

Studie
zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen
2020
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 2020 in Deutschland

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

Autoren

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

Februar 2020, aktualisiert im April 2022, 94 Seiten, 47 Abbildungen, 10 Tabellen

Bildnachweis Seite 0, Seite 3, Seite 5, Seite 13, Seite 24 © Henrik te Heesen

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

© 2022 Hochschule Trier

Vorwort

Im vergangenen Jahr 2020 lagen die Erträge der Photovoltaikanlagen in Deutschland, wie bereits in den vorherigen Jahren 2018 und 2019, über dem langjährigen Durchschnitt. Die PV-Anlagen in Deutschland haben laut Angaben der Übertragungsnetzbetreiber in 2020 51,4 TWh elektrische Energie erzeugt und damit einen Beitrag von 10,5 Prozent am deutschen Strommix geleistet. Gemeinsam mit den übrigen regenerativen Energiesystemen – Windenergie, Bioenergie und Wasserkraft – lag der Anteil an der elektrischen Energieerzeugung bei 50,6 Prozent; damit haben zum ersten Mal in einem Kalenderjahr die erneuerbaren Energieanlagen in Deutschland mehr Strom als die fossilen Kraftwerke erzeugt.

Die positive Entwicklung bei der Stromerzeugung aus Photovoltaikdachanlagen können auf die weiterhin fallenden Investitions- sowie Stromgestehungskosten zurückgeführt werden. Der Frühling 2020 war außerordentlich sonnen- und damit ertragreich, sodass der Stromertrag bis zur Jahresmitte fast acht Prozent über dem mehrjährigen Mittel von 2012 bis 2020 lag. In der zweiten Jahreshälfte des abgelaufenen Jahres sank der Ertrag leicht ab, sodass bis zum Jahresende ein Mehrertrag von 4,1 Prozent zu verzeichnen ist.

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 2020 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.

Weiterführende Informationen zur Studie, zur Forschung im Bereich der Ertragsanalyse von Photovoltaikanlagen sowie Kontaktdaten finden Sie unter:

<https://www.umwelt-campus.de/ibt/pv-ertragsstudie>

Hoppstädten-Weiersbach im Februar 2021

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	6
4.1 Fernüberwachungskonzept	6
4.2 Kennzahlen zur Beurteilung von PV-Anlagen	6
5 Ergebnisse	14
5.1 Spezifischer Jahresertrag 2020	15
5.2 Spezifische Erträge pro Monat	17
Literatur	25
A Anhang	26
A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen	26
A.2 Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	28
A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2020	29
A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2020	30
A.5 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 0xxxx	36
A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx	40
A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx	45
A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx	50
A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx	55
A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx	60
A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx	65
A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx	70

A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx	75
A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx	80

Abbildungsverzeichnis

1.1	Spez. Ertrag von PV-Anlagen in Deutschland	1
2.1	Spec. yield of PV systems in Germany	2
4.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	8
4.2	Ausschluss von Extremwerten	9
4.3	Darstellung des Filterverfahrens	10
4.4	Sicherheitswahrscheinlichkeit	11
5.1	Korrekturfaktor für Ausrichtung und Neigung	14
5.2	Spez. Ertrag 2020 für PV-Anlagen	15
5.3	Gegenüberstellung der spezifischen Jahreserträge	16
5.4	Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge für die Jahre 2012 bis 2020	16
5.5	Mittlere spezifische Tageserträge 2020 in Deutschland	17
5.6	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Januar	18
5.7	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Februar	18
5.8	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im März	19
5.9	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im April	19
5.10	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Mai	20
5.11	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juni	20
5.12	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Juli	21
5.13	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im August	21
5.14	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im September	22
5.15	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Oktober	22
5.16	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im November	23
5.17	Spez. Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge im Dezember	23
A.1	Zweistellige Postleitzahlbereiche in Deutschland	28
A.2	Spez. Ertrag 2020 für PV-Anlagen	29
A.3	Spez. Ertrag im Januar 2020	30
A.4	Spez. Ertrag im Februar 2020	30
A.5	Spez. Ertrag im März 2020	31
A.6	Spez. Ertrag im April 2020	31
A.7	Spez. Ertrag im Mai 2020	32
A.8	Spez. Ertrag im Juni 2020	32
A.9	Spez. Ertrag im Juli 2020	33
A.10	Spez. Ertrag im August 2020	33

A.11 Spez. Ertrag im September 2020	34
A.12 Spez. Ertrag im Oktober 2020	34
A.13 Spez. Ertrag im November 2020	35
A.14 Spez. Ertrag im Dezember 2020	35
A.15 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 0xxxx	36
A.16 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 1xxxx	40
A.17 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 2xxxx	45
A.18 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 3xxxx	50
A.19 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 4xxxx	55
A.20 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 5xxxx	60
A.21 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 6xxxx	65
A.22 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 7xxxx	70
A.23 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 8xxxx	75
A.24 Ertragsreferenzplot der spez. Monatserträge für den PLZ-Bereich 9xxxx	80

Tabellenverzeichnis

A.1	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 0xxxxx.	36
A.2	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 1xxxxx.	40
A.3	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 2xxxxx.	45
A.4	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 3xxxxx.	50
A.5	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 4xxxxx.	56
A.6	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 5xxxxx.	60
A.7	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 6xxxxx.	65
A.8	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 7xxxxx.	70
A.9	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 8xxxxx.	75
A.10	Spezifische Erträge in kWh/kW _p für den Postleitzahlbereich 9xxxxx.	80

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

Wir haben die Ertragsdaten von rund 26 200 Photovoltaikdachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p in Deutschland für das Kalenderjahr 2020 analysiert. Hierzu verwenden wir Tagesertragsdaten inklusive der Stammdaten (Postleitzahl, Nennleistung, Ausrichtung, Neigung) 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 [1].

PV-Jahr 2020
sehr ertragreich.

Das Jahr 2020 war in allen Teilen Deutschlands sehr ertragreich. Bezogen auf den langjährigen Durchschnitt über neun Jahre waren die Erträge in 2020 im Mittel um 4,1 Prozent größer. Insbesondere das sonnige Frühjahr von März bis Mai mit einem extrem sonnigen April 2020 haben zu diesem überdurchschnittlichen PV-Jahr geführt.

Spez. Ertrag zwischen 1 020 und 1 190 kWh/kW_p

Baden-Württemberg weist die größten spezifischen Erträge in 2020 mit Werten von über 1 150 kWh/kW_p auf. Im Süden und Osten sowie der Mitte Deutschlands verzeichnen die Photovoltaikdachanlagen einen spezifischen Ertrag von mehr als 1 075 kWh/kW_p. Lediglich im Nordwesten sind die spezifischen Erträge kleiner, jedoch immer noch überdurchschnittlich.

Die in dieser Studie durchgeführten Auswertungen 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.

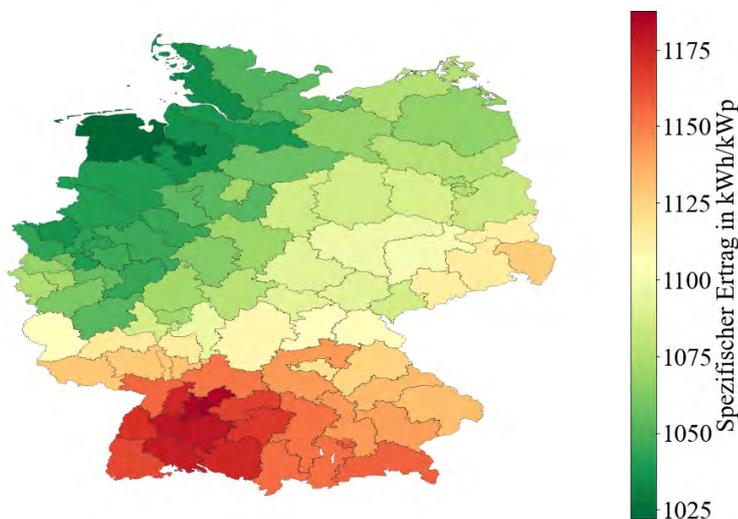


Abbildung 1.1: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikdachanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2020. Siehe auch Abb. 5.2.

2 Executive Summary

We have analyzed the yield data of about 26,200 rooftop photovoltaic systems with a nominal power of up to 30 kW_p in Germany for the year 2020. For this purpose, we use daily yield data, including master data (zip code, nominal power, orientation, inclination) of the PV systems, and aggregate the yield data to monthly values. A two-step algorithm cleans the data to consider only PV systems without malfunction [1].

2020 shows a very high yield in all parts of Germany.

Relative to the long-term average over nine years, the specific yield in 2020 was on average 4.1 percent larger. In particular, the sunny spring from March to May with an extremely sunny April in 2020 led to this above-average PV year.

Specific yield between 1020 and 1190 kWh/kW_p

Baden-Württemberg has the highest specific yield in 2020 with values above 1150 kWh/kW_p . In the south, the east, and the center of Germany, the photovoltaic roof systems record a specific yield of more than 1075 kWh/kW_p . In the northwest, the specific yield is smaller but still above average.

The evaluations carried out in this study are based on purely statistical methods and algorithms. Therefore, the results are objectively verifiable and do not show any subjective influence. The significance analysis shows that with a sufficiently large number of evaluable PV systems, the statistical results reflect the solar systems' actual yield very well.

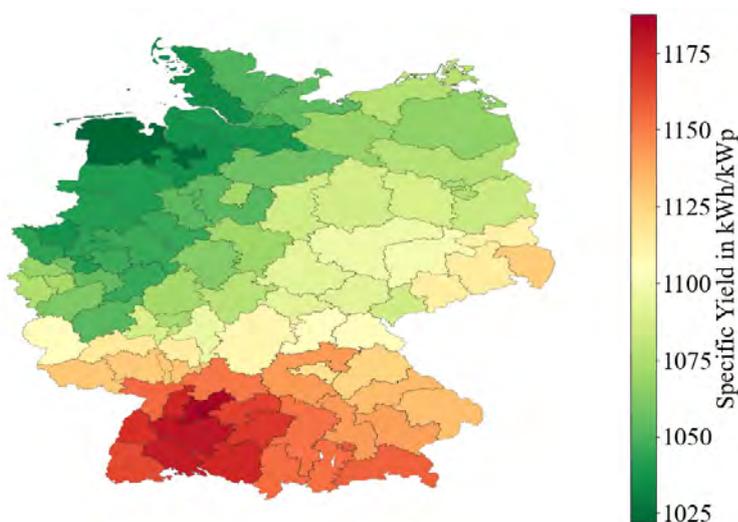


Figure 2.1: Specific yield in kWh/kW_p in tilted module plain (Southern orientation, 30° inclination angle) for small PV systems in Germany 2020. See also Fig. 5.2.



3 Einleitung

Mehr als 1,7 Mio. PV-Dachanlagen in Deutschland

Nach wirtschaftlich schwierigen Jahren 2014 bis 2017 konnte der jährliche Zubau an neuen Photovoltaikanlagen auf 4,9 GW_p im Jahr 2020 weiter anwachsen. Die mehr als 1,7 Millionen PV-Dachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p weisen Ende 2020 eine Gesamtleistung von etwa 18,4 GW_p auf. Damit spielen die kleineren Dachanlagen in Deutschland weiterhin eine wesentliche Rolle bei der Stromerzeugung.

Ertragssimulationen nur für Großkraftwerke sinnvoll

Eine belastbare Einschätzung der Ertragsproduktion von PV-Anlagen ist über anlagenspezifische Ertragssimulationen möglich. Allerdings sind die Ertragssimulationen mit großem Aufwand verbunden, sodass sich diese lediglich für PV-Großkraftwerke lohnen. Für kleinere PV-Anlagen, insbesondere Dachanlagen, werden daher andere Möglichkeiten wie zum Beispiel der Ertragsvergleich mit PV-Anlagen ähnlicher Konfiguration und vergleichbarem Standort genutzt. Bei Ertragsvergleichen ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine große Anzahl an PV-Anlagen verwendet werden muss und dass Anlagen mit technischen Störungen bei der Ertragsdatenermittlung nicht berücksichtigt werden, um Verfälschungen bei der Bewertung zu reduzieren.

Ertragsvergleiche zur Beurteilung von PV-Dachanlagen

Die Ertragsstudien, die wir seit 2013 herausgegeben haben [1–11], 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. Die Ertragsstudien der Vorjahre sowie die wissenschaftliche Forschung der HS Trier in Zusammenarbeit mit der TH Ulm finden Sie unter <https://www.umwelt-campus.de/ibt/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 (gleichbedeutend mit den Vollbenutzungsstunden) 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

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

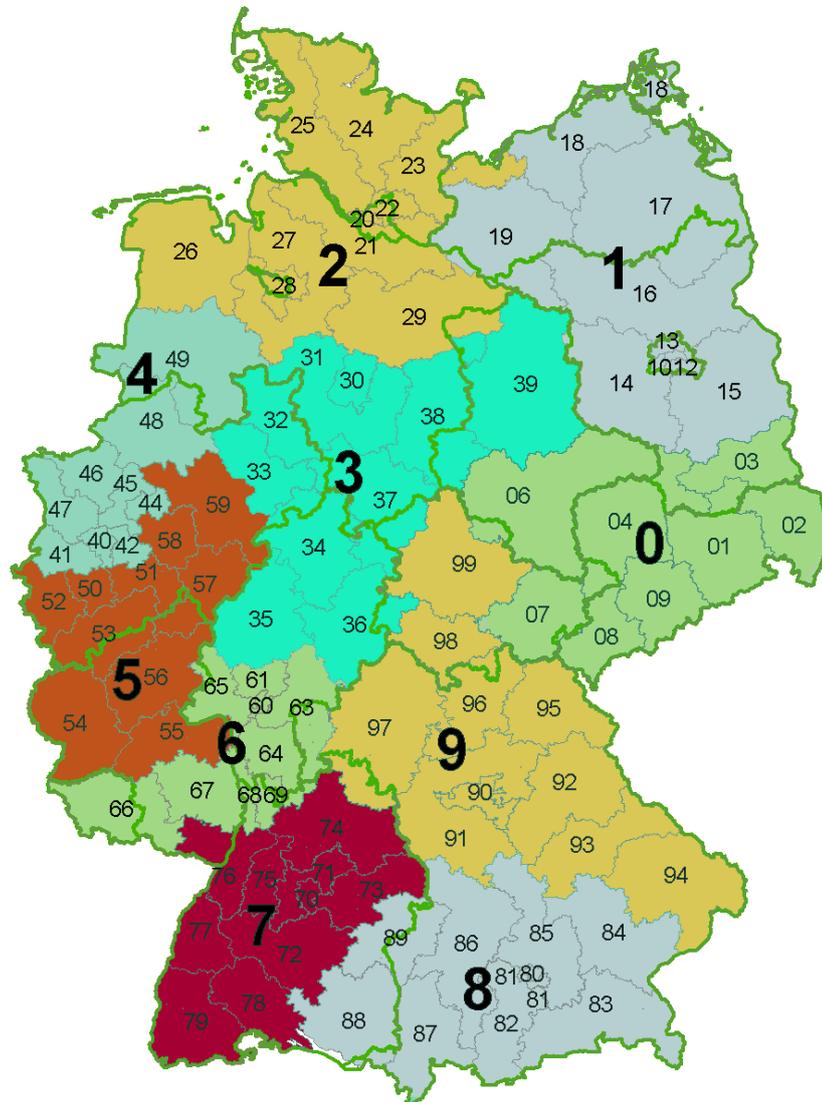
Die nominelle Anlagenleistung in kW_p errechnet sich aus der Summe der nominellen Leistung der installierten Module unter Standard Test Conditions (STC). Der spezifische Ertrag normiert Anlagen unterschiedlicher Größe auf eine einheitliche Ertragsgröße in kWh/kW_p . Über den spezifischen Ertrag lassen 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).

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



Die zweistelligen PLZ-Gebiete erstrecken sich meist über Regionen mit ähnlichen klimatischen Bedingungen. Die Lage einer Anlage innerhalb des PLZ-Gebiets spielt für die Auswertung von Ertrag und Einstrahlung eine vernachlässigbare Rolle. Bezogen auf die Anzahl der Anlagen ergibt sich aufgrund der höheren Anlagendichte in Süddeutschland eine Häufung von auswertbaren Anlagen im süddeutschen Raum, daher ist die Analyse in diesen Regionen genauer als im restlichen Bundesgebiet.

Clustering von
PLZ-Gebieten

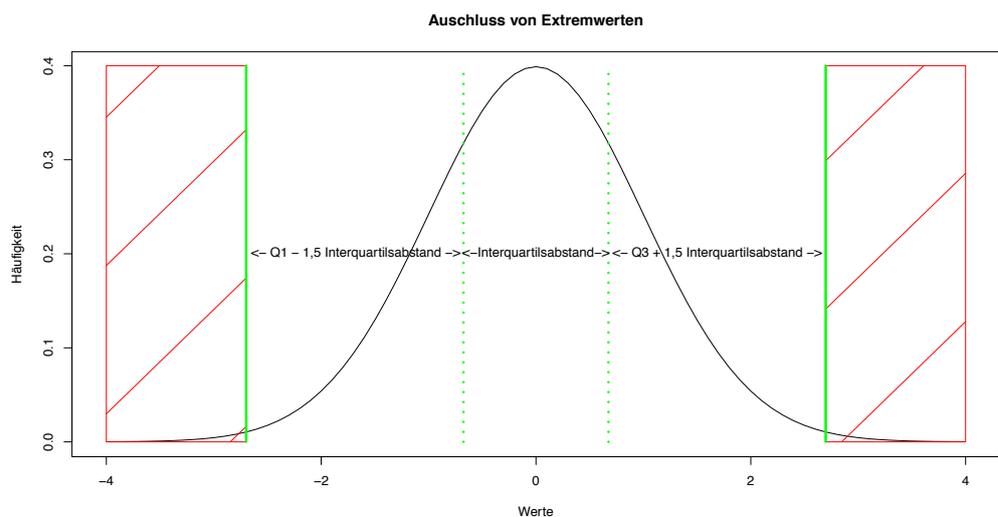
Um die Anzahl der auswertbaren Anlagen zu vergrößern, werden für die regionale Analyse von Ertrag und Einstrahlung sämtliche PV-Anlagen betrachtet, deren Standort sich innerhalb eines zweistelligen PLZ-Gebiets und den direkt angrenzenden PLZ-Gebieten befindet (z. B. PLZ-Region 46xxx

mit den benachbarten Regionen 45, 47 und 48). Dies führt zu einer stärkeren Durchmischung der Regionalanalyse, sodass einzelne Anlagen bzw. Anlagencluster 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.

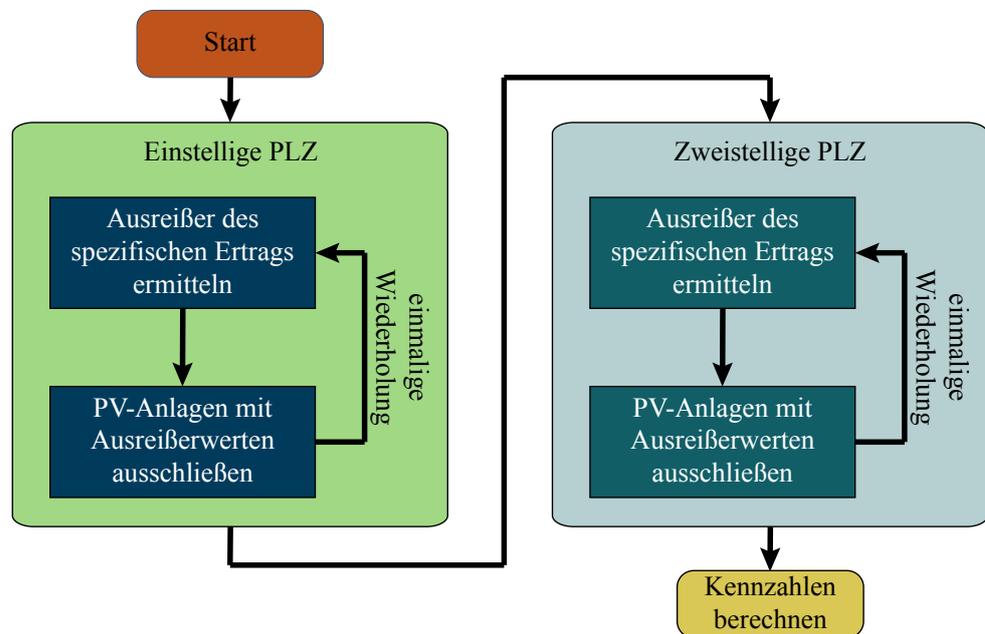


Die für die Auswertung relevanten Kennzahlen zur Analyse der statistischen Ergebnisse sind der Median und die Quartile. Der Median gibt bei einer Menge von Daten den Wert an, bei dem 50 % der Messwerte kleiner und 50 % der Messwerte größer als der Median sind. Das 1. Quartil (oder untere Quartil) gibt 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

* 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 [12].

kleiner und 25 % größer als das 3. Quartil. Der Abstand zwischen dem 1. und 3. Quartil wird als Interquartilsabstand (IQ) bezeichnet.

Abbildung 4.3: Ablauf des zweistufigen Filterverfahrens [1].



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).

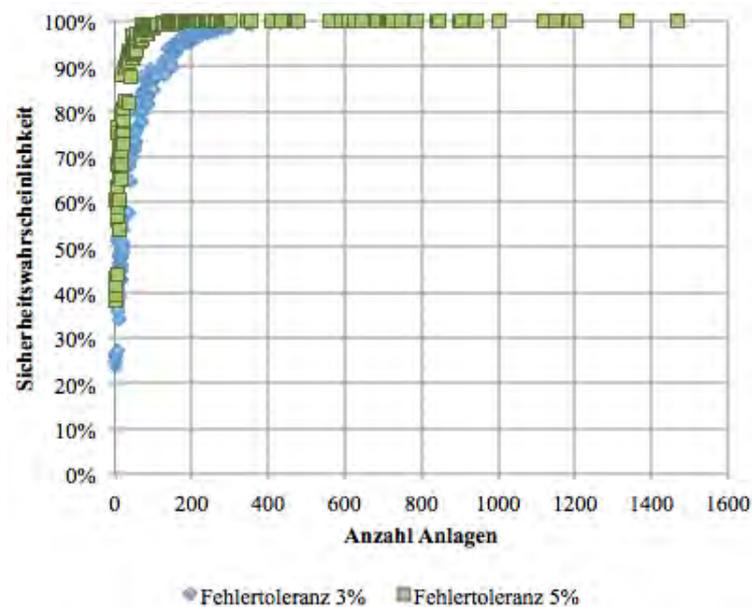
Die Ertragsdaten aller Anlagen, die sich in einem einstelligen Postleitzahlbereich befinden, werden für jeden Monat des Jahres bewertet. Anlagen, deren Erträge außerhalb der Ausreißergrenzen (d. h. deren Werte kleiner als die untere Grenze des Wertebereichs bzw. größer als die obere Grenze des Wertebereichs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

gen PLZ-Bereiche nach zweimaligem Durchlauf der Datenbereinigung abgeschlossen 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 Ab-

weichung σ des Whiskerabstands vom Median als Maß für die Streuung der Ertragsdaten.

Große Sicherheits-
wahrscheinlichkeit
durch zweistufi-
gen 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 u. a. [1] zu finden.



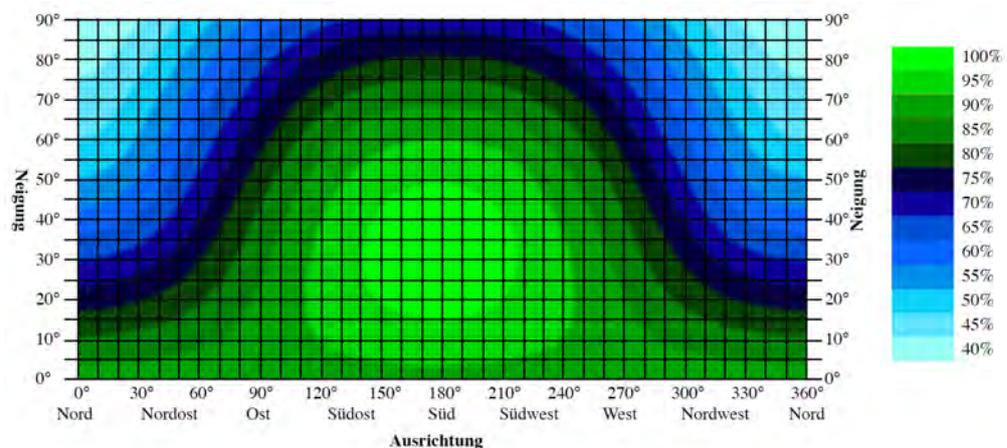
5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ertragsanalyse dargestellt und diskutiert. Im Anhang A ab Seite 26 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 2020

Durchschnittlicher Ertrag in Deutschland bei 1 096 kWh/kW_p

Abbildung 5.2 stellt die räumliche Verteilung des spezifischen Referenzertrags für 2020 auf zweistelliger PLZ-Ebene dar. In Baden-Württemberg betrug der spezifische Ertrag zwischen 1 150 und 1 190 kWh/kW_p, PV-Anlagen in Bayern wiesen einen Ertrag von über 1 120 kWh/kW_p auf. Im nordwestdeutschen Tiefland lagen die Erträge zwischen 1 020 und 1 075 kWh/kW_p. Damit wiesen technisch einwandfreie Photovoltaikanlagen in Deutschland im Durchschnitt fast 1 100 Vollbenutzungsstunden auf.

