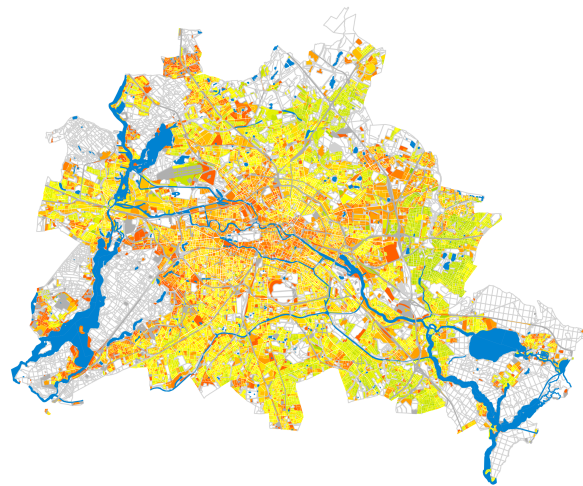


Räumliche und zeitliche Analyse der Solarstromversorgung Berlins

BERNHARD SIEGEL



MASTERARBEIT

eingereicht an der HTW Berlin

im Studiengang

REGENERATIVE ENERGIEN

im Mai 2016

Erstprüfer: Prof. Dr. Volker Quaschnig

Zweitprüfer: M. Sc. Johannes Weniger

© Copyright 2016 Bernhard Siegel

Diese Arbeit wird unter den Bedingungen der *Creative Commons Lizenz Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland* (CC BY-SA) veröffentlicht – siehe <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass

- ich die vorliegende wissenschaftliche Arbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe,
- ich andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt habe,
- ich die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe,
- die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfbehörde vorgelegen hat.

Berlin, am 31. Mai 2016

Bernhard Siegel

Abkürzungsverzeichnis

a Autarkiegrad. 33, 52, 58, 62, 63, 67

AfS Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. 7, 10, 15, 20, 21

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 15, 20, 21, 28

BZR Bezirksregionen. 8, 36, 37, 39, 42–45, 47, 62–65

DV Direktverbrauch. 32

DWD Deutscher Wetterdienst. 6, 19

e Eigenverbrauchsanteil. 32, 33, 36, 37, 39, 41, 43–45, 47, 49, 52, 54, 58, 60, 62

EPSG European Petroleum Survey Group Geodesy. 8

ETRS89 Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989. 9

EV bilanzielle Eigenversorgung. 31, 62

EW Einwohnerinnen. 10, 58

FIS Fachinformationssystem. 10

GHD Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. 15, 22, 25, 27

HH Haushalte. 10, 22

IOGP International Association of Oil & Gas Producers. 8

ISU Informationssystem Stadt und Umwelt. 7, 8, 10, 19, 23, 24, 33, 36, 39, 47, 60, 64, 65

LOR Lebensweltlich orientierte Räume. 8, 24, 33, 36, 62, 63, 65, 69, 70

PLR Planungsräume. 8, 23, 24, 36, 41, 43, 45, 47, 49, 52, 58, 60, 62, 64, 65, 70

PRG Prognoseräume. 8, 36, 37, 39, 42–45, 62, 64, 65

PV Photovoltaik. 1, 6, 12–14, 24, 31–34, 39, 41, 47, 67, 69, 70

RBS Regionales Bezugssystem. 7, 8

SA Solaratlas. 17, 18, 29, 30

SenStadtUm Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. 2, 7, 8, 10, 12, 70

SenWTF Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung. 13

SFP solarurbanes Flächenpotenzial. 12, 29

SLP Standardlastprofil. 5, 6, 20–23, 25, 70

UTM Universal Transverse Mercator. 9

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	iv
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.2 Aktueller Forschungsstand	2
1.3 Zielsetzung	3
2 Datengrundlage	4
2.1 Zeitreihen	5
2.2 Geografische Daten	6
2.3 Weitere Daten	15
3 Methodik	17
3.1 Aufbereitung der Daten	17
3.2 Verknüpfung der Eingangsdaten	19
3.3 Datenvalidierung	24
4 Simulationsergebnisse	31
4.1 Kennzahlen	31
4.2 Auswertung auf Ebene von Berlin	33

Inhaltsverzeichnis	vii
4.3 Auswertung auf Bezirksebene	36
4.4 zusammenfassende Betrachtungen	62
5 Zusammenfassung und Ausblick	69
5.1 Zusammenfassung	69
5.2 Kritik und Ausblick	70
A Simulationsergebnisse	72
Quellenverzeichnis	97
Literatur	97
Online-Quellen	100

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Hintergrund

Die UN-Klimakonferenz legte mit dem *Übereinkommen von Paris* im Dezember 2015 fest, dass die globale Klimaerwärmung auf unter 2° gehalten werden soll. Angestrebt sind sogar nur 1,5°. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine starke Verminderung der Treibhausgasemissionen vonnöten. Dies bedeutet vor allem, dass die Menge des in die Atmosphäre abgegebenen CO₂ drastisch reduziert werden muss.[14]

Als große Quelle eben dieser Emissionen gilt der Bereich der Energieversorgung. Hier bietet sich der als *Energiewende* bezeichnete Wechsel von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen als ein entscheidendes Werkzeug an. Die Bundesregierung hat sich deshalb bereits im Jahr 2010 zu einem Ausbau der regenerativen Energien verpflichtet, der zu einem Anteil von 50 % am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2030 führen soll. Für das Jahr 2050 ist der Anteil von erneuerbaren Energien sogar auf 80 % zu steigern.[13]

Auch das Land Berlin hat seine Verantwortung für die Senkung der Emissionen erkannt und ähnliche Ziele formuliert. Bis zum Jahr 2050 soll die Stadt *klimaneutral* sein. Für den Energiesektor ist eine Emissionsminderung um 85 % gegenüber dem Jahr 1990 vorgesehen.[2]

Ein wichtiger Baustein im Mosaik der erneuerbaren Energien ist die Photovoltaik (PV). Die Technologie ermöglicht eine dezentrale Energieversorgung mit begrenztem Einsatz von Ressourcen. Der Ausbau von PV-Anlagen bietet sich für Berlin deshalb an, da im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien keine Konflikte um die Nutzung der begrenzten freien Flächen entstehen: Die bereits vorhandenen Dachflächen können genutzt werden, ohne dass Grünflächen versiegelt oder Bauland blockiert wird.

Der Frage, inwieweit diese Dachflächen zur Erzeugung von Energie mit vermindertem CO₂-Ausstoß nutzbar sind und damit zum Erreichen der Klimaziele beitragen können, wird von unterschiedlichen Institutionen nachgegangen.

1.2 Aktueller Forschungsstand

Es wurden bereits einige Studien durchgeführt, um die Zielsetzung zur Reduktion der Emissionen zu konkretisieren. Hierbei unterscheiden sie sich hinsichtlich des Zeitrahmens, der Annahmen über die Entwicklung des Stromverbrauchs sowie über Ausbaupfade für die erneuerbaren Energien.

In einer Projektarbeit für die HTW Berlin hat Martin Golde bestehende Studien hinsichtlich ihrer jährlichen Energiesummen untersucht[18]. Einige Studienergebnisse sind in Abb. 1.1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass für das Bezugsjahr 2020 eine Menge von 99 GWh bis 173 GWh an Solarenergie ermittelt wurden (zur Studie *IÖW, 2020* siehe [19], zu *BEA, 2020* siehe [33]). Die Studien mit dem Bezugsjahr 2050 liegen mit 542 GWh bis 3 610 GWh weit auseinander (*IÖW, 2050* ebenfalls [19], *Enquete, 2050* siehe [11], zu *PIK, 2050* siehe [25]). Ursächlich hierfür sind unterschiedliche Annahmen bezüglich der Renovierung von bestehendem Wohnraum, finanzielle Anreize oder Kostenentwicklungen. Die beiden Potenzialstudien, die als Ziel das maximale theoretische PV-Potenzial der Berliner Dach- und Fassadenflächen hatten, unterscheiden sich mit 1 093 GWh (*Ecofys*, siehe [17]) und 2 946 GWh (*simuplan*, siehe [10]) deutlich.

Die Berliner *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt* gibt im aktuellen Solaranlagenkataster einen Schätzwert von jährlich 68 GWh für die solar erzeugte Energie der bis zum 01.11.2015 installierten PV-Anlagen an[26].

Demgegenüber steht ein Strombedarf Berlins von etwa 12 TWh bis 13 TWh pro Jahr[6].

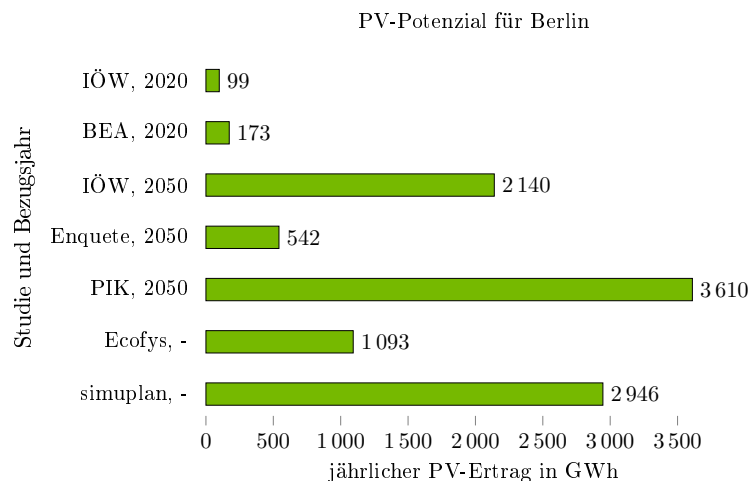


Abbildung 1.1: Ergebnisse unterschiedlicher Studien zum Potenzial von Photovoltaik in Berlin. Werte nach [18]. Eigene Darstellung.

1.3 Zielsetzung

Einige der oben dargestellten Studien ermitteln lediglich Jahressummen für die Erzeugung von Solarenergie und den Stromverbrauch der Stadt. Andere, wie die beiden theoretischen Potenziale, behandeln nur die Produktionsseite der Stromversorgung. In dieser Arbeit sollen folgende Aspekte zusammengeführt werden

- Räumliche Verteilung der potenziellen Erzeugungsanlagen
- Zeitliche Auflösung in Viertelstunden-Schritten für die Erzeugung
- Räumliche Verteilung des jährlichen Verbrauchs von Berlin
- Zeitliche Auflösung des Verbrauchs in Viertelstunden-Schritten

Dazu werden zunächst Geodaten von Berlin bezogen und mit weiteren Informationen verknüpft. In Kapitel 2 werden die verwendeten Daten erläutert.

Diese Daten werden zunächst in einem Zwischenschritt in Abschnitt 3.1 aufgearbeitet. Anschließend erfolgt eine Aufteilung des Strombedarfs nach Bezirken und Verbrauchssektoren in Abschnitt 3.2. Die mithilfe von Standardlastprofilen generierten Viertelstundenwerte werden dann in einem weiteren Schritt an die realen Messwerte angeglichen (Abschnitt 3.3). Letztlich wird aus dem Verbrauchsprofil für die Bezirke Berlins jeweils ein individuelles Profil für jeden Häuserblock der Stadt ermittelt.

Auf der Produktionsseite werden die PV-Flächenpotenziale auf Blockebene aggregiert. Daraus werden dann mit Einstrahlungszeitreihen die jeweiligen Erzeugungsprofile simuliert (Abschnitt 3.3).

Aus der Überlagerung von Energieerzeugung und -verbrauch kann lokal eine Aussage über die Möglichkeit der solaren Energieversorgung getroffen werden. Im Ergebnisteil Kapitel 4 können diese dann anhand von gängigen Kennwerten für Berlin (Abschnitt 4.2) oder ausführlich nach Bezirken sortiert (Abschnitt 4.3) untersucht werden.

Abschließend werden die Häuserblocks anhand von baulichen Gemeinsamkeiten klassifiziert analysiert. Diese Ergebnisse der Simulationsrechnung finden sich im Abschnitt 4.4.

Die generierten Ergebnisse werden in Kapitel 5 zusammengefasst und kritisch betrachtet.

Kapitel 2

Datengrundlage

In diesem Kapitel werden die für die Simulation zur Verfügung stehenden Daten erläutert. Neben der Nennung der Quelle und einer inhaltlichen Beschreibung wird auch das jeweilige Format aufgeführt. Die verwendeten Daten lassen sich nach ihrem Ursprung grundsätzlich in *räumlich* oder *zeitlich* einteilen. Dazu kommt die Einteilung entsprechend der Verwendung in der Simulation in *Stromverbrauch* und *Stromproduktion*. Eine Übersicht der verwendeten Daten findet sich in Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Übersicht der verwendeten Datenquellen

Datensatz	Jahr	Format	Werte	Typ	Quelle
Ortsteile	2014	WFS	96	Geometrie	[45]
Einwohnerinnen	2014	WFS	24 961	Geometrie	[36]
Flächennutzung	2010	WFS	24 961	Geometrie	[42]
Solares Flächenpotenzial	2005	SHP	24 110	Geometrie	auf Anfrage, vgl. [43]
Solaratlas	2013	WFS	572 434	Geometrie	[44]
Stromverbrauch	2014	XML	35 040 ¹	Zeitreihe	[47]
Standardlastprofile	2014	XLS	35 040	Zeitreihe	[46]
Einstrahlung	2014, 2015	GRIB	35 040	Zeitreihe	[15]

¹Der Zahlenwert ergibt sich aus den viertelstündlichen Werten für ein Jahr ($365 \cdot 24 \cdot 4 = 35.040$). Es gibt Messdaten für die zwölf Berliner Bezirke sowie für Berlin insgesamt, sodass insgesamt parallele 13 Zeitreihen vorhanden sind. Fehlende Messwerte sind hierbei noch nicht berücksichtigt (vgl. Abschnitt 3.1).

2.1 Zeitreihen

Die Simulationsrechnung der solaren Stromversorgung Berlins erfolgt nicht rein bilanziell sein, sondern beinhaltet einen zeitlichen Verlauf. Dazu wird für jedes 15-Minuten-Intervall eines Jahres der Verbrauch und die Erzeugung simuliert. Die zeitlichen Daten werden dann auf die jeweiligen Gebiete der räumlichen Daten aufgeteilt (siehe hierzu Abschnitt 3.2).

Stromverbrauch

Für die Zeitreihen des Stromverbrauchs bedarf es unterschiedlicher Vorlagen; diese finden sich sowohl in Form von abstrahierte Datenreihen, wie dem *Standardlastprofil* (SLP), als auch von realen Messdaten.

Standardlastprofil: Das Standardlastprofil ist eine gemittelte Zeitreihe, die den Verlauf des Stromverbrauchs über ein Jahr darstellt. Diese Lastprofile werden entsprechend jährlich aktualisiert. Sie dienen dazu, denjenigen Verbrauch zu prognostizieren, der nicht in (kurzen) zeitlichen Intervallen gemessen wird. Das trifft zum Beispiel auf die privaten Haushalte zu, bei denen nur ein Stromsummenzähler verbaut ist, also nur die Gesamtmenge des verbrauchten Stroms in einem Jahr gemessen wird. Für Berlin veröffentlicht die *Stromnetz Berlin GmbH* je nach Verbrauchssektor unterschiedliche Standardlastprofile[46]:

- **Haushaltskunden:** Lastprofil *HB*.
- **Gewerbe allgemein:** Lastprofil *GB*.
- **Landwirtschaftsbetriebe:** Lastprofil *LB*.
- **Bandlastkunden:** Lastprofil *BD*.

Das Lastprofil *HB* für Haushalte ist normiert auf einen Jahresverbrauch von 1 000 MWh[31]. Es kann entsprechend der Personenzahl im Haushalt skaliert werden, um das zeitliche Verhalten des Strombezugs vorherzusagen. Eine Untersuchung von 74 gemessenen Lastprofilen ergab, dass – trotz großer Unterschiede im Verbrauchsverhalten zwischen den einzelnen Haushalten – insgesamt die Abweichungen im Vergleich zum SLP *HB* nur gering sind[34, S. 5f]. Wird also eine größere Anzahl an Haushalten betrachtet, so stellt sich annähernd das Verhalten entsprechend des Standardlastprofils ein. Für diese Arbeit wird neben dem Profil *HB* auch das Profil *GB* verwendet. Dieses soll das Verbrauchsverhalten der Berliner Gewerbebetriebe darstellen. Zusätzlich kommt das Bandlastprofil *BD* zum Einsatz. Es setzt für jeden Zeitschritt exakt den selben Verbrauch an und soll den Stromverbrauch der Industrie abbilden.

Realer Stromverbrauch: Die *Stromnetz Berlin GmbH* hat im Rahmen einer Open-Data-Initiative den gemessenen Stromverbrauch von Berlin veröffentlicht[47]. Über eine bestimmte

Server-Abfrage kann ein Datensatz angefordert werden, der 15-Minuten-Messwerte für die Gesamtlast, die lokale Stromproduktion, den Strombezug von außerhalb sowie den Verbrauch der Hochspannungskunden enthält. Diese Werte sind für jeden der zwölf Berliner Bezirke getrennt erhältlich und auch als berlinweite Summe. Die Gesamtlast (*usage*) setzt sich aus der Erzeugung (*generation*) und dem Bezug (*feed*) zusammen. Gleichzeitig entspricht sie dem nicht gemessenen Verbrauch (der SLP-Kunden) plus dem Verbrauch der Hochspannungskunden (*key-account-usage* [sic]). Der Datensatz enthält einige Messlücken (ca. 7% der Daten), welche nachträglich aufgefüllt wurden. Dies ist in Abschnitt 3.1 ausführlich beschrieben.

Stromproduktion

Für die Herkunft der verbrauchten Strommenge wird in dieser Arbeit auf Ebene der Häuserblocks folgende Annahme getroffen: Es werden auf allen möglichen Dachflächen PV-Anlagen installiert, die Strom produzieren (siehe Abschnitt 3.3). Diese Strommengen werden – bei gleichzeitig auftretender Last – direkt im selben Block verbraucht. Die darüber hinaus benötigte Energie wird komplett durch die bisherige Stromproduktion gedeckt, also der Summe von in Berlin konventionell erzeugtem Strom sowie den Importen (Netzbezug). Für die Simulation der Solarstromproduktion werden Einstrahlungsdaten benötigt, welche im Folgenden kurz erläutert werden.

Wetterdaten: Die verwendeten Wetterdaten des *Deutschen Wetterdienstes* (DWD) entstammen dem COSMO-DE Wettermodell und können über die PAMORE-Schnittstelle bezogen werden[15]. COSMO-DE verwendet unterschiedliche meteorologische Eingangsdaten und berechnet daraus Wetterprognosen für die nächsten 27 Stunden. Diese Prognosen werden jeweils einmal in drei Stunden aktualisiert[16]. Abgerufen wurden die historischen Prognosewerte für die direkte und diffuse Globalstrahlung sowie die Temperatur in 2 m Höhe über dem Erdboden für den Zeitraum eines Jahres (1. Mai 2014 bis 1. Mai 2015). Die Einstrahlungsdaten liegen in 15-Minuten-Zeitschritten vor; die Temperaturdaten sind stündlich angegeben.

Die COSMO-DE-Wetterdaten sind Zeitreihen, die für verschiedene geografische Rasterfelder bezogen werden können. Sie sind also sowohl *räumlich* als auch *zeitlich* aufgelöst. Aufgrund ihrer Verwendung zur Erzeugung der Stromproduktions-Zeitreihen wird die Datenquelle an dieser Stelle erwähnt.

2.2 Geografische Daten

Um die Analyse der Solarstromversorgung Berlins durchzuführen, wurden zunächst vor allem räumliche Daten (Geodaten) verwendet. Ein wichtiger Aspekt dieser Geodaten ist der Detaillierungsgrad, in dem die Informationen vorliegen. Die in dieser Arbeit verwendeten Daten liegen zum Teil gebäudescharf vor – es sind also die räumlichen Konturen einzelner Bauwerke in einer Datenbank vorhanden und können entsprechend mit Werten verknüpft werden – andere Da-

ten sind auf Häuserblock- oder Bezirksebene bereitgestellt. Zunächst werden die verschiedenen Bezugsebenen erläutert, danach wird auf die verknüpften Sachinformationen eingegangen.

Berliner Ortsteile und Bezirke: Berlin gliedert sich in zwölf Bezirke[3, § 4, Abs. 1]. Bei der im Jahr 2001 in Kraft getretenen Gebietsreform wurden die bestehenden 23 Bezirke zusammengefasst, sodass die heute gültigen zwölf Bezirke entstanden sind. Diese stellen – unterhalb der ganz Berlin einschließenden Landesgrenze – als eigenständige Verwaltungseinheiten die größten Bezugsebenen dar. Die Bezirke wiederum sind in Ortsteile aufgeteilt. Diese entspringen zum Teil historisch unabhängigen Gebieten vor der Eingemeindung zu Groß-Berlin im Jahr 1920, zum Teil sind sie aufgrund der rasanten Stadtentwicklung neu begründet worden[4, S. 23]. Insgesamt gibt es 96 Ortsteile in Berlin.

Regionales Bezugssystem: Das *Amt für Statistik Berlin-Brandenburg* (AfS) verwendet das *Regionale Bezugssystem* (RBS) als kleinräumige Gliederung noch unterhalb der Ortsteile. Neben den RBS-Straßen und den RBS-Adressen existiert mit den 15 688 RBS-Blocks eine Datenbank mit flächigen Geometrien. Diese beschreiben in der Regel einen durch Straßen begrenzten Raum, deren Bebauung oder Nutzung auch inhomogen sein kann. Diese statistische Blocks sind zu 387 *Verkehrszellen* beziehungsweise 1 224 *Teilverkehrszellen* zusammengefasst, welche wiederum in größeren Bezügen als 195 *statistische Gebiete* gruppiert sind.[37] Eine technische Beschreibung des RBS findet sich in [5]. Zur historischen Entwicklung unterschiedlicher Raumbezüge hin zum RBS siehe [4, S.22].

Informationssystem Stadt und Umwelt: Die *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt* (SenStadtUm) hat ein eigenes Bezugssystem für Geodaten auf Basis des RBS entwickelt: Das *Informationssystem Stadt und Umwelt* (ISU). Es besteht aus den Blockeinteilungen des RBS und konkretisiert die reale Nutzung beziehungsweise Bebauung einer RBS-Fläche durch Einteilung in Blockteilflächen. Diese Einteilung leitet sich aus der Verwendung der Geodaten durch die SenStadtUm ab, damit sowohl Sozialdaten als auch Umweltdaten entsprechend wiedergegeben werden können. Für unterschiedliche Darstellungen gibt es zwei verschiedene Karten des ISU: Die Karte *ISU 5* und die Karte *ISU 50*. Erstere entspricht in ihren Geometrien den realen Begebenheiten und ist im Maßstab 1:5.000 aufgenommen. Sie dient der exakten Wiedergabe von Daten und eignet sich für Kartendarstellungen von Bezirken oder einzelnen Straßenzügen. Letztere stellt vor allem die Straßen vergrößert dar und ermöglicht so, Berlin im Ganzen übersichtlich darzustellen. Die Karte *ISU 5* wird in dieser Arbeit verwendet. Es gibt insgesamt 24 961 Block- und Blockteilflächen im ISU.[28, S. 9f]

Ein Beispiel für eine Unterteilung aufgrund der Nutzung/Bebauung findet sich in Abb. 2.1. Dort ist das Gebiet um den Mariannenplatz in Kreuzberg abgebildet, welches zwei RBS-Blocks entspricht. Diese wurden jeweils in zwei Blockteilflächen untergliedert. Der östliche RBS-Block 014057 wird so in den südlichen Mariannenplatz (Park/Grünfläche) sowie die nördliche St.-Thomas-Kirche (Gemeinbedarfs- und Sondernutzung) untergliedert. Die entstandenen Teilblock-

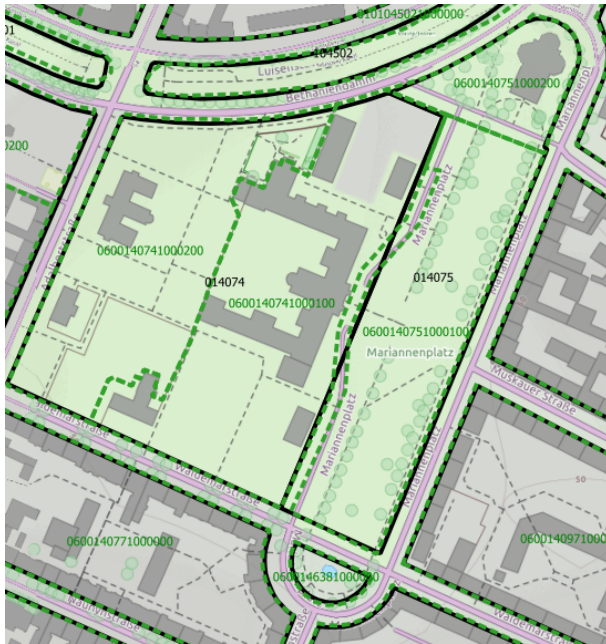


Abbildung 2.1: Unterteilung der beiden RBS-Blocks (schwarz) in je zwei ISU-Blockteilflächen (grün) aufgrund unterschiedlicher Nutzungen und Bebauungen. Eigene Darstellung auf Grundlage von [42] und [38]. Die Hintergrundkarte entstammt [40].

flächen tragen 16-stellige Blockschlüssel, die jeweils den 6-stelligen RBS-Blockschlüssel enthalten.

Lebensweltlich orientierte Räume: Aufbauend auf der Einteilung in Blockteilflächen im ISU wurde von der SenStadtUm das System der *Lebensweltlich orientierten Räume* (LOR) entwickelt. Die LOR gliedern sich in drei Ebenen. Aus der Zusammenführung einzelner Straßenblocks zu miteinander in sozialem Bezug stehenden Räumen ergeben sich zunächst die 447 *Planungsräume* (PLR). Diese werden zu 138 *Bezirksregionen* (BZR) zusammengefasst, welche dann auf oberster Ebene die 60 *Prognoseräume* (PRG) bilden.[12] Eine Gegenüberstellung der beiden parallelen Systeme LOR und RBS findet sich in Abb. 2.2.

Koordinatensysteme: Als eine weitere Anmerkung zu den Geodaten sei auf die verschiedenen existierenden Koordinatensysteme hingewiesen. Zur Darstellung der räumlichen – also auf der dreidimensionalen Erdoberfläche gelegenen – Informationen auf einer zweidimensionalen Karte sind verschiedenen Schritte notwendig. Zunächst muss eine Grundannahme über die geometrische Form der Erde getroffen werden (Ellipse oder Kugel), dann muss ein mathematisches Verfahren zum Projizieren gewählt und schließlich die Geoinformationen auf der Karte dargestellt werden. Da es dabei zu Verzerrungen der dargestellten Flächen kommt, haben sich verschiedene Systeme entwickelt, die sich in der Genauigkeit bzw. dem Gültigkeitsbereich der Abbildungen unterscheiden. Diese unterlagen mit der Zeit wiederum wissenschaftlichen, technischen oder politischen Veränderungen. Zur Unterscheidung der verschiedenen Projektionen hat die *European Petroleum Survey Group Geodesy* (EPSG), eine Arbeitsgruppe der *International Association of Oil & Gas Producers* (IOGP), eine Datenbank mit Identifikationsschlüsseln an-

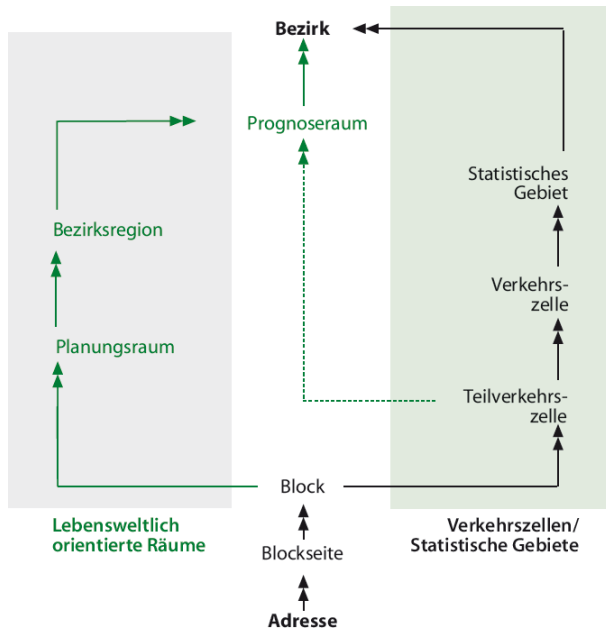


Abbildung 2.2: Hierarchische Räume im Regionalen Bezugssystem (RBS). Jede Adresse wird sowohl den *lebensweltlich orientierten Räumen* (LOR) als auch den *statistischen Gebieten* zugeordnet. Abbildung entnommen aus [12].

gelegt. Sie dient heute als internationale Referenz für die verschiedenen Systeme.

Bei einigen (älteren) Berliner Daten wird die *Soldner-Projektion* verwendet (EPSG:3068). Diese Projektion ist die Darstellung einer als Kugel angenommenen Erde auf die Mantelfläche eines Zylinders. Obwohl sie noch aus dem 19. Jahrhundert stammt (Preußische Landesaufnahme), blieb sie – aufgrund der einfacheren Berechnung bei immer noch sehr genauer Darstellung – bis zum Jahr 2010 in Verwendung[22]. Im Rahmen der europaweiten Kooperationen werden künftig die Daten im Referenzsystem ETRS89/UTM zone 33N (EPSG:25833) sowie einigen weiteren, gängigen Koordinatensystemen ausgegeben[23]. Eine kurze Erklärung der Unterschiede zwischen EPSG:3068 und EPSG:25833 liefert [27].

Mithilfe der verwendeten Software *QGIS* können unterschiedliche Projektionen ineinander transformiert werden, sodass die verschiedenen Geodaten exakt übereinander dargestellt werden. So abgespeicherte Datenbanken enthalten dann X- und Y-Koordinaten eines einheitlichen Koordinatensystems (in dieser Arbeit EPSG:25833).

Stromverbrauch

Um den oben beschriebenen zeitlichen Verlauf des Stromverbrauchs räumlich zuordnen zu können, sind Informationen zu den verschiedenen Nutzungen der Gebäude bzw. Blocks vonnöten. Dazu werden Sozialdaten der Stadt Berlin verwendet. So kann der Energieverbrauch aus einem 15-Minuten-Intervall anhand dieser Informationen aufgeteilt werden: Aus dem Verbrauch auf Bezirksebene wird ein Verbrauch auf Blockebene. Dadurch kann die Simulation deutlich präzisiert werden.

Bevölkerung Berlins: Etwa ein Drittel des Berliner Energiebedarfs wird in den Haushalten verbraucht (vgl. dazu Tabelle 2.4 in Abschnitt 2.3). Um diesen Stromverbrauch auf die 3,5 Millionen Einwohnerinnen (EW) räumlich aufzuteilen, werden die Berliner Meldedaten bezogen, welche durch das *Amt für Statistik Berlin-Brandenburg* bereitgestellt werden[36]. Diese Daten sind auf die ISU-Blockteilflächen bezogen, sodass der Verbrauch räumlich zugewiesen werden kann. Aufgrund eines statistischen Verfahrens zur Geheimhaltung von Einzelwerten kommt es in Summe zu geringfügigen Abweichungen zwischen den im ISU-System angegebenen Werten und den Meldedaten. Näheres dazu findet sich in [29].

Haushalte: Neben der Anzahl der Einwohnerinnen ist auch die Information über die Struktur ihres Zusammenlebens wichtig. Der Stromverbrauch pro Person hängt stark ab von der Anzahl der Personen, die in einem gemeinsamen Haushalt (HH) leben (siehe dazu Abschnitt 2.3). Das *Amt für Statistik Berlin-Brandenburg* listet im *Statistischen Jahrbuch 2015* für jeden Berliner Bezirk die Anzahl der unterschiedlichen Haushaltsgrößen auf[7, S. 52]. Der Anteil der 1-Personen-Haushalte liegt im Berliner Durchschnitt bei 54%. Dieser Anteil liegt je nach Bezirk höher oder niedriger, dabei stellen die Bezirke Mitte mit 61% und Marzahn-Hellersdorf mit 44% die Extreme dar. Umgekehrt hat Neukölln mit 12% den höchsten Anteil an Haushalten mit vier oder mehr Personen, während in Lichtenberg mit 6% deutlich weniger Menschen in großen Haushalten zusammenleben. Diese regionalen Unterschiede werden bei der Betrachtung des Stromverbrauchs mit einbezogen. Die absoluten Werte finden sich in Abb. 2.3. Bei der Verwendung dieser Daten für den Stromverbrauch entsteht eine statistische Verzerrung hin zu mehr 1-Personen-Haushalten, da in der amtlichen Statistik ein Haushalt als eine wirtschaftliche Einheit definiert ist. Somit kann zum Beispiel eine Wohngemeinschaft, in der mehrere Menschen zusammenleben, als mehrere 1-Personen-Haushalte aufgelistet sein. Der Stromverbrauch wird demnach für diese Menschen überschätzt.

Flächennutzung: Eine wichtige Karte, die in dieser Arbeit verwendet wird, ist die *reale Flächennutzung*. Sie wird – wie alle offenen Daten der *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt* – im sogenannten *FIS-Broker* angeboten. Bei dieser Karte wird für die einzelnen Block(teil-)flächen des ISU eine Nutzung sowie Bebauung/Begrünung festgelegt. Die Karte wird regelmäßig aktualisiert, zuletzt im Jahr 2011 mit dem Sachdatenstand 31.12.2010[42]. Es werden folgende Nutzungen unterschieden[41]:

- **Wohnnutzung:** Auf diesen Flächen dominieren die zu Wohnzwecken genutzten Gebäude. Teilweise werden auch wohnungsbezogene Dienstleistungsunternehmen sowie Gemeinbedarfseinrichtungen und örtliche Grünflächen mit einbezogen.
- **Mischnutzungen:** Hier gibt es sowohl Wohn- als auch gewerbliche Nutzung. Es gibt eine stärkere Durchsetzung der Wohngebiete mit Handels- und Dienstleistungsunternehmen wie Kaufhäuser und Büros, kulturellen Nutzungen und kleingewerblichen Betrieben. Der Anteil der Wohnnutzung liegt bei mindestens einem und höchstens zwei Dritteln der Flächen.

Privathaushalte 2014 nach Bezirken und Haushaltsgröße

Bezirk	Privathaushalte			Davon mit				
	Anzahl	Per- sonen	Personen je Haus- halt	einer Person		... Personen		
				zu- sammen	weib- lich	2	3	4 und mehr
	1 000			1 000				
Mitte	199,3	341,4	1,7	122,4	52,9	42,2	15,1	19,5
Friedrh.-Kreuzb.	156,7	268,0	1,7	92,5	41,1	36,9	13,3	14,1
Pankow	227,7	375,1	1,6	136,3	66,2	54,1	22,8	14,4
Charlbg.-Wilmerd.	184,6	307,6	1,7	109,1	56,0	47,2	14,6	13,8
Spandau	129,6	223,4	1,7	68,0	36,0	41,8	11,1	8,7
Steglitz-Zehlend.	156,3	282,3	1,8	78,7	50,1	48,1	15,2	14,2
Tempelh.-Schöneb.	180,4	328,2	1,8	90,5	50,0	54,8	19,5	15,6
Neukölln	167,3	312,8	1,9	88,2	42,6	42,6	16,5	20,0
Treptow-Köpenick	139,2	245,3	1,8	67,5	33,6	49,3	13,0	9,5
Marzahn-Hellersd.	135,4	250,6	1,9	59,4	30,5	49,6	16,2	10,3
Lichtenberg	156,6	264,1	1,7	84,9	40,2	48,2	14,7	8,8
Reinickendorf	130,0	244,2	1,9	60,2	33,7	42,9	14,8	12,1
Berlin	1 963,2	3 443,1	1,8	1 057,7	532,9	557,6	186,7	161,1

Abbildung 2.3: Anzahl der Haushalte nach Bezirk und Personenzahl. Abbildung entstammt [7].

- **Kerngebietsnutzung:** Dies sind Flächen mit intensiver Nutzung im Zentrumsbereich der Bezirke mit übergeordneter Bedeutung für Handel, private und öffentliche Dienstleistungen sowie kulturelle und wissenschaftliche Einrichtungen.
- **Gewerbe- und Industrienutzungen / großflächiger Einzelhandel:** Unter dieser Kategorie werden großflächige Fertigungsgebäude, Einzelhandels- und sonstige großflächige Handelsbetriebe, Lagerhallen sowie Lager- und Stellplätze gefasst. Die Wohnnutzung nimmt maximal ein Drittel der Flächen ein.
- **Gemeinbedarfsnutzungen:** Hierunter fallen alle Einrichtungen für Kultur, Hochschule und Forschung, Gesundheitsversorgung, Verwaltung sowie Sicherheit und Ordnung, konfessionelle Einrichtungen, Kindertagesstätten und sonstige Jugendfreizeiteinrichtungen, Schulen und Sportanlagen.
- **Sondernutzungen:** Diese besonderen Flächen umfassen zum Beispiel das Olympiastadion und das Messegelände.
- **Ver- und Entsorgungseinrichtungen:** Diese Flächen enthalten alle Anlagen für die Elektrizitäts-, Gas-, Wasser- und Fernwärmeversorgung sowie Anlagen der Abfallentsorgung und der Abwasserbeseitigung.
- **Verkehrsflächen:** Flächen, die in Zusammenhang mit dem Straßenverkehr stehen, wie Verkehrsinseln und Mittelstreifen, werden als Verkehrsflächen gezählt. Die Straßen als solche sind hierunter nicht erfasst. Auch Flugplätze und Gleisanlagen fallen unter diese Kategorie.

