	31,3	38,4
41	2016	827,5	913,6	995,7	1077,8
42	Jan	14,0	19,8	26,1	32,4
42	Feb	31,2	36,9	42,2	47,5
42	Mär	59,6	65,5	70,4	75,3
42	Apr	98,9	104,8	110,5	116,2
42	Mai	121,0	127,5	134,3	141,1
42	Jun	99,7	106,5	111,4	116,3
42	Jul	110,8	119,5	125,9	132,3
42	Aug	108,3	116,5	124,0	131,5

*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	Sep	95,4	105,5	113,7	121,9
42	Okt	43,1	49,1	54,4	59,7
42	Nov	19,2	24,5	29,0	33,5
42	Dez	15,5	22,9	29,7	36,5
42	2016	816,7	899,0	971,6	1044,2
44	Jan	15,8	21,6	27,1	32,6
44	Feb	33,8	39,8	46,2	52,6
44	Mär	61,8	67,2	72,8	78,4
44	Apr	102,0	109,8	116,5	123,2
44	Mai	122,9	131,6	139,6	147,6
44	Jun	104,2	111,5	120,4	129,3
44	Jul	114,9	123,5	130,7	137,9
44	Aug	108,7	116,7	124,2	131,7
44	Sep	94,6	104,9	114,4	123,9
44	Okt	40,3	46,2	51,3	56,4
44	Nov	20,6	26,1	31,5	36,9
44	Dez	16,2	23,3	31,1	38,9
44	2016	835,8	922,2	1005,8	1089,4
45	Jan	15,8	21,3	26,6	31,9
45	Feb	34,0	41,4	49,1	56,8
45	Mär	61,2	68,1	74,5	80,9
45	Apr	99,8	108,4	115,2	122,0
45	Mai	120,6	128,6	136,1	143,6
45	Jun	104,6	111,5	119,3	127,1
45	Jul	114,9	123,4	130,6	137,8
45	Aug	107,1	115,7	122,6	129,5
45	Sep	92,7	103,5	113,0	122,5
45	Okt	39,2	45,8	52,3	58,8
45	Nov	20,6	25,8	31,5	37,2
45	Dez	15,0	21,5	28,2	34,9
45	2016	825,5	915,0	999,0	1083,0
46	Jan	15,9	21,1	26,3	31,5
46	Feb	34,9	42,8	50,7	58,6
46	Mär	61,1	68,8	75,5	82,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

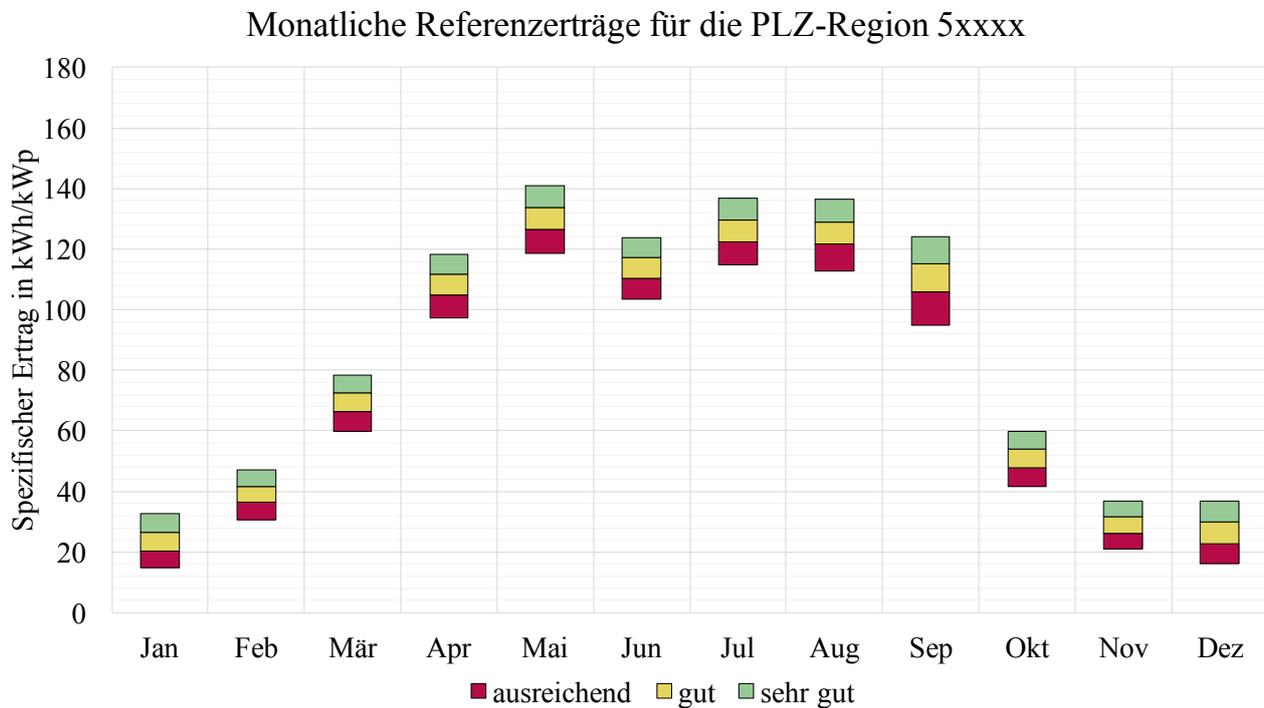
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
46	Apr	98,5	108,0	114,7	121,4
46	Mai	118,9	127,3	134,2	141,1
46	Jun	105,0	111,7	119,1	126,5
46	Jul	115,2	123,5	130,7	137,9
46	Aug	105,6	114,3	121,7	129,1
46	Sep	91,8	102,3	111,7	121,1
46	Okt	38,7	45,3	52,0	58,7
46	Nov	20,6	25,8	31,7	37,6
46	Dez	14,3	20,4	26,8	33,2
46	2016	820,5	911,3	995,1	1078,9
47	Jan	16,7	21,9	26,8	31,7
47	Feb	35,4	42,6	49,1	55,6
47	Mär	62,7	70,1	77,0	83,9
47	Apr	97,6	106,5	113,4	120,3
47	Mai	117,8	125,3	132,1	138,9
47	Jun	102,0	109,5	116,9	124,3
47	Jul	114,8	123,3	130,2	137,1
47	Aug	107,3	115,5	122,7	129,9
47	Sep	92,2	103,3	111,7	120,1
47	Okt	42,9	49,6	55,2	60,8
47	Nov	20,6	26,0	31,2	36,4
47	Dez	15,5	21,7	28,1	34,5
47	2016	825,5	915,3	994,4	1073,5
48	Jan	14,4	19,9	25,3	30,7
48	Feb	32,7	40,0	48,1	56,2
48	Mär	59,5	66,2	72,5	78,8
48	Apr	100,0	108,6	115,4	122,2
48	Mai	122,6	131,1	138,7	146,3
48	Jun	107,8	115,3	122,1	128,9
48	Jul	116,4	123,9	130,8	137,7
48	Aug	107,0	114,9	121,7	128,5
48	Sep	91,1	101,9	111,4	120,9
48	Okt	37,4	43,0	48,9	54,8
48	Nov	20,2	25,2	31,0	36,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
48	Dez	14,1	19,7	26,9	34,1
48	2016	823,2	909,7	992,8	1075,9
49	Jan	11,6	16,4	22,7	29,0
49	Feb	32,0	39,4	47,2	55,0
49	Mär	59,5	66,4	73,0	79,6
49	Apr	97,9	106,8	114,2	121,6
49	Mai	125,8	134,1	141,5	148,9
49	Jun	109,9	118,1	125,2	132,3
49	Jul	116,5	124,2	131,3	138,4
49	Aug	106,0	113,8	120,7	127,6
49	Sep	89,0	100,1	109,4	118,7
49	Okt	36,3	41,4	46,4	51,4
49	Nov	19,2	24,2	29,5	34,8
49	Dez	12,3	16,9	23,1	29,3
49	2016	816,0	901,8	984,2	1066,6

