

Studie
zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen
2019
in Deutschland

Henrik te Heesen
Volker Herbort
Martin Rumpler

 **Institut für Betriebs- und
Technologiemanagement**
Institute for Operations and Technology Management

 Umwelt-Campus
Birkenfeld

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

 **THU**
Technische
Hochschule
Ulm

Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen 2019 in Deutschland

Herausgegeben von der
Hochschule Trier
Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für Technologie- und Betriebsmanagement (IBT)
Campusallee
55768 Neubrücke (Nahe)
Web: <http://ibt.umwelt-campus.de>

Autoren

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

Februar 2019, 96 Seiten, 49 Abbildungen, 10 Tabellen

Bildnachweis Seite 0, Seite 3, Seite 6, Seite 14, Seite 26 © Henrik te Heesen

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

© 2019 Hochschule Trier

Vorwort

Die Erträge von Photovoltaikanlagen waren im Jahr 2019 leicht überdurchschnittlich. Sämtliche PV-Anlagen in Deutschland haben insgesamt 46,54 TWh elektrische Energie ins Stromnetz eingespeist und damit einen Beitrag von 9,0 Prozent zum deutschen Strommix geleistet. Alle erneuerbare Energiesysteme haben 2019 zusammen mehr als 46 Prozent zur Stromproduktion beigesteuert - ein weiterer Rekord in Deutschland.

Die großen Stromproduktionswerte der PV-Dachanlagen lassen sich auf den kontinuierlichen Zubau in den letzten Jahren sowie die guten Einstrahlungsbedingungen zurückführen. Über weite Phasen des Jahres 2019 lagen die Stromerträge leicht über den Größenordnungen der Erträge, die dem langjährigen Durchschnitt von 2012 bis 2018 entsprechen. Dies führte dazu, dass in 2019 rund 2,5 Prozent mehr Strom als im mehrjährigen Mittel erzeugt wurde.

Wir haben uns in unserer Studie auf PV-Dachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p konzentriert, da diese Anlagen laut Daten der Bundesnetzagentur rund 90 Prozent der in Deutschland installierten PV-Anlagen ausmachen. Zudem verfügen diese Anlagen in der Regel über kein professionelles Qualitätssicherungs- und Wartungskonzept, auch betreute Fernüberwachungssysteme sind in der Anlagenklasse, insbesondere bei Hausdachanlagen bis 10 kW_p, kein Standard. Die Ertragsdaten lassen sich grundsätzlich auch auf größere Dach- oder auch Freiflächenanlagen übertragen, jedoch ist aufgrund des größeren Service- und Wartungsbudgets zu erwarten, dass diese Anlagen etwas größere Referenzerträge erwirtschaften sollten.

Ziel dieser Studie ist es, die elektrischen Energieerträge von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland für das Betriebsjahr 2019 zu bewerten, um es den Betreibern zu ermöglichen, die erwirtschafteten Energieerträge mit den für ihre PV-Anlage zu erwartenden Erträgen zu vergleichen. Damit kann jeder Anlagenbetreiber prüfen, ob seine Solaranlage solide Erträge erwirtschaftet hat oder ob es sich wegen zu kleiner Erträge lohnt, seine PV-Anlage technisch auf Optimierungsmöglichkeiten untersuchen zu lassen.

Sollten Sie Fragen oder Anmerkungen zur Studie haben, zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren. Weiterführende Informationen zur Studie, zur Forschung im Bereich der Ertragsanalyse von Photovoltaikanlagen sowie Kontaktdaten finden Sie unter:

<https://www.umwelt-campus.de/institute/institut-fuer-betriebs-und-technologiemangement/forschung/energiesystemtechnik/pv-ertragsstudie>

Neubrück im Februar 2020

Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Inhaltsverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vi
Glossar	vii
1 Zusammenfassung	1
2 Executive Summary	2
3 Einleitung	4
4 Vorgehen	7
4.1 Fernüberwachungskonzept	7
4.2 Kennzahlen zur Beurteilung von PV-Anlagen	7
5 Ergebnisse	15
5.1 Spezifischer Jahresertrag 2019	16
5.2 Spezifische Erträge pro Monat	18
Literatur	27
A Anhang	28
A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen	28
A.2 Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	30
A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2019	31
A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2019	32
A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx	38
A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx	42
A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx	47
A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx	52
A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx	57
A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx	62
A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx	67
A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx	72

A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx	77
A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx	82

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-Dachanlagen	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 2019 für PV-Anlagen	16
5.3	Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge für die Jahre 2012 bis 2019	17
5.4	Gegenüberstellung der spezifischen Jahreserträge	17
5.5	Mittlere spezifische Tageserträge 2019 in Deutschland	18
5.6	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Januar	19
5.7	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Februar	19
5.8	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im März	20
5.9	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im April	20
5.10	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Mai	21
5.11	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juni	21
5.12	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juli	22
5.13	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im August	22
5.14	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im September	23
5.15	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Oktober	23
5.16	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im November	24
5.17	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Dezember	24
5.18	Kumulierte Erträge 2019 im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt	25
A.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	30
A.2	Spez. Ertrag 2019 für PV-Anlagen	31
A.3	Spez. Ertrag im Januar 2019	32
A.4	Spez. Ertrag im Februar 2019	32
A.5	Spez. Ertrag im März 2019	33
A.6	Spez. Ertrag im April 2019	33
A.7	Spez. Ertrag im Mai 2019	34

A.8	Spez. Ertrag im Juni 2019	34
A.9	Spez. Ertrag im Juli 2019	35
A.10	Spez. Ertrag im August 2019	35
A.11	Spez. Ertrag im September 2019	36
A.12	Spez. Ertrag im Oktober 2019	36
A.13	Spez. Ertrag im November 2019	37
A.14	Spez. Ertrag im Dezember 2019	37
A.15	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 0xxxx	38
A.16	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 1xxxx	42
A.17	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 2xxxx	47
A.18	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 3xxxx	52
A.19	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 4xxxx	57
A.20	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 5xxxx	62
A.21	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 6xxxx	67
A.22	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 7xxxx	72
A.23	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 8xxxx	77
A.24	Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 9xxxx	82

Tabellenverzeichnis

A.1	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 0xxxx.	38
A.2	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 1xxxx.	42
A.3	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 2xxxx.	47
A.4	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 3xxxx.	52
A.5	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 4xxxx.	58
A.6	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 5xxxx.	62
A.7	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 6xxxx.	67
A.8	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 7xxxx.	72
A.9	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 8xxxx.	77
A.10	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 9xxxx.	82

Glossar

EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Kurztitel: Erneuerbare-Energien-Gesetz)
GW_p	Gigawatt Peak (1.000 MW _p)
IQ	Interquartilsabstand
kW	Kilowatt (1.000 W)
kWh	Kilowattstunde (1.000 Wh)
kW_p	Kilowatt Peak (1.000 W _p)
MW_p	Megawatt Peak (1.000 kW _p)
PLZ	Postleitzahl
PR	Performance Ratio
PV	Photovoltaik
STC	Standard Test Conditions
TWh	Terawattstunde (1 Milliarde kWh)
W	Watt
Wh	Wattstunde
W_p	Watt Peak



1 Zusammenfassung

In dieser Studie analysieren wir die Ertragsdaten von rund 25.800 Photovoltaikdachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p in Deutschland für das Kalenderjahr 2019. Hierzu verwenden wir Tagesertragsdaten inklusive der Konfiguration der PV-Anlagen und aggregieren die Ertragsdaten auf monatliche Werte. Die Daten werden durch einen zweistufigen Algorithmus bereinigt, um nur PV-Anlagen ohne Fehlfunktion zu betrachten.

Ertragreiches PV-Jahr 2019 Das Jahr 2019 war in allen Teilen Deutschlands sehr ertragreich. Im Vergleich zu den Vorjahren 2012 bis 2018 lagen die Erträge in 2019 durchschnittlich um 2,5 Prozent über dem langjährigen mittleren Ertrag. Dies hat zur Folge, dass höhere Einspeisevergütungen als in den Mehrjahresprognosen erwirtschaftet wurden.

Spez. Ertrag zwischen 980 und 1.150 kWh/kW_p Die größten spezifischen Erträge konnten in Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen mit über 1.100 kWh/kW_p beobachtet werden. Im Norden Deutschland betragen die spezifischen Jahreserträge der PV-Dachanlagen knapp 1.000 kWh/kW_p .

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.

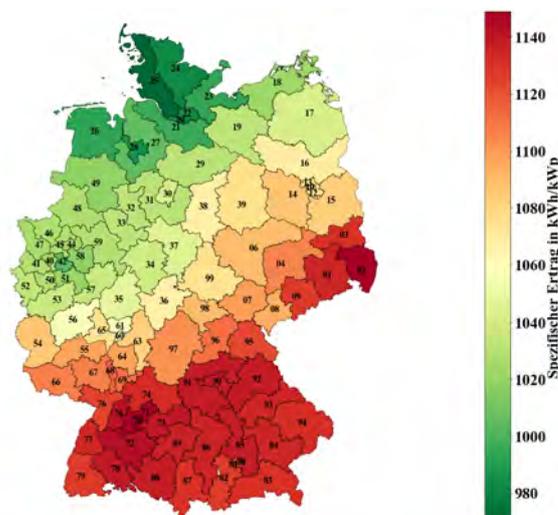


Abbildung 1.1: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikdachanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2019. Siehe auch Abb. 5.2.

2 Executive Summary

In this study, we analyze the yield data of about 25,800 roof-top PV systems with a capacity of up to 30 kW_p in Germany for the calendar year 2019, using daily yield data including the configuration of the PV systems and aggregating the yield data to monthly values. The data is adjusted by a two-stage algorithm to consider only PV systems without malfunction.

Profitable year 2019 The year 2019 was very profitable in all parts of Germany. Compared to the previous years 2012 to 2018, the PV yield in 2019 were, on average, 2.5 percent higher than the long-term average yield. As a result, higher feed-in tariffs were generated than in the multi-year forecasts.

Specific yield between 980 and $1,150\text{ kWh/kW}_p$ The largest specific yields have been observed in Baden-Württemberg, Bavaria, and Saxony with over $1,100\text{ kWh/kW}_p$. In Northern Germany, the specific annual yields of roof-top PV systems amounted to almost $1,000\text{ kWh/kW}_p$.

The evaluations in this study are based on purely statistical methods and algorithms. The results are, therefore, objectively verifiable and show no subjective influence. The significance analysis shows that if a sufficiently large number of PV systems can be evaluated, the statistical results reflect the accurate yields of the solar systems very well.

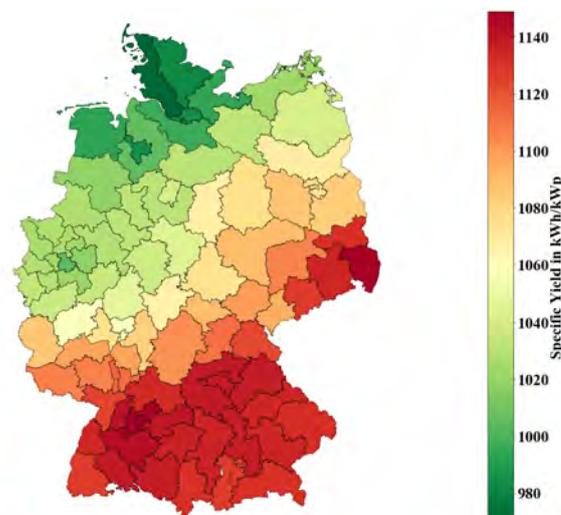
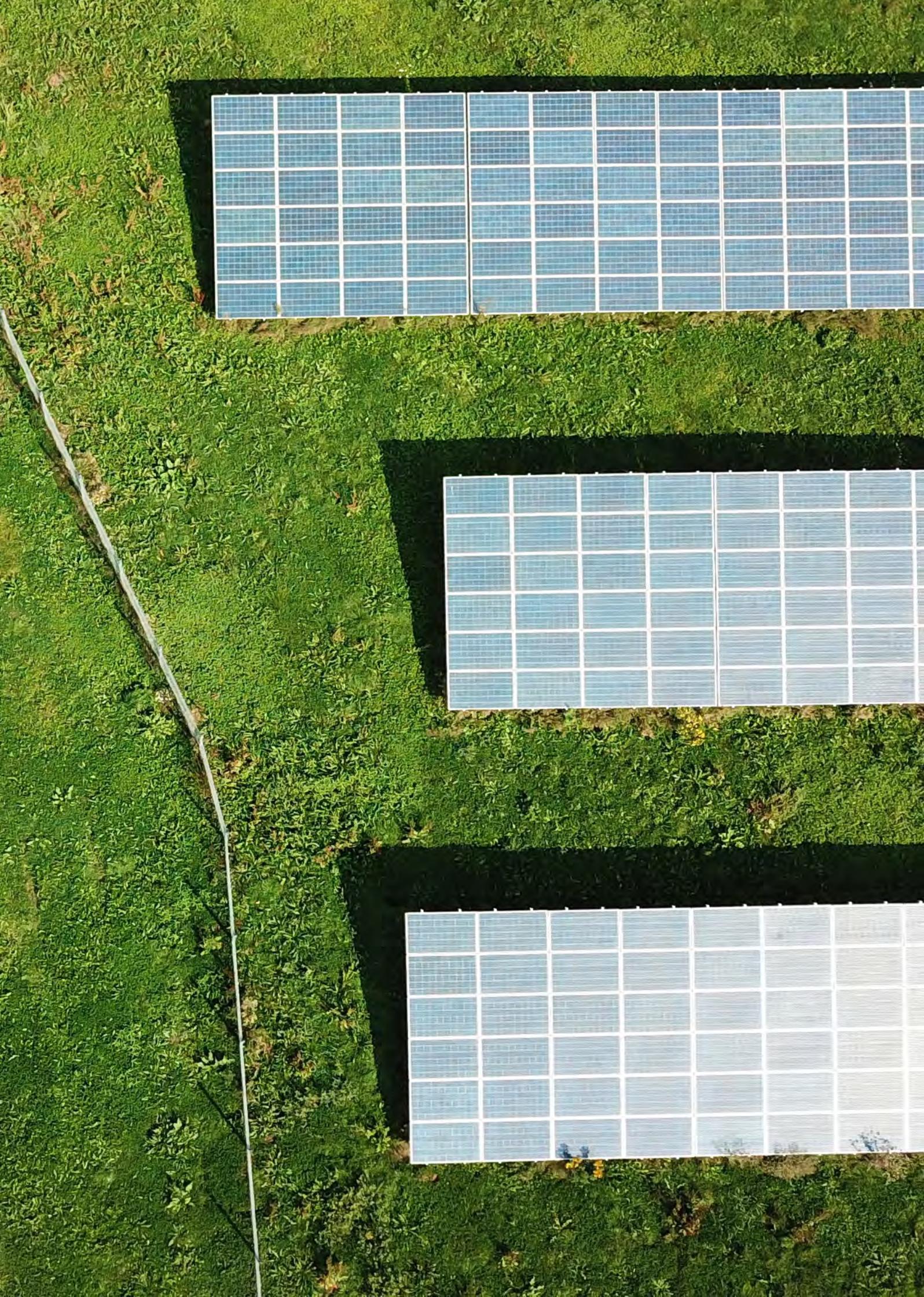


Figure 2.1: Specific yield in kWh/kW_p in tilted module plain (Southern orientation, 30° inclination angle) for small PV systems in Germany 2019. See also Fig. 5.2.

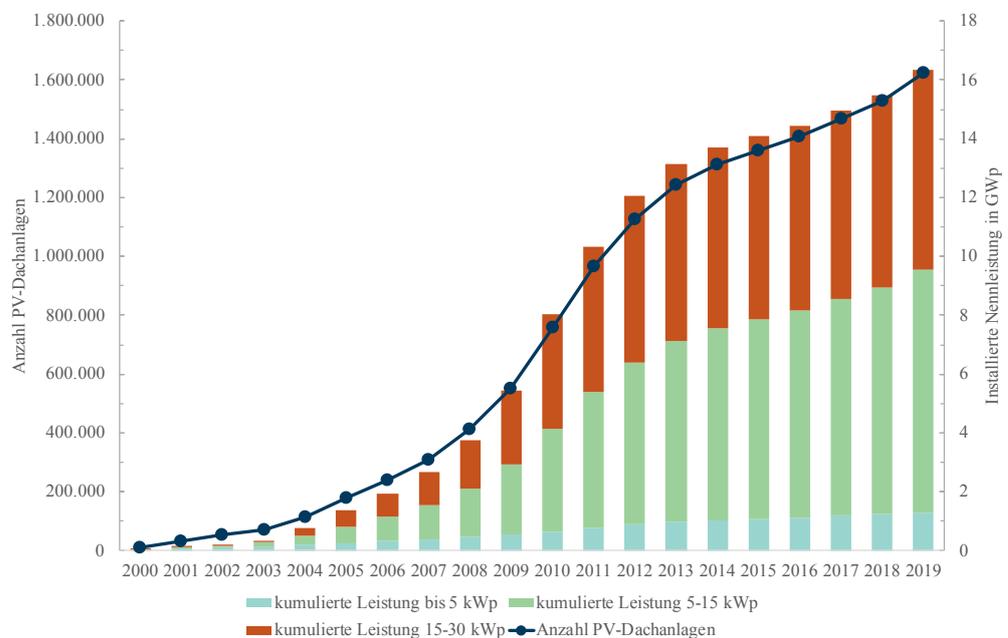


3 Einleitung

Rund 16,3 GW_p
PV-Dachanlagen
in Deutschland

Die Photovoltaikbranche hat sich in den letzten Jahren in Deutschland wieder stabilisiert und die Zubauraten haben sich spürbar erholt. In 2019 beläuft sich der Zubau an Nennleistung von Photovoltaikanlagen auf 3,6 GW_p und hat sich damit im Vergleich zu 2018 um 700 MW_p gesteigert. Die mehr als 1,6 Mio. PV-Dachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p erreichen eine installierte Leistung von rund 16,3 GW_p (siehe Abb. 3.1) und tragen damit wesentlich zur Stromproduktion in Deutschland bei.

Abbildung 3.1: Kumulierte installierte Nennleistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland im Zeitraum 2002 bis 2019. Datenquelle: Bundesnetzagentur.



Ertragssimulationen nur für Großkraftwerke sinnvoll

Zur Einschätzung der Ertragsproduktion von PV-Anlagen sind anlagen-spezifische Ertragssimulationen der genaueste Weg. Jedoch sind solche Simulationen sehr aufwändig, sodass sich diese lediglich für PV-Großkraftwerke lohnen. Für kleinere PV-Anlagen müssen in der Regel andere Möglichkeiten herangezogen werden, wie zum Beispiel der Ertragsvergleich mit PV-Anlagen ähnlicher Konfiguration und vergleichbarem Standort. Bei diesem Ertragsvergleich ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Zahl der PV-Anlagen, die für diesen Vergleich herangezogen wird, hinreichend groß ist und dass Anlagen mit technischen Störungen und Fehlern bei der Ertragsdatenermittlung nicht berücksichtigt werden, um Verfälschungen bei der Bewertung zu vermeiden.

Ertragsvergleiche
zur Beurteilung von
PV-Dachanlagen

Die Ertragsstudien, die wir in seit 2013 herausgegeben haben [te Heesen u. a. 2019b; te Heesen u. a. 2019a; te Heesen u. a. 2018; te Heesen, Herbort und Rumpler 2018; te Heesen, Herbort und Rumpler 2017; te Heesen und Herbort 2016; te Heesen, Herbort und Pfatischer 2014; te Heesen, Herbort und Pfatischer 2013], werden um die diesjährige Studie erweitert, wobei der Fokus auf Dachanlagen bis zu einer Nennleistung von 30 kW_p liegt. Die Erträge größerer PV-Dachanlagen sowie Freiflächenanlagen lassen sich aus den Daten dieser Studie ableiten und vergleichen, jedoch ist zu beachten, dass die Erträge von großen Dach- sowie Freiflächenphotovoltaikanlagen unter gleichen klimatischen Bedingungen größer ausfallen sollten, da Großanlagen über etwas größere Wirkungsgrade und ein professionelleres Servicekonzept verfügen. Sämtliche Ertragsstudien der Vorjahre sowie eine Beschreibung der wissenschaftlichen Forschung, die an der Hochschule Trier in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Ulm erfolgt, finden Sie unter <https://www.umwelt-campus.de/institute/institut-fuer-betriebs-und-technologiemangement/forschung/energiesystemtechnik/pv-ertragsstudie>

Im nächsten Kapitel werden das grundsätzliche 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 kWh.

Die Messung des Energieertrags erfolgt über die Einspeisezähler einer Anlage. Da der Energieertrag von zahlreichen 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 Y ist eine Kennzahl, mit der sich unterschiedliche Anlagen vergleichen lassen. Zur Berechnung des spezifischen Ertrags wird der Energieertrag durch die nominelle Anlagenleistung P_{nom} dividiert

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

Die nominelle Anlagenleistung in kW_p 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/kW_p . Über den spezifischen Ertrag lassen sich PV-Anlagen in einer Region mit ähnlicher Konfiguration (Ausrichtung, Neigung, Komponenten) vergleichen.

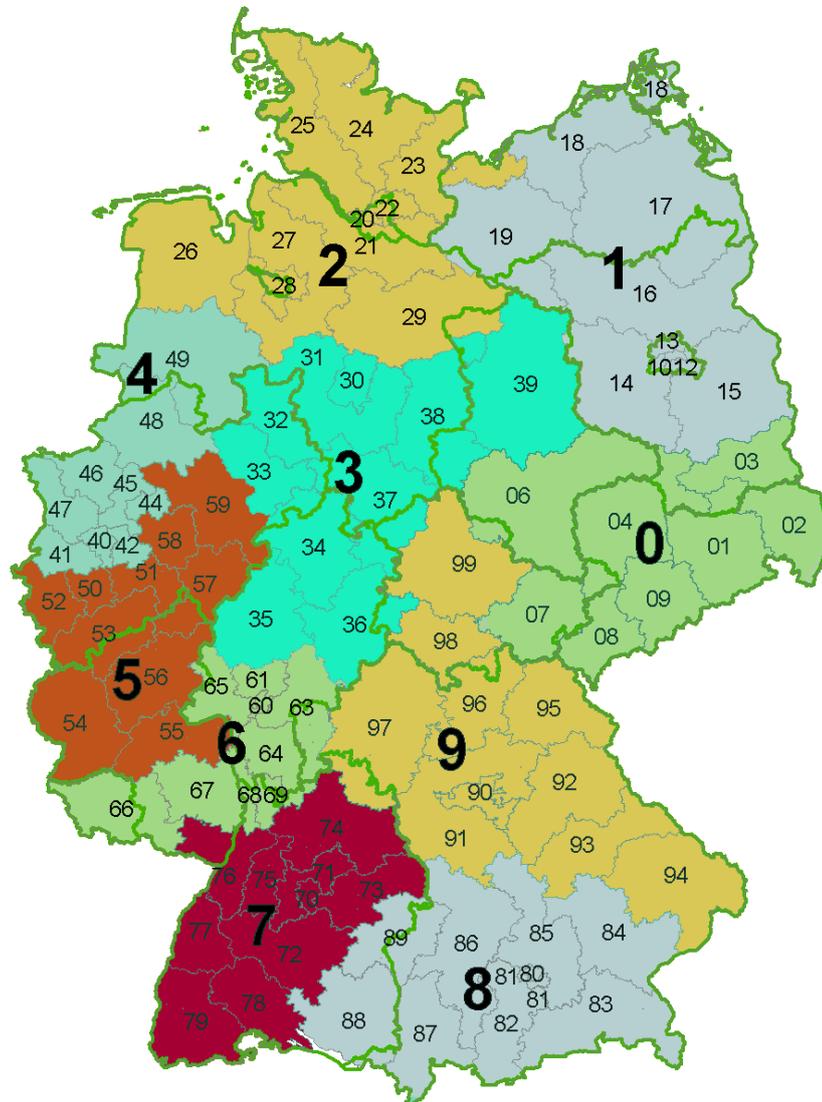
4.2.3 Räumliche Eingrenzung

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 PLZ-Gebiete erstrecken sich meist über Regionen mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Die Lage einer Anlage innerhalb des

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



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

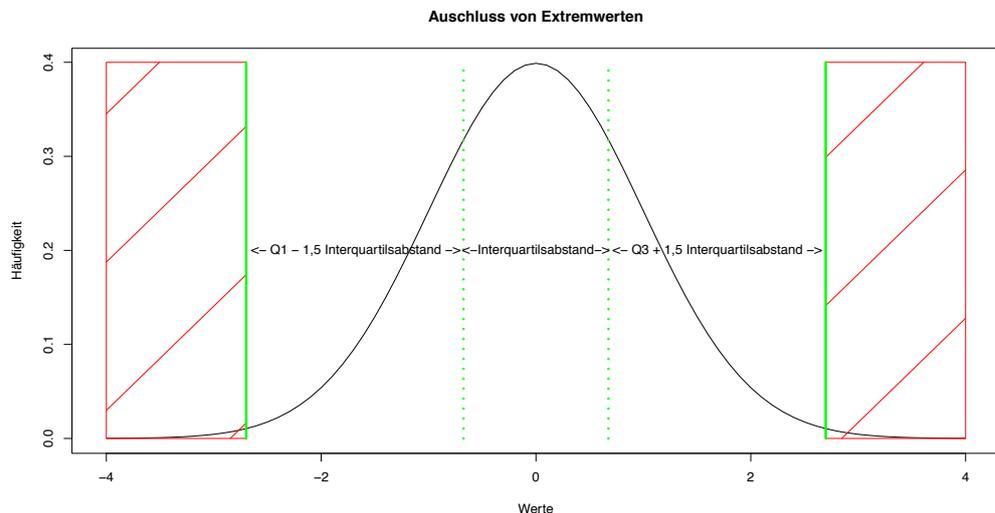
Um die Anzahl der auswertbaren Anlagen zu vergrößern, werden für die regionale Analyse von Ertrag und Einstrahlung sämtliche PV-Anlagen betrachtet, deren Standort sich innerhalb eines zweistelligen PLZ-Gebiets und den direkt angrenzenden PLZ-Gebieten befindet (z. B. PLZ-Region 46xxx mit den benachbarten 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 aufgezeichneten.

