

Smart Grid LAB Hessen

Szenarienatalog



2. März 2023
HOCHSCHULE DARMSTADT
TILL NEUKAMP
SIMON PLÜTZER
SOPHIA PFEFFER



EUROPÄISCHE UNION
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



HESSEN
Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Einleitung	5
2 Energierahmen.....	8
3 Durchdringungen	10
4 Leistungen	12
5 Topologien	14
6 Einstellungen für das Labor	29
7 Lastkurven	58
8 Literaturverzeichnis	60

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
Bat	Batterie
EFH	Einfamilienhaus
HH	Haushalt
JAZ	Jahresarbeitszahl
LS	Ladestation
LWR	Laborwechselrichter
MFH	Mehrfamilienhaus
NA	Netzabschnitt
PV	Photovoltaik
WP	Wärmepumpe
WR	Wechselrichter

1 Einleitung

1.1 Szenarien

Das Niederspannungsnetz des Labors lässt sich in vier Netztypen Land, Dorf, Vorstadt und Stadt verschalten. In diesen werden Prosumer in verschiedenen Ausbau-Szenarien und deren Auswirkung auf den Netzbetrieb untersucht, um die zentralen Fragestellungen des Forschungsprojekts zu erörtern.

Die hessischen Gemeinden können eindeutig nach ihren Gemeindegemeinschaften identifiziert werden. Um das Bundesland aussagekräftig darzustellen, wurden mit Hilfe der Hessischen Gemeindestatistik 2021 [1] die einzelnen Gemeinden anhand ihrer Einwohner-Arbeitsplatzdichte gewichtet und einem Verdichtungsraum zugeordnet. Dadurch lassen sich Datensätze aus Hessen in die Labortopologien Land, Dorf, Vorstadt und Stadt klar einteilen. Der Schwerpunkt bei der Erstellung der Energie-Szenarien lag auf der technischen Umsetzung der Energiepolitischen Ziele auf Verteilnetzebene. In den Szenarien sind keine demographischen Strukturen, wie Wandel oder Bevölkerungswanderungen, berücksichtigt. Daher ändert sich die Anzahl der Gebäude in den Labor-Szenarien über die Jahre nicht.

Den aktuellen Stand beschreibt das Szenario-Jahr 2020. Hierfür wurden die Einträge des Marktstammdatenregisters für Hessen hinsichtlich PV-Anlagen mit und ohne Batteriespeicher analysiert [2]. Es ließen sich dort auch die aktuellen Trends im Ausbau herausarbeiten. Gebäudebestände und Einwohnerzahlen lieferte die Hessische Gemeindestatistik 2021 [1]. Die Datengrundlage für den Kraftfahrzeug- und Ladesäulenbestand lieferte das Bundeskraftfahrzeugamt [3].

Als Grundlage der Zukunfts-Szenarien dient das Osterpaket 2022 der Bundesregierung und die daraus entstandenen Gesetzesentwürfe [4] [5]. Hier werden konkrete Ausbauziele der Erneuerbaren Energien festgelegt. Die von der Bundesregierung definierten Energiepolitischen Ziele sind gestaffelt und betreffen den gesamten Energiesektor. Die Untersuchungen im Labor fokussieren sich auf die Szenario-Jahre 2020, 2030 und 2045. In den Szenarien werden verschiedene Prosumer-Strukturen im Sektor der privaten Haushalte in Hessen abgebildet. Zusätzlich wird ein viertes Szenario Vollausbau entwickelt. Dieses beschreibt den maximalen Prosumer-Ausbau, bei dem alle Gebäude über eine PV-Anlage, einen Batteriespeicher, eine elektrische Wärmepumpe und eine private Ladestation für Elektroautos verfügen.

1.2 Definitionen

Anschluss:	Ein Anschluss ist mit einem Haushalt (HH) / Wohneinheit gleich zu setzen, welcher am Niederspannungsnetz angeschlossen ist. Dabei können mehrere Anschlüsse auf einem Kontenpunkt im Niederspannungsnetzes liegen.
Gebäude:	Frei stehendes oder durch Brandmauer von einem anderen getrennten Bauwerk. Bei Doppel-, Gruppen- oder Reihenhäusern zählt jedes einzelne, von dem anderen durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Trennmauer geschiedene Bauwerk, als selbstständiges Gebäude.
EFH:	Bei einem Einfamilienhaus handelt es sich um ein Wohngebäude, welches nur von einer Wohngruppe bewohnt ist (1 Anschluss).
ZFH:	Ein Zweifamilienhaus ist ein Wohngebäude, in dem zwei Wohngruppen mit jeweils einem eigenen Niederspannungsnetzanschluss (2 Anschlüsse) existieren.
MFH:	Ein Mehrfamilienhaus ist ein Wohngebäude, das von mindestens drei Wohngruppen bewohnt wird, welche jeweils einem eignen Niederspannungsnetzanschluss (>2 Anschlüsse).
PV:	Es werden nur Photovoltaikanlagen auf Gebäuden betrachtet. Pro Wohngebäude kann es maximal eine PV-Anlage geben.
Batteriespeicher:	Batteriespeicher werden in direktem Zusammenhang mit einer PV-Anlage betrachtet, weshalb nur einen Speicher pro Gebäude existieren kann.
Ladestation:	Als Ladestation wird die Zusammenfassung von Wallboxen und E-Fahrzeugen betrachtet.
Wärmepumpe:	Für die Wärmeversorgung von Wohngebäuden werden nur zentrale leitungsgebundene Heizungssysteme betrachtet, weshalb nur eine Wärmepumpe pro Gebäude existieren kann. Sekundäre Heizquellen werden nicht in die Untersuchungen mit einbezogen.
Durchdringungen:	Da es sich bei PV, Batteriespeicher, Ladestationen und Wärmepumpen um gebäudespezifische Komponenten handelt, bezieht sich die Durchdringung auf die Anzahl der Gebäude.