## A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx



**Abbildung A.20:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
50	Jan	16,4	22,6	28,3	34,0
50	Feb	31,7	38,1	43,8	49,5
50	Mär	60,3	67,2	73,5	79,8
50	Apr	95,2	103,6	110,1	116,6
50	Mai	117,3	124,8	132,4	140,0
50	Jun	101,6	107,9	114,0	120,1
50	Jul	112,1	119,3	126,1	132,9
50	Aug	110,4	119,3	126,6	133,9
50	Sep	96,9	107,5	116,4	125,3
50	Okt	43,3	49,8	55,5	61,2
50	Nov	20,8	26,1	31,0	35,9
50	Dez	17,8	25,5	32,4	39,3
50	2016	823,8	911,7	990,1	1068,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
51	Jan	13,8	20,5	27,3	34,1
51	Feb	30,8	36,7	41,8	46,9
51	Mär	59,5	65,6	70,7	75,8
51	Apr	97,7	104,9	110,8	116,7
51	Mai	119,5	127,0	133,9	140,8
51	Jun	101,5	108,1	114,2	120,3
51	Jul	111,1	117,4	124,4	131,4
51	Aug	110,3	119,5	126,9	134,3
51	Sep	96,3	108,1	116,3	124,5
51	Okt	42,4	49,2	55,1	61,0
51	Nov	19,8	25,7	30,7	35,7
51	Dez	16,9	24,5	31,4	38,3
51	2016	819,6	907,2	983,5	1059,8
52	Jan	17,3	23,1	28,6	34,1
52	Feb	31,9	38,7	44,4	50,1
52	Mär	60,6	68,4	74,3	80,2
52	Apr	94,7	103,4	110,5	117,6
52	Mai	115,9	124,0	131,7	139,4
52	Jun	101,7	108,2	114,5	120,8
52	Jul	112,4	119,8	126,6	133,4
52	Aug	110,8	119,9	127,3	134,7
52	Sep	96,2	107,6	116,9	126,2
52	Okt	42,9	49,7	55,4	61,1
52	Nov	21,2	26,5	31,3	36,1
52	Dez	18,2	25,9	32,6	39,3
52	2016	823,8	915,2	994,1	1073,0
53	Jan	13,9	19,9	26,2	32,5
53	Feb	30,2	35,9	40,9	45,9
53	Mär	60,1	66,5	72,8	79,1
53	Apr	95,1	103,2	109,9	116,6
53	Mai	116,5	124,2	131,5	138,8
53	Jun	101,9	108,6	114,8	121,0
53	Jul	112,6	120,1	127,5	134,9
53	Aug	112,5	121,7	128,8	135,9

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
53	Sep	96,5	107,4	116,2	125,0
53	Okt	42,6	48,7	54,7	60,7
53	Nov	20,8	26,2	31,2	36,2
53	Dez	17,2	24,2	31,4	38,6
53	2016	819,9	906,6	985,9	1065,2
54	Jan	15,3	20,7	26,7	32,7
54	Feb	29,3	34,4	39,0	43,6
54	Mär	59,9	66,7	72,1	77,5
54	Apr	94,8	101,4	107,8	114,2
54	Mai	116,9	124,4	130,6	136,8
54	Jun	102,7	109,3	115,5	121,7
54	Jul	118,9	127,6	135,6	143,6
54	Aug	117,6	126,6	134,2	141,8
54	Sep	93,5	104,8	114,3	123,8
54	Okt	42,9	49,9	56,5	63,1
54	Nov	22,1	27,9	33,3	38,7
54	Dez	16,2	22,6	29,4	36,2
54	2016	830,1	916,3	995,0	1073,7
55	Jan	16,1	21,6	27,6	33,6
55	Feb	28,9	33,8	38,4	43,0
55	Mär	61,2	68,1	74,7	81,3
55	Apr	95,7	102,8	110,0	117,2
55	Mai	117,7	125,4	132,0	138,6
55	Jun	104,5	111,6	118,6	125,6
55	Jul	122,5	130,8	137,5	144,2
55	Aug	119,7	129,0	137,5	146,0
55	Sep	92,1	104,1	113,7	123,3
55	Okt	42,2	48,9	55,7	62,5
55	Nov	22,4	28,1	33,6	39,1
55	Dez	15,2	20,5	26,9	33,3
55	2016	838,2	924,7	1006,2	1087,7
56	Jan	13,2	18,0	24,0	30,0
56	Feb	29,0	33,8	38,9	44,0
56	Mär	59,0	65,9	72,0	78,1