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 2020 (vgl. Abb. A.2).

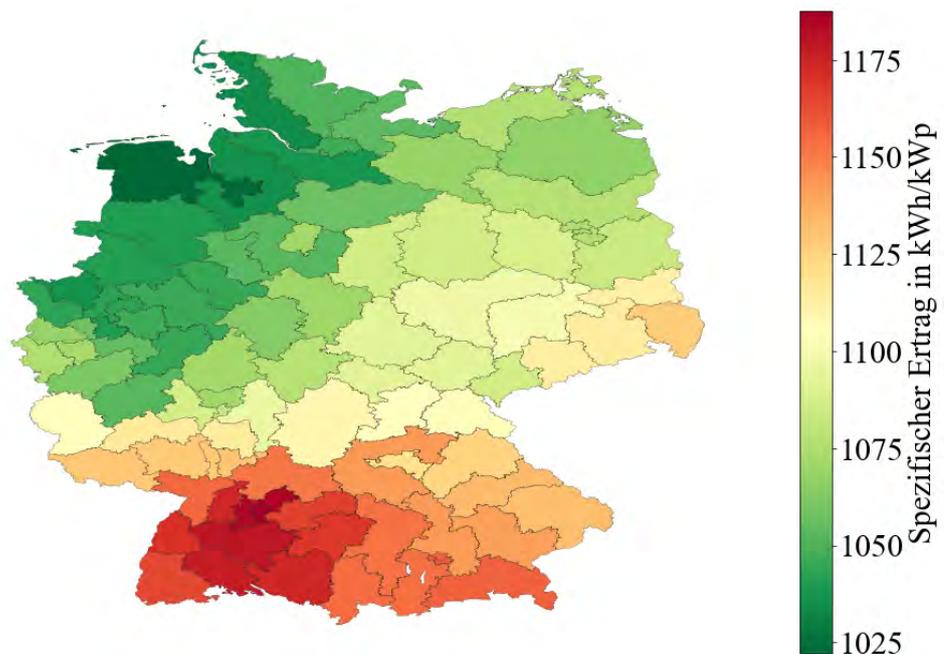




Abbildung 5.3: Gegenüberstellung der spezifischen Jahreserträge von 2012 bis 2020. Der langjährige Mittelwert des spezifischen Ertrags in Deutschland ist als blaue Linie dargestellt und beträgt 1 053 kWh/kW_p.

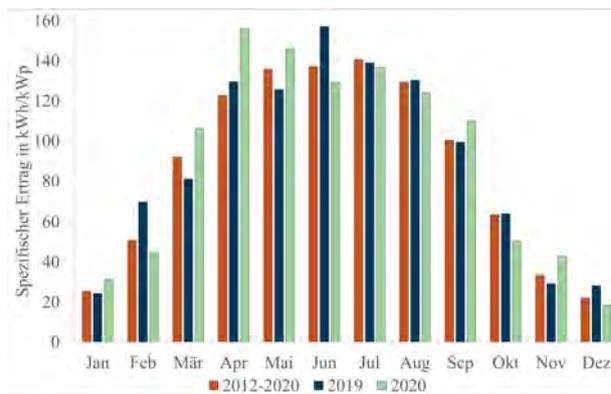


Abbildung 5.4: Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge in Deutschland für die Jahre 2012 bis 2020. In Orange ist der langjährige Durchschnitt von 2012 bis 2020, in Blau das Vorjahr und in Grün das letzte Kalenderjahr 2020 dargestellt.

Ertragreiches Jahr 2020

In Abbildung 5.3 sind die durchschnittlichen spezifischen Monatserträge über den Zeitraum 2012 bis 2020 sowie die einzelnen Monatserträge für die Jahre 2019 und 2020 dargestellt. Während der Jahresbeginn 2020 im Vergleich zum Vorjahr typische Ertragswerte aufzuweisen hat, heben sich die Monate März bis Mai und insbesondere der Monat April heraus. Die spezifischen Erträge im April 2020 waren mit 156 kWh/kW_p im deutschlandweiten Durchschnitt die größten, die je im Betrachtungszeitraum seit 2012 aufgetreten sind. Die übrigen Monate ordnen sich weitestgehend im langjährigen Ertragsmittel ein, wobei der September noch einmal außergewöhnlich sonnig und ertragreich war.

4,1% Mehrertrag in 2020

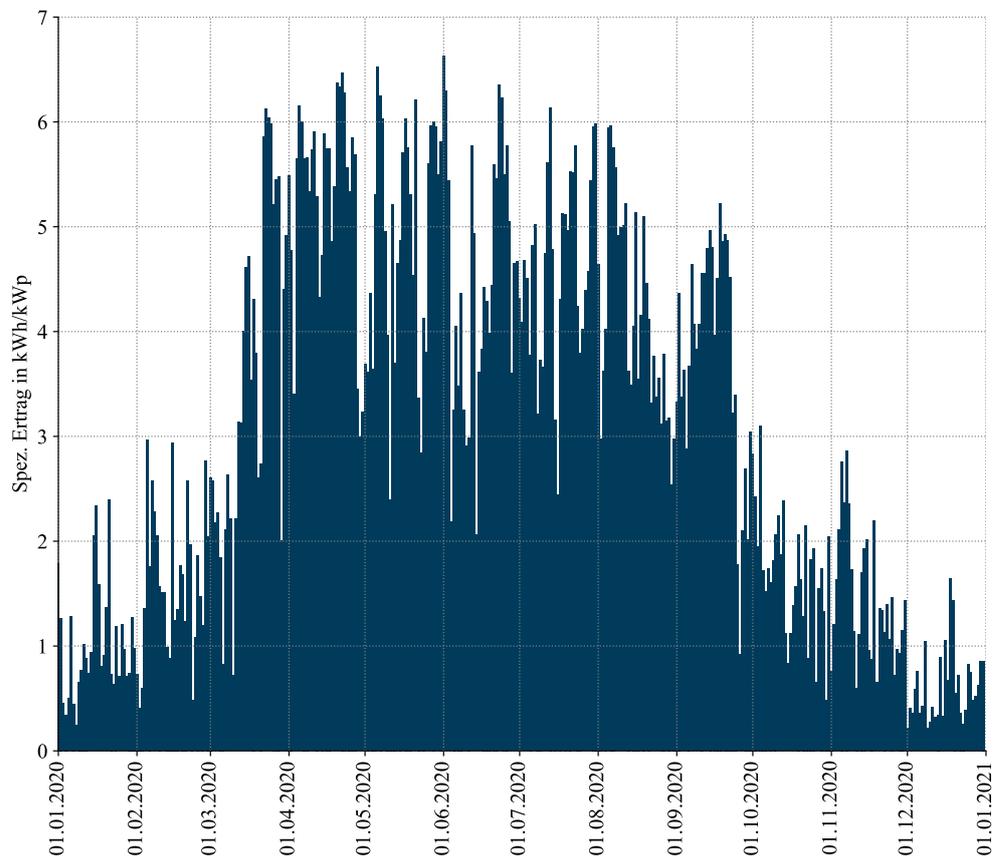
Der überdurchschnittliche Ertrag der Photovoltaikdachanlagen im Jahr 2020 findet sich auch im Vergleich der Erträge der Vorjahre wieder (siehe Abb. 5.4). Die letzten drei Jahre 2018 bis 2020 liegen über dem langjährigen mittleren spezifischen Ertrag von 1 053 kWh/kW_p. Nach dem Rekordjahr 2018 und dem sehr guten Ertragsjahr 2019 gliedert sich das abgelaufene Kalenderjahr mit erneut starken Erträgen in die Reihe positiver PV-Jahre ein.

Tageserträge im Frühjahr auf sehr hohem Niveau

Bei der Analyse der Tageserträge der PV-Dachanlagen in Deutschland fällt unmittelbar auf, dass bereits im Frühjahr, insbesondere im April, hohe

spezifische Erträge über einen längeren Zeitraum erreicht wurden, die sonst nur in den Sommermonaten zu erwarten sind. Von Mitte März bis Ende Mai wurden fast durchgängig Tageserträge zwischen 4 und 6 kWh/kW_p erzielt.

Abbildung 5.5: Mittlere spezifische Tageserträge von PV-Anlagen in Deutschland für 2020.



5.2 Spezifische Erträge pro Monat

In den Abbildungen (Abb. 5.6 bis 5.17) auf den folgenden Seiten sind die spezifischen Erträge der Photovoltaikdachanlagen mit einer Nennleistung bis 30 kW_p für die Monate Januar bis Dezember visualisiert. Eine vergrößerte Darstellung der Ertragskarten ist im Anhang A.4 auf den Seiten 30 bis 35 zu finden. Die Karten geben die überregionale Verteilung der PV-Erträge in Deutschland wieder und geben einen Eindruck darüber, wie sich die solare Einstrahlung in den einzelnen Monaten räumlich verteilt hat. Des Weiteren sind die mittleren spezifischen Tageserträge der einzelnen Monate für Deutschland aufgeführt. Diese spiegeln die allgemeine Einstrahlung

Abbildung 5.6: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Januar 2020.

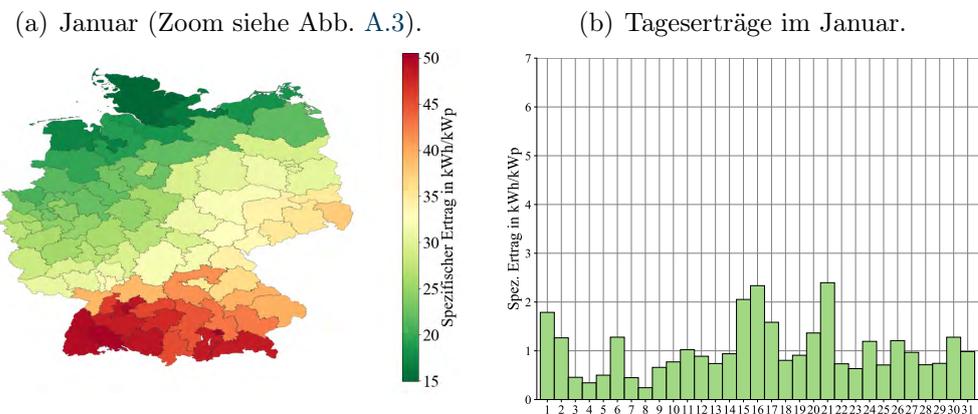
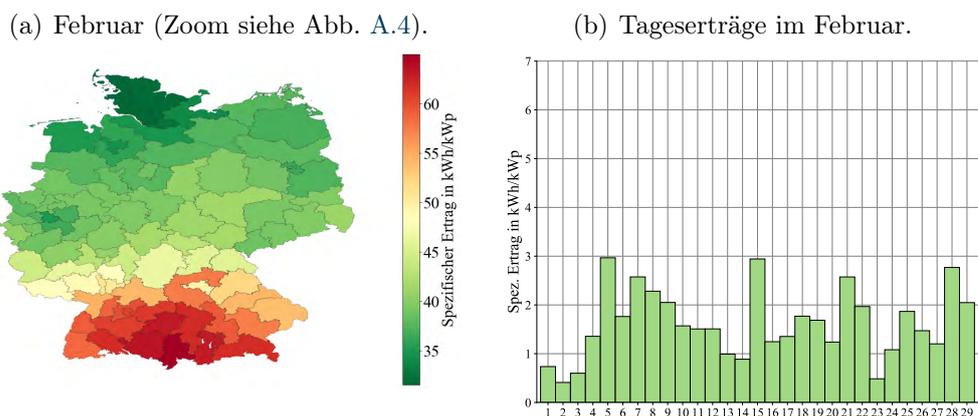


Abbildung 5.7: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Februar 2020.



und Wettersituation sowie länger andauernde Schön- bzw. Schlechtwetterperioden. Während in den Sommermonaten spezifische Tageserträge von 4 bis 6 kWh/kW_p üblich sind, betragen die Tageserträge im Winter lediglich 1 bis 2 kWh/kW_p.

Überdurchschnittlicher Januar

Der Januar 2020 ist im Vergleich zu den Vorjahren deutlich ertragreicher gewesen. Die höchsten Erträge im Januar waren in Baden-Württemberg und Bayern zu finden. Durchschnittlich lag der spezifische Monatsertrag in Deutschland bei 31 kWh/kW_p. Die Tageserträge betragen durchgängig rund 1 kWh/kW_p und darüber.

Februar ertragsschwach.

Die räumliche Ertragsverteilung im Februar deckt sich weitestgehend mit der Verteilung im Januar. Auch das Ertragsniveau hat sich kaum verändert. Mit einem mittleren Monatsertrag von 45 kWh/kW_p blieb der Februar in Deutschland hinter dem langjährigen Mittel zurück. Die Tageserträge vari-

Abbildung 5.8: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für März 2020.

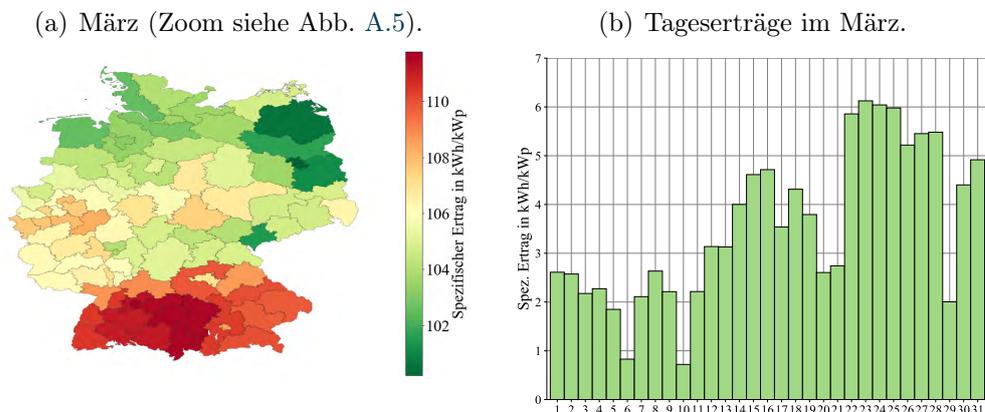
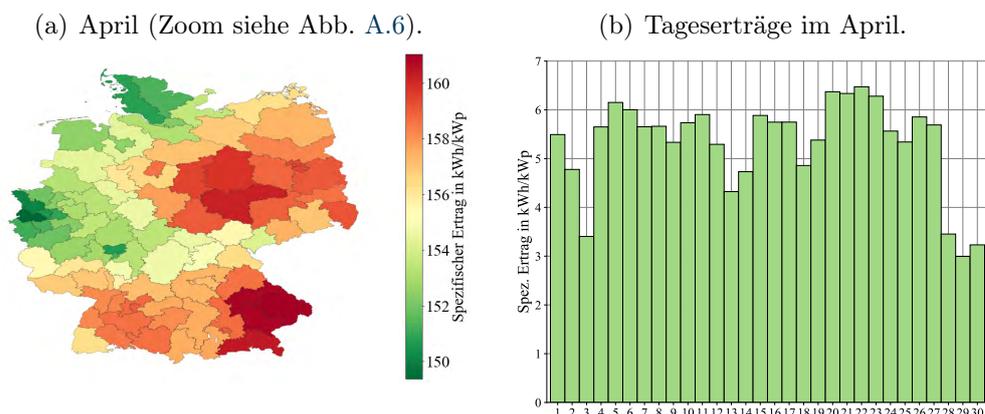


Abbildung 5.9: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für April 2020.



ierten zwischen 1 und knapp 3 kWh/kW_p.

Überdurchschnittlicher März

Die PV-Anlagen haben im März 2020, nach dem bisherigen Rekord-März im Jahr 2014, die zweitgrößten Erträge erreicht. Deutschlandweit waren die PV-Erträge recht gleichverteilt, in Süddeutschland waren Erträge von rund 110 kWh/kW_p zu verzeichnen. Die großen Erträge wurden in der zweiten Märzhälfte mit Werten von sommerlichen 6 kWh/kW_p erwirtschaftet.

Rekord-Erträge im April

Im bisher betrachteten Bewertungszeitraum der PV-Ertragsdaten ist der April 2020 der ertragreichste April. Mit einem mittleren spezifischen Ertrag von 156 kWh/kW_p lag der Ertrag 27 Prozent über dem Durchschnitt. Im Bayerischen Wald und im mitteldeutschen Tiefland betrug der spezifische Monatsertrag rund 160 kWh/kW_p, am Niederrhein etwa 150 kWh/kW_p. Die Tageserträge variierten zwischen 5 und 6 kWh/kW_p und wiesen damit Werte auf, die ansonsten nur in Sommermonaten erwartet werden können.

Abbildung 5.10: Spezifische Monaterträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Mai 2020.

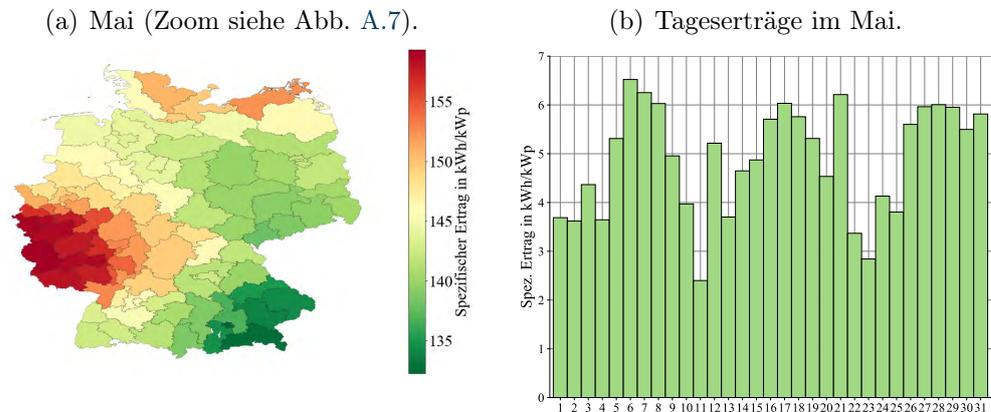
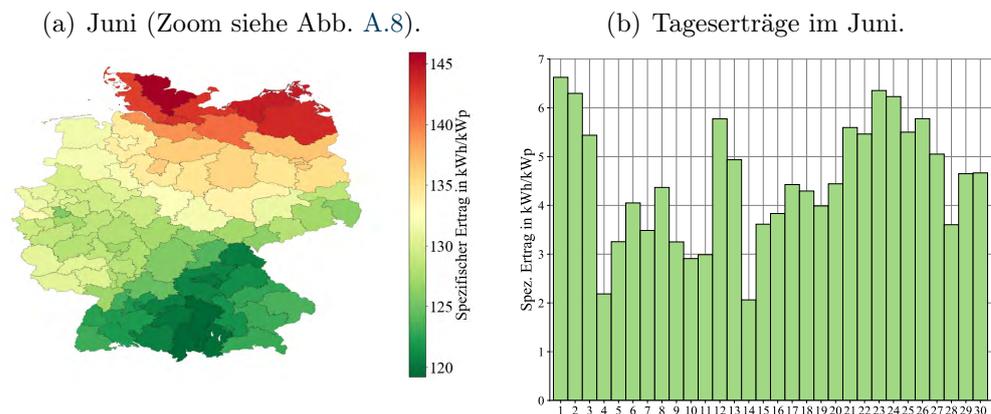


Abbildung 5.11: Spezifische Monaterträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Juni 2020.



Auch hohe Erträge im Mai

Auch im Mai lagen die Erträge über dem Durchschnitt. Nachdem der Mai 2019 sehr ertragsschwach war, lag der spezifische Monatertrag im Mai 2020 mit 146 kWh/kW_p knapp acht Prozent über dem langjährigen Mittel. In Rheinland-Pfalz und im Saarland wurden Erträge von mehr als 155 kWh/kW_p erreicht, Bayern und Sachsen wiesen hingegen spezifische Erträge von unter 140 kWh/kW_p auf. Die Tageserträge lagen im Mai zwischen typischen 4 und frühlommerlichen 6 kWh/kW_p.

Juni leicht unterdurchschnittlich

Nach den äußerst ertragreichen Monaten März bis Mai blieben die Erträge im Juni 2020 hinter den Erwartungen zurück. An der Ostseeküste konnten spezifische Erträge von 140 bis 145 kWh/kW_p beobachtet werden, während die Erträge in Bayern und Baden-Württemberg lediglich bei 120 bis 125 kWh/kW_p lagen. Die Tagesertragswerte schwankten zwischen 2 kWh/kW_p und bis zu 6 kWh/kW_p.

Abbildung 5.12: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Juli 2020.

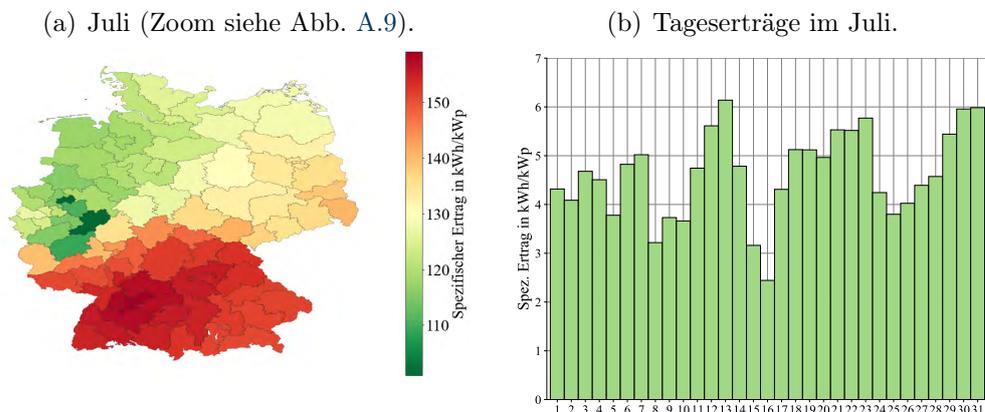
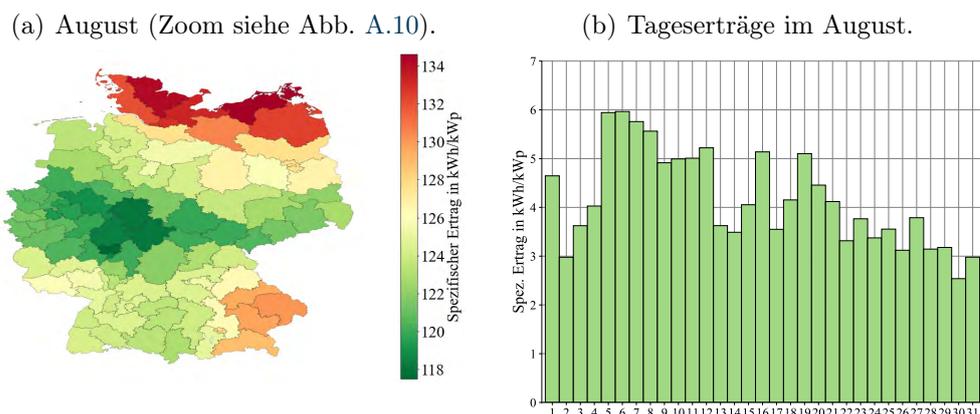


Abbildung 5.13: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für August 2020.



Durchschnittliche Erträge im Juli

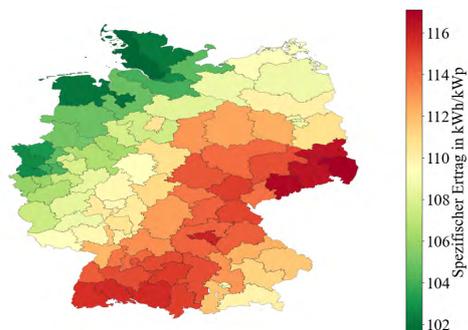
Im Juli waren deutschlandweit durchschnittliche Erträge zu beobachten. Mit einem mittleren spezifischen Ertrag von 137 kWh/kW_p lag der Ertrag knapp unter dem langjährigen Mittel von 141 kWh/kW_p. Regional zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede hinsichtlich der PV-Stromproduktion. Während der Süden Deutschlands spezifische Erträge von über 150 kWh/kW_p aufweisen konnte, lagen die Erträge in einzelnen Regionen in Westdeutschland bei unter 120 kWh/kW_p. Die Tageserträge variierten zwischen 3 und teilweise 6 kWh/kW_p.

Schwacher August

Ähnlich wie im Juni waren die spezifischen Erträge im August an der Ostseeküste mit 135 kWh/kW_p am höchsten. In der Mitte Deutschlands waren Erträge von 120 bis 125 kWh/kW_p zu verzeichnen. Waren die Tageserträge in der ersten Augushälfte noch stark mit Werten von bis zu 6 kWh/kW_p, sind die Stromproduktionswerte bis zum Monatsende auf lediglich 3 kWh/kW_p

Abbildung 5.14: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für September 2020.