1.3 Laboraufbau

Abbildung 1 zeigt die Gesamtnetztopologie des Labors bestehend aus 9 Netzabschnitten mit je einem Wechselrichter und Abgängen zu anderen Netzabschnitten. Der 4-Quadrantenbetrieb der Wechselrichter, ermöglicht die Nachbildung von Prosumern, indem elektrische Energie sowohl bezogen als auch eingespeist werden kann. Zur Nachbildung von Kabelstrecken zwischen den Netzabschnitten befinden sich reale Impedanzen, die sich aus Widerständen und Induktivitäten zusammensetzen. Es können sieben verschiedene Varianten von Strangnachbildungen aus dem Niederspannungsnetz erzeugt werden. Da ein Wechselrichter mehrere Lastkurven von unterschiedlichen Haushalten gleichzeitig simulieren kann, können Gebäude und Haushalte flexibel in der Topologie kombiniert werden. Die einzelnen Topologien werden im Kapitel „Topologien“ gezeigt.

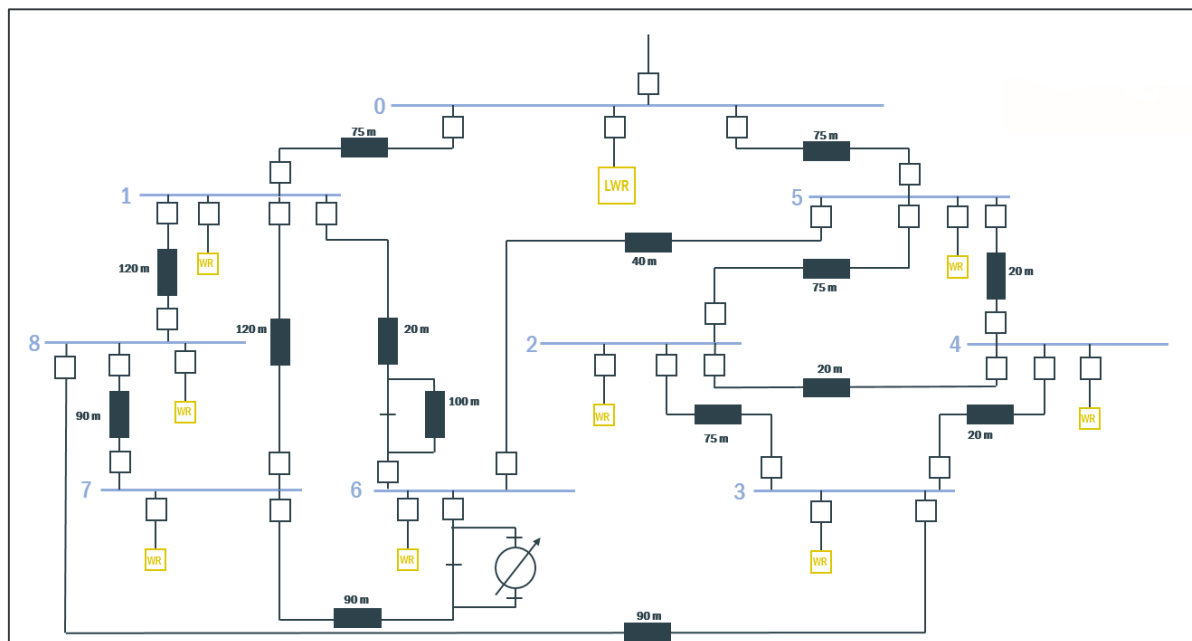


Abbildung 1: Gesamtnetztopologie des Labors.

1.4 Lastkurven

Eine Lastkurve kann sich aus einer Haushaltlastkurve (Grundlast), einer PV-Anlage mit und ohne Batteriespeicher, einer Wärmepumpe und einer Ladestation für Elektroautos zusammensetzen. Die Lastkurven sind in einer Schrittweite von einer Sekunde aufgelöst [6]. Für die Grundlast wird ein von der HTW Berlin erstellter Datensatz verwendet, welcher 74 Lastprofile über ein ganzes Jahr beinhaltet. Dort gilt das Kalenderjahr von 2010 für Werk- Sonn- und Feiertage. Die „neuen Smart Grid Komponenten“ wie PV-Anlage, Batterie, Wärmepumpe und Ladestation werden berechnet und der Grundlastkurve hinzugefügt. Für die Szenarien werden 24 h Fenster aus den vier Jahreszeiten betrachtet. Die betrachteten Zeitfenster lassen sich jedoch auch variabel verändern.

2 Energierahmen

Der Energierahmen zeigt den übergeordneten Ausbau-Stand und die energiepolitischen Ziele. Auf Grundlage der aktuellen Verhältnisse können die Ziele für die gesamte Bundesrepublik zunächst auf Hessen und anschließend auf die für das Labor relevanten privaten Haushalte des Bundeslandes Hessen heruntergerechnet werden. Als tragende Säulen der Energiewende werden, nach den energiepolitischen Zielen Windkraft- und Solaranlagen gesehen. Gemäß dem aktuellen technischen Stand ist der Ausbau zu einem Prosumer nur mit Photovoltaik-Aufdachanlagen wirtschaftlich realisierbar.