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

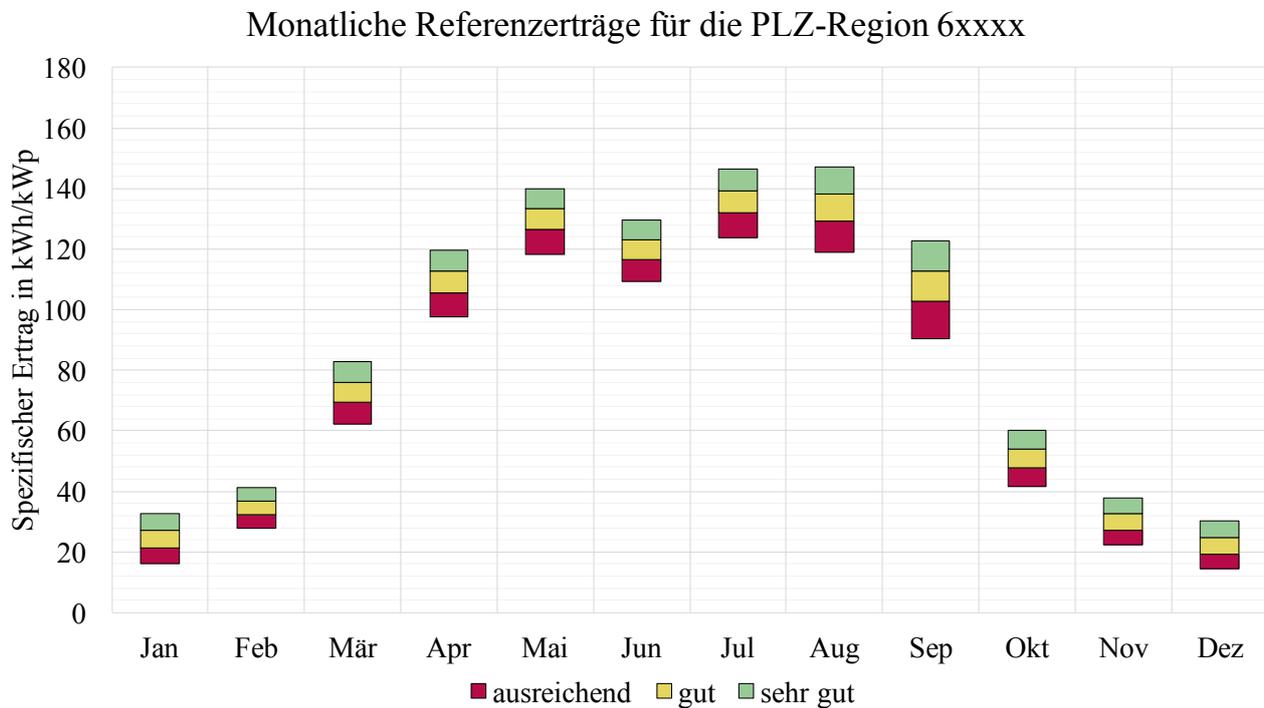
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
56	Apr	97,5	105,6	112,5	119,4
56	Mai	117,5	125,5	132,8	140,1
56	Jun	105,5	112,9	119,9	126,9
56	Jul	115,9	123,9	131,7	139,5
56	Aug	114,4	124,0	132,0	140,0
56	Sep	92,6	104,1	113,6	123,1
56	Okt	39,7	45,5	51,5	57,5
56	Nov	20,4	25,6	30,9	36,2
56	Dez	13,6	18,8	25,8	32,8
56	2016	818,3	903,6	985,6	1067,6
57	Jan	13,1	19,0	25,9	32,8
57	Feb	30,3	36,2	41,5	46,8
57	Mär	59,2	65,5	71,1	76,7
57	Apr	100,4	107,5	114,2	120,9
57	Mai	120,5	128,4	135,5	142,6
57	Jun	105,9	112,5	119,4	126,3
57	Jul	113,5	121,1	128,2	135,3
57	Aug	112,4	120,9	127,7	134,5
57	Sep	95,4	106,5	115,7	124,9
57	Okt	40,8	46,6	52,4	58,2
57	Nov	20,4	25,7	31,1	36,5
57	Dez	15,1	22,0	29,6	37,2
57	2016	827,0	911,9	992,3	1072,7
58	Jan	13,7	19,9	26,3	32,7
58	Feb	31,8	37,7	43,4	49,1
58	Mär	60,3	66,0	71,5	77,0
58	Apr	100,5	107,4	114,7	122,0
58	Mai	121,9	130,5	137,9	145,3
58	Jun	102,5	110,3	118,0	125,7
58	Jul	112,7	121,2	128,6	136,0
58	Aug	109,8	117,5	125,1	132,7
58	Sep	95,6	106,6	115,2	123,8
58	Okt	40,8	46,9	52,6	58,3
58	Nov	20,1	25,6	30,8	36,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
58	Dez	15,9	23,7	31,1	38,5
58	2016	825,6	913,3	995,2	1077,1
59	Jan	13,7	19,3	25,1	30,9
59	Feb	31,4	38,4	45,2	52,0
59	Mär	58,7	65,3	71,5	77,7
59	Apr	100,8	108,9	116,0	123,1
59	Mai	122,5	130,8	138,6	146,4
59	Jun	107,7	114,8	122,2	129,6
59	Jul	116,0	123,7	130,8	137,9
59	Aug	109,3	117,3	124,5	131,7
59	Sep	92,8	102,8	112,3	121,8
59	Okt	38,0	43,8	49,1	54,4
59	Nov	20,3	25,6	31,0	36,4
59	Dez	14,4	20,7	27,7	34,7
59	2016	825,6	911,4	994,0	1076,6

## A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx



**Abbildung A.21:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
60	Jan	15,3	19,7	24,8	29,9
60	Feb	27,5	31,5	35,7	39,9
60	Mär	61,8	68,6	74,6	80,6
60	Apr	100,1	108,9	115,7	122,5
60	Mai	118,7	127,5	133,9	140,3
60	Jun	109,9	116,6	122,2	127,8
60	Jul	121,6	130,4	137,0	143,6
60	Aug	117,2	128,3	137,4	146,5
60	Sep	89,3	101,5	111,2	120,9
60	Okt	39,0	44,4	49,1	53,8
60	Nov	21,1	25,6	30,1	34,6
60	Dez	13,1	17,0	21,8	26,6
60	2016	834,6	920,0	993,5	1067,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
61	Jan	13,5	17,6	22,5	27,4
61	Feb	27,7	31,6	35,6	39,6
61	Mär	59,1	65,8	71,3	76,8
61	Apr	100,5	108,5	115,6	122,7
61	Mai	118,9	127,6	133,8	140,0
61	Jun	110,1	116,9	122,2	127,5
61	Jul	120,1	128,4	134,8	141,2
61	Aug	116,5	126,0	135,3	144,6
61	Sep	90,4	101,5	110,9	120,3
61	Okt	38,9	44,1	48,7	53,3
61	Nov	20,7	25,1	29,3	33,5
61	Dez	12,7	16,6	21,0	25,4
61	2016	829,1	909,7	981,0	1052,3
63	Jan	13,6	18,2	24,1	30,0
63	Feb	26,8	30,9	34,9	38,9
63	Mär	60,8	68,3	74,8	81,3
63	Apr	99,1	107,8	115,2	122,6
63	Mai	119,9	128,2	134,9	141,6
63	Jun	112,2	120,0	127,3	134,6
63	Jul	121,8	131,0	138,3	145,6
63	Aug	119,3	130,3	139,5	148,7
63	Sep	90,3	102,3	112,4	122,5
63	Okt	40,0	46,2	52,3	58,4
63	Nov	21,3	26,7	31,9	37,1
63	Dez	13,8	18,4	23,9	29,4
63	2016	838,9	928,3	1009,5	1090,7
64	Jan	16,9	22,1	28,4	34,7
64	Feb	27,5	32,0	36,5	41,0
64	Mär	63,4	71,0	78,0	85,0
64	Apr	97,2	105,5	112,4	119,3
64	Mai	118,3	126,7	133,4	140,1
64	Jun	109,6	117,4	123,5	129,6
64	Jul	124,4	132,8	139,9	147,0
64	Aug	119,9	130,8	139,6	148,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
64	Sep	89,8	102,8	112,8	122,8
64	Okt	41,1	47,6	54,3	61,0
64	Nov	22,6	27,8	33,4	39,0
64	Dez	14,6	19,4	25,0	30,6
64	2016	845,3	935,9	1017,2	1098,5
65	Jan	13,9	18,2	23,6	29,0
65	Feb	28,0	32,6	37,5	42,4
65	Mär	59,6	67,0	73,9	80,8
65	Apr	99,3	107,9	115,4	122,9
65	Mai	118,5	127,0	134,0	141,0
65	Jun	109,9	116,8	123,0	129,2
65	Jul	120,2	128,2	135,6	143,0
65	Aug	116,8	126,5	136,0	145,5
65	Sep	89,2	101,9	111,4	120,9
65	Okt	38,7	44,2	49,2	54,2
65	Nov	20,7	25,3	30,5	35,7
65	Dez	12,5	16,5	21,3	26,1
65	2016	827,3	912,1	991,4	1070,7
66	Jan	17,5	23,5	29,5	35,5
66	Feb	29,3	34,0	38,4	42,8
66	Mär	62,2	69,2	76,3	83,4
66	Apr	94,6	101,2	107,9	114,6
66	Mai	116,8	124,6	131,4	138,2
66	Jun	104,7	111,9	119,7	127,5
66	Jul	125,1	133,5	140,4	147,3
66	Aug	120,2	129,5	137,8	146,1
66	Sep	92,6	104,4	114,5	124,6
66	Okt	44,4	52,2	59,2	66,2
66	Nov	23,5	29,2	34,5	39,8
66	Dez	16,6	22,3	28,6	34,9
66	2016	847,5	935,5	1018,2	1100,9
67	Jan	17,9	23,9	29,9	35,9
67	Feb	28,8	33,6	38,1	42,6
67	Mär	62,4	69,8	77,1	84,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