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



(b) Tageserträge im September.

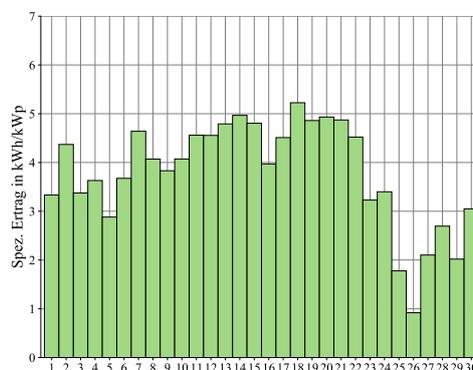
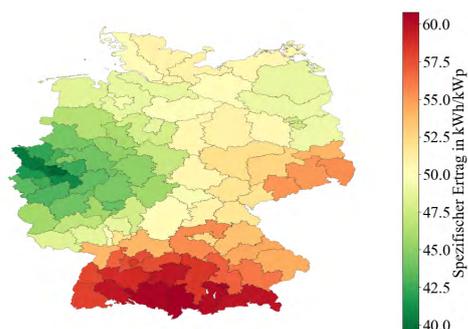
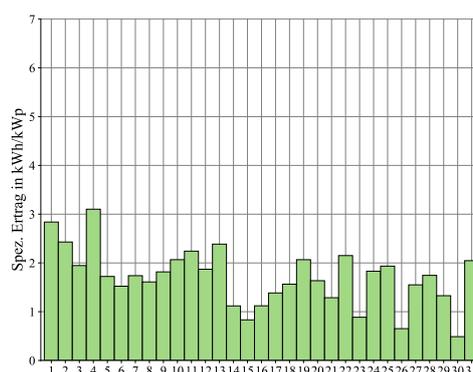


Abbildung 5.15: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Oktober 2020.

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



(b) Tageserträge im Oktober.



abgesunken.

September mit überdurchschnittlichen Erträgen

Die PV-Erträge im September lagen rund zehn Prozent über dem langjährigen Mittel. Auf der Strecke vom Schwarzwald über die Fränkische Alb bis zum Erzgebirge lagen die spezifischen Erträge bei über 115 kWh/kW_p, an der Nordseeküste bei unter 105 kWh/kW_p. Die Tageserträge erreichten bis Mitte September Werte von 5 kWh/kW_p und fielen in der letzten Septemberwoche auf unter 3 kWh/kW_p ab.

Bisher ertragschwächster Oktober

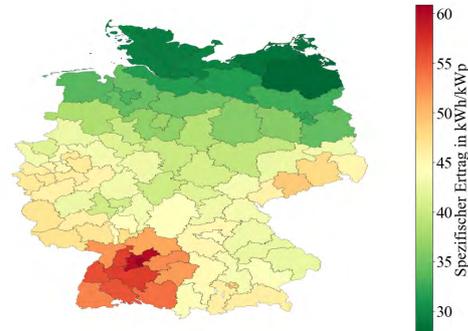
Bedingt durch eine kontinuierlich schlechte Wetterlage in Deutschland war der Monat Oktober 2020 der ertragsschwächste seit Beginn der Ertragsauswertung im Jahr 2012. Der spezifische Ertrag war zwanzig Prozent kleiner als der langjährige Ertragsdurchschnitt für Oktober. Die Tageserträge variierten mit wenigen Ausnahmen zwischen 1 und 2 kWh/kW_p.

November ertragsstark

Im Gegensatz zum ertragsschwachen Oktober zeigte der November 2020

Abbildung 5.16: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für November 2020.

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



(b) Tageserträge im November.

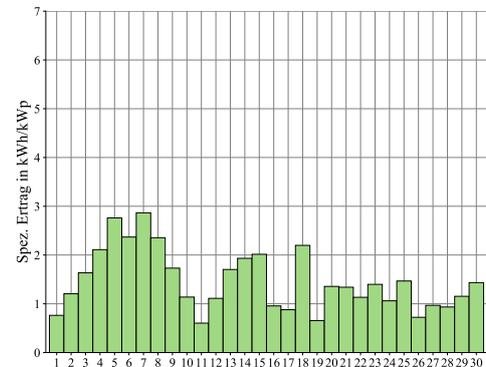
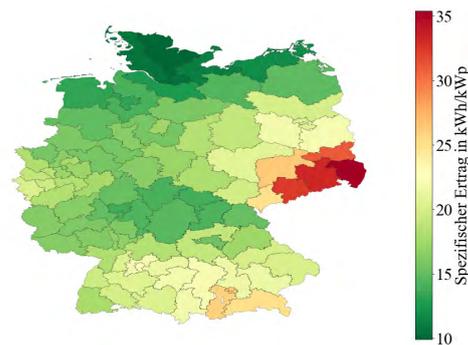
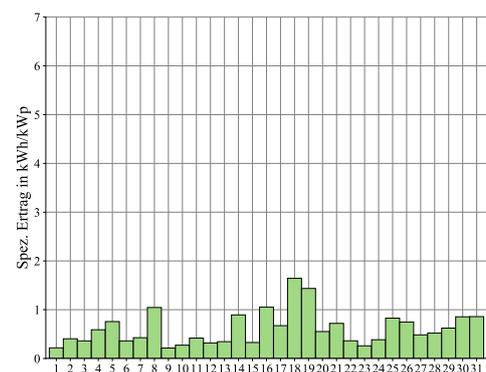


Abbildung 5.17: Spezifische Monatserträge und Verlauf der mittleren Tageserträge in kWh/kW_p für Dezember 2020.

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



(b) Tageserträge im Dezember.



sehr gute Erträge. Mit einem mittleren spezifischen Ertrag von 43 kWh/kW_p lagen die Novembererträge um 28 Prozent über dem mehrjährigen Durchschnitt. Dennoch trug der November nur mit einem Anteil von 3,9 Prozent zum Jahresertrag 2020 bei. An einzelnen Tagen wurden noch einmal spezifische Erträge von 3 kWh/kW_p erzielt, in der zweiten Novemberhälfte schwankten die Erträge jedoch um lediglich rund 1 kWh/kW_p.

Dezember unter-
durchschnittlich

Die Erträge im Dezember waren in Deutschland schließlich wieder geringer als in einem durchschnittlichen PV-Jahr. Nur im Erzgebirge konnten spezifische Erträge von über 30 kWh/kW_p erreicht werden, im übrigen Land wurden nur 10 bis 20 kWh/kW_p erzielt. Die Tageserträge verharrten außer an wenigen Tagen bei unter 1 kWh/kW_p.



Literatur

- [1] Henrik te Heesen und Volker Herbort. „Development of an Algorithm to Analyze the Yield of Photovoltaic Systems“. In: *Renewable Energy* 87.2 (2016), S. 1016–2022. DOI: [10.1016/j.renene.2015.07.058](https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.058).
- [2] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Robert Pfatischer. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2012*. Techn. Ber. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH, Mai 2013.
- [3] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Robert Pfatischer. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikanlagen in Deutschland 2013*. Techn. Ber. Hochschule Trier und meteocontrol GmbH, Mai 2014.
- [4] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Ertragsdaten von Photovoltaikkleinanlagen 2014*. Techn. Ber. Hochschule Trier, Apr. 2018.
- [5] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Ertragsdaten von Photovoltaikkleinanlagen 2015*. Techn. Ber. Hochschule Trier, Apr. 2018.
- [6] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. „Performance of roof-top PV systems in Germany from 2012 to 2018“. In: *Solar Energy* 194 (Dez. 2019), S. 128–135. DOI: [10.1016/j.solener.2019.10.019](https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.019).
- [7] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen 2018 in Deutschland*. Techn. Ber. Hochschule Trier, Jan. 2019.
- [8] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland 2016*. Techn. Ber. Hochschule Trier, Feb. 2017.
- [9] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland 2017*. Techn. Ber. Hochschule Trier, März 2018.
- [10] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen in Deutschland 2019*. Techn. Ber. Hochschule Trier, März 2020.
- [11] Henrik te Heesen, Volker Herbort und Martin Rumpler. „Untersuchung des Ertrags von Photovoltaikdachanlagen bis 30 kWp in Deutschland im Zeitraum 2014 bis 2017“. In: *GI-Edition Lecture Notes in Informatics. Workshops der INFORMATIK 2018 - Architekturen, Prozesse, Sicherheit und Nachhaltigkeit*. Hrsg. von Christian Czarnecki u. a. Berlin, Sep. 2018, S. 177–188.
- [12] John W. Tukey. *Exploratory data analysis*. 1. Aufl. Addison-Wesley, 1977.

A Anhang

Im Anhang sind die detaillierten Ergebnisse dieser Ertragsstudie aufgeführt. Zunächst wird in Abschnitt A.1 erläutert, wie die Ergebnisse der Studie in den folgenden Abbildungen und Tabellen dargestellt und aufbereitet sind. Anschließend werden zunächst die Jahresertragskarte (Abschnitt A.3) die Monatsertragskarten (Abschnitt A.4) und danach die Ertragsdaten für die zehn einstelligen Postleitzahlbereiche (Abschnitt A.5 bis A.14) aufgeführt.

A.1 Erläuterung der folgenden Abbildungen und Tabellen

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

Klassifizierung
der PV-Anlagen

Zunächst werden die monatlichen spezifischen Erträge dargestellt. Die grünen Bereiche stellen Erträge von sehr guten PV-Anlagen dar; der Ertrag dieser Anlagen ist besser als der Wert des 3. Quartils und damit besser als 75 % aller Anlagen in der entsprechenden Postleitzahlregion. Der gelbe Bereich markiert den Ertrag von 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 Über-
sicht 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.

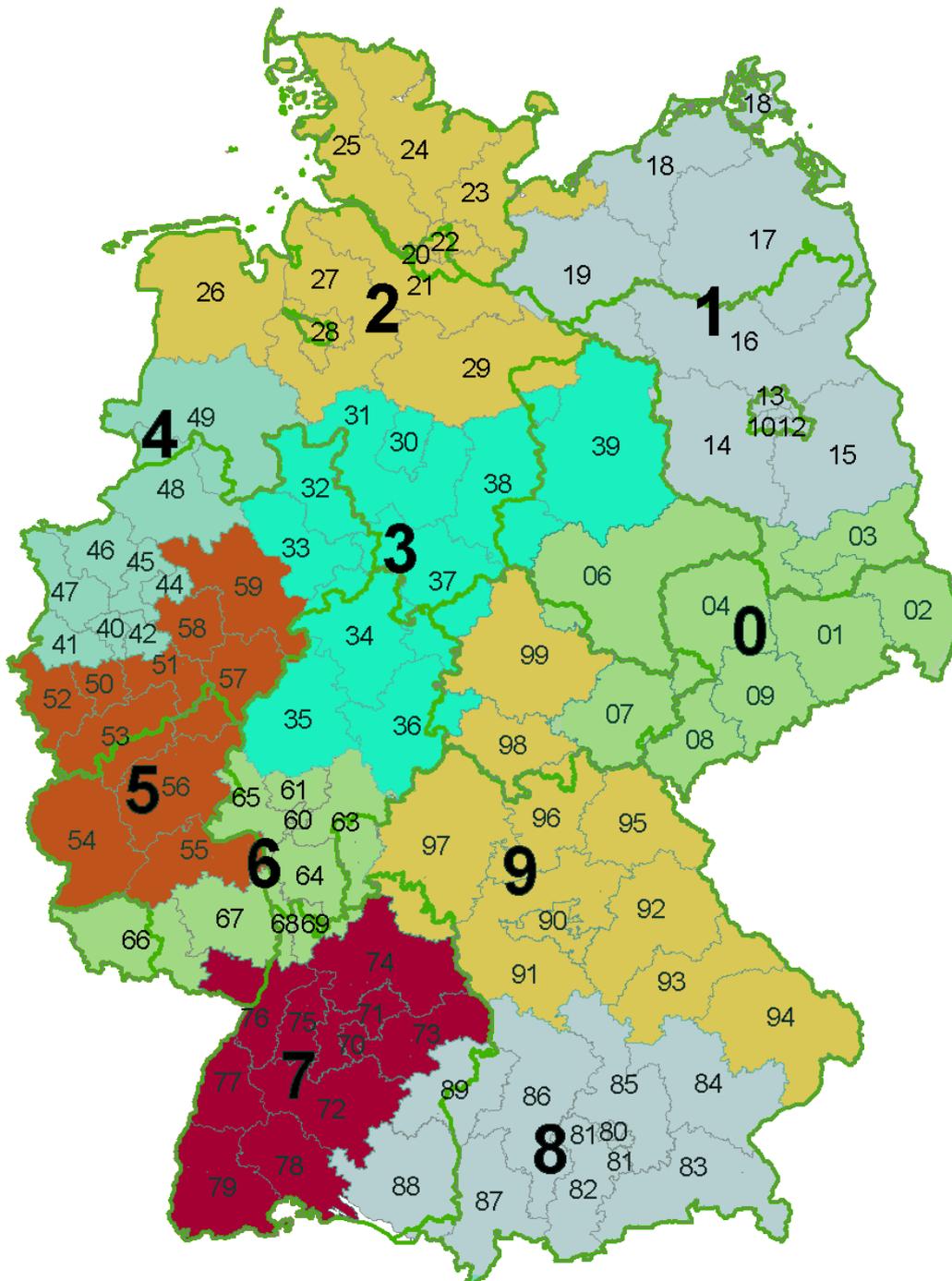
Erläuterung zum
Bewertungsschema

Betrachtet werden soll eine PV-Anlage in der Postleitzahlregion 97 (Würzburg). In Tabelle A.10 ab Seite 80 sind die zu erwartenden spezifischen Erträge pro Monat und Jahr in der PLZ-Region 97 aufgeführt. Sollte die Beispielanlage einen spezifischen Jahresertrag von $1\,030\text{ kWh/kW}_p$ erwirtschaftet haben, dann läge dieser Wert zwischen Median und 3. Quartil - diese Anlage würde also eine gute Anlage darstellen. Wäre der spez. Jahresertrag $1\,130\text{ kWh/kW}_p$, dann gehört diese Anlage zur Klasse der sehr guten Anlagen in der PLZ-Region 97. Sollte der spezifische Jahresertrag 930 kWh/kW_p betragen, dann wäre dieser Ertrag lediglich ausreichend. Bei einem spezifischen Ertrag von 830 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

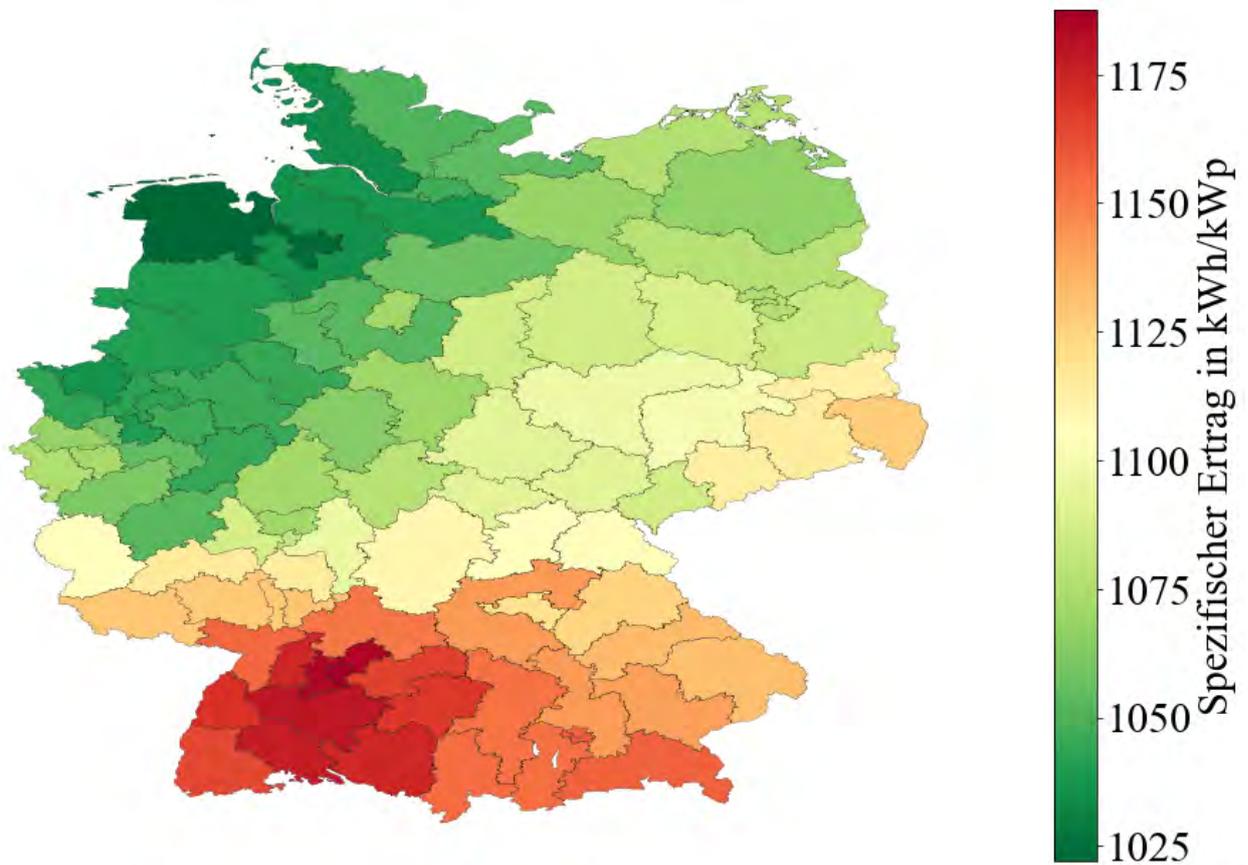
Zur Übersicht und regionalen Einordnung der zweistelligen Postleitzahlen ist die Deutschlandkarte mit den zweistelligen PLZ-Bereichen dargestellt.

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



A.3 Spezifischer Ertrag für das Kalenderjahr 2020

Abbildung A.2: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p in geneigter Modulebene (Südausrichtung, 30° Modulneigung) für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Kalenderjahr 2020 (vgl. Abb. 5.2).



A.4 Spezifische Erträge für die Monate Januar bis Dezember 2020

Abbildung A.3: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Januar 2020 (vgl. Abb. 5.6).

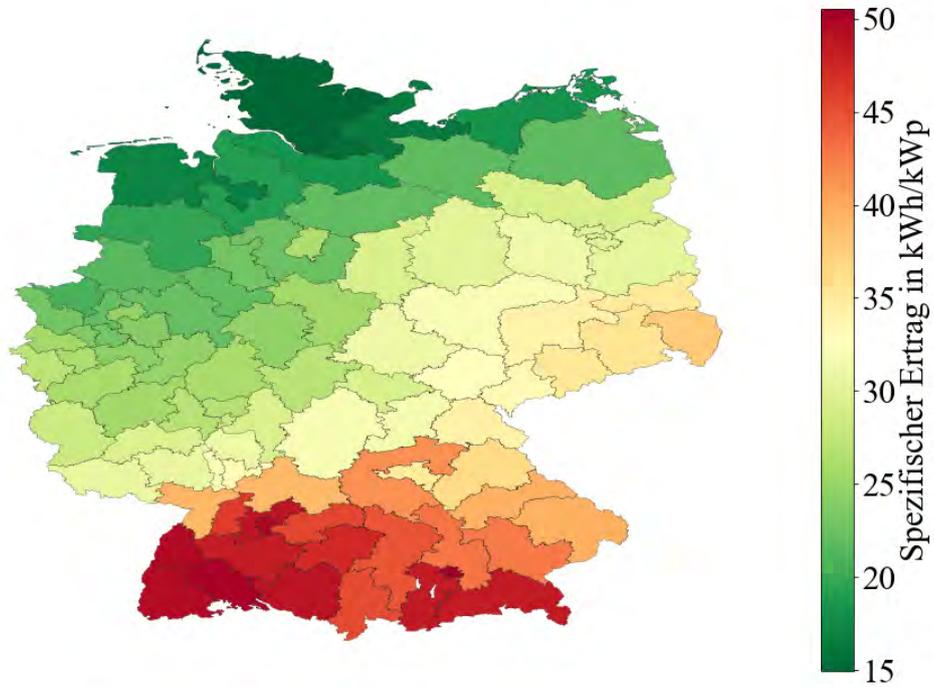


Abbildung A.4: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Februar 2020 (vgl. Abb. 5.7).

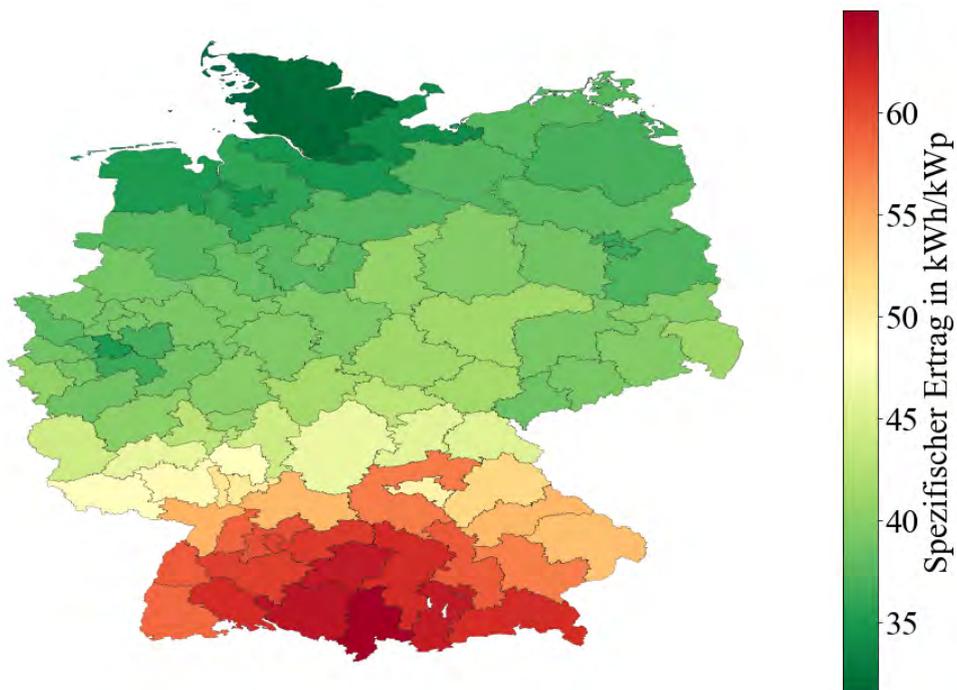


Abbildung A.5: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im März 2020 (vgl. Abb. 5.8).

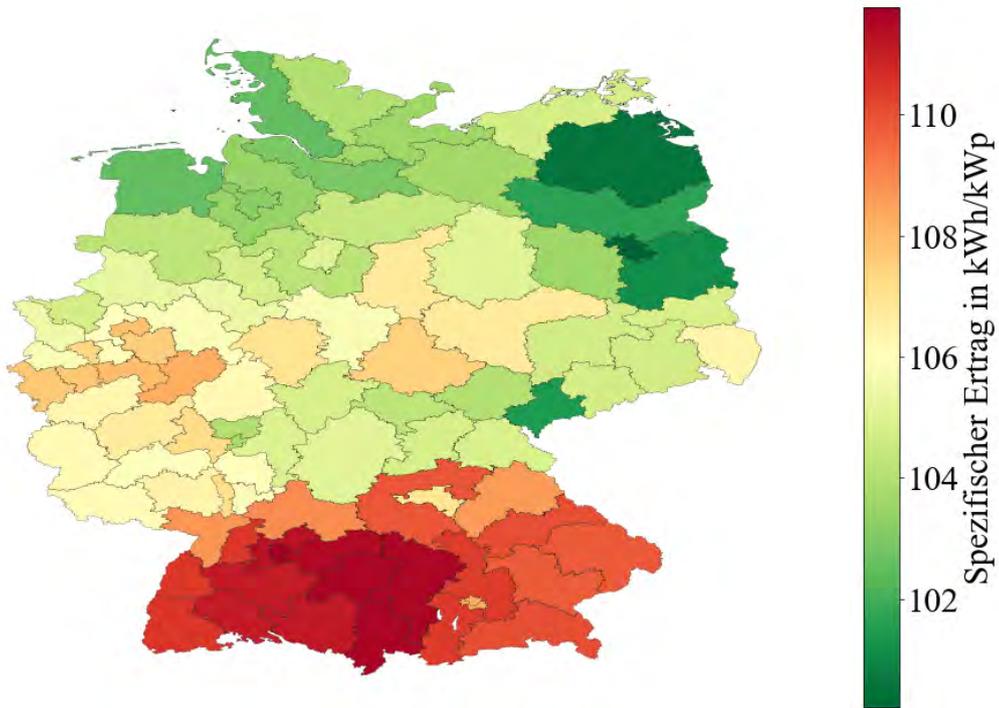


Abbildung A.6: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im April 2020 (vgl. Abb. 5.9).