- **Wochenendhäuser:** Hierunter fallen alle Flächen mit einer kleingartenähnlichen Nutzung.
- **Baustelle:** Baustellen, bei denen bereits die Fundamente zu erkennen sind, werden schon ihrer entsprechenden Nutzung zugeordnet. In der aktuellen Realnutzungskartierung werden dieser Kategorie keine Blockflächen zugeordnet.

Die relative Anteil der Flächen in Bezug auf ihre Größe findet sich in Tabelle 4.1 auf Seite 66. Die Flächen der Nutzungsart *Wohnen* machen dabei den überwiegenden Teil aus. *Gemeinbedarfs- und Sondernutzung* sowie *Gewerbe- und Industrienutzungen* folgen mit zusammen ca. 30 % der kartografierten Flächen.

Desweiteren enthält die Karte Informationen über die Begrünung der Flächen. Da diese allerdings in dieser Arbeit vernachlässigt werden, wird hier nicht weiter auf die elf verschiedenen Grünflächentypen eingegangen.

Stromproduktion

Dem Stromverbrauch in den Gebäuden der Stadt steht die Stromproduktion auf den Dachflächen gegenüber. Für die Ermittlung des Solarpotenzials gibt es zwei unterschiedliche Quellen: Das *solarurbane Flächenpotenzial* sowie der *Solaratlas*. Ein Vergleich der beiden Datensätze findet sich in Abschnitt 3.3.

Solarurbane Flächenpotenzial: Im Jahr 2004 wurde im Auftrag der *Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt* von der Firma *Ecofys* eine Analyse zu potenziellen Flächen für Photovoltaik-Nutzungen vorgelegt. In dieser erfolgte zunächst eine Einteilung der städtischen Bebauung in unterschiedliche Stadtraumtypen. Diese Stadtraumtypen sind in sich homogene Gebäudegruppen, was sowohl die Architektur als auch die Nutzung angeht. Es wurde das *solarurbane Flächenpotenzial* (SFP) für jeweils repräsentative Areale ermittelt und in Form von Kennzahlen den Stadtraumtypen zugeordnet. Somit lässt sich auch im größeren Maßstab eine statistische Aussage über die Möglichkeit treffen, PV-Anlagen auf den Dach- und Fassadenflächen zu errichten. Um eine Vergleichbarkeit mit dem *Solaratlas* herzustellen werden in dieser Arbeit die Fassaden-Potenziale vernachlässigt. Die resultierenden Kennzahlen sind in Tabelle 2.2 als prozentualer Anteil der Dachfläche, die für eine Photovoltaik-Nutzung infrage kommt, angegeben.

Für die ermittelten Kennzahlen gelten folgende Rahmenbedingungen[30]:

- **Ausrichtung:** nach Süden ± 45 Grad
- **Verschattung:** alle am 21. Dezember um 12:00 Uhr nicht verschatteten Flächen
- **Stadtbild:** Untersuchung der Flächen nach Eingriffsempfindlichkeit
- **passive Solarenergie:** ausreichend Fensterflächen vorhanden
- **Solarthermie:** Priorisierung von solarthermischen Anlagen gegenüber Photovoltaik
- **Photovoltaik:** Eignung der Flächen für Photovoltaik-Anlagen

Solaratlas: Eine andere Untersuchung zum Flächenpotenzial für PV-Anlagen nahm die Firma *simuPLAN* im Jahr 2011 vor. Hierbei wurde ein 3D-Modell der gesamten Berliner Stadtfläche genutzt, das von der *Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung (SenWTF)* bereitgestellt wird. Anhand einer computergestützten Ermittlung der Dachflächen und -ausrichtungen wurde hierbei gebäudescharf jeweils das Potenzial für Photovoltaik und Solarthermie ermittelt. Dabei gelten folgende Rahmenbedingungen[10]:

- **Dachflächen:** Größe, Neigung und Ausrichtung anhand von Laserscandaten
- **Verschattung:** 5-minütige Jahressimulation, bei mehr als 10 % Verschattung gilt die Fläche als nicht geeignet.
- **Globalstrahlung:** Stündliche Jahreszeitreihe (diffus und direkt) mit $1\,010\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ als Jahresenergiesumme
- **Wirkungsgrad:** Performance-Ratio von 80 % sowie ein Modulwirkungsgrad von 15 %
- **Mindestgröße:** 15 m^2 bei Schrägdächern bzw. 40 m^2 bei Flachdächern
- **Modulfläche:** 40 % der geeigneten Dachfläche (Aufständering)

Daraus ergeben sich im *Solaratlas* für die einzelnen Gebäude drei Eignungsklassen:

- **Sehr gut geeignet:** >95 % der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung
- **Gut geeignet:** 90 % bis 95 % der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung
- **Bedingt geeignet:** 80 % bis 90 % der in Berlin maximal möglichen Jahreseinstrahlung

Im *Solaratlas* sind laut Datendokumentation 218 249 Gebäude vorhanden, die für eine PV-Anlage geeignet sind. Sie haben insgesamt $3\,289\text{ MW}_p$ installierbare Leistung, was einer Jahreserzeugung von $2\,946\text{ GWh/a}$ entspricht[10].

Tabelle 2.2: Die Stadtraumtypen für das solarurbane Flächenpotenzial mit dem Faktor für Dachflächen (Anteil Photovoltaik-Fläche)[17]

Nr.	Beschreibung	Faktor
1	Innerstädtische Baublöcke, Gründer- und Vorkriegszeit	7 %
2	Gewerbe- und Industriegebiete der Gründer- und Vorkriegszeit	25 %
3	Gemeinbedarf und Sondernutzungen der Vorkriegszeit	3 %
4	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	3 %
5	Einfamilienhausgebiete, Villen- und Beamtenviertel der Vorkriegszeit	3 %
6	Wiederaufbau der 50er und 60er Jahre (geschlossene Bauweise)	19 %
7	Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaues der 50er Jahre	11 %
8	Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaues der 60er Jahre	8 %
9	Geschosswohnungsbau der 70er Jahre	15 %
10	Plattenbausiedlungen der 80er Jahre	15 %
11	Einfamilienhausgebiete der 50er-, 60er- und 70er Jahre	5 %
12	Gemeinbedarf und Sondernutzung der 50er, 60er und 70er Jahre	11 %
13	Gewerbe- und Industriegebiete der 50er, 60er und 70er Jahre	10 %
14	Geschosswohnungsbau seit den 80er Jahren	8 %
15	Einfamilienhausgebiete seit den 80er Jahren	5 %
16	Gewerbe- und Industriegebiete seit den 80er Jahren	22 %
17	Büro, Dienstleistung und Gemeinbedarf seit den 80er Jahren	22 %

2.3 Weitere Daten

Neben diesen räumlichen und zeitlichen Datensätzen gibt es noch weitere Daten, die für die Analyse genutzt wurden. Dies sind Jahresbilanzen über den Stromverbrauch.

Stromverbrauch nach Haushaltsgröße: Im Jahr 2013 hat der *Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V* (BDEW) eine Studie zum Stromverbrauch im Haushalt veröffentlicht[9]. Darin wird ein Unterschied des spezifischen Stromverbrauchs (kWh pro Person und Jahr) in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße festgestellt: Je mehr Menschen zusammen in einem Haushalt wohnen, desto weniger Energie verbraucht jeder von ihnen. Dies lässt sich leicht mit dem gemeinsamen Nutzen elektrischer Geräte wie zum Beispiel dem Kühlschrank oder dem Herd begründen. Eine Übersicht des Jahresstromverbrauchs in Abhängigkeit der Haushaltesgröße findet sich in Tabelle 2.3.

Tabelle 2.3: Jahresstromverbrauch (insgesamt und spezifisch) in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße nach [9].

Haushaltsgröße	Verbrauch insges.	spez. Verbrauch
in Personen	in kWh pro Jahr	in kWh pro Jahr
1	2050	2050
2	3440	1720
3	4050	1350
4	4750	1188
5 oder mehr	5370	1074

Stromverbrauch nach Sektoren: Der Berliner Stromverbrauch wird vom *Amt für Statistik Berlin-Brandenburg* nach den Sektoren getrennt aufgeführt. Die beiden wichtigsten Sektoren sind demnach die *Haushalte* (HH) und *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD). Beide Sektoren machen zusammen etwa drei Viertel des gesamten Berliner Strombedarfs aus; ihre jeweiligen Anteile sind dabei allerdings nicht konstant. Seit dem Jahr 2008 ist eine kontinuierliche Verschiebung der Anteile zu verzeichnen: Während der Bedarf aus dem Sektor GHD abnimmt, steigt der Stromverbrauch in den Haushalten an. Die exakten Werte nach [6, S. 28] finden sich leicht gekürzt in Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4: Stromverbrauch nach Sektoren (nach [6])

Jahr	Industrie ¹	Haushalte	GHD ²	Verkehr
	Stromverbrauch in GWh			
2000	2 491	4 777	3 655	2 293
2005	2 024	3 704	5 828	764
2006	2 114	4 377	5 884	1 044
2007	2 098	4 148	5 999	972
2008	2 315	4 174	5 947	943
2009	1 821	4 163	5 325	913
2010	1 982	4 347	4 967	876
2011	1 988	4 238	4 654	880
2012	1 886	4 320	4 223	895

Jahr	Anteil am Stromverbrauch insgesamt in Prozent			
2000	18,8	36,1	27,7	17,4
2005	16,4	30,1	47,3	6,2
2006	15,8	32,6	43,8	7,8
2007	15,9	31,4	45,4	7,4
2008	17,3	31,2	44,4	7,1
2009	14,9	34,1	43,6	7,5
2010	16,3	35,7	40,8	7,2
2011	16,9	36,0	39,6	7,5
2012	16,7	38,2	37,3	7,9

1 Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe

2 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und übrige Verbraucher

Kapitel 3

Methodik

In diesem Kapitel werden die vorbereitenden Schritte für die Durchführung der Simulation aufgeführt. Nachdem die im vorherigen Kapitel beschriebenen Daten bezogen werden, müssen sie noch für die gemeinsame Verarbeitung in der Simulationsrechnung aufgearbeitet werden. Dies wird im folgenden Abschnitt 3.1 beschrieben. Anschließend werden die räumlichen und die zeitlichen Daten zusammengeführt (Abschnitt 3.2). Die so erzielten Zwischenergebnisse werden validiert und an den realen Lastverlauf angepasst (Abschnitt 3.3).

3.1 Aufbereitung der Daten

Die Arbeit mit realen Messdaten erfordert oft auch, mit fehlerhaften Daten oder Messlücken umzugehen. In diesen Fall trifft dies vor allem auf die Lastdaten der Berliner Bezirke zu. Andere Datensätze, wie die Wetterdaten oder der *Solaratlas* benötigen eine Zusammenführung oder rechnerische Aufbereitung.

Lastdaten für Berlin

Der zeitliche Verlauf des Berliner Stromverbrauchs lässt sich mittels *XML-over-HTTP* bei der *Stromnetz Berlin GmbH* abfragen. Die gelieferten Daten enthalten allerdings auch einige Lücken. So ist bei den insgesamt 35 036 Zeitwerten für das Jahr 2014 – neben den vier durch die Zeitumstellung überschriebenen Werten – an 2 451 Stellen kein Verbrauch bzw. nur in einigen Bezirken ein Stromverbrauch vermerkt. Diese Datenlücken werden wie folgt aufgefüllt:

- Es wird die Anzahl der hintereinander fehlenden Werte bestimmt. Mehrere Messlücken, die nur durch wenige Messwerte unterbrochen sind, werden dabei zu einer Lücke zusammengefasst.

- Bei weniger als zehn fehlenden Messwerten hintereinander (dies entspricht 2,5 h) wird linear zwischen dem letzten Wert vor und dem ersten Wert nach der Lücke interpoliert.
- Bei mehr als zehn fehlenden Messwerten werden zunächst die Werte der selben Uhrzeit und des selben Wochentags der Vorwoche¹ übernommen. Danach werden die ersten und letzten vier Werte gelöscht und stattdessen zwischen dem letzten vorhandenen Wert und dem fünften kopierten Wert linear interpoliert. Dies soll zu starke Sprünge im Lastverlauf vermeiden.

Dieses Verfahren wird sowohl für die einzelnen Bezirke als auch für Berlin durchgeführt. Neben den Werten von *usage*, also dem Gesamtverbrauch, wurden auch die Werte von *key-account-usage*, also den Hochspannungskundinnen, entsprechend aufgearbeitet. Letzterer macht ca. 6% des Berliner Strombedarfs aus. Durch dieses Vorgehen können auch größere Messlücken von einigen Tagen durch plausible Werte ersetzt werden. Eine beispielhafte Darstellung davon liefert Abb. 3.1.

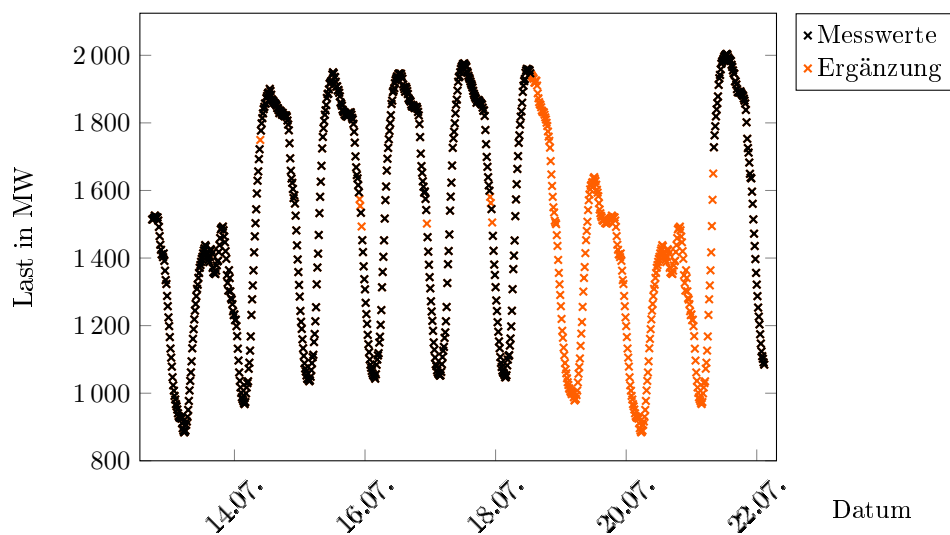


Abbildung 3.1: Die Messwerte des Lastgangs (schwarz) wurden zwischen dem 18. Juli 12:45 Uhr und dem 21. Juli 8:15 Uhr durch Kopien der Werte der Vorwoche (orange) ergänzt. Kürzere Lücken sowie Anfang und Ende der Kopie wurden durch lineare Interpolation ersetzt. Eigene Darstellung.

Solaratlas

Der *Solaratlas* stellt mit seiner große Datenmenge eine Hauptquelle dieser Arbeit dar. Die Anfragen mittels WFS wurden jeweils auf 60 000 Ergebnisse serverseitig begrenzt. Dies macht es

¹Eine Ausnahme stellt die Woche nach Ostern dar. Hier wird der Wert von vor sechs Tagen gewählt, damit der Lastverlauf einem Werktag entspricht.

notwendig, die Daten abschnittsweise zu beziehen und später zusammenzuführen. Eine Überprüfung der Anzahl der Gebäude pro Bezirk ergab letztlich geringe Abweichungen im Vergleich zu den auf dem WFS-Server gespeicherten Daten. Da es sich dabei aber immer nur um einige wenige Gebäude je Bezirk handelt, wurde nicht weiter nach der Ursache für diese Abweichung geforscht. Es ist möglich, dass dies beim Verschneiden von sich teilweise überlagernden Layern geschehen ist oder die von QGIS gestartete Abfrage Fehler aufwies. Letztlich gibt es im Datensatz auch Gebäude, denen kein Bezirk zugeordnet ist, was sich auf Randlagen zurückführen lässt (beispielsweise der Charité-Campus Buch, dessen Gebäudegrundriss die Grenze von Berlin mit Brandenburg schneidet).

Neben der Sammlung und dem Zusammenführen der Datenbanken ist eine Zuordnung der Gebäude zu den ISU-Blocks notwendig. Dies dient der Simulation der PV-Erzeugung in den jeweiligen Blocks. Es werden in einem ersten Schritt alle für PV geeigneten Gebäude einem ISU-Block zugeordnet und dann in einem zweiten Schritt die PV-Fläche für jeden Block summiert.

COSMO-DE-Wetterdaten

Die Wetterdaten wurden vom DWD-Server bezogen und mussten aufbereitet werden. Dies wurde parallel zu dieser Arbeit von Marc Jakobi durchgeführt (siehe [20]). Einerseits sind die Daten in einem rotierten Koordinatensystem angegeben und müssen in die geographischen Längen- und Breitengrade umgerechnet werden (siehe [8, S. 20f]). Andererseits sind die Einstrahlungswerte summiert über den Prognosezeitraum, sodass die Momentanwerte rekonstruiert werden müssen [8, S. 47f]. Eine Untersuchung von einem COSMO-DE-Feld mit einer nahe gelegenen Wetterstation ergab eine Abweichung von weniger als 2% zwischen Prognose und tatsächlich erfolgter Einstrahlung. Bei einem Vergleich von deutschlandweiten Prognosen mit skalierten realen Erzeugungen war die Übereinstimmung sogar noch deutlicher [20]. Aufgrund dieser Tatsache werden die aufbereiteten Prognosewerte in dieser Arbeit als reale Strahlungsdaten angenommen. Die Temperaturen in 2 m über den Boden liegen nur für jede volle Stunde vor. Durch lineare Interpolation werden daraus 15-Minuten-Werte erzeugt. Über die transformierten Koordinaten kann jedem ISU-Block das entsprechende COSMO-DE-Feld zugewiesen werden, sodass die Zeitreihen für diffuse und direkte Strahlung als auch für die Temperatur entsprechend zugeordnet werden können.

3.2 Verknüpfung der Eingangsdaten

Die Verknüpfung von Informationen mit den entsprechenden Geometrien stellt einen wichtigen Teil dieser Untersuchung dar. Dabei können zumeist die bereits hinterlegten Angaben des ISU genutzt werden. Es sind zum Beispiel die Meldedaten direkt auf die Häuserblocks bezogen, sodass eine Verteilung der Bevölkerung auf die Wohnfläche bereits erfolgt ist. Bei anderen Daten ist dies jedoch nicht der Fall, sodass die viertelstündlich summierten Energieverbrauchswerte auf die betreffenden Flächen aufgeteilt werden müssen. In Abb. 3.2 ist eine Übersicht über die haupt-

sächlich verwendeten Daten und die Stellen des Abgleichs zu sehen. Während auf der Lastseite die SLP an den tatsächlichen Lastverlauf angepasst werden, erfolgt auf Seite der Erzeugung ein Vergleich unterschiedlicher PV-Potenziale. Als Resultat gibt es für jede Blockfläche der Stadt eine Zeitreihe des Stromverbrauchs und – sofern geeignete Dachflächen zur Verfügung stehen – eine der Stromproduktion.

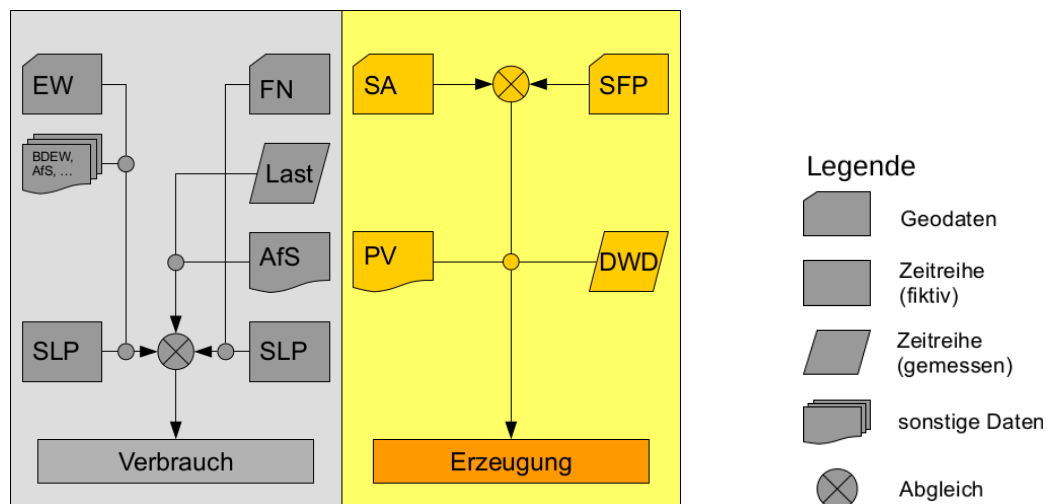


Abbildung 3.2: Darstellung der Simulationsgrundlage. Die Meldedaten (EW) werden mit dem Energieverbrauch der Haushalte (BDEW) und der Haushaltsgröße (AfS) mittels Standardlastprofil (SLP) zu Zeitreihen aufgearbeitet. Anhand des Energieverbrauchs der Sektoren (AfS) wird der reale Energieverbrauch (Last) aufgeteilt. So kann über die Flächennutzung (FN) und die SLP für Gewerbe und Industrie auch der restliche Stromverbrauch zugewiesen werden. Auf der Produktionsseite werden die Daten des Solaratlas' (SA) und des solaren Flächenpotenzials (SFP) abgeglichen und mit Annahmen über die PV-Erzeugung (PV) und den COSMO-DE-Wetterdaten (DWD) zusammengeführt. Erzeugung und Verbrauch liegen dann als räumlich aufgeteilte Zeitreihen vor. Eigene Darstellung.

Stromverbrauch

Um den zeitlichen Stromverbrauch auf die Flächen zu verteilen, ist die Zusammenführung unterschiedlicher Informationen notwendig. In Abb. 3.3 wird dargestellt, wie aus der gegebenen Gesamtlast (Messwerte) über Annahmen bezüglich des Stromverbrauchs der einzelnen Sektoren (statistische Werte) mithilfe der SLP eine Einteilung in unterschiedliche Verbrauchssektoren vorgenommen wird. Zunächst wird der Haushaltsstromverbrauch von Berlin ermittelt und dann anhand der Meldedaten auf die Bezirke und letztlich auf die Blocks aufgeteilt. Danach erfolgen die Aufteilung des Gewerbe- und Industrieverbrauchs und des sonstigen Verbrauchs. Hier kommen hauptsächlich die Flächengrößen der Blocks zum Tragen. Anhand der SLP kann somit die Gesamtlast den einzelnen Blocks nach deren realen Nutzung zugewiesen werden.

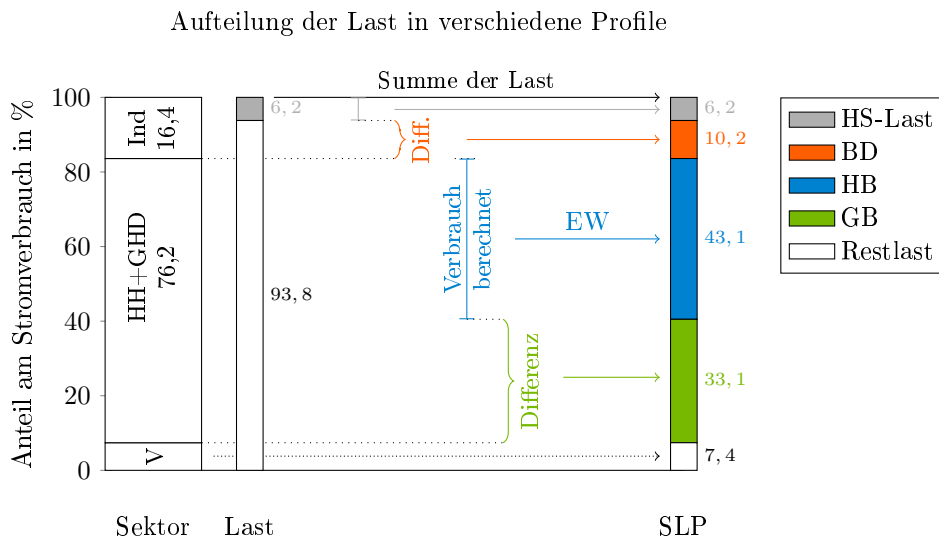


Abbildung 3.3: Methodik zur Bestimmung des Verbrauchs. Aus der Gesamtlast \square und dem Hochspannungsverbrauch \square kann über den prozentualen Anteil des Sektors Industrie (Ind) auf die absoluten Werte \square geschlossen werden. Nach der Berechnung des Haushaltsstromverbrauchs \square wird über den Anteil beider Sektoren (HH+GHD) auf den Gewerbestromverbrauch \square geschlossen. Der Verkehrssektor (V) bleibt unberücksichtigt. Eigene Darstellung.

Haushalte: Ein großer Teil des Stromverbrauchs entsteht täglich in den Berliner Haushalten. Um diesen räumlich zuordnen zu können, sind mehrere Schritte notwendig. Es werden zunächst die Daten über die Anzahl der Haushalte unterschiedlicher Größe für jeden Bezirk aus dem *Statistischen Jahrbuch* verwendet (vgl. Abb. 2.3 auf Seite 11). Diese werden mit dem Jahresstromverbrauch in Abhängigkeit der Haushaltsgröße multipliziert (BDEW-Studie, siehe Tabelle 2.3). Dabei ergibt sich die Schwierigkeit, dass für den Stromverbrauch nach Haushaltsgröße Angaben für 4-Personen-Haushalte und für Haushalte mit fünf oder mehr Personen vorhanden sind, während das AfS nur *4 oder mehr* Personen pro Haushalt angibt. In diesem Fall wurde der Verbrauch von Haushalten mit vier Personen und der von Haushalten mit fünf oder mehr Personen gemittelt. Dieser Verbrauch wurde dann mit der Anzahl der 4-Personen-Haushalte multipliziert. Dadurch ergibt sich eine gewisse Überschätzung des Verbrauchs von Haushalten mit genau vier Personen. Da deren Anzahl allerdings im Berliner Durchschnitt nur 8% der Haushalte beträgt, wird der Fehler als gering angesehen.

Werden diese Jahresstromverbräuche der Haushalte für jeden Bezirk summiert, ergibt sich für jeden Bezirk eine Jahressumme. Dessen Anteil am Gesamtverbrauch des Bezirks ist sehr unterschiedlich. Die Extreme liegen hier bei 80,4% bei Marzahn-Hellersdorf (Ma-He) sowie bei 24,6% in Mitte (Mi). Für Berlin ergibt sich ein Mittelwert von 43,1%. Die Werte für die einzelnen Bezirke sind in Abb. 3.4 dargestellt. Die Jahressumme für den Haushalts-Stromverbrauch kann dann genutzt werden, um aus dem Standardlastprofil für Haushalte eine Zeitreihe zu generieren. Hierzu wird das SLP *HB* zunächst skaliert und in einem zweiten Schritt zusammen mit den anderen SLP dem realen Lastverlauf angepasst (siehe Abschnitt 3.3). Das so gewonnene

Jahresprofil *HB** für den gesamten Bezirk kann dann letztlich wieder auf die einzelnen Blocks übertragen werden: Für alle Flächen wird mit den Meldedaten der Anteil der Einwohnerinnen je Block an der Anzahl der Einwohnerinnen des Bezirks ermittelt. Auf diesen Anteil wird dann das Bezirks-Verbrauchsprofil skaliert und dem einzelnen Block als Lastprofil zugewiesen. Die Blocks mit den meisten Einwohnerinnen sind vom Typ *Wohnnutzung* oder *Mischnutzung*. Die Meldedaten geben aber auch Werte für blocks anderer Nutzung an.

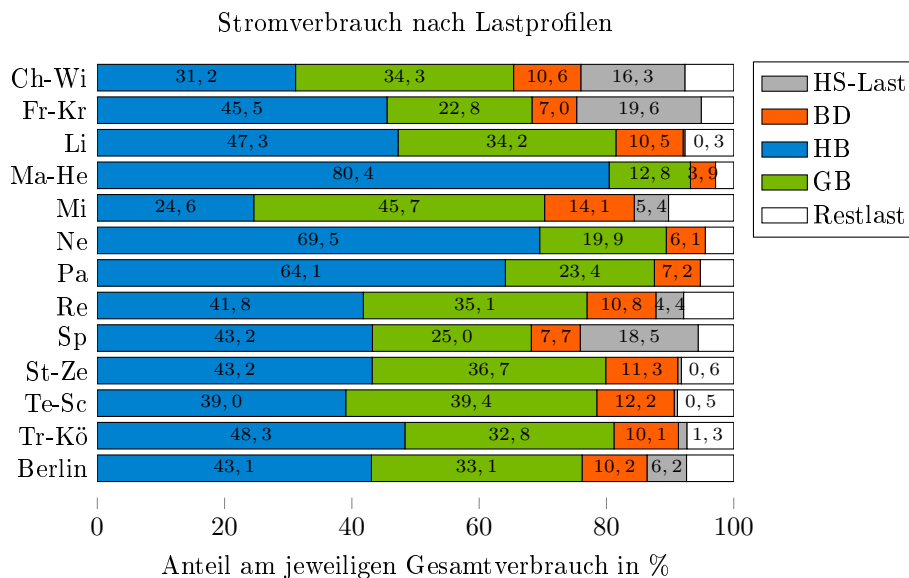


Abbildung 3.4: Stromverbrauch nach Lastprofilen. Anteil der verschiedenen SLP *HB*, *GB* und *BD* sowie der gemessenen Hochspannungs-Last *key-account-usage* am jeweiligen Stromverbrauch des Bezirks bzw. Berlins. Eigene Darstellung der berechneten Werte.

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen: Neben den Haushalten bilden die Unternehmen die zweite große Verbrauchsgruppe. Der als *Gewerbe, Handel und Dienstleistungen* (GHD) bezeichnete Sektor verbraucht etwa ein Drittel des Berliner Stroms (vgl. Tabelle 2.4). Um nun für jeden Viertelstunden-Wert der Simulation einen Verbrauchswert des Sektors GHD zu erhalten, kann das Standardlastprofil für das Gewerbe, *GB*, verwendet werden. Um das Lastprofil entsprechend skalieren zu können, wird eine Annahme über den Verbrauch des Sektors GHD getroffen: Der Anteil der beiden Sektoren HH und GHD zusammen liegt bei 76,2% des Berliner Verbrauchs. Aus dem Verbrauch der Haushalte ergibt sich somit für das Gewerbe ein Anteil von 33,1%. Die so für Berlin ermittelte Verbrauchsmenge wird dann auf die Bezirke verteilt. Dabei wird berücksichtigt, wie viel des Stromverbrauchs in den Bezirken bereits über das Lastprofil der Haushalte abgedeckt ist. Diejenigen Bezirke, deren Verbrauch also nicht maßgeblich von den Einwohnerinnen hervorgerufen wird, erhalten einen größeren Anteil der GHD-Last von Berlin zugeschrieben. Innerhalb eines Bezirkes wird das Lastprofil dann anhand der Flächengröße der

einzelnen Blocks linear aufgeteilt. Eine Ausnahme bilden die Flächen des Typs *Mischnutzung*. Da hier bereits ein Verbrauch über das Lastprofil *HB** erfolgt, werden die Flächengrößen diesen Typs mit dem Faktor 0,5 multipliziert. So soll eine zu große Lastannahme vermieden werden.

Industrie: Für den Verbrauch der Industrie wird ebenfalls eine Jahressumme anhand von statistischen Daten ermittelt. Insgesamt verbraucht dieser Sektor 16,4% des Berliner Verbrauchs. Zur Entwicklung des Jahresprofils wird sowohl die Messreihe *key-account-usage* der Hochspannungskundinnen verwendet, als auch das SLP *BD*. Da die Hochspannungs-Last im Bezugsjahr 6,2% der Gesamtlast ausmacht, werden die restlichen 10,2% über das SLP abgedeckt. Die Aufteilung der Last unter den Bezirken geschieht wieder über den Anteil des Stromverbrauchs, der noch nicht durch die anderen Lastprofile abgedeckt ist. Innerhalb der Bezirke wird der Verbrauch des Industrie-Lastprofils auf die Flächen der Nutzungsart *Gewerbe- und Industrienutzungen/großflächiger Einzelhandel* proportional ihrer Flächengröße aufgeteilt.

Restlicher Verbrauch: Die Strommenge, die nicht über die Bandlast oder die angepassten SLP bestimmt wird, macht für Berlin anteilig 7,4% aus. Für die Simulation wird diese Restlast, die sich aus der Differenz der gemessenen Last und den Lastprofilen ergibt, gleichmäßig auf alle Flächen mit einer baulichen Flächennutzung verteilt. Demzufolge werden nur die Grün- und Wasserflächen vom Stromverbrauch ausgenommen. So wird zum Beispiel der Verbrauch durch die Straßenbeleuchtung oder durch Bahnen des Nahverkehrs auf die bebauten Blocks verteilt. Die Verteilung auf diese Blockflächen soll bei Bilanzrechnungen helfen, wie der Summierung auf Ebene der *Planungsräume*. Der Sektor *Verkehr* wird in dieser Simulation grundsätzlich nicht berücksichtigt.

Als Ergebnis sind nun für jeden Bezirk die drei großen Verbrauchsgruppen Haushalte, Gewerbe und Industrie als 15-Minuten-Zeitreihe vorhanden. Zusammen sind so über 92% des realen Lastgangs auf die einzelnen Verbraucherinnen aufteilbar. Somit ist eine wichtige Grundlage für die Simulationsrechnungen geschaffen. Für jeden der 35 040 Berechnungsschritte kann der Anteil eines Sektors am Stromverbrauch des Bezirkes bestimmt werden. Innerhalb eines Sektors (also identischer Flächennutzung) kann nun über die zusätzliche Information der Flächengröße auf den Verbrauch eines Blocks geschlossen werden. Dieses Vorgehen schafft es damit, die Verbrauchsdaten, die vorher nur auf Landes- oder Bezirksebene vorlagen, auf die Ebene der ISU-Blocks zu präzisieren.

Ein beispielhafter Lastgang für eine Woche findet sich in Abb. 3.5. Sowohl die Hochspannungslast \square als auch die Gesamtlast (Summe aller Kurven) sind durch die Messwerte vorgegeben. Aus den Verläufen der Standardlastprofile ergeben sich die Lastspitzen und -senken der unterschiedlichen Sektoren. Die letzten beiden dargestellten Tage sind ein Wochenende; der Stromverbrauch ist erheblich geringer als an den fünf Werktagen. An den Stellen, an denen die Gesamtlast größer ist als durch die Standardlastprofile prognostiziert, ist die als Restlast \square bezeichnete Differenz zu erkennen. Diese wird den Blocks unabhängig vom Verbrauchssektor zugewiesen. An den Stellen, an denen die Standardlastprofile summiert höhere Verbräuche ergaben, als die realen Messwerte angeben, erfolgte eine Anpassung der Lastprofile. Die Anpassung wird im folgenden

Abschnitt 3.3 genauer beschrieben. Die hier dargestellten Verläufe entsprechen den angepassten SLP HB^* , GB^* und BD^* .

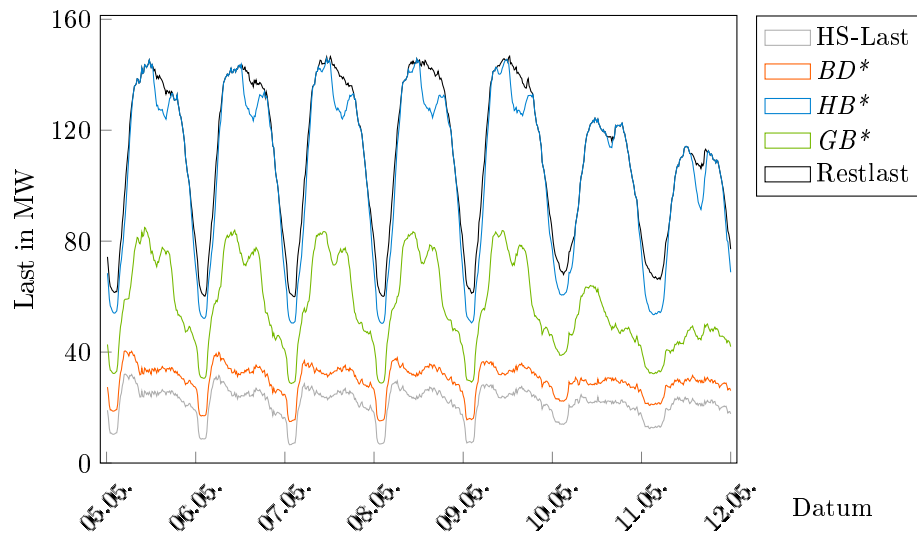


Abbildung 3.5: Die Gesamtlast setzt sich aus der Hochspannungslast \square , den Lastprofilen für Gewerbe \square , Haushalte \square und Industrie \square sowie der Restlast \square zusammen. Die dargestellten Lastprofile sind skaliert und an den realen Lastverlauf angepasst (HB^* , GB^* und BD^*) Eigene Darstellung.