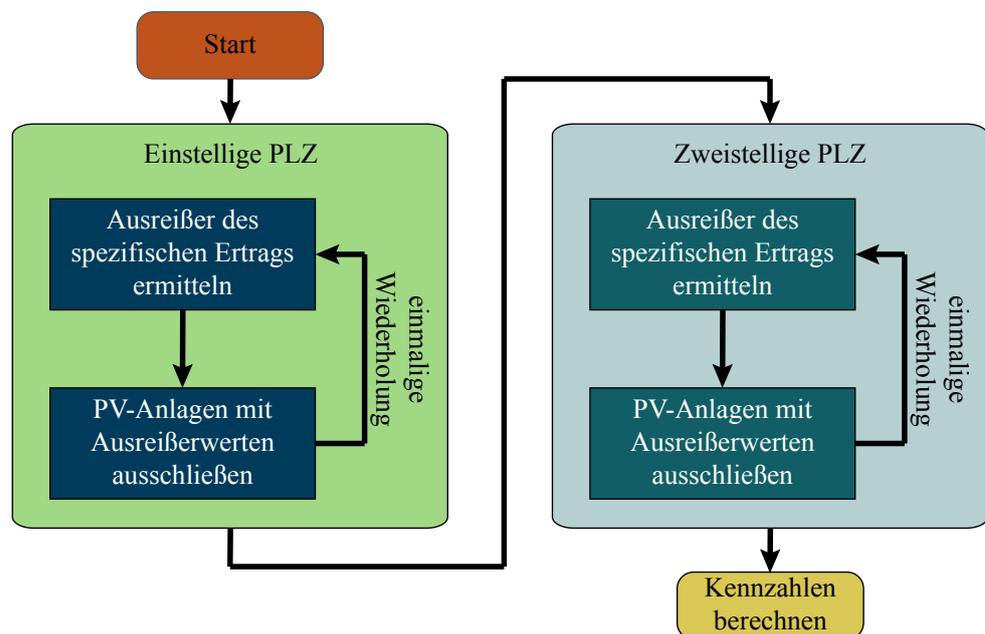
Abbildung 4.2: Ausschluss von Extremwerten unter Verwendung des Interquartilsabstands nach Tukey.



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 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).

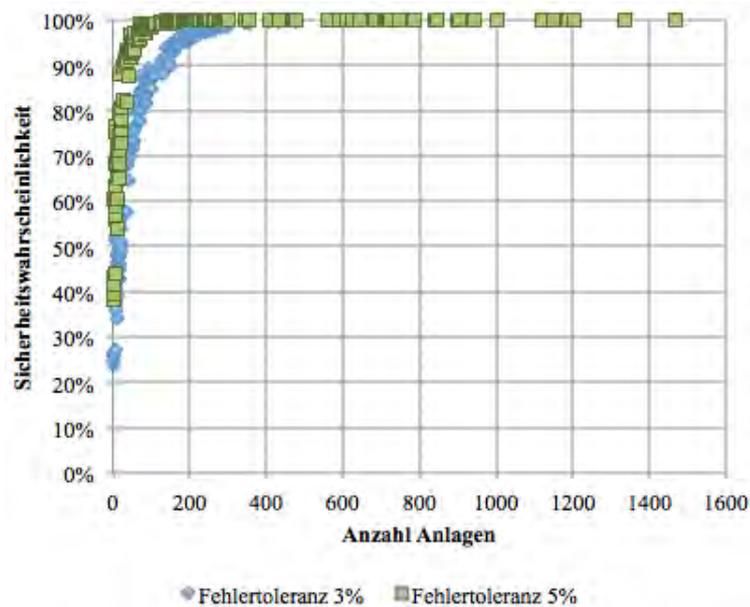
Die Ertragsdaten aller Anlagen, die sich in einem einstelligen Postleitzahlbereich befinden, werden für jeden Monat des Jahres bewertet. Anlagen, deren Erträge außerhalb der Ausreißergrenzen (d. h. deren Werte kleiner als die untere Grenze des Wertebereichs bzw. größer als die obere Grenze des Wertebereichs 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 führen kann. 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 ε des berechneten Ertrag vom wahren Ertrag in einer Region und der relativen Abweichung σ des Whiskerabstands vom Median als Maß für die Streuung der

Ertragsdaten.

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 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 [2016] zu finden.



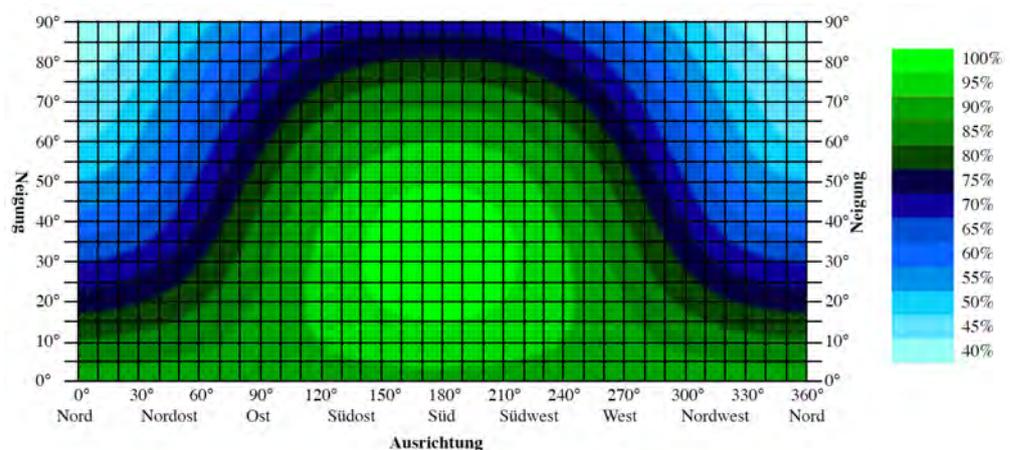
5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ertragsanalyse dargestellt und diskutiert. Im Anhang A ab Seite 28 sind die Ergebnisse der einzelnen Postleitzahlregionen im Detail (Ertragsobergrenzen und -untergrenzen sowie Quartilswerte) aufgeführt.

Korrekturfaktor
für Ertragsdaten

Sämtliche Ertragsdaten beziehen sich auf PV-Dachanlagen bis zu einer Nennleistung von 30 kW_p mit Modulen, die nach Süden ausgerichtet ($\sim 180^\circ$) sind und eine Neigung von rund 30° aufweisen. Für den Datenvergleich mit Anlagen, deren Module eine andere Ausrichtung und/oder Neigung aufweisen, müssen die in dieser Studie angegebenen Jahresertragswerte 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°) ausgerichtet und 20° geneigt sind, mit dem Faktor 90 % (0,9) multipliziert werden. Sofern die Module der PV-Anlage eine Ausrichtung zwischen Südost (150°) und Südwest (210°) sowie eine Neigung zwischen 15° und 40° aufweisen, müssen die 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°) und einer Neigung von 30° weisen den höchsten Ertrag auf und werden mit 100 % referenziert. Weichen Ausrichtung und/oder Neigung der Solarmodule von diesen Wert ab, reduziert sich der Jahresertrag der PV-Anlage.

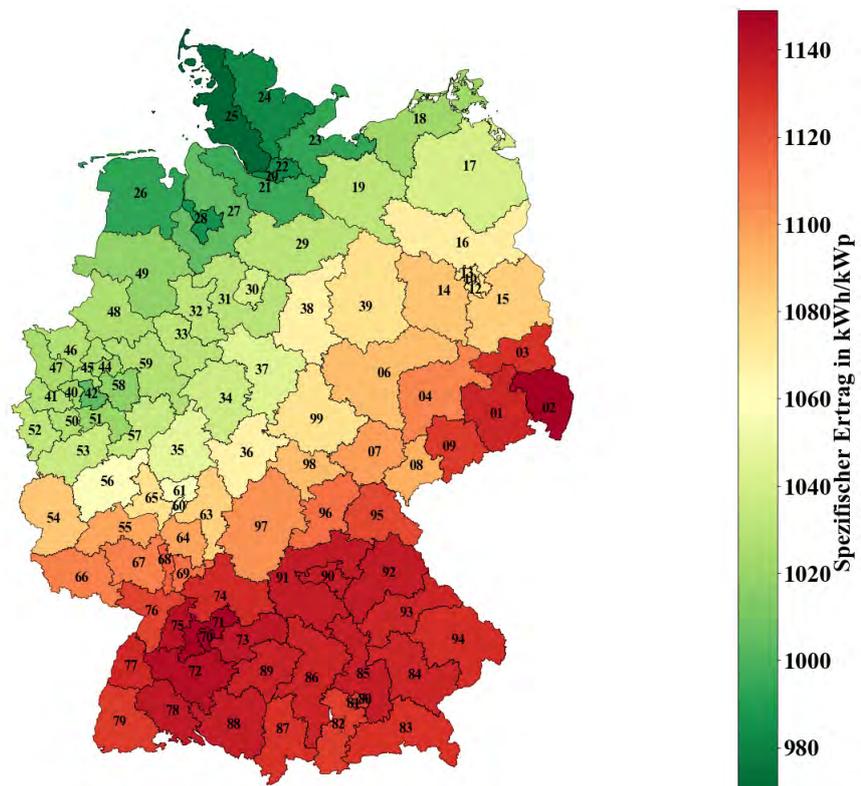


Als Referenzwert für den spezifischen Ertrag wird das 3. Quartil angegeben. Die verwendeten Modul- und Wechselrichtertechnologien sowie die spezifische Anlagenkonfiguration erlauben in den betrachteten Regionen ent-

sprechende 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 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 2019

Abbildung 5.2: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikdachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p in Deutschland im Kalenderjahr 2019 (vgl. Abb. A.2).



Durchschnittlicher Ertrag in Deutschland bei 1.076 kWh/kW_p

In Abbildung 5.2 ist die Verteilung des spezifischen Referenzertrags für 2019 auf zweistelliger PLZ-Ebene dargestellt. In Bayern, Baden-Württemberg und Sachsen lagen die Erträge zwischen 1.100 und 1.150 kWh/kW_p. Im Saarland, in Rheinland-Pfalz, Hessen, Thüringen und Brandenburg betragen die spezifischen Erträge rund 1.050 kWh/kW_p. In Nordrhein-Westfalen,

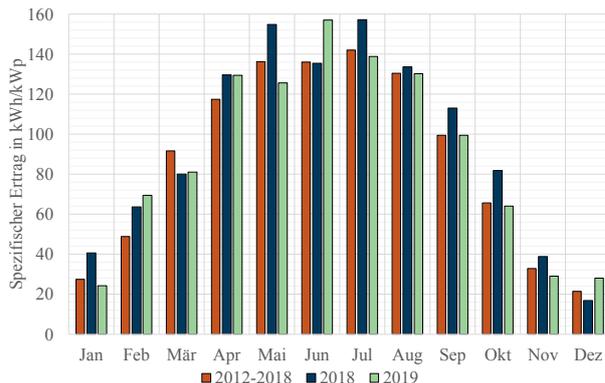


Abbildung 5.3: Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge in Deutschland für die Jahre 2012 bis 2019.



Abbildung 5.4: Gegenüberstellung der spezifischen Jahreserträge von 2012 bis 2019. Der langjährige Mittelwert des spezifischen Ertrags in Deutschland ist als blaue Linie dargestellt und beträgt 1.053 kWh/kW_p.

Niedersachsen und der Nord- bzw. Ostseeküsten waren Erträge zwischen 970 und 1.000 kWh/kW_p zu beobachten.

Ertragreiches Jahr 2019

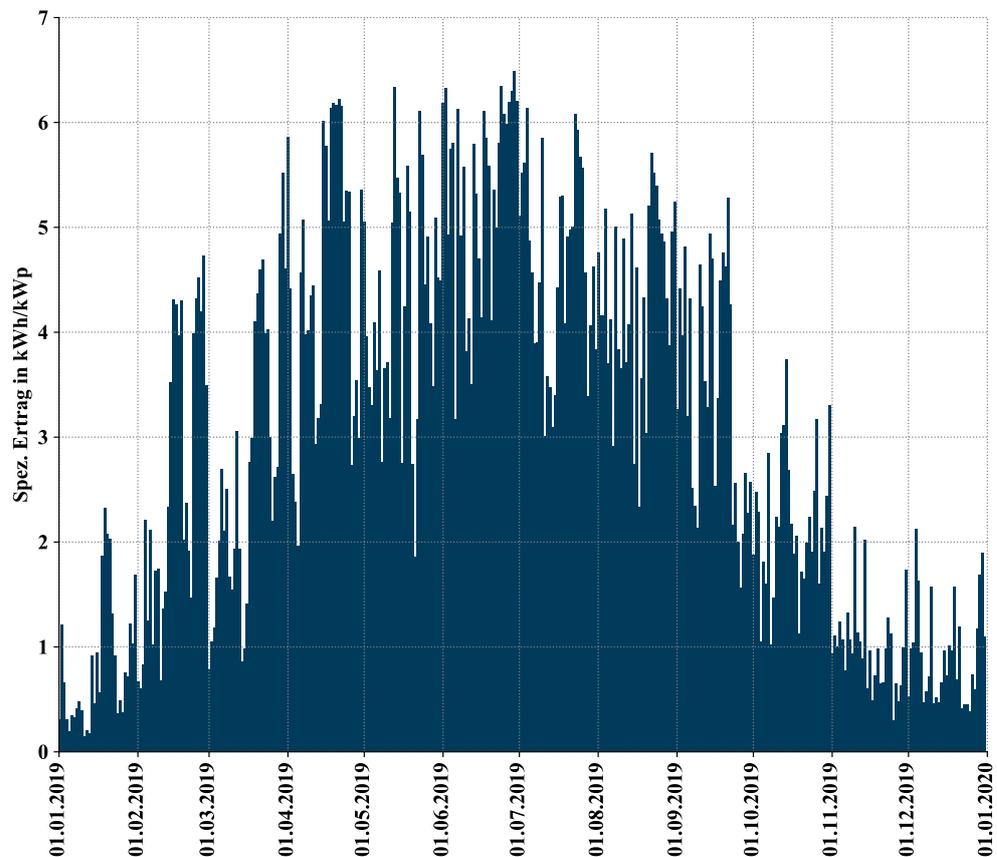
Abbildung 5.3 stellt die mittleren spezifischen Monatserträge von PV-Dachanlagen in Deutschland für den langjährigen Zeitraum 2012 bis 2018 sowie den Vorjahresertrag in 2018 den aktuellen Monatserträgen aus 2019 gegenüber. Dabei ist zu beobachten, dass im Januar, März und Mai 2019 die mittleren Monatserträge unter dem mehrjährigen Durchschnitt liegen. Der Monat Juni 2019 war im Vergleich zum Vorjahreszeitraum sowie zum langjährigen Mittelwert deutlich ertragreicher. Die Herbstmonate 2019 lagen sehr nahe am langfristigen Trend. Wird das gesamte Kalenderjahr 2019 betrachtet, so lagen die Erträge um 2,5 Prozent über dem mehrjährigen Durchschnittsertrag.

2019 lag 2,5% über dem Durchschnitt.

Dies spiegelt sich auch im Vergleich der Jahreserträge aus den einzelnen Jahren 2012 bis 2019 (siehe Abb. 5.4). Das Kalenderjahr 2018 liegt deutlich über dem durchschnittlichen Ertrag, der in Deutschland von PV-Dachanlagen erwartet werden kann. 2019 reiht sich in die Reihe an Jahren ein, die überdurchschnittlich gute Erträge erwirtschaftet haben. Der mehrjährige Referenzenertrag über einen Zeitraum von acht Jahren beträgt 1.053 kWh/kW_p.

Tageserträge im Juni auf sehr hohem Niveau

Abbildung 5.5: Mittlere spezifische Tageserträge von PV-Anlagen in Deutschland für 2019.



Die Analyse der Tageserträge von PV-Dachanlagen in Deutschland zeigt ein typisches Solarjahr. Phasen über mehrere Tage mit hohen Erträgen wechseln sich mit Phasen niedriger Erträge ab. Der Monat Juni weist, bis auf einzelne Tage, durchgängig spezifische Erträge von 5 bis 6 kWh/kW_p auf. Die Tageserträge brechen ab Oktober im Vergleich zum September deutlich ein und variieren im November und Dezember zwischen 0,5 und 2 kWh/kW_p.

5.2 Spezifische Erträge pro Monat

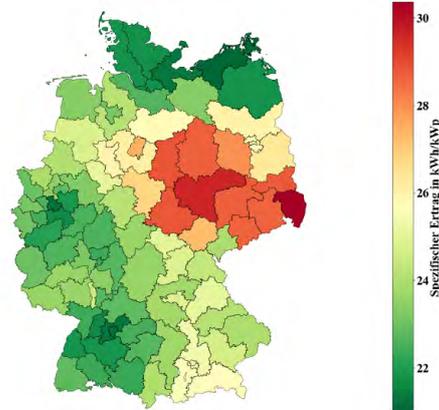
Die folgenden Abbildungen (Abb. 5.6 bis 5.17) stellen die spezifischen Monatserträge für Januar bis Dezember 2019 für Photovoltaikdachanlagen in Deutschland mit einer Nennleistung bis 30 kW_p dar. Eine Vergrößerung der Ertragskarten ist im Anhang A.4 auf den Seiten 32 bis 37 zu finden.

Typischer Januar

Sachsen-Anhalt und Sachsen wiesen im Januar 2019 in Deutschland die höchsten Erträge von bis zu 30 kWh/kW_p auf, in den übrigen Regionen Deutschlands konnten die PV-Anlagen Erträge zwischen 20 und 25 kWh/kW_p

Abbildung 5.6: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Januar 2019.

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



(b) Tageserträge im Januar.

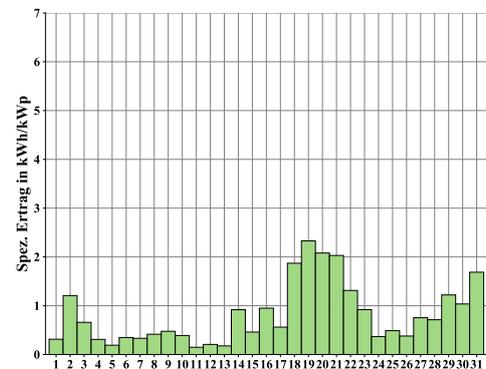
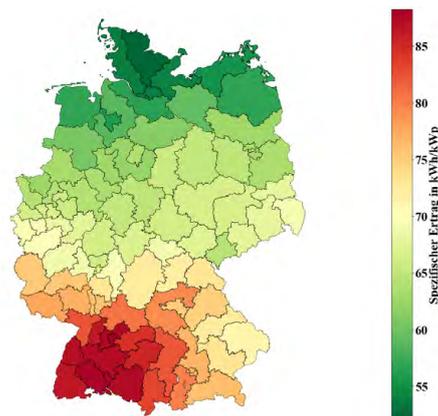
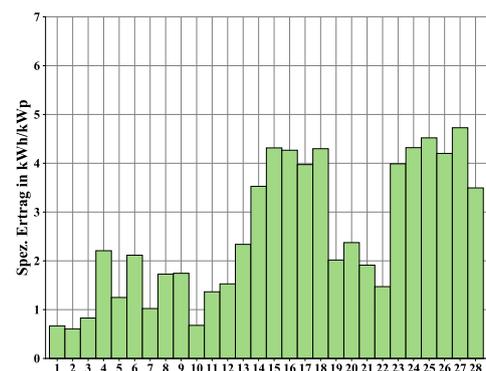


Abbildung 5.7: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Februar 2019.

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



(b) Tageserträge im Februar.



erwirtschaften. In der ersten Januarhälfte erreichten die Anlagen kaum spezifische Tageserträge von 1 kWh/kW_p, erst in der zweiten Januarhälfte wurden die Ertragsdaten besser.

Bester Februar
im Zeitraum
2012 bis 2019.

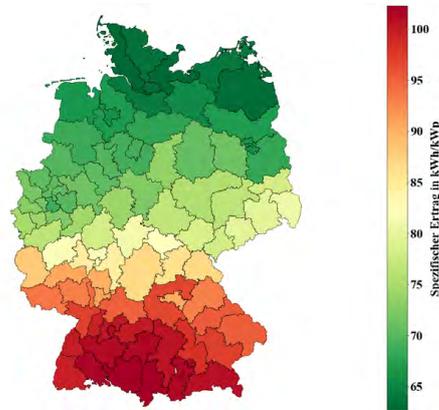
Der Februar 2019 wies ein Süd-Nordgefälle hinsichtlich der Erträge auf. Während an den deutschen Küsten spezifische Monatserträge von 55 bis 60 kWh/kW_p zu erwarten waren, erreichten Anlagen in Baden-Württemberg 80 bis 90 kWh/kW_p. Insbesondere die zweite Februarhälfte war äußerst ertragreich mit Tageserträgen von 4 kWh/kW_p und darüber.

Unterdurchschnittlicher März

Wie auch bereits in 2018 waren die Erträge im März 2019 unter dem langjährigen Durchschnitt geblieben. Im Monatsmittel haben die PV-Anlagen im März lediglich 10 kWh/kW_p mehr als im Februar erwirtschaftet. Dies

Abbildung 5.8: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für März 2019.

(a) März (Zoom siehe Abb. A.5).



(b) Tageserträge im März.

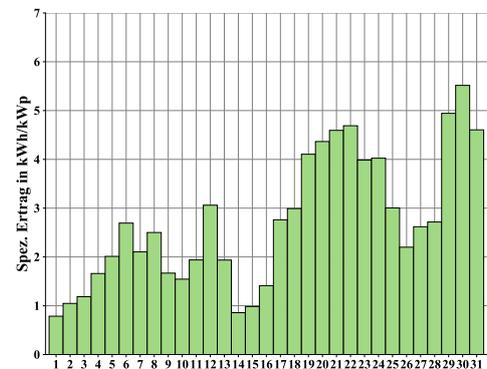
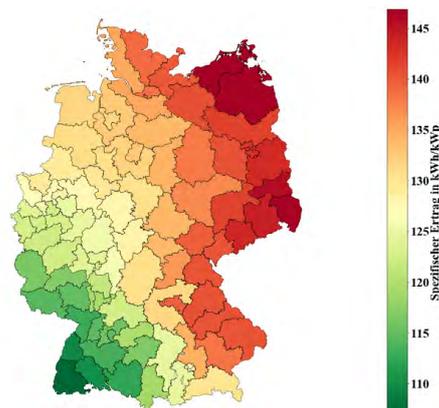
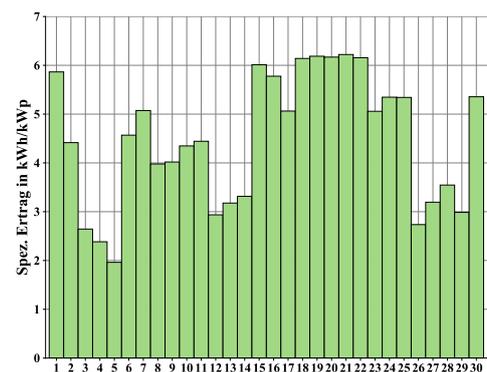


Abbildung 5.9: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für April 2019.

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



(b) Tageserträge im April.



zeigte sich durch eine schwache Ertragsphase bis Mitte März; erst ab der Monatsmitte waren Erträge von 5 kWh/kW_p und darüber zu verzeichnen.

Hohe Erträge im April

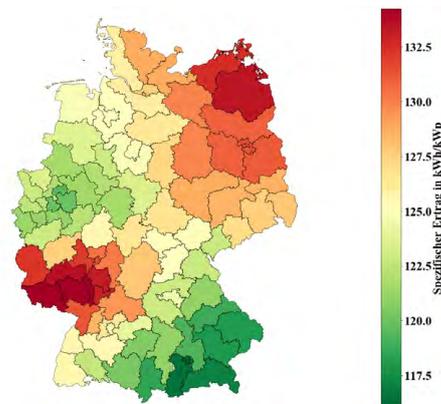
Im April 2019 betragen die Erträge im Südwesten Deutschlands 110 bis 120 kWh/kW_p, an der Grenze zu Polen und Tschechien 140 kWh/kW_p und mehr. Damit lag der April 2019, wie auch bereits in 2018, deutlich über dem langjährigen Durchschnittswert. Zwischen dem 15. und 25. April zeigte sich eine äußerst ertragsreiche Schönwetterphase mit entsprechend hohen Erträgen über 5 kWh/kW_p.

Erträge im Mai schlechter als im April

Im Gegensatz zum sonnigen April 2019 war der Mai 2019 unterdurchschnittlich. Die mittleren Monatserträge in Deutschland fielen von knapp 130 kWh/kW_p auf rund 125 kWh/kW_p und lagen damit unter dem langjäh-

Abbildung 5.10: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Mai 2019.