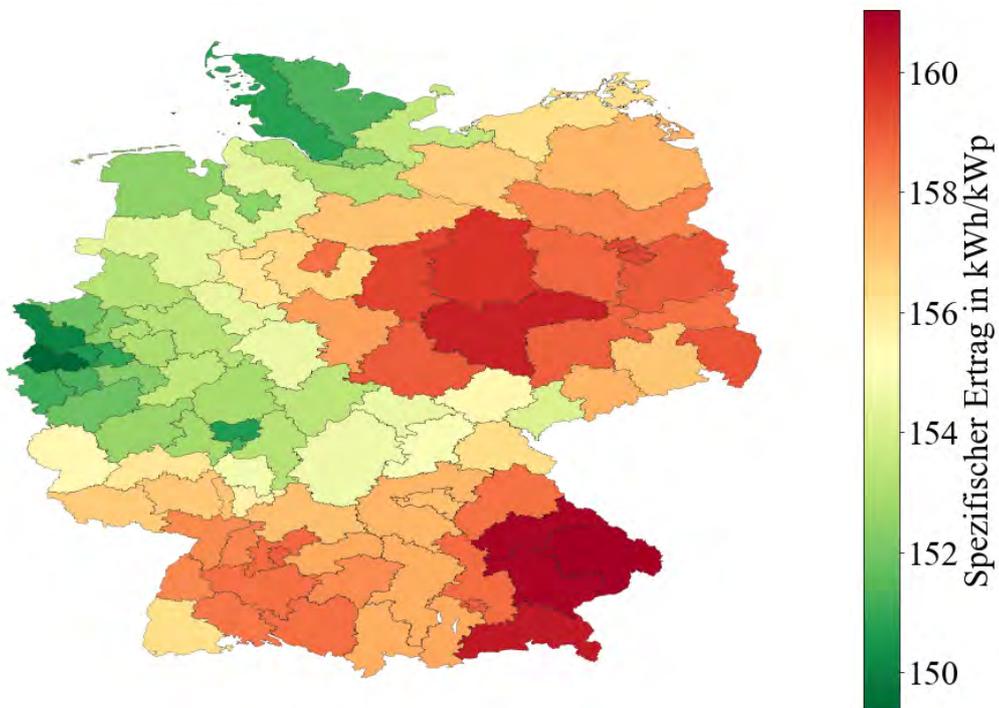


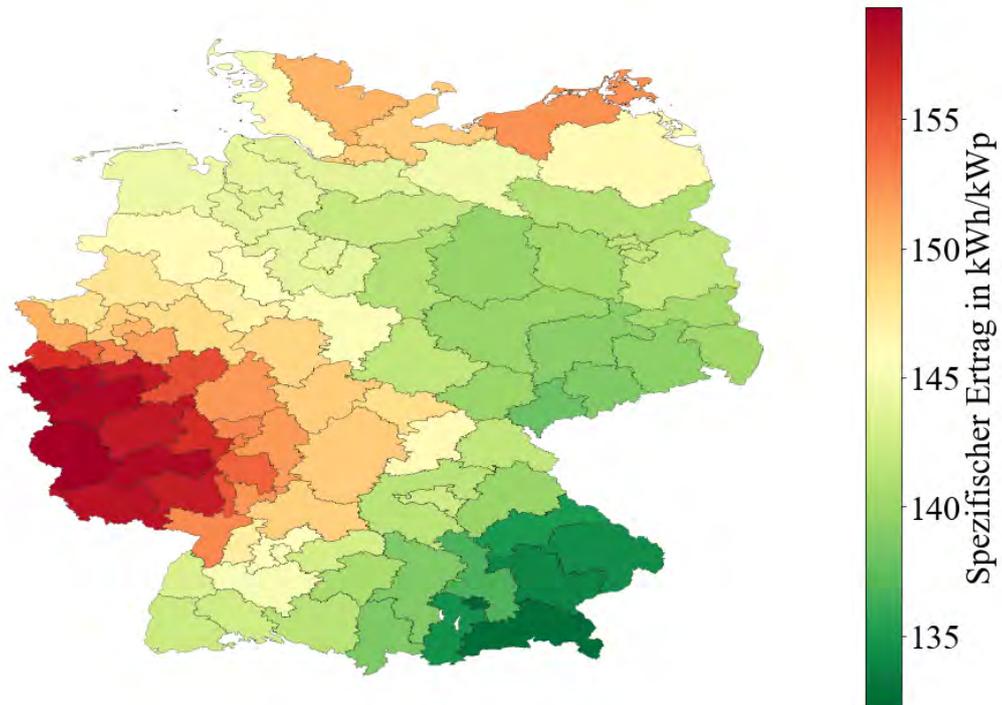
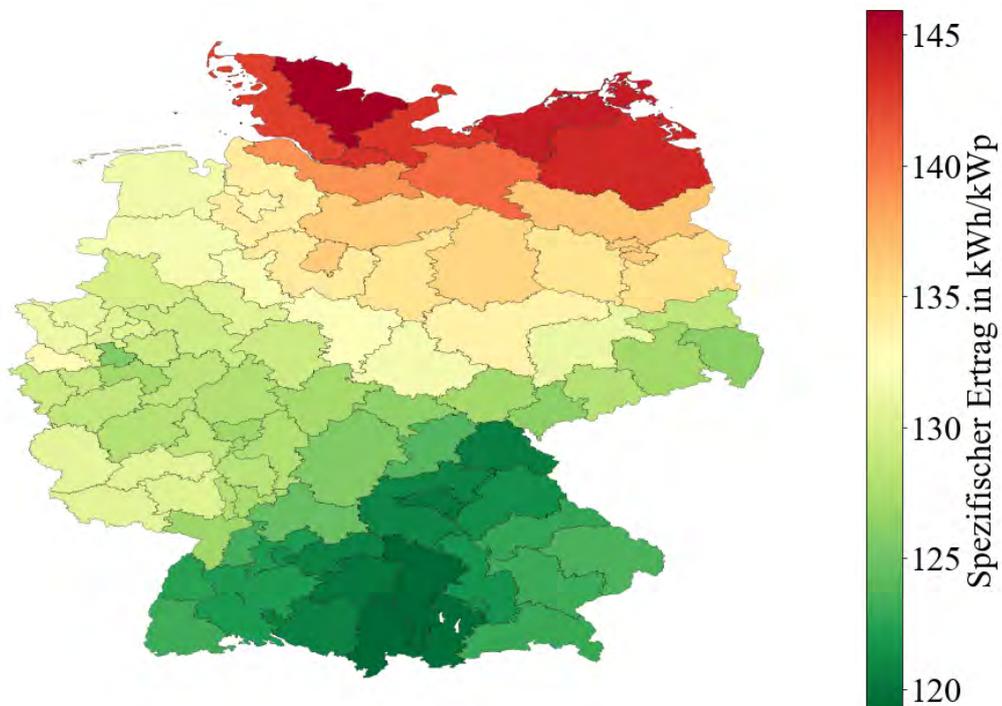
Abbildung A.7: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Mai 2020 (vgl. Abb. 5.10).Abbildung A.8: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Juni 2020 (vgl. Abb. 5.11).

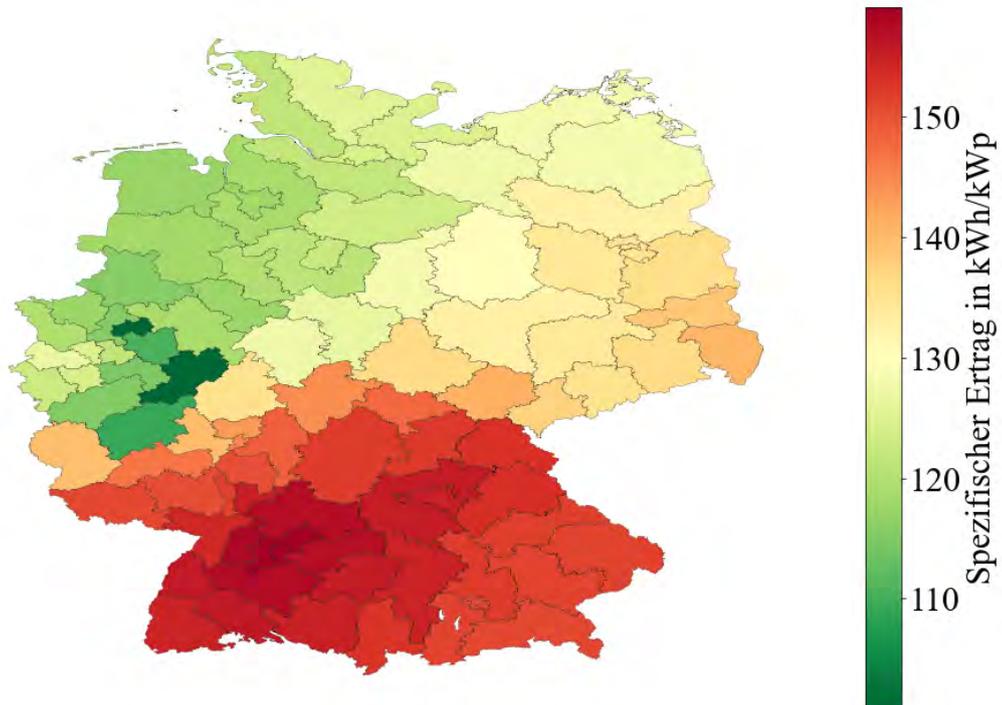
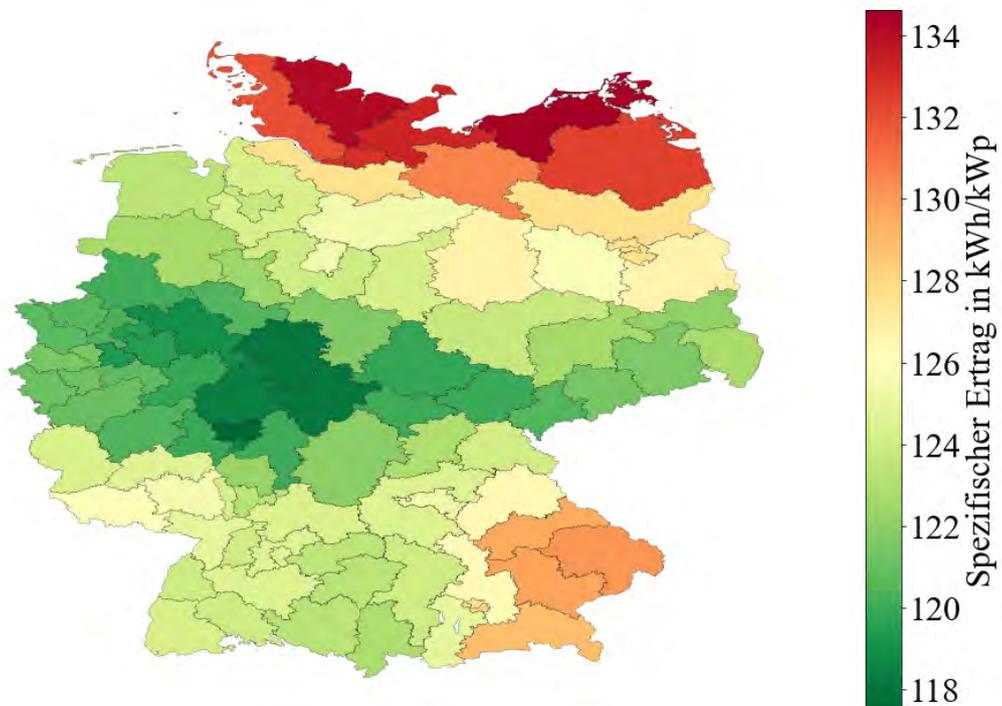
Abbildung A.9: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Juli 2020 (vgl. Abb. 5.12).Abbildung A.10: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im August 2020 (vgl. Abb. 5.13).

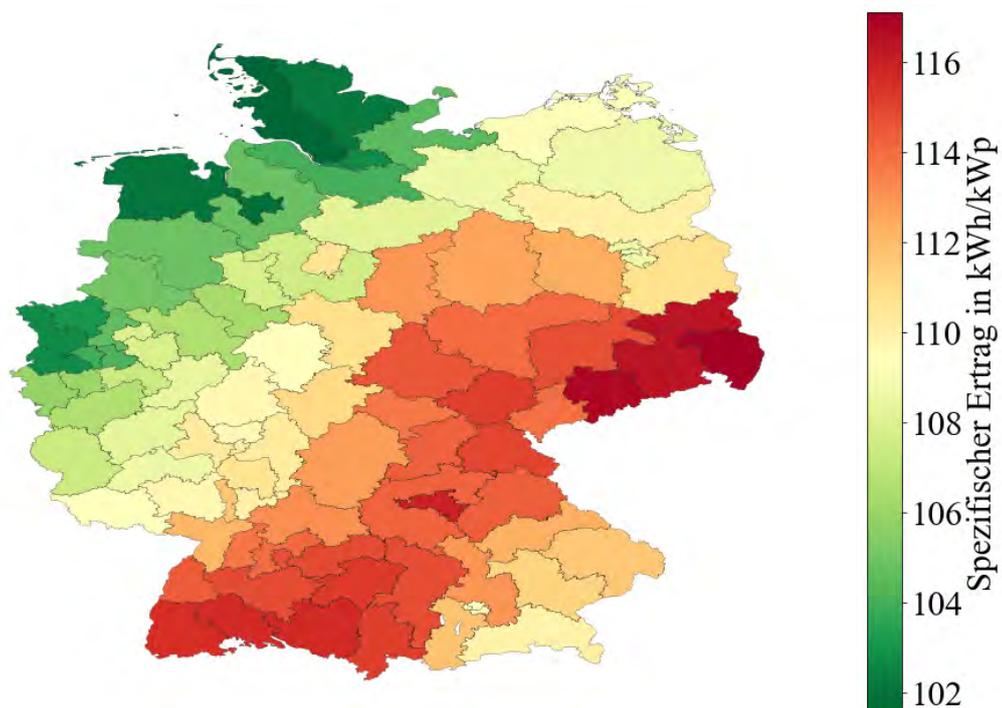
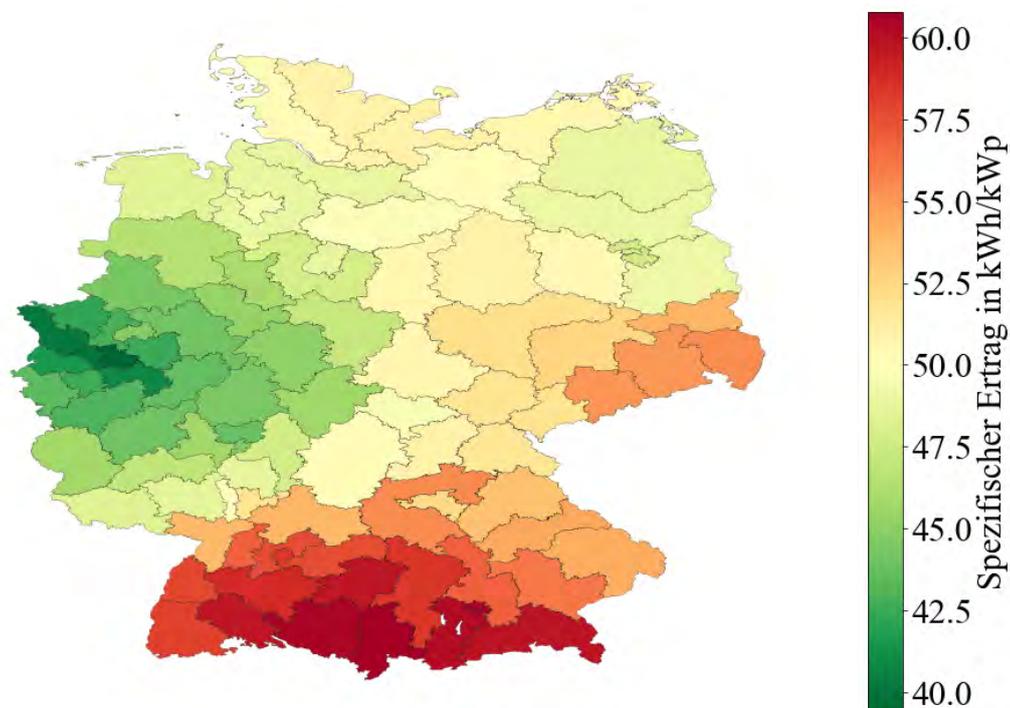
Abbildung A.11: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im September 2020 (vgl. Abb. 5.14).Abbildung A.12: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Oktober 2020 (vgl. Abb. 5.15).

Abbildung A.13: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im November 2020 (vgl. Abb. 5.16).

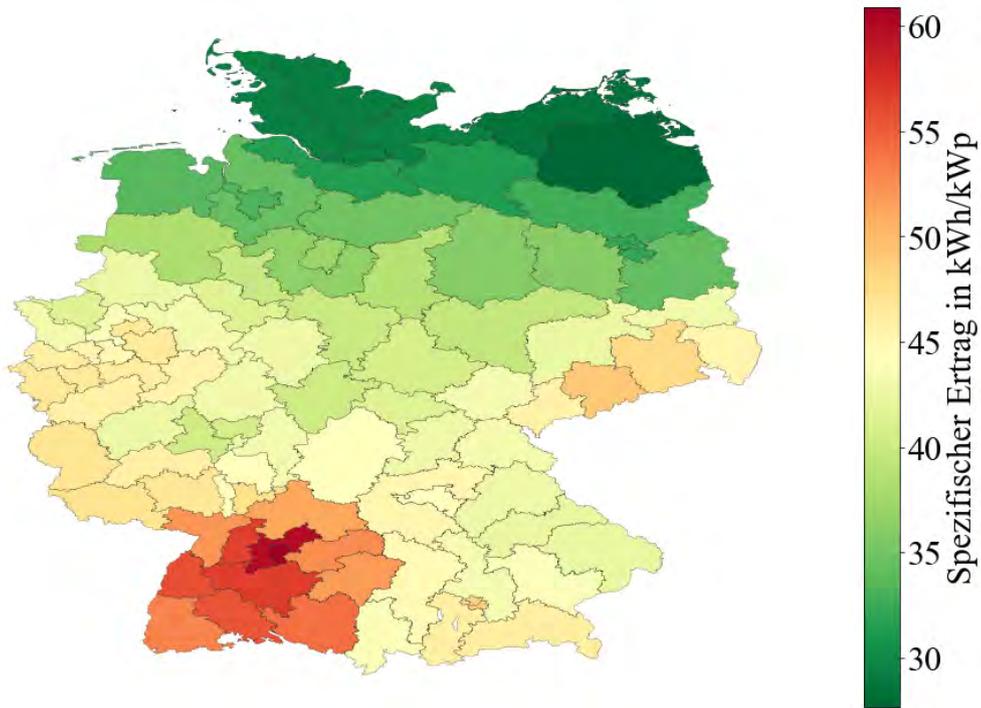
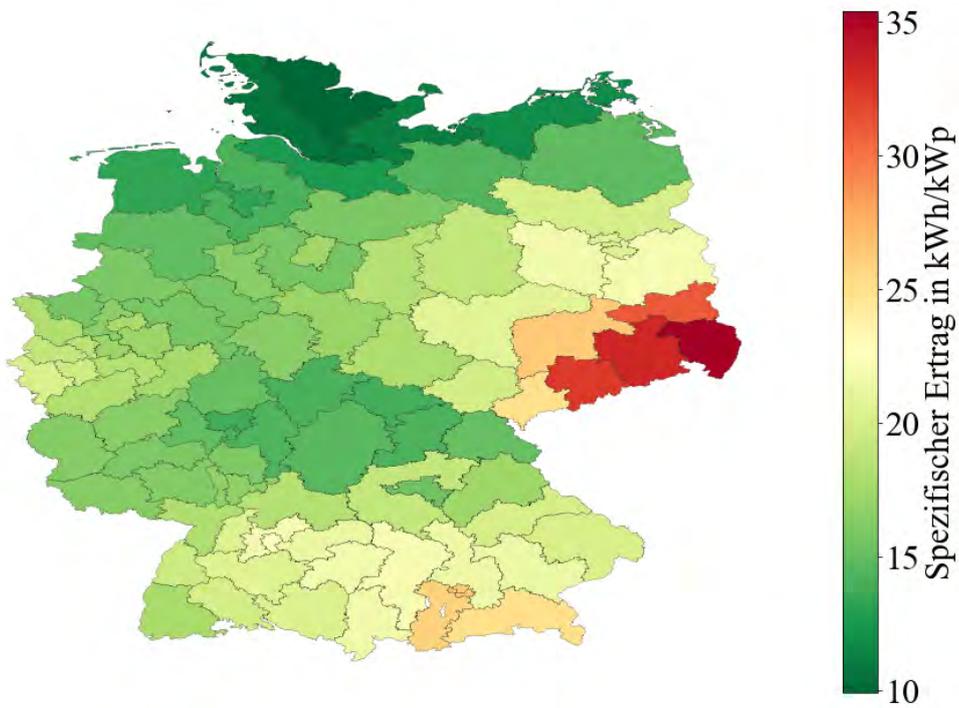


Abbildung A.14: Spezifischer Ertrag in kWh/kW_p im Dezember 2020 (vgl. Abb. 5.17).



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 2020.

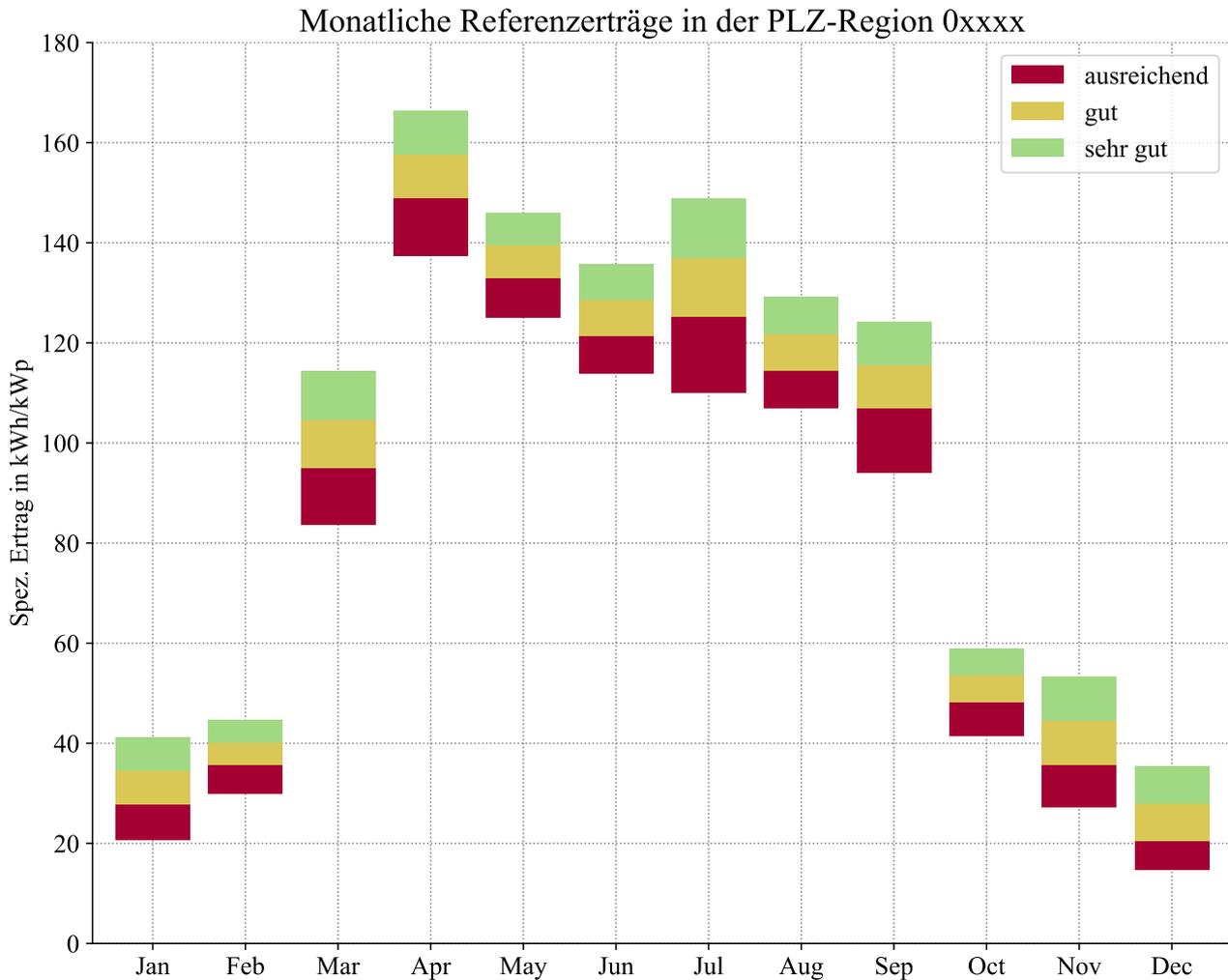


Tabelle A.1: Spezifische Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 0xxxx.