Stromproduktion

Alle Gebäude, die für Photovoltaik-Anlagen geeignet sind, wurden über eine räumliche Abfrage jeweils den ISU-Blocks und den entsprechenden *Planungsräumen* der LOR zugeordnet. Eine Zuordnung zum Bezirk lag – bis auf einzelne Ausnahmen – bereits vor. Da die Information über die konkrete Ausrichtung der Dachfläche in der verwendeten Datenbank nicht vorliegt, muss hier auf Annahmen zurückgegriffen werden. Diese Annahmen sind in Abschnitt 3.3 beschrieben.

3.3 Datenvalidierung

In diesem Abschnitt werden die Schritte beschrieben, an denen eine Abgleich von Daten erfolgte. Dabei sollen die in der Simulation genutzten Werte mit Referenzen aus der Literatur auf Plausibilität untersucht werden. Somit finden sich hier entsprechend auch die Stellen, an denen künftige Simulationen von veränderten Ausgangsbedingungen ausgehen können.

Stromverbrauch

Anpassung der SLP: Da bei der Verwendung von Standardlastprofilen im Vergleich zu Messwerten mit statistischen Zeitreihen gearbeitet wird, ist eine Überprüfung dieser Daten notwendig. Dazu wurden die gemessenen Lastverläufe für Berlin und die Bezirke verglichen mit den hochskalierten SLP *HB*, *GB* und *BD*. Zur Abänderung der Lastprofile wird wie folgt vorgegangen:

- Vom gesamten Lastverlauf (nach [47]) für Berlin wird der Lastverlauf der Industriekundinnen (*key-account usage*) abgezogen. Es bleibt der Lastverlauf für alle nicht gemessenen Verbräuche. Diese sind größtenteils durch die Standardlastprofile beschrieben.
- Es wird das SLP *HB* mit den jeweiligen Daten des Haushaltsstromverbrauchs der Bezirke wie in Abschnitt 3.2 beschrieben skaliert. Dies ergibt das Verbrauchsverhalten der Haushalte für Berlin und die zwölf Bezirke.
- Der Lastverlauf von Berlin wird summiert. Diese Jahressumme wird nun mit 0,331 multipliziert, was dem Anteil des SLP-Kunden des Profils *GB* entspricht. Dieser Wert ergibt sich wie in Abb. 3.3 dargestellt aus dem Jahresmittel für die Sektoren HH und GHD. Für diese Jahreslast wird *GB* skaliert.
- Die Jahresstrommenge des Sektors GHD von Berlin wird nun anteilig auf die Bezirke verteilt. Hierbei wird nicht nach der Fläche aufgeteilt, sondern nach dem Anteil der nicht durch Haushalte verbrauchten Energie. Durch diesen Verteilungsschlüssel wird erreicht, dass diejenigen Bezirke, deren Stromverbrauch noch nicht in großem Umfang durch das SLP der Haushalte beschrieben werden konnte, nun einen größeren Anteil des Berliner Gewerbestromverbrauches zugewiesen bekommen.
- Ferner wird für den industriellen Verbrauch die Differenz aus dem durchschnittlichen Anteil der Industrie am Berliner Stromverbrauch (16,4%) und der Summe des Hochspannungsprofils *key-account-usage* (6,2%) gebildet. Für diese Differenz wird das Lastprofil *BD* skaliert.
- Diese drei aus den SLP durch Skalierung gewonnenen Lastprognosen werden bezirksweise summiert und mit dem realen Lastgang überlagert. Hierbei ergibt es sich, dass an manchen Tagen des Jahres die Lastprognose durch die SLP höher ausfällt, als die tatsächlich gemessene Last ist. Dies trifft vor allem auf die Wochenenden sowie auf einige Feiertage zu. Deshalb ist eine Überarbeitung der Standardlastprofile notwendig, welche iterativ durchgeführt wird. Es wird zunächst die Differenz aus überhöhten SLP und dem Lastgang berechnet. Dann wird dieser Prognose-Überschuss vom SLP subtrahiert und für das Jahr aufsummiert. Anschließend wird er gleichmäßig auf das komplette SLP verteilt. Dadurch verringert sich die zu hoch prognostizierte Last für dieses 15-Minuten-Intervalls auf $1/35040$ des gesamten Prognosefehlers. Um diesen Betrag erhöht sich die Last-Prognose an den Stellen, an denen sie zu niedrig angenommen wurde. Insgesamt nähert sich dadurch der Kurvenverlauf des Standardlastprofils dem des Lastgangs an. Es tritt aber immer noch eine Überschreitung der realen Last durch die SLP-Prognosen an den Stellen ein, an denen das SLP auf den Wert des realen Verbrauchs gesenkt und anschließend um $1/35040$ des Fehlers wieder erhöht wurde. Deshalb wird die-

ser Vorgang solange iteriert, bis die Summe der Prognosefehler einen gewissen Grenzwert unterschreitet. In diesem Fall ist dieser Grenzwert 10 MWh für jeden Bezirk. Bei der Umverteilung des gesamten Prognosefehlers wird für jeden Zeitpunkt der Anteil der SLP *HB*, *GB* und *BD* am Gesamtfehler berücksichtigt.

Eine graphische Darstellung dieser Umverteilung findet sich in Abb. 3.6. Die SLP □ überschätzen die realen Lastspitzen (mittags) und unterschätzen die Lastsenken (nachts). Als Ergebnis der Umverteilung ist zu erkennen, dass aus den skalierten SLP ein an die reale Last angeglicher Verlauf □ entstanden ist. Die in der Nacht immer noch vorhandene Differenz zwischen den SLP-Prognosen und den Messwerten ist die Restlast.

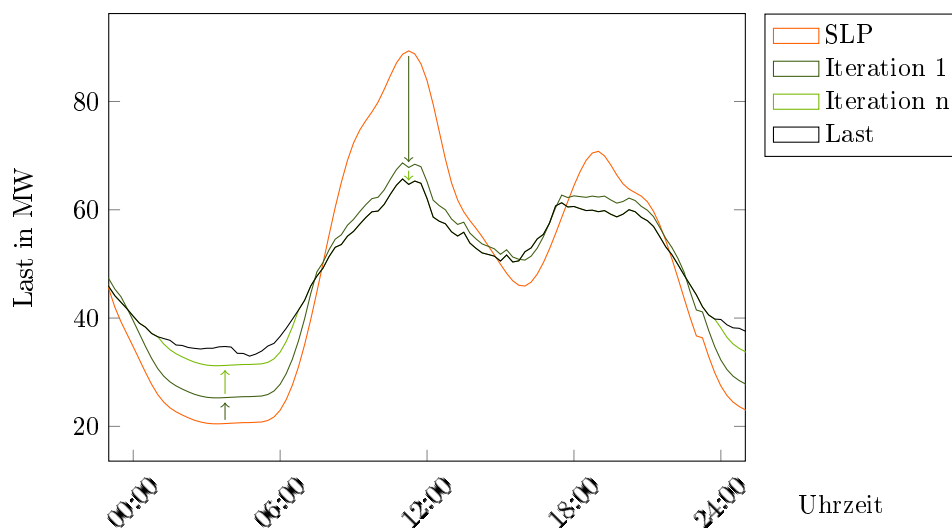


Abbildung 3.6: Anpassung der skalierten SLP *HB*, *GB* und *BD* □ an den realen Lastverlauf □ (ohne die Bandlast *key-account usage*). Durch die iterative Umverteilung werden die überhöhten Prognosen ausgeglichen (□ \rightarrow □). Die letzte Iteration □ entspricht der Summe von *HB*^{*}, *GB*^{*} und *BD*^{*}. Eigene Darstellung.

Haushalte: Bei der Skalierung des SLP *HB* mit der Anzahl der Einwohnerinnen ergab sich ein Haushalts-Stromverbrauch, der einen Anteil am realen Gesamtverbrauch von Berlin von 43,1 % hat (Abb. 3.4). Dieser Anteil ist höher als die statistischen Daten nach [6], in denen der Anteil zwischen 30,1 % im Jahr 2005 und 38,2 % im Jahr 2012 liegt (Tabelle 2.4). Der erhöhte Energieverbrauch der Haushalte ergibt sich – wie in Abschnitt 3.2 beschrieben – aus der Multiplikation der Anzahl der Haushalte je Bezirk mit dem jeweiligen durchschnittlichen Stromverbrauch in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße. Diese Verbräuche können je Bezirk summiert und durch die Anzahl der Einwohnerinnen dividiert werden. Es ergeben sich Pro-Kopf-Verbräuche, die in Tabelle 3.1 aufgeführt sind. Während der Wert je Haushalt mit 2 882 kWh Jahresverbrauch über den Referenzwerten von 2 100 kWh für Berlin und 2 846 kWh für Deutschland liegt, befindet sich der Pro-Kopf-Verbrauch mit 1 643 kWh zwischen den Referenzwerten von 1 523 kWh (Berlin)

und 1 770 kWh (Deutschland). Für die Verbrauchsermittlung wird der Pro-Kopf-Verbrauch mit der Anzahl der Einwohnerinnen multipliziert. Die Verbräuche der zwölf Berliner Bezirke sind also in einem realistischen Bereich. Die Anzahl der Haushalte oder deren Verteilung wird dabei auf Blockebene letztlich nicht mehr betrachtet.

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen: Für den Stromverbrauch, dessen Verlauf sich durch das Profil *GB** darstellen lässt, wird ein Anteil am Berliner Stromverbrauch von 33,1 % angenommen. Diese Zahl ergibt sich aus den historischen Werten für Berlin für die Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und HH nach [6]. Es wird vom Mittelwert der Jahre 2008 bis 2012 ausgegangen. Trotz unterschiedlicher Tendenzen der Sektoren Haushalte (zunehmender Anteil) und GHD (abnehmender Anteil) nimmt deren Summe relativ konstant ca. 3/4 des Energieverbrauchs ein (im Mittel 76,2 %). Da der Anteil der Haushalte bereits über die Anzahl der Einwohnerinnen bestimmt wurde (43,1 %), ergibt sich der prozentuale Anteil des Gewerbestromverbrauchs aus der Differenz dieser beiden Werte 33,1 %.

Industrie: Für die Industrie ergibt sich ein Mittelwert von 16,4 % des Berliner Verbrauchs. Da aus den Messwerten die Bandlast mit einem Anteil von 6,2 % hervorgeht, muss für die Differenz von 10,2 % des Stromverbrauchs der Lastverlauf anderweitig ermittelt werden. Hierfür wird das SLP *BD* verwendet. Das Verbrauchsprofil der Industrie setzt sich demnach zu einem Teil aus der Bandlast und zu einem anderen aus dem durch die Hochspannungs-Last vorgegebenen Messwerte zusammen.

Da diese drei Lastprofile an den tatsächlichen Lastgang angepasst werden, ist die Verfälschung des für die Simulation verwendeten Lastgangs durch Fehlannahmen bezüglich der Verteilung der Sektoren nur gering. Es sei allerdings angemerkt, dass die Sektoren nach [6] unter GHD auch *übrige Verbraucher* summieren. Dieser Verbrauch wird in der Simulation also auch den Gewerbeflächen zugeschlagen.

Tabelle 3.1: Jahres-Stromverbrauch in den Bezirken. Eigene Berechnungen aus [7] und [9] sowie einige Referenzwerte.

Bezirk	EW	Stromverbrauch in kWh	
		je HH	je EW
Charlottenburg-Wilmersdorf	326 354	2 790	1 674
Friedrichshain-Kreuzberg	275 691	2 819	1 648
Lichtenberg	268 465	2 835	1 681
Marzahn-Hellersdorf	256 173	3 029	1 637
Mitte	356 506	2 789	1 628
Neukölln	325 716	2 961	1 584
Pankow	384 367	2 770	1 681
Reinickendorf	254 000	3 017	1 606
Spandau	230 419	2 872	1 666
Steglitz-Zehlendorf	299 268	2 944	1 630
Tempelhof-Schöneberg	335 767	2 949	1 621
Treptow-Köpenick	249 440	2 936	1 666
<i>Berlin</i>	3 562 166	2 882	1 643
Referenzwerte			
<i>Berlin</i> ¹		2 100	
<i>Deutschland</i> ²		2 846	
<i>Berlin</i> ³			1 523
<i>Deutschland</i> ⁴			1 770

1 Angaben der Netzbetreiberin *Stromnetz Berlin GmbH*, zitiert in [1]

2 Studie im Auftrag des BDEW, siehe [39]

3 Daten aus abgeschlossenen Stromlieferverträgen[24]

4 Daten aus abgeschlossenen Stromlieferverträgen[32]

Stromproduktion

Für die Produktionsseite der Simulation werden zwei verschiedene Quellen verglichen: Der *Solaratlas* (SA) auf der Ebene individueller Gebäude und das *solarurbane Flächenpotenzial* (SFP) anhand von statistischen Werte über die Gebäudeinfrastruktur. Zunächst erfolgt ein Vergleich der möglichen Flächen, die für PV-Anlagen genutzt werden können. Danach gilt es, plausible Annahmen für die Stromproduktion zu treffen.

Flächenvergleich: Es werden die Flächen, die für PV-Anlagen infrage kommen, bezirkswise aufsummiert. Dabei wird für das SFP jeweils der Faktor für die *Solarurbane Gütezahl Dach* multipliziert mit der Fläche des Blocks sowie mit dem Anteil der bebauten Fläche. Für den SA sind keine weiteren Berechnungsschritte notwendig, weil die Werte für die möglichen PV-Flächen direkt in der Datenbank hinterlegt sind. Für die Potenzialflächen ergeben sich die in Abb. 3.7 dargestellten Werte. Summiert für Berlin stehen laut SFP 8 058 km² zur Verfügung. Demgegenüber gibt der SA insgesamt 24 056 km² aus. Die Verwendung von statistischen Annahmen über die Gebäudestruktur scheint auch bei einer recht detaillierten Einteilung der Gebäude in Stadtraumtypen zu einer erheblichen Unterschätzung der geeigneten Dachflächen zu führen. Da der Solaratlas zum einen größere Potenzialflächen aufweist und zum anderen das Potenzial auf Gebäudeebene angibt, wird für die Simulation letztlich nur Datensatz für die Berechnung der Stromproduktion verwendet.

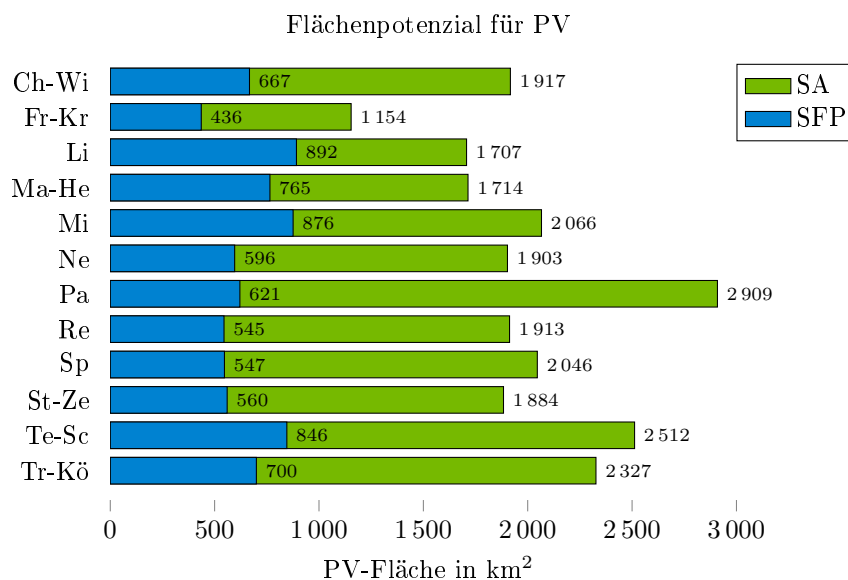


Abbildung 3.7: Gegenüberstellung der potenziellen Flächen für PV-Anlagen aus dem *solarurbanen Flächenpotenzial* (SFP) und dem *Solaratlas* (SA). Datenbasis ist [43] und [44].

PV-Erzeugung: Für die Simulation der PV-Erzeugung sind Annahmen über die Dachneigung und -ausrichtung vonnöten. Diese gehen in die Berechnung insofern ein, als dass die Sonnenstrahlung (diffuse und direkte Strahlung) von der Horizontalen auf die geneigte Ebene umgerechnet werden muss. Da in der verwendeten Datenbank diese Informationen nicht mit angegeben werden, wurde für die Simulation eine vereinfachende Annahme getroffen: Die Neigung der Anlagen beträgt 0° . Dadurch erübrigt sich auch die Frage nach der Ausrichtung der Anlage, da eine horizontale Fläche keine Ausrichtung im eigentlichen Sinne kennt.

In Abb. 3.8 sind die Ergebnisse einer Parametervariation zu erkennen. Es wurde eine Jahresreihe für die Globalstrahlung auf die geneigte Ebene umgerechnet. Dabei wurden unterschiedliche Ausrichtungen (-90° bis 90°) und unterschiedliche Dachneigungen (0° bis 90°) simuliert. Für die Berechnung der Einstrahlung auf die geneigte Ebene wurde ein Modell nach [21, S. 111-114] verwendet. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die im Vergleich zum Maximum um 10 % bis 15 % verminderten Erträge eine große Bandbreite möglicher Aufstellungen abdecken. Die Vereinfachung, die Neigung auf 0° festzulegen, spiegelt mit einem Minderertrag von 14 % demnach also den Durchschnitt von unterschiedlichen, nicht optimal ausgerichteten Anlagen wider.

Diese Vereinfachung unterschätzt das Potenzial der PV-Stromerzeugung für etliche Anlagen (zum Beispiel aufgeständerte PV-Anlagen, die fast immer optimal geneigt und oft auch optimal ausgerichtet sind). An dieser Stelle sei aber darauf hingewiesen, dass eine Verschattungssimulation nicht durchgeführt wurde, sodass die Verschattungsverluste pauschal in der Ertragsminderung durch den Neigungswinkel von 0° enthalten sind.

Neben der Anlagenausrichtung muss eine Annahme über den Wirkungsgrad getroffen werden. Hierbei wird entsprechend der Datendokumentation des *Solaratlas* pauschal von 15 % ausgegangen.

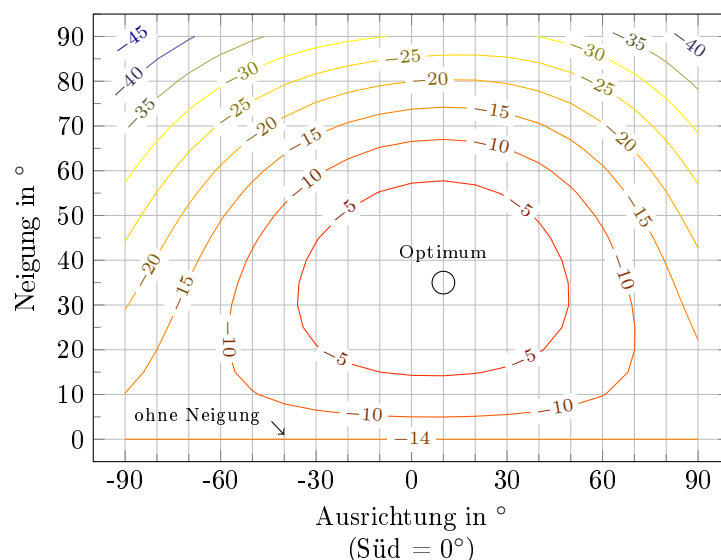


Abbildung 3.8: Prozentuale Verringerung der PV-Produktion durch Abweichung von der optimalen Ausrichtung. Eigene Berechnungen.

Kapitel 4

Simulationsergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulationsrechnung dargestellt. Dazu werden zunächst einige wichtige Kennzahlen erläutert. Im Anschluss werden die simulierten Blocks auf der Ebene von Berlin ausgewertet. Abgeschlossen wird dies durch eine detailliertere Betrachtung für jeden der zwölf Berliner Bezirke¹.

4.1 Kennzahlen

Um die Ergebnisse der Simulation von Stromerzeugung und -verbrauch bewerten zu können, sind Kennzahlen vonnöten. Für Photovoltaik-Systeme bieten sich die drei Größen *bilanzielle Eigenversorgung*, *Autarkiegrad* und *Eigenverbrauchsanteil* an.

bilanzielle Eigenversorgung

Die *bilanzielle Eigenversorgung* (EV) beschreibt, welchen Anteil der solar erzeugte Strom am Stromverbrauch hat. Dabei wird zunächst nur eine Jahresbilanz betrachtet. Diese Kennzahl vermittelt einen guten Eindruck davon, inwieweit sich eine Region durch selbst erzeugten Strom versorgen könnte. Die bilanzielle Eigenversorgung ermittelt sich entsprechend wie folgt:

$$EV = \frac{\sum \vec{E}_{PV}}{\sum \vec{E}_V} \quad (4.1)$$

Dabei steht \vec{E}_{PV} für die mittels PV erzeugte Energie, während \vec{E}_V die verbrauchte Energie bezeichnet. Der Vektorpfeil stellt dar, dass es sich um eine Zeitreihe handelt.

¹Die verwendeten Wappen von Berlin und den Bezirken dienen hier lediglich der Kenntlichmachung der Diagramme. Es handelt sich hierbei explizit nicht um offizielle, behördliche Angaben.

In dieser Jahresbilanz ist allerdings vernachlässigt, dass gerade bei der Solarstromversorgung das Stromangebot nicht immer zeitgleich und in ausreichender Menge der Nachfrage zur Verfügung steht. Gleichzeitig steht einem hohen Angebot nicht immer eine entsprechende Nachfrage gegenüber. Dies führt dazu, dass einerseits in den Abendstunden Strom aus dem Netz bezogen werden muss, andererseits mittags Überschüsse ins Netz eingespeist werden. Die bilanzielle Eigenversorgung entspricht deshalb einem theoretischen Potenzial. Dieses Potenzial lässt sich durch den Einsatz von Batteriespeichern oder Lastverschiebung ausreizen.

Eigenverbrauchsanteil

Bei der Bestimmung des Eigenverbrauchsanteils (e) wird der zeitliche Verlauf von Angebot und Nachfrage berücksichtigt. Dabei gilt, dass zu jedem Zeitpunkt nur so viel Energie aus der PV-Anlage bezogen werden kann, wie der momentane Verbrauch es zulässt. Dieser kann in der Praxis durch den gezielten Einsatz von Batteriespeichern oder Lastmanagement erhöht werden. Die genannten Technologien werden allerdings in der Simulationsrechnung nicht berücksichtigt. Es ergibt sich zunächst eine Direktverbrauchs-Kennlinie aus Erzeugung und Verbrauch:

$$\vec{E}_{DV} = \min(\vec{E}_{PV}, \vec{E}_V) \quad (4.2)$$

Daraus leitet sich der Eigenverbrauchsanteil e ab (nach [35], ohne Berücksichtigung der Batteriespeicher):

$$e = \frac{\sum \vec{E}_{DV}}{\sum \vec{E}_{PV}} \quad (4.3)$$

Das Verhältnis von Direktverbrauch zu PV-Erzeugung kann einerseits als Maß für die Gleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage gesehen werden. Andererseits ermöglicht es Rückschlüsse auf die Menge der erzeugten Energie: Ein geringer Eigenverbrauchsanteil ergibt sich grundsätzlich, wenn die Lastspitzen nicht in die Produktionsspitzen (mittags) fallen. In diesem Fall kommt es zu lokalen Produktionsüberschüssen und eine Umverteilung (Netzeinspeisung) oder Speicherung der erzeugten Energie wird notwendig. Gleichzeitig spricht ein sehr hoher Eigenverbrauchsanteil für eine unterdimensionierte PV-Anlage, da es aufgrund der sehr geringen Erzeugung nur selten oder nie zu Überschüssen kommt. Der Eigenverbrauchsanteil ist in der Praxis oft Teil eines ökonomischen Optimierungsproblems, um zwischen ausreichend großem Direktverbrauch und möglichst geringen Überschüssen auszugleichen.

Autarkiegrad

Der Autarkiegrad bestimmt, welchen Anteil der verbrauchten Energie das PV-System zur Verfügung stellt. Im Gegensatz zum Eigenverbrauchsanteil geht es hierbei also nicht darum, wie

effizient der erzeugte Strom selbst verbraucht wird, um Überschüsse zu vermeiden, sondern inwieweit die Erzeugung einen Strombezug aus dem Netz vermindert. In Anlehnung an [35] wird der Autarkiegrad wie folgt berechnet:

$$a = \frac{\sum \vec{E}_{DV}}{\sum \vec{E}_V} \quad (4.4)$$

Ein hoher Autarkiegrad wird durch eine hohe Erzeugung erreicht, die gleichzeitig mit dem Verbrauch dargeboten wird. Lastmanagement und Speicher helfen dabei, diesen Anteil zu erhöhen. Ein geringer Autarkiegrad wird durch zu geringe PV-Erzeugung oder nachts auftretende Lasten (ohne Speicher) verursacht.

4.2 Auswertung auf Ebene von Berlin

Die Daten aus dem *Solaratlas* liefern PV-Stromerzeugung für insgesamt 16 206 der 24 961 ISU-Blocks. Die über das simulierte Jahr erzeugte Solarenergie beträgt dabei 3,186 TWh. Der Energieverbrauch war im selben Zeitraum 13,59 TWh, sodass sich eine bilanzielle Eigenversorgung von 23,45 % ergibt.

In Abb. 4.1 sind die erreichten Autarkiegrade der Blocks aufgetragen. Dabei wurden die Blocks nach dem jeweils erreichten Autarkiegrad sortiert. Nicht dargestellt sind die Blocks, die keine Solarstromerzeugung haben. Gleichzeitig sind der Stromverbrauch, die Erzeugung und der Direktverbrauch als kumulierte Kurven dargestellt, welche auf den Jahresstromverbrauch normiert sind. Die 16 206 Blocks machen in Summe etwa 96 % des gesamten Stromverbrauchs aus. Die insgesamt erzeugte Strommenge ist erkennbar höher als der mögliche Direktverbrauch (2,182 TWh). Die Differenz ergibt sich aus der zeitlichen Diskrepanz von Stromangebot und -nachfrage. Der Anteil des Direktverbrauchs am gesamten Stromverbrauch beträgt 16,1 %. Für die ersten ca. 2 000 Blocks ergibt sich, dass die erzeugte Strommenge den Bedarf übersteigt. Diese Blocks können sich also theoretisch vollständig selbst über eigene PV-Anlagen mit Strom versorgen. Die von diesen Blocks verbrauchte Strommenge macht allerdings nur 0,23 % des Berliner Strombedarfs aus. Für den Großteil des Bedarfs liefert PV-Strom also nur eine begrenzte Deckung. Die graue Kurve zeigt zusätzlich den Anteil der Einwohnerinnen (EW) der entsprechenden Blocks. Diese Zahl ist auf die Zahl aller EW Berlins normiert. So kann der Stromverbrauch in Relation zur Bevölkerung abgelesen werden.

Am Verlauf der hellgrünen Kurve (EV) im Vergleich zur dunkelgrünen Kurve (Erzeugung) ist erkennbar, dass ein großer Teil des Solarstroms nicht direkt verbraucht werden kann. Dabei handelt es sich um 31 % des erzeugten Stroms. Um dieses Potenzial ausschöpfen zu können, gibt es mehrere Möglichkeiten. Am einfachsten erscheint eine Umverteilung dieser Überschüsse auf Regionen, in denen Nachfrage besteht. Um dieser Frage nachzugehen, wurde eine Untersuchung des Eigenverbrauchsanteil auf Bezirksebene entlang der durch die LOR vorgegebene Gliederungsebenen vorgenommen.

In der Abb. 4.2 sind auf einer Karte die erreichten Autarkiegrade dargestellt. An der Skala ist zu sehen, dass der höchste Autarkiegrad, der erreicht wurde, bei 53 % liegt. In den folgenden

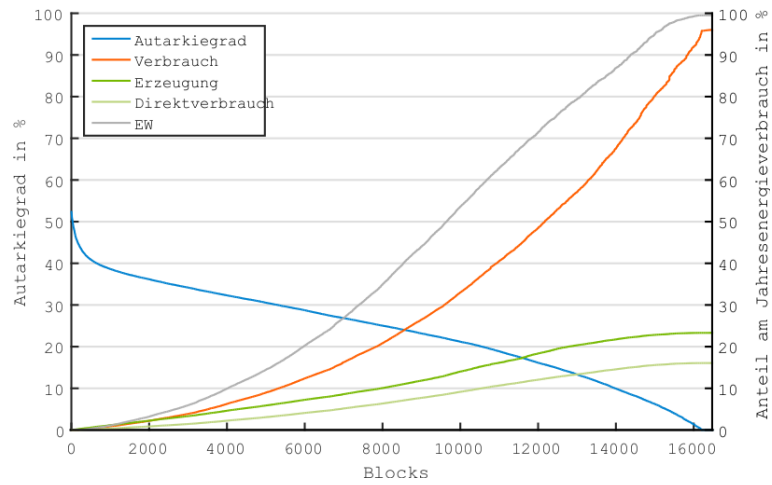


Abbildung 4.1: Darstellung der simulierten Blocks, die eine PV-Erzeugung vorweisen, als nach dem Autarkiegrad (blau) sortierte Reihe. Rechts aufgetragen sind die kumulierten Strommenge von Verbrauch (orange), Erzeugung (dunkelgrün) und Direktverbrauch (hellgrün), die auf den Jahresverbrauch skaliert normiert sind. Zusätzlich findet sich in grau die Zahl der Einwohnerinnen (EW), die in den Blocks gemeldet sind (bezogen auf die Gesamtzahl der EW von Berlin). Eigene Darstellung.

Kapitel wird bezirkweise auf die Schwerpunkte der Erzeugungspotenziale eingegangen.

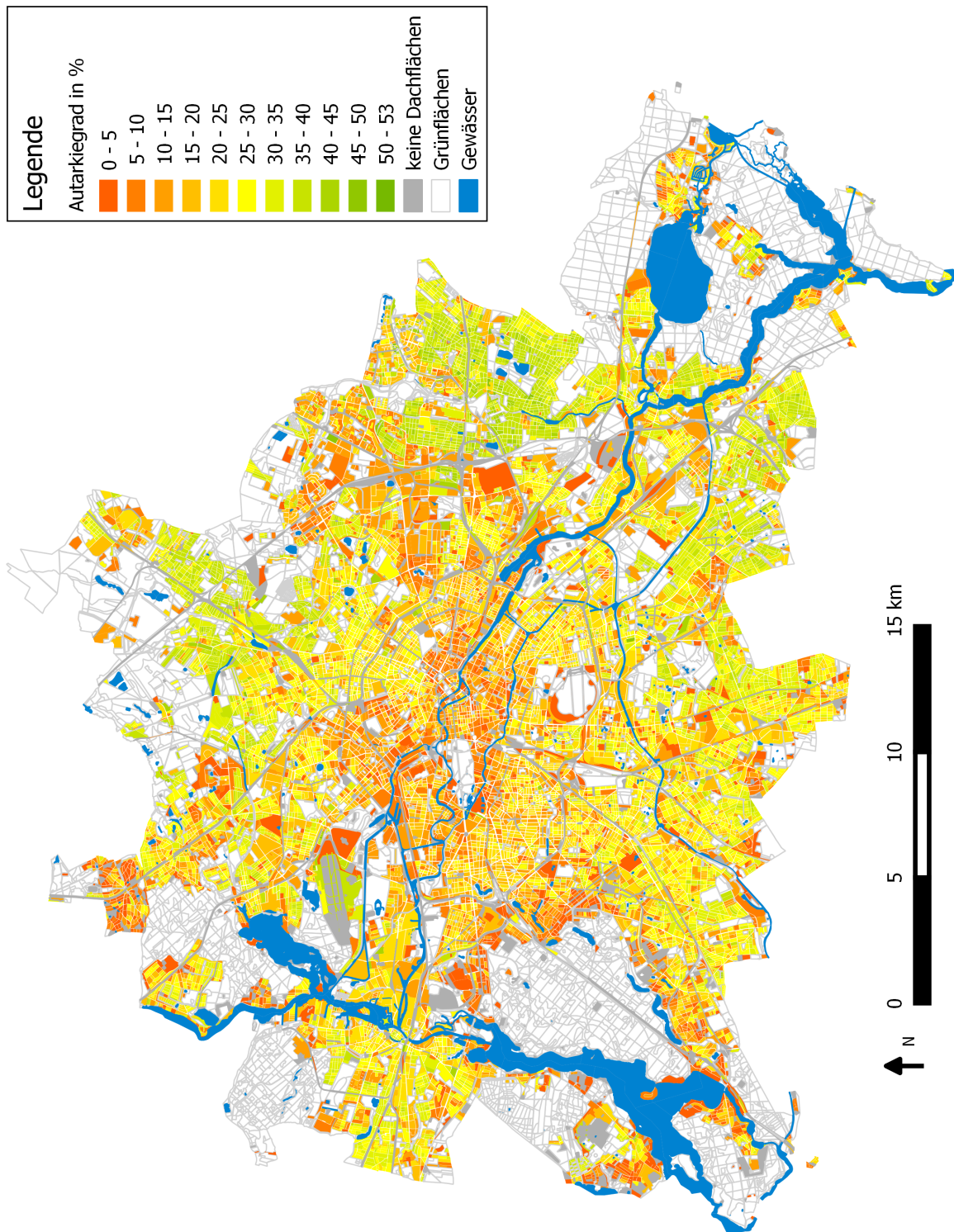


Abbildung 4.2: Karte der erreichten Autarkiegrade. Eigene Darstellung.

4.3 Auswertung auf Bezirksebene

Die oben beschriebenen Kennwerte werden nun nach Bezirken sortiert ausgewertet. Hierbei ist die Reihenfolge der Bezirke alphabetisch. Es wird für jeden Bezirk ein Kreisdiagramm erstellt, das in vier Ringen die unterschiedlichen Ebenen der *Lebensweltlich orientierten Räume* repräsentiert. Neben Stromverbrauch und der Stromerzeugung wird darin auch der Eigenverbrauchsanteil wiedergegeben.

Während auf dem äußersten Ring die einzelnen Blocks dargestellt sind, befinden sich im zweiten Ring die *Planungsräume* (PLR). Auf dem dritten Ring des Diagramms erfolgt dann die Zusammenfassung zu den Bezirksregionen (BZR). Der vierte Ring repräsentiert entsprechend die Prognoseräume (PRG) des Bezirks (vgl. Abb. 4.3).

In diesem Diagramm entspricht der Kreiswinkel, den eine Fläche einnimmt, dem Anteil des jeweiligen Stromverbrauchs am Bezirk. Somit lassen sich diejenigen Blocks, PLR, BZR oder PRG mit dem größten relativen Stromverbrauch leicht über die Breite des Kreissegments erkennen. Alle vier Ringe summieren sich jeweils zu 100 % (360°).

Als zweite Information wird die Erzeugung von Solarstrom dargestellt. Dies drückt sich in der Tiefe eines jeden Segments aus (Abstand zwischen Innen- und Außenradius). Hierbei ergeben immer alle Blocks eines PLR zusammen 100 %. Alle PLR einer BZR wiederum summieren sich ebenfalls zu 100 %. Entsprechend sind auch die BZR einer PRG zusammen 100 %, sowie alle PRG des Bezirks.

Die Farbgebung gibt als dritte Information den Eigenverbrauchsanteil wieder. Für den Eigenverbrauchsanteil wird sowohl der Stromverbrauch als auch die -erzeugung der entsprechenden ISU-Blocks jeweils zu einer gemeinsamen Jahreslinie des PLR aufsummiert. Dabei gleichen sich die Erzeugungsspitzen der besonders produktiven Blocks mit der Last der anderen Blocks dieses Planungsraums aus. Als Resultat ist der Eigenverbrauchsanteil des Planungsraums höher als derjenige des Blocks mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil. Über die verschiedenen Ebenen der LOR ergeben sich so steigende Eigenverbrauchsanteile; als Resultat findet sich letztlich in der Mitte des Diagramms eine Kreisfläche mit der Farbgebung des gesamten Bezirks.

Der Darstellung ist von innen nach außen zu entnehmen, welche Prognoseräume den größten Anteil am Stromverbrauch des Bezirks haben (über den Winkel) und welche den größten Anteil an der Erzeugung haben (größter Außenradius), sowie welche gegebenenfalls Stromüberschüsse erzeugen (Farbgebung). Die Elemente einer Ebene sind dabei immer in absteigender Reihenfolge der Erzeugung sortiert und nummeriert. Im Anhang finden sich die vollständigen Datentabellen, die neben der hier verwendeten eigenen Nummerierung die jeweiligen LOR-Schlüssel und -Namen sowie die exakten Simulationsergebnisse beinhalten.