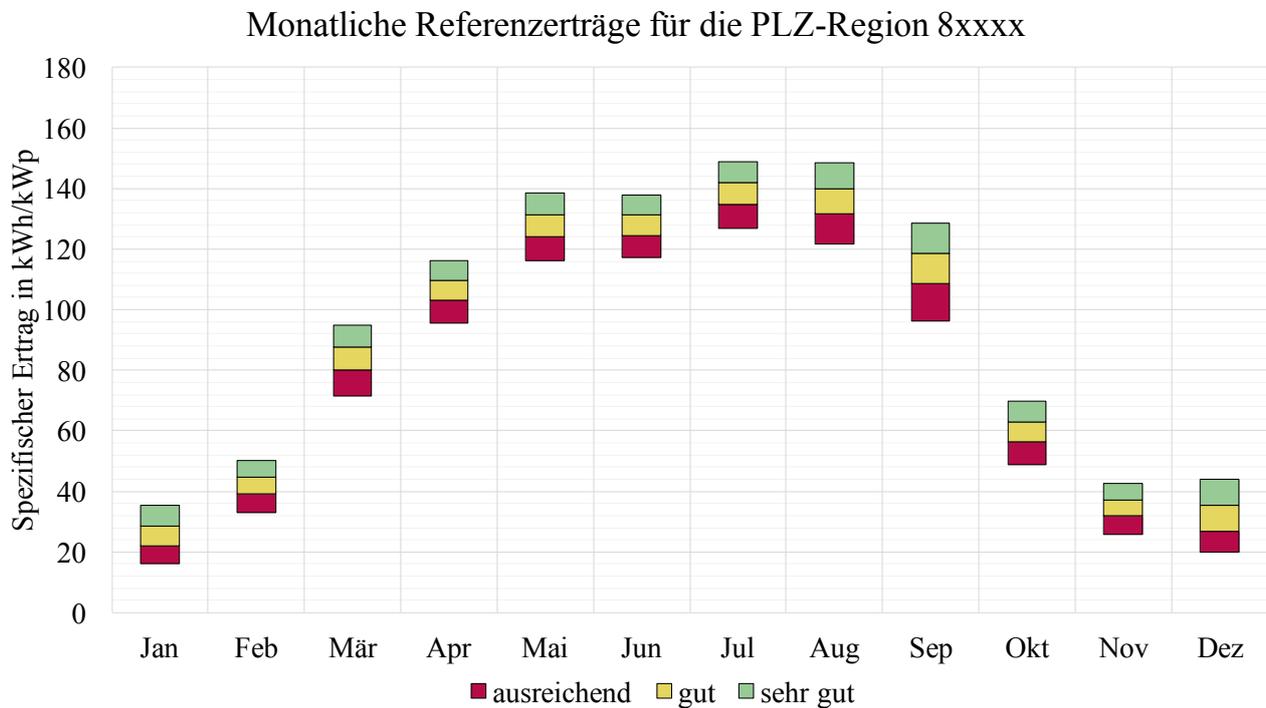
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
67	Apr	95,1	102,2	109,3	116,4
67	Mai	117,7	125,7	132,2	138,7
67	Jun	106,3	113,4	121,0	128,6
67	Jul	125,9	134,2	141,0	147,8
67	Aug	120,4	130,2	138,6	147,0
67	Sep	91,2	104,0	114,1	124,2
67	Okt	43,7	51,2	58,6	66,0
67	Nov	23,2	29,0	34,4	39,8
67	Dez	15,8	21,1	27,4	33,7
67	2016	848,4	938,3	1021,7	1105,1
68	Jan	19,0	25,0	30,6	36,2
68	Feb	28,5	33,1	37,8	42,5
68	Mär	64,5	72,3	79,5	86,7
68	Apr	96,1	104,3	111,5	118,7
68	Mai	117,9	126,4	133,4	140,4
68	Jun	109,7	117,2	123,6	130,0
68	Jul	126,0	134,5	142,0	149,5
68	Aug	120,1	130,5	139,2	147,9
68	Sep	90,5	103,4	114,0	124,6
68	Okt	42,9	49,6	57,1	64,6
68	Nov	23,0	28,5	34,0	39,5
68	Dez	15,2	19,7	25,2	30,7
68	2016	853,4	944,5	1027,9	1111,3
69	Jan	17,7	23,6	29,9	36,2
69	Feb	27,4	31,8	35,9	40,0
69	Mär	65,4	73,0	79,4	85,8
69	Apr	95,4	103,3	110,4	117,5
69	Mai	117,3	126,1	133,0	139,9
69	Jun	111,2	119,0	125,8	132,6
69	Jul	127,5	136,2	144,0	151,8
69	Aug	121,5	131,9	140,3	148,7
69	Sep	91,1	103,4	113,6	123,8
69	Okt	44,5	51,6	58,6	65,6
69	Nov	23,5	28,8	34,3	39,8

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
69	Dez	16,2	21,4	27,4	33,4
69	2016	858,7	950,1	1032,6	1115,1