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



(b) Tageserträge im Mai.

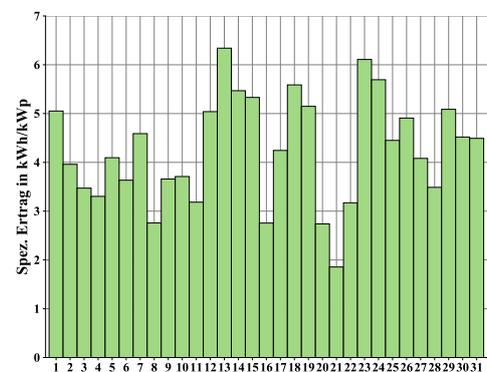
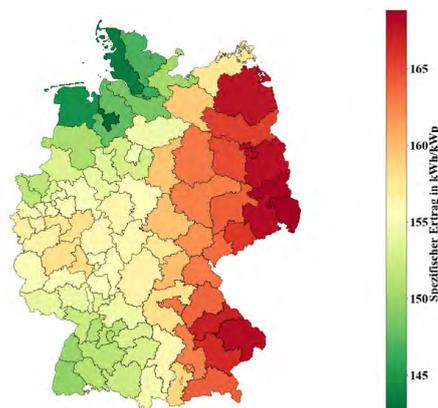
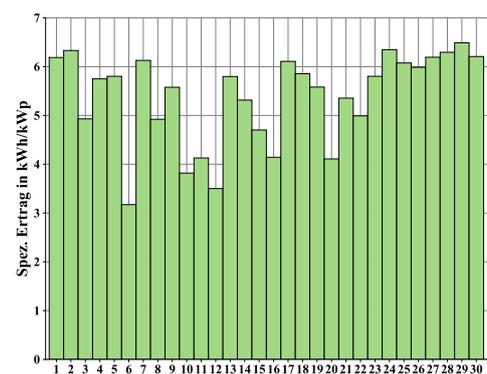


Abbildung 5.11: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Juni 2019.

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



(b) Tageserträge im Juni.



rigen Mittelwert für den Monat Mai von 136 kWh/kW_p. Die Ertragskarte zeigte eine heterogene Verteilung mit hohen Erträgen im Saarland sowie in Mecklenburg-Vorpommern. Auch bei den Tageserträgen ergab sich ein indifferentes Bild mit stark schwankenden Werten.

Ertragsreichster Juni

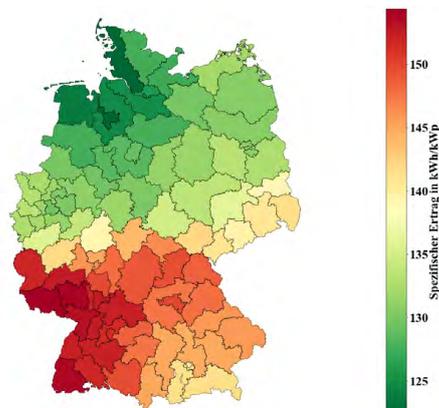
Im Monat Juni haben die PV-Dachanlagen in Deutschland Rekorderträge von durchschnittlich 157 kWh/kW_p erwirtschaftet. In der Regionalverteilung zeigte sich ein Ost-West-Gefälle. PV-Anlagen im äußersten Osten der Republik haben Erträge von über 165 kWh/kW_p erreicht, an der Nordseeküste rund 145 kWh/kW_p. Die Tageserträge lagen, bis auf wenige Ausnahmen, zwischen 5 und 6 kWh/kW_p.

Durchschnittliche Erträge im Juli

Nach dem sehr sonnigen Juni fielen die Erträge im Juli 2019 auf ein typisches Niveau von knapp 140 kWh/kW_p. Der Südwesten Deutschlands konnte

Abbildung 5.12: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Juli 2019.

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



(b) Tageserträge im Juli.

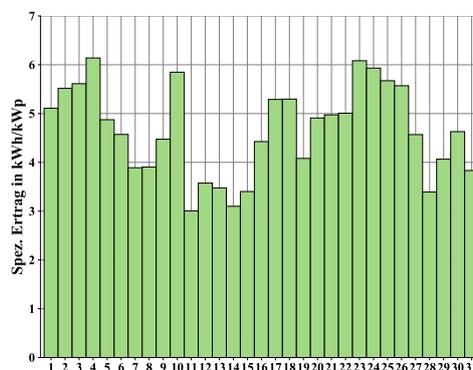
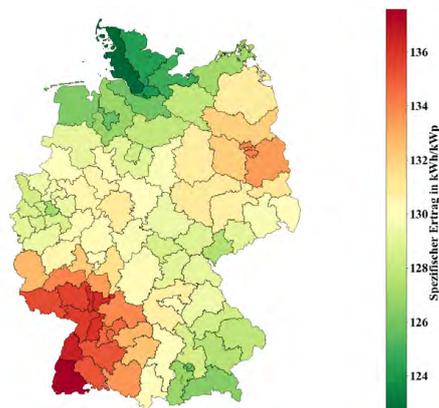
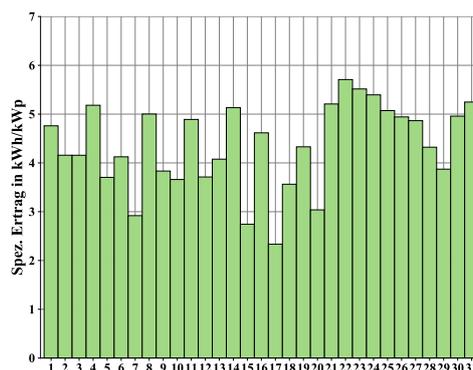


Abbildung 5.13: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für August 2019.

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



(b) Tageserträge im August.



Erträge von 150 kWh/kW_p und mehr erreichen, im Nordwesten haben die PV-Anlagen zwischen 125 und 130 kWh/kW_p erzeugt. Zwischen dem 11. und 16. Juli fielen die Tageserträge auf 4 kWh/kW_p und darunter; es gab kaum Tage, an denen die PV-Anlagen einen spezifischen Ertrag von 6 kWh/kW_p produzierten.

Homogener August

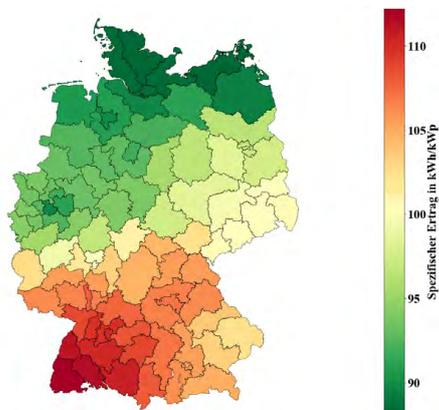
Ähnlich wie der Juli war auch der Monat August durchschnittlich. Die Erträge waren regional sehr homogen verteilt mit Werten zwischen 122 und 138 kWh/kW_p. Dabei schwankten die Tageserträge weitestgehend zwischen 4 und 5 kWh/kW_p, Ende August zeigte sich noch einmal eine mehrtägige Phase mit hohen Erträgen um die 5 kWh/kW_p.

September mit durchschnittlichen Erträgen

Die PV-Erträge im September 2019 entsprachen ebenfalls den langjähri-

Abbildung 5.14: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für September 2019.

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



(b) Tageserträge im September.

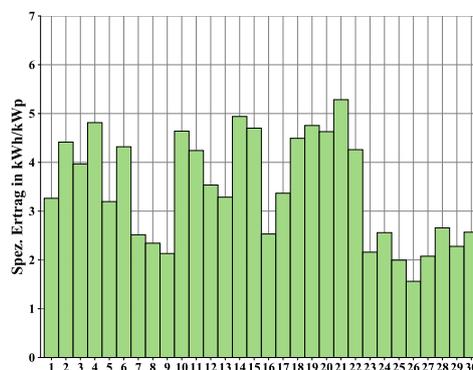
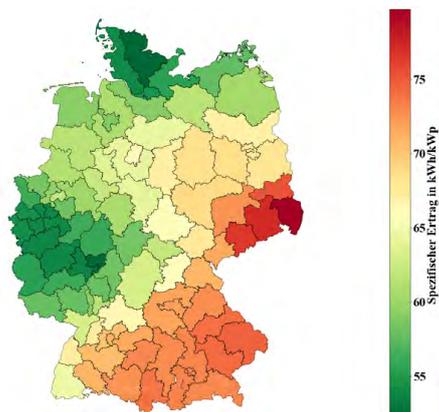
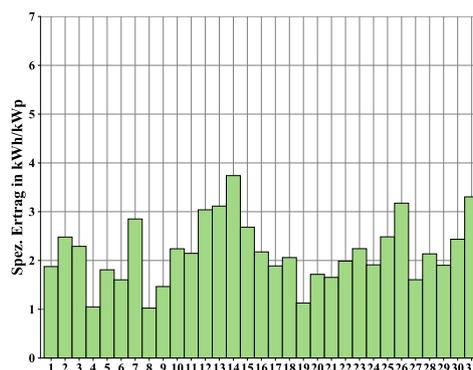


Abbildung 5.15: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Oktober 2019.

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



(b) Tageserträge im Oktober.



gen Durchschnittswerten. Im Südwesten haben die PV-Anlagen spezifische Erträge von rund 110 kWh/kW_p erreicht, an der Nord- und Ostseeküste lagen die Erträge unter 95 kWh/kW_p. Die Tageserträge schwankten bis zum 22.09. weitestgehend zwischen 3 und 5 kWh/kW_p, in der letzten Septemberwoche wurden keine 3 kWh/kW_p mehr erzeugt.

Durchschnitts-
erträge
Oktober

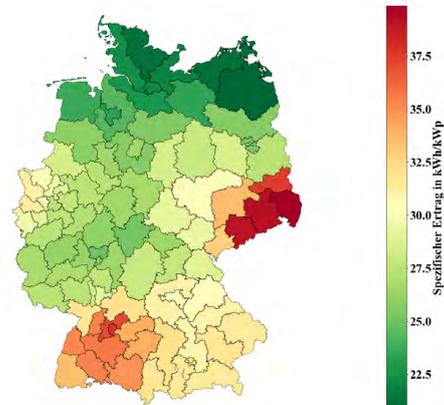
Im Oktober lagen die Erträge in Deutschland zwischen 55 kWh/kW_p in Rheinland-Pfalz und über 70 kWh/kW_p in Bayern und Sachsen. Die Tageserträge variierten um den mittleren Tagesertrag von 2 kWh/kW_p.

November leicht
ertragsärmer als
in den Vorjahren

Die Erträge im November 2019 fielen unter den Durchschnittsertrag; lediglich 29 kWh/kW_p wurden im Mittel erzeugt. Dabei konnten die höchsten Erträge in der Lausitz erreicht werden, im Norden und Westen Deutschland

Abbildung 5.16: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für November 2019.

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



(b) Tageserträge im November.

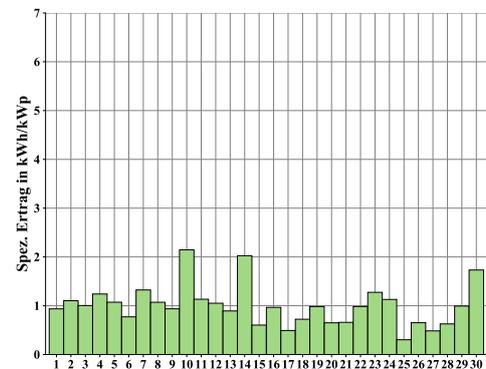
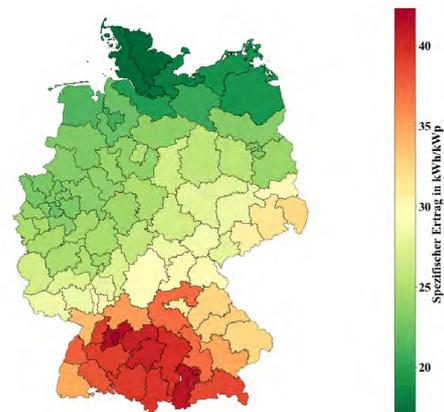
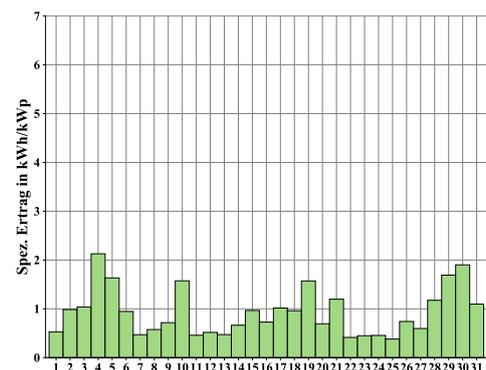


Abbildung 5.17: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Dezember 2019.

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



(b) Tageserträge im Dezember.



lagen die Erträge bei unter 25 kWh/kW_p. Lediglich drei Tage im November wiesen einen spez. Ertrag von 2 kWh/kW_p auf, alle übrigen Tage erreichten nur 1 kWh/kW_p.

Dezember über-
durchschnittlich

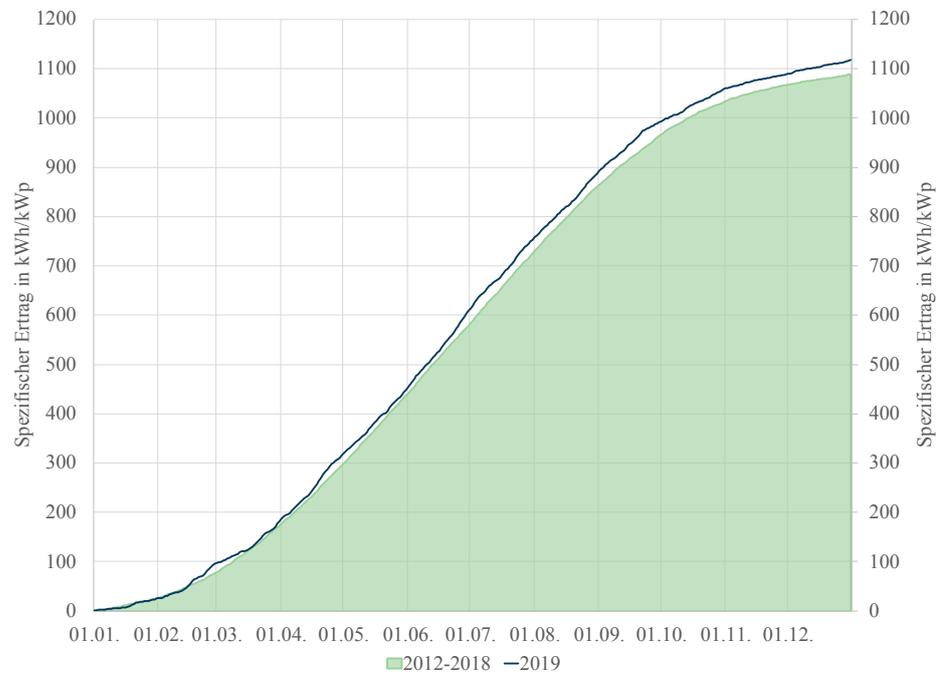
Die Erträge im Dezember lagen entgegen dem langjährigen Trend auf dem Niveau des Vormonats November mit hohen Erträgen insbesondere im Allgäu und im Alpenvorraum von bis zu 40 kWh/kW_p. Vereinzelt zeigten im Dezember einen spezifischen Ertrag von über 1 kWh/kW_p, sodass deutschlandweit rund 28 kWh/kW_p erzeugt wurden.

Leicht über-
durchschnittli-
ches Jahr 2019

Damit lässt sich festhalten, dass 2019 für Photovoltaikdachanlagen in Deutschland ein leicht überdurchschnittliches Ertragsjahr war (siehe Abbildung 5.18). Im Vergleich zu den Vorjahren 2012 bis 2018 lagen die kumulier-

ten Tageserträge für 2019 ab Mitte des Jahres über dem Durchschnitt und in der Jahresbetrachtung wurde etwa 2,5 Prozent mehr Strom produziert.

Abbildung 5.18: Entwicklung der kumulierten spezifischen Erträge in 2019 (dunkelblau) im Vergleich zu den kumulierten spezifischen mittleren Erträgen aus dem Zeitraum 2012 bis 2018 (grün).





Literatur

- Bundesnetzagentur (2020). *Marktstammdatenregister*. URL: <https://www.marktstammdatenregister.de/>.
- te Heesen, Henrik und Herbort, Volker (2016). „Development of an Algorithm to Analyze the Yield of Photovoltaic Systems“. In: *Renewable Energy* 87.2, S. 1016–2022.
- te Heesen, Henrik, Herbort, Volker und Pfatischer, Robert (Mai 2013). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2012*. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH.
- (Mai 2014). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2013*. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH.
- te Heesen, Henrik, Herbort, Volker und Rumppler, Martin (Feb. 2017). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland 2016*. Hochschule Trier.
- (März 2018). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland 2017*. Hochschule Trier.
- te Heesen, Henrik, Herbort, Volker und Rumppler, Martin (März 2018). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen 2017 in Deutschland*. Techn. Ber. Hochschule Trier. URL: <https://www.umwelt-campus.de/ucb/index.php?id=ertragsstudie>.
- (Dez. 2019a). „Performance of roof-top PV systems in Germany from 2012 to 2018“. In: *Solar Energy* 194, S. 128–135. DOI: 10.1016/j.solener.2019.10.019. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.019>.
- (Jan. 2019b). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen 2018 in Deutschland*. Techn. Ber. Hochschule Trier. URL: <https://www.umwelt-campus.de/ucb/index.php?id=ertragsstudie>.
- Tukey, John W. (1977). *Exploratory data analysis*. 1. Aufl. Addison-Wesley.

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 guten 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 knapp ausreichenden 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/kW_p 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° und deren Solarmodulneigung von 30° 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 sehr ähnliche 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.

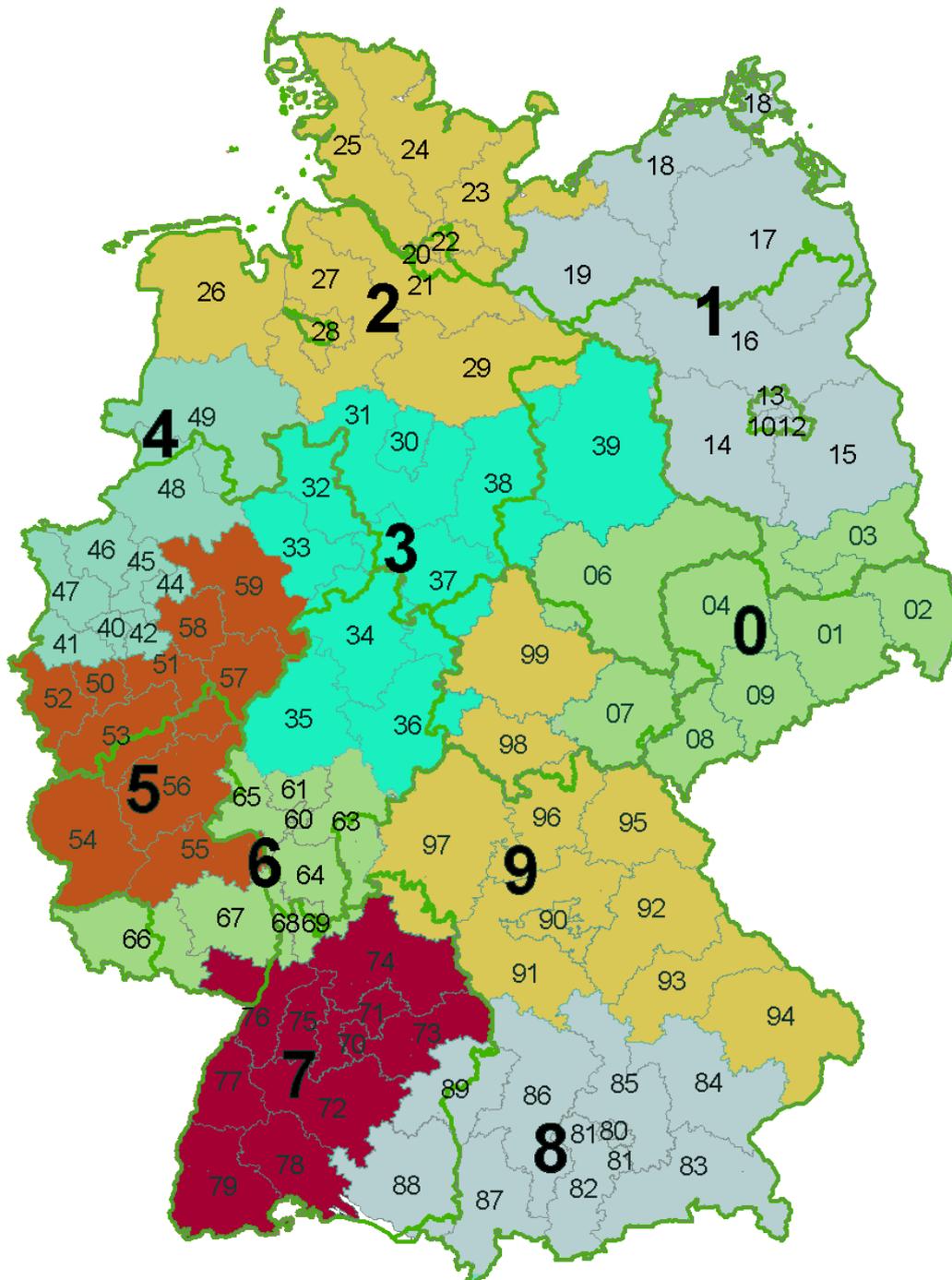
Erläuterung zum
Bewertungsschema

Betrachtet werden soll eine PV-Anlage in der Postleitzahlregion 44 (Dortmund). In Tabelle A.5 ab Seite 58 sind die zu erwartenden spezifischen Erträge pro Monat und Jahr in der PLZ-Region 44 aufgeführt. Sollte die Beispielanlage einen spezifischen Jahresertrag von 1.000 kWh/kW_p erwirtschaftet haben, dann läge dieser Wert zwischen Median und 3. Quartil - diese Anlage würde also eine gute Anlage darstellen. Wäre der spez. Jahresertrag 1.100 kWh/kW_p , dann gehört diese Anlage zur Klasse der sehr guten Anlagen in der PLZ-Region 44. Sollte der spez. Jahresertrag 900 kWh/kW_p betragen, dann wäre dieser Ertrag lediglich ausreichend. Bei einem spez. Ertrag von 850 kWh/kW_p 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

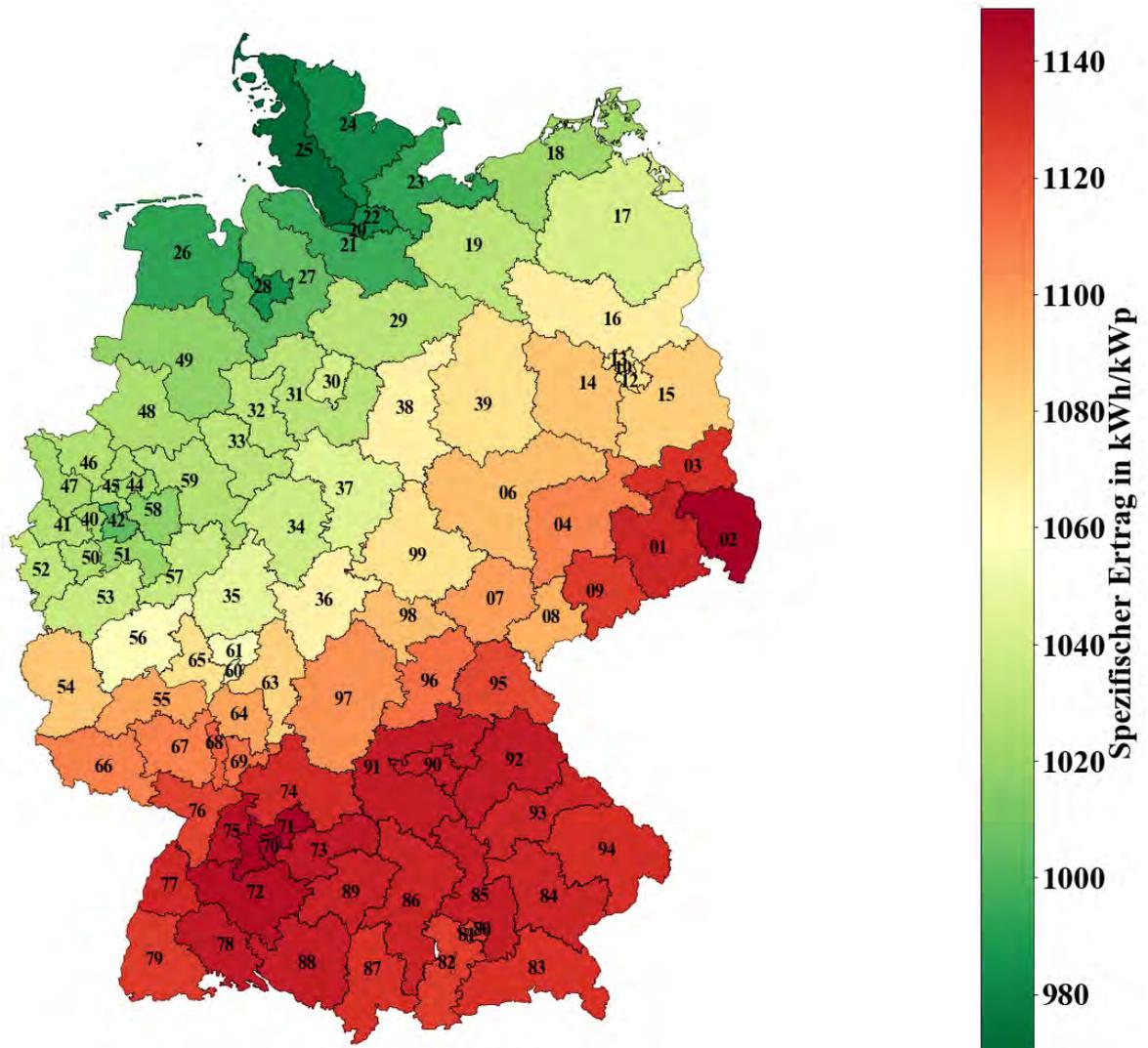
Zur Übersicht und regionalen Einordnung der zweistelligen Postleitzahlen ist die Deutschlandkarte mit den zweistelligen PLZ-Bereichen dargestellt.