Charlottenburg-Wilmersdorf

Der Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf kann mit einer Erzeugung von 254,2 GWh bei einem Verbrauch von 1,754 TWh einen Autarkiegrad von 19,5 % erreichen. Der Bezirk nimmt damit Rang 11 von den zwölf Bezirken bezüglich des Autarkiegrades ein. Dies lässt sich mit einem relativ hohen Stromverbrauch (12,91 % von Berlins Verbrauch, zweithöchster Wert) bei gleichzeitig leicht unterdurchschnittlicher Erzeugung (7,98 %) begründen². Da der erzeugte Strom einem etwa fünffachen Bedarf entgegensteht, wird ein Eigenverbrauchsanteil auf Bezirksebene von 99,98 % erreicht.

In Abb. 4.3 sind die Simulationsergebnisse zusammengefasst. Von den 1 957 Blocks des Bezirks besitzen 1 129 sowohl Erzeugung als auch Verbrauch. Für diese lässt sich der Eigenverbrauchsanteil berechnen. Es ist ersichtlich, dass nur bei wenigen Blocks signifikante Überschüsse zu einem geringen Eigenverbrauchsanteil führen. Es liegen im gesamten Bezirk nur 18 Blocks unterhalb eines Eigenverbrauchsanteils von 50 %. Dies sind vor allem Blocks, die durch ihren sehr geringen Stromverbrauch auch kleine Strommengen nicht lokal verbrauchen können (Parkflächen, Friedhöfe, Verkehrsflächen). Nur einer dieser Blocks hat als Flächennutzung *Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel*. Bei diesem Fahrradgeschäft ist durch ein großes Flachdach eine relativ hohe Produktion gegeben, welche nicht vollständig verbraucht werden kann ($e = 48,6\%$). Durch die umliegenden Wohnblocks erreicht der entsprechende PLR 33 (*Königin-Elisabeth-Straße*) allerdings einen Eigenverbrauchsanteil von 99,4 %.

Der Planungsraum mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil ist PLR 37 (*Siedlung Ruhleben*) mit einem immer noch sehr hohen e von 84,5 %. Die höchsten Überschüsse werden dabei auf einem Bahngelände generiert. Obwohl in diesem recht kleinen PLR neben dem Bahngelände nur noch *niedrige Bebauung mit Hausgärten* als Stadtstrukturtyp vorkommt, reicht der kumulierte Verbrauch aus, um die Überschüsse weitestgehend lokal zu verbrauchen.

Auf Ebene der Bezirksregionen ist der Stromverbrauch deutlich höher als das solare Angebot. Dies drückt sich zunächst in den Eigenverbrauchsanteilen von 97,4 % bis 100 % aus. Gleichzeitig liegt der erreichte Autarkiegrad bei nur 1,9 % (BZR 17, *Forst Grunewald*) bis 21,8 % (BZR 15, *Wiesbadener Straße*).

Die für die Bezirksregionen beobachtete Tendenz führt sich auf der Ebene der Prognoseräume fort. Der PRG mit dem größten Anteil an der Solarstromerzeugung des Bezirks (PRG 1, *Charlottenburg*) erreicht einen Autarkiegrad von 17,0 %, wobei 99,8 % des erzeugten Stroms direkt verbraucht werden. Der PRG mit der geringsten Erzeugung (PRG 6, *Forst Grunewald*) erreicht zwar einen Eigenverbrauchsanteil von 100 %, der dabei erzielte Autarkiegrad liegt allerdings nur bei 1,9 %.

²Zur Orientierung: Bei gleichmäßiger Verteilung von Stromverbrauch und Stromproduktion ergäbe sich bei zwölf Bezirken jeweils ein Anteil von 8,33 %.

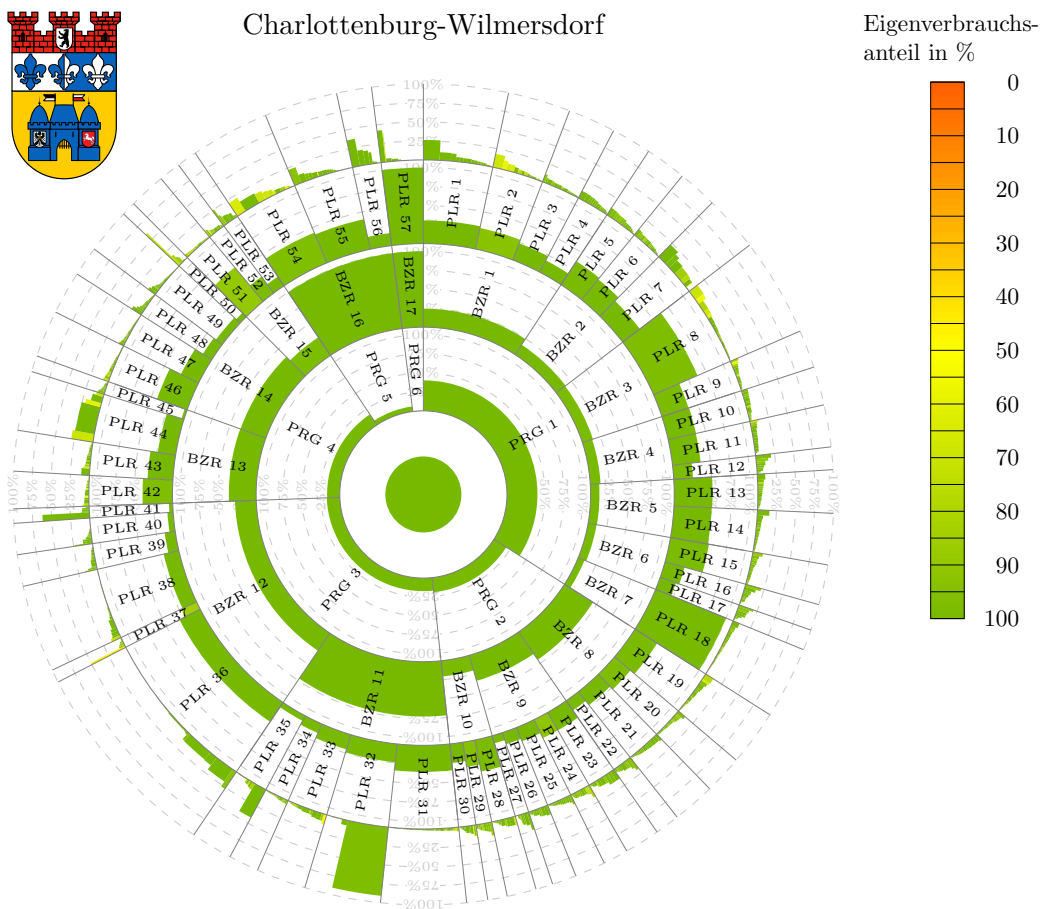


Abbildung 4.3: Simulationsergebnisse des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Friedrichshain-Kreuzberg

Der Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg hat mit 998,2 GWh einen mittleren Verbrauch im Vergleich zu den anderen Bezirken (Rang 6). Dem steht mit 152,8 GWh die kleinste Erzeugung gegenüber (entspricht 4,8 % der Berliner Erzeugung). Dadurch ergeben sich ähnliche Sachverhalte, wie sie schon bei Charlottenburg-Wilmersdorf beobachtet werden konnten: Den hohen Eigenverbrauchsanteilen stehen geringe Autarkiegrade gegenüber. Während der Bezirk seine Stromerzeugung zu jeder Zeit fast vollständig selbst verbrauchen kann ($e = 99,98\%$), kann der Stromverbrauch nur zu 15,3 % aus eigenen PV-Anlagen gedeckt werden.

Von den 761 ISU-Blocks des Bezirks können 560 PV-Strom erzeugen. Von diesen Blocks gibt es nur vier, die einen Eigenverbrauchsanteil von unter 50 % erreichen. Auch hier zeigt sich wieder, dass dies nicht an zu hohen Stromproduktionen, sondern an dem geringen Verbrauch der entsprechenden Flächen liegt (Parks und Verkehrsflächen). Der Block mit den größten potenziellen Überschüssen ist ein an der S-Bahn gelegenes ehemaliges Industriegebiet, das durch einen mit einem Flachdach ausgelegten Lokschuppen große Flächen für PV-Anlagen bereit hält. Dieses Gebiet liegt im PLR 1 (*Boxhagener Platz*), das durch eine dichte Bebauung mit Wohngebäuden geprägt ist (siehe Abb. 4.4). Durch den Verbrauch dieser Haushalte wird der anfallende Strom zu 97,2 % vor Ort verbraucht. In diesem PLR kann auf fast allen Dachflächen Strom erzeugt werden. Daraus resultiert der zweithöchste Autarkiegrad des Bezirks mit 21,6 %.

Ähnlich wie bereits im Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf finden sich auf Ebene der Bezirksregionen und der Prognoseräume kaum noch Überschüsse. Die Eigenverbrauchsanteile der BZR liegen zwischen 99,5 % (BZR 1, *Frankfurter Allee Süd FK*) und 100 % (BZR 7, *Karl-Marx-Allee-Nord* und BZR 8, *Südliche Friedrichstadt*), während sie sich bei den PRG zwischen 99,7 % (PRG 1, *Friedrichshain Ost*) und 100 % (PRG 4, *Friedrichshain West* und PRG 5, *Kreuzberg Nord*) befinden. Die Autarkiegrade sind zwischen 11,7 % (BZR 7) und 17,9 % (BZR 1) beziehungsweise zwischen 11,6 % (PRG 5) und 17,8 % (PRG 1) entsprechend gering.

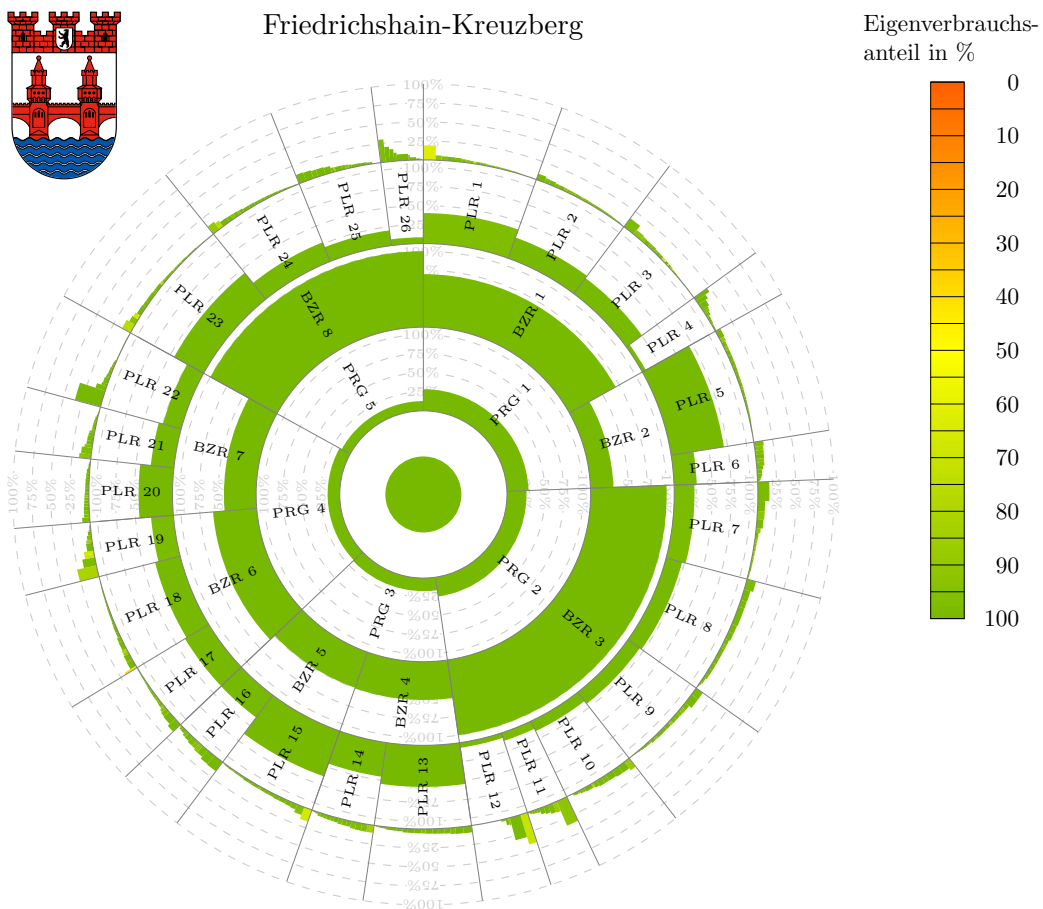


Abbildung 4.4: Simulationsergebnisse des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Lichtenberg

Der Bezirk Lichtenberg hat mit 954,9 GWh einen mit Friedrichshain-Kreuzberg vergleichbaren Verbrauch. Die Erzeugung ist allerdings fast um die Hälfte größer (226,5 GWh), so dass sich ein höherer Autarkiegrad von 22,4 % ergibt. Dies entspricht etwa dem Mittelwert aller zwölf erreichten Autarkiegrade (22,9 %). Trotz der höheren Erzeugung ergibt sich für den Bezirk ein mit 94,6 % immer noch sehr hoher Eigenverbrauchsanteil.

In Abb. 4.5 ist deutlich zu erkennen, dass etliche Blocks nur sehr geringe Eigenverbrauchsanteile aufweisen. Von insgesamt 1 436 Blocks können in 1 024 solare Stromerträge erzielt werden. Davon erzielen 215 Blocks einen Eigenverbrauchsanteil von unter 50 %. Bei dieser Vielzahl überrascht vor allem die Verteilung der Flächennutzungen dieser Blocks. Während 46 Blocks wieder Kleingärten und Brachflächen ausmachen, also Flächen darstellen, denen ein sehr geringer Verbrauch zugewiesen wurde, wird für 89 Blocks *Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel* als Flächennutzung angegeben. Obwohl hierbei auch Flächen für Parkplätze und Lieferwege in die Blockflächen mit eingehen und somit einen Verbrauch zugewiesen bekommen, bergen die vielen Flachdächer ein großes PV-Potenzial. Weitere 68 haben überwiegende *Wohnnutzung* und lediglich 11 entfallen auf *Verkehrsflächen*.

Der PLR 1 (*Herzbergstraße*) ist der Planungsraum mit der meisten potenziellen Erzeugung des Bezirks (28,4 GWh). In ihm befinden sich einige der Blocks mit den meisten Überschüssen. Dies trifft zum Beispiel auf den orange gefärbten Block zu, der einen großen Markt mit etlichen Hallen repräsentiert. Erfreulicherweise sind hier die Dachflächen in Realität bereits großflächig mit PV-Anlagen bedeckt. Im PLR befindet sich neben den Industriegebieten auch ein Krankenhauskomplex, der einen Teil der solaren Überschüsse verbraucht. So wird 71,0 % der erzeugten Energie im direkten Umfeld genutzt.

Geografisch schließt sich der PLR 2 (*Rüdigerstraße*) an, der hauptsächlich durch mehrgeschossige Wohngebäude geprägt ist. Ein großes Straßenbahn-Betriebsgelände und einige Gewerbeflächen können den PLR zusätzlich mit einer großen Menge selbst erzeugten Stroms versorgen. Obwohl der PLR das zweitgrößte PV-Potenzial des Bezirks hat, erreicht er durch diese Siedlungsstruktur einen Eigenverbrauchsanteil von 82,6 %; der dabei erreichte Autarkiegrad beträgt sogar 28,0 %. Ein weiterer Planungsraum mit hohem PV-Potenzial ist der PLR 7 (*Hauptstraße*). Dieser entspricht in seiner Struktur den beiden PLR 1 und 2: Einem großen Industriegebiet stehen mehrgeschossige Wohnblocks gegenüber. Zusätzlich ist ein kleiner Streifen durch Einfamilienhäuser geprägt. Die hohen Erzeugungen führen zwar zu einem recht hohen Autarkiegrad von 24,2 %, der Eigenverbrauchsanteil ist mit 60,6 % allerdings der geringste des gesamten Bezirks. Der sich anschließende PLR 8 (*Malchower Weg*) ist fast ausschließlich durch Einfamilienhäuser geprägt. Somit ergibt sich für die aus diesen beiden PLR bestehende Bezirksregion 4 (*Alt-Hohenschönhausen Nord*) der ebenfalls geringe Eigenverbrauchsanteil von 63,0 %, was der niedrigste des Bezirks ist. Die BZR 5 (*Alt-Hohenschönhausen Süd*) besteht aus vier recht unterschiedlichen Planungsräumen. PLR 11 (*Weißer Taube*) besteht hauptsächlich aus Einfamilienhäusern, enthält aber auch ein kleines Gewerbegebiet. Dieses führt mit seiner Erzeugung zu den in der Grafik erkennbaren Überschüssen. Während im PLR 10 (*Große-Leege-Straße*) Altbauten mit zumeist vier Etagen überwiegen, befinden sich im PLR 12 (*Landsberger Allee*) Wohngebäude mit zum Teil über zehn Etagen. Einer geringen Erzeugung im PLR 12 (weniger Dachflächen durch größere Innenhöfe

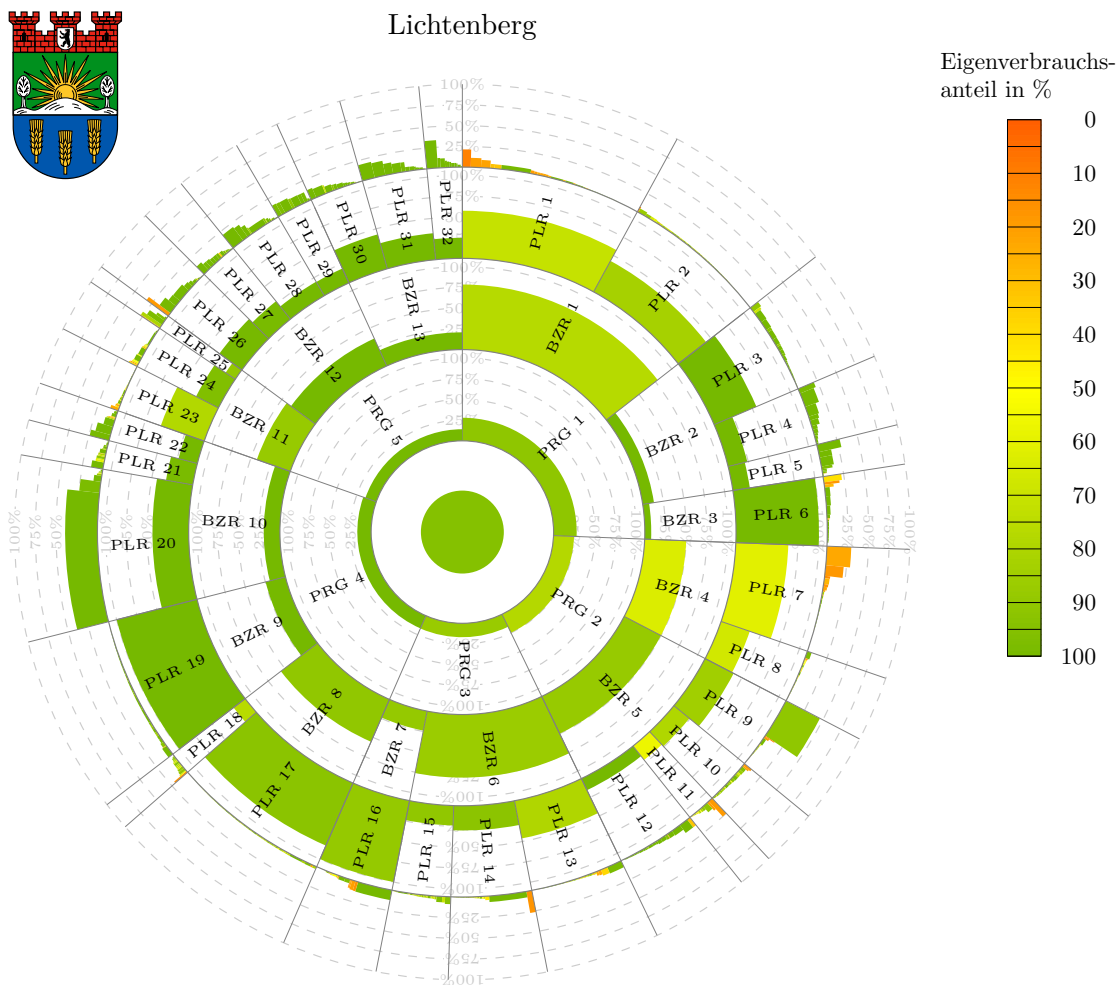


Abbildung 4.5: Simulationsergebnisse des Bezirks Lichtenberg. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

der Häuserblocks) stehen also höhere Verbräuche (mehr EW) gegenüber. Der vierte PLR dieser Bezirksregion beinhaltet letztlich sowohl hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägte Wohngebiete, als auch große Grünflächen, ein Gewerbegebiet und eine große Sportanlage. Diese unterschiedlichen Nutzungen innerhalb der BZR ergeben eine recht hohe Ausnutzung des dargebotenen Solarstroms ($e = 88,0\%$), sodass sich die Überschüsse der BZR 4 im gemeinsamen Prognoseraum 2 (*Hohenschönhausen Süd*) in Grenzen halten. Im PRG 2 wird insgesamt $77,5\%$ des solaren Stroms direkt verbraucht. Der Autarkiegrad beträgt $26,5\%$, was der höchste Wert der PRG des Bezirks ist.

Marzahn-Hellersdorf

Der Bezirk Marzahn-Hellersdorf hat mit 521,5 GWh den geringsten Stromverbrauch von Berlin. Die Anzahl der Einwohnerinnen ist mit 255 685 unter dem Durchschnitt von 296 560 (entspricht Rang 9). Die Erzeugungspotenziale liegen bei 228,6 GWh, was nach Friedrichshain-Kreuzberg und Lichtenberg der drittniedrigste Wert ist. Die geringe Erzeugung (Anteil an der Berliner Erzeugung: 7,2 %) ist allerdings im Verhältnis zum Verbrauch (Anteil an Berlin: 3,8 %) ausreichend, um den höchsten Autarkiegrad auf Bezirksebene zu erreichen (30,6 %). Dem steht der niedrigste Eigenverbrauchsanteil von nur 69,8 % gegenüber. Bei besserem zeitlichen Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage ließe sich demnach der Autarkiegrad noch weiter steigern: Die bilanzielle Eigenversorgung liegt bei 43,8 %

Von den 2 040 Blocks des Bezirks kann in 1 568 PV-Strom erzeugt werden. Bei der Betrachtung der Abb. 4.6 fallen die vielen Blocks, Planungsräume, Bezirksregionen und Prognoseräume auf, die nur einen geringen Eigenverbrauchsanteil erreichen. Hierbei handelt es sich um die Folgen des relativ geringen Stromverbrauchs des Bezirks. Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, wurde der Stromverbrauch zunächst anhand der Zahl der Einwohnerinnen zugeteilt. Dies führt beim Bezirk Marzahn-Hellersdorf dazu, dass über 80 % des Verbrauchs auf die Haushalte umgelegt wurde (siehe Abb. 3.4 auf Seite 22). Der restliche Anteil ist also so gering, dass der angenommene Stromverbrauch von Gewerbe- und Industrieflächen in diesem Bezirk besonders klein ist.

Viele Gewerbeflächen finden sich im PLR 7 (*Marzahner Chaussee*). Dort wird mit 28,5 % der geringste Eigenverbrauchsanteil des Bezirks erreicht. Dem Verbrauch von 1,7 GWh steht eine potenzielle Erzeugung von 2,0 GWh entgegen. Somit könnte dieser PLR sogar eine bilanzielle Eigenversorgung von über 100 % erreichen.

Der PLR 11 (*Gewerbegebiet Bitterfelder Str.*) ist von der Struktur her vergleichbar mit dem PLR 7. Der Eigenverbrauchsanteil von 35,1 % liegt deutlich unter dem Bezirksdurchschnitt (74,9 %). Weitere *Gewerbegebiete und großflächiger Einzelhandel* finden sich in den PLR 3 (*Alt-Mahlsdorf, e = 30,2 %*) und PLR 20 (*Alt-Biesdorf, e = 34,7 %*). Dort kommt mit den vielen Ein- und Mehrfamilienhäusern eine weitere, markante Siedlungsstruktur hinzu. Diese erzeugen zwar in absoluten Zahlen nicht sehr viel Energie, verglichen mit dem geringen Verbrauch von Einfamilienhäusern ergeben sich aber dennoch relativ hohe Überschüsse. Dies drückt sich in den geringen Eigenverbrauchsanteilen aus.

Von den 828 Blocks mit einem Eigenverbrauchsanteil von unter 50 % entfallen ganze 634 auf Blocks mit Wohnnutzung. Von diesen sind bis auf wenige Ausnahmen alle (96,5 %) vom Stadtstrukturtyp *niedrige Bebauung mit Hausgärten*. Der durchschnittliche Eigenverbrauchsanteil ist mit 38,1 % sehr gering. Der dabei erzielte Autarkiegrad liegt bei durchschnittlich 38,9 %. Da sich gerade im Bereich der Einfamilienhäuser Batteriespeicher anbieten, um das Solarpotenzial auszunutzen, lohnt hier eine Betrachtung der bilanziellen Eigenversorgung. Diese liegt im Durchschnitt bei 110,9 %, so dass die Blocks, in denen hauptsächlich diese Siedlungsstruktur vorliegt, sich theoretisch vollständig über Eigenstromerzeugung versorgen könnten.

Sämtliche weiteren Planungsräume, die im Diagramm in gelbtönen gefärbt sind, entsprechen genau dieser Siedlungsstruktur. Die niedrigsten Eigenverbrauchsanteile finden sich demzufolge in den PLR 4 (*Kaulsdorf-Süd, e = 37,8 %*), PLR 18 (*Biesdorf-Süd, e = 39,9 %*), PLR 1 (*Mahlsdorf-Süd, e = 43,8 %*), PLR 6 (*Alt-Kaulsdorf, e = 44,2 %*) und PLR 5 (*Kaulsdorf-Nord, e = 46,9 %*).

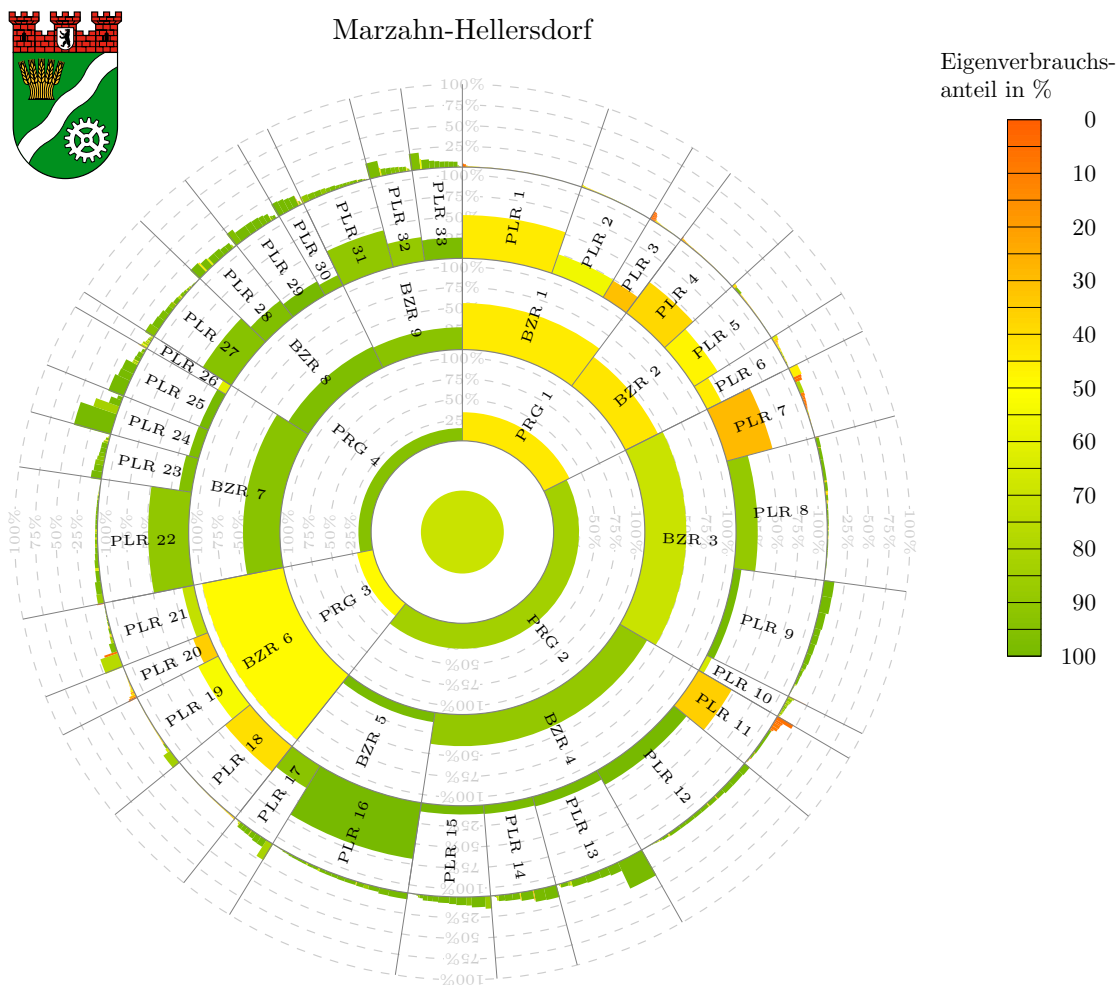


Abbildung 4.6: Simulationsergebnisse des Bezirks Marzahn-Hellersdorf. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Eine Verteilung dieser Überschüsse auf Ebene der Bezirksregionen oder Prognoseräume bietet hierbei fast keine Abhilfe. Die sich aus den genannten PLR konstituierenden Regionen BZR 1 (*Mahlsdorf*), BZR 2 (*Kaulsdorf*) und BZR 6 (*Biesdorf*) leisten mit Eigenverbrauchsanteilen von 43,8 %, 42,3 % und 48,3 % keinen wesentlichen Beitrag zur Umverteilung.

Anders ist dies bei der BZR 3 (*Marzahn-Süd*). Die Überschüsse aus dem PLR 7 ($e = 28,5\%$) werden durch PLR 8 (*Alt-Marzahn*) und PLR 9 (*Springpfuhl*) teilweise wieder ausgeglichen ($e = 69,9\%$). PLR 8 ist nicht so homogen in der Siedlungsstruktur ausgeprägt wie PLR 7. Neben den Einfamilienhäusern gibt es dort auch einige Blocks mit Hochhäusern, Gebäuden des Einzelhandels oder öffentlichen Gebäuden. Im PLR 9 ist nur ein Block mit Gartenhäusern bebaut. Auf Ebene des PRG 2 (*Marzahn*) wird dieser ausgleichende Effekt weiter verstärkt, sodass der Eigenverbrauchsanteil auf 83,5 % steigt.

Mitte

Der Bezirk Mitte verbraucht von allen Berliner Bezirken am meisten Strom. Der Verbrauch von 2,36 TWh macht 17,4 % des gesamten Berliner Bedarfs aus. Dies liegt zum Einen an der hohen Einwohnerinnenzahl von 356 185, was die zweithöchste Berlins ist. Zum anderen ergeben sich hohe Verbräuche bei dem Gewerbe im touristischen Zentrum sowie der zum Bezirk gehörenden Industrie im Bereich des Westhafens. Die Erzeugung ist mit 272,4 GWh durchschnittlich (entspricht 8,6 % des Berliner Potenzials). Das Verhältnis von Verbrauch zu Erzeugung ist mit über 8:1 so hoch, dass sämtlicher im Bezirk erzeugter Strom direkt verbraucht wird ($e = 100\%$). Dabei ist der Autarkiegrad mit nur 11,5 % der niedrigste Berlins.

In Abb. 4.7 sind die Überschüsse dargestellt. Die Eigenverbrauchsanteile der einzelnen Planungsräume sind allesamt sehr hoch. Der geringste findet sich mit 86,5 % im PLR 19 (*Huttenkiez*). Dort befindet sich ein Industriegebiet mit großen Dachflächen. Bei 27 der insgesamt 41 PLR liegt der Eigenverbrauchsanteil aufgrund des zu jeder Zeit hohen Verbrauchs bei 100%.

Die Betrachtung auf Ebene der Bezirksregionen und Prognoseräume hinsichtlich der Eigenverbrauchsanteile erübrigt sich aufgrund der hohen Verbräuche. Die Autarkiegrade, die erreicht werden können, sind erwartungsgemäß gering. Unter den 20 Blocks mit den höchsten Autarkiegraden ($a = 35,1\%$ bis $50,3\%$) finden sich nur zwei Blocks mit Wohnnutzung. Diese Blocks, die sich im PLR 3 (*Alexanderplatzviertel*) befinden, erreichen allerdings mit nur 35,1 % beziehungsweise 37,5 % geringe Autarkiegrade.

Der Bezirk Mitte stellt insgesamt aus Sicht der solaren Eigenstromversorgung ein große Herausforderung dar.

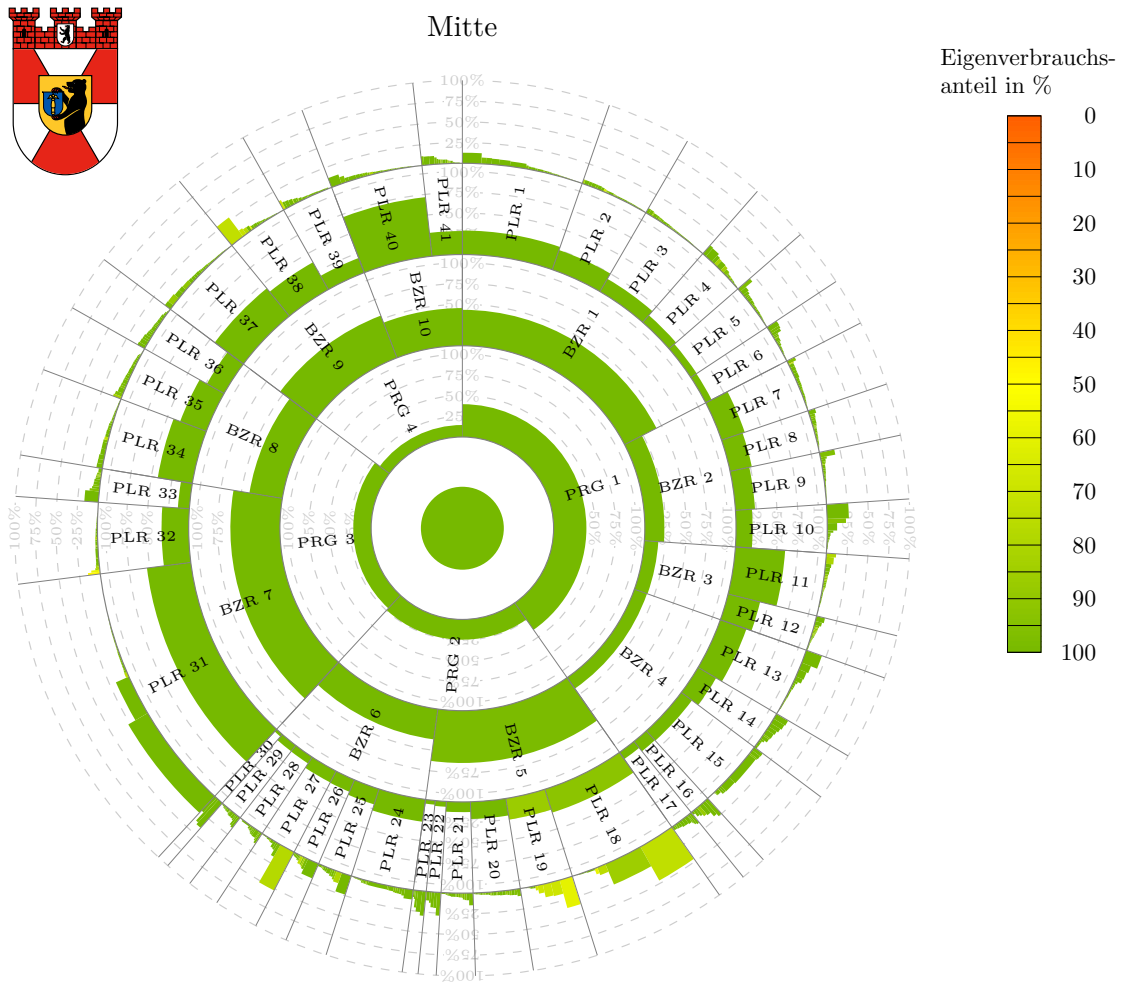


Abbildung 4.7: Simulationsergebnisse des Bezirks Mitte. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Neukölln

Neukölln verbraucht jährlich 742,3 GWh, was mit 5,5 % des Berliner Verbrauchs Rang 11 entspricht. Auf der Erzeugungsseite kann der Bezirk jährlich 252,9 GWh aufbringen, sodass sich eine bilanzielle Eigenversorgung von 34,1 % ergibt. Die Gleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage ist allerdings nicht vollständig gegeben, was auf Bezirksebene zu einem Eigenverbrauchsanteil von 83,4 % führt. Somit ergibt sich insgesamt ein Autarkiegrad von 28,4 %, was der dritthöchste Berlins ist.