Die aktuellen installierten Leistungen für Wind- und Solarenergie für Deutschland liefert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [7]. Die derzeit installierte Gesamtleistung für Hessen wurde dem Energiemonitoringbericht 2021 für Hessen entnommen und die installierte PV-Leistung auf und an Wohngebäuden konnte aus dem Marktstammdatenregister ermittelt werden [8] [2]. Zukünftige Ausbauziele enthält der Gesetzesentwurf zum EEG 2023 [7]. Um den hessischen Anteil daraus zu ermitteln, wurde der Mittelwert aus dem aktuellen Anteil an der installierten PV-Leistung und dem Gesamtflächenanteil gebildet. Die installierte Leistung für den Sektor der privaten Haushalte wurde anhand des aktuellen Anteils fortgeführt.

Die aktuellen PKW-Bestände lieferte das Kraftfahrbundesamt, wobei die Anzahl der privaten und öffentlichen Ladestationen dem Energiemonitoringbericht Hessen 2021 entnommen wurde [3] [8]. Die prozentualen zukünftigen Anteile der Batterieelektrischen- und Hybridfahrzeuge wurden in der Verteilnetzstudie Hessen abgeschätzt [9]. Ausbauziele für öffentliche Ladestationen sind im ersten Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung für das Jahr 2030 festgehalten [10]. Die dena-Studie „Privates Ladeinfrastrukturpotential in Deutschland“ führt auf, dass Automobile verstärkt auf privaten Stellplätzen geparkt werden, weshalb privaten Lademöglichkeiten ein großes Potential zugeschrieben wird [11]. Diese These unterstützen auch die in der Studie aufgeführten Zahlen aus Norwegen und den Niederlanden, in den vier- bis fünfmal mehr private Ladestationen installiert sind als öffentliche. Für Hessen gibt das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung ähnliche Erkenntnisse an und den Zahlen aus dem Energiemonitoringbericht nach, übertrifft bereits heute in Hessen die Anzahl der privaten Ladestationen die der öffentlichen um das Vierfache [8]. Aus diesem Grund wurden die Ziele für den öffentlichen Ausbau in den Jahren 2030 und 2045 mit dem Faktor 4,5 multipliziert, um die Anzahl der privaten Lademöglichkeiten abzuschätzen.

Eine Studie des BDEW zum Heizungsmarkt stellt die deutschen und hessischen Heizungssysteme gegenüber [12]. In Hessen wurden 2019 rund 4,7 % aller Wohngebäude mit Elektro-Wärmepumpen beheizt, was knapp über dem Wert für ganz Deutschland liegt. Die Ziele in der zukünftigen Wärmeversorgung sind noch recht breit gesteckt. Bis zum Jahr 2045 wird die vollständige Klimaneutralität von Gebäuden angestrebt, bei einem deutlich reduzierten Energiebedarf. Ab dem Jahr 2025 muss jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von mindestens 65 % Erneuerbarer Energien betrieben werden und bis 2030 soll 50 % der gesamten Wärme klimaneutral erzeugt werden. Der Energiemonitoringbericht zeigt, dass in den vergangenen Jahren vermehrt elektrische Wärmepumpen zur Beheizung von Neubauten eingesetzt wurden [8]. Diese haben derzeit die höchsten Fördersätze der KfW, gelten aber allgemein noch als recht kostspielig. Vor allem die Sanierung von Heizsystemen in Bestandsgebäuden ist hochpreisig. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass in Zukunft ein Mix aus verschiedenen Technologien im Gebäudebestand eingesetzt wird.

	2020		2030		2045	
	Deutschland	Hessen	Deutschland	Hessen	Deutschland	Hessen
PV gesamt [GW]	53,72	2,41	215,00	10,75	400,00	20,00
PV auf HH [GW]	9,75	0,67	53,75	3,23	100,00	6,00
Batteriespeicher [GW]		0,05				
Wind onshore [GW]	55,63	2,26	115,00	5,75	160,00	9,60
Wind offshore [GW]	7,79	-	30,00	-	70,00	-
Biomasse [MW]	9.293,00	303,60	8.400,00			
Biomasse [TWh]	45,03	1,37				
Pkw-Bestand	48.248.584	3.772.207	50.000.000	4.100.000	55.000.000	4.300.000
Elektroautos PHEV+BEV	588.944	113.914	9.000.000	738.000	44.000.000	3.440.000
Anteil E-Autos	1,22%	3,02%	18%	18%	80%	80%
Ladestationen privat	300.000	12.212	4.500.000	318.446	10.350.000	724.500
Ladestationen öffentlich	39.440	2.791	1.000.000	70.766	2.300.000	161.000
Wärmepumpen	915.200	133.896	4.075.600	288.464	10.395.000	800.000
Einwohner*Innen	83.161.000	6.293.154	84.700.000	6.370.000	85.100.000	6.400.000
Wohngebäude	19.300.000	1.405.221	20.378.000	1.442.319	20.790.000	1.600.000
Wohnungen / Haushalte	41.600.000	2.975.475	44.300.000	3.135.475	46.200.000	3.415.475

Tabelle 1: Rahmendaten für die Szenarien [1-22].