## A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx



**Abbildung A.22:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
70	Jan	18,1	25,3	32,6	39,9
70	Feb	29,2	34,0	38,6	43,2
70	Mär	69,7	77,7	85,5	93,3
70	Apr	90,7	97,7	103,8	109,9
70	Mai	112,8	121,6	128,6	135,6
70	Jun	111,8	119,7	126,8	133,9
70	Jul	128,7	137,5	145,1	152,7
70	Aug	121,8	131,7	139,9	148,1
70	Sep	95,1	106,1	116,2	126,3
70	Okt	48,5	56,0	63,7	71,4
70	Nov	25,3	31,1	36,9	42,7
70	Dez	26,4	37,2	49,6	62,0
70	2016	878,1	975,6	1067,3	1159,0

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
71	Jan	17,4	24,3	31,8	39,3
71	Feb	28,4	33,2	37,8	42,4
71	Mär	68,7	76,7	84,0	91,3
71	Apr	91,4	98,8	105,0	111,2
71	Mai	113,6	122,4	129,4	136,4
71	Jun	111,9	119,9	127,1	134,3
71	Jul	128,5	137,3	144,9	152,5
71	Aug	122,3	132,5	140,7	148,9
71	Sep	94,6	105,6	115,7	125,8
71	Okt	47,5	54,9	62,7	70,5
71	Nov	25,1	30,8	36,4	42,0
71	Dez	23,8	32,9	46,1	59,3
71	2016	873,2	969,3	1061,6	1153,9
72	Jan	17,4	24,0	31,5	39,0
72	Feb	29,1	34,1	39,1	44,1
72	Mär	69,7	78,2	85,9	93,6
72	Apr	91,1	98,3	104,9	111,5
72	Mai	113,6	121,6	128,7	135,8
72	Jun	111,9	120,1	127,0	133,9
72	Jul	129,0	137,7	145,3	152,9
72	Aug	121,6	130,9	139,1	147,3
72	Sep	95,0	106,1	116,4	126,7
72	Okt	49,5	57,1	64,7	72,3
72	Nov	24,8	30,3	36,0	41,7
72	Dez	23,3	32,1	45,2	58,3
72	2016	876,0	970,5	1063,8	1157,1
73	Jan	17,3	23,7	30,9	38,1
73	Feb	29,8	34,9	40,2	45,5
73	Mär	70,0	77,9	86,0	94,1
73	Apr	93,2	100,7	107,4	114,1
73	Mai	115,9	124,4	131,7	139,0
73	Jun	114,3	122,0	129,1	136,2
73	Jul	127,5	136,1	143,8	151,5
73	Aug	124,0	133,7	142,0	150,3

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
73	Sep	95,4	107,2	117,1	127,0
73	Okt	47,6	55,0	62,2	69,4
73	Nov	24,8	30,6	36,1	41,6
73	Dez	20,5	28,0	38,2	48,4
73	2016	880,3	974,2	1064,7	1155,2
74	Jan	15,9	21,9	28,5	35,1
74	Feb	27,7	32,2	36,4	40,6
74	Mär	65,1	73,0	79,8	86,6
74	Apr	95,3	103,3	110,8	118,3
74	Mai	117,5	126,1	133,8	141,5
74	Jun	112,6	121,1	128,1	135,1
74	Jul	126,6	135,2	143,2	151,2
74	Aug	122,6	133,2	141,7	150,2
74	Sep	92,5	104,9	115,4	125,9
74	Okt	44,5	51,6	58,7	65,8
74	Nov	23,8	29,7	35,4	41,1
74	Dez	16,9	23,2	31,2	39,2
74	2016	861,0	955,4	1043,0	1130,6
75	Jan	17,7	24,3	31,6	38,9
75	Feb	28,3	32,9	37,3	41,7
75	Mär	68,1	76,5	83,6	90,7
75	Apr	91,3	98,4	105,1	111,8
75	Mai	113,8	122,4	129,5	136,6
75	Jun	111,2	119,5	126,4	133,3
75	Jul	128,7	137,6	145,2	152,8
75	Aug	121,8	131,5	139,9	148,3
75	Sep	94,3	105,4	115,5	125,6
75	Okt	48,1	55,8	63,0	70,2
75	Nov	24,8	30,4	35,9	41,4
75	Dez	21,3	29,4	41,3	53,2
75	2016	869,4	964,1	1054,3	1144,5
76	Jan	18,1	24,8	31,4	38,0
76	Feb	28,7	33,5	38,0	42,5
76	Mär	64,9	72,8	81,1	89,4

*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	Apr	91,9	99,2	105,4	111,6
76	Mai	115,3	123,3	130,2	137,1
76	Jun	107,5	115,4	123,2	131,0
76	Jul	128,0	136,0	143,3	150,6
76	Aug	121,5	130,4	138,5	146,6
76	Sep	94,0	105,6	115,1	124,6
76	Okt	47,7	55,1	61,9	68,7
76	Nov	24,3	30,0	35,4	40,8
76	Dez	18,7	25,6	34,4	43,2
76	2016	860,6	951,7	1037,9	1124,1
77	Jan	16,6	22,8	30,1	37,4
77	Feb	27,8	32,9	37,3	41,7
77	Mär	70,0	78,5	85,7	92,9
77	Apr	88,0	96,1	102,8	109,5
77	Mai	112,2	120,7	127,6	134,5
77	Jun	110,7	118,8	125,6	132,4
77	Jul	129,2	138,2	146,0	153,8
77	Aug	121,4	130,5	138,9	147,3
77	Sep	94,6	105,1	115,1	125,1
77	Okt	50,0	58,0	65,3	72,6
77	Nov	24,5	30,0	35,6	41,2
77	Dez	22,6	31,3	46,3	61,3
77	2016	867,6	962,9	1056,3	1149,7
78	Jan	16,2	22,1	29,6	37,1
78	Feb	28,5	33,8	39,2	44,6
78	Mär	71,0	80,0	87,4	94,8
78	Apr	88,9	96,8	103,5	110,2
78	Mai	112,6	120,5	127,3	134,1
78	Jun	111,7	120,0	127,0	134,0
78	Jul	128,7	137,6	145,5	153,4
78	Aug	121,4	130,6	138,8	147,0
78	Sep	95,7	106,2	116,1	126,0
78	Okt	50,8	58,7	66,1	73,5
78	Nov	24,5	29,8	35,5	41,2

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
78	Dez	24,4	34,0	47,4	60,8
78	2016	874,4	970,1	1063,4	1156,7
79	Jan	14,6	20,4	26,2	32,0
79	Feb	27,2	32,0	36,5	41,0
79	Mär	71,2	79,8	86,6	93,4
79	Apr	85,4	93,4	100,3	107,2
79	Mai	110,5	118,9	126,0	133,1
79	Jun	108,6	117,5	124,6	131,7
79	Jul	128,2	137,8	146,0	154,2
79	Aug	121,4	130,4	139,5	148,6
79	Sep	93,3	103,8	113,5	123,2
79	Okt	50,5	58,5	65,9	73,3
79	Nov	24,4	29,7	35,1	40,5
79	Dez	22,8	30,7	44,1	57,5
79	2016	858,1	952,9	1044,3	1135,7