In Abb. 4.8 sind einige Blocks und Planungsräume zu erkennen, bei denen die Eigenverbrauchsanteile sehr gering sind. Dies trifft zum Beispiel auf den PLR 1 (*Gewerbegebiet Köllnische Heide*) zu, wo der erreichte Eigenverbrauchsanteil mit nur 28,4 % der niedrigste des Bezirks ist. Hier wiederholt sich die bereits beim Bezirk Marzahn-Hellersdorf angesprochene Begebenheit von geringen Verbräuchen der Gewerbe- und Industriegebiete. Von dem ohnehin geringen Gesamtverbrauch von Neukölln nehmen die Einwohnerinnen fast 70 % ein (vergl. *Ne* in Abb. 3.4 auf Seite 22). Somit entfallen auf die Gebiete, die durch ihre großen Dachflächen auch hohe Erträge erzielen können, nur geringe Verbrauchsprofile. Diese haben typischerweise ihre Verbrauchsspitzen nicht zeitgleich mit möglichen Produktionsspitzen. Hinzu kommen nächtliche Verbräuche durch die Umverteilung des Reststrombedarfs auf die Flächen, welcher nicht direkt durch PV-Anlagen gedeckt werden kann. Im Bezirk Neukölln befinden sich insgesamt 1 514 ISU-Blocks, von denen in 1 180 Dachflächen für Solaranlagen vorhanden sind. Es gibt 228 Blocks, die einen Eigenverbrauchsanteil von unter 50 % haben. Davon sind 82 Blocks dem Flächentyp *Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel* zugewiesen.

Weitere Planungsräume, in denen Gewerbe- und Industrieflächen vermehrt vorkommen, sind der PLR 7 (*Gewerbegebiet Ederstraße*, $e = 55,9\%$, drittniedrigster Wert) und PLR 19 (*Tempelhofer Weg*, $e = 65,3\%$).

Der zweitniedrigste Eigenverbrauchsanteil liegt mit 45,9 % im PLR 22 (*Mohriner Allee Nord*). Der Planungsraum besteht etwa zur Hälfte aus Kleingartenanlagen und zur anderen Hälfte aus Einfamilienhäusern. Ein kleines Gewerbegebiet liefert zusätzliche Dachflächen. Die bilanzielle Eigenversorgung liegt mit 74,8 % deutlich höher als der durch den direkt verbrauchten Strom erreichte Autarkiegrad von 34,3 %. Hier zeigt sich wieder, dass gerade bei Einfamilienhäusern der Einsatz von Batteriespeichern einen großen Effekt hinsichtlich solarer Eigenstromversorgung erzielen würde.

Mit 101 Blocks macht der Stadtstrukturtyp *niedrige Bebauung mit Hausgärten* fast den gesamten Anteil aller Wohnblocks, die einen Eigenverbrauchsanteil von unter 50 % haben, aus (insgesamt 113 Wohnblocks). Dieser Siedlungstyp bestimmt maßgeblich die Planungsräume PLR 23 (*Britzer Garten*) sowie PLR 29 bis PLR 33 (*Alt-Rudow, Blumenviertel, Waßmannsdorfer Chaussee, Waltersdorfer Chaussee Ost* und *Zittauer Straße*). Dies erklärt die geringen Eigenverbrauchsanteile zunächst auf Ebene der Planungsräume. Letztgenannte PLR prägen die Struktur weiter Teile des Bezirks, so dass sich auf Ebene der Bezirksregionen Ausgleichseffekte nur in geringem Maße einstellen (BZR 8, *Rudow*, $e = 61,5\%$). Dies überträgt sich sogar bis auf den Prognose-raum PRG 3 (*Buckow Nord / Rudow*), sodass dort der Eigenverbrauchsanteil mit 65,5 % nur unwesentlich besser ist.

Die für den Norden des Bezirks typische Stadtstruktur *Blockbebauung der Gründerzeit mit Sei-*

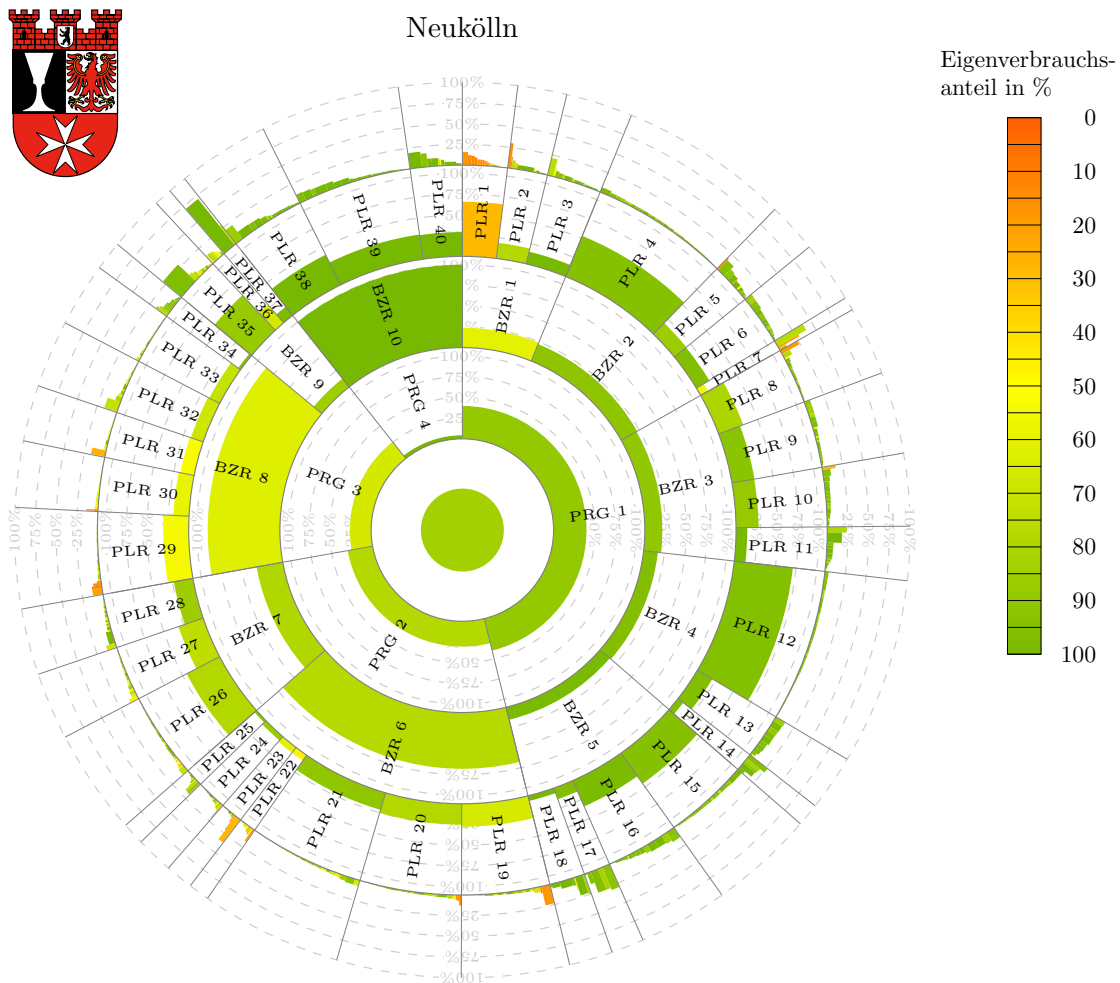


Abbildung 4.8: Simulationsergebnisse des Bezirks Neukölln. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

tenflügeln und Hinterhäusern ist im Diagramm leicht wiederzufinden. Dies sind die Planungsräume, die zwar auch zur Stromerzeugung beitragen (Außenradius), aber durch ihren Verbrauch (Kreiswinkel) aufgrund der hohen Einwohnerdichte Eigenverbrauchsanteile von über 90% erreichen.

Pankow

Pankow verbraucht jährlich 1,0 TWh an elektrischer Energie. Dies liegt zwar unter dem Berliner Mittelwert (1,23 TWh), ist aber immernoch der fünft höchste Verbrauch von Berlin. Gleichzeitig ist die Zahl der Einwohnerinnen im Bezirk mit 383 620 die höchste der Berliner Bezirke. Auf der Erzeugungsseite kann Pankow mit 383,7 GWh jährlich (höchste Erzeugung Berlins) bis zu 38,1 % des Verbrauchs abdecken. Bei einem Eigenverbrauchsanteil von nur 77,0 % ist damit ein Autarkiegrad von 29,3 % möglich (zweitbesten Wert).

Insgesamt haben 1 921 von 2 787 Blocks solares Erzeugungspotenzial. In Abb. 4.9 ist bezüglich des Eigenverbrauchsanteils ein ambivalentes Bild zu erkennen. Während etliche Planungsräume hohe Eigenverbrauchsanteile aufweisen, gibt es auch eine erhebliche Zahl von Planungsräumen, die nur die Hälfte der eigenen solaren Erzeugung direkt verbrauchen können. Hier tritt erneut der hohe Anteil von Stromverbrauch, der auf die Haushalte entfällt, zutage. Auf die Industrie- und Gewerbeflächen wurde nur etwa ein Drittel des Pankower Stromverbrauchs aufgeteilt.

Der Planungsraum mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil ist mit $e = 29,7\%$ der PLR 40 (*Lietzengraben*). Hierbei handelt es sich um einen Planungsraum, in dem sich nur einige Gewerbeflächen finden, während ein Großteil des PLR von Landwirtschaft, einem Naturschutzgebiet und weiteren Grünflächen bedeckt sind. Die angrenzende Siedlung im PLR 28 (*Buch*) schafft es mit ihrem ca. 10-mal höheren Verbrauch, sämtliche Stromüberschüsse aufzufangen. So ist der Eigenverbrauchsanteil der gemeinsamen BZR 16 (*Buch*) bei 95,3 %.

Weitere Planungsräume mit nur geringen Eigenverbrauchsanteilen sind PLR 6 (*Herthaplatz*), PLR 10 (*Volkspark Prenzlauer Berg*), PLR 11 (*Eldenaer Straße*) sowie PLR 25 (*Rennbahnstraße*). Bei PLR 6 handelt es sich etwa zur Hälfte um Wohngebäude, die überwiegend zum Stadtstrukturtyp *Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden* gehören. Die andere Hälfte wird durch Gewerbeflächen einerseits und Einfamilienhäuser sowie Grünflächen andererseits bestimmt. Gemeinsam wird nur 44,5 % des Solarstroms verbraucht, sodass sich von der hohen bilanziellen Eigenversorgung (74,1 % des Verbrauchs) nur ein Autarkiegrad von 33,0 % einstellt. Der PLR 10 setzt sich aus Gewerbeflächen, Kleingärten, einem Park und auch Wohnblocks des Typs *Zeilenbebauung seit den 50er Jahren* zusammen. Letztere Siedlung besteht größtenteils aus vieretagigen Bauten mit Flachdächern, sodass hier für Solarenergie ein gutes Verhältnis von Dachflächen zur Anzahl der Einwohnerinnen besteht. Dadurch, dass die Nachfrage nur zur Hälfte zeitgleich mit dem Angebot besteht ($e = 47,6\%$) wird das theoretische Potenzial der Eigenversorgung ($EV = 62,6\%$) nur begrenzt genutzt. Der Autarkiegrad für diesen Block liegt somit bei 29,8 %. Der PLR 11 besteht zu großen Teilen aus Gewerbeflächen, sodass sich das beschriebene Muster wiederholt: Die Gewerbeflächen haben insgesamt nur einen geringen Verbrauch zugewiesen bekommen, sodass sich eine hohe bilanzielle Eigenversorgung von 93,8 % ergeben könnte. Die Gleichzeitigkeit ist mit einem Eigenverbrauchsanteil von 37,0 % allerdings sehr gering, sodass sich ein Autarkiegrad von 34,7 % ergibt. Auch der PLR 25 besteht fast ausschließlich aus Gewerbegebieten, was zu einem Eigenverbrauchsanteil von 52,7 % führt.

Die Planungsräume, die nicht durch Gewerbegebiete geprägt sind und dennoch nur geringe Eigenverbrauchsanteile vorweisen könnten, sind in Pankow wieder die großflächigen Einfamilienhausgebiete. Insgesamt bilden Wohnblocks mit 362 von 615 Blocks, deren Eigenverbrauch nur die Hälfte oder weniger ist, den Großteil der betrachteten Flächen. Darauf entfallen 312 auf den

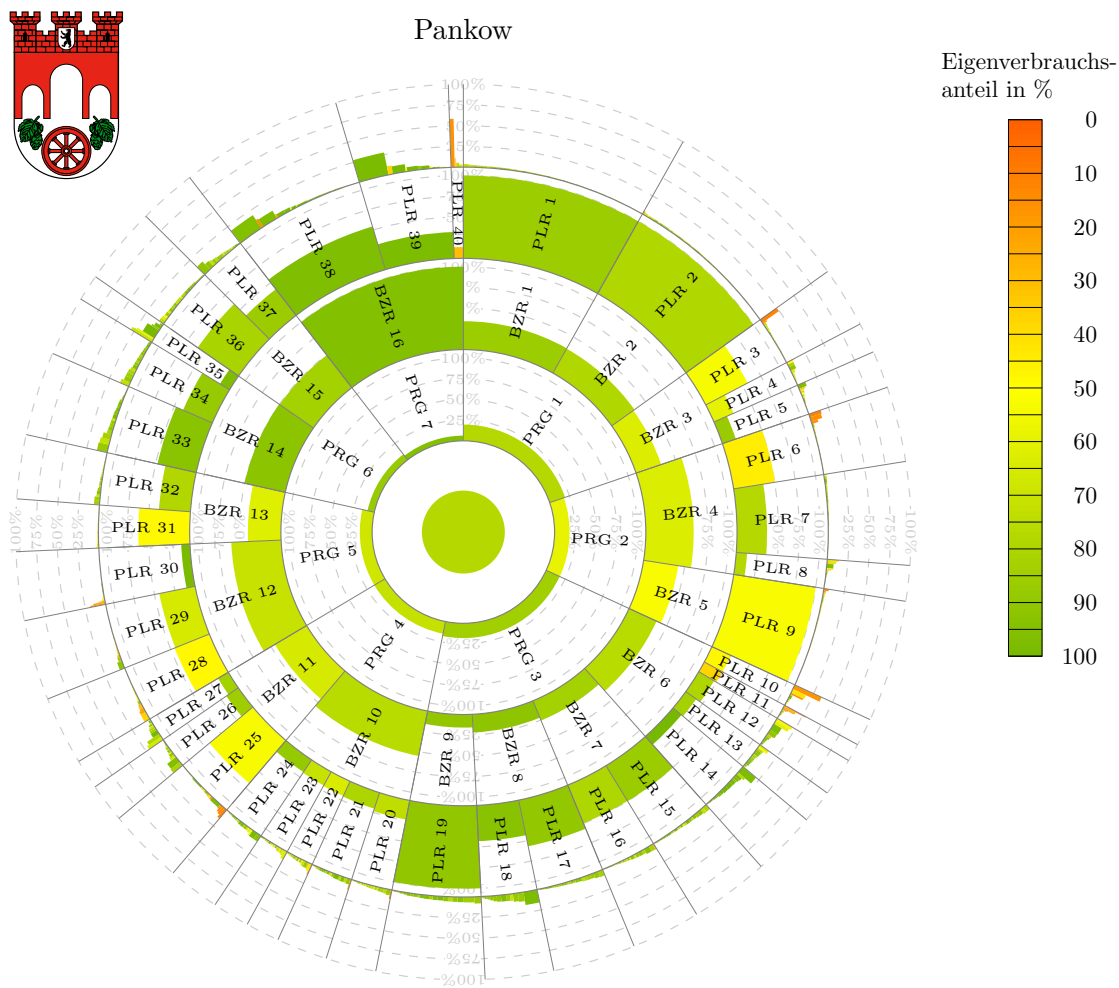


Abbildung 4.9: Simulationsergebnisse des Bezirks Pankow. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Stadtstrukturtyp *niedrige Bebauung mit Hausgärten*. Diese finden sich vor allem in den Räumen PLR 9 (*Buchholz*, $e = 52,1\%$), PLR 28 (*Heinersdorf*, $e = 47,9\%$), PLR 29 (*Blankenburg*, $e = 65,0\%$) und PLR 31 (*Alt-Karow*, $e = 48,2\%$). Dort befinden sich mit zusammen 227 die meisten der genannten Wohnblocks. Dementsprechend gering sind die Eigenverbrauchsanteile in diesen Planungsräumen.

Besonderes Augenmerk sei an dieser Stelle auf die Planungsräume PLR 1 (*Pankow-Zentrum*) und PLR 2 (*Pankow-Süd*) gelegt. Sie befinden sich im Prognoseraum 1 (*Südliches Pankow*), der den höchsten Anteil an der Pankower Solarstromversorgung liefern kann (24,4%). Innerhalb dieses Prognoseraums verteilt sich die Erzeugung in etwa gleichmäßig auf die drei Bezirksregionen. Die ersten beiden davon sind deckungsgleich mit den angesprochenen PLR. Zunächst ist also zu erkennen, dass diese PLR maßgeblich an der Produktion von Solarstrom des Bezirks

beteiligt sind. Gleichzeitig ist ihr Verbrauch mit etwa drei Vierteln (76,5 %) des Prognoseraums verhältnismäßig etwas größer. Werden nun die Flächen betrachtet, so sind in diesen Region vor allem Wohnblocks vorhanden; die meisten entsprechen dabei dem Stadtstrukturtyp *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* sowie *Zeilenbebauung seit den 50er Jahren*. In den beiden PLR leben mit 67 926 Menschen etwa 17,7 % der Pankower Bevölkerung. Der Anteil am Stromverbrauch des Bezirks ist dabei etwas geringer (15,1 %). Die erreichten Autarkiegrade sind zwar mit 26,9 % (PLR 1) beziehungsweise 28,5 % (PLR 2) nicht besonders hoch, die erreichten Eigenverbrauchsanteile mit 96,0 % (PLR 1) und 78,7 % (PLR 2) lassen dafür auf eine hohe Gleichzeitigkeit der Erzeugung und des Verbrauchs schließen. Hier zeigt sich das hohe Potenzial der Berliner Altbauten. Ohne die Stromnetze durch Überschüsse allzu stark zu belasten, kann ein großer Teil der Energieversorgung über die Dachflächen gewährleistet werden. Diese dritte Charakteristik ist wie schon für den Neuköllner Norden bestimmend für weitere Bereiche Pankows. Durch die höhere Einwohnerinnendichte dieser und ähnlicher Bebauungstypen können in diesen Gebieten viele Menschen – zumindest zum Teil – direkt über Solarstrom versorgt werden.

Reinickendorf

Der Bezirk Reinickendorf hat einen jährlichen Verbrauch von 975,9 GWh (Rang 7). Dem stehen 251,8 GWh an solarem Potenzial gegenüber, was vergleichbar mit der Erzeugungsleistung von Charlottenburg-Wilmersdorf und Neukölln ist. Das Verhältnis von Erzeugung zu Verbrauch ist gleichbedeutend mit einer bilanziellen Eigenversorgung von 25,8 %. Die Gleichzeitigkeit von Nachfrage und Angebot ist mit einem Eigenverbrauchsanteil von 92,0 % gegeben, sodass der Autarkiegrad auf Bezirksebene 23,8 % beträgt.

Von den 2 410 Blocks des Bezirks kann in 1 454 Solarstrom zur Deckung des Bedarfs produziert werden. Von diesen haben insgesamt 148 Blocks einen Eigenverbrauchsanteil von 50 % oder weniger. Der Großteil entfällt dabei auf Gewerbe- und Industrieflächen (75 Blocks), gefolgt von Wohnblocks (48 Blocks). In der Darstellung der Eigenverbrauchsanteile (Abb. 4.10) fallen nur vier Planungsräume auf, die im zeitlichen Verlauf relativ große Überschüsse erzeugen.

Mit nur 40,6 % ist der PLR 16 (*Reinickes Hof*) der PLR mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil des Bezirks. Er besteht fast vollständig aus einem großen Industrie- und Gewerbegebiet.

Der PLR 5 (*Borsigwalde*) schließt sich mit einem Eigenverbrauchsanteil von 41,2 % an. In diesem Planungsraum machen Gewerbegebiete etwa die Hälfte der Fläche aus. Der Rest entfällt überwiegend auf Wohnblocks, von denen wiederum etwa ein Drittel vom Stadtstrukturtyp *niedrige Bebauung mit Hausgärten* sind. Hier fallen demnach die zwei bereits beobachteten Fälle von Gewerbegebiet einerseits und Einfamilienhaussiedlungen andererseits zusammen. Von einer möglichen bilanziellen Eigenversorgung von 63,7 % wird der Autarkiegrad auf 26,2 % reduziert, da der Eigenverbrauchsanteil entsprechend gering ist. Der benachbarte PLR 6 (*Ziekowstraße/Freie Scholle*) beinhaltet zwar auch große Einfamilienhausgebiete, allerdings sind dort auch etliche Blocks in der *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* angelegt. Die Anzahl der Einwohnerinnen ist somit im PLR 6 mit 9 641 deutlich höher als im PLR 5 (6 452 EW). Dadurch könnten die Überschüsse lokal verbraucht werden, sodass sich auf der Ebene der BZR 2 (*West 3*) ein Eigenverbrauchsanteil von bereits 59,2 % ergibt.

Der PLR 11 (*Lübarser Straße*, $e = 54,5\%$) ist eine weitere durch Gewerbegebiete bestimmte Region. Der Verbrauch ist noch relativ gering, sodass sich mit dem PLR 12 (*Rollbergesiedlung*) zusammen auf Ebene der BZR 4 (*MV 2*) etwa drei Viertel der Stromüberschüsse lokal verbraucht werden ($e = 77,0\%$).

Auf der übergeordneten Ebene des Prognoseraums (PLR 1, *Waidmannslust*) stellt sich ein Eigenverbrauchsanteil von 90,0 % ein, obwohl dort mehr als ein Drittel (37,1 %) der gesamten Erzeugung des Bezirks möglich ist. Dies liegt an den Verbrauchsschwerpunkten in den PLR 1 (*Wittenau-Süd*) und PLR 8 (*Märkisches Zentrum*), die durch etliche Blocks der Stadtstrukturen *hohe Bebauung der Nachkriegszeit, Zeilenbebauung seit den 50er Jahren* sowie *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* jeweils über 13 500 Menschen beherbergen.

Der PLR 21 (*Teichstraße*, $e = 64,3\%$) ist durch Gewerbegebiete geprägt. Allerdings leben auch in diesem PLR über 13 000 Einwohnerinnen, weshalb der Eigenverbrauchsanteil etwas höher ist als in den anderen genannten PLR. Im Diagramm lässt sich diese Untergliederung wiederfinden: Die orange gefärbten Blocks haben ein hohes PV-Potential, weshalb sie einen hohen relativen Anteil an der Produktion des Planungsraums haben (großer Außenradius). Der überwiegende Verbrauch erfolgt allerdings in den Blocks, die nur eine geringe oder gar keine Produktion be-

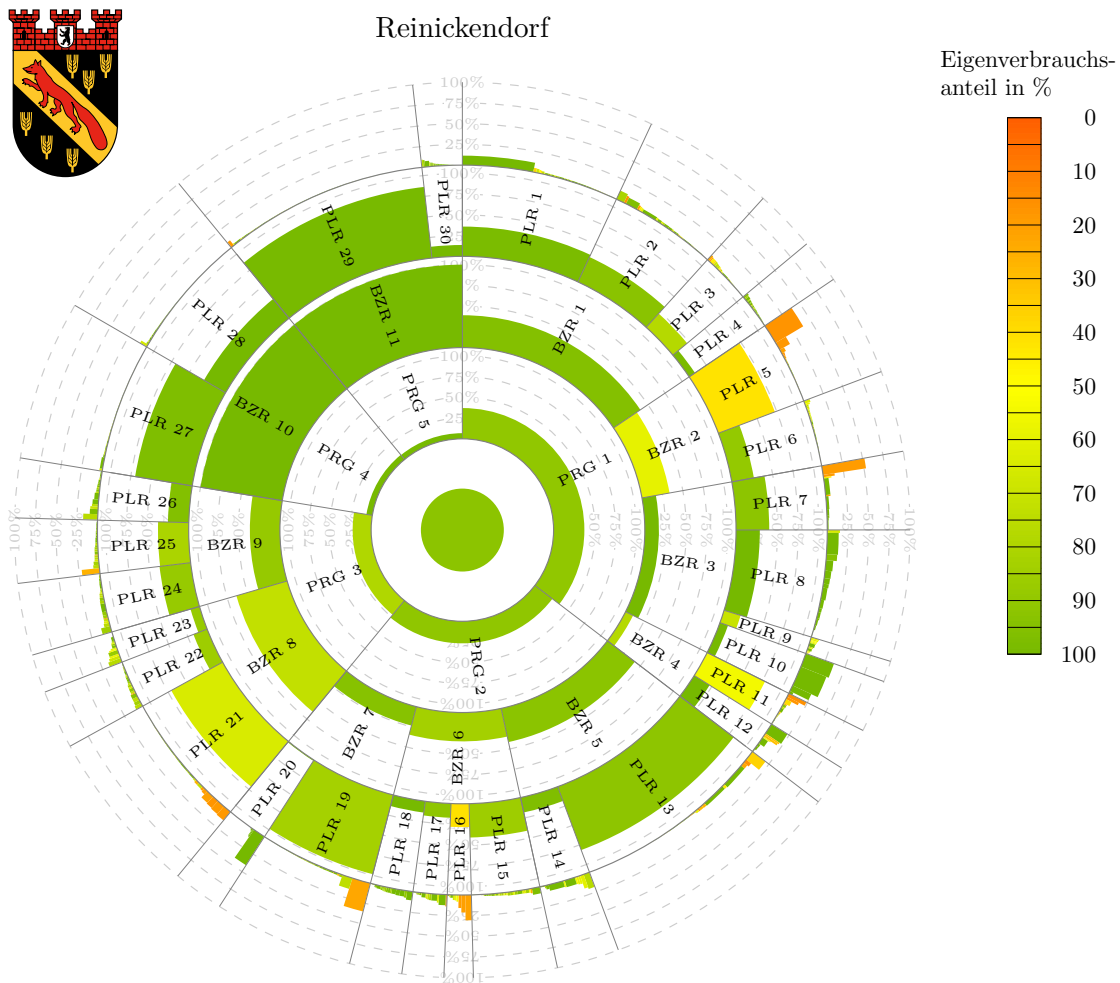


Abbildung 4.10: Simulationsergebnisse des Bezirks Reinickendorf. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

sitzen (teilweise kein Außenradius), aber durch ihr Verbrauchsverhalten den PLR maßgeblich mitbestimmen (breiter Winkel).

Spandau

In Spandau werden pro Jahr 887,9 GWh an elektrischer Energie verbraucht. Dies ist nach Marzahn-Hellersdorf und Neukölln der drittniedrigste Verbrauch der Stadt. Das Erzeugungspotenzial ist mit jährlich etwa 271,8 GWh demgegenüber vergleichsweise hoch (Rang 5). Daraus ergibt sich eine bilanzielle Eigenversorgung von 30,6 %. Auf Bezirksebene kann dabei fast immer eine Abnehmerin für die eigene Erzeugung gefunden werden, sodass sich ein Eigenverbrauchsanteil von insgesamt 85,1 % einstellt. Daraus ergibt sich ein möglicher Autarkiegrad von 26,0 %. Von den insgesamt 2 510 ISU-Blocks kann nur in etwa der Hälfte (1 290) Solarstrom erzeugt werden. Dies liegt an den vielen Flächen des Bezirks, die nicht überwiegend baulich genutzt werden. Diese Grün- und Wasserflächen machen 1 081 ISU-Blocks aus. Von den 166 Blocks, die einen Eigenverbrauchsanteil von 50 % oder weniger haben, sind mit 85 Flächen die Gewerbe- und Industriegebiete erneut besonders stark vertreten. Diese produktionsstarken Blocks finden sich in Abb. 4.11 vor allem in den Planungsräumen PLR 1 (*Freiheit*), PLR 3 (*Eiswerder*), PLR 7 (*Hakenfelde Nord*), PLR 16 (*Stakener Str.*), PLR 17 (*Werkstr.*), PLR 23 (*Borkumer Str.*), PLR 31 (*Motardstr.*) und PLR 33 (*Zitadellenweg*).

Von den oben genannten Planungsräumen finden sich entsprechend auch bis auf den PLR 7 alle unter den Planungsräumen mit den niedrigsten Eigenverbrauchsanteilen. Hierbei heben sich die PLR 33 ($e = 39,4\%$) und PLR 16 ($e = 39,9\%$) von den anderen Planungsräumen ab ($e = 60,3\%$, PLR 31 bis $e = 68,5\%$, PLR 17). Dies liegt an dem günstigen Verhältnis von zur Flächengröße proportionalem Verbrauch (PLR 33: 29,4 GWh, PLR 16: 25,6 GWh) und recht hohem Erzeugungspotenzial (PLR 33: 20,9 GWh, PLR 16: 20,8 GWh). Somit ergeben sich auch hohe Werte für die bilanzielle Eigenversorgung (EV) von 71,1 % und 79,9 %. Die anderen durch Industrie und Gewerbe dominierten Planungsräume bewegen sich im Bereich $EV = 41,1\%$ (PLR 17) bis $EV = 49,6\%$ (PLR 23).

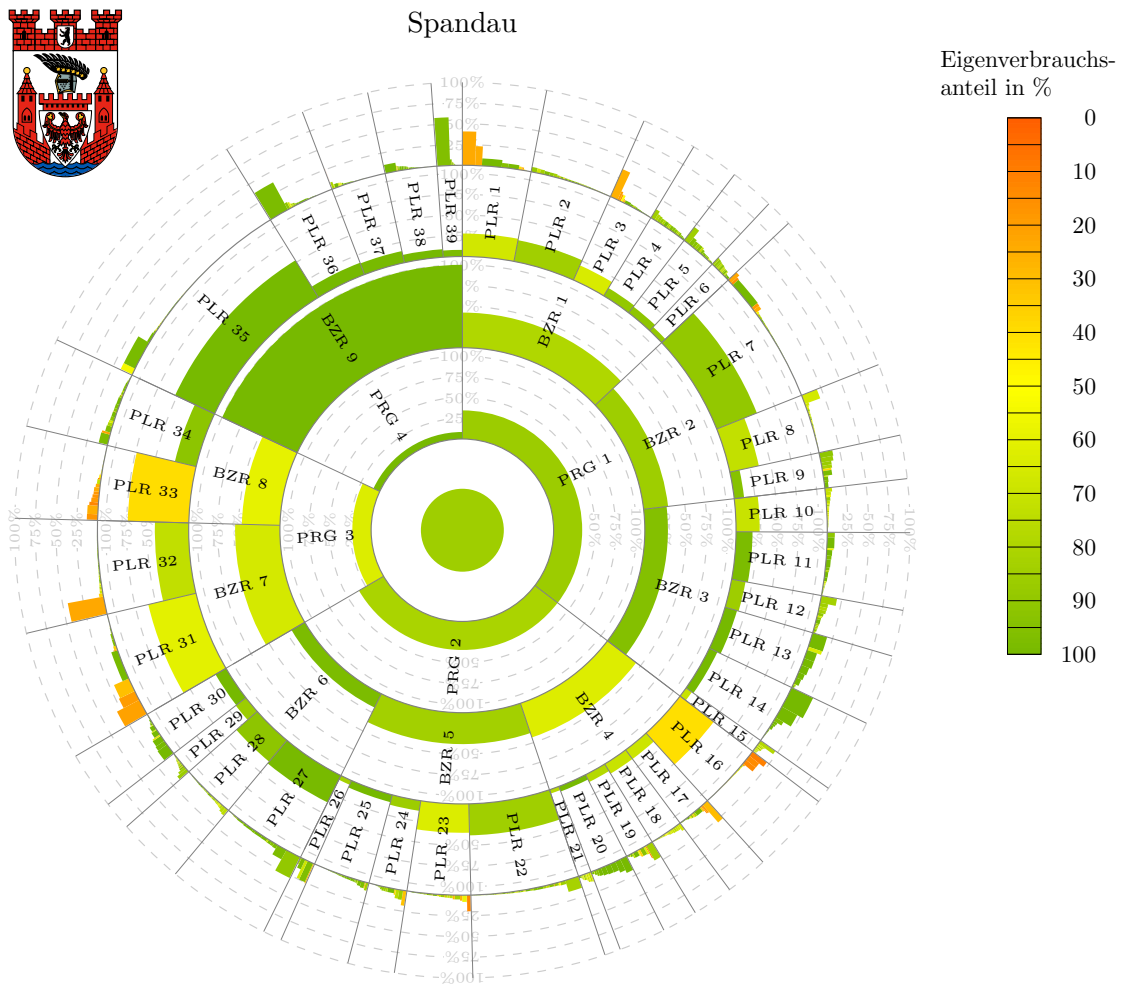


Abbildung 4.11: Simulationsergebnisse des Bezirks Spandau. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Steglitz-Zehlendorf

Der Bezirk Steglitz-Zehlendorf hat einen jährlichen Verbrauch von 1,130 TWh, was überdurchschnittlich ist (Rang 4). Die mögliche Erzeugung liegt mit 249,8 GWh allerdings deutlich darunter ($EV = 22,1\%$). Somit findet fast immer ein direkter Verbrauch des Stroms statt ($e = 97,4\%$). Der mögliche Autarkiegrad liegt dementsprechend bei 21,5 %.

Der *Solaratlas* sieht für 1 750 der insgesamt 2 917 ISU-Blocks eine mögliche Erzeugung von Solarstrom vor. Von diesen erreichen es 93 Blocks nicht, mindestens die Hälfte der Erzeugung vor Ort zu verbrauchen. 32 Blocks entfallen davon auf Gewerbeflächen, weitere 30 auf die Nutzung als Wohnraum. Diese verhältnismäßig niedrigen Zahlen spiegeln sich in der Abb. 4.12 wieder.

Der Planungsraum mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil ist mit $e = 52,8\%$ der PLR 2 (*Goezwerke*). Dieses am Teltowkanal gelegene Gewerbegebiet weist mit seinem Verbrauchsprofil tagsüber nur selten hohe Verbräuche auf, die zeitgleich zur solaren Erzeugung sind. Dadurch kann die bilanzielle Eigenversorgung von theoretisch 25,1 % nur zur Hälfte erreicht werden ($a = 13,2\%$). Durch die relativ hohen Verbräuche im Bezirk erscheint eine weitere Untersuchung der Eigenverbrauchsanteile auf Ebene der Bezirksregionen oder Prognoseräume nicht notwendig.

Werden die erreichbaren Autarkiegrade betrachtet, so finden sich an der Spitze die Planungsräume PLR 18 (*Schütte-Lanz-Str.*), PLR 39 (*Fichtenberg*), PLR 13 (*Lankwitz-Süd*), PLR 32 (*Mittelstr.*), PLR 24 (*Zehlendorf-Eiche*) und PLR 1 (*Schweizer Viertel*). Sie haben Autarkiegrade von 27,2 % (PLR 1) bis 29,1 % (PLR 18) und können zwischen 5,28 GWh (PLR 32) und 11,1 GWh (PLR 1) im Jahr an Solarenergie erzeugen. Dies macht zusammen 20,2 % des Potenzials von Steglitz-Zehlendorf aus. Auf der Verbrauchsseite entsprechen sie mit 123,5 GWh zusammen 12,3 % des Bezirks. In diesen sechs Planungsräumen wohnen mit über 47 000 Einwohnerinnen 15,8 % der Bevölkerung des Steglitz-Zehlendorfs. Dabei ist die Siedlungsstruktur recht heterogen. Während in den PLR 18 und PLR 13 Einfamilienhäuser überwiegen, findet sich in PLR 39 auch *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre*. Im PLR 32 bestimmt hingegen die *Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden*. Im PLR 24 letztlich gibt es neben den Blocks mit Einfamilienhäusern auch einen Bereich, in dem sich ein Gebäudekomplex der *hohen Bebauung der Nachkriegszeit* befindet und von *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* umgeben ist. Selbst in diesen beiden ISU-Blocks ist ein Autarkiegrad von über 30 % zu erreichen.

Für Steglitz-Zehlendorf bleibt es insgesamt eine große Herausforderung, die durch Wohnsiedlungen geprägte Räume im ausreichenden Maße über Solarenergie zu versorgen.