3 Durchdringungen

Über die Gesamtgebäudezahl in Hessen konnten in Bezug auf die Daten aus dem Energie-Rahmenbedingungen die Durchdringungen der jeweiligen untersuchten Prosumer-Technologien in Prozent ermittelt werden. Photovoltaik-Aufdachanlagen stellen aktuell noch die älteste laborrelevante Technologie im Vergleich zu den anderen Technologien (Wärmepumpe, Batteriespeicher, etc.) dar und sind deshalb auch stärker im derzeitigen Gebäudebestand vertreten. Batteriespeicher werden erst seit ein paar Jahren verstärkt eingesetzt, um solare Strahlungsenergie privat nutzbar zu machen. Aus diesem Grund sind diese im Gesamtbestand für das Szenario-Jahr 2020 noch kaum vertreten. Ebenso verhalten sich private Ladestationen, die erst seit 2020 vermehrt nachgefragt werden und deshalb im Gesamtbestand der Wohngebäude noch eine verschwindend geringe Durchdringung aufweisen. Für Wärmepumpen liegen keine aussagekräftigen Datensätze vor, weshalb, in Anlehnung an die oben aufgeführte BDEW-Studie zum Heizungsmarkt in Hessen, eine durchschnittliche Durchdringung von fünf Prozent für alle Topologien angenommen wird.

Das Osterpaket sieht vor, die Rahmenbedingungen für den Ausbau privater Photovoltaik-Dachanlagen zukünftig zu verbessern und Studien, wie die hessische Verteilnetzstudie, sehen ein großes, derzeit noch ungenutztes, Potential auf Hausdächern. Ein deutlicher Zuwachs wird deshalb für das Szenario-Jahr 2030 in allen Topologien angenommen. Auch wenn die jüngsten Zubau-Zahlen im Marktstammdatenregister einen stärkeren Zuwachs in den städtischen Topologien erkennen lassen, wurde für die ländlichen Gebiete im Gesamtbestand weiterhin eine höhere Durchdringung angenommen. Während dort der Ausbau einfacher umsetzbar ist, begründet durch klare Eigentumsverhältnisse bei Ein- und Zweifamilienhäusern und leichter nutzbare Flächen, bremsen Mietverhältnisse, Verschattungen und eine stärkere Flächenkonkurrenz den Ausbau in der Stadt Topologie [13]. Die Kombination einer PV-Anlage und einem Batteriespeicher kommt in allen Topologien stärker zum Einsatz. Die bereits aufgeführte dena-Studie gibt einen Zusammenhang zwischen der Kaufkraft in Landkreisen und der Entwicklung der Elektromobilität an. Kurzfristig wird deshalb ein Zuwachs der Elektromobilität vor allem in den finanziell stärker aufgestellten städtischen Gemeinden angenommen. In der Stadtopologie wird der Ausbau an privaten Ladestationen allerdings stark eingeschränkt, aufgrund der mangelnden privaten Stellplätze.

Im Jahr der Klimaneutralität 2045 wurde angenommen, dass die Durchdringung von PV-Dachanlagen in den Dorf- und Vorstadt-Topologien am höchsten ist. Dort ist der Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern sehr hoch, da aufgrund der geringen Verschattungen und Dachflächen PV-Anlagen optimal zur Stromerzeugung genutzt werden können. Die einkommensschwächeren Landkreise, die der Topologie Land zugeordnet wurden, fallen etwas zurück. Die Stadt-Topologie weist die geringste Durchdringung auf, begründet durch Mehrparteienhäuser, Verschattungen durch dichtere Bebauung und Flächenkonkurrenz. Jede zweite PV-Dachanlage wird in diesem Szenario in Kombination mit einem Batteriespeicher betrieben. Der Durchdringungstrend für private Ladestationen aus dem oben beschriebenen Szenario-Jahr 2030 wurde auch für das Jahr 2045 fortgesetzt und elektrische Wärmepumpen kommen im Gesamtbestand der Wohngebäude vermehrt zum Einsatz.

Um die Auswirkungen zu analysieren, die ein Vollausbau der Prosumer in allen Topologien nach sich ziehen könnte, wurde abschließend das Neubau-Szenario erstellt. Hier verfügt jedes der simulierten Labor-Gebäude über alle untersuchten Technologien.

3.1 Land

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV	10,00%	32,00%	40,00%	100%
Batteriespeicher	1,00%	10,70%	20,00%	100%
Wärmepumpe	5,00%	10,00%	40,00%	100%
Ladestation	0,90%	14,00%	28,00%	100%

Tabelle 2: Durchdringungen in den Topologien Land.

3.2 Dorf

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV	8,40%	28,00%	50,00%	100%
Batteriespeicher	1,00%	9,30%	25,00%	100%
Wärmepumpe	5,00%	10,00%	40,00%	100%
Ladestation	1,30%	24,00%	55,00%	100%

Tabelle 3: Durchdringungen in den Topologien Dorf.

3.3 Vorstadt

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV	6,70%	24,00%	45,00%	100%
Batteriespeicher	0,90%	8,00%	22,50%	100%
Wärmepumpe	5,00%	10,00%	40,00%	100%
Ladestation	1,20%	26,00%	60,00%	100%

Tabelle 4: Durchdringungen in den Topologien Vorstadt.

3.4 Stadt

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV	3,80%	21,00%	33,00%	100%
Batteriespeicher	0,60%	7,00%	16,50%	100%
Wärmepumpe	5,00%	10,00%	40,00%	100%
Ladestation	0,40%	12,00%	30,00%	100%

Tabelle 5: Durchdringungen in den Topologien Stadt.