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
01	Jan	22,6	29,9	35,6	41,3
01	Feb	30,0	35,5	39,8	44,1
01	Mär	83,9	95,3	104,7	114,1
01	Apr	138,7	150,2	157,0	163,8
01	Mai	124,8	133,0	139,4	145,8

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	113,8	121,1	127,2	133,3
01	Jul	105,3	124,0	136,4	148,8
01	Aug	107,4	114,1	121,6	129,1
01	Sep	97,5	108,4	116,4	124,4
01	Okt	44,1	50,0	55,0	60,0
01	Nov	30,2	38,3	47,8	57,3
01	Dez	18,0	25,0	33,3	41,6
01	2020	916,3	1024,8	1114,2	1203,6
02	Jan	22,9	31,5	37,6	43,7
02	Feb	31,8	37,4	41,1	44,8
02	Mär	87,0	97,8	106,4	115,0
02	Apr	144,8	152,6	159,1	165,6
02	Mai	126,1	134,9	140,2	145,5
02	Jun	112,3	118,0	126,2	134,4
02	Jul	120,5	133,1	140,6	148,1
02	Aug	109,5	117,0	122,8	128,6
02	Sep	100,9	110,0	117,1	124,2
02	Okt	45,9	50,7	55,4	60,1
02	Nov	29,9	36,9	45,3	53,7
02	Dez	19,6	27,7	35,4	43,1
02	2020	951,2	1047,6	1127,2	1206,8
03	Jan	19,6	27,7	35,2	42,7
03	Feb	29,6	35,4	39,9	44,4
03	Mär	82,8	95,0	104,8	114,6
03	Apr	138,4	150,6	158,6	166,6
03	Mai	126,0	133,9	140,4	146,9
03	Jun	114,1	122,0	128,6	135,2
03	Jul	120,8	131,3	138,6	145,9
03	Aug	108,6	115,3	122,2	129,1
03	Sep	95,7	107,8	116,4	125,0
03	Okt	42,4	48,9	54,1	59,3
03	Nov	25,6	34,3	43,0	51,7
03	Dez	15,2	22,1	31,0	39,9
03	2020	918,8	1024,3	1112,8	1201,3

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	19,2	26,6	34,2	41,8
04	Feb	29,4	35,1	39,4	43,7
04	Mär	82,8	94,2	104,7	115,2
04	Apr	136,3	148,8	158,9	169,0
04	Mai	124,9	133,0	139,3	145,6
04	Jun	115,7	124,1	131,2	138,3
04	Jul	104,5	123,3	134,1	144,9
04	Aug	107,5	115,3	122,7	130,1
04	Sep	90,9	106,0	114,7	123,4
04	Okt	40,1	47,1	52,7	58,3
04	Nov	24,8	33,4	42,6	51,8
04	Dez	14,2	20,3	26,3	32,3
04	2020	890,3	1007,2	1100,8	1194,4
06	Jan	18,2	25,3	32,1	38,9
06	Feb	30,8	36,8	41,4	46,0
06	Mär	84,1	98,2	106,7	115,2
06	Apr	137,2	151,2	160,2	169,2
06	Mai	126,3	133,5	139,9	146,3
06	Jun	118,5	126,1	133,7	141,3
06	Jul	112,8	124,5	132,9	141,3
06	Aug	106,7	116,2	123,7	131,2
06	Sep	89,1	104,7	114,0	123,3
06	Okt	38,8	46,3	52,2	58,1
06	Nov	23,4	32,3	39,7	47,1
06	Dez	12,1	16,1	20,8	25,5
06	2020	898,0	1011,2	1097,3	1183,4
07	Jan	18,8	25,6	32,8	40,0
07	Feb	29,3	35,9	41,7	47,5
07	Mär	82,0	93,3	104,0	114,7
07	Apr	132,3	145,5	155,5	165,5
07	Mai	125,7	133,5	140,0	146,5
07	Jun	111,6	119,2	127,2	135,2
07	Jul	112,9	131,5	141,2	150,9
07	Aug	104,3	112,1	120,0	127,9

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
07	Sep	91,1	105,5	115,1	124,7
07	Okt	38,7	46,1	51,9	57,7
07	Nov	25,4	34,8	43,3	51,8
07	Dez	9,6	13,4	19,9	26,4
07	2020	881,7	996,4	1092,6	1188,8
08	Jan	21,8	26,8	33,4	40,0
08	Feb	29,3	34,3	38,8	43,3
08	Mär	83,0	92,0	101,5	111,0
08	Apr	133,7	143,7	154,2	164,7
08	Mai	122,6	131,0	138,0	145,0
08	Jun	111,0	118,2	126,3	134,4
08	Jul	100,7	117,1	137,3	157,5
08	Aug	104,0	112,0	120,5	129,0
08	Sep	92,0	105,1	114,0	122,9
08	Okt	39,9	46,3	51,9	57,5
08	Nov	27,2	35,5	45,7	55,9
08	Dez	10,8	15,8	25,1	34,4
08	2020	876,0	977,8	1086,7	1195,6
09	Jan	22,8	29,5	35,3	41,1
09	Feb	29,5	34,5	39,3	44,1
09	Mär	83,3	94,3	104,7	115,1
09	Apr	138,6	148,6	157,4	166,2
09	Mai	123,4	131,2	138,8	146,4
09	Jun	114,7	121,8	128,1	134,4
09	Jul	102,2	117,3	135,1	152,9
09	Aug	107,8	114,3	121,4	128,5
09	Sep	95,7	108,0	116,8	125,6
09	Okt	42,9	49,9	55,1	60,3
09	Nov	30,8	40,5	49,0	57,5
09	Dez	17,5	24,1	32,4	40,7
09	2020	909,2	1014,0	1113,4	1212,8

A.6 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 1xxxx

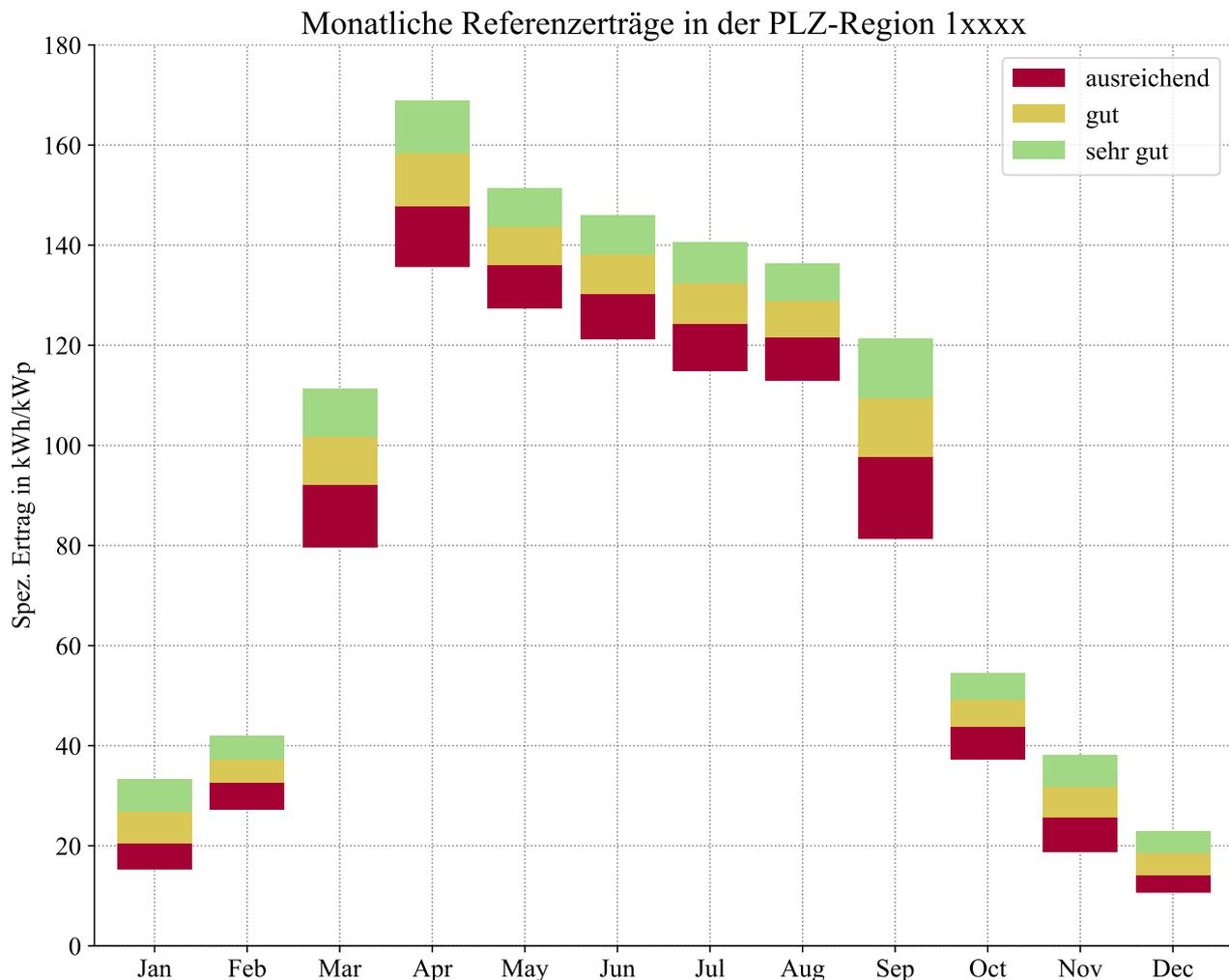


Abbildung A.16: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 1xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
10	Jan	16,4	22,5	29,8	37,1
10	Feb	26,4	32,3	36,4	40,5
10	Mär	78,0	91,9	100,2	108,5
10	Apr	138,3	149,7	159,4	169,1
10	Mai	126,8	134,7	142,0	149,3
10	Jun	118,5	128,5	136,2	143,9
10	Jul	117,5	127,2	135,0	142,8

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	113,1	120,7	127,7	134,7
10	Sep	75,0	96,0	108,7	121,4
10	Okt	37,0	42,9	47,7	52,5
10	Nov	19,5	26,7	32,2	37,7
10	Dez	11,8	15,8	20,6	25,4
10	2020	878,3	988,9	1075,9	1162,9
12	Jan	16,4	22,5	29,8	37,1
12	Feb	26,4	32,3	36,4	40,5
12	Mär	78,0	91,9	100,2	108,5
12	Apr	138,3	149,7	159,4	169,1
12	Mai	126,8	134,7	142,0	149,3
12	Jun	118,5	128,5	136,2	143,9
12	Jul	117,5	127,2	135,0	142,8
12	Aug	113,1	120,7	127,7	134,7
12	Sep	75,0	96,0	108,7	121,4
12	Okt	37,0	42,9	47,7	52,5
12	Nov	19,5	26,7	32,2	37,7
12	Dez	11,8	15,8	20,6	25,4
12	2020	878,3	988,9	1075,9	1162,9
13	Jan	16,4	22,5	29,8	37,1
13	Feb	26,4	32,3	36,4	40,5
13	Mär	78,0	91,9	100,2	108,5
13	Apr	138,3	149,7	159,4	169,1
13	Mai	126,8	134,7	142,0	149,3
13	Jun	118,5	128,5	136,2	143,9
13	Jul	117,5	127,2	135,0	142,8
13	Aug	113,1	120,7	127,7	134,7
13	Sep	75,0	96,0	108,7	121,4
13	Okt	37,0	42,9	47,7	52,5
13	Nov	19,5	26,7	32,2	37,7
13	Dez	11,8	15,8	20,6	25,4
13	2020	878,3	988,9	1075,9	1162,9
14	Jan	17,2	23,7	31,2	38,7
14	Feb	28,2	34,2	39,0	43,8

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
14	Mär	80,1	93,4	103,6	113,8
14	Apr	135,6	149,4	158,8	168,2
14	Mai	126,0	133,9	140,4	146,9
14	Jun	119,8	127,0	134,7	142,4
14	Jul	115,5	126,2	134,2	142,2
14	Aug	109,8	118,4	125,8	133,2
14	Sep	85,9	101,6	112,4	123,2
14	Okt	37,5	44,6	50,6	56,6
14	Nov	20,6	28,8	36,0	43,2
14	Dez	12,1	16,6	21,7	26,8
14	2020	888,3	997,8	1088,4	1179,0
15	Jan	17,0	23,2	30,4	37,6
15	Feb	27,5	32,9	37,4	41,9
15	Mär	80,6	92,2	101,1	110,0
15	Apr	136,9	148,8	159,0	169,2
15	Mai	126,4	134,6	141,9	149,2
15	Jun	118,1	126,7	135,2	143,7
15	Jul	118,6	127,7	135,9	144,1
15	Aug	110,4	119,5	126,7	133,9
15	Sep	80,8	98,4	110,8	123,2
15	Okt	37,5	44,0	49,1	54,2
15	Nov	20,4	27,6	34,3	41,0
15	Dez	12,2	16,6	22,0	27,4
15	2020	886,4	992,2	1083,8	1175,4
16	Jan	16,1	21,8	29,2	36,6
16	Feb	28,0	32,9	37,9	42,9
16	Mär	80,4	92,3	101,7	111,1
16	Apr	135,7	148,6	158,2	167,8
16	Mai	126,7	134,3	141,2	148,1
16	Jun	120,6	129,1	136,7	144,3
16	Jul	115,0	124,4	132,7	141,0
16	Aug	113,3	120,9	127,7	134,5
16	Sep	85,3	98,8	110,0	121,2
16	Okt	37,3	44,0	49,1	54,2

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
16	Nov	19,2	25,9	32,8	39,7
16	Dez	11,0	15,0	20,0	25,0
16	2020	888,6	988,0	1077,2	1166,4
17	Jan	13,4	16,8	21,8	26,8
17	Feb	27,1	32,1	37,0	41,9
17	Mär	79,7	90,3	100,5	110,7
17	Apr	133,0	144,5	157,4	170,3
17	Mai	129,1	138,1	146,2	154,3
17	Jun	125,0	134,6	143,6	152,6
17	Jul	110,7	119,4	128,2	137,0
17	Aug	113,9	123,9	132,4	140,9
17	Sep	83,2	97,2	108,7	120,2
17	Okt	36,4	42,9	48,9	54,9
17	Nov	17,1	22,1	27,6	33,1
17	Dez	9,8	11,8	14,9	18,0
17	2020	878,4	973,7	1067,2	1160,7
18	Jan	11,7	15,0	18,2	21,4
18	Feb	27,6	31,8	37,6	43,4
18	Mär	81,8	93,3	104,7	116,1
18	Apr	132,2	143,7	156,4	169,1
18	Mai	132,3	142,4	152,3	162,2
18	Jun	129,0	137,8	144,3	150,8
18	Jul	112,3	120,0	128,4	136,8
18	Aug	117,2	126,5	134,6	142,7
18	Sep	86,8	97,5	109,2	120,9
18	Okt	38,7	44,8	50,7	56,6
18	Nov	16,3	22,2	28,5	34,8
18	Dez	7,1	9,7	11,9	14,1
18	2020	893,0	984,7	1076,8	1168,9
19	Jan	12,6	16,5	21,9	27,3
19	Feb	27,0	31,9	37,5	43,1
19	Mär	80,3	93,0	103,7	114,4
19	Apr	133,0	146,0	156,9	167,8
19	Mai	126,3	136,3	144,8	153,3

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
19	Jun	122,4	132,0	140,6	149,2
19	Jul	110,3	119,2	127,7	136,2
19	Aug	113,3	122,7	130,6	138,5
19	Sep	85,3	97,3	108,6	119,9
19	Okt	37,9	44,6	50,3	56,0
19	Nov	17,9	24,2	31,4	38,6
19	Dez	8,1	11,0	14,5	18,0
19	2020	874,4	974,7	1068,5	1162,3

A.7 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 2xxxx

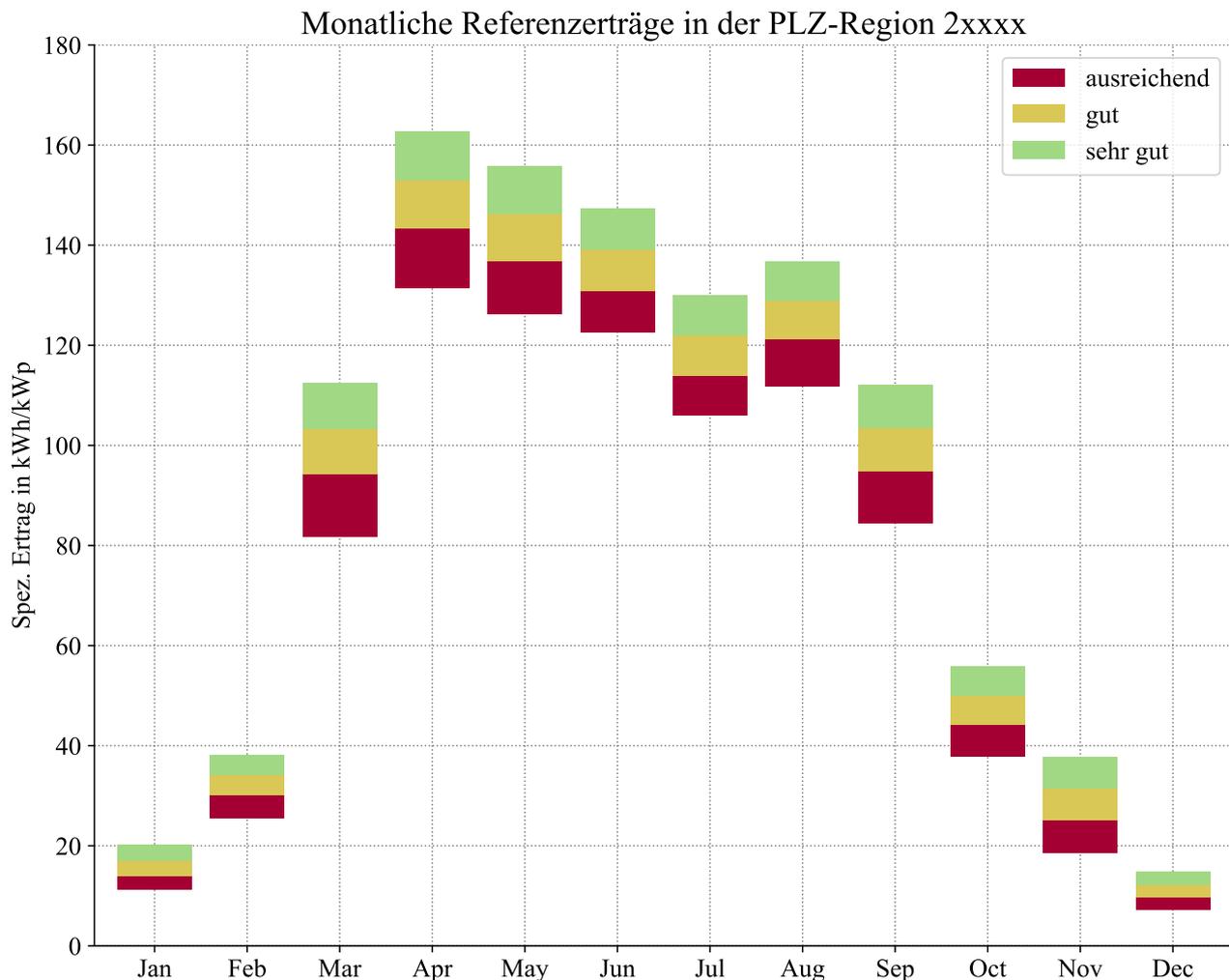


Abbildung A.17: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 2xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
20	Jan	10,5	13,0	15,6	18,2
20	Feb	24,3	28,9	32,6	36,3
20	Mär	80,1	94,0	103,6	113,2
20	Apr	129,1	142,2	152,3	162,4
20	Mai	126,9	138,9	149,3	159,7
20	Jun	126,6	134,9	143,0	151,1
20	Jul	106,7	115,1	124,2	133,3

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	113,7	124,3	132,9	141,5
20	Sep	84,1	94,3	102,7	111,1
20	Okt	38,0	44,6	50,9	57,2
20	Nov	17,1	23,4	29,5	35,6
20	Dez	6,1	8,3	10,6	12,9
20	2020	863,2	961,9	1047,2	1132,5
21	Jan	11,5	14,6	18,3	22,0
21	Feb	25,8	30,5	34,9	39,3
21	Mär	81,5	93,2	102,9	112,6
21	Apr	131,9	143,2	153,2	163,2
21	Mai	123,6	134,5	143,8	153,1
21	Jun	120,9	130,2	139,0	147,8
21	Jul	105,7	113,8	121,7	129,6
21	Aug	110,8	120,5	127,6	134,7
21	Sep	84,8	94,9	104,1	113,3
21	Okt	38,2	43,7	48,9	54,1
21	Nov	18,1	24,6	31,5	38,4
21	Dez	7,2	10,0	12,7	15,4
21	2020	860,0	953,7	1038,6	1123,5
22	Jan	10,5	13,0	15,6	18,2
22	Feb	24,3	28,9	32,6	36,3
22	Mär	80,1	94,0	103,6	113,2
22	Apr	129,1	142,2	152,3	162,4
22	Mai	126,9	138,9	149,3	159,7
22	Jun	126,6	134,9	143,0	151,1
22	Jul	106,7	115,1	124,2	133,3
22	Aug	113,7	124,3	132,9	141,5
22	Sep	84,1	94,3	102,7	111,1
22	Okt	38,0	44,6	50,9	57,2
22	Nov	17,1	23,4	29,5	35,6
22	Dez	6,1	8,3	10,6	12,9
22	2020	863,2	961,9	1047,2	1132,5
23	Jan	10,9	13,6	16,5	19,4
23	Feb	25,0	29,4	34,0	38,6

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	81,6	93,8	103,6	113,4
23	Apr	131,3	143,2	153,5	163,8
23	Mai	128,8	139,5	149,5	159,5
23	Jun	126,8	134,9	143,0	151,1
23	Jul	108,5	116,5	124,6	132,7
23	Aug	114,6	124,9	133,2	141,5
23	Sep	85,4	95,5	104,5	113,5
23	Okt	38,3	44,7	51,0	57,3
23	Nov	17,8	23,9	29,5	35,1
23	Dez	6,4	8,7	11,2	13,7
23	2020	875,4	968,6	1054,1	1139,6
24	Jan	10,3	12,6	15,0	17,4
24	Feb	24,3	28,4	32,0	35,6
24	Mär	81,3	94,7	104,0	113,3
24	Apr	130,9	141,4	151,4	161,4
24	Mai	129,7	140,9	150,8	160,7
24	Jun	128,9	137,3	146,0	154,7
24	Jul	107,9	116,8	125,5	134,2
24	Aug	117,1	126,6	134,2	141,8
24	Sep	83,5	94,3	102,1	109,9
24	Okt	37,9	44,7	50,9	57,1
24	Nov	16,7	23,0	29,1	35,2
24	Dez	5,8	7,8	9,9	12,0
24	2020	874,3	968,5	1050,9	1133,3
25	Jan	10,3	12,6	15,0	17,4
25	Feb	23,4	27,9	31,6	35,3
25	Mär	79,6	93,4	102,5	111,6
25	Apr	128,8	141,2	150,8	160,4
25	Mai	124,7	136,2	146,1	156,0
25	Jun	125,2	133,7	142,6	151,5
25	Jul	105,5	112,8	121,6	130,4
25	Aug	112,6	123,0	132,0	141,0
25	Sep	83,2	93,6	101,6	109,6
25	Okt	37,2	44,3	50,4	56,5

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	17,1	23,7	29,4	35,1
25	Dez	6,1	8,3	10,7	13,1
25	2020	853,7	950,7	1034,3	1117,9
26	Jan	11,5	14,1	17,2	20,3
26	Feb	27,0	31,2	35,2	39,2
26	Mär	83,3	94,7	102,5	110,3
26	Apr	132,7	143,8	152,5	161,2
26	Mai	125,6	135,8	144,5	153,2
26	Jun	116,1	124,0	131,6	139,2
26	Jul	103,5	110,6	117,4	124,2
26	Aug	108,1	116,3	123,4	130,5
26	Sep	83,7	93,8	102,1	110,4
26	Okt	37,1	43,0	48,5	54,0
26	Nov	20,2	27,1	33,8	40,5
26	Dez	8,2	10,7	13,4	16,1
26	2020	857,0	945,1	1022,1	1099,1
27	Jan	11,8	14,9	19,0	23,1
27	Feb	27,0	31,8	36,0	40,2
27	Mär	82,9	94,7	103,4	112,1
27	Apr	133,2	145,0	154,4	163,8
27	Mai	125,3	135,7	144,2	152,7
27	Jun	117,4	125,7	134,0	142,3
27	Jul	104,8	112,5	119,1	125,7
27	Aug	108,8	117,3	124,4	131,5
27	Sep	85,0	95,8	104,8	113,8
27	Okt	37,7	43,4	48,9	54,4
27	Nov	20,1	27,6	34,4	41,2
27	Dez	8,2	11,1	14,2	17,3
27	2020	862,2	955,5	1036,8	1118,1
28	Jan	11,2	13,8	16,7	19,6
28	Feb	26,9	31,1	34,7	38,3
28	Mär	84,6	95,0	103,2	111,4
28	Apr	132,7	143,8	152,5	161,2
28	Mai	125,0	134,7	143,6	152,5