## A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx

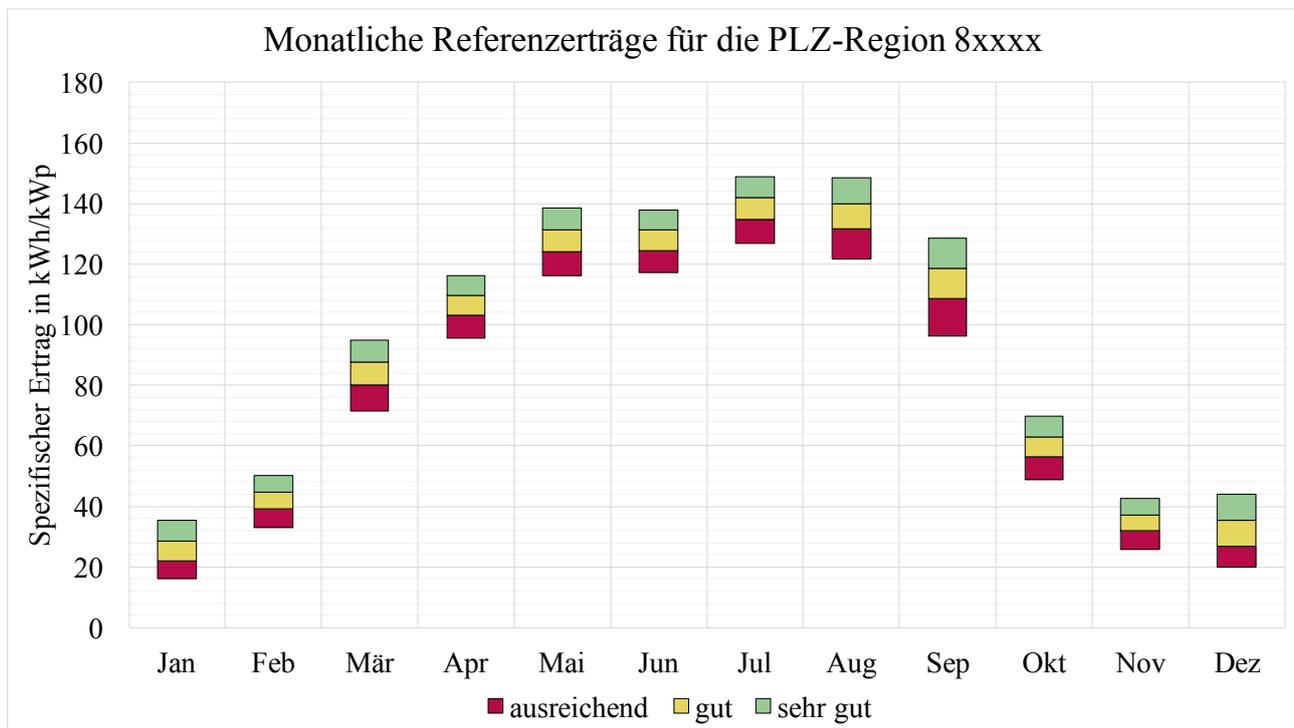


Abbildung A.23: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
80	Jan	15,8	20,6	26,3	32,0
80	Feb	33,9	40,3	45,6	50,9
80	Mär	71,1	79,7	86,6	93,5
80	Apr	94,9	102,6	109,5	116,4
80	Mai	114,0	122,5	129,6	136,7
80	Jun	117,4	124,9	131,8	138,7
80	Jul	124,7	133,1	140,2	147,3
80	Aug	118,8	129,3	138,2	147,1
80	Sep	94,3	107,6	118,0	128,4
80	Okt	48,5	56,3	63,1	69,9
80	Nov	26,5	33,3	38,8	44,3
80	Dez	19,7	27,2	35,1	43,0
80	2016	879,6	977,4	1062,8	1148,2

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
81	Jan	15,8	20,6	26,3	32,0
81	Feb	33,9	40,4	45,7	51,0
81	Mär	71,2	79,8	86,8	93,8
81	Apr	95,0	102,6	109,7	116,8
81	Mai	114,2	122,6	129,9	137,2
81	Jun	117,4	125,1	131,9	138,7
81	Jul	124,8	133,2	140,3	147,4
81	Aug	118,7	129,2	138,4	147,6
81	Sep	94,6	107,9	118,2	128,5
81	Okt	48,6	56,3	63,1	69,9
81	Nov	26,6	33,3	38,9	44,5
81	Dez	19,7	27,2	35,2	43,2
81	2016	880,5	978,2	1064,4	1150,6
82	Jan	16,8	22,4	29,2	36,0
82	Feb	33,7	40,2	45,6	51,0
82	Mär	71,2	80,6	88,0	95,4
82	Apr	94,6	102,1	108,4	114,7
82	Mai	115,5	123,3	130,8	138,3
82	Jun	117,4	124,4	131,4	138,4
82	Jul	127,4	135,5	142,6	149,7
82	Aug	121,9	131,6	140,3	149,0
82	Sep	95,6	108,7	118,7	128,7
82	Okt	49,0	57,0	63,7	70,4
82	Nov	25,7	32,1	37,3	42,5
82	Dez	19,9	26,9	36,0	45,1
82	2016	888,7	984,8	1072,0	1159,2
83	Jan	15,4	20,5	26,6	32,7
83	Feb	35,4	41,7	46,7	51,7
83	Mär	72,2	80,2	87,3	94,4
83	Apr	97,1	104,7	112,1	119,5
83	Mai	116,2	124,3	131,4	138,5
83	Jun	118,4	126,5	132,9	139,3
83	Jul	125,9	133,8	140,2	146,6
83	Aug	120,3	130,0	138,7	147,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
83	Sep	95,9	108,3	118,4	128,5
83	Okt	48,5	55,7	62,4	69,1
83	Nov	26,9	33,5	39,0	44,5
83	Dez	18,9	24,7	31,6	38,5
83	2016	891,1	983,9	1067,3	1150,7
84	Jan	13,8	19,2	26,2	33,2
84	Feb	35,7	41,4	46,3	51,2
84	Mär	72,6	80,6	87,5	94,4
84	Apr	101,3	108,9	115,3	121,7
84	Mai	120,4	128,3	135,8	143,3
84	Jun	118,8	126,6	133,1	139,6
84	Jul	126,0	133,5	140,0	146,5
84	Aug	122,8	132,2	140,3	148,4
84	Sep	99,0	110,9	120,6	130,3
84	Okt	47,0	53,1	59,1	65,1
84	Nov	27,1	33,6	39,0	44,4
84	Dez	17,6	22,8	28,6	34,4
84	2016	902,1	991,1	1071,8	1152,5
85	Jan	15,0	20,7	27,3	33,9
85	Feb	32,7	38,3	44,2	50,1
85	Mär	69,6	77,8	85,6	93,4
85	Apr	98,9	106,3	113,1	119,9
85	Mai	119,2	127,6	135,4	143,2
85	Jun	117,7	125,4	132,1	138,8
85	Jul	125,1	133,1	139,6	146,1
85	Aug	124,0	133,7	142,1	150,5
85	Sep	97,0	109,6	119,4	129,2
85	Okt	46,9	53,8	60,5	67,2
85	Nov	26,3	32,5	37,9	43,3
85	Dez	17,7	23,0	28,9	34,8
85	2016	890,1	981,8	1066,1	1150,4
86	Jan	16,8	22,8	29,6	36,4
86	Feb	31,5	37,1	43,1	49,1
86	Mär	70,6	79,2	87,3	95,4