4 Leistungen

Die durchschnittlichen Leistungen der PV-Anlagen und die der Batteriespeicher, sowie deren Kapazität, wurden durch die Einträge im Marktstammdatenregister ermittelt. Während die Größen der Batteriespeicher relativ unabhängig von der jeweiligen Topologie sind, ist zu erkennen, dass in den Leistungsklassen der PV-Anlagen in ländlichen Gebieten größer dimensioniert werden. Dort werden aufgrund größerer Dachflächen, weniger Verschattungen und weniger Flächenkonkurrenz größere Module eingesetzt, als in den städtischen Gebieten. Außerdem ist die noch bis 2021 geltende EEG-Umlagenpflicht für Anlagen über 10 kWp deutlich als Leistungsgrenze in den installierten Leistungen pro Modul zu erkennen. Als Leistungen für private Ladestationen wurden die derzeit für Wallboxen üblichen 11 kW angenommen. Private Ladestationen fassen installierte Wallboxen und E-Fahrzeuge zusammen. Dies liegt daran, dass ein E-Fahrzeug auch ohne Wallbox geladen werden kann. Des Weiteren sind E-Fahrzeuge nicht ausschließlich an einen Anschluss gebunden. Für das Erstellen der Szenarien sind jedoch die Leistungsflüsse an den einzelnen Punkten interessant. Für den ersten Aufschlag wird angenommen, dass nur ein Ladepunkt pro Gebäude existiert. An diesem können mehrere Ladevorgänge nacheinander stattfinden.

Durch den Abbau regulatorischer Hürden in der jüngsten EEG-Novelle für Dachanlagen bis 30 kW, lässt sich eine Verschiebung der Leistungen pro installierte Anlage deutlich über die 10 kWp Grenze erkennen. Dadurch könnten auch zukünftig Dachflächen vollständiger ausgenutzt werden, was sich positiv auf die durchschnittlich installierten Leistungen pro Anlage auswirkt. Allerdings setzen die kleineren Bestandsanlagen den Durchschnittswert herab. Leistungssteigerungen durch neuartige Technologien wurden in den Szenarien nicht berücksichtigt. Durch die Vergrößerung der Quelle wurden in diesem Zusammenhang auch die Speicher in allen Topologien größer dimensioniert. Größere Speicher sind jedoch nicht zwingend sinnvoll, wenn der Verbrauch zu niedrig ist. Die Wirtschaftlichkeit des Speichers nimmt mit einer Überdimensionierung ab. Für die Ladestationen wurden weiterhin 11 kW angenommen.

Vor allem die Kombination der neuen Verbraucher, wie der elektrischen Wärmepumpe und der privaten Ladestation für Elektroautos und einer eigenen PV-Dachanlage wurde bei der Erstellung der Szenarien als vorteilhaft angesehen. Die Stromgestehungskosten von Photovoltaikanlagen liegen deutlich unter den Preisen der Stromtarife für Privatkunden [14], weshalb bei einem erhöhten Bedarf an elektrischer Energie PV-Anlagen die Kosten senken. Gleichzeitig profitieren Betreiberinnen und Betreiber dieser Anlagen durch den Eigenverbrauch. Deshalb steigen in allen Szenarien die durchschnittlichen Leistungen der PV-Dachanlagen und in diesem Zusammenhang auch die Speichergrößen.

4.1 Land

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV [kW]	8,1	8,6	9,5	9,5
Batterie				
Leistung [kW]	4,4	5,3	7	7
Energie [kWh]	7	7	7,2	8
Heizlast				
EFH [kW]	12	12	12	12
ZFH [kW]	20	20	20	20
MFH [kW/HH]	10	10	10	10
Ladestation [kW]	11	11	11	11

Tabella 6: Leistungswerte für Land Topologien.

4.2 Dorf

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV [kW]	7,5	8,4	9,2	9,2
Batterie				
Leistung [kW]	4,4	5,3	7,2	7,2
Energie [kWh]	7	7,2	7,5	8,5
Heizlast				
EFH [kW]	12	12	12	12
ZFH [kW]	20	20	20	20
MFH [kW/HH]	10	10	10	10
Ladestation [kW]	11	11	11	11

Tabella 7: Leistungswerte für Land Topologien.

4.3 Vorstadt

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV [kW]	7	7,9	8,5	8,5
Batterie				
Leistung [kW]	4,3	5,1	7,5	7,5
Energie [kWh]	7	7,5	8,7	9
Heizlast				
EFH [kW]	12	12	12	12
ZFH [kW]	20	20	20	20
MFH [kW/HH]	10	10	10	10
Ladestation [kW]	11	11	11	11

Tabella 8: Leistungswerte für Land Topologien.

4.4 Stadt

Technologie	2020	2030	2045	Vollausbau
PV [kW]	6,8	7,3	8	8
Batterie				
Leistung [kW]	4,3	5	7	7
Energie [kWh]	7	7,5	9	9
Heizlast				
EFH [kW]	12	12	12	12
ZFH [kW]	20	20	20	20
MFH [kW/HH]	10	10	10	10
Ladestation [kW]	11	11	11	11

Tabella 9: Leistungswerte für Land Topologien.

5 Topologien

Aus den Energierahmendaten konnten die Durchdringungen ermittelt werden, die sich schließlich bis auf den simulierten Hausanschluss der einzelnen Gebäude herunterrechnen lässt. Die Anteile der EFH, ZFH und MFH Gebäude pro Topologie wurden aus der Hessischen Gemeindestatistik 2021 ermittelt und bleiben für die Szenario-Jahre unverändert. Anhand der Durchdringungen können die einzelnen Technologien anteilig für die einzelnen Topologien und Jahre berechnet werden, wobei ganzzahlig gerundet wurde. Niedrige Durchdringungen machen sich bei einer kleinen Gebäudeanzahl wie bei den Land-Topologien anfangs noch kaum bemerkbar.