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



A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2019

Abbildung A.2: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2019 (vgl. Abb. 5.2).



A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2019

Abbildung A.3: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Januar 2019 (vgl. Abb. 5.6).

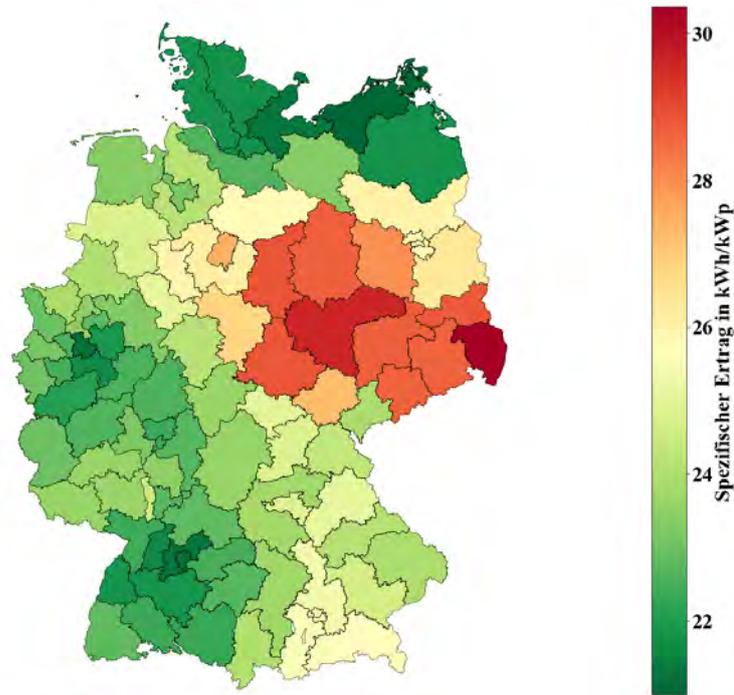


Abbildung A.4: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Februar 2019 (vgl. Abb. 5.7).

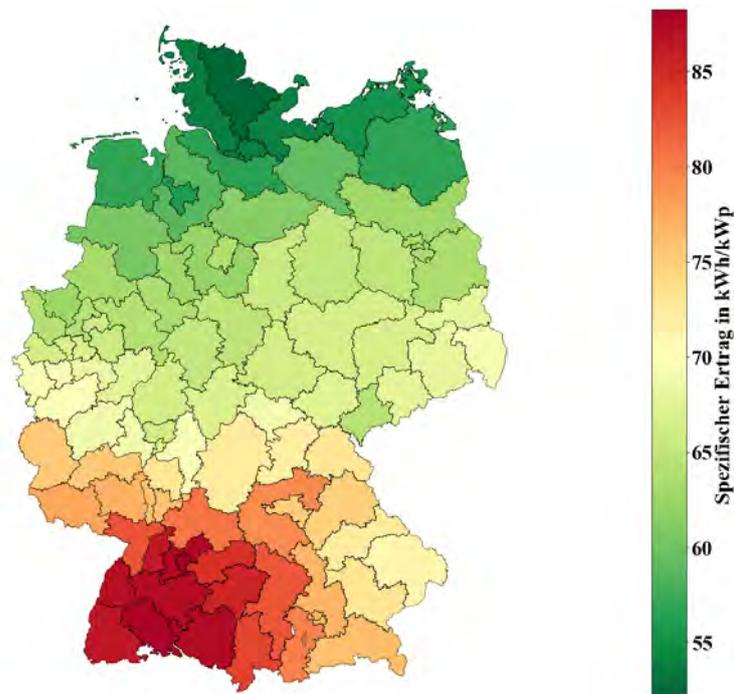


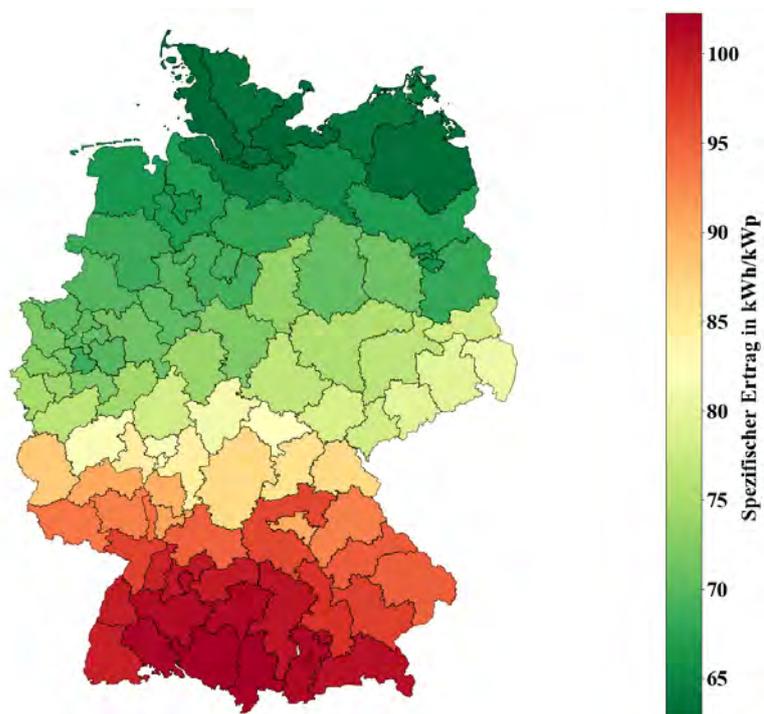
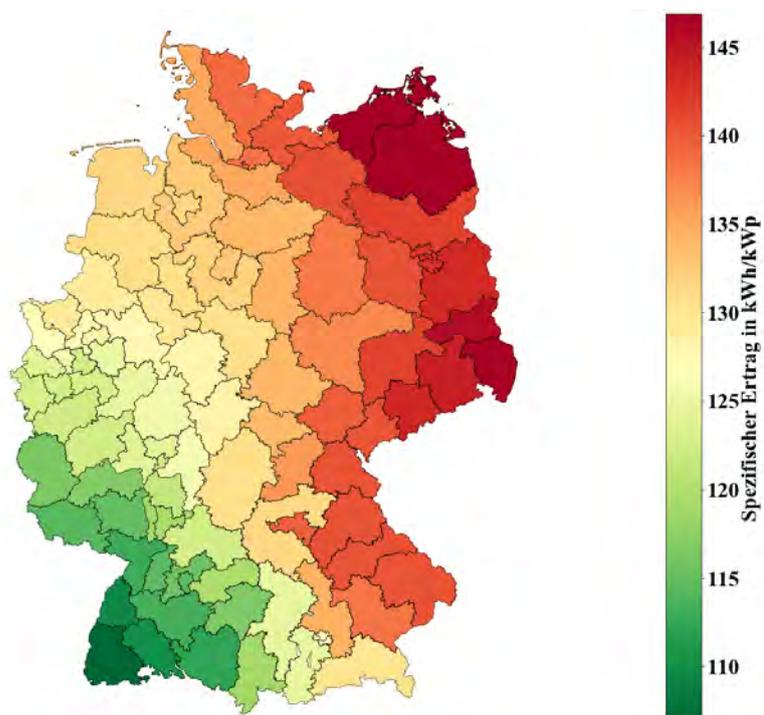
Abbildung A.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im März 2019 (vgl. Abb. 5.8).Abbildung A.6: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im April 2019 (vgl. Abb. 5.9).

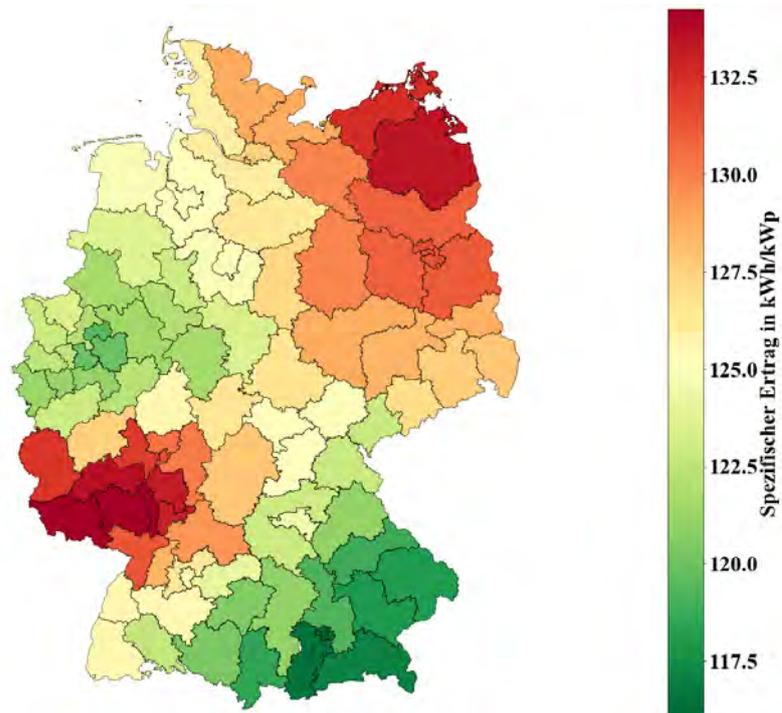
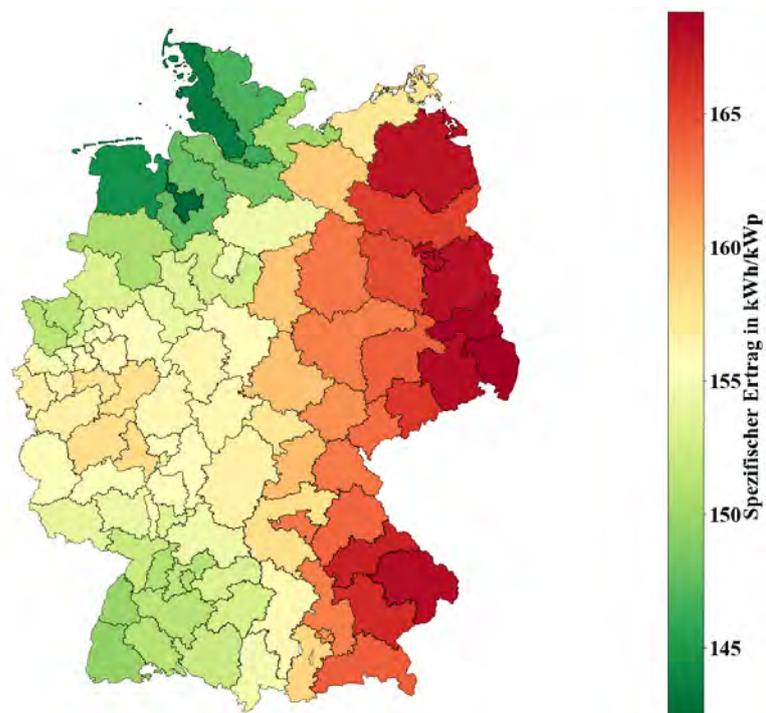
Abbildung A.7: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Mai 2019 (vgl. Abb. 5.10).Abbildung A.8: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Juni 2019 (vgl. Abb. 5.11).

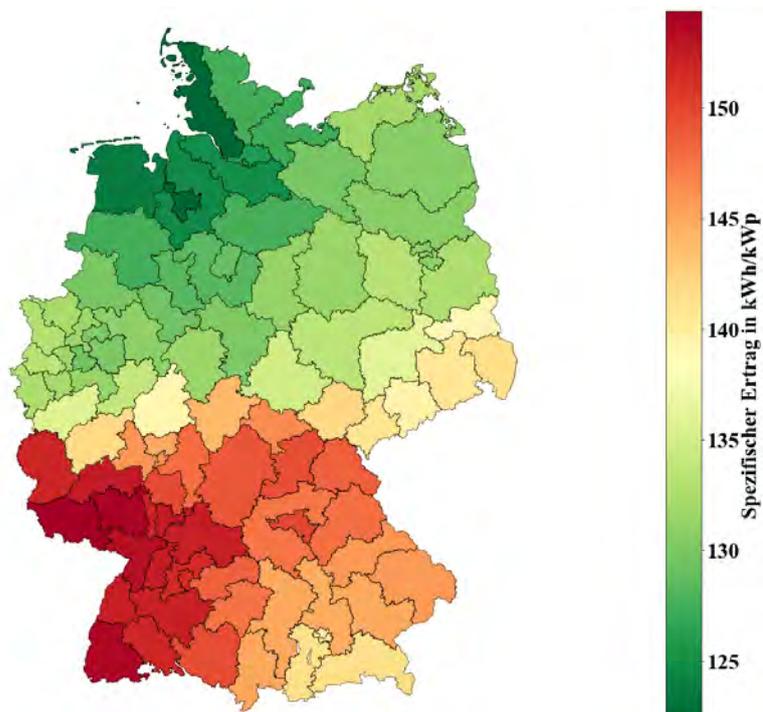
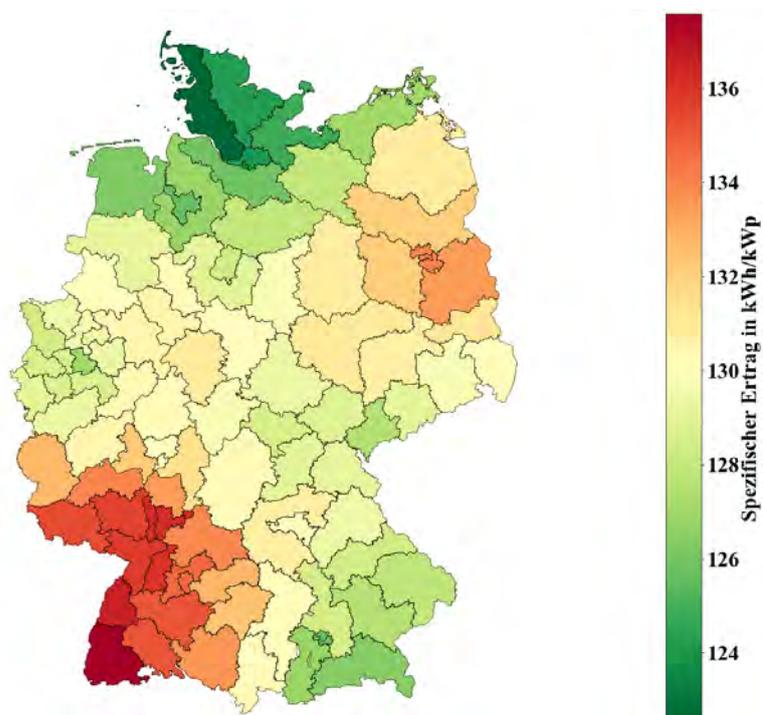
Abbildung A.9: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Juli 2019 (vgl. Abb. 5.12).Abbildung A.10: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im August 2019 (vgl. Abb. 5.13).

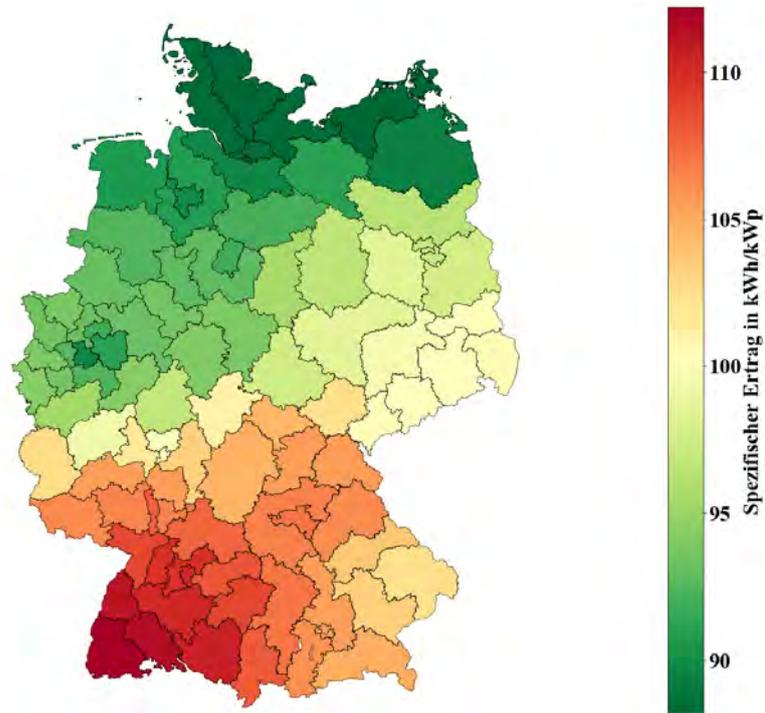
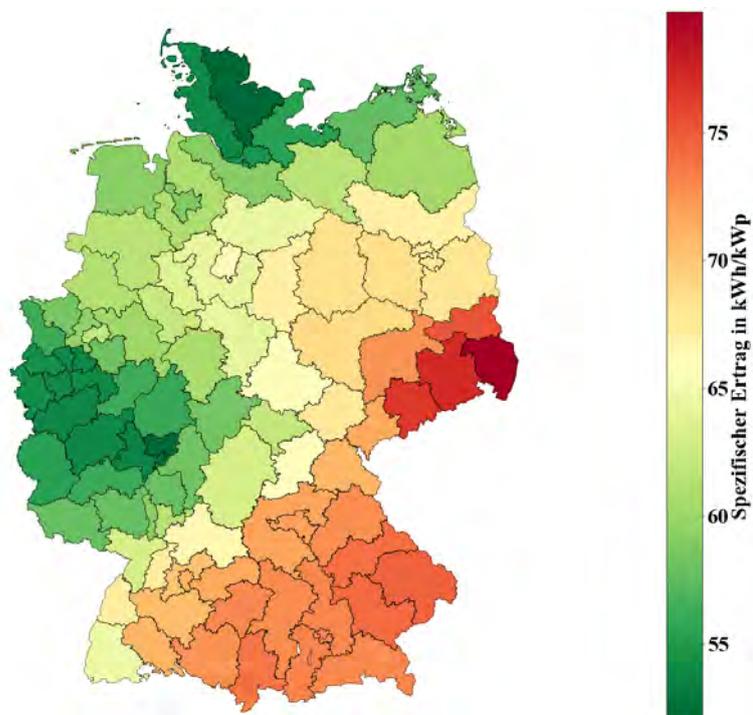
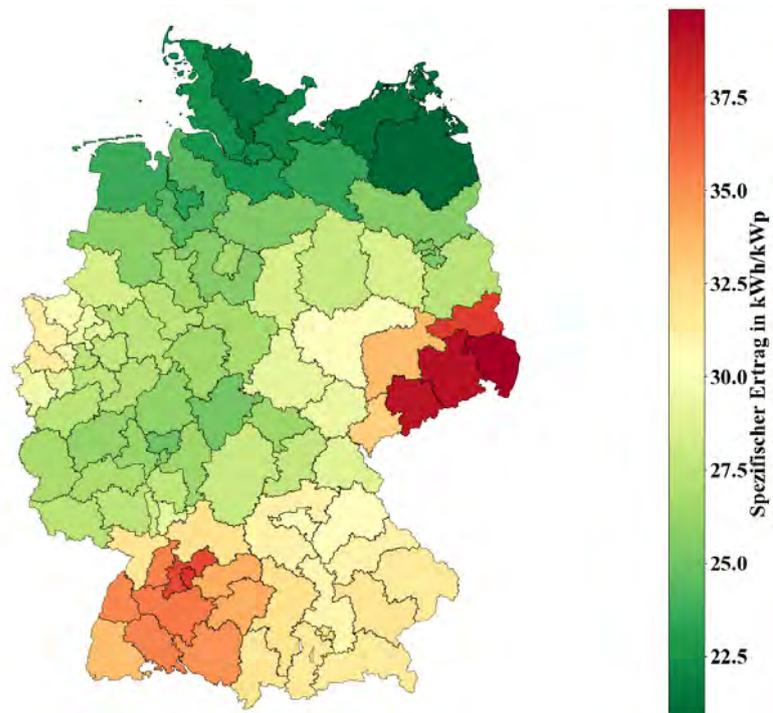
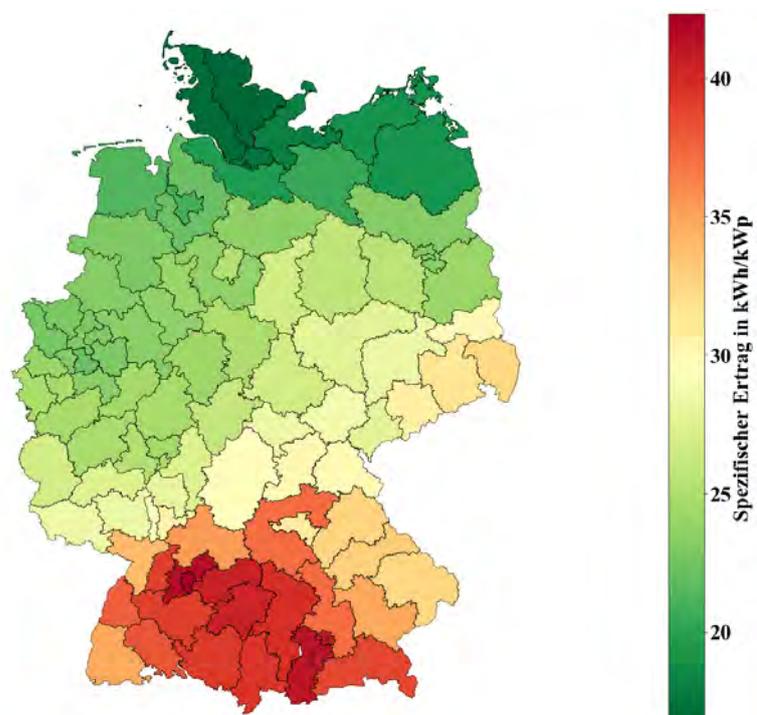
Abbildung A.11: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im September 2019 (vgl. Abb. 5.14).Abbildung A.12: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Oktober 2019 (vgl. Abb. 5.15).

Abbildung A.13: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im November 2019 (vgl. Abb. 5.16).Abbildung A.14: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Dezember 2019 (vgl. Abb. 5.17).

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/kW_p für den Postleitzahlbereich 0xxxx im Kalenderjahr 2019.