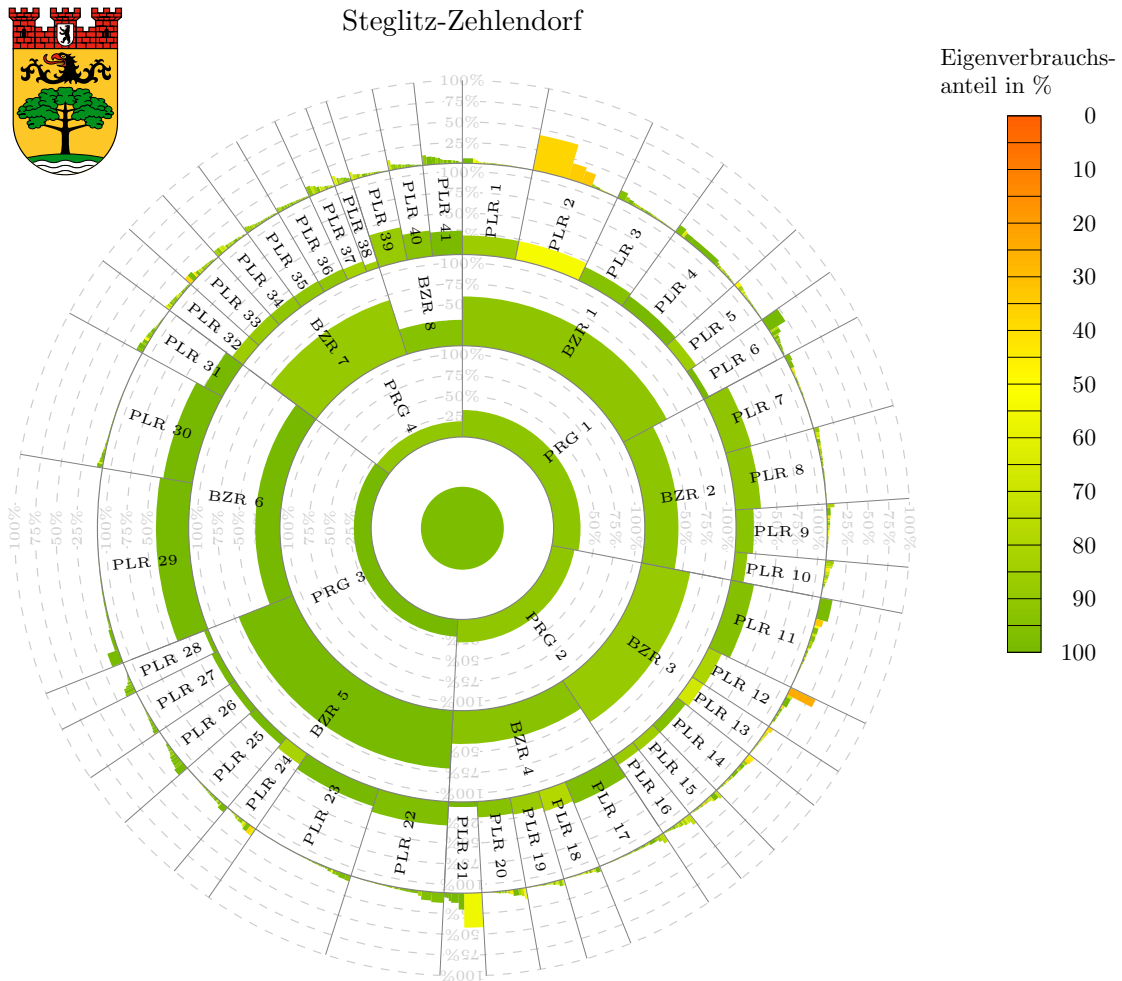


Abbildung 4.12: Simulationsergebnisse des Bezirks Steglitz-Zehlendorf. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Tempelhof-Schöneberg

In Tempelhof-Schöneberg wird mit jährlich 1,394 TWh der dritthöchste Verbrauch Berlins erzielt (10,3%). Diesem Rang entspricht mit 335 624 auch die Zahl der Einwohnerinnen. Obwohl Tempelhof-Schöneberg zu den kleineren Bezirken gehört (Anteil an der Fläche Berlins: 5,7%) können hier mit 332,5 GWh insgesamt 10,4% des Berliner Solarpotenzials erzielt werden. Bei einem Eigenverbrauchsanteil von 95,0% ist ein Autarkiegrad von 22,7% möglich.

Abb. 4.13 stellt die Ergebnisse des Bezirks dar. In 1 353 der 1 733 Blocks des Bezirk ist eine Erzeugung von Solarstrom möglich. Davon verbraucht der Großteil der Blocks die Produktion direkt vor Ort. Bei insgesamt 137 Blocks liegt der Eigenverbrauchsanteil bei 50% oder weniger. Davon entfallen 96 auf Gewerbe- und Industriegebiete und 24 auf Wohnnutzung.

Der Planungsraum mit dem geringsten Eigenverbrauchsanteil von 45,3% ist PLR 4 (*Lindenhofsiedlung*). Hierbei handelt es sich um ein sehr großes Gewerbegebiet, dem sich einige Wohnblocks anschließen. Die Produktion auf den vielen Flachdächern könnte bis zu 10,4 GWh im Jahr erreichen. Der Verbrauch ist mit 18,6 GWh gemessen an den anderen Planungsräumen des Bezirks relativ gering. Daraus resultiert eine bilanzielle Eigenversorgung von 55,9%. Wegen des niedrigen Eigenverbrauchsanteils ergibt sich allerdings nur ein Autarkiegrad von 25,3%.

Benachbart zum PLR 4 liegt der PLR 2 (*Manteuffelstr.*). Dieser beherbergt mit seiner *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* und der *Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden* die typischen Berliner Altbauten. Auf den verwinkelten Dächern lassen sich zwar immerhin 18,2 GWh Energie jährlich erzeugen, der Verbrauch ist allerdings mit 74,6 GWh deutlich höher. Somit werden die Überschüsse des PLR 4 verbraucht, was zu einem Eigenverbrauchsanteil von 86,4% auf Ebene der BZR 1 (*Tempelhof*) führt.

Auch der zweite Planungsraum, der weniger als die Hälfte der Erzeugung zeitgleich verbrauchen kann, ist hauptsächlich durch Gewerbe geprägt. Bei einer Erzeugung von 15,5 GWh erreicht der PLR 14 (*Marienfelde Nordost*) nur einen Eigenverbrauchsanteil von 49,8%.

Werden die erreichten Autarkiegrade betrachtet, so fallen die Planungsräume PLR 17 (*Alt-Lichtenrade/Töpchiner Weg, a = 30,5%*), PLR 5 (*Germaniagarten, a = 29,4%*), PLR 11 (*Imbrosweg, a = 25,6%*) und PLR 22 (*Wittelsbacherstr., a = 28,2%*) auf. Während die ersten beiden PLR sowohl Gewerbeflächen als auch Wohnflächen beinhalten, bestehen die letzten beiden PLR fast vollständig aus Wohnblocks. Dabei ist die Siedlungsstruktur durchaus unterschiedlich. In PLR 17 und PLR 22 dominiert die *niedrige Bebauung mit Hausgärten*, während in PLR 5 die *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* bestimmend ist. In PLR 11 gibt es neben den Einfamilienhäusern auch *Zeilenbebauung seit den 50er Jahren*. Die dadurch insgesamt über 18 500 mit Solarstrom versorgten EW entsprechen dabei allerdings nur 5,5% der Bevölkerung des Bezirks.

Für Tempelhof-Schöneberg ergibt sich somit ebenfalls, dass die zum Teil recht großen PV-Potenziale in ihrer Summe nur begrenzt die eigene Bevölkerung versorgen können.

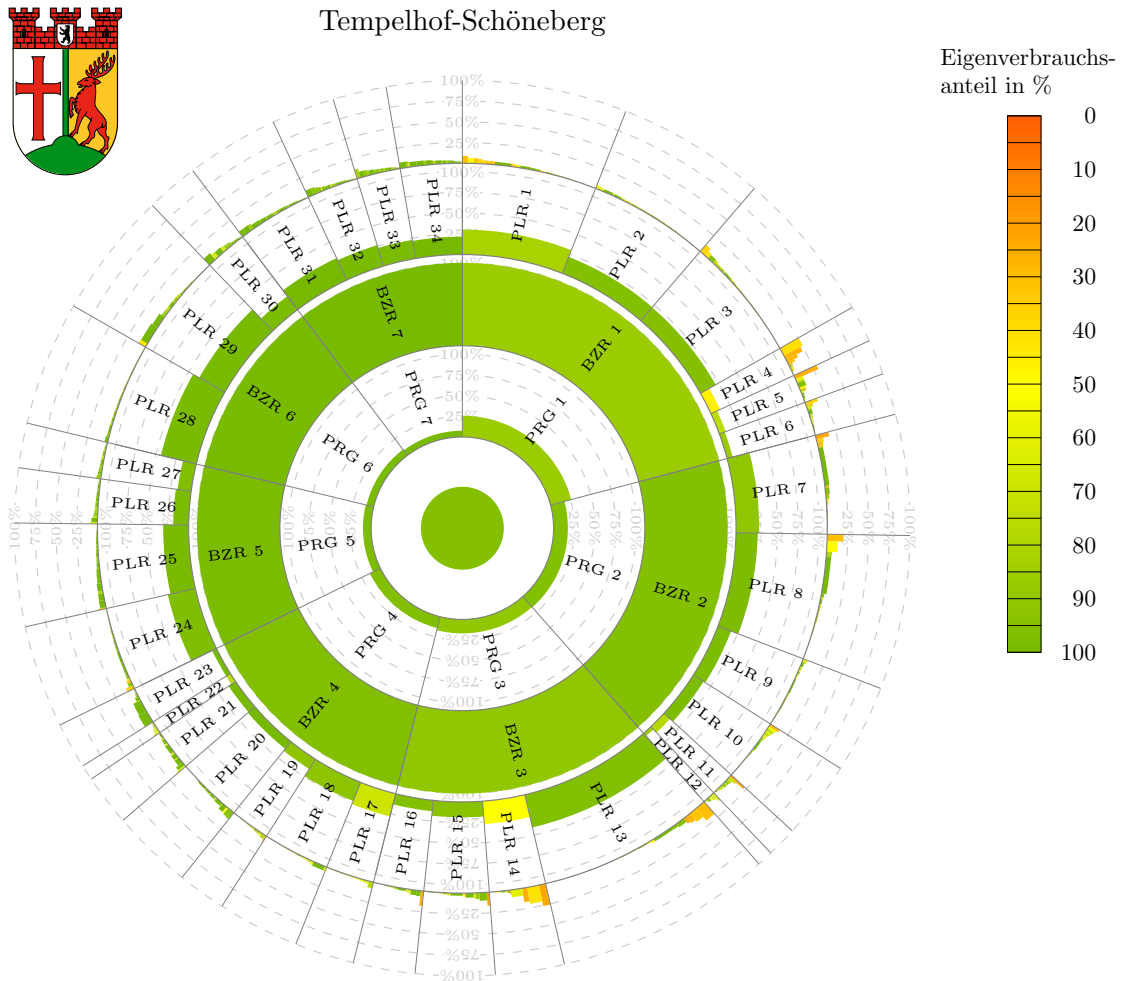


Abbildung 4.13: Simulationsergebnisse des Bezirks Tempelhof-Schöneberg. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

Treptow-Köpenick

Der Jahresverbrauch von Treptow-Köpenick liegt bei 859,9 GWh. Dies ist der drittniedrigste Wert der Berliner Bezirke (entspricht 6,3 %). Auf der Erzeugungsseite kann mit 309,2 GWh der dritthöchste Wert Berlins erzielt werden. Dies führt zunächst zu einer bilanziellen Eigenversorgung von 36,0 %. Da die Gleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage allerdings nicht immer gegeben ist ($e = 79,0\%$), ergibt sich ein möglicher Autarkiegrad von 28,4 % (Rang 4).

Treptow-Köpenick ist mit fast 20 % der Fläche Berlins mit Abstand der größte Bezirk. Gleichzeitig wohnen nur 248 857 Einwohnerinnen auf dieser Fläche. Dies drückt sich auch in den zur Simulation genutzten ISU-Blocks aus. Von insgesamt 3 462 Blocks gehören 1 283 keiner Bauart an. Es handelt sich dabei also um Grün- oder Wasserflächen. Von den restlichen 2 179 Blocks kann in 1 986 Solarstrom erzeugt werden. Von diesen erreichen mit insgesamt 537 Blocks herausragend viele Blocks keinen Eigenverbrauchsanteil von über 50 %. Mit 315 Blocks entfällt davon ein Großteil auf die Wohnnutzung. Von dieser wiederum sind 272 Blocks vom Stadtstrukturtyp *niedrige Bebauung mit Hausgärten*. 151 der Blocks, die die hohen Stromüberschüsse erzielen, entfallen auf *Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel*.

In Abb. 4.14 lassen sich die vielen Gewerbeblocks erkennen. Sie fallen durch große relative Anteile an der Solarproduktion des jeweiligen Planungsraumes und gleichzeitig einen geringen Eigenverbrauchsanteil auf. Diese befinden sich vor allem in den Planungsräume PLR 3 (*Adlershof Ost*), PLR 6 (*Oberspree*), PLR 7 (*Kölln. Vorstadt*) und PLR 16 (*Johannisthal Ost*). Letzterer hat mit 51,9 % den zweitniedrigsten Eigenverbrauchsanteil des Bezirks.

Auch im PLR 4 (*Adlershof West*) finden sich große Gewerbegebiete. Hier wird der niedrigste Eigenverbrauchsanteil von 49,3 % erzielt. Im Gegensatz zum benachbarten PLR 3 ($e = 71,7\%$) findet sich hier mit nur 505 gemeldeten EW kaum Haushalte, die zu einem ausgeglichenen Lastprofil beitragen können.

Weitere Planungsräume mit unbefriedigenden Eigenverbrauchsanteilen sind PLR 12 (*Bohnsdorf*, $e = 54,6\%$) und PLR 9 (*Dorf Altglienicke*, $e = 56,1\%$). Wie die Namen schon vermuten lassen, handelt es sich bei diesen benachbarten Gebieten hauptsächlich um Wohnsiedlungen. Die Blocks des Stadtstrukturtypen *niedrige Bebauung mit Hausgärten* nehmen über die Hälfte der Fläche dieser beiden Planungsräume ein. Die theoretisch mögliche bilanzielle Eigenversorgung von fast 60 % wird aufgrund des Lastprofils nicht erreicht. Die Autarkiegrade der PLR sind demzufolge 33,6 % (PLR 9) und 31,9 % (PLR 12). Obwohl in den PLR nur etwa 24 500 Menschen leben, macht dies anteilig am Bezirk bereits 9,8 % aus. Der Verbrauch von 72,0 GWh entspricht dabei 8,4 % des Bezirks.

Treptow-Köpenick hat mit seiner über weite Teile recht geringen Einwohnerinnen-Dichte eine gute Ausgangslage, seine Bevölkerung mit Energie zu versorgen. Allerdings bleibt die Abstimmung der Nachfrage an das Angebot ein kritischer Punkt.

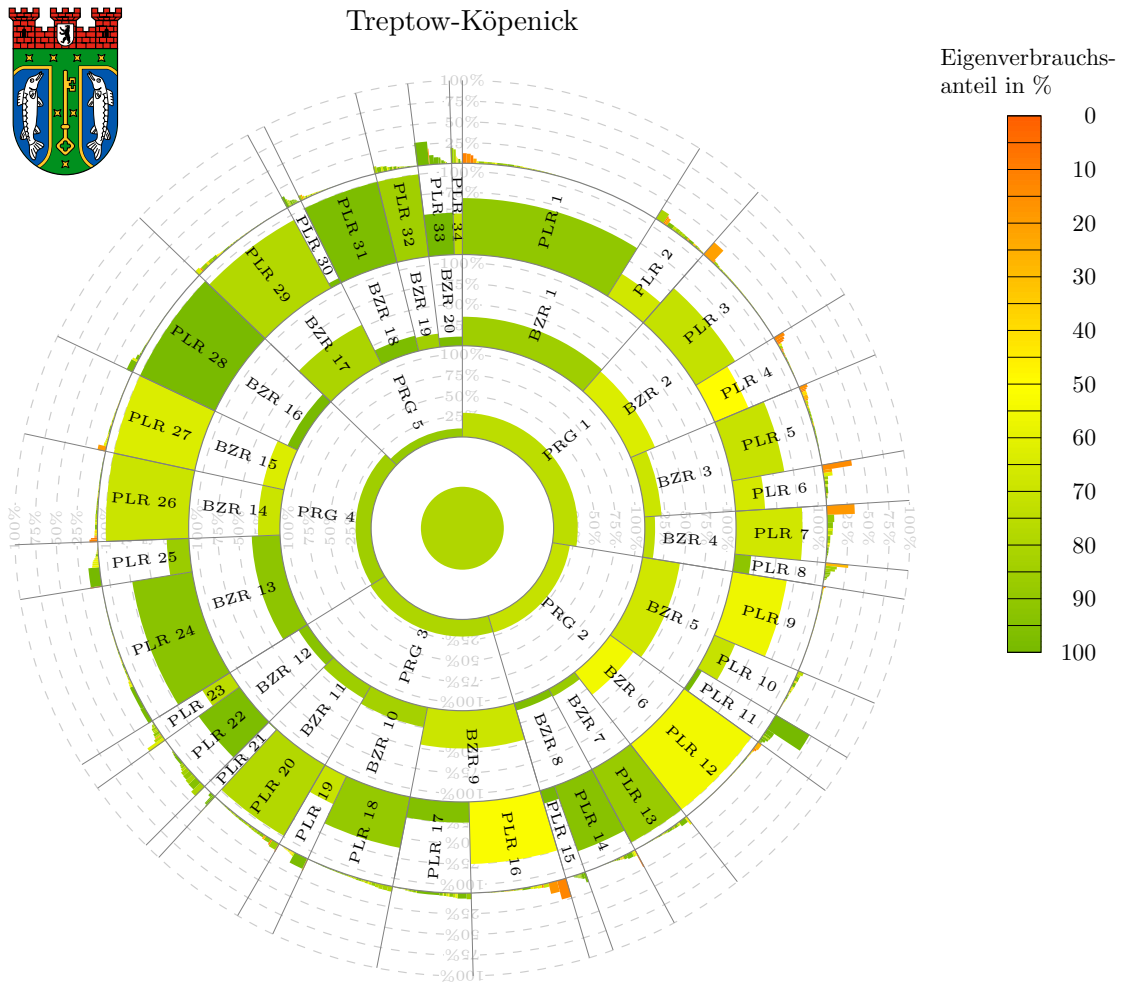


Abbildung 4.14: Simulationsergebnisse des Bezirks Treptow-Köpenick. Anteil am Stromverbrauch als Winkel, Anteil an der Stromerzeugung der nächst höheren Ebene als Außenradius und Eigenverbrauchsanteil als Farbgebung. Eigene Darstellung.

4.4 zusammenfassende Betrachtungen

In den vorherigen Kapiteln wurde die genannten Bewertungskriterien *bilanzielle Eigenversorgung*, *Eigenverbrauchsanteil*, und *Autarkiegrad* entlang der Grenzen der *Lebensweltlich orientierte Räume* bezirkswise untersucht. In diesem Kapitel sollen Berlin übergreifende Unterscheidungskriterien herangezogen werden.

Zunächst wird der verteilende Effekt von lokalen Überschüssen bei der Verwendung der LOR für ganz Berlin summiert betrachtet. Anschließend werden die Blocks anhand ihrer Flächennutzung sowie nach dem Stadtstrukturtyp klassifiziert untersucht.

Die Abb. 4.15 liefert die statistische Verteilung der Eigenverbrauchsanteile aller Blocks, denen sowohl Stromerzeugung als auch -verbrauch zugewiesen wurde (insgesamt 16 206 ISU-Blocks). Ferner sind die Eigenverbrauchsanteile der 447 Planungsräume, 138 Bezirksregionen, 60 Prognoseräume und der 12 Bezirke aufgetragen. In diesen *Boxplots* (Kastengrafiken) markiert das obere Ende eines Rechtecks jeweils den Wert des oberen Quartils (75 % der Werte sind gleich oder darunter) und das untere Ende zeigt entsprechend das untere Quartil an (25 % der Werte sind gleich oder niedriger). Die Linie in der Mitte zeigt den Median an (50 %-Wert) und die beiden Antennen zeigen jeweils den höchsten und den niedrigsten Wert. Mit einer Raute markiert ist zusätzlich der arithmetische Mittelwert.

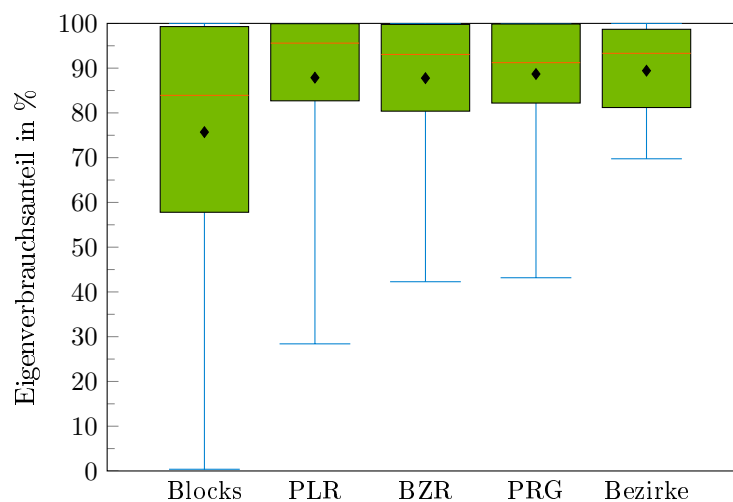


Abbildung 4.15: Verteilung der erreichten Eigenverbrauchsanteile. Eigene Darstellung.

Die Grafik veranschaulicht, dass sich der Eigenverbrauchsanteil verbessert, wenn die solaren Überschüsse nicht nur innerhalb des Blocks verbraucht werden, sondern innerhalb des gesamten Planungsraumes verteilt werden. Die Lage des Minimums verlagert sich dabei von knapp über Null bei den Blocks auf 28,4%. Auch das untere Quartil der PLR liegt mit 82,7% deutlich über dem der Blocks (57,8%). Somit verschiebt sich der Median auf 95,59%. Dies bedeutet also: Die

Hälfte aller Planungsräume kann Eigenverbrauchsanteile von über 95 % aufweisen, mehr als drei Viertel liegen immernoch bei 82 % oder mehr.

Bei der Umverteilung der Stromüberschüsse vom Planungsraum zur Bezirksregion steigt das Minimum des Eigenverbrauchsanteils sogar auf 42,28 %. Allerdings ändert dies an der Verteilung der meisten Werte nur wenig: Drei Viertel der Bezirksregionen verbraucht über 80,39 % des vor Ort erzeugbaren Solarstroms.

Auf der nächst höheren Ebene bleiben die Werte praktisch unverändert. Die Eigenverbrauchsanteile sind weiterhin sehr hoch. Der geringe Unterschied zwischen PLR und BZR beziehungsweise zwischen BZR und PRG mag auch daran liegen, dass diese statistischen Einteilung zuweilen räumlich deckungsgleich sind.

Die Eigenverbrauchsanteile auf Bezirksebene sind wie bereits geschildert allesamt sehr hoch. Zum niedrigsten Wert führten in dieser Simulation die dem Bezirk Marzahn-Hellersdorf zugewiesenen Lastprofile. Dem steht allerdings auch der beste Autarkiegrad gegenüber.

Es bleibt jedenfalls festzuhalten, dass der Großteil der solaren Überschüsse im Bereich des direkten Umfeldes der entsprechenden Häuserblocks verbraucht werden kann.

In gleicher Weise wie die Eigenverbrauchsanteile sind in Abb. 4.16 die erreichten Autarkiegrade dargestellt.

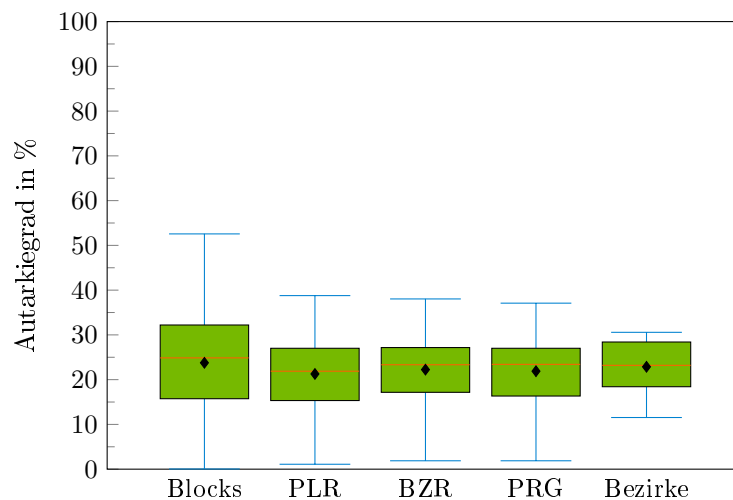


Abbildung 4.16: Verteilung der erreichten Autarkiegrade. Eigene Darstellung.

Die Autarkiegrade verhalten sich erwartungsgemäß entgegengesetzt zu den Eigenverbrauchsanteilen. Während einzelne Blocks noch Autarkiegrade von über 50 % erreichen (Maximum: 52,56 %), liegt die Hälfte der Blocks³ in einem Bereich von 15,74 % bis 32,21 %. Viele Blocks, die sich selbst schon in erheblichen Maße selbst versorgen können, erreichen durch eine summierte Betrachtung innerhalb der Grenzen der LOR insgesamt geringere Autarkiegrade. Die zusätzlichen Lasten sind größer als die zusätzliche Erzeugung.

Auf Ebene der Planungsräume ergeben sich deshalb etwas geringere Werte. Der Mittelwert liegt bei 21,27 % und der Median bei 21,89 %. Dem nähern sich durch den Ausgleich von solarer Erzeugung und Stromnachfrage die Autarkiegrade der Planungsräume an. Das untere Quartil liegt bei 15,33 % und das obere Quartil bei 27,01 %. Der höchste Wert wird bereits mit 38,78 % erreicht, der geringste Autarkiegrad eines PLR liegt bei gerade einmal 1,1 %.

An diesen Randwerten ändert sich auf der Ebene der Bezirksregionen und der Prognoseräume nicht viel. Erst auf der Ebene der Bezirke fällt eine weitere Verjüngung auf den Mittelwert von 22,87 % auf.

Abschließend wird in Abb. 4.17 die bilanzielle Eigenversorgung aufgeführt. Dabei erreichen etliche Blocks Werte von über 100 %. Diese werden aus Darstellungsgründen durch die oben offene Antenne nur angedeutet.

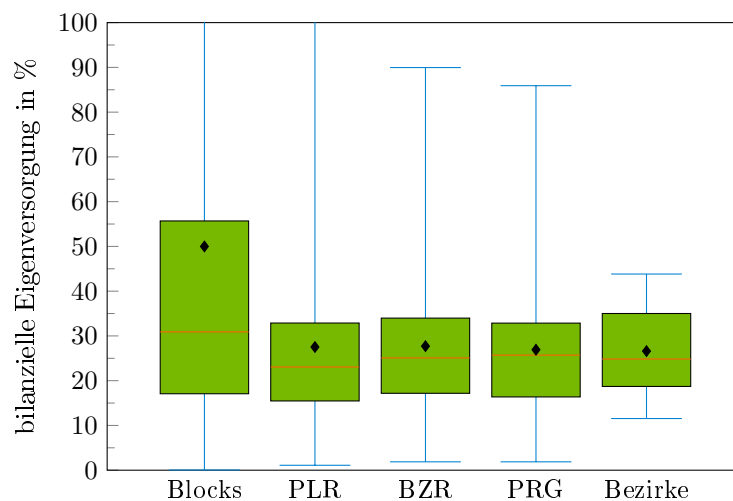


Abbildung 4.17: Verteilung der erreichten bilanziellen Eigenversorgung. Eigene Darstellung.

Die bilanzielle Eigenversorgung entspricht in ihrer Tendenz dem Verlauf der Autarkiegrade. Allerdings werden hier deutlich höhere Maxima erreicht. Dies liegt zum Einen an der Vernachlässigung der zeitlichen Dimension von Erzeugung und Verbrauch, zum Anderen an der Definition dieser Kennzahl. Dennoch ist die Analyse dieser Werte interessant, da sie im Gegensatz zur räumlichen Verteilung auf höhere statistische Ebenen das Potenzial von Technologien wie Batteriespeichern oder Lastmanagement aufzeigt.

Bei optimaler Ausnutzung der Solarstrahlung kann ein Viertel der simulierten Blocks, die über ein PV-Potenzial verfügen, sich selbst zu mehr als der Hälfte mit Strom versorgen (oberes Quartil: 55,69 %). Der Median liegt immernoch bei knapp einem Drittel (30,9 %). Wie in den vorangegangenen Kapiteln dargestellt, handelt es sich hierbei häufig um Blocks mit Einfamilienhausgebieten.

³Hierbei sei betont, dass die 8 755 Blocks gänzlich ohne PV-Potenzial in diese Statistik nicht mit eingehen. Etwa ein Drittel der ISU-Blocks wird also nur in den Daten der Planungsräume und höheren Ebenen repräsentiert.

Werden die übergeordneten Ebenen betrachtet, so verkleinert sich die Bandbreite zwischen oberem und unterem Quartil auf den Bereich zwischen 15,47 % und 32,88 % bei den PLR. Der höchste Wert liegt bei 122,32 %. Es gibt insgesamt fünf Planungsräume, die mehr Energie erzeugen können, als sie verbrauchen.

Der Median und die Quartile bleiben auch bei den Bezirksregionen, den Prognoseräume und letztlich bei den Bezirken in etwa diesem Bereich.

In Abb. 4.18 sind erneut die Autarkiegrade dargestellt. Hier sind die Blocks nun aber nicht nach den hierarchischen Ebenen der LOR gruppiert, sondern nach ihrer Einteilung in *bauliche Nutzungen*. Die acht Kästen der Abbildung entsprechen dabei in ihrer Nummerierung der Tabelle 4.1. Hohe Autarkiegrad lassen sich für die Baunutzungen 6, 7 und 8 feststellen. Baunutzung 6 sind *Verkehrsflächen*. Diesen wurde lediglich im Rahmen der Verteilung von Reststrommengen ein Energieverbrauch zugewiesen. Demzufolge sind die Aussagen der Simulation hier unrealistisch. Bei der Gruppe 7 handelt es sich um *Wochenendhäuser und kleingartenähnliche Nutzungen*. Auch hier ist die Datenlage sicherlich schwierig, da die Zahl der gemeldeten Personen ausschlaggebend für die Annahmen zum Stromverbrauch waren. Da in Kleingartenanlagen grundsätzlich niemand (das ganze Jahr) wohnt, sind entsprechend wenige oder keine EW für diese Flächen hinterlegt.

Anders verhält es sich bei der letzten angesprochenen Baunutzung. Die Gruppe 8 fasst sämtliche *Wohnnutzungen* zusammen. Hier liegen die durchschnittlichen Autarkiegrade bei 26,23 %. Der Bereich zwischen oberem Quartil und unterem Quartil liegt bei 20,97 % bis 33,24 %. Für die meisten Wohnblocks war also ein Autarkiegrad von über einem Drittel nicht zu erreichen. Allerdings kann die Hälfte der Blocks immerhin ein Fünftel ihres Strombedarfs über eigene Dachflächen decken.

In Tabelle 4.1 wird die Bedeutung dieser Baunutzung deutlich: Ein Großteil aller im *Informationssystem Stadt und Umwelt* verzeichneten Blocks wird durch Wohnnutzung geprägt. Von den Blocks, die Dachflächen für Solaranlagen haben, machen sie sogar 68,95 % aus. Deshalb erscheint hier eine genauere Untersuchung sinnvoll.

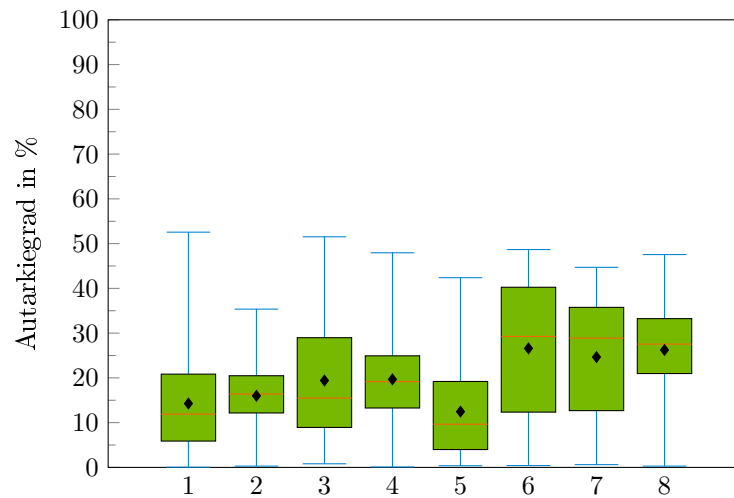


Abbildung 4.18: Verteilung der erreichten Autarkiegrade nach Flächennutzung. Die Nummerierung entspricht Tabelle 4.1. Eigene Darstellung.

Tabelle 4.1: Baunutzungen der simulierten Flächen

Baunutzung		Flächen		Fläche		EW	
Nr.	Name	Anzahl	Anteil	in 1 000 m ²	Anteil	Anzahl	Anteil
1	Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen	1 984	12,63%	71 452	16,73%	90 065	2,55%
2	Gewerbe- und Industrienutzung, großflächiger Einzelhandel	1 195	7,61%	55 655	13,04%	36 396	1,03%
3	Kerngebietsnutzungen	278	1,77%	4 746	1,11%	29 569	0,84%
4	Mischnutzung	883	5,62%	20 301	4,75%	319 823	9,05%
5	Ver- und Entsorgungseinrichtungen	100	0,64%	6 198	1,45%	1 771	0,05%
6	Verkehrsflächen	285	1,81%	27 525	6,45%	3 245	0,09%
7	Wochenendhäuser und kleingartenähnliche Nutzungen	152	0,97%	7 756	1,82%	6 760	0,19%
8	Wohnnutzung	10 832	68,95%	233 329	54,65%	3 044 775	86,20%

In Abb. 4.19 sind die elf *Stadtstrukturtypen*, die bei der baulichen Nutzung *Wohnnutzung* vorkommen, nebeneinander dargestellt. Die Nummerierung entspricht dabei der Tabelle 4.2. Zwischen einzelnen Kategorien gibt es deutliche Unterschiede. So stechen vor allem die beiden Gruppen 9 (*dörfliche Bebauung*) und 11 (*niedrige Bebauung mit Hausgärten*) durch ihren relativ hoch liegenden Median hervor (35,14% und 32,09%). Während in der *dörflichen Bebauung* nur ca. 20 000 Menschen leben, macht die *niedrige Bebauung mit Hausgärten* mit über 460 000 schon einen größeren Teil der Berliner Bevölkerung aus. Dieser Stadtstrukturtyp prägt weite Teile der Stadt und wurde bereits bei einigen Bezirken bei der Betrachtung der Planungsräume erwähnt. Hier liegt also die Chance, jede siebte Berlinerin mit Solarstrom zu versorgen.

Ein weiterer Typ ist die *Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre* (Gruppe 3). Gebäude dieser Art belegen einerseits nur 6,84% der mit Solarstrom versorgten Fläche Berlins. Andererseits beherbergen sie durch die hohe bauliche Dichte 10,89% der Bevölkerung. Von diesen Wohnblocks hat die Hälfte einen Autarkiegrad von 25,87% bis 32,23% erreicht.

Als für PV-Dachanlagen ungeeignet stellt sich die Gruppe 10 heraus. Die *hohe Bebauung der Nachkriegszeit* stellt den Wohnraum für über 600 000 Menschen in Berlin dar. Die durch Solarenergie erreichten Autarkiegrade liegen dabei für die Hälfte der Blocks bei 8,7% bis 18,8%. Dies ist der niedrigste Wert für Wohnblocks.

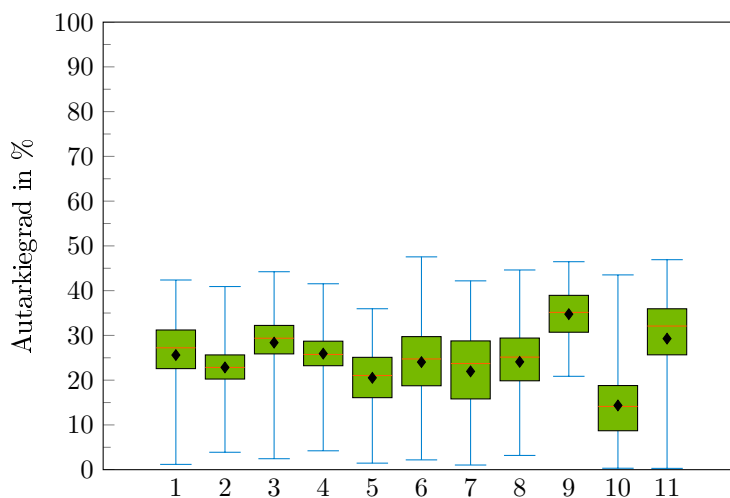


Abbildung 4.19: Verteilung der erreichten Autarkiegrade der Wohnnutzungen. Die Nummerierung entspricht Tabelle 4.2. Eigene Darstellung.