5.1 Land 1

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	3	1					1	1	
Gebäude	3	1					1	1	
EFH	3	1					1	1	
ZFH									
MFH									

Tabelle 10: Anschlussverteilung von Land 1.

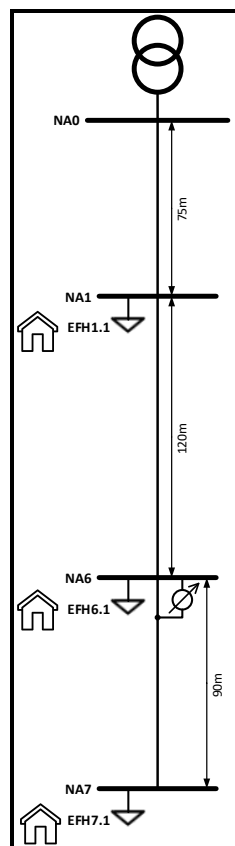


Abbildung 2: Basistopologie - Land 1.

5.1.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module									
Batteriespeicher									
Wärmepumpen									
Ladestationen									

Tabelle 11: Komponentenverteilung von 2020 - Land 1.

5.1.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1							1	
Batteriespeicher									
Wärmepumpen									
Ladestationen									

Tabelle 12: Komponentenverteilung von 2030 - Land 1.

5.1.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1							1	
Batteriespeicher	1							1	
Wärmepumpen	1						1		
Ladestationen	1	1							

Tabelle 13: Komponentenverteilung von 2045 - Land 1.

5.1.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	3	1					1	1	
Batteriespeicher	3	1					1	1	
Wärmepumpen	3	1					1	1	
Ladestationen	3	1					1	1	

Tabelle 14: Komponentenverteilung von Vollausbau - Land 1.

5.2 Land 2

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	4					1	1	1	1
Gebäude	4					1	1	1	1
EFH	4					1	1	1	1
ZFH									
MFH									

Tabella 15: Anschlussverteilung von Land 2.

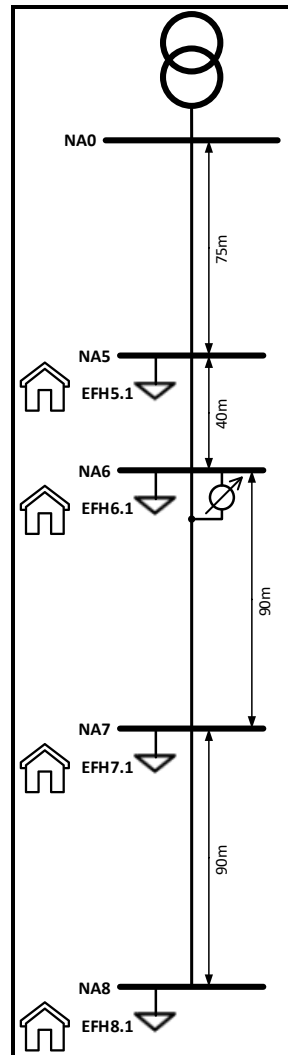


Abbildung 3: Basistopologie - Land 2.

5.2.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module									
Batteriespeicher									
Wärmepumpen									
Ladestationen									

Tabelle 16: Komponentenverteilung von 2020 - Land 2.

5.2.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1					1			
Batteriespeicher									
Wärmepumpen									
Ladestationen	1					1			

Tabelle 17: Komponentenverteilung von 2030 - Land 2.

5.2.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	2					1	1		
Batteriespeicher	1						1		
Wärmepumpen	2					1	1		
Ladestationen	1						1		

Tabelle 18: Komponentenverteilung von 2045 - Land 2.

5.2.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	4					1	1	1	1
Batteriespeicher	4					1	1	1	1
Wärmepumpen	4					1	1	1	1
Ladestationen	4					1	1	1	1

Tabelle 19: Komponentenverteilung von Vollausbau - Land 2.

5.3 Dorf 1

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	22	1	1	3	1	1	7	4	4
Gebäude	18	1	1	2	1	1	5	4	3
EFH	15	1	1	1	1	1	4	4	2
ZFH	2			1					1
MFH	1						1		

Tabella 20: Anschlussverteilung von Dorf 1.

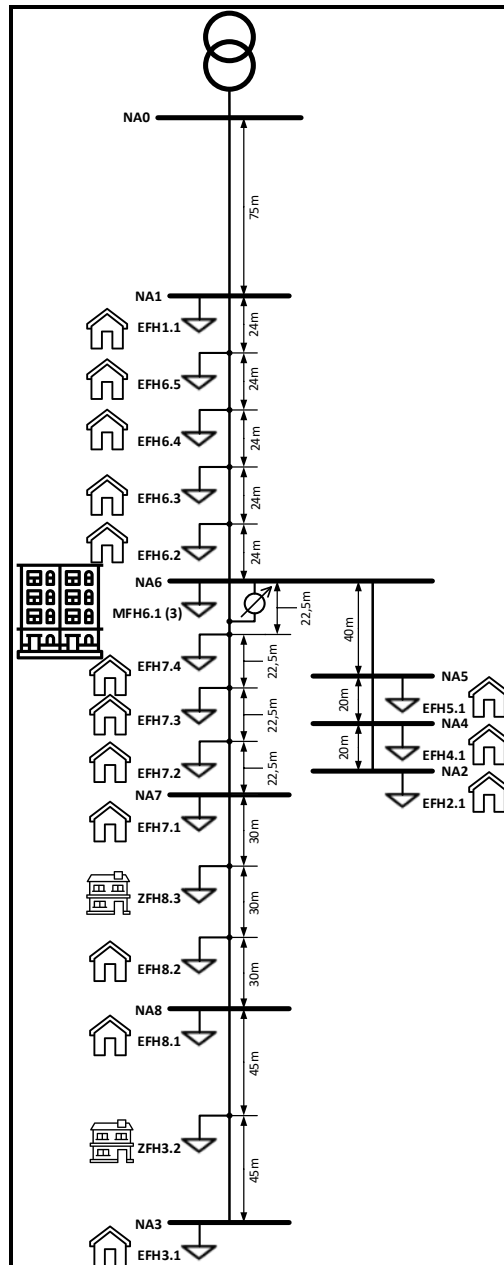


Abbildung 4: Basistopologie - Dorf 1.