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	117,0	125,0	133,4	141,8
28	Jul	103,5	111,2	117,9	124,6
28	Aug	108,7	116,7	123,8	130,9
28	Sep	84,3	94,2	101,9	109,6
28	Okt	38,4	44,1	49,5	54,9
28	Nov	19,7	26,7	33,2	39,7
28	Dez	8,3	10,7	13,4	16,1
28	2020	860,3	947,0	1023,8	1100,6
29	Jan	13,4	17,3	22,0	26,7
29	Feb	28,1	32,7	37,6	42,5
29	Mär	83,4	95,1	104,4	113,7
29	Apr	134,5	147,3	157,0	166,7
29	Mai	125,1	133,8	142,2	150,6
29	Jun	120,6	128,8	136,2	143,6
29	Jul	107,7	115,6	123,4	131,2
29	Aug	110,4	118,5	125,4	132,3
29	Sep	87,2	97,9	108,2	118,5
29	Okt	38,5	44,4	49,9	55,4
29	Nov	20,7	28,1	34,9	41,7
29	Dez	9,2	12,4	16,0	19,6
29	2020	878,8	971,9	1057,2	1142,5

A.8 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 3xxxx

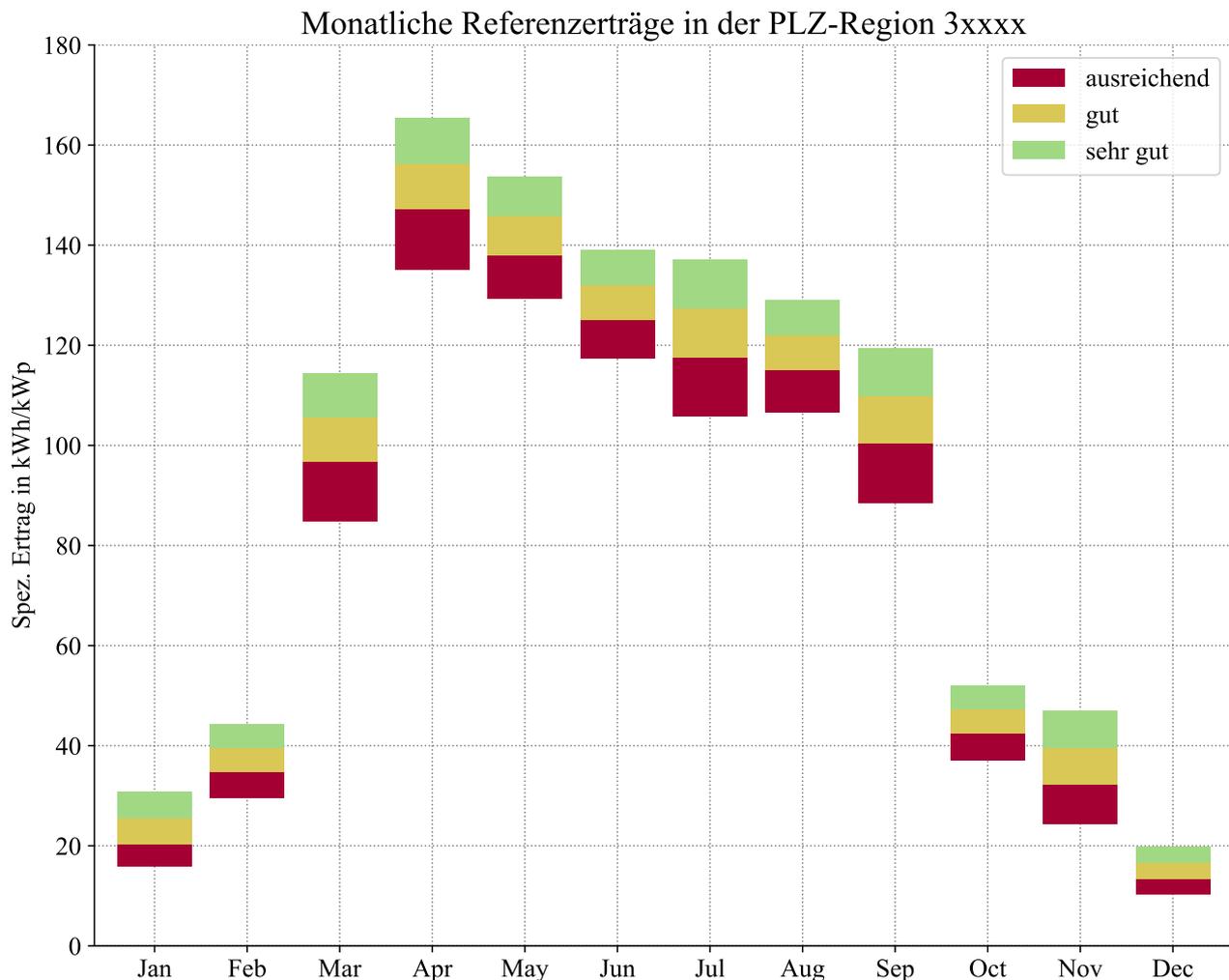


Abbildung A.18: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 3xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
30	Jan	15,9	20,4	26,1	31,8
30	Feb	29,1	34,0	38,9	43,8
30	Mär	83,3	95,5	105,1	114,7
30	Apr	135,1	148,8	158,6	168,4
30	Mai	126,2	136,6	144,2	151,8
30	Jun	120,1	129,2	136,2	143,2
30	Jul	108,6	115,8	122,4	129,0

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	109,8	118,4	125,4	132,4
30	Sep	89,3	100,8	110,7	120,6
30	Okt	38,4	43,9	48,9	53,9
30	Nov	22,7	30,2	37,1	44,0
30	Dez	10,8	13,8	17,3	20,8
30	2020	889,3	987,4	1070,9	1154,4
31	Jan	13,8	17,6	22,5	27,4
31	Feb	28,3	33,1	37,8	42,5
31	Mär	83,5	95,1	104,2	113,3
31	Apr	134,8	147,3	156,5	165,7
31	Mai	126,1	135,5	144,1	152,7
31	Jun	118,7	126,8	134,4	142,0
31	Jul	106,0	114,0	121,1	128,2
31	Aug	107,9	116,7	124,1	131,5
31	Sep	86,1	97,1	107,6	118,1
31	Okt	36,8	42,8	47,9	53,0
31	Nov	22,1	29,3	36,5	43,7
31	Dez	9,5	12,5	15,8	19,1
31	2020	873,6	967,8	1052,5	1137,2
32	Jan	14,2	18,3	22,8	27,3
32	Feb	28,5	33,7	38,3	42,9
32	Mär	84,1	96,0	104,8	113,6
32	Apr	134,9	147,5	156,1	164,7
32	Mai	129,1	138,2	146,0	153,8
32	Jun	117,9	125,3	132,0	138,7
32	Jul	106,5	113,9	119,9	125,9
32	Aug	106,6	115,3	122,4	129,5
32	Sep	86,1	97,7	107,7	117,7
32	Okt	36,3	41,5	46,1	50,7
32	Nov	24,2	32,3	39,9	47,5
32	Dez	10,2	13,2	16,5	19,8
32	2020	878,6	972,9	1052,5	1132,1
33	Jan	14,4	17,9	22,0	26,1
33	Feb	29,3	34,6	39,4	44,2

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
33	Mär	85,7	96,9	105,4	113,9
33	Apr	134,7	146,1	154,5	162,9
33	Mai	130,7	139,5	147,1	154,7
33	Jun	115,9	123,6	130,4	137,2
33	Jul	97,6	109,5	117,6	125,7
33	Aug	105,7	113,8	120,5	127,2
33	Sep	86,2	97,3	106,4	115,5
33	Okt	35,9	40,8	45,3	49,8
33	Nov	25,4	33,5	41,4	49,3
33	Dez	9,9	12,8	15,8	18,8
33	2020	871,4	966,3	1045,8	1125,3
34	Jan	16,6	20,0	24,6	29,2
34	Feb	29,9	35,0	39,7	44,4
34	Mär	87,7	98,7	107,0	115,3
34	Apr	135,3	146,2	154,6	163,0
34	Mai	132,6	140,9	149,0	157,1
34	Jun	115,5	122,8	129,3	135,8
34	Jul	91,8	113,8	127,7	141,6
34	Aug	104,1	111,8	118,1	124,4
34	Sep	90,1	100,9	109,4	117,9
34	Okt	36,7	41,1	45,1	49,1
34	Nov	27,2	34,8	42,8	50,8
34	Dez	10,3	13,2	16,4	19,6
34	2020	877,8	979,2	1063,7	1148,2
35	Jan	17,0	21,5	26,0	30,5
35	Feb	29,7	35,2	40,2	45,2
35	Mär	87,2	97,8	106,2	114,6
35	Apr	133,3	143,6	153,0	162,4
35	Mai	135,5	144,1	152,1	160,1
35	Jun	114,7	121,3	127,9	134,5
35	Jul	89,8	114,6	135,3	156,0
35	Aug	104,1	111,8	118,3	124,8
35	Sep	90,2	101,2	109,7	118,2
35	Okt	35,3	40,0	44,5	49,0

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	26,9	35,0	43,1	51,2
35	Dez	9,9	12,5	15,2	17,9
35	2020	873,6	978,6	1071,5	1164,4
36	Jan	17,5	22,3	27,1	31,9
36	Feb	30,8	36,6	41,6	46,6
36	Mär	85,1	95,9	104,9	113,9
36	Apr	131,8	143,4	153,4	163,4
36	Mai	131,8	140,8	149,4	158,0
36	Jun	113,6	120,4	127,3	134,2
36	Jul	126,2	135,6	144,5	153,4
36	Aug	103,3	111,3	118,1	124,9
36	Sep	89,7	102,0	111,1	120,2
36	Okt	36,1	41,2	45,7	50,2
36	Nov	25,3	32,9	40,3	47,7
36	Dez	9,0	11,5	14,2	16,9
36	2020	900,2	993,9	1077,6	1161,3
37	Jan	16,0	20,3	25,6	30,9
37	Feb	29,5	34,9	39,6	44,3
37	Mär	85,1	97,4	105,8	114,2
37	Apr	136,7	148,7	157,8	166,9
37	Mai	129,0	137,5	145,4	153,3
37	Jun	117,0	125,3	132,3	139,3
37	Jul	109,8	117,2	126,8	136,4
37	Aug	105,8	114,7	121,7	128,7
37	Sep	89,4	101,7	110,8	119,9
37	Okt	37,1	42,8	47,2	51,6
37	Nov	25,6	33,1	40,1	47,1
37	Dez	10,8	13,9	17,1	20,3
37	2020	891,8	987,5	1070,2	1152,9
38	Jan	16,9	23,0	29,4	35,8
38	Feb	30,2	35,9	40,6	45,3
38	Mär	84,3	98,0	106,8	115,6
38	Apr	137,3	150,9	159,5	168,1
38	Mai	126,0	134,0	141,2	148,4

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	119,8	127,6	134,8	142,0
38	Jul	110,9	119,9	128,2	136,5
38	Aug	107,0	116,7	124,3	131,9
38	Sep	89,1	103,5	113,0	122,5
38	Okt	38,6	45,2	50,7	56,2
38	Nov	23,6	31,5	38,7	45,9
38	Dez	11,2	14,8	18,3	21,8
38	2020	894,9	1001,0	1085,5	1170,0
39	Jan	16,8	23,0	30,2	37,4
39	Feb	29,5	35,3	39,8	44,3
39	Mär	82,6	95,6	105,1	114,6
39	Apr	137,4	150,8	159,8	168,8
39	Mai	126,4	133,5	139,8	146,1
39	Jun	121,0	128,6	135,7	142,8
39	Jul	111,4	122,0	130,4	138,8
39	Aug	111,4	119,5	126,7	133,9
39	Sep	88,3	102,3	112,6	122,9
39	Okt	38,7	45,7	51,0	56,3
39	Nov	20,8	28,7	36,0	43,3
39	Dez	11,1	14,9	19,0	23,1
39	2020	895,4	999,9	1086,1	1172,3

A.9 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 4xxxx

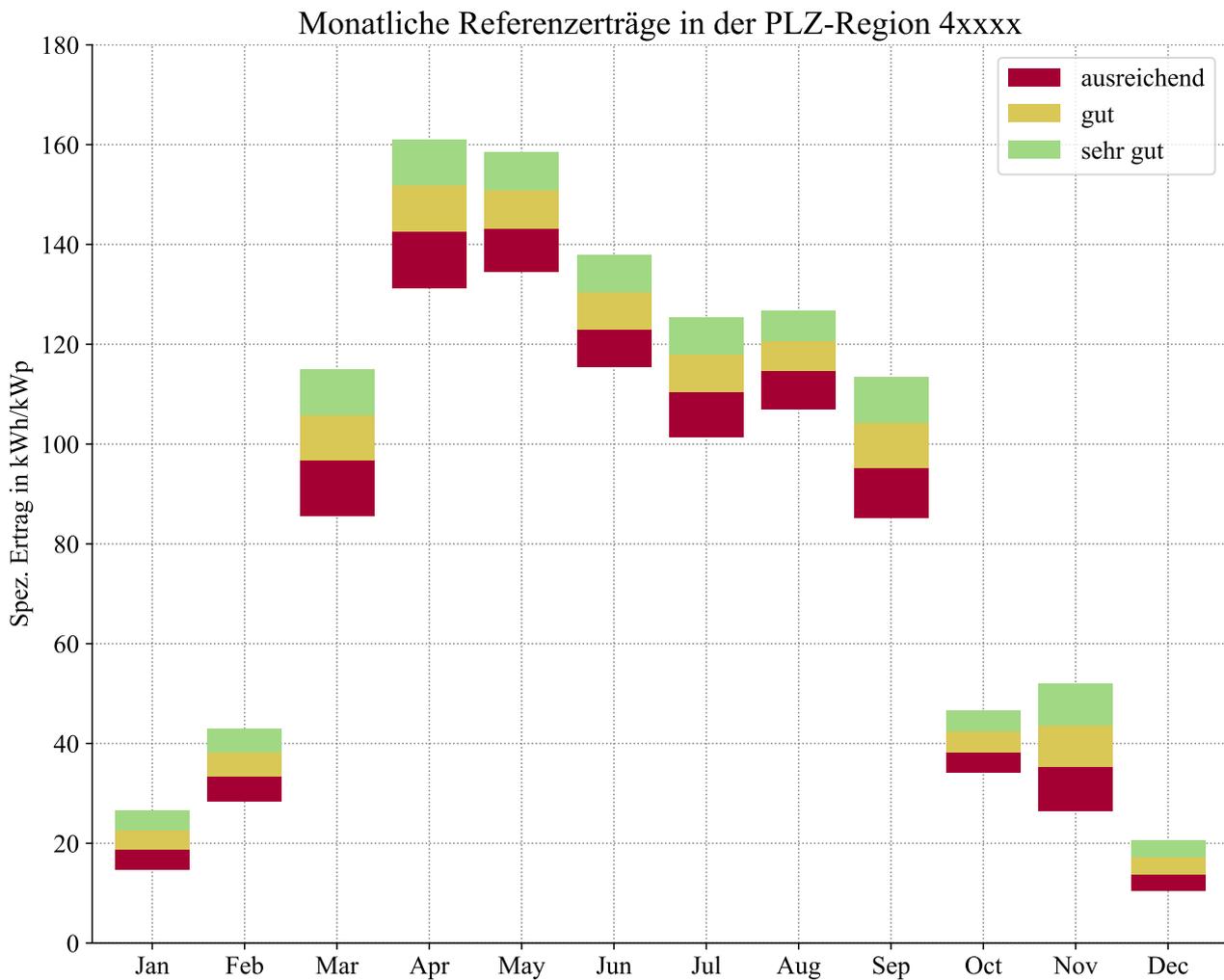


Abbildung A.19: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 4xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
40	Jan	15,3	19,7	23,6	27,5
40	Feb	27,9	32,8	37,4	42,0
40	Mär	88,0	98,1	107,3	116,5
40	Apr	131,3	142,1	150,6	159,1
40	Mai	139,1	147,0	154,3	161,6
40	Jun	114,5	122,4	130,3	138,2
40	Jul	109,3	118,1	124,7	131,3
40	Aug	108,2	115,5	121,4	127,3
40	Sep	85,0	94,5	104,0	113,5
40	Okt	32,1	36,3	40,0	43,7
40	Nov	28,4	36,7	45,4	54,1
40	Dez	11,1	14,9	18,6	22,3
40	2020	890,2	978,1	1057,6	1137,1
41	Jan	16,8	21,1	25,6	30,1
41	Feb	29,0	33,6	39,0	44,4
41	Mär	85,8	96,0	105,8	115,6
41	Apr	128,8	139,0	149,4	159,8
41	Mai	140,0	148,4	156,6	164,8
41	Jun	117,1	124,4	133,0	141,6
41	Jul	108,6	118,8	127,0	135,2
41	Aug	107,5	115,3	121,5	127,7
41	Sep	85,2	94,1	102,7	111,3
41	Okt	34,4	38,0	41,6	45,2
41	Nov	28,8	36,8	46,1	55,4
41	Dez	12,1	15,2	19,1	23,0
41	2020	894,1	980,7	1067,4	1154,1
42	Jan	14,8	19,3	22,9	26,5
42	Feb	26,8	31,6	35,1	38,6
42	Mär	87,2	97,7	106,2	114,7
42	Apr	132,5	143,0	150,9	158,8
42	Mai	137,4	145,2	153,0	160,8
42	Jun	112,3	118,8	125,9	133,0
42	Jul	105,1	114,7	121,5	128,3
42	Aug	107,7	114,3	119,4	124,5

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	85,5	95,9	104,2	112,5
42	Okt	30,9	35,3	39,4	43,5
42	Nov	28,3	38,3	45,2	52,1
42	Dez	10,3	13,8	17,3	20,8
42	2020	878,8	967,9	1041,0	1114,1
44	Jan	16,3	20,4	24,6	28,8
44	Feb	29,8	34,3	39,1	43,9
44	Mär	87,3	98,4	107,8	117,2
44	Apr	134,3	144,9	153,2	161,5
44	Mai	135,7	142,8	150,7	158,6
44	Jun	115,4	122,9	130,4	137,9
44	Jul	84,6	90,2	101,1	112,0
44	Aug	106,8	114,2	119,5	124,8
44	Sep	87,7	98,2	107,9	117,6
44	Okt	36,0	39,7	44,7	49,7
44	Nov	28,4	38,8	46,7	54,6
44	Dez	11,0	14,2	17,8	21,4
44	2020	873,3	959,0	1043,5	1128,0
45	Jan	14,6	18,1	22,2	26,3
45	Feb	28,8	33,7	39,0	44,3
45	Mär	85,7	96,9	106,0	115,1
45	Apr	131,1	143,1	152,4	161,7
45	Mai	133,1	142,0	149,3	156,6
45	Jun	115,3	123,1	130,4	137,7
45	Jul	92,6	106,8	115,5	124,2
45	Aug	106,4	114,2	120,4	126,6
45	Sep	86,0	95,9	104,6	113,3
45	Okt	34,3	38,5	42,9	47,3
45	Nov	26,1	35,1	43,7	52,3
45	Dez	10,0	13,1	16,5	19,9
45	2020	864,0	960,5	1042,9	1125,3
46	Jan	14,2	17,3	20,8	24,3
46	Feb	28,7	33,9	39,1	44,3
46	Mär	83,8	95,5	104,8	114,1

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	129,6	142,1	152,0	161,9
46	Mai	131,6	140,6	148,3	156,0
46	Jun	115,9	123,6	131,1	138,6
46	Jul	104,8	111,7	117,6	123,5
46	Aug	106,4	114,3	120,6	126,9
46	Sep	84,2	94,1	103,1	112,1
46	Okt	34,1	38,3	42,3	46,3
46	Nov	24,7	33,2	41,6	50,0
46	Dez	9,7	12,7	15,8	18,9
46	2020	867,7	957,3	1037,1	1116,9
47	Jan	14,3	18,7	22,9	27,1
47	Feb	27,5	32,5	37,9	43,3
47	Mär	83,7	95,6	105,5	115,4
47	Apr	126,6	139,2	150,1	161,0
47	Mai	133,6	143,1	151,0	158,9
47	Jun	115,5	123,6	131,4	139,2
47	Jul	106,2	113,5	119,9	126,3
47	Aug	106,4	114,5	120,7	126,9
47	Sep	83,5	92,8	102,7	112,6
47	Okt	32,7	36,5	40,2	43,9
47	Nov	25,3	34,1	43,1	52,1
47	Dez	10,5	14,3	18,1	21,9
47	2020	865,8	958,4	1043,5	1128,6
48	Jan	14,1	17,6	21,5	25,4
48	Feb	28,9	34,3	39,1	43,9
48	Mär	84,4	96,6	105,4	114,2
48	Apr	132,3	144,6	153,3	162,0
48	Mai	131,7	140,2	147,9	155,6
48	Jun	115,9	123,3	129,9	136,5
48	Jul	96,5	108,0	115,9	123,8
48	Aug	106,2	114,1	120,1	126,1
48	Sep	84,6	95,8	105,1	114,4
48	Okt	35,3	40,0	44,4	48,8
48	Nov	25,2	34,1	42,7	51,3

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	9,8	12,8	16,0	19,2
48	2020	864,9	961,4	1041,3	1121,2
49	Jan	12,8	16,2	19,8	23,4
49	Feb	28,4	33,1	37,6	42,1
49	Mär	84,2	95,6	104,3	113,0
49	Apr	134,0	145,7	154,4	163,1
49	Mai	129,0	138,4	146,1	153,8
49	Jun	117,3	124,8	131,9	139,0
49	Jul	105,0	112,3	118,5	124,7
49	Aug	108,0	115,9	122,8	129,7
49	Sep	85,3	96,1	104,9	113,7
49	Okt	36,7	41,9	46,6	51,3
49	Nov	22,6	30,5	38,2	45,9
49	Dez	9,2	12,1	15,0	17,9
49	2020	872,5	962,6	1040,1	1117,6

A.10 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 5xxxx

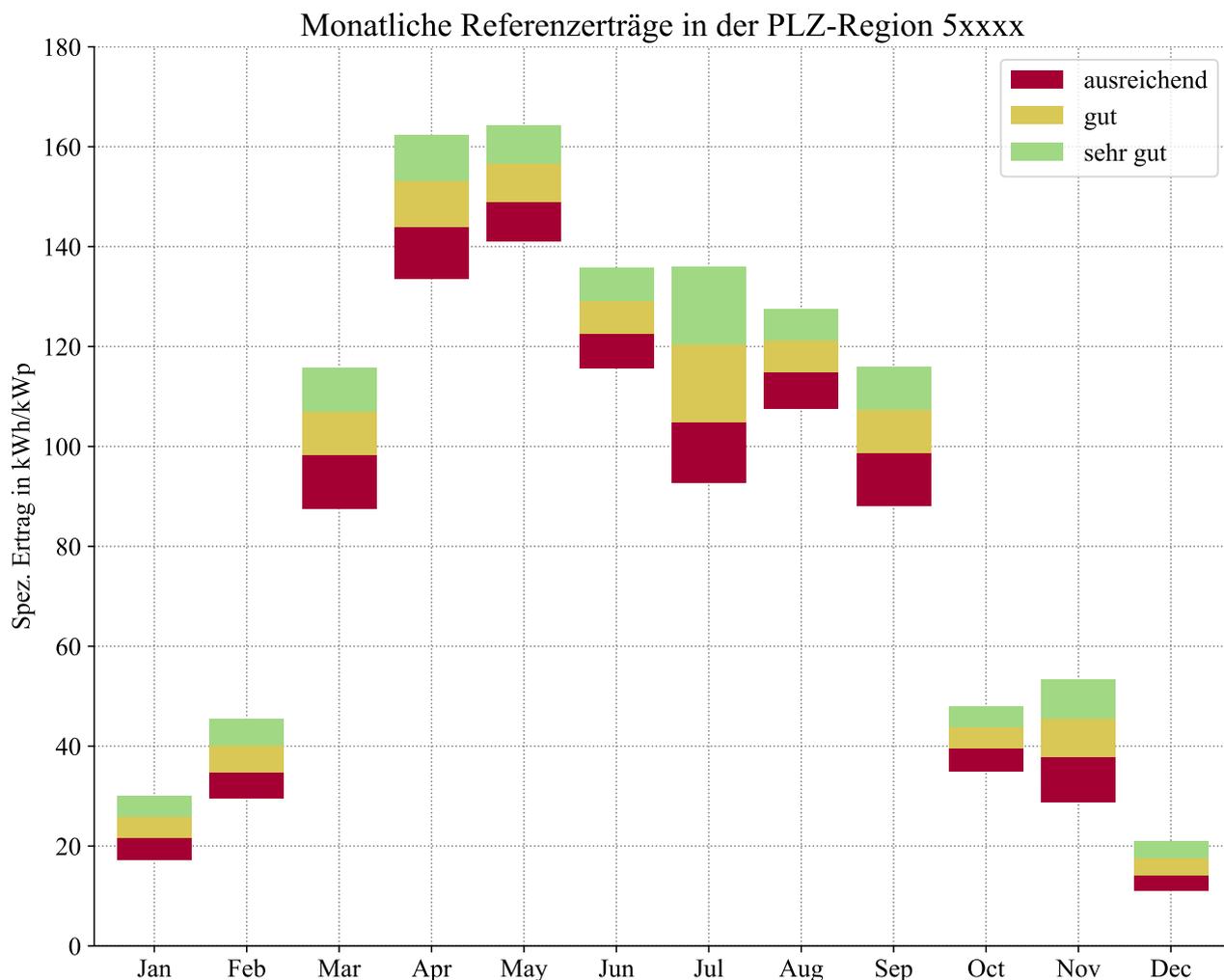


Abbildung A.20: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 5xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
50	Jan	18,1	22,2	26,1	30,0
50	Feb	29,0	34,1	39,0	43,9
50	Mär	87,7	98,0	107,7	117,4
50	Apr	131,6	141,9	151,3	160,7
50	Mai	143,4	150,7	158,6	166,5
50	Jun	115,2	122,0	129,1	136,2
50	Jul	94,3	108,7	124,0	139,3