[H]

Tabelle 4.2: Stadtstrukturtypen der Wohnnutzungen

Stadtstrukturtyp		Flächen		Fläche		EW	
Nr.	Name	Anzahl	Anteil	in 1 000 m ²	Anteil	Anzahl	Anteil
1	Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung	324	2,99%	8 880	3,81%	68 903	2,26%
2	Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern	985	9,09%	15 014	6,43%	628 409	20,64%
3	Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er Jahre	935	8,63%	15 957	6,84%	331 567	10,89%
4	Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden	528	4,87%	8 358	3,58%	191 123	6,28%
5	Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen	355	3,28%	6 102	2,62%	195 801	6,43%
6	Siedlungsbebauung der 90er Jahre	309	2,85%	4 914	2,11%	93 283	3,06%
7	Villenbebauung mit parkartigen Gärten	595	5,49%	13 626	5,84%	67 014	2,20%
8	Zeilenbebauung seit den 50er Jahren	822	7,59%	24 387	10,45%	379 496	12,46%
9	dörfliche Bebauung	92	0,85%	3 285	1,41%	11 984	0,39%
10	hohe Bebauung der Nachkriegszeit	674	6,22%	23 341	10,00%	608 871	20,00%
11	niedrige Bebauung mit Hausgärten	5 213	48,13%	109 465	46,91%	468 324	15,38%

Kapitel 5

Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit dient der räumlich und zeitlich aufgelösten Simulation des Stromverbrauchs von Berlin und stellt dieser eine potentiellen Erzeugung von Solarstrom gegenüber. Dazu wurden unterschiedliche Datenquellen aufgearbeitet und in einer gemeinsamen Datenbank zusammengeführt. Die verwendeten Algorithmen der Simulationsrechnung nahmen eine Unterteilung des Energiebedarfs der Stadt in ca. 25 000 (Häuser-)Blocks und 35 040 Zeitschritte (Viertelstunden-Werte eines Jahres) vor. Gleichzeitig wurden die Dachflächenpotenziale für PV-Anlagen dieser Blocks aggregiert und Erzeugungs-Profilen aus Einstrahlungszeitreihen berechnet.

Die Simulationsrechnung bestimmte für jeden Block die Profile für Verbrauch, Erzeugung und den daraus resultierenden Direktverbrauch. Für den Fall, dass die Erzeugung höher ist als der Verbrauch ergibt sich ein (lokaler) Stromüberschuss. Dieser wurde in Form des Eigenverbrauchsanteils zunächst auf Blockebene bestimmt. In einem weiteren Schritt wurden die Profile aller Blocks eines Planungsraums summiert und der Eigenverbrauchsanteil dieses Planungsraums berechnet. Daraus lässt sich eine Aussage darüber treffen, inwieweit die umliegenden Blocks zur Verminderung von Überschüssen beitragen können – beziehungsweise inwieweit die Überschüsse zur Deckung des Stromverbrauchs dieser Blocks verwendet werden können. Diese Berechnungen wurden auch auf höheren organisatorischen Ebenen durchgeführt.

Bei der Betrachtung der zwölf Berliner Bezirke sind wiederkehrende Muster aufgefallen. Diese begründen sich in der Siedlungsstruktur der jeweiligen *Lebensweltlich orientierte Räume*. Deshalb wurde anschließend eine bezirksübergreifende Untersuchung anhand der baulichen Nutzung aller Berliner Blocks unternommen. Die Wohnblocks, die einen großen Teil dieser Blocks ausmachen, wurden anschließend entsprechend der *Stadtstrukturtypen* unterteilt, um die in den Bezirken beobachteten Muster herauszustellen.

Insgesamt lässt sich für Berlin festhalten, dass – selbst bei der vollständigen Ausnutzung der vielen einzelnen Dachflächen der Stadt – insgesamt weniger als ein Viertel des Energiebedarfs

durch Solarstrom gedeckt werden kann. Dieses Potenzial auszunutzen bleibt die Herausforderung für die Versorgung der Stadt mit erneuerbaren Energien.

5.2 Kritik und Ausblick

Die für die Simulation getroffenen Annahmen können in künftigen Simulationen verändert werden. In diesem Kapitel sollen dazu Anregungen gegeben werden.

Zunächst bleibt festzuhalten, dass sich sämtlich PV-Potenziale aus dem Solaratlas abgeleitet haben. Eine kritische Würdigung von den darin getroffenen Rahmenbedingungen erscheint sinnvoll. So wurde zum Beispiel die Mindestflächengröße für PV-Anlagen auf 15 m^2 bei Schrägdächern festgelegt. Dennoch gibt es sicherlich viele Anwendungsfälle, wo auch auf kleineren Flächen sinnvoll Solarenergie erzeugt und genutzt werden kann. Anwendungen wie Eigenversorgung in Kleingärten oder solar betriebene Straßenlaternen sind also vom Solaratlas nicht vorgesehen.

Ein anderer Punkt zur Verbesserung der Simulation liegt in der Verteilung der Lastprofile. Einerseits können hier durch eine Verknüpfung der Informationen aus den vielen Datenbanken der SenStadtUm genauere lokale Verbrauchsprofile für die Haushalte erstellt werden. Neben Daten zur Anzahl der Personen pro Haushalt könnten auch Aspekte wie Alters- oder Sozialstruktur aufgenommen werden. Auf jeden Fall erscheint es sinnvoll, die Stadtstrukturtypen mit einzubeziehen: Der Verbrauch von 100 Personen in Einfamilienhäusern unterscheidet sich von demjenigen, den 100 Personen in Wohnhochhäusern haben.

Andererseits ergaben die Lastprofile der Gewerbeflächen oft relativ geringe Verbräuche tagsüber. Hier gilt es, konkrete Profile zu ermitteln, um die Verwendung von skalierten Standardlastprofilen zu validieren.

Desweiteren ergaben sich besonders nachts große Differenzen zwischen dem durch Standardlastprofile prognostizierten Verbrauch und den Messwerten. Bei der Umverteilung dieser Restlast ergaben sich zum Teil hohe nächtliche Verbrauchsspitzen, die nicht dem normalen Verbrauchsprofil entsprechen.

Ein anderer Aspekt sind die durch das System der LOR vorgegebenen Räume. Für die Untersuchung von Verbrauchscharakteristika sind die 447 Planungsräume zu unterschiedlich zusammengesetzt. Untersuchungen anhand der baulichen Nutzung scheinen zielführender. Ferner sind die Grenzen für Analysen der Verteilung von Stromüberschüssen nicht angebracht. Im Extremfall liegen zwei Blocks räumlich direkt nebeneinander, sind aber anhand der politischen Aufteilung der Stadt in Bezirke unterschiedlichen Regionen zugewiesen. Würde einer dieser Blocks einen Stromüberschuss produzieren während der andere einen Bedarf hat, liefert die Bezirksgrenze eine fiktive Schranke zum Ausgleich des Energiebedarfs. Physikalisch jedoch verhält sich der elektrische Strom weder politisch noch entsprechend den Sozialstatistiken, sondern fließt entlang der technischen Netzinfrastruktur. Diese gilt es, in präziseren Simulationen zu berücksichtigen; hier sollten zumindest umfangreiche Annahmen diesbezüglich getroffen werden.

Letztlich bleibt diese Simulation eine Berechnung, die von einem fiktiven Ausbau der Photovoltaikleistung ausgehen. In der Realität stehen viele Aspekte – wie die Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichern für Einfamilienhäuser, die komplizierte rechtliche Lage bei Eigenverbrauch im

Bereich von Mietshäusern oder die erforderlichen kurzen finanziellen Amortisationszeiten bei Gewerbebetrieben – einem vollständigen Erreichen der Potenziale im Wege.

Anhang A

Simulationsergebnisse

Ergebnisse der Berliner Bezirke

Tabelle A.1: Bezirksergebnisse

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Charlottenburg- Wilmersdorf	04	254 201	1 753 711	14,49	99,98
2	Friedrichshain-Kreuzberg	02	152 798	998 235	15,30	99,98
3	Lichtenberg	11	226 535	954 881	22,44	94,60
4	Marzahn-Hellersdorf	10	228 574	521 456	30,57	69,75
5	Mitte	01	272 414	2 360 757	11,54	100,00
6	Neukölln	08	252 861	742 286	28,42	83,44
7	Pankow	03	383 659	1 007 806	29,33	77,04
8	Reinickendorf	12	251 850	975 920	23,75	92,01
9	Spandau	05	271 796	887 948	26,04	85,08
10	Steglitz-Zehlendorf	06	249 774	1 129 623	21,53	97,38
11	Tempelhof-Schöneberg	07	332 477	1 394 258	22,65	94,98
12	Treptow-Köpenick	09	309 192	859 855	28,39	78,96

Ergebnisse des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf

Tabelle A.2: PLR des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Ernst-Reuter-Platz	04030623	7 589	58 392	12,99	99,97	1
2	Spreestadt	04030621	7 044	43 230	15,16	93,04	1
3	Richard-Wagner-Straße	04030622	5 868	32 862	17,83	99,86	1
4	Alt-Lietzow	04030620	4 372	27 656	15,80	99,98	1
5	Klausenerplatz	04030416	5 833	28 327	20,30	98,57	2
6	Schloßstraße	04030417	5 472	27 315	19,87	99,21	2
7	Schloßgarten	04030415	4 483	38 498	11,63	99,88	2
8	Kaiserin-Augusta-Allee	04030519	9 393	67 926	13,42	97,07	3
9	Tegeler Weg	04030518	5 488	26 185	20,55	98,05	3
10	George-Grosz-Platz	04030930	5 165	26 574	19,27	99,16	4
11	Breitscheidplatz	04030931	5 116	28 989	17,51	99,22	4
12	Hindemithplatz	04030929	3 479	15 579	21,76	97,46	4
13	Savignyplatz	04030828	5 964	29 719	19,93	99,32	5
14	Karl-August-Platz	04030827	5 898	35 334	16,69	99,97	5
15	Amtsgerichtsplatz	04030725	5 923	27 676	20,96	97,94	6
16	Lietzensee	04030724	3 080	18 105	17,01	99,97	6
17	Droysenstraße	04030726	2 544	14 256	17,81	99,77	6
18	Halensee	04031032	9 147	49 857	18,26	99,51	7
19	Eisenzahnstraße	04051445	7 511	38 426	19,23	98,39	8
20	Preußenpark	04051446	5 993	26 576	21,89	97,09	8
21	Schaperstraße	04051448	4 879	29 326	16,63	99,96	8
22	Ludwigkirchplatz	04051447	3 381	16 994	19,77	99,38	8
23	Nikolsburger Platz	04051652	4 636	24 357	18,97	99,66	9
24	Hildegardstraße	04051656	4 611	17 335	24,35	91,54	9
25	Babelsberger Straße	04051655	3 343	21 158	15,80	100,00	9
26	Prager Platz	04051653	2 752	16 781	16,40	100,00	9
27	Wilhelmsaue	04051654	1 774	11 779	15,06	99,99	9
28	Rathaus Wilmersdorf	04051549	4 290	20 186	20,93	98,47	10
29	Leon-Jessel-Platz	04051550	3 327	13 428	23,40	94,46	10
30	Brabanter Platz	04051551	2 530	14 513	17,42	99,93	10
31	Reichsstraße	04020311	10 933	58 756	18,55	99,69	11
32	Messegelände	04020314	7 605	52 522	14,40	99,44	11
33	Königin-Elisabeth-Straße	04020313	6 343	34 290	18,38	99,36	11
34	Branitzer Platz	04020312	4 131	20 760	19,70	99,00	11
35	Park Ruhwald	04020310	2 356	28 776	8,19	100,00	11
36	Olympiagelände	04020204	3 724	140 439	2,65	100,00	12
37	Siedlung Ruhleben	04020205	2 725	9 057	25,41	84,47	12
38	Eichkamp	04020209	2 495	60 348	4,13	100,00	12
39	Flatowallee	04020207	1 716	21 835	7,86	100,00	12

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
40	Kranzallee	04020208	919	21 492	4,28	100,00	12
41	Angerburger Allee	04020206	594	9 905	6,00	100,00	12
42	Breite Straße	04041241	5 977	25 684	22,51	96,74	13
43	Kissinger Straße	04041238	5 067	27 925	18,08	99,66	13
44	Stadion Wilmersdorf	04041239	3 610	41 056	8,79	99,99	13
45	Messelpark	04041240	525	11 116	4,72	100,00	13
46	Flinsberger Platz	04041137	6 342	32 448	19,43	99,41	14
47	Bismarckallee	04041134	3 901	29 724	13,12	100,00	14
48	Hagenplatz	04041136	2 097	20 638	10,16	100,00	14
49	Hundekehle	04041135	1 567	31 096	5,04	100,00	14
50	Güterbahnhof Grunewald	04041133	1 093	9 779	11,17	99,91	14
51	Rüdesheimer Platz	04041344	7 102	25 293	25,03	89,14	15
52	Binger Straße	04041343	3 282	15 074	21,38	98,19	15
53	Schlangenbader Straße	04041342	1 763	13 961	12,63	100,00	15
54	Plötzensee	04010102	7 230	54 255	12,85	96,39	16
55	Jungfernheide	04010101	6 777	50 656	13,38	100,00	16
56	Paul-Hertz-Siedlung	04010103	2 783	24 113	11,54	100,00	16
57	Forst Grunewald	04061757	663	35 377	1,87	100,00	17

Tabelle A.3: BZR des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Otto-Suhr-Allee	040306	24 873	162 140	15,31	99,81	1
2	Schloß Charlottenburg	040304	15 788	94 140	16,75	99,86	1
3	Mierendorffplatz	040305	14 881	94 112	15,47	97,84	1
4	Kurfürstendamm	040309	13 760	71 142	19,19	99,22	1
5	Kantstraße	040308	11 862	65 053	18,21	99,84	1
6	Neue Kantstraße	040307	11 547	60 037	19,13	99,48	1
7	Halensee	040310	9 147	49 857	18,26	99,51	1
8	Düsseldorfer Straße	040514	21 764	111 322	19,43	99,36	2
9	Volkspark Wilmersdorf	040516	17 116	91 410	18,68	99,78	2
10	Barstraße	040515	10 146	48 126	20,80	98,68	2
11	Westend	040203	31 367	195 103	16,05	99,80	3
12	Heerstrasse	040202	12 172	263 077	4,63	100,00	3
13	Schmargendorf	040412	15 178	105 781	14,34	99,95	4
14	Grunewald	040411	15 000	123 685	12,13	100,00	4
15	Wiesbadener Straße	040413	12 146	54 328	21,77	97,36	4
16	Charlottenburg-Nord	040101	16 789	129 025	13,00	99,94	5
17	Forst Grunewald	040617	663	35 377	1,87	100,00	6

Tabelle A.4: PRG des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Charlottenburg	0403	101 859	596 481	17,04	99,77
2	Wilmersdorf	0405	49 027	250 858	19,44	99,49
3	Westend	0402	43 539	458 181	9,50	100,00
4	Schmargendorf	0404	42 325	283 793	14,91	99,99
5	Charlottenburg - Nord	0401	16 789	129 025	13,00	99,94
6	Forst Grunewald	0406	663	35 377	1,87	100,00

Ergebnisse des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg

Tabelle A.5: PLR des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Boxhagener Platz	02050802	12 170	54 717	21,61	97,15	1
2	Traveplatz	02050801	8 826	47 452	18,57	99,81	1
3	Stralauer Kiez	02050803	7 765	47 507	16,22	99,23	1
4	Stralauer Halbinsel	02050804	1 600	18 888	8,47	100,00	1
5	Samariterviertel	02050602	9 242	56 046	16,49	99,98	2
6	Hausburgviertel	02050601	3 913	19 006	20,30	98,62	2
7	Chamissokiez	02020205	10 405	46 599	21,82	97,73	3
8	Graefekiez	02020206	8 539	57 397	14,88	100,00	3
9	Urbanstraße	02020204	7 508	46 250	16,22	99,92	3
10	Viktoriapark	02020203	5 718	34 888	16,38	99,96	3
11	Rathaus Yorckstraße	02020202	4 321	20 168	21,06	98,32	3
12	Gleisdreieck/ Entwicklungsgebiet	02020201	2 628	27 256	9,64	99,99	3
13	Reichenberger Straße	02030401	7 226	46 431	15,56	100,00	4
14	Wrangelkiez	02030402	5 986	30 463	19,47	99,12	4
15	Lausitzer Platz	02030302	8 240	48 299	17,03	99,81	5
16	Oranienplatz	02030301	4 781	26 816	17,81	99,88	5
17	Weberwiese	02040702	5 128	34 078	15,05	100,00	6
18	Andreasviertel	02040701	4 779	47 004	10,17	100,00	6
19	Wriezener Bahnhof/ Entwicklungsgebiet	02040703	4 134	26 263	15,40	97,86	6
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
20	Richard-Sorge-Viertel	02040503	4 606	30 048	15,33	100,00	7
21	Friedenstraße	02040502	3 159	25 141	12,56	100,00	7
22	Barnimkiez	02040501	2 563	38 072	6,73	100,00	7
23	Mehringplatz	02010102	8 687	61 678	14,08	99,97	8
24	Moritzplatz	02010103	5 317	47 361	11,23	100,00	8
25	Askanischer Platz	02010101	3 942	40 128	9,82	100,00	8
26	Wassertorplatz	02010104	1 616	20 278	7,97	100,00	8

Tabelle A.6: BZR des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Frankfurter Allee Süd FK	020508	30 361	168 564	17,93	99,54	1
2	Frankfurter Allee Nord	020506	13 155	75 052	17,52	99,94	1
3	Tempelhofer Vorstadt	020202	39 119	232 559	16,80	99,87	2
4	südliche Luisenstadt	020304	13 211	76 894	17,17	99,93	3
5	nördliche Luisenstadt	020303	13 021	75 115	17,31	99,85	3
6	Karl-Marx-Allee-Süd	020407	14 041	107 344	13,08	100,00	4
7	Karl-Marx-Allee-Nord	020405	10 327	93 261	11,07	100,00	4
8	Südliche Friedrichstadt	020101	19 562	169 444	11,55	100,00	5

Tabelle A.7: PRG des Bezirks Friedrichshain-Kreuzberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Friedrichshain Ost	0205	43 516	243 616	17,81	99,73
2	Kreuzberg Süd	0202	39 119	232 559	16,80	99,87
3	Kreuzberg Ost	0203	26 232	152 009	17,24	99,90
4	Friedrichshain West	0204	24 369	200 606	12,15	100,00
5	Kreuzberg Nord	0201	19 562	169 444	11,55	100,00

Ergebnisse des Bezirks Lichtenberg

Tabelle A.8: PLR des Bezirks Lichtenberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Herzbergstraße	11030720	28 410	75 988	26,55	71,02	1
2	Rüdigerstraße	11030721	21 063	62 162	27,99	82,60	1
3	Fennpfuhl West	11030618	4 811	39 293	12,24	100,00	2
4	Fennpfuhl Ost	11030619	2 069	24 507	8,44	100,00	2
5	Hohenschönhausener Straße	11030617	1 796	13 600	13,21	100,00	2
6	Frankfurter Allee Süd	11030824	4 893	29 058	16,75	99,50	3
7	Hauptstraße	11020412	17 807	44 663	24,16	60,60	4
8	Malchower Weg	11020411	10 301	22 451	30,57	66,63	4
9	Orankesee	11020513	10 881	31 436	29,16	84,24	5
10	Große-Leege-Straße	11020514	6 760	19 764	26,96	78,83	5
11	Weiß-Taube	11020516	6 004	12 222	27,85	56,68	5
12	Landsberger Allee	11020515	4 372	33 948	12,88	100,00	5
13	Karlshorst Nord	11051331	13 366	39 257	26,90	79,01	6
14	Karlshorst Süd	11051332	8 601	33 915	23,35	92,07	6
15	Karlshorst West	11051330	6 931	24 681	25,32	90,16	6
16	Rummelsburg	11051229	9 096	32 899	24,51	88,66	7
17	Weitlingstraße	11040926	17 304	67 159	23,78	92,29	8
18	Victoriastadt	11040925	3 723	9 727	29,03	75,86	8
19	Sewanstraße	11041128	9 323	61 715	15,11	100,00	9
20	Tierpark	11041027	3 211	64 061	5,01	100,00	10
21	Rosenfelder Ring	11041022	2 407	12 132	19,53	98,47	10
22	Gensinger Straße	11041023	1 727	13 012	13,28	100,00	10
23	Dorf Wartenberg	11010102	7 533	20 065	29,28	77,98	11
24	Dorf Falkenberg	11010103	4 112	18 470	21,38	96,06	11
25	Dorf Malchow	11010101	1 913	6 247	27,36	89,35	11
26	Falkenberg Ost	11010204	3 863	22 931	16,81	99,75	12
27	Wartenberg Nord	11010207	3 198	16 283	19,41	98,83	12
28	Falkenberg West	11010205	2 259	22 881	9,87	100,00	12
29	Wartenberg Süd	11010206	2 212	15 451	14,32	100,00	12
30	Zingster Straße West	11010309	2 845	22 747	12,51	100,00	13
31	Zingster Straße Ost	11010308	2 112	27 322	7,73	100,00	13
32	Mühlengrund	11010310	1 633	14 832	11,01	100,00	13

Tabelle A.9: BZR des Bezirks Lichtenberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Alt-Lichtenberg	110307	49 472	138 150	27,40	76,51	1
2	Fennpfuhl	110306	8 676	77 400	11,21	100,00	1
3	Frankfurter Allee Süd	110308	4 893	29 058	16,75	99,50	1
4	Alt-Hohenschönhausen Nord	110204	28 108	67 114	26,40	63,04	2
5	Alt-Hohenschönhausen Süd	110205	28 016	97 369	25,32	88,01	2
6	Karlshorst	110513	28 898	97 853	25,53	86,43	3
7	Rummelsburger Bucht	110512	9 096	32 899	24,51	88,66	3
8	Neu Lichtenberg	110409	21 027	76 886	24,64	90,10	4
9	Friedrichsfelde Süd	110411	9 323	61 715	15,11	100,00	4
10	Friedrichsfelde Nord	110410	7 346	89 206	8,23	100,00	4
11	Malchow, Wartenberg und Falkenberg	110101	13 557	44 782	26,61	87,90	5
12	Neu-Hohenschönhausen Nord	110102	11 532	77 546	14,87	100,00	5
13	Neu-Hohenschönhausen Süd	110103	6 590	64 901	10,15	100,00	5

Tabelle A.10: PRG des Bezirks Lichtenberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Lichtenberg Nord	1103	63 041	244 609	23,42	90,89
2	Hohenschönhausen Süd	1102	56 124	164 483	26,45	77,51
3	Lichtenberg Süd	1105	37 994	130 752	25,30	87,08
4	Lichtenberg Mitte	1104	37 696	227 808	16,53	99,91
5	Hohenschönhausen Nord	1101	31 680	187 229	16,90	99,85

Ergebnisse des Bezirks Marzahn-Hellersdorf

Tabelle A.11: PLR des Bezirks Marzahn-Hellersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Mahlsdorf-Süd	10040933	23 071	27 603	36,57	43,76	1
2	Mahlsdorf-Nord	10040931	10 785	17 212	34,45	54,97	1
3	Alt-Mahlsdorf	10040932	10 371	8 478	36,97	30,22	1
4	Kaulsdorf-Süd	10040830	16 115	15 714	38,78	37,81	2
5	Kaulsdorf-Nord	10040828	11 661	14 798	36,97	46,92	2
6	Alt-Kaulsdorf	10040829	6 845	7 974	37,94	44,19	2
7	Marzahner Chaussee	10010308	20 120	16 817	34,13	28,53	3
8	Alt-Marzahn	10010310	9 193	32 829	24,82	88,63	3
9	Springpfuhl	10010309	3 334	27 684	12,04	100,00	3
10	Landsberger Tor	10010311	2 455	5 181	31,13	65,71	3
11	Gewerbegebiet Bitterfelder Str.	10010203	12 396	13 115	33,14	35,06	4
12	Ringkolonnaden	10010206	5 301	30 728	17,20	99,69	4
13	Marzahner Promenade	10010207	3 294	21 073	15,61	99,90	4
14	Marzahn-Ost	10010205	2 926	15 104	19,13	98,73	4
15	Wuhletalstr.	10010204	2 816	18 899	14,90	99,97	4
16	Havemannstr.	10010102	5 673	32 911	17,19	99,70	5
17	Marzahn-West	10010101	2 599	10 340	23,26	92,55	5
18	Biesdorf-Süd	10030727	17 339	17 977	38,46	39,88	6
19	Oberfeldstr.	10030724	12 185	17 663	36,51	52,93	6
20	Alt-Biesdorf	10030726	8 583	7 758	38,37	34,68	6
21	Buckower Ring	10030725	6 405	15 016	30,74	72,06	6
22	Gut Hellersdorf	10020413	7 641	28 363	24,27	90,09	7
23	Böhlener Str.	10020416	2 423	10 420	22,14	95,20	7
24	Hellersdorfer Promenade	10020415	1 937	9 192	20,46	97,09	7
25	Alte Hellersdorfer Straße	10020412	1 840	11 984	15,34	99,95	7
26	Helle Mitte	10020414	1 785	3 192	33,89	60,60	7
27	Kaulsdorf-Nord I	10020622	4 096	16 839	22,81	93,79	8
28	Gelbes Viertel	10020621	2 543	11 232	21,71	95,88	8
29	Rotes Viertel	10020623	1 949	11 745	16,57	99,86	8
30	Kaulsdorf-Nord II	10020620	1 438	6 239	21,90	95,02	8
31	Adele-Sandrock-Str.	10020517	4 353	16 216	24,21	90,18	9
32	Schleipfuhl	10020518	2 747	9 698	25,12	88,68	9
33	Boulevard Kastanienallee	10020519	2 355	11 461	20,14	97,99	9

Tabelle A.12: BZR des Bezirks Marzahn-Hellersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Mahlsdorf	100409	44 227	53 294	36,38	43,84	1
2	Kaulsdorf	100408	34 621	38 485	38,03	42,28	1
3	Marzahn-Süd	100103	35 101	82 512	29,72	69,87	2
4	Marzahn-Mitte	100102	26 734	98 919	24,10	89,18	2
5	Marzahn-Nord	100101	8 272	43 251	18,91	98,87	2
6	Biesdorf	100307	44 511	58 414	36,82	48,32	3
7	Hellersdorf-Nord	100204	15 626	63 152	23,03	93,06	4
8	Hellersdorf-Süd	100206	10 026	46 055	21,05	96,68	4
9	Hellersdorf-Ost	100205	9 455	37 375	23,42	92,56	4

Tabelle A.13: PRG des Bezirks Marzahn-Hellersdorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Kaulsdorf/ Mahlsdorf	1004	78 849	91 778	37,09	43,17
2	Marzahn	1001	70 107	224 681	26,06	83,53
3	Biesdorf	1003	44 511	58 414	36,82	48,32
4	Hellersdorf	1002	35 107	146 582	22,56	94,17

Ergebnisse des Bezirks Mitte

Tabelle A.14: PLR des Bezirks Mitte

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Charitéviertel	01011301	13 509	125 691	10,75	100,00	1
2	Oranienburger Str.	01011302	11 718	72 225	16,20	99,88	1
3	Alexanderplatzviertel	01011303	8 336	72 336	11,52	100,00	1
4	Heine-Viertel Ost	01011306	5 291	51 240	10,33	100,00	1
5	Karl-Marx-Allee	01011304	4 026	49 503	8,13	100,00	1
6	Heine-Viertel West	01011305	3 814	40 427	9,43	100,00	1
7	Unter den Linden Nord	01011202	7 537	55 743	13,49	99,76	2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
8	Unter den Linden Süd	01011203	6 827	44 405	15,27	99,30	2
9	Leipziger Str.	01011204	6 022	54 059	11,14	100,00	2
10	Wilhelmstr.	01011201	5 065	50 272	10,07	100,00	2
11	Invalidenstr.	01011401	10 908	65 503	16,63	99,87	3
12	Arkonaplatz	01011402	7 235	36 841	19,55	99,56	3
13	Nördl. Landwehrkanal	01011105	5 844	72 289	8,08	100,00	4
14	Lützowstr.	01011103	4 421	41 358	10,69	100,00	4
15	Großer Tiergarten	01011102	2 804	71 488	3,92	100,00	4
16	Körnerstr.	01011104	2 672	22 285	11,99	100,00	4
17	Stülerstr.	01011101	1 744	24 983	6,98	100,00	4
18	Westhafen	01022103	12 421	114 683	9,97	92,08	5
19	Huttenkiez	01022101	10 843	55 072	17,03	86,48	5
20	Emdener Str.	01022104	8 715	48 877	17,81	99,91	5
21	Elberfelder Str.	01022106	5 178	33 043	15,67	100,00	5
22	Beusselkiez	01022102	2 710	15 265	17,74	99,92	5
23	Zwinglistr.	01022105	2 103	13 405	15,69	100,00	5
24	Stephankiez	01022201	6 674	65 514	10,19	100,00	6
25	Thomasiusstr.	01022204	4 822	35 904	13,43	100,00	6
26	Lübecker Str.	01022203	3 886	28 006	13,87	100,00	6
27	Heidestr.	01022202	3 797	38 009	9,94	99,54	6
28	Lüneburger Str.	01022206	2 276	27 848	8,17	100,00	6
29	Hansaviertel	01022207	2 236	23 788	9,40	100,00	6
30	Zillesiedlung	01022205	887	10 562	8,40	100,00	6
31	Rehberge	01044101	18 711	262 769	7,12	100,00	7
32	Schillerpark	01044102	11 481	73 930	15,53	99,99	7
33	Westl. Müllerstr.	01044103	4 889	34 962	13,98	100,00	7
34	Reinickendorfer Str.	01044201	10 003	74 209	13,48	100,00	8
35	Leopoldplatz	01044203	8 009	57 303	13,98	100,00	8
36	Sparrplatz	01044202	5 639	48 474	11,63	100,00	8
37	Humboldthain NW	01033203	9 282	91 417	10,15	100,00	9
38	Humboldthain Süd	01033202	8 120	64 706	12,54	99,96	9
39	Brunnenstr.	01033201	4 078	54 672	7,46	100,00	9
40	Soldiner Str.	01033101	12 813	95 916	13,36	100,00	10
41	Gesundbrunnen	01033102	5 064	41 774	12,12	100,00	10

Tabelle A.15: BZR des Bezirks Mitte

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Alexanderplatz	010113	46 694	411 422	11,35	100,00	1
2	Regierungsviertel	010112	25 452	204 479	12,45	99,99	1
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
3	Brunnenstr. Süd	010114	18 144	102 343	17,70	99,86	1
4	Tiergarten Süd	010111	17 486	232 404	7,52	100,00	1
5	Moabit West	010221	41 970	280 345	14,71	98,28	2
6	Moabit Ost	010222	24 579	229 631	10,70	100,00	2
7	Parkviertel	010441	35 082	371 661	9,44	100,00	3
8	Wedding Zentrum	010442	23 651	179 987	13,14	100,00	3
9	Brunnenstr. Nord	010332	21 480	210 795	10,19	100,00	4
10	Osloer Straße	010331	17 877	137 690	12,98	100,00	4

Tabelle A.16: PRG des Bezirks Mitte

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Zentrum	0101	107 776	950 649	11,34	100,00
2	Moabit	0102	66 549	509 975	13,04	99,96
3	Wedding	0104	58 733	551 648	10,65	100,00
4	Gesundbrunnen	0103	39 356	348 485	11,29	100,00

Ergebnisse des Bezirks Neukölln

Tabelle A.17: PLR des Bezirks Neukölln

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Gewerbegebiet Köllnische Heide	08010510	15 783	14 694	30,51	28,40	1
2	Weißer Siedlung	08010508	4 565	13 112	26,90	77,27	1
3	Schulenburgpark	08010509	3 623	17 915	20,11	99,43	1
4	Rixdorf	08010404	11 744	45 534	24,32	94,31	2
5	Treptower Straße Nord	08010406	4 140	13 444	26,44	85,87	2
6	Hertzbergplatz	08010405	4 022	16 510	23,31	95,69	2
7	Gewerbegebiet Ederstraße	08010407	2 259	3 597	34,91	55,59	2
8	Glasower Straße	08010214	6 713	18 389	29,22	80,05	3
9	Körnerpark	08010213	5 852	21 937	24,65	92,40	3

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
10	Flughafenstraße	08010211	5 770	19 388	26,32	88,44	3
11	Rollberg	08010212	2 876	14 456	19,82	99,61	3
12	Reuterkiez	08010301	12 315	50 042	23,42	95,18	4
13	Donaustraße	08010303	3 610	14 907	23,15	95,58	4
14	Bouchéstraße	08010302	1 395	6 139	21,97	96,72	4
15	Schillerpromenade	08010117	7 045	28 026	23,76	94,51	5
16	Silbersteinstraße	08010118	5 328	24 016	21,80	98,24	5
17	Wissmannstraße	08010116	2 241	8 762	24,39	95,37	5
18	Hasenheide	08010115	1 002	11 660	8,59	100,00	5
19	Tempelhofer Weg	08020620	14 478	28 889	32,73	65,32	6
20	Buschkrugallee Nord	08020619	13 204	33 318	30,97	78,14	6
21	Parchimer Allee	08020622	11 264	37 922	26,90	90,56	6
22	Mohriner Allee Nord	08020621	4 210	5 631	34,30	45,89	6
23	Britzer Garten	08020624	4 196	7 411	33,82	59,73	6
24	Handwerker-Siedlung	08020625	3 259	9 984	28,14	86,21	6
25	Ortolanweg	08020623	1 660	5 990	25,61	92,41	6
26	Buckow Mitte	08020727	11 121	28 278	30,71	78,09	7
27	Buckow West	08020726	7 814	18 036	31,72	73,22	7
28	Buckow Ost	08020728	5 808	17 768	27,86	85,25	7
29	Alt-Rudow	08041037	17 229	26 950	34,04	53,25	8
30	Blumenviertel	08041035	10 684	17 717	35,05	58,12	8
31	Waßmannsdorfer Chaussee	08041038	9 609	15 029	33,52	52,42	8
32	Waltersdorfer Chaussee Ost	08041040	8 877	18 067	33,39	67,95	8
33	Zittauer Straße	08041036	7 967	17 124	32,87	70,65	8
34	Frauenviertel	08041039	1 974	7 804	24,06	95,10	8
35	Vogelviertel Süd	08040933	4 860	14 913	28,62	87,83	9
36	Vogelviertel Nord	08040934	2 395	4 849	32,48	65,77	9
37	Goldhähnchenweg	08040932	1 121	5 049	21,73	97,83	9
38	Gropiusstadt Nord	08030829	4 406	24 562	17,93	99,97	10
39	Gropiusstadt Ost	08030831	3 264	37 462	8,71	100,00	10
40	Gropiusstadt Süd	08030830	3 177	17 002	18,64	99,79	10

Tabelle A.18: BZR des Bezirks Neukölln

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Köllnische Heide	080105	23 971	45 721	31,32	59,74	1
2	Rixdorf	080104	22 165	79 084	25,54	91,11	1
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
3	Neuköllner Mitte/ Zentrum	080102	21 211	74 171	25,79	90,17	1
4	Reuterstraße	080103	17 319	71 087	23,24	95,41	1
5	Schillerpromenade	080101	15 616	72 464	21,28	98,74	1
6	Britz	080206	52 272	129 146	31,02	76,63	2
7	Buckow	080207	24 743	64 082	30,33	78,54	2
8	Rudow	080410	56 341	102 692	33,76	61,53	3
9	Buckow Nord	080409	8 376	24 810	28,82	85,36	3
10	Gropiusstadt	080308	10 847	79 027	13,73	100,00	4

Tabelle A.19: PRG des Bezirks Neukölln

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Neukölln	0801	100 282	342 528	26,10	89,16
2	Britz-Buckow	0802	77 014	193 228	30,82	77,32
3	Buckow Nord / Rudow	0804	64 718	127 502	33,22	65,46
4	Gropiusstadt	0803	10 847	79 027	13,73	100,00

Ergebnisse des Bezirks Pankow

Tabelle A.20: PLR des Bezirks Pankow

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Pankow-Zentrum	03040614	25 734	82 246	26,90	85,97	1
2	Pankow-Süd	03040818	25 354	70 115	28,46	78,69	2
3	Wilhelmsruh	03040512	13 750	22 146	32,95	53,07	3
4	Rosenthal	03040508	6 226	11 040	33,45	59,31	3
5	Schönholz	03040513	4 149	13 645	26,48	87,08	3
6	Herthaplatz	03020210	20 281	27 362	33,02	44,54	4
7	Niederschönhausen	03020209	14 506	37 391	29,88	77,02	4
8	Blankenfelde	03020203	5 263	12 939	31,39	77,18	4
9	Buchholz	03020307	29 275	44 382	34,38	52,11	5