5.3.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	2						1		1
Batteriespeicher									
Wärmepumpen	1						1		
Ladestationen									

Tabelle 21: Komponentenverteilung von 2020 - Dorf 1.

5.3.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	5	1		1		1	1		1
Batteriespeicher	2	1				1			
Wärmepumpen	2	1		1			1		
Ladestationen	4	1				1	1		1

Tabelle 22: Komponentenverteilung von 2030 - Dorf 1.

5.3.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	9	1		2	1	1	1	2	1
Batteriespeicher	5	1		1	1	1		1	
Wärmepumpen	7	1	1	1	1	1	1	1	
Ladestationen	10	1	1	1		1	2	2	2

Tabelle 23: Komponentenverteilung von 2045 - Dorf 1.

5.3.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	18	1	1	2	1	1	5	4	3
Batteriespeicher	18	1	1	2	1	1	5	4	3
Wärmepumpen	18	1	1	2	1	1	5	4	3
Ladestationen	18	1	1	2	1	1	5	4	3

Tabelle 24: Komponentenverteilung von Vollausbau - Dorf 1.

5.4 Dorf 2

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	22	1	2			1	7	7	4
Gebäude	17	1	2			1	3	6	4
EFH	14	1	2			1	1	5	4
ZFH	2						1	1	

Tabella 25: Anschlussverteilung von Dorf 2.

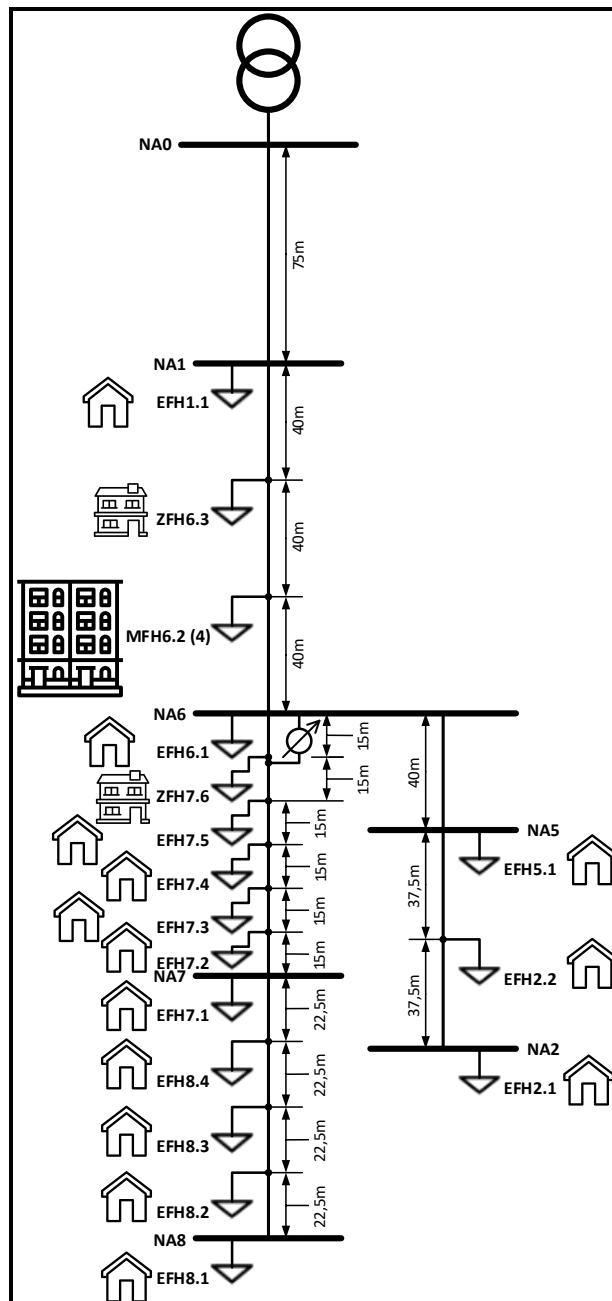


Abbildung 5: Basistopologie - Dorf 2.

5.4.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1	1							
Batteriespeicher									
Wärmepumpen	1	1							
Ladestationen									

Tabelle 26: Komponentenverteilung von 2020 - Dorf 2.

5.4.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	4	1	1			1	1		
Batteriespeicher	1	1							
Wärmepumpen	2		1			1			
Ladestationen	4	1	1			1	1		

Tabelle 27: Komponentenverteilung von 2030 - Dorf 2.

5.4.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	8	1	1			1	2	2	1
Batteriespeicher	4	1					1	1	1
Wärmepumpen	6		1			1	2	1	1
Ladestationen	9	1	1			1	2	2	2

Tabelle 28: Komponentenverteilung von 2045 - Dorf 2.