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

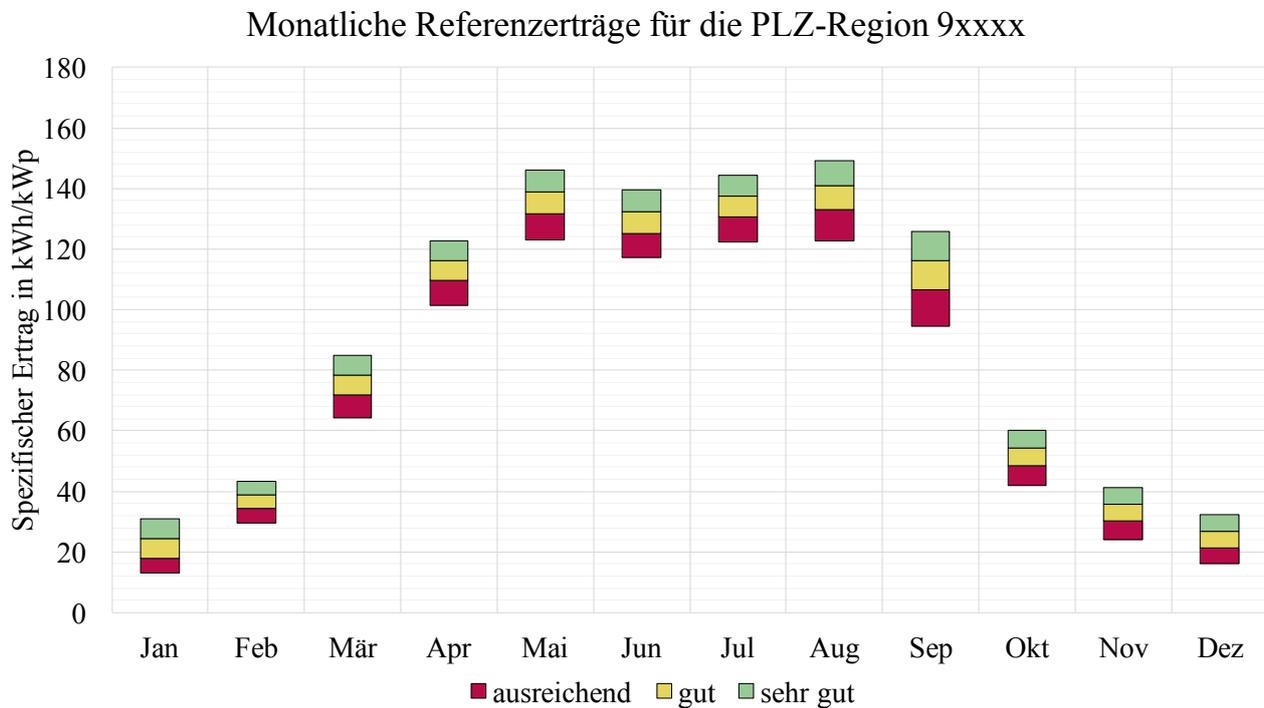
PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
86	Apr	94,9	102,4	108,7	115,0
86	Mai	116,9	125,2	132,6	140,0
86	Jun	116,9	124,0	130,7	137,4
86	Jul	127,6	135,7	143,0	150,3
86	Aug	123,6	133,6	142,1	150,6
86	Sep	96,1	108,7	118,3	127,9
86	Okt	48,3	55,7	62,7	69,7
86	Nov	24,9	30,9	36,2	41,5
86	Dez	19,4	25,8	33,9	42,0
86	2016	887,5	981,1	1068,2	1155,3
87	Jan	17,8	23,6	30,9	38,2
87	Feb	32,7	39,0	44,7	50,4
87	Mär	72,2	81,8	89,2	96,6
87	Apr	94,7	101,6	107,6	113,6
87	Mai	115,9	123,4	130,3	137,2
87	Jun	117,4	123,9	130,6	137,3
87	Jul	129,0	136,8	143,9	151,0
87	Aug	122,8	132,3	140,4	148,5
87	Sep	96,6	109,0	118,7	128,4
87	Okt	50,3	57,9	64,5	71,1
87	Nov	24,5	30,0	34,9	39,8
87	Dez	20,8	27,7	36,7	45,7
87	2016	894,7	987,0	1072,4	1157,8
88	Jan	17,0	23,5	31,4	39,3
88	Feb	29,9	36,0	41,9	47,8
88	Mär	71,1	80,6	88,3	96,0
88	Apr	92,2	99,4	105,3	111,2
88	Mai	114,3	122,2	128,7	135,2
88	Jun	114,5	121,7	128,4	135,1
88	Jul	128,7	137,2	144,4	151,6
88	Aug	122,0	131,2	139,3	147,4
88	Sep	96,5	108,0	117,7	127,4
88	Okt	51,1	59,1	66,2	73,3
88	Nov	24,4	29,7	35,2	40,7

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
88	Dez	24,0	32,9	45,7	58,5
88	2016	885,7	981,5	1072,5	1163,5
89	Jan	17,8	24,3	31,6	38,9
89	Feb	31,3	37,1	42,8	48,5
89	Mär	72,0	80,8	88,6	96,4
89	Apr	92,9	100,1	106,3	112,5
89	Mai	115,3	123,1	129,9	136,7
89	Jun	115,6	122,7	129,6	136,5
89	Jul	129,1	137,2	144,5	151,8
89	Aug	123,0	132,3	140,4	148,5
89	Sep	96,9	108,5	118,2	127,9
89	Okt	50,0	57,6	64,6	71,6
89	Nov	24,6	30,0	35,3	40,6
89	Dez	22,1	30,2	41,9	53,6
89	2016	890,6	983,9	1073,7	1163,5