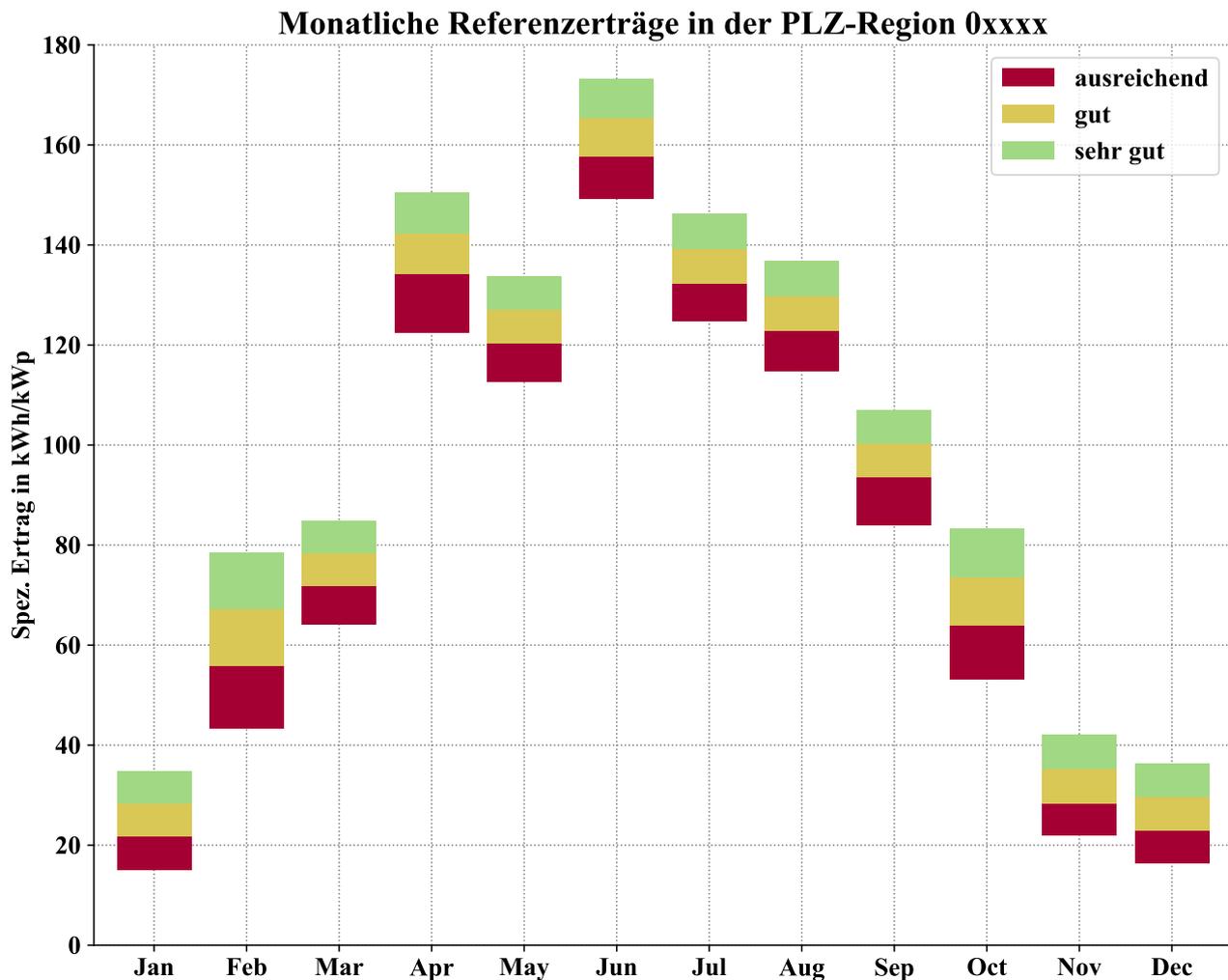


Tabelle A.1: Spezifische Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 0xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Jan	15,5	22,4	28,6	34,8
01	Feb	43,5	56,3	68,0	79,7
01	Mär	65,8	73,6	79,7	85,8
01	Apr	126,5	137,4	144,1	150,8
01	Mai	113,0	120,3	127,6	134,9

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Jun	151,1	160,0	168,1	176,2
01	Jul	126,1	133,3	140,8	148,3
01	Aug	115,5	122,7	129,8	136,9
01	Sep	85,2	94,3	100,3	106,3
01	Okt	56,9	68,0	77,2	86,4
01	Nov	24,3	32,0	39,2	46,4
01	Dez	17,1	23,8	31,6	39,4
01	2019	940,5	1044,1	1135,0	1225,9
02	Jan	17,6	23,9	30,4	36,9
02	Feb	46,1	59,6	69,2	78,8
02	Mär	67,5	74,6	80,7	86,8
02	Apr	130,9	141,2	146,5	151,8
02	Mai	115,9	122,9	127,8	132,7
02	Jun	152,8	162,5	168,8	175,1
02	Jul	128,2	134,5	141,6	148,7
02	Aug	118,1	125,4	130,2	135,0
02	Sep	87,6	95,3	100,5	105,7
02	Okt	59,3	70,1	79,7	89,3
02	Nov	27,4	34,7	39,9	45,1
02	Dez	18,8	26,6	32,4	38,2
02	2019	970,2	1071,3	1147,7	1224,1
03	Jan	16,6	23,1	28,8	34,5
03	Feb	43,0	56,1	67,9	79,7
03	Mär	62,0	70,8	77,8	84,8
03	Apr	127,9	139,2	145,6	152,0
03	Mai	115,3	122,9	128,6	134,3
03	Jun	151,7	161,0	168,6	176,2
03	Jul	123,4	131,7	139,2	146,7
03	Aug	117,8	125,6	131,3	137,0
03	Sep	82,8	93,3	100,0	106,7
03	Okt	53,3	65,0	75,2	85,4
03	Nov	21,8	29,3	37,5	45,7
03	Dez	16,2	22,8	30,1	37,4
03	2019	931,8	1040,8	1130,6	1220,4

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
04	Jan	15,6	21,9	28,7	35,5
04	Feb	42,3	54,9	66,6	78,3
04	Mär	61,8	69,2	76,5	83,8
04	Apr	119,3	132,4	141,5	150,6
04	Mai	113,2	122,3	128,5	134,7
04	Jun	149,0	156,8	164,1	171,4
04	Jul	122,4	129,2	136,0	142,8
04	Aug	114,9	123,6	130,8	138,0
04	Sep	82,7	92,5	99,6	106,7
04	Okt	52,4	63,7	72,5	81,3
04	Nov	20,9	27,0	33,6	40,2
04	Dez	15,4	21,7	28,4	35,1
04	2019	909,9	1015,2	1106,8	1198,4
06	Jan	16,9	24,0	29,6	35,2
06	Feb	43,3	56,6	66,5	76,4
06	Mär	60,9	68,1	75,4	82,7
06	Apr	115,8	127,6	137,2	146,8
06	Mai	114,5	122,8	128,8	134,8
06	Jun	145,8	155,1	162,7	170,3
06	Jul	119,9	127,0	133,4	139,8
06	Aug	114,8	123,9	131,1	138,3
06	Sep	79,8	90,1	98,4	106,7
06	Okt	48,4	59,9	68,9	77,9
06	Nov	19,3	24,8	30,2	35,6
06	Dez	15,0	21,1	27,6	34,1
06	2019	894,4	1001,0	1089,8	1178,6
07	Jan	14,0	20,1	27,3	34,5
07	Feb	43,2	55,0	67,3	79,6
07	Mär	63,6	72,4	78,6	84,8
07	Apr	116,0	129,2	139,7	150,2
07	Mai	109,7	117,7	125,0	132,3
07	Jun	145,3	154,0	162,1	170,2
07	Jul	126,8	134,4	142,1	149,8
07	Aug	111,0	120,7	128,9	137,1

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
07	Sep	82,8	94,7	102,5	110,3
07	Okt	47,8	58,8	67,9	77,0
07	Nov	18,6	23,8	29,4	35,0
07	Dez	15,9	22,1	28,7	35,3
07	2019	894,7	1002,9	1099,5	1196,1
08	Jan	11,6	17,8	23,9	30,0
08	Feb	43,1	53,6	64,5	75,4
08	Mär	65,0	72,2	78,1	84,0
08	Apr	119,2	131,1	140,5	149,9
08	Mai	108,3	115,3	122,8	130,3
08	Jun	148,6	155,1	163,5	171,9
08	Jul	126,3	134,4	141,1	147,8
08	Aug	111,5	119,2	127,6	136,0
08	Sep	85,1	93,9	100,4	106,9
08	Okt	51,9	60,8	71,6	82,4
08	Nov	18,7	24,3	32,9	41,5
08	Dez	15,8	22,2	27,8	33,4
08	2019	905,1	999,9	1094,7	1189,5
09	Jan	13,4	21,0	28,6	36,2
09	Feb	42,1	54,9	67,8	80,7
09	Mär	66,5	73,3	79,6	85,9
09	Apr	123,9	134,9	143,4	151,9
09	Mai	111,8	118,5	127,0	135,5
09	Jun	149,5	157,2	165,8	174,4
09	Jul	126,2	133,3	139,8	146,3
09	Aug	114,9	121,3	129,0	136,7
09	Sep	85,9	94,5	100,3	106,1
09	Okt	55,7	66,1	76,5	86,9
09	Nov	24,1	30,8	39,0	47,2
09	Dez	16,7	23,4	30,8	38,2
09	2019	930,7	1029,2	1127,6	1226,0

A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx

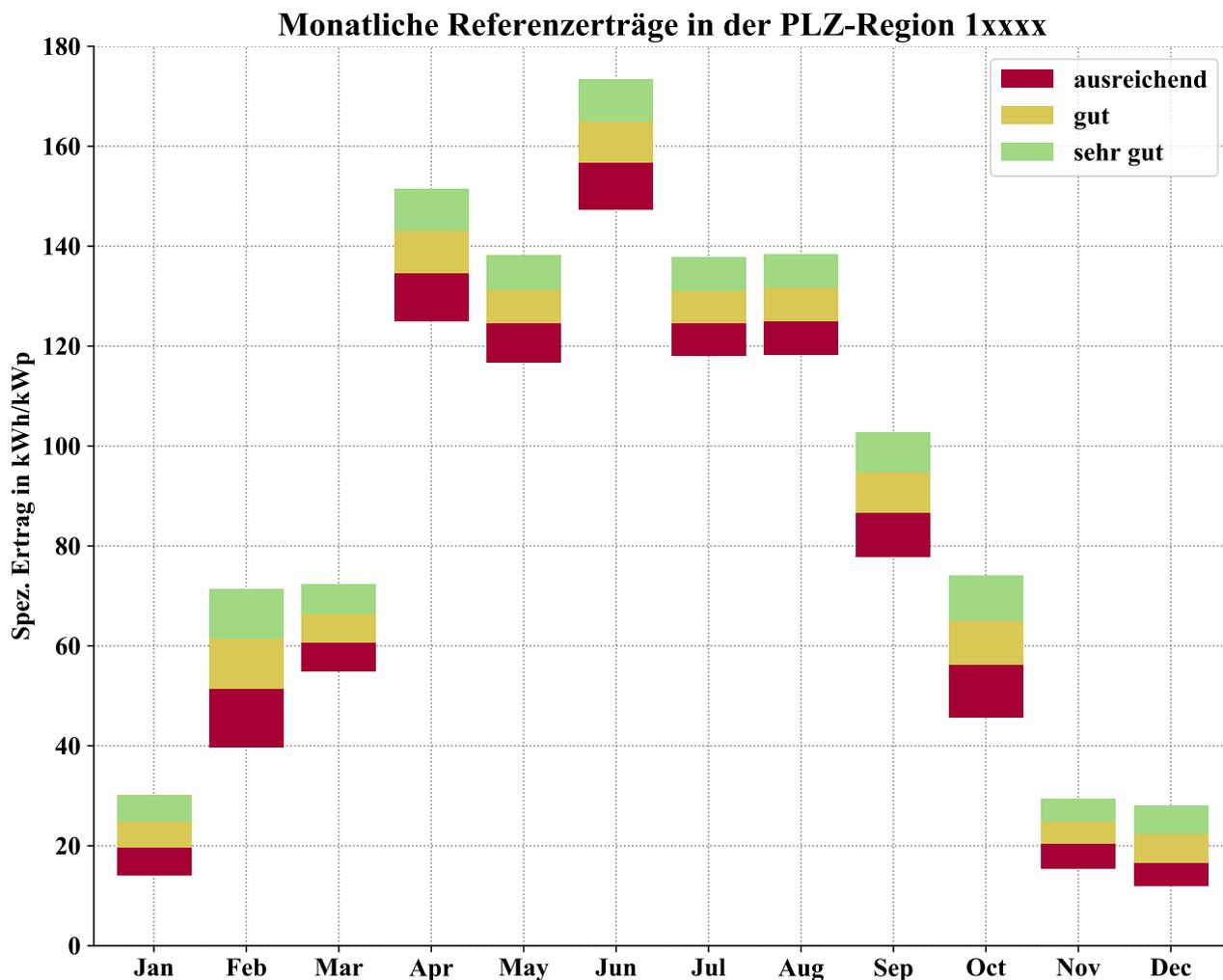


Abbildung A.16: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
10	Jan	14,9	21,0	25,9	30,8
10	Feb	41,0	53,4	63,4	73,4
10	Mär	55,0	60,7	66,3	71,9
10	Apr	127,5	135,4	142,6	149,8
10	Mai	115,8	124,2	131,4	138,6
10	Jun	149,9	159,9	167,9	175,9
10	Jul	118,8	125,0	130,9	136,8

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
10	Aug	121,6	127,5	134,0	140,5
10	Sep	79,1	88,6	97,0	105,4
10	Okt	47,1	58,6	67,9	77,2
10	Nov	15,8	21,0	25,6	30,2
10	Dez	12,4	16,9	23,2	29,5
10	2019	898,9	992,2	1076,1	1160,0
12	Jan	14,9	21,0	25,9	30,8
12	Feb	41,0	53,4	63,4	73,4
12	Mär	55,0	60,7	66,3	71,9
12	Apr	127,5	135,4	142,6	149,8
12	Mai	115,8	124,2	131,4	138,6
12	Jun	149,9	159,9	167,9	175,9
12	Jul	118,8	125,0	130,9	136,8
12	Aug	121,6	127,5	134,0	140,5
12	Sep	79,1	88,6	97,0	105,4
12	Okt	47,1	58,6	67,9	77,2
12	Nov	15,8	21,0	25,6	30,2
12	Dez	12,4	16,9	23,2	29,5
12	2019	898,9	992,2	1076,1	1160,0
13	Jan	14,9	21,0	25,9	30,8
13	Feb	41,0	53,4	63,4	73,4
13	Mär	55,0	60,7	66,3	71,9
13	Apr	127,5	135,4	142,6	149,8
13	Mai	115,8	124,2	131,4	138,6
13	Jun	149,9	159,9	167,9	175,9
13	Jul	118,8	125,0	130,9	136,8
13	Aug	121,6	127,5	134,0	140,5
13	Sep	79,1	88,6	97,0	105,4
13	Okt	47,1	58,6	67,9	77,2
13	Nov	15,8	21,0	25,6	30,2
13	Dez	12,4	16,9	23,2	29,5
13	2019	898,9	992,2	1076,1	1160,0
14	Jan	15,8	22,0	28,0	34,0
14	Feb	41,6	54,1	64,7	75,3

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
14	Mär	57,5	64,0	71,3	78,6
14	Apr	119,8	132,8	140,5	148,2
14	Mai	116,2	124,4	131,0	137,6
14	Jun	149,2	157,7	164,9	172,1
14	Jul	120,3	126,7	133,3	139,9
14	Aug	117,9	125,9	132,1	138,3
14	Sep	79,2	90,1	98,4	106,7
14	Okt	47,1	59,6	68,7	77,8
14	Nov	17,5	23,2	28,5	33,8
14	Dez	13,6	19,1	25,6	32,1
14	2019	895,7	999,6	1087,0	1174,4
15	Jan	15,1	21,2	26,3	31,4
15	Feb	41,3	53,6	63,6	73,6
15	Mär	56,5	62,5	68,2	73,9
15	Apr	126,4	135,8	143,2	150,6
15	Mai	115,6	124,2	131,1	138,0
15	Jun	150,0	159,6	167,9	176,2
15	Jul	119,5	125,9	132,6	139,3
15	Aug	119,2	126,9	133,5	140,1
15	Sep	79,7	88,7	97,6	106,5
15	Okt	47,2	59,0	68,1	77,2
15	Nov	16,7	22,3	27,4	32,5
15	Dez	13,0	18,0	24,1	30,2
15	2019	900,2	997,7	1083,6	1169,5
16	Jan	14,7	20,6	26,1	31,6
16	Feb	40,3	53,0	62,7	72,4
16	Mär	55,8	61,3	67,2	73,1
16	Apr	124,5	134,1	141,6	149,1
16	Mai	117,4	124,5	130,9	137,3
16	Jun	149,3	157,7	165,4	173,1
16	Jul	118,4	124,9	130,7	136,5
16	Aug	118,6	125,6	132,1	138,6
16	Sep	78,2	87,3	96,4	105,5
16	Okt	46,9	58,1	67,2	76,3

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
16	Nov	15,9	20,9	25,7	30,5
16	Dez	12,4	17,0	23,3	29,6
16	2019	892,4	985,0	1069,3	1153,6
17	Jan	12,6	16,7	21,8	26,9
17	Feb	37,6	47,9	56,9	65,9
17	Mär	52,2	57,9	63,2	68,5
17	Apr	127,0	135,7	146,6	157,5
17	Mai	119,8	127,9	133,3	138,7
17	Jun	148,8	159,1	167,6	176,1
17	Jul	116,0	123,7	130,6	137,5
17	Aug	117,3	123,7	131,0	138,3
17	Sep	75,4	82,8	89,5	96,2
17	Okt	44,2	52,7	60,4	68,1
17	Nov	13,6	17,1	20,9	24,7
17	Dez	10,5	14,7	19,2	23,7
17	2019	875,0	959,9	1041,0	1122,1
18	Jan	11,7	15,9	21,0	26,1
18	Feb	35,2	45,1	55,4	65,7
18	Mär	53,6	58,4	64,0	69,6
18	Apr	124,0	135,0	146,9	158,8
18	Mai	119,0	125,9	132,5	139,1
18	Jun	141,0	149,2	157,6	166,0
18	Jul	117,2	123,9	132,0	140,1
18	Aug	113,4	120,7	127,0	133,3
18	Sep	75,3	81,8	88,2	94,6
18	Okt	41,2	49,3	57,6	65,9
18	Nov	13,8	17,9	21,3	24,7
18	Dez	10,5	14,3	19,2	24,1
18	2019	855,9	937,4	1022,7	1108,0
19	Jan	12,8	17,7	23,3	28,9
19	Feb	38,0	48,8	59,2	69,6
19	Mär	54,1	59,6	65,6	71,6
19	Apr	120,1	132,0	140,7	149,4
19	Mai	114,3	122,8	130,0	137,2

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
19	Jun	137,5	148,7	159,3	169,9
19	Jul	114,5	122,6	129,7	136,8
19	Aug	112,6	120,5	127,9	135,3
19	Sep	75,3	83,3	91,1	98,9
19	Okt	43,3	52,8	61,6	70,4
19	Nov	14,9	19,2	23,4	27,6
19	Dez	11,0	15,6	20,4	25,2
19	2019	848,4	943,6	1032,2	1120,8

A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx

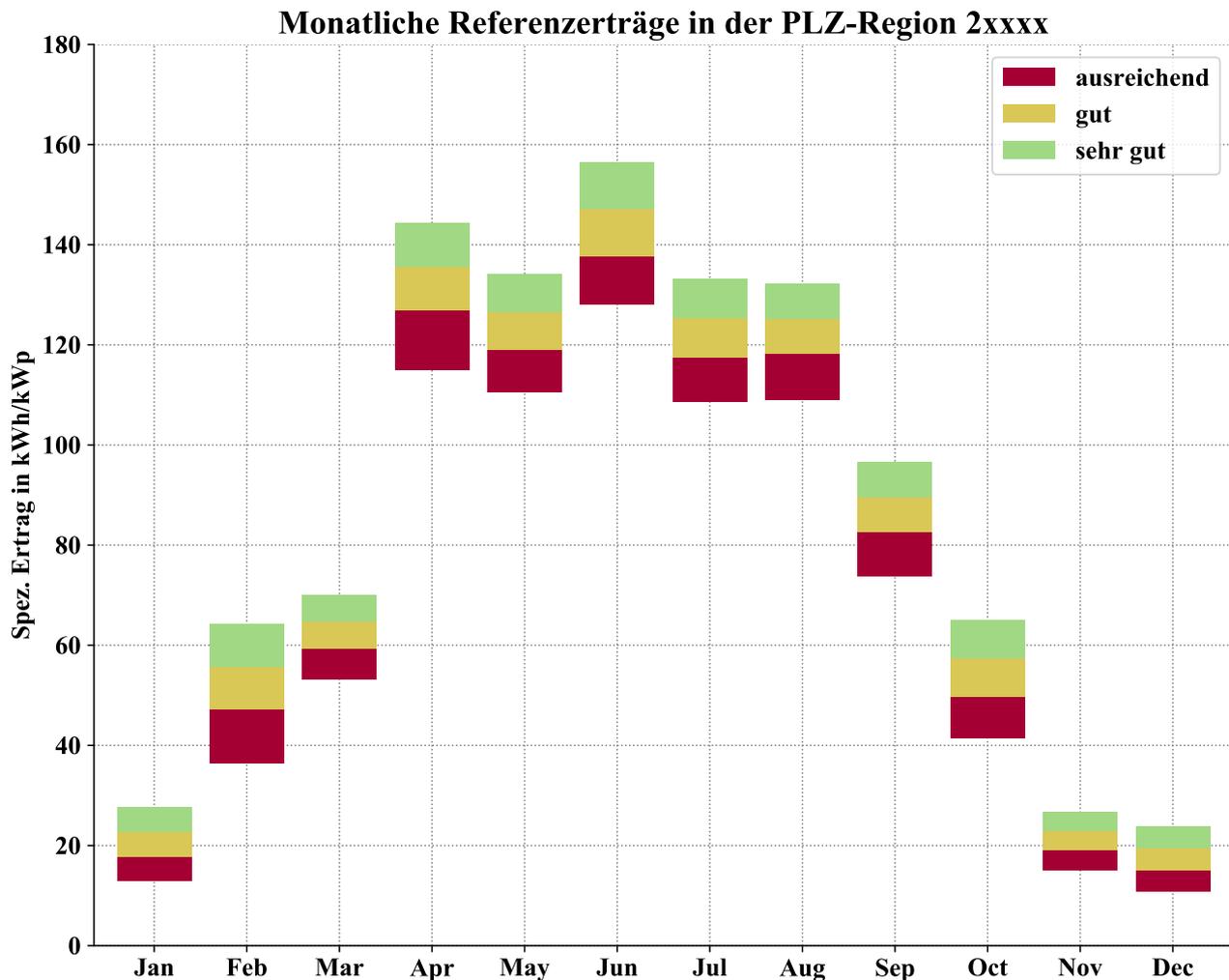


Abbildung A.17: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
20	Jan	11,8	16,8	21,8	26,8
20	Feb	34,3	45,2	53,7	62,2
20	Mär	51,2	57,8	63,2	68,6
20	Apr	114,7	128,5	138,4	148,3
20	Mai	110,6	119,7	127,5	135,3
20	Jun	127,2	137,2	146,3	155,4
20	Jul	108,2	117,9	125,9	133,9

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
20	Aug	106,7	116,9	124,1	131,3
20	Sep	71,7	81,4	88,4	95,4
20	Okt	38,7	46,6	54,7	62,8
20	Nov	14,0	18,1	22,2	26,3
20	Dez	9,7	13,8	17,5	21,2
20	2019	798,8	899,9	983,7	1067,5
21	Jan	12,8	17,6	22,7	27,8
21	Feb	36,6	47,5	56,7	65,9
21	Mär	53,2	58,7	64,4	70,1
21	Apr	114,9	126,5	135,2	143,9
21	Mai	109,5	118,9	126,2	133,5
21	Jun	129,1	139,3	148,5	157,7
21	Jul	109,4	117,8	125,0	132,2
21	Aug	109,3	117,8	125,9	134,0
21	Sep	74,3	82,5	89,9	97,3
21	Okt	41,9	51,3	59,1	66,9
21	Nov	15,1	19,2	22,8	26,4
21	Dez	10,9	15,2	19,6	24,0
21	2019	817,0	912,3	996,0	1079,7
22	Jan	11,8	16,8	21,8	26,8
22	Feb	34,3	45,2	53,7	62,2
22	Mär	51,2	57,8	63,2	68,6
22	Apr	114,7	128,5	138,4	148,3
22	Mai	110,6	119,7	127,5	135,3
22	Jun	127,2	137,2	146,3	155,4
22	Jul	108,2	117,9	125,9	133,9
22	Aug	106,7	116,9	124,1	131,3
22	Sep	71,7	81,4	88,4	95,4
22	Okt	38,7	46,6	54,7	62,8
22	Nov	14,0	18,1	22,2	26,3
22	Dez	9,7	13,8	17,5	21,2
22	2019	798,8	899,9	983,7	1067,5
23	Jan	11,6	16,4	21,3	26,2
23	Feb	34,5	45,5	54,1	62,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
23	Mär	51,7	57,7	62,9	68,1
23	Apr	117,3	131,1	140,1	149,1
23	Mai	113,2	121,2	128,9	136,6
23	Jun	128,7	140,6	150,2	159,8
23	Jul	109,8	118,9	127,3	135,7
23	Aug	108,6	118,0	124,8	131,6
23	Sep	72,6	81,5	88,4	95,3
23	Okt	39,3	47,5	55,5	63,5
23	Nov	14,4	18,4	22,0	25,6
23	Dez	9,9	14,1	18,2	22,3
23	2019	811,6	910,9	993,7	1076,5
24	Jan	12,4	16,8	21,8	26,8
24	Feb	33,9	44,2	52,1	60,0
24	Mär	51,7	58,0	63,5	69,0
24	Apr	115,4	129,2	138,9	148,6
24	Mai	111,3	120,8	128,9	137,0
24	Jun	128,0	137,9	146,7	155,5
24	Jul	108,4	118,7	127,5	136,3
24	Aug	108,3	117,5	124,3	131,1
24	Sep	71,9	81,4	88,2	95,0
24	Okt	37,6	44,9	52,1	59,3
24	Nov	13,6	17,7	21,3	24,9
24	Dez	9,6	13,5	16,8	20,1
24	2019	802,1	900,6	982,1	1063,6
25	Jan	11,8	16,9	21,8	26,7
25	Feb	34,0	45,3	53,6	61,9
25	Mär	49,9	57,1	62,7	68,3
25	Apr	114,0	126,5	135,2	143,9
25	Mai	108,6	117,6	126,1	134,6
25	Jun	125,6	133,2	143,4	153,6
25	Jul	106,8	114,5	122,5	130,5
25	Aug	105,9	116,6	122,6	128,6
25	Sep	71,0	81,4	88,4	95,4
25	Okt	38,2	46,1	54,1	62,1