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	108,0	115,2	121,1	127,0
50	Sep	86,6	96,6	106,0	115,4
50	Okt	34,4	38,6	42,7	46,8
50	Nov	29,5	38,6	46,5	54,4
50	Dez	12,2	15,8	19,5	23,2
50	2020	890,0	982,4	1071,6	1160,8
51	Jan	16,5	20,3	24,3	28,3
51	Feb	27,5	32,3	36,6	40,9
51	Mär	89,3	99,4	108,0	116,6
51	Apr	134,1	144,1	152,3	160,5
51	Mai	141,8	149,3	157,7	166,1
51	Jun	113,5	120,3	127,3	134,3
51	Jul	89,2	97,8	114,9	132,0
51	Aug	107,5	114,4	120,7	127,0
51	Sep	88,0	99,1	107,3	115,5
51	Okt	32,7	36,7	40,9	45,1
51	Nov	29,4	38,8	46,1	53,4
51	Dez	10,9	14,2	18,3	22,4
51	2020	880,4	966,7	1054,4	1142,1
52	Jan	18,4	22,6	27,2	31,8
52	Feb	29,4	34,5	40,5	46,5
52	Mär	86,6	97,7	107,6	117,5
52	Apr	131,0	141,2	151,2	161,2
52	Mai	143,5	151,1	159,0	166,9
52	Jun	116,7	123,3	129,4	135,5
52	Jul	93,0	103,3	122,9	142,5
52	Aug	107,7	115,3	121,1	126,9
52	Sep	86,3	96,5	105,8	115,1
52	Okt	35,2	39,4	43,5	47,6
52	Nov	29,4	38,4	46,6	54,8
52	Dez	12,4	16,0	20,2	24,4
52	2020	889,6	979,3	1075,0	1170,7
53	Jan	17,6	21,8	26,0	30,2
53	Feb	28,6	33,8	39,0	44,2

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	86,6	97,5	106,3	115,1
53	Apr	131,7	142,6	151,9	161,2
53	Mai	143,4	150,8	158,8	166,8
53	Jun	115,5	122,1	128,7	135,3
53	Jul	91,3	100,0	115,5	131,0
53	Aug	107,3	114,6	121,0	127,4
53	Sep	87,2	97,8	106,7	115,6
53	Okt	34,5	39,1	43,1	47,1
53	Nov	29,5	38,1	45,8	53,5
53	Dez	11,4	14,7	18,3	21,9
53	2020	884,6	972,9	1061,1	1149,3
54	Jan	19,2	24,2	28,4	32,6
54	Feb	32,0	38,2	44,3	50,4
54	Mär	87,4	97,6	106,2	114,8
54	Apr	135,1	145,6	155,4	165,2
54	Mai	144,2	152,8	159,3	165,8
54	Jun	117,3	124,8	130,8	136,8
54	Jul	96,7	109,5	139,7	169,9
54	Aug	110,3	118,3	124,5	130,7
54	Sep	89,4	99,3	107,4	115,5
54	Okt	37,3	41,9	45,8	49,7
54	Nov	30,2	39,4	46,9	54,4
54	Dez	11,4	13,9	16,3	18,7
54	2020	910,5	1005,5	1105,0	1204,5
55	Jan	19,6	24,9	29,5	34,1
55	Feb	33,2	39,9	46,3	52,7
55	Mär	85,7	97,0	105,9	114,8
55	Apr	133,6	145,6	156,1	166,6
55	Mai	142,7	151,5	158,6	165,7
55	Jun	117,0	124,3	130,6	136,9
55	Jul	109,4	136,4	146,8	157,2
55	Aug	109,5	117,9	124,7	131,5
55	Sep	89,6	99,6	108,6	117,6
55	Okt	37,9	42,8	47,0	51,2

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	28,8	38,5	45,9	53,3
55	Dez	11,3	13,6	16,1	18,6
55	2020	918,3	1032,0	1116,1	1200,2
56	Jan	16,9	21,3	25,6	29,9
56	Feb	29,0	35,0	40,4	45,8
56	Mär	87,2	98,2	106,7	115,2
56	Apr	133,6	143,1	152,7	162,3
56	Mai	141,4	150,0	157,8	165,6
56	Jun	115,5	122,1	128,2	134,3
56	Jul	91,4	99,3	109,2	119,1
56	Aug	106,3	113,6	120,5	127,4
56	Sep	89,4	99,9	108,4	116,9
56	Okt	34,9	39,9	44,1	48,3
56	Nov	27,1	34,7	42,7	50,7
56	Dez	10,0	13,2	16,4	19,6
56	2020	882,7	970,3	1052,7	1135,1
57	Jan	16,7	20,6	24,7	28,8
57	Feb	28,8	33,7	39,0	44,3
57	Mär	89,6	100,0	108,3	116,6
57	Apr	135,4	145,0	153,5	162,0
57	Mai	139,4	147,3	155,3	163,3
57	Jun	115,0	121,8	128,5	135,2
57	Jul	85,8	92,9	101,0	109,1
57	Aug	106,7	113,7	119,9	126,1
57	Sep	89,8	100,6	108,4	116,2
57	Okt	34,7	39,3	43,7	48,1
57	Nov	28,4	37,4	45,6	53,8
57	Dez	10,7	13,9	17,7	21,5
57	2020	881,0	966,2	1045,6	1125,0
58	Jan	16,0	19,8	23,9	28,0
58	Feb	28,1	32,4	37,0	41,6
58	Mär	88,1	98,6	107,6	116,6
58	Apr	135,1	144,9	153,1	161,3
58	Mai	136,9	144,3	151,8	159,3

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
58	Jun	114,7	122,0	129,2	136,4
58	Jul	85,2	92,8	111,0	129,2
58	Aug	107,1	114,0	119,5	125,0
58	Sep	88,0	98,8	107,9	117,0
58	Okt	33,8	37,9	42,5	47,1
58	Nov	28,8	38,8	46,4	54,0
58	Dez	10,3	13,6	17,2	20,8
58	2020	872,1	957,9	1047,1	1136,3
59	Jan	14,8	18,3	22,3	26,3
59	Feb	29,0	34,3	39,3	44,3
59	Mär	87,2	98,0	105,9	113,8
59	Apr	134,9	145,2	153,3	161,4
59	Mai	133,7	141,4	148,7	156,0
59	Jun	115,5	122,9	129,4	135,9
59	Jul	91,5	107,7	119,1	130,5
59	Aug	105,3	112,5	118,9	125,3
59	Sep	87,9	98,3	106,6	114,9
59	Okt	35,2	39,8	44,2	48,6
59	Nov	26,6	34,8	43,1	51,4
59	Dez	9,8	12,7	15,8	18,9
59	2020	871,4	965,9	1046,6	1127,3

A.11 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 6xxxx

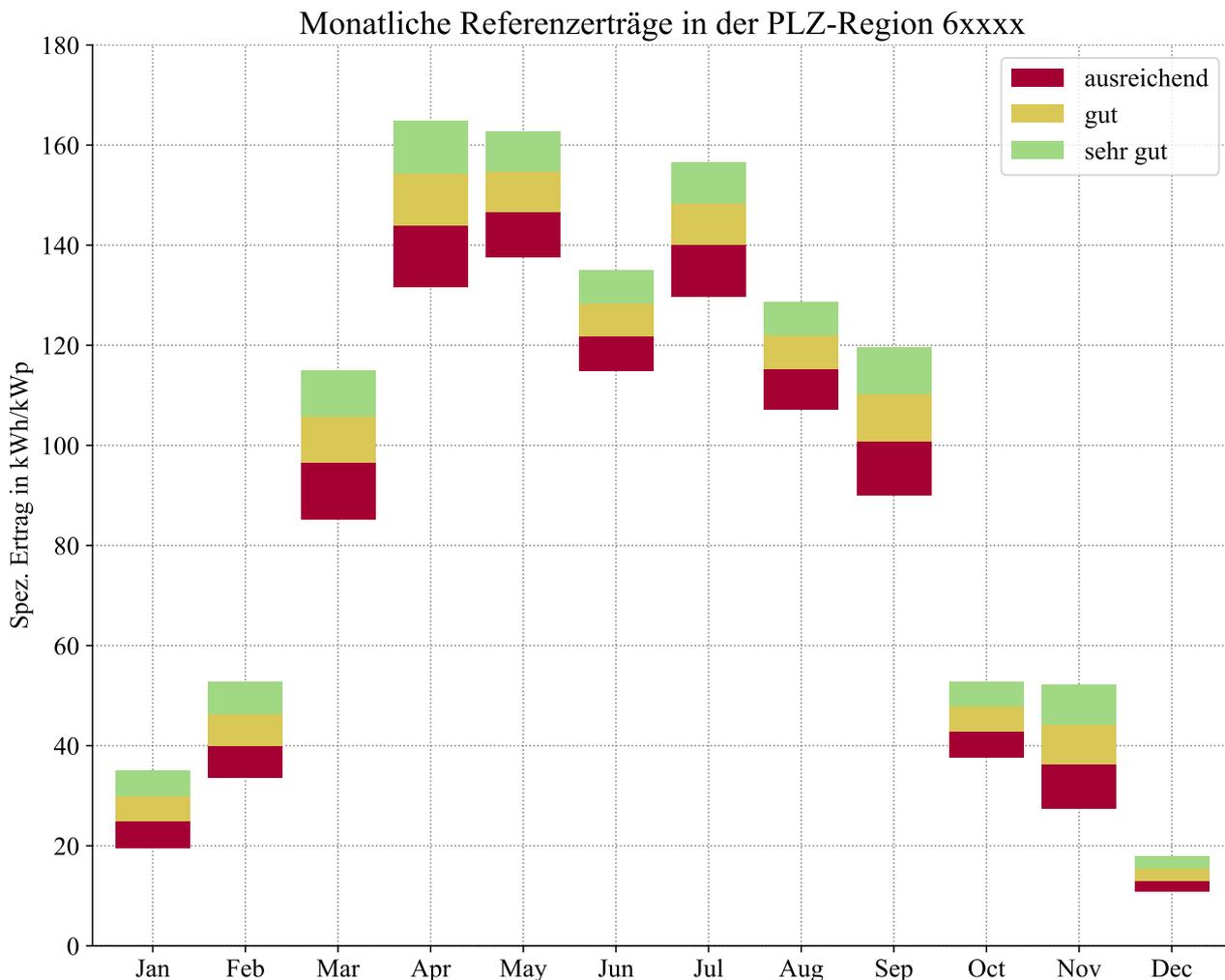


Abbildung A.21: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 6xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
60	Jan	18,6	23,4	28,4	33,4
60	Feb	31,9	37,5	42,7	47,9
60	Mär	84,5	94,4	103,8	113,2
60	Apr	129,2	140,8	151,3	161,8
60	Mai	135,5	144,9	153,0	161,1
60	Jun	114,9	120,9	127,2	133,5
60	Jul	129,7	138,5	145,2	151,9

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
60	Aug	104,9	112,2	118,6	125,0
60	Sep	89,9	100,3	110,2	120,1
60	Okt	35,8	40,4	44,8	49,2
60	Nov	26,2	34,3	42,7	51,1
60	Dez	10,5	12,4	14,2	16,0
60	2020	911,6	1000,0	1082,1	1164,2
61	Jan	17,2	22,1	26,8	31,5
61	Feb	31,4	36,5	40,8	45,1
61	Mär	87,0	95,9	104,0	112,1
61	Apr	131,4	141,2	150,7	160,2
61	Mai	137,3	145,6	152,8	160,0
61	Jun	115,3	121,1	127,1	133,1
61	Jul	128,7	135,9	143,3	150,7
61	Aug	104,1	111,4	117,5	123,6
61	Sep	90,3	100,6	109,7	118,8
61	Okt	35,3	40,0	43,9	47,8
61	Nov	24,9	32,8	40,8	48,8
61	Dez	9,5	11,8	13,9	16,0
61	2020	912,4	994,9	1071,3	1147,7
63	Jan	18,5	23,7	29,4	35,1
63	Feb	32,1	38,2	44,3	50,4
63	Mär	84,9	96,1	105,0	113,9
63	Apr	130,7	143,1	153,3	163,5
63	Mai	135,2	144,0	151,9	159,8
63	Jun	114,3	121,0	127,9	134,8
63	Jul	131,3	141,0	148,5	156,0
63	Aug	105,5	113,5	120,1	126,7
63	Sep	90,0	101,4	110,3	119,2
63	Okt	37,0	42,4	47,7	53,0
63	Nov	26,5	35,0	43,2	51,4
63	Dez	9,5	11,8	14,4	17,0
63	2020	915,5	1011,2	1096,0	1180,8
64	Jan	20,6	26,0	31,2	36,4
64	Feb	34,4	40,7	48,2	55,7

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
64	Mär	84,6	96,4	105,9	115,4
64	Apr	131,5	144,1	154,8	165,5
64	Mai	137,1	146,1	154,4	162,7
64	Jun	114,4	121,3	128,2	135,1
64	Jul	130,4	141,6	150,2	158,8
64	Aug	107,3	115,2	122,3	129,4
64	Sep	90,1	101,2	110,6	120,0
64	Okt	37,9	43,4	48,8	54,2
64	Nov	27,6	37,2	44,4	51,6
64	Dez	11,1	13,4	16,0	18,6
64	2020	927,0	1026,6	1115,0	1203,4
65	Jan	17,6	22,2	27,0	31,8
65	Feb	31,1	37,7	42,9	48,1
65	Mär	86,7	98,2	107,2	116,2
65	Apr	132,3	142,5	152,9	163,3
65	Mai	139,6	148,6	156,8	165,0
65	Jun	116,0	122,5	128,6	134,7
65	Jul	109,6	127,9	140,0	152,1
65	Aug	105,4	113,2	119,9	126,6
65	Sep	90,2	100,2	110,3	120,4
65	Okt	35,9	41,1	45,7	50,3
65	Nov	25,2	32,4	40,6	48,8
65	Dez	9,9	12,3	15,0	17,7
65	2020	899,5	998,8	1086,9	1175,0
66	Jan	20,5	25,8	30,7	35,6
66	Feb	34,5	41,2	48,4	55,6
66	Mär	85,7	97,2	106,1	115,0
66	Apr	134,2	146,5	156,8	167,1
66	Mai	141,9	150,7	158,2	165,7
66	Jun	116,4	124,4	130,7	137,0
66	Jul	134,1	143,9	150,9	157,9
66	Aug	111,0	119,3	125,9	132,5
66	Sep	89,8	100,1	109,3	118,5
66	Okt	38,8	43,7	48,4	53,1

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	30,0	39,6	47,0	54,4
66	Dez	11,7	14,0	16,3	18,6
66	2020	948,6	1046,4	1128,7	1211,0
67	Jan	20,5	25,9	30,7	35,5
67	Feb	35,0	41,8	48,8	55,8
67	Mär	85,5	97,4	106,4	115,4
67	Apr	133,7	146,7	156,9	167,1
67	Mai	140,7	149,8	157,6	165,4
67	Jun	116,0	123,9	130,4	136,9
67	Jul	134,2	143,6	150,5	157,4
67	Aug	110,4	118,8	125,6	132,4
67	Sep	89,9	100,6	109,8	119,0
67	Okt	38,7	44,0	48,7	53,4
67	Nov	29,5	39,3	46,8	54,3
67	Dez	11,5	13,9	16,2	18,5
67	2020	945,6	1045,7	1128,4	1211,1
68	Jan	21,0	26,4	32,1	37,8
68	Feb	36,2	43,2	51,0	58,8
68	Mär	84,2	97,0	107,2	117,4
68	Apr	131,1	145,5	157,1	168,7
68	Mai	136,6	145,8	154,9	164,0
68	Jun	113,2	121,2	127,9	134,6
68	Jul	131,5	143,4	151,4	159,4
68	Aug	107,8	117,1	124,3	131,5
68	Sep	89,4	102,0	111,7	121,4
68	Okt	39,1	45,1	50,3	55,5
68	Nov	28,0	37,1	44,8	52,5
68	Dez	11,7	14,1	16,8	19,5
68	2020	929,8	1037,9	1129,5	1221,1
69	Jan	21,6	27,9	33,4	38,9
69	Feb	36,0	43,5	50,6	57,7
69	Mär	84,2	96,3	106,2	116,1
69	Apr	130,8	145,2	155,8	166,4
69	Mai	135,0	144,1	152,2	160,3

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	112,9	120,3	127,5	134,7
69	Jul	137,3	145,9	155,1	164,3
69	Aug	108,3	117,1	123,4	129,7
69	Sep	89,5	101,2	110,1	119,0
69	Okt	39,5	45,9	51,9	57,9
69	Nov	29,0	38,6	47,4	56,2
69	Dez	11,5	13,9	16,7	19,5
69	2020	935,6	1039,9	1130,3	1220,7

A.12 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 7xxxx

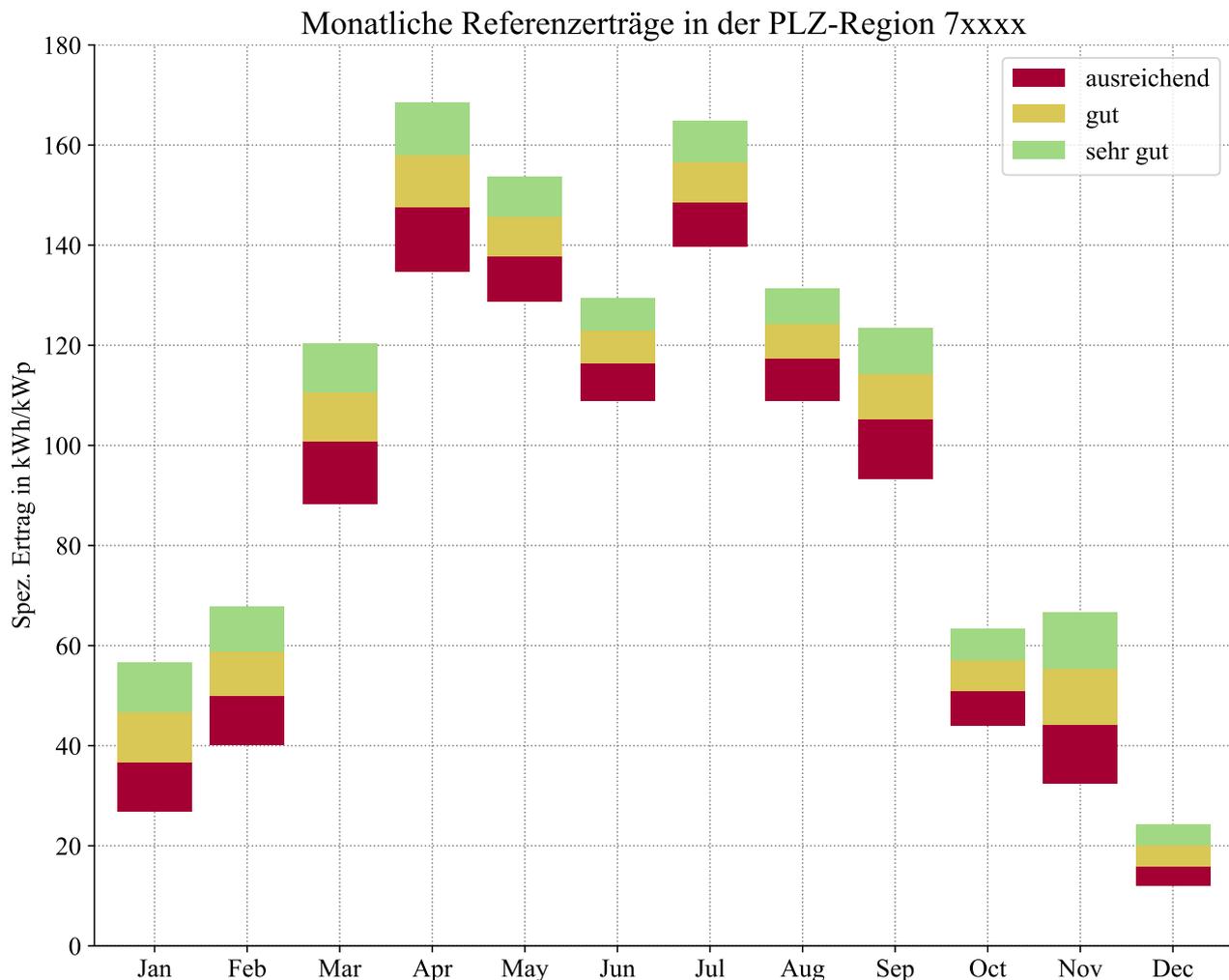


Abbildung A.22: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 7xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
70	Jan	30,1	40,7	49,9	59,1
70	Feb	41,8	52,0	60,6	69,2
70	Mär	89,1	102,5	111,8	121,1
70	Apr	135,6	148,5	159,0	169,5
70	Mai	128,1	137,1	145,1	153,1
70	Jun	107,3	115,1	121,3	127,5
70	Jul	141,6	150,9	159,0	167,1

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	109,2	117,4	124,7	132,0
70	Sep	93,8	105,6	114,7	123,8
70	Okt	45,4	52,2	58,2	64,2
70	Nov	35,1	49,9	60,9	71,9
70	Dez	13,0	17,6	22,5	27,4
70	2020	970,1	1089,5	1187,7	1285,9
71	Jan	28,9	38,8	48,8	58,8
71	Feb	41,2	50,7	59,8	68,9
71	Mär	89,0	101,8	111,3	120,8
71	Apr	135,6	148,5	158,7	168,9
71	Mai	129,2	138,1	146,1	154,1
71	Jun	108,2	115,9	122,1	128,3
71	Jul	141,8	151,1	159,1	167,1
71	Aug	109,4	117,5	124,6	131,7
71	Sep	93,5	105,0	114,1	123,2
71	Okt	44,9	51,6	57,5	63,4
71	Nov	34,8	48,7	59,8	70,9
71	Dez	12,8	17,1	21,9	26,7
71	2020	969,3	1084,8	1183,8	1282,8
72	Jan	27,8	37,9	48,1	58,3
72	Feb	41,3	51,7	60,8	69,9
72	Mär	88,8	101,4	111,1	120,8
72	Apr	135,3	148,4	158,6	168,8
72	Mai	128,7	137,4	145,2	153,0
72	Jun	108,6	116,0	122,1	128,2
72	Jul	140,4	149,3	157,3	165,3
72	Aug	109,3	117,7	124,5	131,3
72	Sep	94,0	105,7	114,8	123,9
72	Okt	45,2	52,4	58,8	65,2
72	Nov	32,8	44,9	56,7	68,5
72	Dez	12,2	16,1	20,5	24,9
72	2020	964,4	1078,9	1178,5	1278,1
73	Jan	27,3	37,0	45,5	54,0
73	Feb	41,4	51,7	61,0	70,3

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	88,9	102,1	111,5	120,9
73	Apr	134,7	147,7	157,6	167,5
73	Mai	125,9	134,8	142,8	150,8
73	Jun	107,1	114,1	120,6	127,1
73	Jul	139,3	148,5	156,9	165,3
73	Aug	108,6	116,6	123,5	130,4
73	Sep	93,7	105,7	114,8	123,9
73	Okt	44,8	51,8	57,5	63,2
73	Nov	30,5	40,2	52,6	65,0
73	Dez	12,1	16,3	21,3	26,3
73	2020	954,3	1066,5	1165,6	1264,7
74	Jan	22,6	30,3	39,1	47,9
74	Feb	36,8	45,6	54,2	62,8
74	Mär	87,2	99,4	108,9	118,4
74	Apr	133,9	147,2	157,1	167,0
74	Mai	132,4	141,4	149,4	157,4
74	Jun	110,5	117,9	124,7	131,5
74	Jul	139,2	148,7	157,1	165,5
74	Aug	109,3	117,9	124,5	131,1
74	Sep	91,9	103,8	113,2	122,6
74	Okt	41,3	48,1	53,9	59,7
74	Nov	30,0	40,9	51,3	61,7
74	Dez	10,8	14,3	18,4	22,5
74	2020	945,9	1055,5	1151,8	1248,1
75	Jan	26,6	35,8	46,2	56,6
75	Feb	40,3	49,9	58,8	67,7
75	Mär	88,2	100,5	110,5	120,5
75	Apr	134,5	147,9	158,3	168,7
75	Mai	130,1	138,7	147,4	156,1
75	Jun	109,3	116,5	123,4	130,3
75	Jul	141,1	149,9	157,8	165,7
75	Aug	109,2	117,3	124,1	130,9
75	Sep	93,0	104,6	113,8	123,0
75	Okt	44,1	50,9	56,8	62,7