## A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx



**Abbildung A.24:** Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kWp für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2016.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
90	Jan	13,7	19,0	25,1	31,2
90	Feb	29,2	32,9	36,4	39,9
90	Mär	65,0	72,0	78,1	84,2
90	Apr	100,2	107,8	113,8	119,8
90	Mai	122,5	131,8	138,5	145,2
90	Jun	114,5	122,5	129,8	137,1
90	Jul	120,7	129,1	136,1	143,1
90	Aug	125,2	136,0	144,0	152,0
90	Sep	96,5	109,1	118,2	127,3
90	Okt	44,4	51,2	56,6	62,0
90	Nov	26,0	32,4	37,8	43,2
90	Dez	16,5	21,9	27,2	32,5
90	2016	874,4	965,7	1041,6	1117,5

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
91	Jan	14,7	20,4	27,3	34,2
91	Feb	29,3	33,8	39,1	44,4
91	Mär	67,1	74,5	82,7	90,9
91	Apr	97,2	105,1	112,0	118,9
91	Mai	119,9	128,1	135,8	143,5
91	Jun	116,3	123,8	130,7	137,6
91	Jul	125,1	133,4	140,8	148,2
91	Aug	125,0	134,9	143,0	151,1
91	Sep	95,8	107,6	117,6	127,6
91	Okt	45,3	52,2	59,1	66,0
91	Nov	25,1	30,9	36,6	42,3
91	Dez	17,9	23,5	29,5	35,5
91	2016	878,7	968,2	1054,2	1140,2
92	Jan	13,5	18,8	25,3	31,8
92	Feb	29,8	34,3	39,2	44,1
92	Mär	65,7	73,5	81,1	88,7
92	Apr	101,1	108,5	114,8	121,1
92	Mai	122,7	130,9	138,1	145,3
92	Jun	116,6	124,2	131,2	138,2
92	Jul	122,5	130,6	137,4	144,2
92	Aug	125,1	135,1	143,6	152,1
92	Sep	97,0	109,6	119,1	128,6
92	Okt	44,7	51,3	57,6	63,9
92	Nov	25,9	32,1	37,4	42,7
92	Dez	16,9	22,0	27,3	32,6
92	2016	881,5	970,9	1052,1	1133,3
93	Jan	13,4	18,8	26,1	33,4
93	Feb	33,8	39,8	45,4	51,0
93	Mär	70,5	79,1	86,6	94,1
93	Apr	102,3	109,7	116,1	122,5
93	Mai	122,6	130,3	137,3	144,3
93	Jun	118,6	126,5	133,0	139,5
93	Jul	125,1	133,1	139,4	145,7
93	Aug	123,7	133,1	141,1	149,1

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
93	Sep	98,9	110,9	120,7	130,5
93	Okt	46,2	52,2	57,9	63,6
93	Nov	26,7	33,2	38,4	43,6
93	Dez	17,1	21,8	26,9	32,0
93	2016	898,9	988,5	1068,9	1149,3
94	Jan	13,3	18,6	26,2	33,8
94	Feb	35,9	41,4	46,3	51,2
94	Mär	72,7	80,6	87,5	94,4
94	Apr	103,0	110,3	116,7	123,1
94	Mai	122,6	130,2	137,1	144,0
94	Jun	119,0	126,7	133,3	139,9
94	Jul	126,2	133,5	139,8	146,1
94	Aug	123,7	132,7	140,3	147,9
94	Sep	99,4	111,3	121,0	130,7
94	Okt	46,3	52,2	57,5	62,8
94	Nov	27,1	33,5	38,8	44,1
94	Dez	17,3	21,8	27,0	32,2
94	2016	906,5	992,8	1071,5	1150,2
95	Jan	12,8	17,4	23,4	29,4
95	Feb	27,9	31,8	35,4	39,0
95	Mär	62,5	69,7	75,6	81,5
95	Apr	101,7	109,5	115,5	121,5
95	Mai	123,8	132,8	139,4	146,0
95	Jun	116,7	124,7	131,6	138,5
95	Jul	121,1	129,2	136,2	143,2
95	Aug	124,7	135,1	142,8	150,5
95	Sep	95,0	106,5	116,3	126,1
95	Okt	41,1	48,1	54,0	59,9
95	Nov	24,4	30,1	36,0	41,9
95	Dez	16,7	21,6	26,9	32,2
95	2016	868,4	956,5	1033,1	1109,7
96	Jan	12,3	16,7	22,4	28,1
96	Feb	26,8	30,8	34,5	38,2
96	Mär	61,4	68,8	74,7	80,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
96	Apr	101,9	110,0	116,3	122,6
96	Mai	123,2	132,0	139,0	146,0
96	Jun	117,3	124,8	131,3	137,8
96	Jul	122,4	130,4	136,7	143,0
96	Aug	123,6	134,3	142,2	150,1
96	Sep	93,0	104,8	115,0	125,2
96	Okt	40,4	47,5	53,6	59,7
96	Nov	22,2	28,5	34,3	40,1
96	Dez	14,9	20,2	25,7	31,2
96	2016	859,4	948,8	1025,7	1102,6
97	Jan	13,5	18,3	23,9	29,5
97	Feb	26,9	30,9	34,7	38,5
97	Mär	62,4	69,9	75,8	81,7
97	Apr	99,8	108,3	115,2	122,1
97	Mai	121,0	129,8	137,0	144,2
97	Jun	114,3	122,4	129,4	136,4
97	Jul	122,6	131,5	138,6	145,7
97	Aug	121,8	133,5	141,8	150,1
97	Sep	92,2	104,4	114,4	124,4
97	Okt	41,0	48,0	54,4	60,8
97	Nov	22,4	28,4	34,2	40,0
97	Dez	15,2	20,5	26,2	31,9
97	2016	853,1	945,9	1025,6	1105,3
98	Jan	12,0	16,0	21,2	26,4
98	Feb	26,6	30,7	34,6	38,5
98	Mär	59,4	66,9	72,3	77,7
98	Apr	102,9	112,4	119,1	125,8
98	Mai	124,5	132,9	140,5	148,1
98	Jun	117,8	125,9	132,6	139,3
98	Jul	121,4	129,5	136,1	142,7
98	Aug	120,8	132,1	139,8	147,5
98	Sep	90,0	101,4	111,5	121,6
98	Okt	36,8	43,1	50,2	57,3
98	Nov	20,9	26,6	32,1	37,6

*Fortsetzung auf nächster Seite*

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
98	Dez	14,0	19,0	24,3	29,6
98	2016	847,1	936,5	1014,3	1092,1
99	Jan	12,0	16,1	23,5	30,9
99	Feb	29,9	36,3	42,4	48,5
99	Mär	57,0	64,7	70,3	75,9
99	Apr	103,5	114,2	121,3	128,4
99	Mai	128,0	138,5	146,0	153,5
99	Jun	120,3	131,0	140,4	149,8
99	Jul	118,1	126,5	133,9	141,3
99	Aug	114,4	124,2	132,4	140,6
99	Sep	86,3	98,6	108,0	117,4
99	Okt	32,6	37,4	41,2	45,0
99	Nov	20,3	25,8	31,3	36,8
99	Dez	15,0	20,0	26,1	32,2
99	2016	837,4	933,3	1016,8	1100,3