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
25	Nov	14,0	18,2	22,5	26,8
25	Dez	9,4	13,7	17,0	20,3
25	2019	789,2	887,1	969,9	1052,7
26	Jan	14,4	18,7	23,4	28,1
26	Feb	38,5	48,9	57,0	65,1
26	Mär	56,2	61,5	66,6	71,7
26	Apr	114,3	124,2	131,7	139,2
26	Mai	110,0	117,3	124,8	132,3
26	Jun	127,3	135,9	144,6	153,3
26	Jul	108,5	116,1	123,8	131,5
26	Aug	111,5	119,6	126,2	132,8
26	Sep	76,6	84,0	90,8	97,6
26	Okt	44,0	52,6	59,3	66,0
26	Nov	16,2	20,2	23,7	27,2
26	Dez	12,2	16,5	21,3	26,1
26	2019	829,7	915,5	993,2	1070,9
27	Jan	14,2	19,0	24,2	29,4
27	Feb	39,8	50,2	58,7	67,2
27	Mär	55,7	61,7	66,9	72,1
27	Apr	114,3	124,6	132,5	140,4
27	Mai	109,8	118,1	125,1	132,1
27	Jun	128,5	138,3	147,7	157,1
27	Jul	109,5	117,5	124,8	132,1
27	Aug	111,1	119,3	126,8	134,3
27	Sep	76,1	84,1	91,0	97,9
27	Okt	44,9	53,7	60,8	67,9
27	Nov	16,3	20,6	24,3	28,0
27	Dez	12,2	16,9	22,1	27,3
27	2019	832,4	924,0	1004,9	1085,8
28	Jan	14,3	18,6	23,2	27,8
28	Feb	37,9	48,1	56,1	64,1
28	Mär	56,0	61,3	66,1	70,9
28	Apr	114,5	124,2	131,6	139,0
28	Mai	110,0	117,8	125,0	132,2

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
28	Jun	126,1	133,7	142,4	151,1
28	Jul	107,1	114,2	122,5	130,8
28	Aug	111,1	119,1	125,7	132,3
28	Sep	75,7	83,1	90,0	96,9
28	Okt	43,8	52,3	58,9	65,5
28	Nov	16,0	19,7	23,3	26,9
28	Dez	12,2	16,3	21,0	25,7
28	2019	824,7	908,4	985,8	1063,2
29	Jan	14,9	20,2	25,8	31,4
29	Feb	40,8	52,0	61,4	70,8
29	Mär	55,8	62,1	67,9	73,7
29	Apr	114,8	125,8	134,0	142,2
29	Mai	111,4	119,6	126,5	133,4
29	Jun	132,5	144,0	154,5	165,0
29	Jul	111,7	120,6	127,6	134,6
29	Aug	112,0	120,7	127,9	135,1
29	Sep	76,0	84,7	92,1	99,5
29	Okt	46,6	55,9	64,3	72,7
29	Nov	16,9	21,3	25,5	29,7
29	Dez	12,7	17,8	23,5	29,2
29	2019	846,1	944,7	1031,0	1117,3

A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx

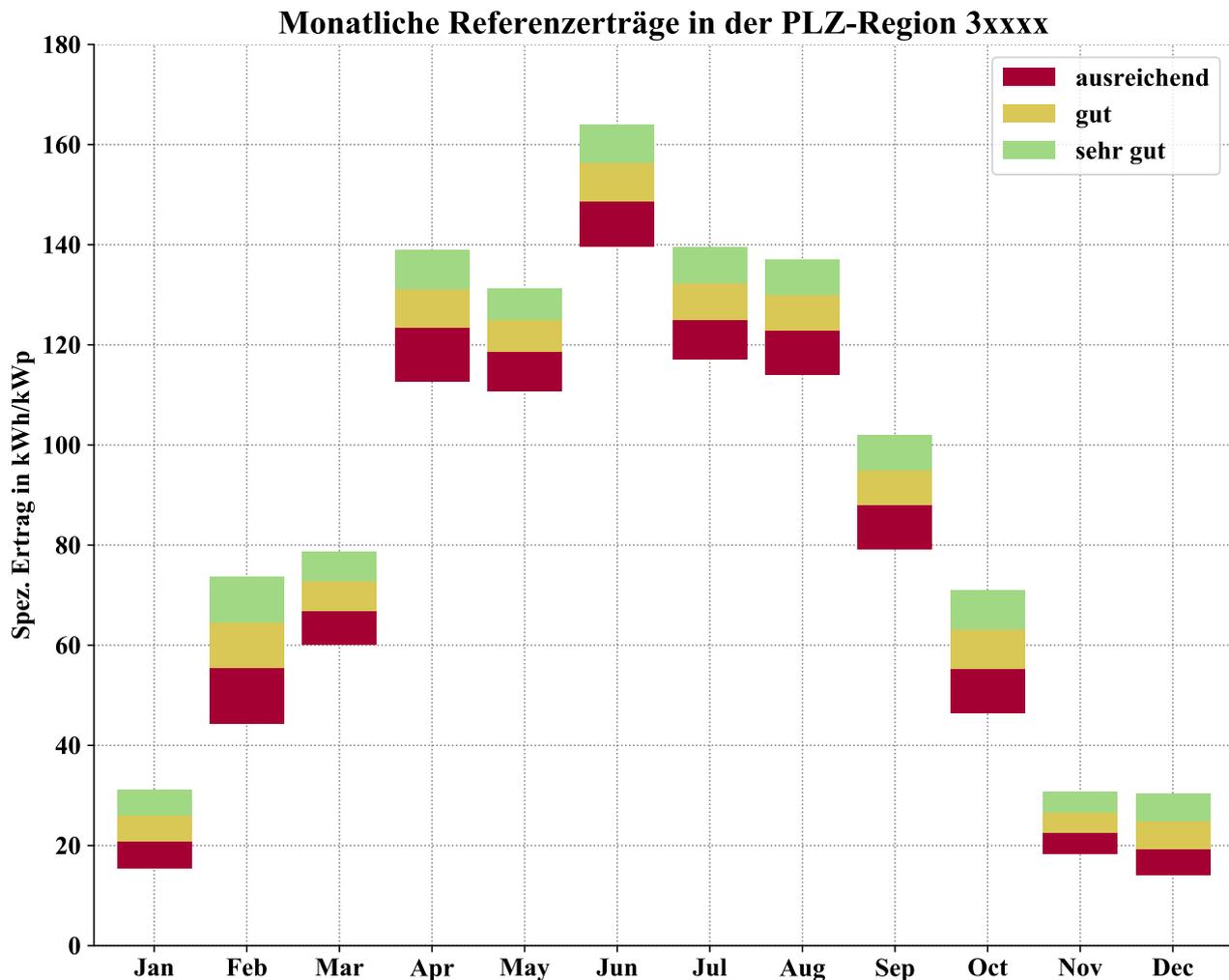


Abbildung A.18: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
30	Jan	16,7	22,0	27,5	33,0
30	Feb	43,7	55,2	63,7	72,2
30	Mär	58,0	63,9	68,9	73,9
30	Apr	113,9	124,9	132,8	140,7
30	Mai	110,1	119,3	125,4	131,5
30	Jun	137,2	147,0	154,8	162,6
30	Jul	114,6	122,0	129,1	136,2

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
30	Aug	111,8	121,3	128,3	135,3
30	Sep	77,2	85,3	91,9	98,5
30	Okt	47,9	58,0	66,4	74,8
30	Nov	17,2	22,1	26,4	30,7
30	Dez	13,7	19,1	25,2	31,3
30	2019	862,0	960,1	1040,4	1120,7
31	Jan	15,4	20,7	26,2	31,7
31	Feb	41,6	52,3	62,2	72,1
31	Mär	57,4	63,5	68,9	74,3
31	Apr	113,8	124,2	131,9	139,6
31	Mai	110,0	118,3	124,8	131,3
31	Jun	134,0	144,2	152,9	161,6
31	Jul	112,7	121,0	128,4	135,8
31	Aug	112,9	121,8	129,0	136,2
31	Sep	77,1	86,0	92,8	99,6
31	Okt	46,4	55,9	64,3	72,7
31	Nov	17,3	21,5	25,7	29,9
31	Dez	13,1	18,2	23,6	29,0
31	2019	851,7	947,6	1030,7	1113,8
32	Jan	15,3	20,8	26,0	31,2
32	Feb	42,7	53,7	62,8	71,9
32	Mär	58,3	64,5	69,7	74,9
32	Apr	112,3	123,4	130,9	138,4
32	Mai	108,9	116,7	123,0	129,3
32	Jun	137,4	146,2	153,6	161,0
32	Jul	115,1	121,5	128,3	135,1
32	Aug	113,6	123,3	130,3	137,3
32	Sep	78,6	87,0	92,8	98,6
32	Okt	46,6	55,9	63,6	71,3
32	Nov	18,4	22,3	26,5	30,7
32	Dez	13,5	18,7	24,1	29,5
32	2019	860,7	954,0	1031,6	1109,2
33	Jan	15,4	20,1	25,1	30,1
33	Feb	43,6	54,4	63,5	72,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
33	Mär	58,9	65,1	70,3	75,5
33	Apr	112,3	122,8	130,2	137,6
33	Mai	109,1	115,8	122,1	128,4
33	Jun	138,3	146,8	154,1	161,4
33	Jul	116,0	122,6	129,4	136,2
33	Aug	114,8	123,6	130,6	137,6
33	Sep	78,9	87,3	93,6	99,9
33	Okt	46,0	54,4	62,3	70,2
33	Nov	19,2	23,3	27,3	31,3
33	Dez	13,7	18,8	23,7	28,6
33	2019	866,2	955,0	1032,2	1109,4
34	Jan	14,8	19,8	24,2	28,6
34	Feb	46,3	56,8	65,1	73,4
34	Mär	61,4	68,2	74,1	80,0
34	Apr	111,8	121,5	128,3	135,1
34	Mai	108,8	115,6	121,7	127,8
34	Jun	141,5	149,7	156,5	163,3
34	Jul	116,6	124,6	131,6	138,6
34	Aug	115,8	124,1	131,1	138,1
34	Sep	80,0	87,9	94,1	100,3
34	Okt	46,3	53,5	60,7	67,9
34	Nov	19,1	22,7	26,5	30,3
34	Dez	14,5	19,2	24,2	29,2
34	2019	876,9	963,6	1038,1	1112,6
35	Jan	13,5	18,2	22,6	27,0
35	Feb	47,5	57,4	66,3	75,2
35	Mär	64,0	71,5	78,1	84,7
35	Apr	109,2	118,0	125,5	133,0
35	Mai	111,0	118,7	125,6	132,5
35	Jun	140,5	149,1	156,2	163,3
35	Jul	121,5	130,8	139,3	147,8
35	Aug	115,3	123,2	130,3	137,4
35	Sep	81,5	90,0	96,8	103,6
35	Okt	43,7	50,1	56,0	61,9

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
35	Nov	19,1	22,5	26,1	29,7
35	Dez	15,0	19,6	24,6	29,6
35	2019	881,8	969,1	1047,4	1125,7
36	Jan	14,7	19,1	23,6	28,1
36	Feb	46,6	57,9	66,9	75,9
36	Mär	66,7	74,3	80,9	87,5
36	Apr	110,1	120,0	128,6	137,2
36	Mai	112,6	120,1	126,6	133,1
36	Jun	139,8	148,8	156,3	163,8
36	Jul	125,3	135,1	144,1	153,1
36	Aug	113,4	122,1	129,8	137,5
36	Sep	83,9	93,1	101,3	109,5
36	Okt	43,8	50,8	58,2	65,6
36	Nov	18,4	21,9	25,3	28,7
36	Dez	15,0	20,2	26,0	31,8
36	2019	890,3	983,4	1067,6	1151,8
37	Jan	15,9	21,5	26,8	32,1
37	Feb	44,3	55,9	64,7	73,5
37	Mär	60,4	66,6	72,4	78,2
37	Apr	112,3	123,4	130,9	138,4
37	Mai	109,1	117,4	123,5	129,6
37	Jun	140,0	148,2	155,9	163,6
37	Jul	115,9	123,2	130,1	137,0
37	Aug	113,7	123,3	130,2	137,1
37	Sep	78,9	87,5	94,0	100,5
37	Okt	47,2	56,4	64,1	71,8
37	Nov	19,0	22,8	26,8	30,8
37	Dez	14,4	19,5	24,9	30,3
37	2019	871,1	965,7	1044,3	1122,9
38	Jan	16,7	23,2	28,8	34,4
38	Feb	43,8	56,3	65,6	74,9
38	Mär	59,4	66,5	73,4	80,3
38	Apr	114,1	125,7	134,4	143,1
38	Mai	112,5	121,0	127,3	133,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
38	Jun	141,9	151,0	159,6	168,2
38	Jul	116,5	124,4	131,2	138,0
38	Aug	113,1	122,7	129,8	136,9
38	Sep	78,4	87,8	95,6	103,4
38	Okt	48,7	59,0	67,4	75,8
38	Nov	18,6	23,6	28,5	33,4
38	Dez	14,4	20,2	26,6	33,0
38	2019	878,1	981,4	1068,2	1155,0
39	Jan	15,9	22,3	28,7	35,1
39	Feb	42,7	55,2	65,0	74,8
39	Mär	57,4	64,0	70,7	77,4
39	Apr	118,3	130,0	138,0	146,0
39	Mai	115,2	123,3	129,9	136,5
39	Jun	146,0	155,5	163,1	170,7
39	Jul	117,0	125,0	131,6	138,2
39	Aug	114,9	123,8	130,9	138,0
39	Sep	78,2	87,7	96,5	105,3
39	Okt	47,8	59,5	68,4	77,3
39	Nov	17,3	22,6	27,9	33,2
39	Dez	13,4	19,2	25,7	32,2
39	2019	884,1	988,1	1076,4	1164,7

A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx

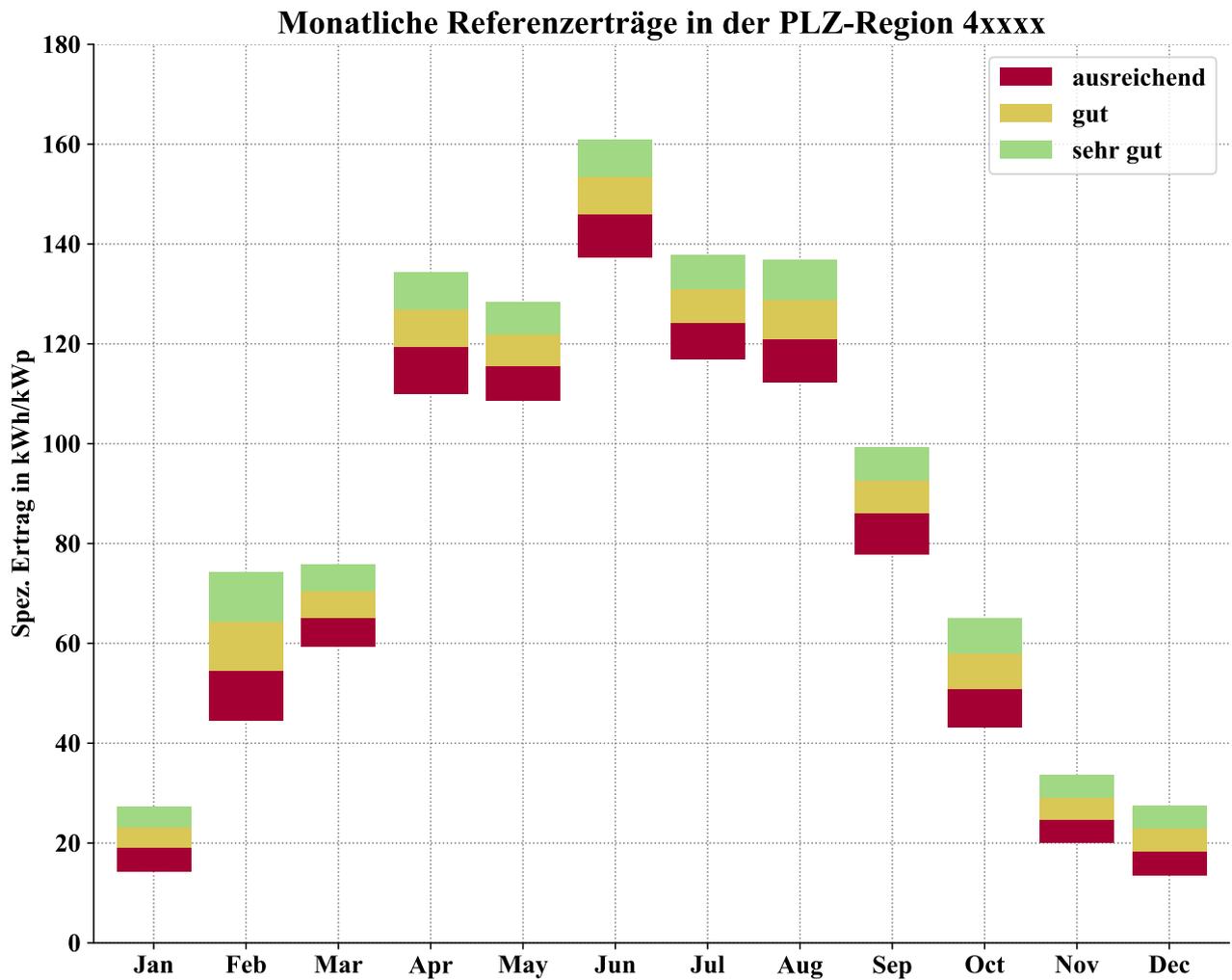


Abbildung A.19: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
40	Jan	14,2	18,8	22,5	26,2
40	Feb	45,6	56,3	66,6	76,9
40	Mär	60,3	66,2	71,6	77,0
40	Apr	109,4	118,0	125,3	132,6
40	Mai	109,4	116,1	122,4	128,7
40	Jun	140,2	148,5	155,2	161,9
40	Jul	118,2	125,6	131,9	138,2
40	Aug	111,9	120,7	128,6	136,5
40	Sep	79,0	86,1	92,5	98,9
40	Okt	41,3	47,9	54,1	60,3
40	Nov	20,3	25,4	29,6	33,8
40	Dez	13,6	18,5	23,1	27,7
40	2019	863,4	948,1	1023,4	1098,7
41	Jan	13,9	18,8	23,1	27,4
41	Feb	45,8	56,0	66,3	76,6
41	Mär	61,5	67,4	72,8	78,2
41	Apr	108,6	117,0	124,0	131,0
41	Mai	108,8	116,0	122,4	128,8
41	Jun	138,7	147,2	154,8	162,4
41	Jul	118,8	126,1	133,4	140,7
41	Aug	112,0	121,2	128,7	136,2
41	Sep	79,6	87,0	93,9	100,8
41	Okt	41,9	47,9	54,4	60,9
41	Nov	21,4	26,3	31,5	36,7
41	Dez	14,5	19,1	23,9	28,7
41	2019	865,5	950,0	1029,2	1108,4
42	Jan	13,1	17,5	21,2	24,9
42	Feb	46,8	56,4	66,6	76,8
42	Mär	58,4	63,9	68,7	73,5
42	Apr	108,0	116,1	122,6	129,1
42	Mai	107,3	113,6	119,9	126,2
42	Jun	139,5	147,8	155,2	162,6
42	Jul	116,6	122,6	129,6	136,6
42	Aug	111,0	118,0	127,1	136,2

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
42	Sep	76,5	84,4	89,9	95,4
42	Okt	41,1	48,2	53,9	59,6
42	Nov	19,4	24,0	27,4	30,8
42	Dez	12,7	18,1	22,1	26,1
42	2019	850,4	930,6	1004,2	1077,8
44	Jan	14,1	19,1	22,8	26,5
44	Feb	45,3	55,5	65,7	75,9
44	Mär	59,9	64,9	70,5	76,1
44	Apr	110,3	118,4	125,3	132,2
44	Mai	107,1	112,9	119,4	125,9
44	Jun	140,3	148,5	155,2	161,9
44	Jul	116,4	123,8	130,0	136,2
44	Aug	114,8	122,0	129,4	136,8
44	Sep	76,5	85,1	91,9	98,7
44	Okt	45,7	53,7	61,7	69,7
44	Nov	20,4	25,0	29,1	33,2
44	Dez	13,8	18,7	23,2	27,7
44	2019	864,6	947,6	1024,2	1100,8
45	Jan	14,6	19,1	23,5	27,9
45	Feb	44,4	54,5	64,3	74,1
45	Mär	59,2	64,9	70,1	75,3
45	Apr	110,4	120,3	127,9	135,5
45	Mai	108,3	115,4	122,1	128,8
45	Jun	137,6	145,9	153,6	161,3
45	Jul	117,4	124,6	131,5	138,4
45	Aug	112,7	121,6	129,6	137,6
45	Sep	77,8	86,4	93,2	100,0
45	Okt	44,0	52,0	59,5	67,0
45	Nov	20,3	24,9	29,6	34,3
45	Dez	13,5	18,2	23,0	27,8
45	2019	860,2	947,8	1027,9	1108,0
46	Jan	14,8	19,2	23,9	28,6
46	Feb	43,8	53,3	62,7	72,1
46	Mär	59,1	64,9	70,3	75,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
46	Apr	110,6	121,3	129,6	137,9
46	Mai	109,8	117,1	123,3	129,5
46	Jun	135,6	144,6	151,6	158,6
46	Jul	117,9	125,5	132,2	138,9
46	Aug	111,5	121,4	129,4	137,4
46	Sep	78,5	86,9	93,8	100,7
46	Okt	43,1	51,1	58,5	65,9
46	Nov	20,3	25,0	30,1	35,2
46	Dez	13,3	18,2	22,8	27,4
46	2019	858,3	948,5	1028,2	1107,9
47	Jan	13,9	18,9	23,0	27,1
47	Feb	43,4	53,3	64,2	75,1
47	Mär	59,9	65,9	71,7	77,5
47	Apr	107,8	117,7	126,7	135,7
47	Mai	108,1	116,3	123,0	129,7
47	Jun	135,4	144,5	151,7	158,9
47	Jul	117,5	125,7	133,0	140,3
47	Aug	109,6	119,6	128,4	137,2
47	Sep	76,7	85,9	93,5	101,1
47	Okt	40,7	48,4	56,2	64,0
47	Nov	20,1	26,1	31,3	36,5
47	Dez	13,1	18,2	22,6	27,0
47	2019	846,2	940,5	1025,3	1110,1
48	Jan	15,0	19,6	24,0	28,4
48	Feb	43,6	53,7	63,1	72,5
48	Mär	58,5	64,5	69,7	74,9
48	Apr	111,4	121,8	129,5	137,2
48	Mai	108,7	115,3	121,7	128,1
48	Jun	137,1	145,6	153,2	160,8
48	Jul	116,5	123,2	129,8	136,4
48	Aug	113,2	122,8	130,0	137,2
48	Sep	78,6	86,7	93,1	99,5
48	Okt	45,2	53,5	61,1	68,7
48	Nov	19,7	24,0	28,3	32,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
48	Dez	13,6	18,5	23,2	27,9
48	2019	861,1	949,2	1026,7	1104,2
49	Jan	15,1	19,9	24,8	29,7
49	Feb	41,6	51,9	60,5	69,1
49	Mär	57,7	63,6	68,5	73,4
49	Apr	113,5	123,9	131,1	138,3
49	Mai	109,8	117,4	123,7	130,0
49	Jun	132,5	142,4	150,7	159,0
49	Jul	112,7	120,5	127,5	134,5
49	Aug	112,6	121,8	129,2	136,6
49	Sep	77,5	86,0	92,5	99,0
49	Okt	45,7	54,1	61,5	68,9
49	Nov	17,9	22,0	25,9	29,8
49	Dez	13,2	18,0	22,9	27,8
49	2019	849,8	941,5	1018,8	1096,1

A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx

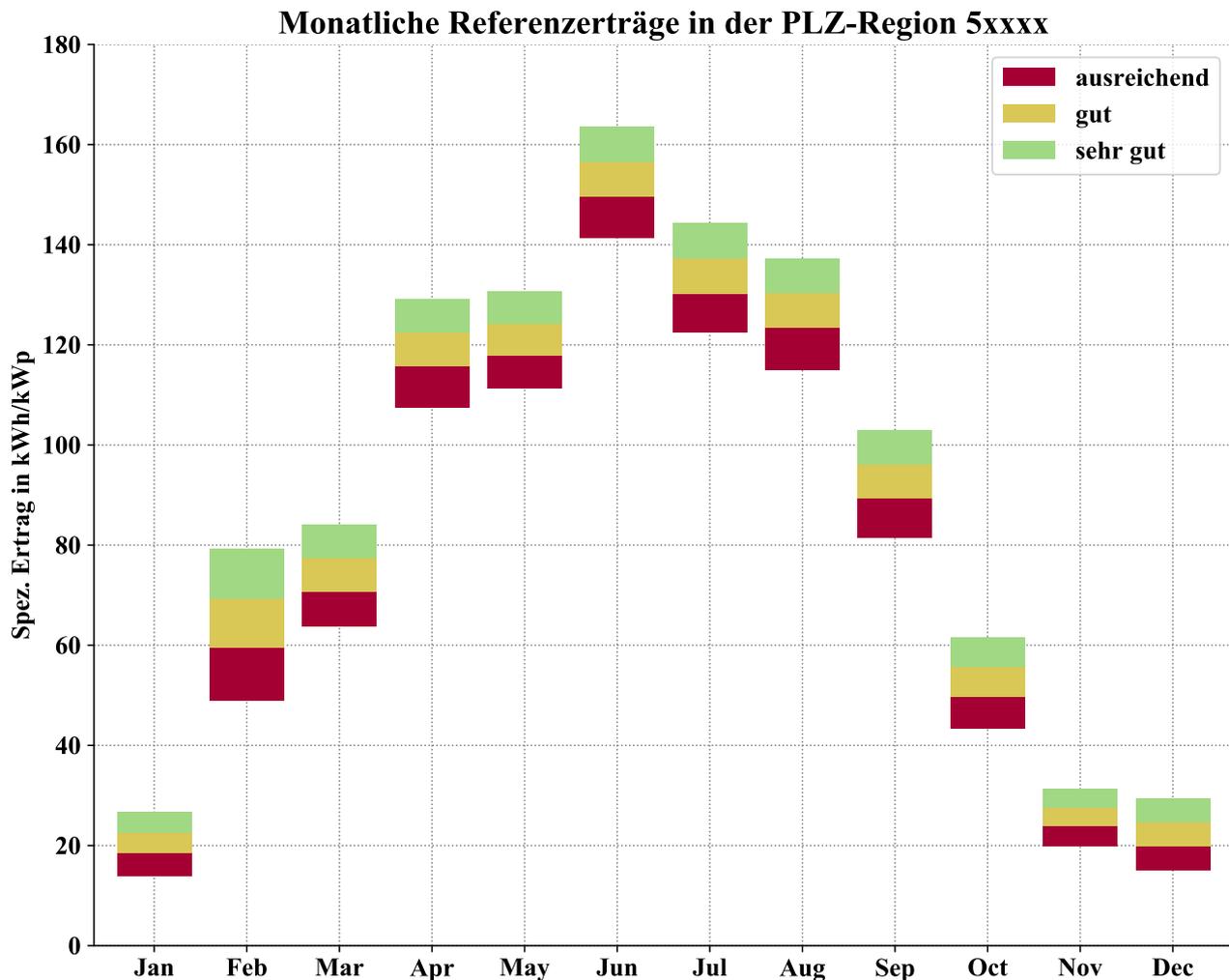


Abbildung A.20: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
50	Jan	14,0	18,6	22,5	26,4
50	Feb	49,3	59,5	69,5	79,5
50	Mär	61,9	67,9	74,1	80,3
50	Apr	108,7	116,5	122,7	128,9
50	Mai	109,6	115,5	121,2	126,9
50	Jun	141,7	149,8	156,7	163,6
50	Jul	119,5	125,9	132,1	138,3