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	33,4	45,9	56,6	67,3
75	Dez	12,6	16,3	20,4	24,5
75	2020	962,4	1074,2	1174,1	1274,0
76	Jan	22,9	30,0	39,1	48,2
76	Feb	37,2	45,4	54,6	63,8
76	Mär	87,0	98,9	108,7	118,5
76	Apr	134,9	147,5	158,2	168,9
76	Mai	132,6	142,8	152,7	162,6
76	Jun	111,6	119,6	127,0	134,4
76	Jul	138,1	146,6	154,2	161,8
76	Aug	109,7	118,2	125,0	131,8
76	Sep	91,5	103,0	112,2	121,4
76	Okt	41,0	47,1	53,9	60,7
76	Nov	32,0	42,8	52,1	61,4
76	Dez	12,0	14,9	18,2	21,5
76	2020	950,5	1056,8	1155,9	1255,0
77	Jan	27,2	37,7	49,5	61,3
77	Feb	39,8	50,0	59,1	68,2
77	Mär	87,5	100,2	110,4	120,6
77	Apr	133,4	147,1	158,2	169,3
77	Mai	127,0	135,9	143,4	150,9
77	Jun	108,6	115,8	122,5	129,2
77	Jul	138,5	147,7	155,8	163,9
77	Aug	108,0	116,9	124,0	131,1
77	Sep	93,0	105,3	114,4	123,5
77	Okt	43,9	51,3	57,8	64,3
77	Nov	32,2	44,1	55,8	67,5
77	Dez	12,0	15,6	19,5	23,4
77	2020	951,1	1067,6	1170,4	1273,2
78	Jan	29,0	40,1	50,2	60,3
78	Feb	41,9	53,0	61,8	70,6
78	Mär	88,8	101,4	111,1	120,8
78	Apr	135,3	148,2	158,5	168,8
78	Mai	127,0	135,6	142,7	149,8

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	108,6	115,9	122,0	128,1
78	Jul	139,4	147,9	155,7	163,5
78	Aug	108,5	117,0	124,0	131,0
78	Sep	95,0	106,7	115,7	124,7
78	Okt	45,9	53,3	59,7	66,1
78	Nov	32,5	43,7	55,5	67,3
78	Dez	11,7	15,7	20,0	24,3
78	2020	963,6	1078,5	1176,9	1275,3
79	Jan	27,3	37,8	49,5	61,2
79	Feb	39,7	50,1	58,5	66,9
79	Mär	88,1	100,1	110,5	120,9
79	Apr	132,9	145,7	156,4	167,1
79	Mai	126,3	135,6	142,5	149,4
79	Jun	109,1	116,7	123,2	129,7
79	Jul	136,5	145,8	154,6	163,4
79	Aug	107,5	117,1	124,4	131,7
79	Sep	93,9	106,0	115,6	125,2
79	Okt	44,1	51,3	58,0	64,7
79	Nov	30,6	41,6	53,1	64,6
79	Dez	11,3	14,5	17,9	21,3
79	2020	947,3	1062,3	1164,2	1266,1

A.13 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 8xxxx

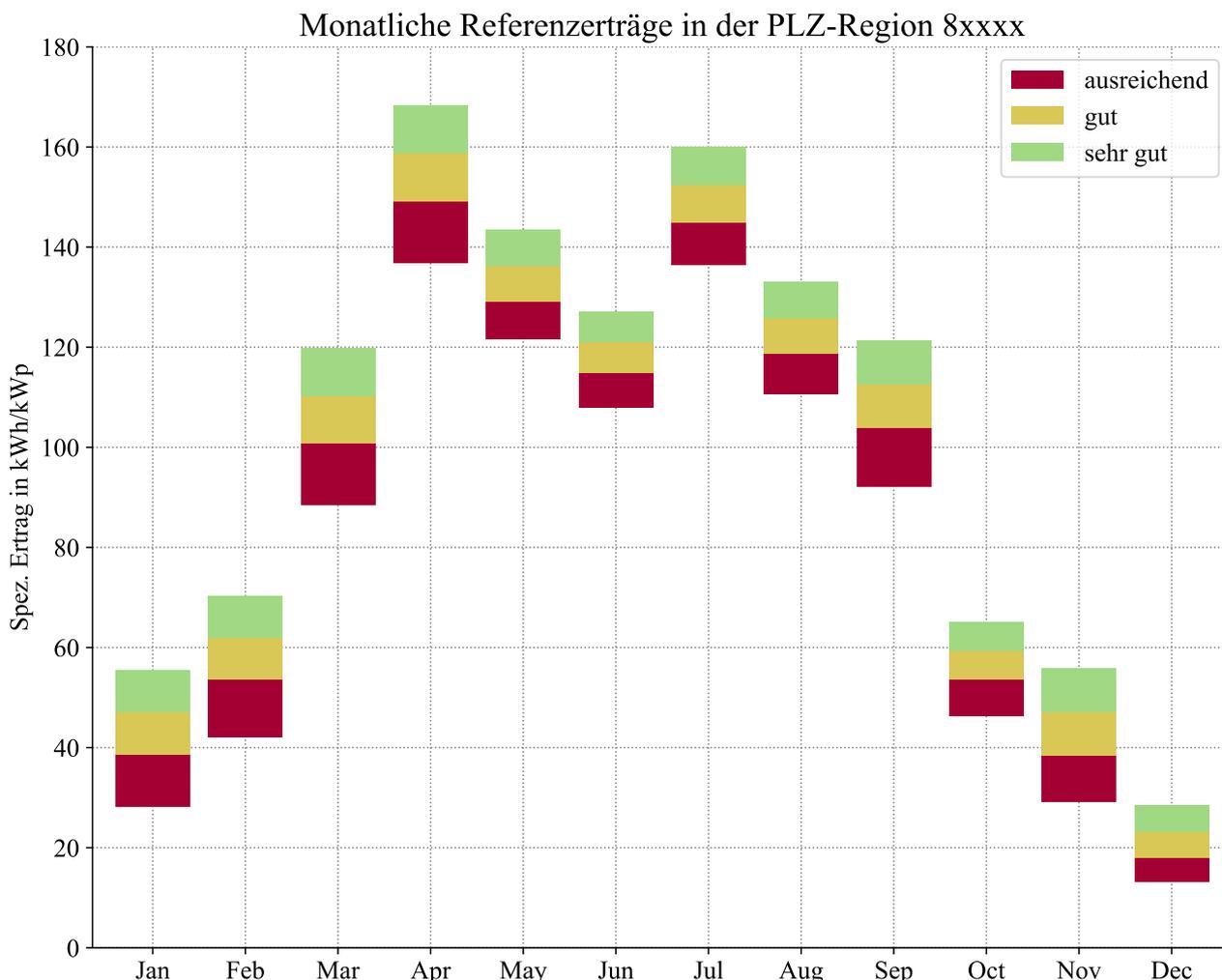


Abbildung A.23: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 8xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
80	Jan	29,2	41,8	50,5	59,2
80	Feb	43,0	55,5	62,5	69,5
80	Mär	87,5	98,7	108,2	117,7
80	Apr	137,2	149,7	158,9	168,1
80	Mai	117,7	125,0	132,2	139,4
80	Jun	107,8	114,9	121,5	128,1
80	Jul	134,0	142,3	150,7	159,1

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	112,2	120,5	127,8	135,1
80	Sep	89,2	101,1	109,4	117,7
80	Okt	47,2	54,8	60,6	66,4
80	Nov	29,6	40,5	48,4	56,3
80	Dez	14,8	20,9	26,4	31,9
80	2020	949,4	1065,7	1157,1	1248,5
81	Jan	29,2	41,8	50,5	59,2
81	Feb	43,1	55,5	62,6	69,7
81	Mär	87,5	98,8	108,3	117,8
81	Apr	137,3	149,7	159,0	168,3
81	Mai	117,8	125,1	132,4	139,7
81	Jun	107,8	114,9	121,6	128,3
81	Jul	134,3	142,3	150,7	159,1
81	Aug	112,3	120,5	127,9	135,3
81	Sep	89,0	101,2	109,5	117,8
81	Okt	47,1	54,9	60,6	66,3
81	Nov	29,5	40,5	48,5	56,5
81	Dez	14,8	20,9	26,4	31,9
81	2020	949,7	1066,1	1158,0	1249,9
82	Jan	28,2	39,6	48,3	57,0
82	Feb	43,0	55,2	63,0	70,8
82	Mär	87,4	100,4	110,4	120,4
82	Apr	134,8	148,0	157,6	167,2
82	Mai	120,5	127,7	134,6	141,5
82	Jun	106,7	113,3	119,6	125,9
82	Jul	135,1	144,0	151,4	158,8
82	Aug	109,6	117,6	125,0	132,4
82	Sep	90,9	102,7	111,8	120,9
82	Okt	46,6	54,2	60,2	66,2
82	Nov	28,6	37,2	46,0	54,8
82	Dez	13,5	19,1	25,9	32,7
82	2020	944,9	1059,0	1153,8	1248,6
83	Jan	29,1	39,7	48,3	56,9
83	Feb	43,9	55,2	61,8	68,4

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
83	Mär	88,3	100,3	110,0	119,7
83	Apr	138,4	150,9	160,4	169,9
83	Mai	118,2	125,4	132,6	139,8
83	Jun	109,3	116,8	123,0	129,2
83	Jul	134,7	143,2	150,7	158,2
83	Aug	112,6	121,3	128,9	136,5
83	Sep	89,9	101,3	110,0	118,7
83	Okt	47,0	54,2	59,8	65,4
83	Nov	28,9	38,7	46,0	53,3
83	Dez	14,9	20,2	25,1	30,0
83	2020	955,2	1067,2	1156,6	1246,0
84	Jan	26,8	34,5	42,6	50,7
84	Feb	37,6	47,6	57,3	67,0
84	Mär	89,9	100,9	109,8	118,7
84	Apr	140,8	151,7	160,9	170,1
84	Mai	120,1	127,2	133,9	140,6
84	Jun	111,2	117,6	123,1	128,6
84	Jul	136,2	144,8	151,2	157,6
84	Aug	114,7	122,6	129,7	136,8
84	Sep	93,0	103,4	111,3	119,2
84	Okt	44,9	50,9	56,2	61,5
84	Nov	29,0	36,7	43,9	51,1
84	Dez	13,3	17,3	21,4	25,5
84	2020	957,5	1055,2	1141,3	1227,4
85	Jan	25,8	34,2	43,0	51,8
85	Feb	39,2	49,6	59,3	69,0
85	Mär	88,9	100,9	110,4	119,9
85	Apr	137,1	149,4	158,7	168,0
85	Mai	121,8	129,4	136,8	144,2
85	Jun	108,3	115,2	121,6	128,0
85	Jul	136,5	145,2	152,0	158,8
85	Aug	110,9	119,4	126,3	133,2
85	Sep	92,8	104,2	113,0	121,8
85	Okt	44,4	51,2	56,9	62,6

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	28,5	36,4	43,3	50,2
85	Dez	12,2	16,3	21,5	26,7
85	2020	946,4	1051,4	1142,8	1234,2
86	Jan	27,1	36,8	44,8	52,8
86	Feb	41,8	53,1	61,9	70,7
86	Mär	88,8	101,8	111,6	121,4
86	Apr	135,2	147,9	157,6	167,3
86	Mai	123,6	131,4	138,8	146,2
86	Jun	106,9	113,3	119,3	125,3
86	Jul	137,4	146,2	154,7	163,2
86	Aug	109,2	116,9	124,0	131,1
86	Sep	93,5	105,5	114,7	123,9
86	Okt	45,6	52,8	58,4	64,0
86	Nov	28,6	36,7	44,9	53,1
86	Dez	12,1	16,4	22,0	27,6
86	2020	949,8	1058,8	1152,7	1246,6
87	Jan	27,9	37,9	45,3	52,7
87	Feb	44,2	56,4	65,0	73,6
87	Mär	88,7	102,2	111,6	121,0
87	Apr	135,7	148,0	157,5	167,0
87	Mai	124,1	131,8	138,8	145,8
87	Jun	107,2	113,5	119,2	124,9
87	Jul	137,4	145,5	152,7	159,9
87	Aug	108,5	116,1	122,9	129,7
87	Sep	94,2	106,2	115,1	124,0
87	Okt	47,6	55,0	60,8	66,6
87	Nov	28,6	36,1	43,8	51,5
87	Dez	12,2	16,2	21,7	27,2
87	2020	956,3	1064,9	1154,4	1243,9
88	Jan	28,9	39,5	48,9	58,3
88	Feb	42,5	54,1	63,5	72,9
88	Mär	88,9	102,2	111,1	120,0
88	Apr	135,9	148,8	158,7	168,6
88	Mai	126,5	134,6	141,6	148,6

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	107,7	114,7	120,6	126,5
88	Jul	139,0	147,1	155,0	162,9
88	Aug	108,1	116,3	123,3	130,3
88	Sep	94,5	106,8	115,7	124,6
88	Okt	47,1	54,7	60,5	66,3
88	Nov	31,1	41,4	54,1	66,8
88	Dez	11,6	15,7	20,4	25,1
88	2020	961,8	1075,9	1173,4	1270,9
89	Jan	29,0	39,3	47,4	55,5
89	Feb	43,2	54,4	63,1	71,8
89	Mär	88,9	102,5	111,6	120,7
89	Apr	135,5	148,2	158,1	168,0
89	Mai	125,2	133,3	140,7	148,1
89	Jun	107,1	113,8	119,9	126,0
89	Jul	138,9	147,5	155,6	163,7
89	Aug	108,6	116,5	123,4	130,3
89	Sep	94,4	106,4	115,3	124,2
89	Okt	46,6	53,9	59,7	65,5
89	Nov	30,6	39,6	51,8	64,0
89	Dez	12,2	16,6	21,8	27,0
89	2020	960,2	1072,0	1168,4	1264,8

A.14 Ertragsdaten für den Postleitzahlbereich 9xxxx

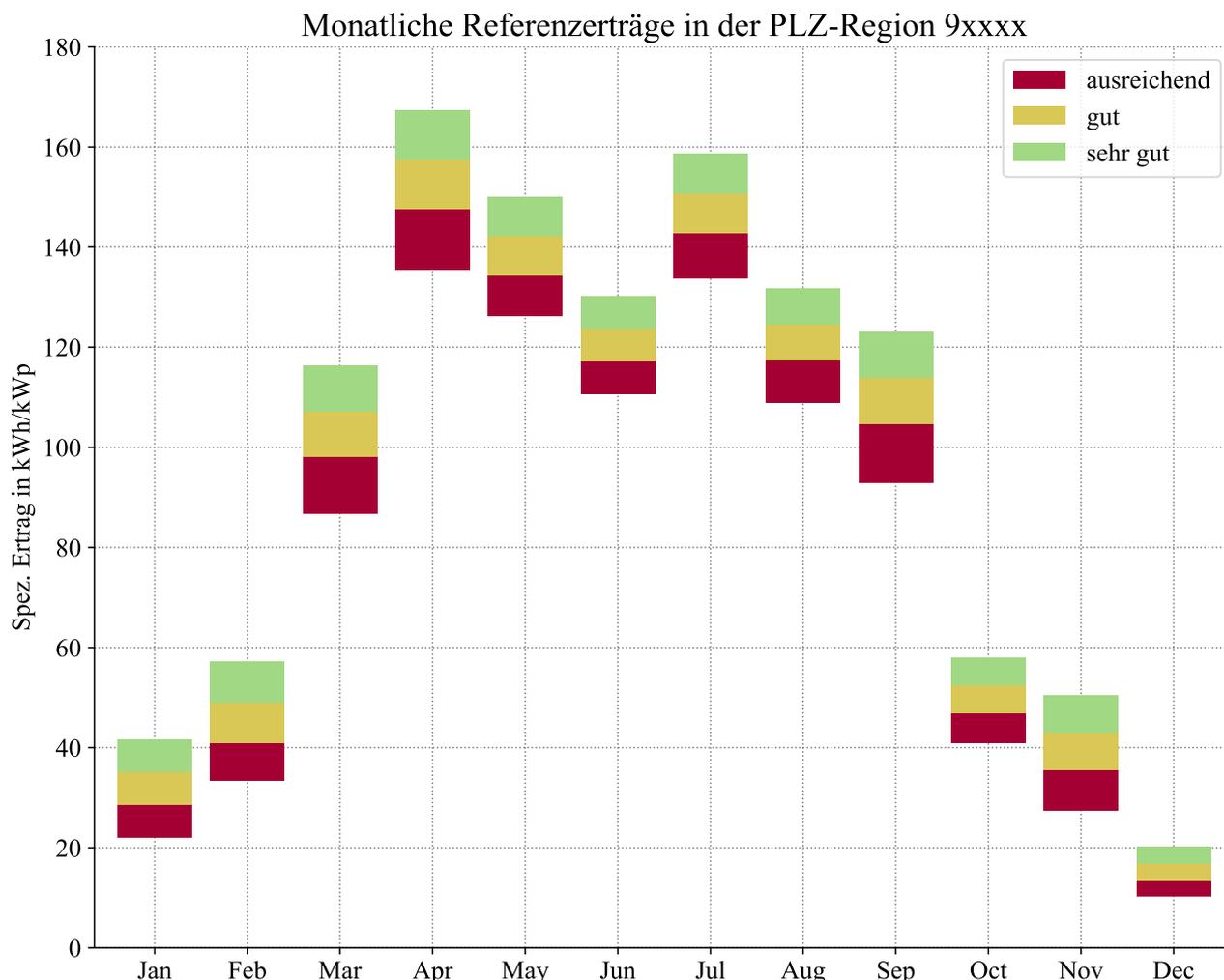


Abbildung A.24: Ertragsreferenzplot der monatlichen spezifischen Erträge in kWh/kW_p für den Postleitzahlbereich 9xxxx im Kalenderjahr 2020.

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

PLZ	Monat	ausreichend	gut	sehr gut	Obergrenze
90	Jan	22,6	29,6	35,1	40,6
90	Feb	33,2	41,6	49,7	57,8
90	Mär	88,3	98,3	107,0	115,7
90	Apr	135,6	147,2	157,2	167,2
90	Mai	125,8	133,8	142,5	151,2
90	Jun	107,6	113,8	120,2	126,6
90	Jul	137,1	146,6	155,1	163,6

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	109,0	118,1	125,3	132,5
90	Sep	95,1	106,4	115,9	125,4
90	Okt	41,4	47,8	52,6	57,4
90	Nov	28,8	37,2	44,3	51,4
90	Dez	9,8	12,6	15,6	18,6
90	2020	934,3	1033,0	1120,5	1208,0
91	Jan	24,9	32,8	41,4	50,0
91	Feb	37,5	46,5	57,4	68,3
91	Mär	88,4	100,4	109,9	119,4
91	Apr	135,2	147,8	157,4	167,0
91	Mai	124,6	133,2	141,5	149,8
91	Jun	107,6	114,5	120,8	127,1
91	Jul	137,4	146,6	155,4	164,2
91	Aug	109,4	117,6	124,6	131,6
91	Sep	93,3	105,1	114,2	123,3
91	Okt	42,8	49,8	55,5	61,2
91	Nov	28,4	37,0	45,2	53,4
91	Dez	10,9	14,5	19,0	23,5
91	2020	940,4	1045,8	1142,3	1238,8
92	Jan	23,4	30,3	36,5	42,7
92	Feb	34,6	42,5	52,2	61,9
92	Mär	88,3	99,4	108,6	117,8
92	Apr	136,6	148,9	158,6	168,3
92	Mai	125,0	132,5	139,9	147,3
92	Jun	109,2	115,4	121,4	127,4
92	Jul	137,4	145,7	153,4	161,1
92	Aug	111,0	119,6	126,5	133,4
92	Sep	94,0	105,3	114,3	123,3
92	Okt	42,3	48,5	53,5	58,5
92	Nov	28,3	35,6	42,8	50,0
92	Dez	10,6	14,1	17,4	20,7
92	2020	940,7	1037,8	1125,1	1212,4
93	Jan	25,4	32,5	39,6	46,7
93	Feb	36,2	44,5	54,4	64,3

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	90,0	101,0	110,0	119,0
93	Apr	140,5	151,6	160,9	170,2
93	Mai	121,4	128,5	135,1	141,7
93	Jun	110,9	117,0	122,9	128,8
93	Jul	136,5	145,1	151,7	158,3
93	Aug	114,0	122,1	129,5	136,9
93	Sep	93,2	103,9	112,3	120,7
93	Okt	43,6	49,5	54,5	59,5
93	Nov	28,4	35,7	42,5	49,3
93	Dez	12,3	16,1	20,0	23,9
93	2020	952,4	1047,5	1133,4	1219,3
94	Jan	26,0	32,8	39,6	46,4
94	Feb	36,0	44,5	53,9	63,3
94	Mär	90,1	100,9	109,8	118,7
94	Apr	141,3	152,0	161,0	170,0
94	Mai	121,3	127,9	134,3	140,7
94	Jun	112,0	118,0	123,6	129,2
94	Jul	136,8	145,1	151,3	157,5
94	Aug	115,2	123,0	130,1	137,2
94	Sep	93,9	104,2	111,6	119,0
94	Okt	44,0	49,4	54,4	59,4
94	Nov	28,5	35,6	42,5	49,4
94	Dez	12,9	16,7	20,2	23,7
94	2020	958,0	1050,1	1132,3	1214,5
95	Jan	21,9	28,3	34,3	40,3
95	Feb	31,5	38,3	45,6	52,9
95	Mär	85,5	95,8	104,9	114,0
95	Apr	134,8	146,2	156,4	166,6
95	Mai	125,9	133,8	141,9	150,0
95	Jun	108,9	115,1	120,4	125,7
95	Jul	135,9	145,3	153,0	160,7
95	Aug	107,6	115,9	124,2	132,5
95	Sep	93,9	105,9	115,0	124,1
95	Okt	39,9	46,4	51,7	57,0

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	27,9	36,3	43,3	50,3
95	Dez	9,2	12,2	15,1	18,0
95	2020	922,9	1019,5	1105,8	1192,1
96	Jan	19,5	25,7	31,8	37,9
96	Feb	31,5	38,4	45,8	53,2
96	Mär	84,5	95,7	104,8	113,9
96	Apr	133,1	145,2	155,0	164,8
96	Mai	128,9	137,7	146,3	154,9
96	Jun	110,5	117,3	124,0	130,7
96	Jul	134,8	143,7	152,2	160,7
96	Aug	107,0	115,7	122,9	130,1
96	Sep	93,0	104,7	114,3	123,9
96	Okt	39,3	45,3	51,0	56,7
96	Nov	26,2	34,9	42,8	50,7
96	Dez	8,8	11,1	14,3	17,5
96	2020	917,1	1015,4	1105,2	1195,0
97	Jan	20,0	25,9	32,0	38,1
97	Feb	32,7	39,1	46,5	53,9
97	Mär	84,6	96,3	105,2	114,1
97	Apr	132,9	144,9	154,7	164,5
97	Mai	132,3	141,4	149,5	157,6
97	Jun	112,1	118,6	125,8	133,0
97	Jul	134,0	143,4	152,0	160,6
97	Aug	107,1	115,0	121,9	128,8
97	Sep	91,7	103,3	112,8	122,3
97	Okt	38,4	44,2	50,4	56,6
97	Nov	27,6	36,8	44,3	51,8
97	Dez	9,4	12,0	14,7	17,4
97	2020	922,8	1020,9	1109,8	1198,7
98	Jan	18,4	23,7	29,4	35,1
98	Feb	30,7	37,3	43,1	48,9
98	Mär	83,6	95,2	104,2	113,2
98	Apr	131,7	144,3	154,6	164,9
98	Mai	130,9	139,6	148,5	157,4

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	112,2	119,3	126,3	133,3
98	Jul	131,9	140,7	147,9	155,1
98	Aug	105,4	113,5	120,1	126,7
98	Sep	90,7	103,8	113,7	123,6
98	Okt	38,5	43,9	49,6	55,3
98	Nov	26,0	34,2	41,6	49,0
98	Dez	8,7	11,1	14,0	16,9
98	2020	908,7	1006,6	1093,0	1179,4
99	Jan	18,3	24,5	31,2	37,9
99	Feb	30,2	35,9	41,4	46,9
99	Mär	84,1	97,8	107,5	117,2
99	Apr	134,3	147,8	159,0	170,2
99	Mai	127,0	134,2	141,9	149,6
99	Jun	115,2	123,5	131,8	140,1
99	Jul	116,8	127,0	136,2	145,4
99	Aug	104,0	112,9	119,9	126,9
99	Sep	90,7	105,2	114,5	123,8
99	Okt	38,1	44,4	50,8	57,2
99	Nov	25,4	33,1	40,9	48,7
99	Dez	10,2	14,1	18,1	22,1
99	2020	894,3	1000,4	1093,2	1186,0