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
10	Volkspark Prenzlauer Berg	03061430	6 281	10 034	29,81	47,62	6
11	Eldenaer Straße	03061441	6 142	6 551	34,66	36,97	6
12	Conrad-Blenkle-Straße	03061435	5 377	13 902	30,62	79,17	6
13	Anton-Saefkow-Park	03061434	3 885	12 153	26,43	82,68	6
14	Greifswalder Straße	03061429	3 288	23 314	14,10	100,00	6
15	Humannplatz	03061227	8 797	28 813	26,35	86,32	7
16	Erich-Weinert-Straße	03061228	8 738	25 163	27,64	79,60	7
17	Arnimplatz	03061126	8 547	30 117	25,33	89,26	8
18	Falkplatz	03061131	6 498	24 818	24,44	93,33	8
19	Helmholtzplatz	03061332	10 770	39 392	24,58	89,91	9
20	Komponistenviertel Weißensee	03050925	7 458	18 339	29,89	73,51	10
21	Weißenseer Spitze	03050923	6 487	18 530	28,03	80,05	10
22	Behaimstraße	03050924	6 246	12 332	32,36	63,89	10
23	Gustav-Adolf-Straße	03050919	5 968	13 468	31,37	70,78	10
24	Weißer See	03050920	5 646	18 861	26,52	88,61	10
25	Rennbahnstraße	03051017	17 420	27 590	33,28	52,71	11
26	Buschallee	03051021	4 518	14 165	27,14	85,10	11
27	Hansastraße	03051022	3 685	10 826	28,31	83,19	11
28	Heinersdorf	03030715	15 553	24 986	29,84	47,93	12
29	Blankenburg	03030711	15 158	29 260	33,67	64,99	12
30	Märchenland	03030716	3 618	24 946	14,30	98,61	12
31	Alt-Karow	03030406	14 082	18 966	35,81	48,23	13
32	Karow-Nord	03030405	8 664	23 279	29,13	78,27	13
33	Winsstraße	03071638	7 802	30 597	23,60	92,54	14
34	Bötzowstraße	03071639	6 294	21 924	25,21	87,81	14
35	Thälmannpark	03071633	2 214	9 594	22,34	96,80	14
36	Kollwitzplatz	03071537	9 620	28 241	27,56	80,90	15
37	Teutoburger Platz	03071536	6 420	20 932	26,43	86,18	15
38	Buch	03010102	13 026	59 090	21,29	96,59	16
39	Bucher Forst	03010101	7 652	40 958	18,18	97,29	16
40	Lietzengraben	03010104	3 266	5 398	17,96	29,69	16

Tabelle A.21: BZR des Bezirks Pankow

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Pankow Zentrum	030406	25 734	82 246	26,90	85,97	1
2	Pankow Süd	030408	25 354	70 115	28,46	78,69	1
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
3	Schönholz/ Wilhelmsruh/ Rosenthal	030405	24 125	46 832	32,23	62,56	1
4	Blankenfelde/ Nieder- schönhausen	030202	40 050	77 692	32,47	62,99	2
5	Buchholz	030203	29 275	44 382	34,38	52,11	2
6	Prenzlauer Berg Ost	030614	24 975	65 953	28,80	76,06	3
7	Prenzlauer Berg Nord	030612	17 535	53 976	27,03	83,19	3
8	Prenzlauer Berg Nordwest	030611	15 045	54 936	24,98	91,22	3
9	Helmholtzplatz	030613	10 770	39 392	24,58	89,91	3
10	Weißensee	030509	31 804	81 530	29,66	76,03	4
11	Weißensee Ost	030510	25 622	52 580	31,82	65,31	4
12	Blankenburg/ Heinersdor- f/ Märchenland	030307	34 329	79 191	30,56	70,50	5
13	Karow	030304	22 746	42 245	33,19	61,65	5
14	Prenzlauer Berg Süd	030716	16 310	62 115	24,18	92,09	6
15	Prenzlauer Berg Südwest	030715	16 040	49 174	27,11	83,12	6
16	Buch	030101	23 944	105 446	21,64	95,29	7

Tabelle A.22: PRG des Bezirks Pankow

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Südliches Pankow	0304	75 214	199 192	29,14	77,16
2	Nördliches Pankow	0302	69 325	122 074	33,30	58,64
3	Nördlicher Prenzl. Berg	0306	68 325	214 257	26,85	84,19
4	Südliches Weißensee	0305	57 426	134 110	30,66	71,60
5	Nördliches Weißensee	0303	57 074	121 437	31,66	67,36
6	Südlicher Prenzl. Berg	0307	32 351	111 289	25,61	88,10
7	Buch	0301	23 944	105 446	21,64	95,29

Ergebnisse des Bezirks Reinickendorf

Tabelle A.23: PLR des Bezirks Reinickendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \bar{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \bar{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Wittenau-Süd	12301203	13 101	67 696	18,96	98,00	1
2	Wittenau-Nord	12301204	12 087	46 701	23,99	92,68	1
3	Lübars	12301206	8 173	21 893	28,68	76,83	1
4	Waidmannslust	12301205	3 108	15 412	19,83	98,33	1
5	Borsigwalde	12304313	23 014	36 130	26,23	41,18	2
6	Ziekowstraße/ Freie Scholle	12304314	8 557	28 645	26,56	88,93	2
7	Treuenbrietzener Str.	12302109	6 366	27 445	21,24	91,57	3
8	Märkisches Zentrum	12302108	4 560	46 273	9,85	100,00	3
9	Schorfheidestr.	12302107	3 329	7 367	31,68	70,11	3
10	Dannenwalder Weg	12302110	1 650	18 450	8,94	100,00	3
11	Lübarser Straße	12302211	7 431	14 997	27,01	54,52	4
12	Rollbergesiedlung	12302212	2 084	14 236	14,62	99,89	4
13	Waldidyll/ Flughafensee	12214125	22 703	87 467	23,66	91,16	5
14	Tegel-Süd	12214126	5 133	21 988	22,49	96,34	5
15	Scharnweberstr.	12214424	9 509	29 417	27,62	85,45	6
16	Reinickes Hof	12214421	6 547	10 282	25,82	40,55	6
17	Mellerbogen	12214423	4 012	14 648	24,90	90,90	6
18	Klixstr.	12214422	3 220	18 468	17,36	99,54	6
19	Alt-Tegel	12214527	15 596	49 471	26,10	82,79	7
20	Tegeler Forst	12214528	196	17 896	1,10	100,00	7
21	Teichstraße	12103218	25 331	58 857	27,67	64,30	8
22	Schäfersee	12103219	6 384	20 713	26,35	85,48	8
23	Humboldtstraße	12103220	4 079	13 547	26,43	87,79	8
24	Letteplatz	12103117	7 687	25 382	26,64	87,96	9
25	Hausotterplatz	12103116	7 532	22 800	26,70	80,82	9
26	Breitkopfbecken	12103115	5 123	20 923	23,32	95,24	9
27	Hermsdorf	12231101	12 694	56 463	21,76	96,77	10
28	Frohnau	12231102	5 486	55 842	9,82	100,00	10
29	Heiligensee	12224230	14 807	89 227	16,48	99,29	11
30	Konradshöhe/ Tegelort	12224229	2 350	17 282	13,60	100,00	11

Tabelle A.24: BZR des Bezirks Reinickendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Nord 2	123012	36 469	151 703	22,79	94,79	1
2	West 3	123043	31 571	64 775	28,84	59,17	1
3	MV 1	123021	15 904	99 534	15,94	99,76	1
4	MV 2	123022	9 515	29 233	25,07	77,03	1
5	West 1	122141	27 836	109 455	23,48	92,34	2
6	West 4	122144	23 288	72 815	26,65	83,33	2
7	West 5	122145	15 793	67 367	21,95	93,65	2
8	Ost 2	121032	35 795	93 117	27,74	72,17	3
9	Ost 1	121031	20 342	69 106	25,97	88,22	3
10	Nord 1	122311	18 180	112 306	16,15	99,77	4
11	West 2	122242	17 157	106 509	16,04	99,55	5

Tabelle A.25: PRG des Bezirks Reinickendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Waidmannslust	1230	93 459	345 245	24,37	90,02
2	Tegel	1221	66 917	249 637	24,30	90,65
3	Reinickendorf-Ost	1210	56 137	162 223	27,31	78,93
4	Frohnau- Hermsdorf	1223	18 180	112 306	16,15	99,77
5	Heiligensee-Konradshöhe	1222	17 157	106 509	16,04	99,55

Ergebnisse des Bezirks Spandau

Tabelle A.26: PLR des Bezirks Spandau

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Freiheit	05010339	11 023	26 783	27,54	66,92	1
2	Carl-Schurz-Str.	05010314	10 358	32 253	27,07	84,30	1
3	Eiswerder	05010311	7 712	17 701	28,03	64,34	1
4	Ackerstr.	05010313	4 414	15 569	25,37	89,48	1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
5	Kurstr.	05010312	3 766	14 260	24,07	91,16	1
6	Eckschanze	05010310	2 477	8 727	25,29	89,11	1
7	Hakenfelde Nord	05010101	14 532	53 193	24,44	89,44	2
8	Amorbacher Weg	05010103	9 974	23 284	31,00	72,37	2
9	Goltzstraße	05010102	3 339	13 917	22,52	93,84	2
10	An der Kappe	05010209	7 439	17 113	30,49	70,14	3
11	Gütersloher Weg	05010206	5 196	24 654	20,63	97,90	3
12	Germersheimer Platz	05010208	4 455	14 807	25,71	85,46	3
13	Darbystr.	05010207	3 950	22 728	17,35	99,85	3
14	Griesingerstr.	05010204	2 825	23 804	11,87	100,00	3
15	An der Tränke	05010205	2 262	5 205	30,41	69,99	3
16	Staakener Str.	05020417	20 767	25 992	31,88	39,90	4
17	Werkstr.	05020420	5 617	13 653	28,19	68,53	4
18	Isenburger Weg	05020415	5 566	13 047	29,96	70,24	4
19	Spandauer Str.	05020418	4 054	11 343	27,61	77,25	4
20	Magistratsweg	05020419	2 684	15 064	17,78	99,79	4
21	Am Heideberg	05020416	1 982	5 117	29,49	76,14	4
22	Adamstr.	05020626	13 475	42 458	26,82	84,52	5
23	Borkumer Str.	05020625	12 335	24 869	31,28	63,07	5
24	Tiefenwerder	05020627	4 363	15 012	24,89	85,63	5
25	Börnicker Str.	05020629	3 246	22 349	14,52	99,93	5
26	Graetschelsteig	05020628	2 009	6 037	27,74	83,38	5
27	Maulbeerallee	05020523	6 291	33 363	18,73	99,33	6
28	Weinmeisterhornweg	05020524	5 829	21 449	24,76	91,12	6
29	Döberitzer Weg	05020521	2 689	9 158	25,25	86,00	6
30	Pillnitzer Weg	05020522	2 554	18 361	13,91	100,00	6
31	Motardstr.	05030833	19 715	41 886	28,37	60,27	7
32	Rohrdamm	05030832	13 593	36 606	26,99	72,68	7
33	Zitadellenweg	05030730	20 875	29 375	28,00	39,40	8
34	Gartenfelder Str.	05030731	7 477	28 867	23,73	91,62	8
35	Jägerallee	05040936	12 091	81 676	14,75	99,64	9
36	Kafkastr.	05040938	3 508	26 656	13,16	99,96	9
37	Kladower Damm	05040937	3 298	21 484	15,27	99,44	9
38	Alt-Gatow	05040934	2 215	20 258	10,93	100,00	9
39	Groß-Glienicker Weg	05040935	1 844	9 869	18,26	97,74	9

Tabelle A.27: BZR des Bezirks Spandau

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Spandau Mitte	050103	39 749	115 294	27,18	78,84	1
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
2	Hakenfelde	050101	27 845	90 393	26,26	85,26	1
3	Falkenhagener Feld	050102	26 126	108 312	22,88	94,87	1
4	Brunsbütteler Damm	050204	40 669	84 216	30,22	62,59	2
5	Wilhelmstadt	050206	35 428	110 725	26,78	83,71	2
6	Heerstraße Nord	050205	17 363	82 332	20,65	97,94	2
7	Siemensstadt	050308	33 308	78 492	27,92	65,81	3
8	Haselhorst	050307	28 352	58 242	28,81	59,18	3
9	Gatow/ Kladow	050409	22 957	159 943	14,32	99,78	4

Tabelle A.28: PRG des Bezirks Spandau

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	SPA 1	0501	93 720	313 999	25,75	86,26
2	SPA 2	0502	93 459	277 273	27,26	80,88
3	SPA 3	0503	61 660	136 733	28,36	62,88
4	SPA 4	0504	22 957	159 943	14,32	99,78

Ergebnisse des Bezirks Steglitz-Zehlendorf

Tabelle A.29: PLR des Bezirks Steglitz-Zehlendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Schweizer Viertel	06030608	11 083	34 952	27,17	85,68	1
2	Goerzwerke	06030607	11 019	43 991	13,23	52,83	1
3	Augustaplatz	06030609	8 777	33 080	24,89	93,81	1
4	Botanischer Garten	06030605	7 283	39 177	18,40	99,01	1
5	Lichterfelde-West	06030610	6 566	21 844	25,56	85,02	1
6	Hindenburgdamm	06030606	3 558	21 182	16,77	99,80	1
7	Teltower Damm	06030504	10 662	38 296	25,43	91,34	2
8	Zehlendorf-Mitte	06030503	10 181	37 887	24,54	91,33	2
9	Berlepschstr.	06030501	7 107	27 681	23,78	92,63	2
10	Zehlendorf-Süd	06030502	4 990	18 646	24,56	91,75	2

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
11	Gemeindepark Lankwitz	06020305	11 703	46 735	23,78	94,97	3
12	Alt-Lankwitz	06020301	7 290	22 132	26,42	80,19	3
13	Lankwitz-Süd	06020306	6 871	16 778	27,47	67,09	3
14	Komponistenviertel Lankwitz	06020302	5 322	24 022	21,08	95,16	3
15	Kaiser-Wilhelm-Str.	06020304	5 212	17 563	25,27	85,16	3
16	Lankwitz-Kirche	06020303	4 958	16 106	26,91	87,41	3
17	Königsberger Str.	06020409	7 938	35 391	21,81	97,21	4
18	Schütte-Lanz-Str.	06020411	6 980	18 684	29,12	77,94	4
19	Oberhofer Platz	06020410	5 735	19 136	26,10	87,11	4
20	Lichterfelde-Süd	06020408	5 324	21 900	22,81	93,83	4
21	Thermometersiedlung	06020407	1 722	18 661	9,23	100,00	4
22	Thielallee	06040809	10 576	46 768	21,89	96,78	5
23	Dahlem	06040810	8 126	52 436	15,46	99,74	5
24	Zehlendorf-Eiche	06040807	5 825	17 442	27,23	81,53	5
25	Fischerhüttenstr.	06040805	3 966	27 822	14,25	99,97	5
26	Hüttenweg	06040808	3 136	22 673	13,83	99,98	5
27	Krumme Lanke	06040804	3 096	22 552	13,73	100,00	5
28	Fischtal	06040806	1 951	15 758	12,38	100,00	5
29	Wannsee	06040701	6 147	97 754	6,29	100,00	6
30	Nikolassee	06040703	5 554	60 244	9,22	100,00	6
31	Düppel	06040702	3 857	24 942	15,45	99,88	6
32	Mittelstr.	06010207	5 278	16 539	27,35	85,71	7
33	Bergstr.	06010208	5 277	19 154	24,37	88,46	7
34	Munsterdamm	06010204	5 193	18 472	25,49	90,68	7
35	Südende	06010205	4 969	18 181	24,71	90,41	7
36	Feuerbachstr.	06010209	4 712	17 351	24,67	90,87	7
37	Stadtpark	06010206	4 392	13 541	26,98	83,17	7
38	Bismarckstr.	06010210	2 667	8 633	26,40	85,46	7
39	Fichtenberg	06010101	5 971	19 109	27,48	87,94	8
40	Markelstr.	06010103	4 585	16 839	25,42	93,36	8
41	Schloßstr.	06010102	4 212	19 570	21,21	98,55	8

Tabelle A.30: BZR des Bezirks Steglitz-Zehlendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Drakestr.	060306	48 287	194 226	22,71	91,35	1
2	Teltower Damm	060305	32 939	122 510	24,67	91,75	1
3	Lankwitz	060203	41 356	143 336	25,39	88,01	2
4	Ostpreußendamm	060204	27 699	113 772	22,78	93,57	2
Fortsetzung auf der nächsten Seite							

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
5	Zehlendorf Nord	060408	36 676	205 451	17,76	99,51	3
6	Zehlendorf Südwest	060407	15 559	182 941	8,50	100,00	3
7	Albrechtstr.	060102	32 489	111 871	25,66	88,36	4
8	Schloßstr.	060101	14 768	55 518	24,92	93,69	4

Tabelle A.31: PRG des Bezirks Steglitz-Zehlendorf

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Region C	0603	81 226	316 736	23,48	91,57
2	Region B	0602	69 055	257 107	24,31	90,50
3	Region D	0604	52 235	388 392	13,45	100,00
4	Region A	0601	47 257	167 388	25,49	90,29

Ergebnisse des Bezirks Tempelhof-Schöneberg

Tabelle A.32: PLR des Bezirks Tempelhof-Schöneberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Rathaus Tempelhof	07040405	25 653	82 939	25,20	81,48	1
2	Manteuffelstr.	07040403	18 224	74 579	23,30	95,35	1
3	Neu-Tempelhof	07040401	17 952	76 672	22,20	94,79	1
4	Lindenhofsiedlung	07040402	10 389	18 577	25,32	45,27	1
5	Germaniagarten	07040406	7 030	17 715	29,44	74,19	1
6	Marienhöhe	07040404	6 038	20 961	25,16	87,32	1
7	Fritz-Werner-Str.	07050502	15 984	60 759	23,96	91,06	2
8	Rathausstr.	07050501	14 987	77 529	18,86	97,58	2
9	Hundsteinweg	07050505	9 731	44 446	21,31	97,33	2
10	Eisenacher Str.	07050503	8 400	39 123	20,90	97,34	2
11	Imbrosweg	07050504	5 640	15 252	28,55	77,21	2
12	Birnhornweg	07050506	2 598	7 982	27,64	84,93	2
13	Marienfelde Süd	07060604	22 646	109 535	19,80	95,76	3
14	Marienfelde Nordost	07060603	15 472	34 666	22,25	49,84	3

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
15	Marienfelder Allee Nord-west	07060601	10 360	39 927	24,29	93,61	3
16	Kirchstr.	07060602	7 396	31 069	22,67	95,21	3
17	Alt-Lichtenrade/ Töpchiner Weg	07070702	13 242	29 912	30,54	68,99	4
18	Kettinger Str./ Schillerstr.	07070701	11 343	41 202	25,30	91,88	4
19	Franziusweg/ Rohrbachstr.	07070705	6 590	24 393	24,69	91,41	4
20	John-Locke-Str.	07070703	5 247	40 735	12,87	99,96	4
21	Nahariyastr.	07070704	4 742	25 804	18,27	99,41	4
22	Wittelsbacherstr.	07070707	2 888	7 765	28,24	75,95	4
23	Horstwalder Str./ Paplitzer Str.	07070706	2 767	23 251	11,90	99,99	4
24	Schöneberger Insel	07020204	11 173	51 630	20,91	96,61	5
25	Kaiser-Wilhelm-Platz	07020203	10 066	51 846	19,23	99,03	5
26	Volkspark (Rudolf-Wilde-Park)	07020202	6 122	27 500	21,75	97,72	5
27	Bayerischer Platz	07020201	5 445	22 500	23,13	95,59	5
28	Friedenau	07030301	12 862	62 609	20,27	98,67	6
29	Grazer Platz	07030303	10 410	63 531	16,26	99,23	6
30	Ceciliengärten	07030302	5 999	26 439	22,09	97,38	6
31	Nollendorfplatz	07010102	7 340	46 681	15,71	99,91	7
32	Dennewitzplatz	07010104	6 605	31 794	20,45	98,45	7
33	Barbarossaplatz	07010103	5 731	26 901	20,95	98,32	7
34	Wittenbergplatz/ Viktoria-Luise-Platz	07010101	5 406	38 035	14,20	99,93	7

Tabelle A.33: BZR des Bezirks Tempelhof-Schöneberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Tempelhof	070404	85 286	291 442	25,29	86,41	1
2	Mariendorf	070505	57 340	245 091	22,29	95,26	2
3	Marienfelde	070606	55 874	215 197	23,41	90,17	3
4	Lichtenrade	070707	46 817	193 063	23,14	95,44	4
5	Schöneberg-Süd	070202	32 805	153 476	20,92	97,88	5
6	Friedenau	070303	29 271	152 578	18,97	98,88	6
7	Schöneberg-Nord	070101	25 083	143 411	17,43	99,63	7

Tabelle A.34: PRG des Bezirks Tempelhof-Schöneberg

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Tempelhof	0704	85 286	291 442	25,29	86,41
2	Mariendorf	0705	57 340	245 091	22,29	95,26
3	Marienfelde	0706	55 874	215 197	23,41	90,17
4	Lichtenrade	0707	46 817	193 063	23,14	95,44
5	Schöneberg-Süd	0702	32 805	153 476	20,92	97,88
6	Friedenau	0703	29 271	152 578	18,97	98,88
7	Schöneberg-Nord	0701	25 083	143 411	17,43	99,63

Ergebnisse des Bezirks Treptow-Köpenick

Tabelle A.35: PLR des Bezirks Treptow-Köpenick

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
1	Oberschöneweide Ost	09020502	21 446	76 433	25,33	90,28	1
2	Oberschöneweide West	09020501	10 091	22 341	30,25	66,98	1
3	Adlershof Ost	09020702	16 067	41 037	28,07	71,69	2
4	Adlershof West	09020701	12 755	20 736	30,35	49,33	2
5	Schnellerstr	09020601	11 899	30 613	27,40	70,50	3
6	Oberspree	09020602	6 633	15 298	28,50	65,72	3
7	Kölln. Vorstadt	09020802	8 973	21 459	28,08	67,16	4
8	Spindlersfeld	09020801	2 227	8 824	22,99	91,09	4
9	Dorf Altglienicke	09030901	19 856	33 129	33,63	56,11	5
10	Kölner Viertel	09030903	8 240	18 618	31,29	70,69	5
11	Wohngebiet II	09030902	1 894	12 085	15,67	99,98	5
12	Bohnsdorf	09031001	22 689	38 859	31,86	54,57	6
13	Grünau	09031101	6 899	23 030	26,18	87,38	7
14	Schmöckwitz/ Rauch- fangswerder	09031202	5 080	20 482	23,13	93,28	8
15	Karolinenhof	09031201	992	7 607	13,04	99,97	8
16	Johannisthal Ost	09010402	21 778	36 057	31,35	51,90	9
17	Johannisthal West	09010401	7 266	29 626	23,34	95,18	9
18	Baumschulenstraße	09010301	9 721	33 504	25,69	88,52	10
19	Späthsfelde	09010302	5 779	12 108	33,56	70,32	10
20	Elsenstr.	09010101	10 890	30 006	28,16	77,58	11
21	Am Treptower Park Nord	09010102	137	5 408	2,53	100,00	11

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	BZR- Nr.
22	Köpenicker Landstraße	09010202	4 936	22 876	21,03	97,47	12
23	Am Treptower Park Süd	09010201	3 217	8 654	27,76	74,69	12
24	Bölschestraße	09051702	14 479	54 170	24,74	92,55	13
25	Hirschgarten	09051701	5 291	16 828	27,19	86,47	13
26	Dammvorstadt	09051901	15 285	34 147	30,96	69,17	14
27	Köpenick-Nord	09052001	15 167	31 498	30,37	63,06	15
28	Rahnsdorf/ Hessenwinkel	09051801	7 690	44 223	17,21	98,97	16
29	Kietzer Feld / Nachtheide	09041301	15 956	41 737	29,72	77,75	17
30	Wendenschloß	09041302	1 095	5 688	19,01	98,77	17
31	Müggelheim	09041601	6 034	29 762	19,73	97,34	18
32	Altstadt-Kietz	09041501	5 216	16 197	27,17	84,36	19
33	Allende I	09041401	1 775	12 753	13,92	99,99	20
34	Allende II	09041402	1 738	4 058	31,23	72,94	20

Tabelle A.36: BZR des Bezirks Treptow-Köpenick

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %	PRG- Nr.
1	Oberschöneweide	090205	31 537	98 775	27,15	85,04	1
2	Adlershof	090207	28 822	61 774	29,38	62,98	1
3	Niederschöneweide	090206	18 532	45 912	27,79	68,85	1
4	Kölln. Vorstadt/ Spindlersf.	090208	11 200	30 282	27,17	73,46	1
5	Altglienicke	090309	29 991	63 832	31,49	67,02	2
6	Bohnsdorf	090310	22 689	38 859	31,86	54,57	2
7	Grünau	090311	6 899	23 030	26,18	87,38	2
8	Schmöckwitz/ Karolinenhof/ Rauchfangswerder	090312	6 072	28 089	20,80	96,24	2
9	Johannisthal	090104	29 044	65 684	30,44	68,84	3
10	Baumschulenweg	090103	15 500	45 612	28,17	82,88	3
11	Alt-Treptow	090101	11 026	35 414	26,55	85,27	3
12	Plänterwald	090102	8 154	31 531	24,07	93,07	3
13	Friedrichshagen	090517	19 771	70 998	25,38	91,14	4
14	Dammvorstadt	090519	15 285	34 147	30,96	69,17	4
15	Köpenick-Nord	090520	15 167	31 498	30,37	63,06	4
16	Rahnsdorf/ Hessenwinkel	090518	7 690	44 223	17,21	98,97	4
17	Köpenick-Süd	090413	17 050	47 425	28,90	80,39	5
18	Müggelheim	090416	6 034	29 762	19,73	97,34	5
19	Altstadt-Kietz	090415	5 216	16 197	27,17	84,36	5
20	Allende-Viertel	090414	3 513	16 811	20,42	97,72	5

Tabelle A.37: PRG des Bezirks Treptow-Köpenick

Nr.	Name	Schlüssel	$\sum \vec{E}_{PV}$ in MWh	$\sum \vec{E}_V$ in MWh	a in %	e in %
1	Treptow - Köpenick 2	0902	90 092	236 742	28,36	74,52
2	Treptow - Köpenick 3	0903	65 651	153 811	30,41	71,25
3	Treptow - Köpenick 1	0901	63 724	178 240	28,46	79,59
4	Treptow - Köpenick 5	0905	57 913	180 866	27,17	84,84
5	Treptow - Köpenick 4	0904	31 812	110 195	25,66	88,87

Quellenverzeichnis

Literatur

- [1] A. Abel. „Mehr Berliner verbrauchen weniger Strom“. In: *Berliner Morgenpost* (28. Jan. 2015). URL: <http://www.morgenpost.de/berlin/article136885823/Mehr-Berliner-verbrauchen-weniger-Strom.html> (siehe S. 28).
- [2] Abgeordnetenhaus von Berlin. *Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln) vom 22. März 2016*. URL: <http://gesetze.berlin.de/jportal/?quelle=jlink&query=EWendG+BE&psml=bsbeprod.psml&max=true&aiz=true> (siehe S. 1).
- [3] Abgeordnetenhaus von Berlin. *Verfassung von Berlin*. 1995 (siehe S. 7).
- [4] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.) „1990 – 2010 Berlin und Brandenburg“. In: *Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin-Brandenburg* 5+6 (2010). URL: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/Zeitschrift/2010/HZS_1006.pdf (siehe S. 7).
- [5] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.) *Regionales Bezugssystem*. 2013. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/verzeichnisse/RBSverzeichnisse20130621.pdf> (siehe S. 7).
- [6] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.) *Statistischer Bericht - Energie- und CO₂-Bilanz in Berlin 2012*. 2012. URL: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2015/SB_E04-04-00_2012j01_BE.pdf (siehe S. 2, 15, 16, 26, 27).
- [7] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.) *Statistisches Jahrbuch 2015*. 2015. URL: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/Jahrbuch/jb2015/JB_2015_BE.pdf (siehe S. 10, 11, 28).
- [8] M. Baldauf u. a. *Kurze Beschreibung des Lokal-Modells Kürzestfrist COSMO-DE (LMK) und seiner Datenbanken auf dem Datenserver des DWD*. 2014. URL: https://www.dwd.de/SharedDocs/downloads/DE/modelldokumentationen/nwv/cosmo_de/cosmo_de_dbbeschr_version_2_3_201406.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (siehe S. 19).

- [9] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.) „Stromverbrauch im Haushalt“. In: *Energie-Info* (2013). URL: [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/6FE5E98B43647E00C1257C0F003314E5/%5C\\$file/708-2_Beiblatt_zu%20BDEW-Charts%20Stromverbrauch%20im%20Haushalt_2013-10-23.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/6FE5E98B43647E00C1257C0F003314E5/%5C$file/708-2_Beiblatt_zu%20BDEW-Charts%20Stromverbrauch%20im%20Haushalt_2013-10-23.pdf) (siehe S. 15, 28).
- [10] Berlin Business Location Center (Hrsg.) *Solarpotentialanalyse Berlin – Datendokumentation*. 2011. URL: <http://www.businesslocationcenter.de/imperia/md/blc/wirtschaftsatlas/projekt/content/datendokumentation.pdf> (siehe S. 2, 13).
- [11] Abgeordnetenhaus Berlin. *Neue Energie für Berlin – Zukunft der energiewirtschaftlichen Strukturen*. Berlin, Sep. 2015 (siehe S. 2).
- [12] H. Bömermann, S. Jahn und K. Nelius. „Lebensweltlich orientierte Räume im Regionalen Bezugssystem (Teil 1) - Werkstattbericht zum Projekt ‚Vereinheitlichung von Planungsräumen‘“. In: *Berliner Statistik* (Aug. 2006). URL: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/lor/download/BerlinerStatistik0608.pdf (siehe S. 8, 9).
- [13] Bundesregierung (Hrsg.) *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. Sep. 2010. URL: https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (siehe S. 1).
- [14] Conference of the Parties (Hrsg.) *Adoption of the Paris Agreement*. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (siehe S. 1).
- [15] Deutscher Wetterdienst. *Pamore - Zugang zu archivierten Daten der Vorhersagemodelle*. URL: <http://www.dwd.de/DE/leistungen/pamore/pamore.html> (siehe S. 4, 6).
- [16] Deutscher Wetterdienst. *Regionalmodell COSMO-DE*. URL: https://www.dwd.de/DE/forschung/wettervorhersage/num_modellierung/01_num_vorhersagemodelle/regionalmodell_cosmo_de.html?nn=19912 (siehe S. 6).
- [17] Ecofys GmbH. *Solarer Rahmenplan Berlin, Untersuchung zur Erfassung des Solaren Flächenpotenziales in Berlin*. 2006. URL: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/0806_Stadtraumtypen.pdf (siehe S. 2, 14).
- [18] Martin Golde. *Potenzialanalyse der photovoltaischen Stromversorgung Berlins*. 2015 (siehe S. 2).
- [19] B. Hirschl u. a. *Potenziale erneuerbarer Energien in Berlin 2020 und langfristig - Quantifizierung und Maßnahmengenerierung zur Erreichung ambitionierter Ausbauziele*. Berlin, Apr. 2011 (siehe S. 2).
- [20] Marc Jakobi. „Optimierung des Netzeinspeiseverhaltens von deutschlandweit verteilten PV-Speichersystemen mit prognosebasierten Betriebsstrategien“. Bachelorthesis. Berlin: HTW Berlin, 15. Dez. 2015 (siehe S. 19).
- [21] T.M. Klucher. „Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces“. In: *Solar Energy* 23 (1979) (siehe S. 30).

- [22] Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (Hrsg.) „Soldnersystem Müg-
gelberg - ein vermessungstechnisches Denkmal?“ In: *Auf den Spuren der Landesvermes-
sung in Berlin und Brandenburg* (2014). URL: [http://www.geobasis-bb.de/GeoPortal1/pdf/
Spuren-der-Landesvermessung.pdf](http://www.geobasis-bb.de/GeoPortal1/pdf/Spuren-der-Landesvermessung.pdf) (siehe S. 9).
- [23] Landesverwaltungsamt Berlin (Hrsg.) „Unterstützte Koordinatenreferenzsysteme im Land
Berlin“. In: *Amtsblatt Berlin* Nr. 1 (1. März 2014). URL: [http://www.stadtentwicklung.
berlin.de/service/gesetzestexte/de/download/geoinformation/koordinatenreferenzsysteme.
pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/download/geoinformation/koordinatenreferenzsysteme.pdf) (siehe S. 9).
- [24] Preisvergleich.de (Hrsg.) *120-Städte-Studie Stromverbrauch: Das sind Deutschlands
Stromverschwender-Städte*. 7. Mai 2015. URL: [http://www.preisvergleich.de/presse/120-
staedte-studie-stromverbrauch-das-sind-deutschlands-stromverschwender-staedte-2/](http://www.preisvergleich.de/presse/120-staedte-studie-stromverbrauch-das-sind-deutschlands-stromverschwender-staedte-2/) (siehe
S. 28).
- [25] F. Reusswig u. a. *Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050*. URL: [https://www.pik-
potsdam.de/members/lass/mbs-hauptbericht-2014](https://www.pik-potsdam.de/members/lass/mbs-hauptbericht-2014) (siehe S. 2).
- [26] Senatsverwaltung für Stadt und Umwelt (Hrsg.) *Solaranlagenkataster Berlin*. URL: [http://
www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/energie/solaranlagenkataster/download/
Schlussbericht_Solarkataster_2015.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/energie/solaranlagenkataster/download/Schlussbericht_Solarkataster_2015.pdf) (siehe S. 2).
- [27] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) *ETRS89/UTM - Ein neues Lagebezugs-
system für Berlin*. URL: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/
landesvermessung/etrs89/download/6_FAQ.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/landesvermessung/etrs89/download/6_FAQ.pdf) (siehe S. 9).
- [28] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) *Informationssystem Stadt und Umwelt:
Flächennutzung und Stadtstruktur - Dokumentation der Kartiereinheiten und Aktualisie-
rung des Datenbestandes*. 2010. URL: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/
umweltatlas/download/Nutzungen_Stadtstruktur_2010.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Nutzungen_Stadtstruktur_2010.pdf) (siehe S. 7).
- [29] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) *06.06 Einwohnerdichte (Aus-
gabe 2014)*. 2014. URL: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/
kj606.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/kj606.pdf) (siehe S. 10).
- [30] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) *08.06 Solare Flächenpotenzia-
le (Ausgabe 2008)*. 2008. URL: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/
e_text/k806.pdf](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/k806.pdf) (siehe S. 12).
- [31] Stromnetz Berlin GmbH (Hrsg.) *Standardlastprofile*. 2013. URL: [http://www.stromnetz.
berlin.de/file/Informationen-Standardlastprofile-B-2014_42610362.pdf](http://www.stromnetz.berlin.de/file/Informationen-Standardlastprofile-B-2014_42610362.pdf) (siehe S. 5).
- [32] Stromvergleich.de (Hrsg.) *Der durchschnittliche Stromverbrauch pro Haushalt in Deutsch-
land*. URL: [https://www.stromvergleich.de/durchschnittlicher - stromverbrauch #
stromverbrauch1](https://www.stromvergleich.de/durchschnittlicher-stromverbrauch/#stromverbrauch1) (siehe S. 28).
- [33] A. Suck u. a. *Berliner Energiekonzept 2020*. Berlin, Mai 2011 (siehe S. 2).
- [34] T. Tjaden u. a. „Einfluss des Standorts und des Nutzerverhaltens auf die energetische
Bewertung von PV-Speichersystemen“. In: *Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad
Staffelstein*. 2014 (siehe S. 5).

- [35] J. Weniger u. a. *Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende*. Berliner Wissenschafts-Verlag, Juni 2015 (siehe S. 32, 33).

Online-Quellen

- [36] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. *Einwohnerdichte*. 2014. URL: http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/geometry/senstadt/re_einwohnerdichte2014 (siehe S. 4, 10).
- [37] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. *RBS-Block*. 2015. URL: <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/regionales/rbs/rbsblock.asp?Kat=4002> (siehe S. 7).
- [38] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. *RBS-Blöcke*. 2014. URL: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/opendata/RBS_OD_BLK_1412.zip (siehe S. 8).
- [39] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *3.14 Durchschnittlicher Haushaltsstromverbrauch*. Nov. 2015. URL: https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten (siehe S. 28).
- [40] OpenStreetMap-Mitwirkende. *OpenStreetMap*. 2015. URL: <http://www.openstreetmap.org> (siehe S. 8).
- [41] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. *Kartenbeschreibung - Kategorien der Karte 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen*. 2011. URL: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dd601_04.htm (siehe S. 10).
- [42] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. *Umweltatlas Berlin / Flächennutzung, Stadtstruktur 2010 und Versiegelung 2011*. 2010/2011. URL: http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/geometry/senstadt/re_nutz2010_nutzsa (siehe S. 4, 8, 10).
- [43] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. *Umweltatlas Berlin / Solare Flächenpotenziale*. 2005. URL: <http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> (siehe S. 4, 29).
- [44] Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung. *Solarpotential (Eignung pro Gebäude)*. 2013. URL: <http://wab-live.businesslocationcenter.de/ogc-services/solaratlas/wfs> (siehe S. 4, 29).
- [45] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. *Ortsteile Berlins*. 2014. URL: http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/wfs/geometry/senstadt/re_ortsteil (siehe S. 4).
- [46] Stromnetz Berlin GmbH. *Netznutzer - Standardlastprofile für 2014*. 2016. URL: <http://www.stromnetz.berlin/de/netznutzer.htm> (siehe S. 4, 5).
- [47] Stromnetz Berlin GmbH. *Web service „Berliner StromApp“ smeterEngine*. 2013. URL: <http://www.netzdaten-berlin.de/suchen/-/details/web-service-last-und-erzeugung-berlin> (siehe S. 4, 5, 25).