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
50	Aug	113,5	122,1	128,6	135,1
50	Sep	79,8	87,2	93,7	100,2
50	Okt	42,2	48,1	54,0	59,9
50	Nov	21,3	25,2	29,0	32,8
50	Dez	15,1	19,9	24,7	29,5
50	2019	876,6	956,2	1028,8	1101,4
51	Jan	13,1	17,5	21,7	25,9
51	Feb	49,4	59,2	68,3	77,4
51	Mär	60,6	66,7	72,2	77,7
51	Apr	109,7	117,0	123,0	129,0
51	Mai	108,3	114,5	121,1	127,7
51	Jun	142,7	150,6	157,8	165,0
51	Jul	118,2	125,0	131,4	137,8
51	Aug	114,1	122,0	128,6	135,2
51	Sep	79,7	86,6	92,5	98,4
51	Okt	42,7	48,5	54,0	59,5
51	Nov	19,8	24,0	27,4	30,8
51	Dez	14,4	19,1	23,4	27,7
51	2019	872,7	950,7	1021,4	1092,1
52	Jan	14,2	18,6	23,0	27,4
52	Feb	48,3	58,8	69,3	79,8
52	Mär	62,4	68,4	74,8	81,2
52	Apr	108,8	116,6	122,7	128,8
52	Mai	109,8	115,8	121,3	126,8
52	Jun	141,5	150,1	156,9	163,7
52	Jul	120,3	126,5	132,6	138,7
52	Aug	114,2	122,4	129,0	135,6
52	Sep	80,1	87,8	94,3	100,8
52	Okt	42,2	48,1	54,3	60,5
52	Nov	21,4	25,5	29,6	33,7
52	Dez	15,1	19,9	24,9	29,9
52	2019	878,3	958,5	1032,7	1106,9
53	Jan	13,1	17,9	22,1	26,3
53	Feb	49,5	59,2	69,6	80,0

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
53	Mär	62,5	69,4	76,4	83,4
53	Apr	106,8	115,4	122,2	129,0
53	Mai	110,5	116,8	123,0	129,2
53	Jun	140,9	149,6	156,9	164,2
53	Jul	120,8	128,6	135,7	142,8
53	Aug	113,8	122,4	129,3	136,2
53	Sep	81,3	88,6	95,4	102,2
53	Okt	42,9	48,5	53,9	59,3
53	Nov	19,8	23,8	27,4	31,0
53	Dez	15,2	20,0	24,6	29,2
53	2019	877,1	960,2	1036,5	1112,8
54	Jan	15,4	19,4	23,0	26,6
54	Feb	51,9	64,5	75,3	86,1
54	Mär	70,5	80,0	88,1	96,2
54	Apr	100,8	109,0	116,5	124,0
54	Mai	117,1	124,8	132,2	139,6
54	Jun	140,7	148,5	155,3	162,1
54	Jul	131,7	142,5	151,8	161,1
54	Aug	117,1	125,8	132,8	139,8
54	Sep	86,0	95,1	102,7	110,3
54	Okt	43,2	50,1	55,5	60,9
54	Nov	19,8	23,7	26,8	29,9
54	Dez	16,0	21,6	26,7	31,8
54	2019	910,2	1005,0	1086,7	1168,4
55	Jan	15,8	19,7	23,6	27,5
55	Feb	51,8	64,7	75,4	86,1
55	Mär	73,1	82,3	90,8	99,3
55	Apr	101,1	109,1	117,0	124,9
55	Mai	119,1	127,0	133,5	140,0
55	Jun	140,4	148,1	155,2	162,3
55	Jul	135,6	145,0	152,4	159,8
55	Aug	117,1	126,4	134,0	141,6
55	Sep	87,9	97,1	105,5	113,9
55	Okt	43,4	50,6	56,1	61,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
55	Nov	19,8	23,6	26,9	30,2
55	Dez	16,1	21,9	27,3	32,7
55	2019	921,2	1015,5	1097,7	1179,9
56	Jan	13,6	18,4	22,6	26,8
56	Feb	49,5	59,4	68,9	78,4
56	Mär	65,4	73,8	81,9	90,0
56	Apr	107,2	116,0	122,4	128,8
56	Mai	113,4	120,4	127,4	134,4
56	Jun	142,4	150,5	158,1	165,7
56	Jul	124,4	133,3	141,9	150,5
56	Aug	115,6	123,8	130,6	137,4
56	Sep	83,5	91,3	99,2	107,1
56	Okt	42,9	48,7	54,0	59,3
56	Nov	18,7	22,4	26,2	30,0
56	Dez	15,1	19,9	24,7	29,5
56	2019	891,7	977,9	1057,9	1137,9
57	Jan	13,6	18,3	22,5	26,7
57	Feb	48,4	58,4	67,5	76,6
57	Mär	62,0	68,4	74,4	80,4
57	Apr	110,4	117,9	124,7	131,5
57	Mai	109,7	116,2	122,2	128,2
57	Jun	142,8	151,0	158,0	165,0
57	Jul	119,8	127,2	133,9	140,6
57	Aug	115,6	123,5	130,4	137,3
57	Sep	80,4	87,7	94,4	101,1
57	Okt	44,4	50,3	56,3	62,3
57	Nov	19,6	23,6	27,2	30,8
57	Dez	15,1	19,7	24,4	29,1
57	2019	881,8	962,2	1035,9	1109,6
58	Jan	12,9	17,6	22,0	26,4
58	Feb	46,8	56,4	65,8	75,2
58	Mär	59,7	64,9	70,0	75,1
58	Apr	110,7	118,1	124,8	131,5
58	Mai	106,9	113,3	120,0	126,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
58	Jun	140,6	149,0	156,1	163,2
58	Jul	117,1	123,9	130,2	136,5
58	Aug	114,5	122,1	129,4	136,7
58	Sep	77,7	85,0	91,2	97,4
58	Okt	44,6	51,2	58,0	64,8
58	Nov	19,9	24,0	27,8	31,6
58	Dez	13,9	18,6	22,9	27,2
58	2019	865,3	944,1	1018,2	1092,3
59	Jan	13,6	18,7	23,3	27,9
59	Feb	45,5	55,3	64,1	72,9
59	Mär	59,8	65,6	71,3	77,0
59	Apr	111,3	120,9	127,9	134,9
59	Mai	108,7	115,4	121,5	127,6
59	Jun	140,0	148,1	155,3	162,5
59	Jul	116,9	124,2	130,9	137,6
59	Aug	115,4	123,5	130,5	137,5
59	Sep	79,0	86,9	93,2	99,5
59	Okt	45,4	52,8	60,1	67,4
59	Nov	19,2	23,2	27,4	31,6
59	Dez	14,1	18,7	23,4	28,1
59	2019	868,9	953,3	1028,9	1104,5

A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx

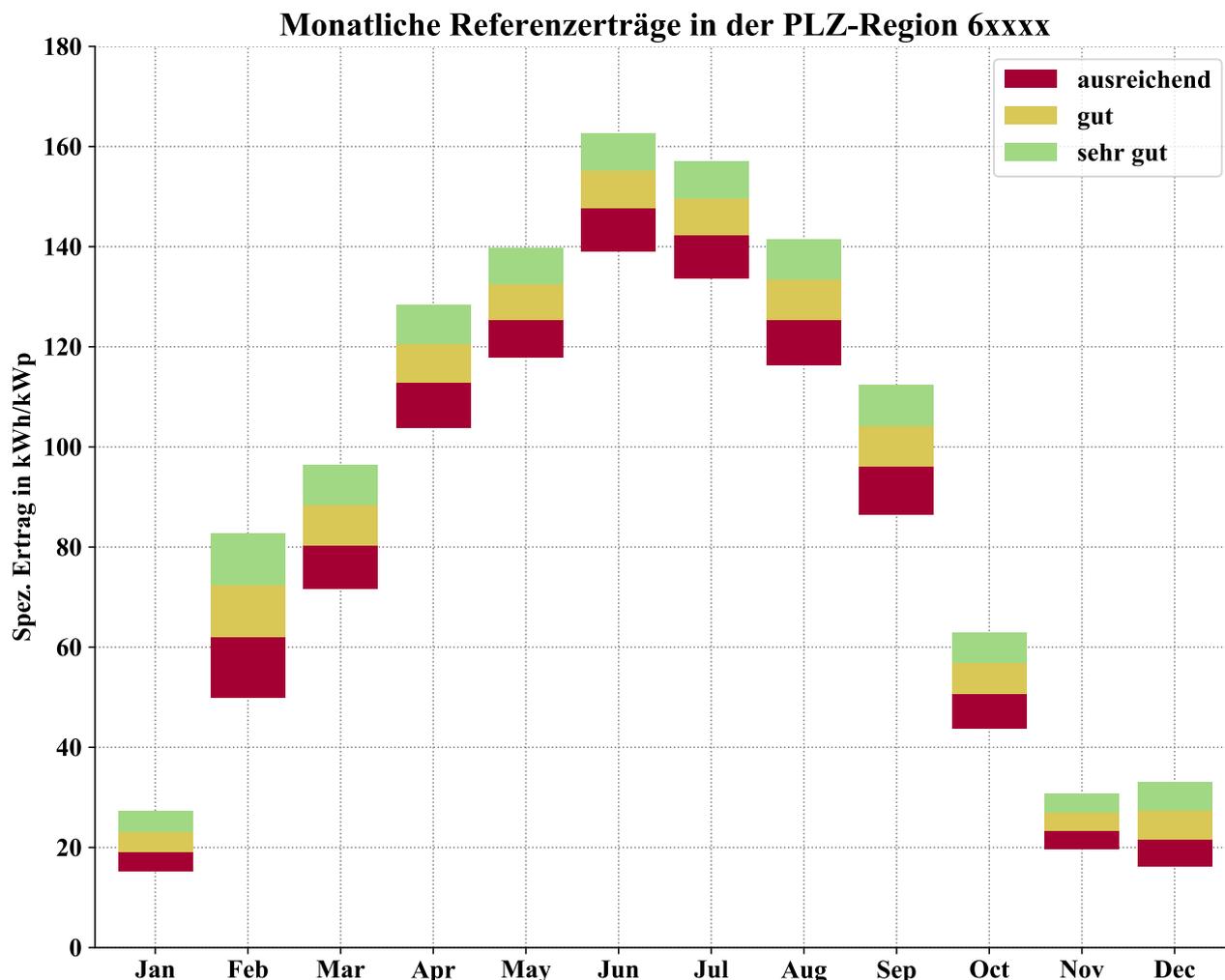


Abbildung A.21: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
60	Jan	15,0	18,3	22,3	26,3
60	Feb	46,9	57,2	66,9	76,6
60	Mär	68,3	75,9	82,1	88,3
60	Apr	105,4	114,6	122,6	130,6
60	Mai	116,9	124,5	131,6	138,7
60	Jun	139,0	147,2	154,3	161,4
60	Jul	131,6	140,1	146,4	152,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
60	Aug	114,1	122,5	130,2	137,9
60	Sep	85,0	93,1	100,5	107,9
60	Okt	41,8	47,8	52,6	57,4
60	Nov	19,8	22,7	25,9	29,1
60	Dez	15,3	19,8	24,8	29,8
60	2019	899,1	983,7	1060,2	1136,7
61	Jan	14,1	18,2	22,4	26,6
61	Feb	48,4	58,0	66,1	74,2
61	Mär	69,5	75,8	81,7	87,6
61	Apr	107,7	116,7	124,1	131,5
61	Mai	116,7	122,9	130,4	137,9
61	Jun	139,7	148,3	155,7	163,1
61	Jul	129,8	137,4	145,0	152,6
61	Aug	115,4	123,0	130,2	137,4
61	Sep	85,4	92,5	99,9	107,3
61	Okt	42,6	47,8	52,3	56,8
61	Nov	18,6	21,9	25,1	28,3
61	Dez	14,9	19,5	24,5	29,5
61	2019	902,8	982,0	1057,4	1132,8
63	Jan	14,7	18,6	22,7	26,8
63	Feb	47,8	59,1	69,5	79,9
63	Mär	68,8	76,4	84,6	92,8
63	Apr	108,0	117,5	125,8	134,1
63	Mai	115,6	122,5	130,2	137,9
63	Jun	139,5	148,5	155,8	163,1
63	Jul	131,3	140,1	147,9	155,7
63	Aug	115,1	123,5	131,4	139,3
63	Sep	85,8	95,0	103,3	111,6
63	Okt	43,8	50,8	58,2	65,6
63	Nov	19,2	22,8	26,5	30,2
63	Dez	15,9	21,1	27,2	33,3
63	2019	905,5	995,9	1083,1	1170,3
64	Jan	15,6	19,3	23,4	27,5
64	Feb	50,4	63,1	73,0	82,9

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
64	Mär	71,7	81,0	90,1	99,2
64	Apr	104,4	113,9	121,4	128,9
64	Mai	117,9	125,6	133,2	140,8
64	Jun	139,2	147,6	155,2	162,8
64	Jul	133,3	142,3	149,6	156,9
64	Aug	115,9	125,1	133,4	141,7
64	Sep	87,4	96,6	105,5	114,4
64	Okt	44,1	51,2	57,8	64,4
64	Nov	20,2	23,8	27,6	31,4
64	Dez	16,4	22,3	28,0	33,7
64	2019	916,5	1011,8	1098,2	1184,6
65	Jan	14,8	18,8	23,2	27,6
65	Feb	47,7	58,5	68,8	79,1
65	Mär	70,0	77,1	84,9	92,7
65	Apr	107,5	116,1	123,9	131,7
65	Mai	117,5	124,8	132,0	139,2
65	Jun	142,8	150,6	158,5	166,4
65	Jul	130,7	138,4	145,9	153,4
65	Aug	115,9	124,3	132,2	140,1
65	Sep	84,9	94,2	101,9	109,6
65	Okt	42,0	48,1	53,8	59,5
65	Nov	18,9	22,5	26,3	30,1
65	Dez	15,1	19,8	25,2	30,6
65	2019	907,8	993,2	1076,6	1160,0
66	Jan	16,2	19,9	23,6	27,3
66	Feb	53,2	66,7	77,8	88,9
66	Mär	75,8	85,1	93,7	102,3
66	Apr	99,7	107,2	114,4	121,6
66	Mai	120,3	128,0	134,2	140,4
66	Jun	138,5	147,0	153,9	160,8
66	Jul	138,0	147,4	154,4	161,4
66	Aug	118,5	127,8	135,4	143,0
66	Sep	88,7	98,3	106,3	114,3
66	Okt	44,8	51,9	57,8	63,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
66	Nov	20,0	23,9	27,4	30,9
66	Dez	16,9	23,0	28,4	33,8
66	2019	930,6	1026,2	1107,3	1188,4
67	Jan	16,1	19,7	23,6	27,5
67	Feb	52,1	66,2	77,2	88,2
67	Mär	74,9	84,7	93,2	101,7
67	Apr	99,8	107,7	114,9	122,1
67	Mai	120,2	127,9	134,2	140,5
67	Jun	139,0	147,1	154,3	161,5
67	Jul	137,7	146,8	154,1	161,4
67	Aug	118,2	127,7	135,6	143,5
67	Sep	87,9	98,2	106,6	115,0
67	Okt	44,2	51,7	57,8	63,9
67	Nov	20,1	23,9	27,4	30,9
67	Dez	16,8	22,9	28,3	33,7
67	2019	927,0	1024,5	1107,2	1189,9
68	Jan	16,3	20,0	24,5	29,0
68	Feb	51,2	65,3	76,0	86,7
68	Mär	73,8	84,6	94,2	103,8
68	Apr	101,1	110,6	119,0	127,4
68	Mai	118,8	126,7	134,2	141,7
68	Jun	137,8	147,0	155,0	163,0
68	Jul	135,3	144,5	151,9	159,3
68	Aug	116,8	127,5	136,1	144,7
68	Sep	87,2	98,5	107,8	117,1
68	Okt	45,1	52,3	59,3	66,3
68	Nov	20,2	24,1	28,3	32,5
68	Dez	17,2	23,0	29,3	35,6
68	2019	920,8	1024,1	1115,6	1207,1
69	Jan	15,4	18,8	22,7	26,6
69	Feb	50,9	64,7	76,1	87,5
69	Mär	72,4	82,6	91,1	99,6
69	Apr	101,5	111,0	119,2	127,4
69	Mai	117,3	125,4	133,0	140,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
69	Jun	136,0	145,7	153,6	161,5
69	Jul	135,4	144,5	152,4	160,3
69	Aug	117,4	127,8	136,1	144,4
69	Sep	86,9	97,7	106,5	115,3
69	Okt	45,8	54,0	61,5	69,0
69	Nov	20,5	24,7	29,1	33,5
69	Dez	17,5	23,8	30,6	37,4
69	2019	917,0	1020,7	1111,9	1203,1

A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx

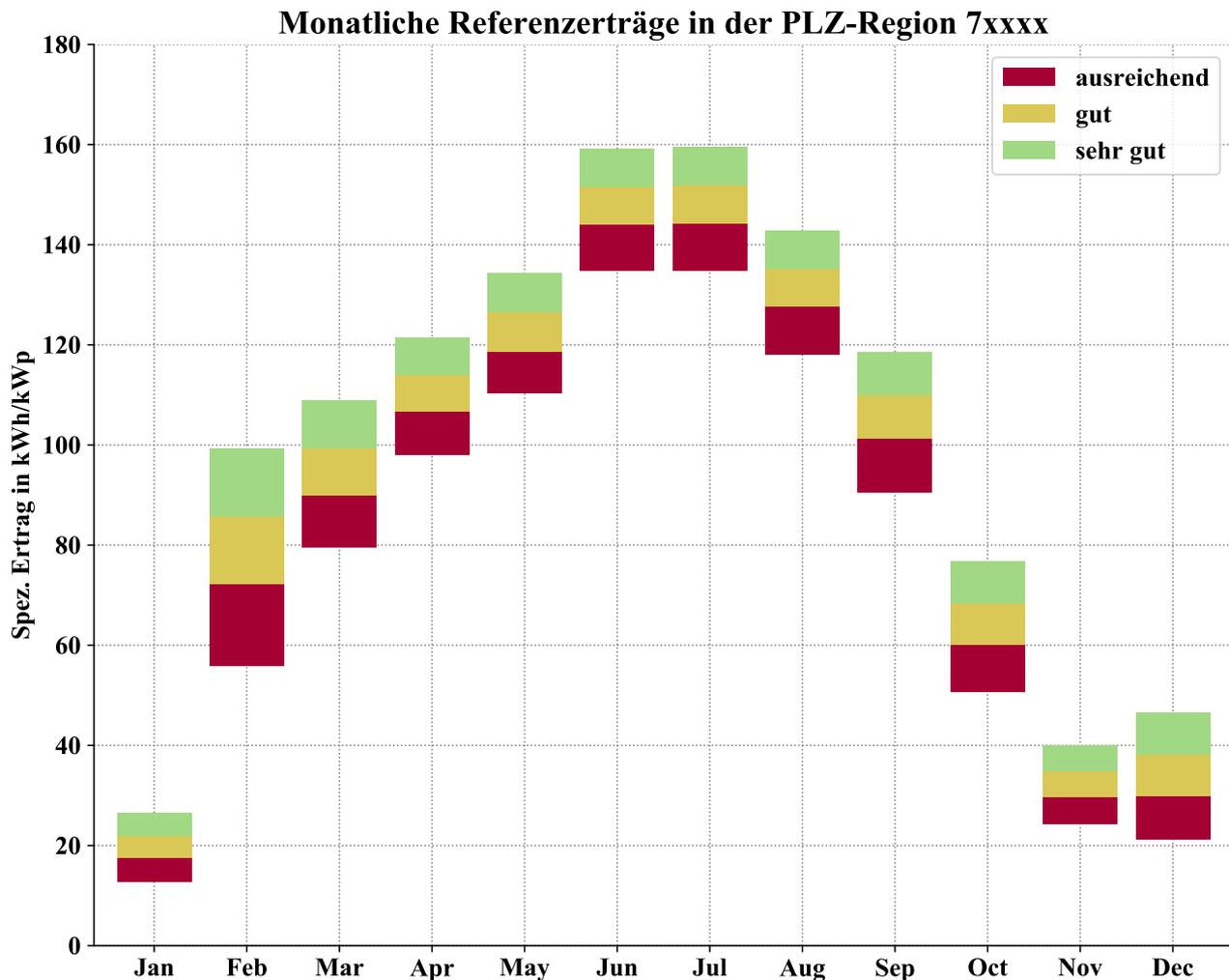


Abbildung A.22: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
70	Jan	11,7	16,7	21,2	25,7
70	Feb	57,9	74,7	88,3	101,9
70	Mär	82,1	92,0	101,1	110,2
70	Apr	98,6	107,4	114,6	121,8
70	Mai	110,1	118,2	125,6	133,0
70	Jun	134,6	143,5	151,1	158,7
70	Jul	134,1	143,7	151,3	158,9

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
70	Aug	117,5	127,4	134,6	141,8
70	Sep	91,1	101,9	110,1	118,3
70	Okt	53,6	63,1	71,1	79,1
70	Nov	26,6	32,5	37,7	42,9
70	Dez	23,4	33,3	42,3	51,3
70	2019	941,3	1054,4	1149,0	1243,6
71	Jan	12,0	16,8	21,3	25,8
71	Feb	57,5	73,3	87,3	101,3
71	Mär	80,8	91,0	100,3	109,6
71	Apr	99,5	108,3	115,6	122,9
71	Mai	110,7	118,9	126,6	134,3
71	Jun	134,9	143,9	151,6	159,3
71	Jul	134,4	143,9	151,5	159,1
71	Aug	117,8	127,5	134,6	141,7
71	Sep	91,3	101,7	109,7	117,7
71	Okt	53,3	62,3	70,3	78,3
71	Nov	25,9	31,7	37,1	42,5
71	Dez	22,9	32,5	41,5	50,5
71	2019	941,0	1051,8	1147,4	1243,0
72	Jan	12,4	17,4	21,9	26,4
72	Feb	56,6	73,0	87,1	101,2
72	Mär	80,9	91,6	101,2	110,8
72	Apr	97,7	106,1	113,4	120,7
72	Mai	109,2	117,5	125,6	133,7
72	Jun	134,9	144,0	151,4	158,8
72	Jul	135,3	144,5	152,0	159,5
72	Aug	118,4	127,7	135,1	142,5
72	Sep	90,8	101,8	110,2	118,6
72	Okt	51,6	61,7	70,6	79,5
72	Nov	24,7	30,4	35,7	41,0
72	Dez	21,6	30,6	39,1	47,6
72	2019	934,1	1046,3	1143,3	1240,3
73	Jan	13,3	18,3	22,5	26,7
73	Feb	55,4	72,2	84,6	97,0

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
73	Mär	80,0	90,8	99,9	109,0
73	Apr	101,5	111,3	119,7	128,1
73	Mai	108,6	116,4	124,0	131,6
73	Jun	136,1	145,3	153,2	161,1
73	Jul	131,8	140,5	148,5	156,5
73	Aug	116,5	125,6	132,9	140,2
73	Sep	89,5	100,2	108,2	116,2
73	Okt	53,2	63,3	71,6	79,9
73	Nov	24,2	29,5	34,1	38,7
73	Dez	22,2	31,9	40,5	49,1
73	2019	932,3	1045,3	1139,7	1234,1
74	Jan	14,3	18,6	22,8	27,0
74	Feb	53,2	67,6	80,5	93,4
74	Mär	74,6	85,7	95,1	104,5
74	Apr	103,9	113,8	122,4	131,0
74	Mai	114,2	122,1	129,5	136,9
74	Jun	137,2	146,6	154,4	162,2
74	Jul	135,8	144,5	152,2	159,9
74	Aug	117,0	126,5	133,9	141,3
74	Sep	89,0	99,4	107,6	115,8
74	Okt	49,1	58,6	66,6	74,6
74	Nov	22,0	27,0	32,1	37,2
74	Dez	19,2	27,3	35,4	43,5
74	2019	929,5	1037,7	1132,5	1227,3
75	Jan	13,0	17,6	21,6	25,6
75	Feb	57,0	72,5	86,2	99,9
75	Mär	79,8	89,8	99,5	109,2
75	Apr	98,4	107,1	114,5	121,9
75	Mai	111,7	120,3	128,6	136,9
75	Jun	134,6	143,3	151,1	158,9
75	Jul	135,1	144,5	152,3	160,1
75	Aug	118,6	128,3	136,0	143,7
75	Sep	90,6	101,6	109,7	117,8
75	Okt	50,7	59,5	67,5	75,5

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
75	Nov	24,4	29,8	35,4	41,0
75	Dez	21,3	30,3	39,1	47,9
75	2019	935,2	1044,6	1141,5	1238,4
76	Jan	13,9	18,3	22,4	26,5
76	Feb	54,7	70,0	82,4	94,8
76	Mär	78,1	87,8	97,1	106,4
76	Apr	98,2	105,9	113,0	120,1
76	Mai	114,4	123,1	131,2	139,3
76	Jun	136,3	144,8	152,3	159,8
76	Jul	136,4	145,7	153,1	160,5
76	Aug	118,8	128,1	135,8	143,5
76	Sep	89,9	100,1	108,7	117,3
76	Okt	47,5	55,2	63,1	71,0
76	Nov	22,0	26,5	32,0	37,5
76	Dez	18,9	26,1	34,0	41,9
76	2019	929,1	1031,6	1125,1	1218,6
77	Jan	12,1	17,2	21,9	26,6
77	Feb	55,2	71,9	86,9	101,9
77	Mär	79,7	90,0	99,7	109,4
77	Apr	95,0	102,8	109,6	116,4
77	Mai	109,1	117,6	125,7	133,8
77	Jun	132,8	142,2	149,9	157,6
77	Jul	134,6	144,4	152,2	160,0
77	Aug	118,3	128,5	136,5	144,5
77	Sep	90,5	101,9	111,1	120,3
77	Okt	49,7	59,0	67,5	76,0
77	Nov	24,2	29,7	35,2	40,7
77	Dez	20,7	29,6	37,7	45,8
77	2019	921,9	1034,8	1133,9	1233,0
78	Jan	11,6	17,5	22,4	27,3
78	Feb	56,6	73,6	87,8	102,0
78	Mär	81,5	92,1	101,7	111,3
78	Apr	95,8	104,0	110,3	116,6
78	Mai	107,6	115,4	122,7	130,0

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
78	Jun	134,3	143,8	151,2	158,6
78	Jul	134,8	143,9	151,8	159,7
78	Aug	118,7	127,6	135,2	142,8
78	Sep	91,9	102,5	111,5	120,5
78	Okt	51,3	61,7	70,9	80,1
78	Nov	25,1	30,3	35,4	40,5
78	Dez	21,6	30,1	38,1	46,1
78	2019	930,8	1042,5	1139,0	1235,5
79	Jan	12,5	17,4	22,8	28,2
79	Feb	55,0	72,4	86,5	100,6
79	Mär	78,3	89,7	99,6	109,5
79	Apr	92,4	100,3	107,0	113,7
79	Mai	108,6	118,0	125,6	133,2
79	Jun	131,9	142,8	149,7	156,6
79	Jul	136,2	146,3	153,7	161,1
79	Aug	119,0	129,6	137,6	145,6
79	Sep	91,1	102,1	112,2	122,3
79	Okt	47,4	56,0	64,7	73,4
79	Nov	23,6	28,9	33,5	38,1
79	Dez	19,7	27,5	34,8	42,1
79	2019	915,7	1031,0	1127,7	1224,4

A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx

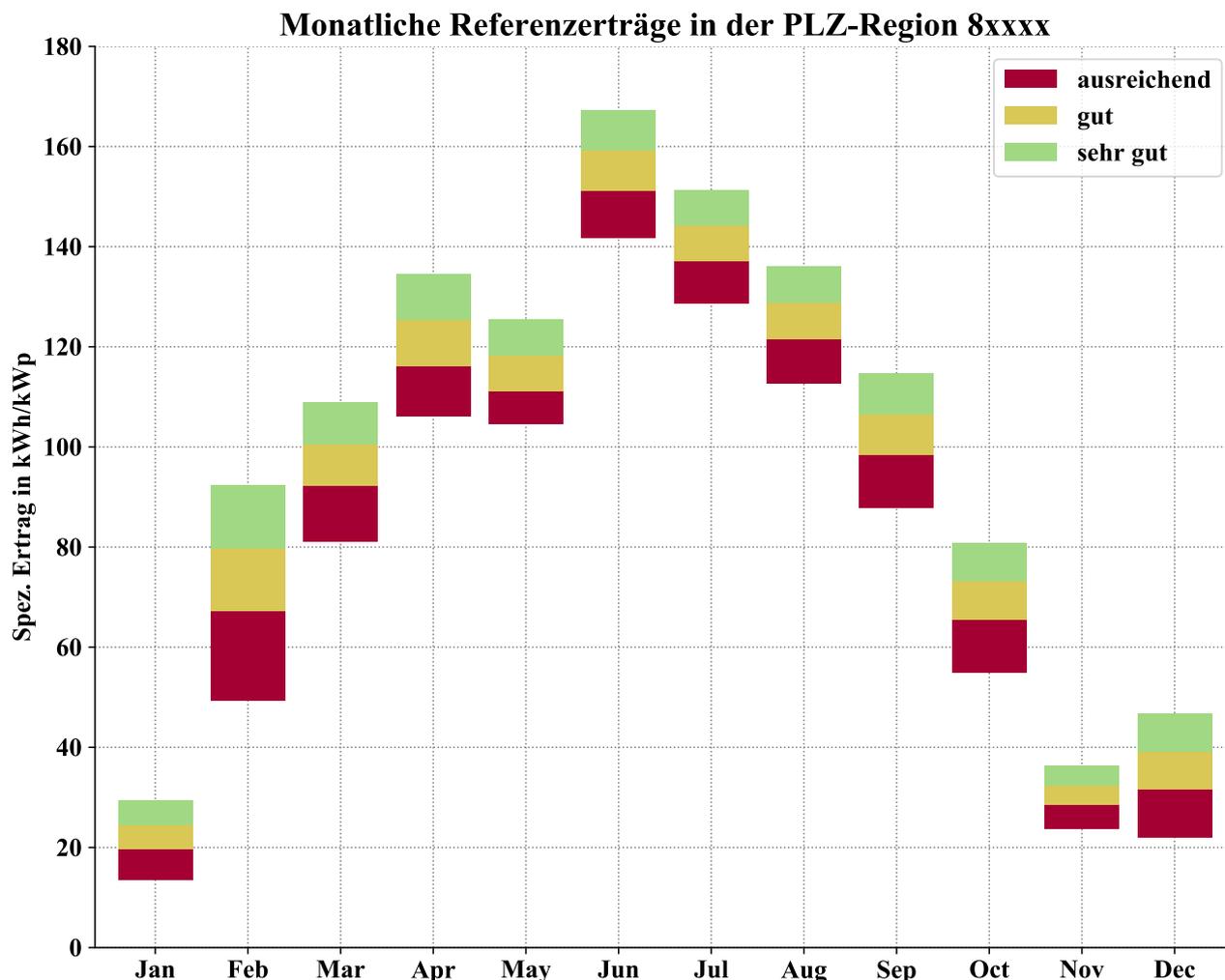


Abbildung A.23: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
80	Jan	13,2	20,7	26,0	31,3
80	Feb	44,8	64,0	77,0	90,0
80	Mär	82,2	93,3	101,2	109,1
80	Apr	106,6	117,1	126,4	135,7
80	Mai	101,8	108,5	116,1	123,7
80	Jun	143,2	153,5	161,8	170,1
80	Jul	124,4	133,4	140,6	147,8

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
80	Aug	109,4	118,2	125,6	133,0
80	Sep	87,5	97,2	105,5	113,8
80	Okt	54,9	65,6	73,0	80,4
80	Nov	23,8	28,5	32,2	35,9
80	Dez	22,2	33,3	40,7	48,1
80	2019	914,0	1033,3	1126,1	1218,9
81	Jan	13,1	20,7	26,0	31,3
81	Feb	45,5	64,3	77,0	89,7
81	Mär	82,3	93,5	101,3	109,1
81	Apr	106,7	117,2	126,7	136,2
81	Mai	102,3	108,6	116,2	123,8
81	Jun	143,6	153,6	161,9	170,2
81	Jul	124,9	133,8	140,8	147,8
81	Aug	109,4	118,1	125,6	133,1
81	Sep	87,6	97,2	105,6	114,0
81	Okt	55,4	65,7	73,1	80,5
81	Nov	23,8	28,6	32,2	35,8
81	Dez	22,2	33,4	40,7	48,0
81	2019	916,8	1034,7	1127,1	1219,5
82	Jan	14,2	20,3	25,5	30,7
82	Feb	48,1	66,8	79,9	93,0
82	Mär	80,8	93,4	101,4	109,4
82	Apr	104,0	115,0	124,5	134,0
82	Mai	103,0	109,4	116,5	123,6
82	Jun	140,6	150,0	158,7	167,4
82	Jul	126,6	135,1	141,6	148,1
82	Aug	110,5	119,9	126,9	133,9
82	Sep	86,2	97,6	106,1	114,6
82	Okt	53,9	65,5	73,2	80,9
82	Nov	23,2	27,9	31,7	35,5
82	Dez	22,5	33,1	41,2	49,3
82	2019	913,6	1034,0	1127,2	1220,4
83	Jan	14,7	21,0	25,7	30,4
83	Feb	47,4	64,5	76,1	87,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
83	Mär	82,1	93,0	100,8	108,6
83	Apr	109,8	120,4	130,2	140,0
83	Mai	103,6	109,7	117,1	124,5
83	Jun	145,4	156,1	164,1	172,1
83	Jul	126,1	135,2	141,6	148,0
83	Aug	110,4	119,0	126,4	133,8
83	Sep	86,9	97,4	105,0	112,6
83	Okt	55,4	65,9	73,0	80,1
83	Nov	23,7	28,1	31,6	35,1
83	Dez	22,1	32,2	38,7	45,2
83	2019	927,6	1042,5	1130,3	1218,1
84	Jan	12,7	19,7	24,7	29,7
84	Feb	47,7	61,9	73,1	84,3
84	Mär	78,9	88,9	97,2	105,5
84	Apr	117,5	129,1	138,4	147,7
84	Mai	105,1	111,7	118,0	124,3
84	Jun	150,6	159,2	166,4	173,6
84	Jul	131,0	138,3	144,9	151,5
84	Aug	112,8	120,9	127,6	134,3
84	Sep	86,4	95,7	103,3	110,9
84	Okt	57,2	66,9	74,2	81,5
84	Nov	23,8	28,1	31,9	35,7
84	Dez	21,3	28,1	34,9	41,7
84	2019	945,0	1048,5	1134,6	1220,7
85	Jan	15,2	20,7	25,3	29,9
85	Feb	49,9	64,9	76,9	88,9
85	Mär	78,3	89,1	98,2	107,3
85	Apr	112,9	123,8	134,7	145,6
85	Mai	105,6	112,5	119,2	125,9
85	Jun	144,2	154,4	162,8	171,2
85	Jul	129,9	138,1	144,8	151,5
85	Aug	112,9	121,3	128,5	135,7
85	Sep	87,7	98,0	105,5	113,0
85	Okt	55,2	65,6	73,0	80,4

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
85	Nov	22,7	27,2	31,0	34,8
85	Dez	21,3	29,3	37,2	45,1
85	2019	935,8	1044,9	1137,1	1229,3
86	Jan	13,9	19,2	23,7	28,2
86	Feb	51,4	69,6	82,2	94,8
86	Mär	80,2	91,5	100,5	109,5
86	Apr	104,1	114,8	124,5	134,2
86	Mai	105,6	113,5	121,0	128,5
86	Jun	139,0	147,6	156,3	165,0
86	Jul	129,2	137,7	145,1	152,5
86	Aug	113,6	122,7	130,2	137,7
86	Sep	87,8	98,9	107,1	115,3
86	Okt	53,7	65,1	72,8	80,5
86	Nov	23,3	28,2	32,2	36,2
86	Dez	21,8	31,7	39,7	47,7
86	2019	923,6	1040,5	1135,3	1230,1
87	Jan	14,2	19,5	24,0	28,5
87	Feb	51,2	70,6	83,4	96,2
87	Mär	82,4	94,6	102,3	110,0
87	Apr	101,7	110,8	118,9	127,0
87	Mai	105,1	111,6	118,6	125,6
87	Jun	138,6	146,8	154,7	162,6
87	Jul	129,9	138,0	145,1	152,2
87	Aug	114,3	123,1	130,3	137,5
87	Sep	87,8	99,6	108,0	116,4
87	Okt	54,3	66,0	73,7	81,4
87	Nov	23,4	28,1	32,0	35,9
87	Dez	22,0	31,4	39,4	47,4
87	2019	924,9	1040,1	1130,4	1220,7
88	Jan	11,1	17,5	22,3	27,1
88	Feb	54,0	73,2	87,3	101,4
88	Mär	82,3	93,3	102,1	110,9
88	Apr	97,7	105,6	112,4	119,2
88	Mai	106,5	113,5	120,4	127,3

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
88	Jun	135,9	145,0	152,2	159,4
88	Jul	133,5	141,6	149,6	157,6
88	Aug	117,1	125,9	133,6	141,3
88	Sep	90,7	102,0	110,5	119,0
88	Okt	54,3	64,6	72,5	80,4
88	Nov	25,1	30,1	34,9	39,7
88	Dez	22,1	31,5	39,3	47,1
88	2019	930,3	1043,8	1137,1	1230,4
89	Jan	12,7	18,2	22,7	27,2
89	Feb	54,0	72,4	85,4	98,4
89	Mär	81,7	93,0	101,5	110,0
89	Apr	100,2	108,6	116,6	124,6
89	Mai	106,6	113,6	120,6	127,6
89	Jun	136,7	145,5	153,0	160,5
89	Jul	131,6	140,0	147,6	155,2
89	Aug	116,3	124,8	132,4	140,0
89	Sep	89,4	100,6	108,9	117,2
89	Okt	54,6	65,2	73,0	80,8
89	Nov	24,6	29,7	34,2	38,7
89	Dez	22,6	32,4	40,4	48,4
89	2019	931,0	1044,0	1136,3	1228,6

A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx

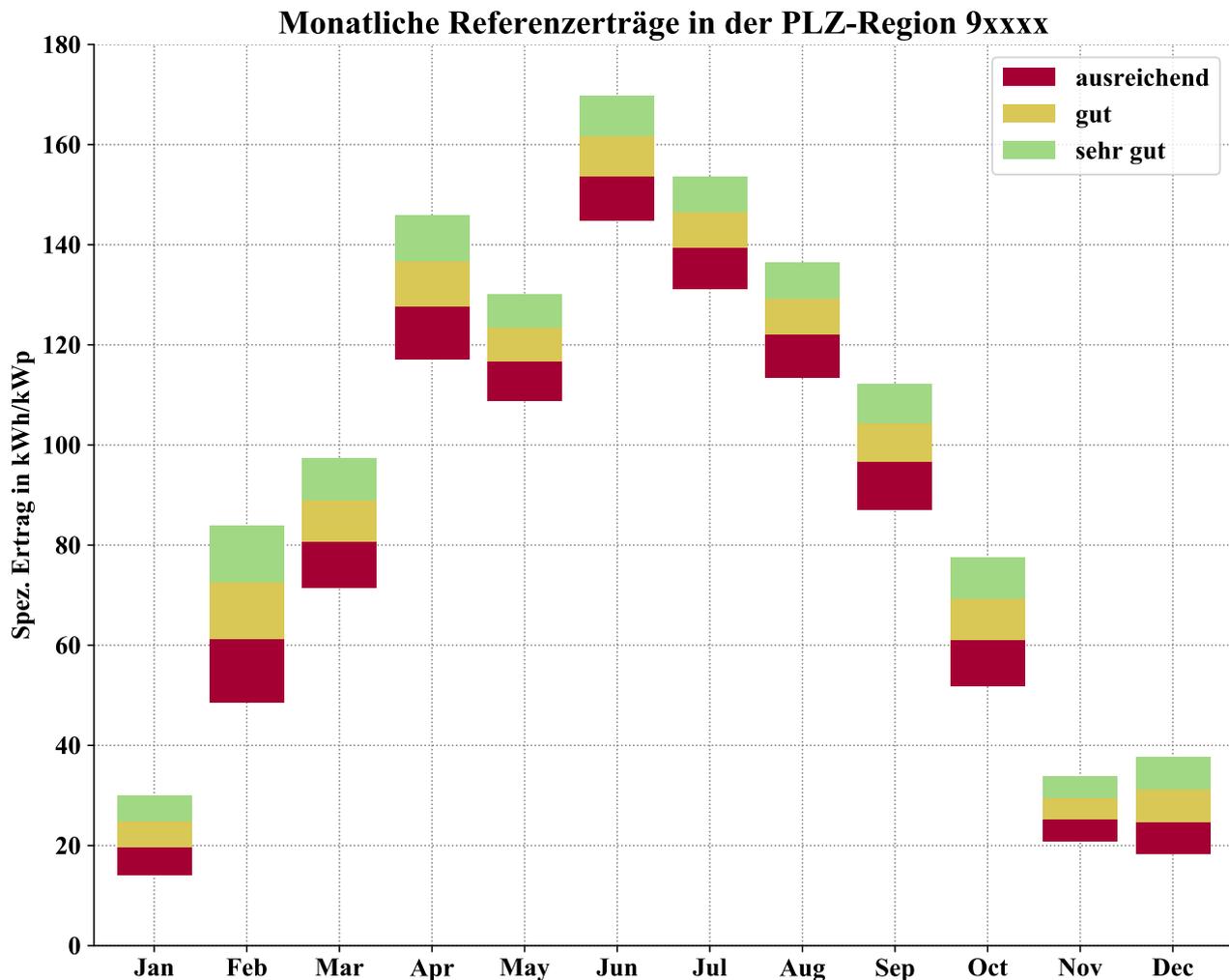


Abbildung A.24: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2019.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
90	Jan	14,1	19,8	24,9	30,0
90	Feb	51,1	64,0	75,2	86,4
90	Mär	73,8	82,8	90,6	98,4
90	Apr	121,7	131,9	139,6	147,3
90	Mai	109,9	117,6	124,5	131,4
90	Jun	145,4	154,7	163,1	171,5
90	Jul	134,5	143,4	150,0	156,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
90	Aug	114,4	122,5	130,0	137,5
90	Sep	90,5	99,8	107,1	114,4
90	Okt	55,0	64,3	72,0	79,7
90	Nov	21,6	25,6	30,2	34,8
90	Dez	19,0	25,6	31,1	36,6
90	2019	951,0	1052,0	1138,3	1224,6
91	Jan	14,3	19,1	23,8	28,5
91	Feb	52,2	67,1	79,3	91,5
91	Mär	75,9	86,7	96,7	106,7
91	Apr	109,7	120,4	131,5	142,6
91	Mai	107,4	115,5	122,9	130,3
91	Jun	140,9	150,0	158,2	166,4
91	Jul	131,3	139,8	147,6	155,4
91	Aug	114,5	123,2	130,9	138,6
91	Sep	88,5	98,9	106,6	114,3
91	Okt	53,2	63,3	71,8	80,3
91	Nov	22,0	26,7	31,2	35,7
91	Dez	20,6	28,4	37,2	46,0
91	2019	930,5	1039,1	1137,7	1236,3
92	Jan	14,4	19,7	25,1	30,5
92	Feb	49,6	62,3	75,0	87,7
92	Mär	73,8	84,2	93,2	102,2
92	Apr	120,6	132,1	140,6	149,1
92	Mai	107,2	114,1	121,1	128,1
92	Jun	147,1	156,3	163,8	171,3
92	Jul	133,4	141,0	147,8	154,6
92	Aug	114,1	122,2	129,4	136,6
92	Sep	89,1	98,9	106,2	113,5
92	Okt	55,0	64,5	72,8	81,1
92	Nov	21,6	26,1	30,5	34,9
92	Dez	19,8	26,1	32,8	39,5
92	2019	945,7	1047,5	1138,3	1229,1
93	Jan	12,8	19,3	24,1	28,9
93	Feb	48,1	61,2	72,4	83,6

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
93	Mär	77,4	86,8	95,4	104,0
93	Apr	121,2	132,0	140,4	148,8
93	Mai	105,8	112,6	118,9	125,2
93	Jun	150,7	159,4	166,9	174,4
93	Jul	131,7	139,1	145,8	152,5
93	Aug	113,5	121,3	128,4	135,5
93	Sep	86,5	96,1	103,8	111,5
93	Okt	56,9	66,7	74,1	81,5
93	Nov	23,0	27,2	31,1	35,0
93	Dez	20,6	26,9	33,0	39,1
93	2019	948,2	1048,6	1134,3	1220,0
94	Jan	11,9	19,1	24,0	28,9
94	Feb	47,6	60,6	71,4	82,2
94	Mär	78,1	87,1	95,2	103,3
94	Apr	122,0	132,5	140,4	148,3
94	Mai	105,6	112,1	118,1	124,1
94	Jun	152,5	160,6	168,0	175,4
94	Jul	132,3	139,4	145,7	152,0
94	Aug	113,5	121,5	127,9	134,3
94	Sep	85,9	95,0	102,5	110,0
94	Okt	57,2	67,0	74,6	82,2
94	Nov	23,6	27,9	31,6	35,3
94	Dez	20,8	26,8	32,5	38,2
94	2019	951,0	1049,6	1131,9	1214,2
95	Jan	13,4	19,0	24,3	29,6
95	Feb	48,7	61,0	73,0	85,0
95	Mär	70,2	79,1	86,9	94,7
95	Apr	120,6	131,7	140,4	149,1
95	Mai	108,7	116,1	122,9	129,7
95	Jun	145,9	154,7	163,0	171,3
95	Jul	133,8	141,8	148,6	155,4
95	Aug	113,7	121,8	129,2	136,6
95	Sep	89,1	98,4	105,6	112,8
95	Okt	53,1	62,3	70,9	79,5

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
95	Nov	20,1	24,6	29,0	33,4
95	Dez	18,0	24,3	30,0	35,7
95	2019	935,3	1034,8	1123,8	1212,8
96	Jan	14,4	19,8	24,8	29,8
96	Feb	48,2	60,3	72,0	83,7
96	Mär	68,0	76,6	86,1	95,6
96	Apr	116,6	127,4	136,2	145,0
96	Mai	110,8	119,0	125,2	131,4
96	Jun	142,7	151,8	160,1	168,4
96	Jul	133,4	141,8	149,4	157,0
96	Aug	113,0	122,0	129,0	136,0
96	Sep	87,7	97,4	105,6	113,8
96	Okt	48,5	58,0	66,1	74,2
96	Nov	18,9	23,6	27,8	32,0
96	Dez	16,8	23,3	30,2	37,1
96	2019	919,0	1021,0	1112,5	1204,0
97	Jan	14,8	19,2	23,6	28,0
97	Feb	49,1	61,6	72,3	83,0
97	Mär	69,3	78,2	86,8	95,4
97	Apr	111,2	121,1	130,9	140,7
97	Mai	112,6	120,9	127,9	134,9
97	Jun	139,9	148,9	156,7	164,5
97	Jul	132,4	141,4	149,1	156,8
97	Aug	114,2	123,1	130,3	137,5
97	Sep	87,4	96,8	104,7	112,6
97	Okt	46,1	54,5	63,0	71,5
97	Nov	19,9	24,0	27,9	31,8
97	Dez	16,8	22,9	29,7	36,5
97	2019	913,7	1012,6	1102,9	1193,2
98	Jan	15,2	20,2	25,0	29,8
98	Feb	46,2	57,6	69,0	80,4
98	Mär	66,8	74,6	82,5	90,4
98	Apr	113,9	124,3	134,1	143,9
98	Mai	110,7	119,1	125,4	131,7

Fortsetzung auf nächster Seite

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
98	Jun	140,9	149,9	157,7	165,5
98	Jul	129,2	138,7	146,4	154,1
98	Aug	111,9	120,9	128,6	136,3
98	Sep	85,6	95,7	104,6	113,5
98	Okt	45,3	53,8	62,1	70,4
98	Nov	18,8	22,7	26,5	30,3
98	Dez	16,2	21,6	28,3	35,0
98	2019	900,7	999,1	1090,2	1181,3
99	Jan	15,9	22,4	28,8	35,2
99	Feb	44,7	56,7	66,4	76,1
99	Mär	62,4	70,6	76,7	82,8
99	Apr	113,4	124,1	134,1	144,1
99	Mai	110,3	119,9	126,7	133,5
99	Jun	142,3	151,3	159,9	168,5
99	Jul	120,1	128,2	134,8	141,4
99	Aug	112,7	122,3	129,3	136,3
99	Sep	79,8	89,9	97,4	104,9
99	Okt	47,4	57,2	65,6	74,0
99	Nov	18,9	23,8	29,2	34,6
99	Dez	15,1	20,5	26,7	32,9
99	2019	883,0	986,9	1075,6	1164,3