5.4.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	17	1	2			1	3	6	4
Batteriespeicher	17	1	2			1	3	6	4
Wärmepumpen	17	1	2			1	3	6	4
Ladestationen	17	1	2			1	3	6	4

Tabelle 29: Komponentenverteilung von Vollausbau - Dorf 2.

5.5 Vorstadt 1

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	25	3	2			3	6	5	6
Gebäude	19	2	2			2	2	5	6
EFH	15	1	2			1		5	6
ZFH	3	1				1	1		
MFH	1						1		

Tabella 30: Anschlussverteilung von Vorstadt 1.

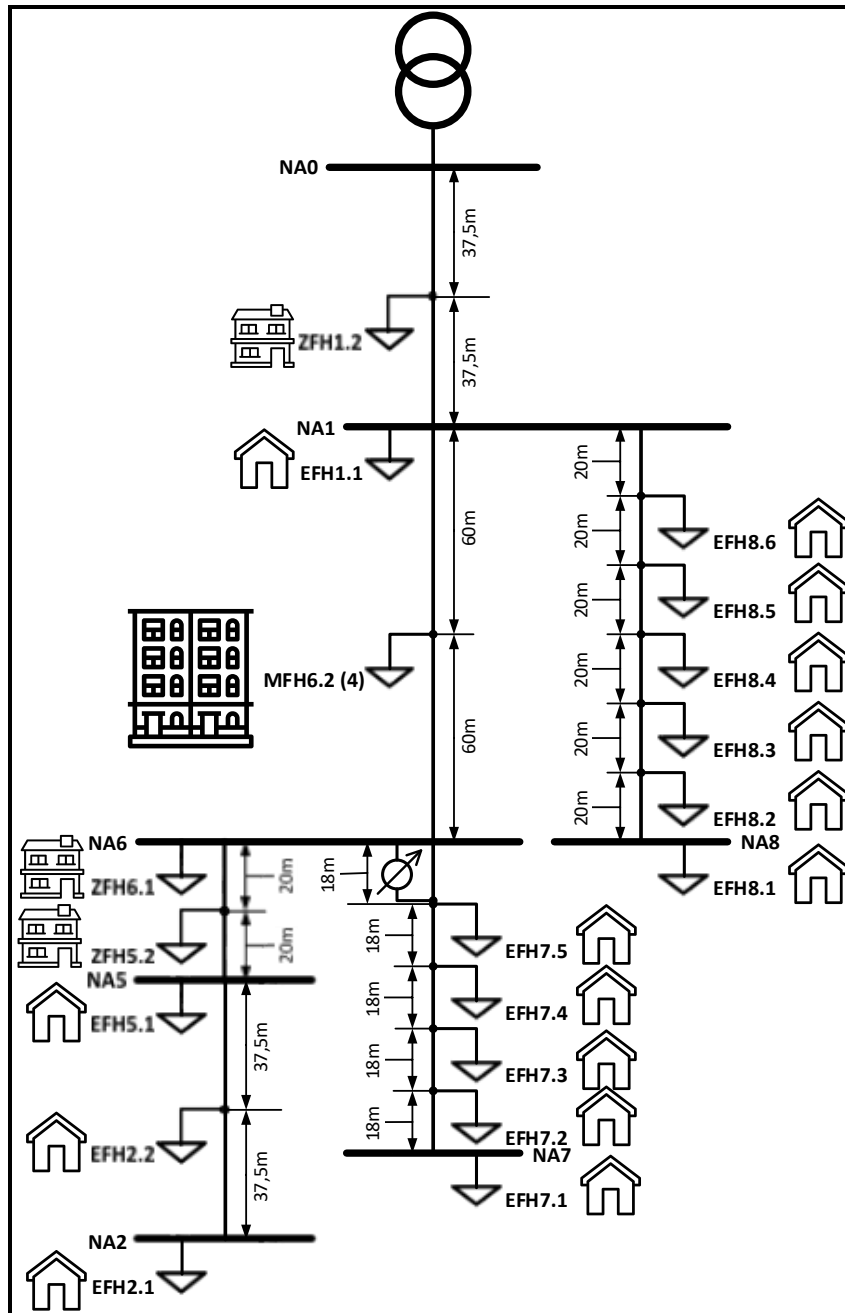


Abbildung 6: Basistopologie - Vorstadt 1.

5.5.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1	1							
Batteriespeicher									
Wärmepumpen	1	1							
Ladestationen									

Tabelle 31: Komponentenverteilung von 2020 - Vorstadt 1.

5.5.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	5	2				1	1		1
Batteriespeicher	2	1					1		
Wärmepumpen	2	1					1		
Ladestationen	5	2				1	1		1

Tabelle 32: Komponentenverteilung von 2030 - Vorstadt 1.

5.5.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	9	1	2			1	1	2	2
Batteriespeicher	4		1			1	1	1	
Wärmepumpen	8	1	2			1	1	2	1
Ladestationen	11	2	2			1	1	2	3

Tabelle 33: Komponentenverteilung von 2045 - Vorstadt 1.

5.5.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	19	2	2			2	2	5	6
Batteriespeicher	19	2	2			2	2	5	6
Wärmepumpen	19	2	2			2	2	5	6
Ladestationen	19	2	2			2	2	5	6

Tabelle 34: Komponentenverteilung von Vollausbau - Vorstadt 1.

5.6 Vorstadt 2

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
Anschlüsse	25	6	2	2	2	2	2	4	5
Gebäude	19	5	2	2	2	2	2	3	1
EFH	16	4	2	2	2	2	2	2	
ZFH	2	1						1	
MFH	1								1

Tabella 35: Anschlussverteilung von Vorstadt 2.

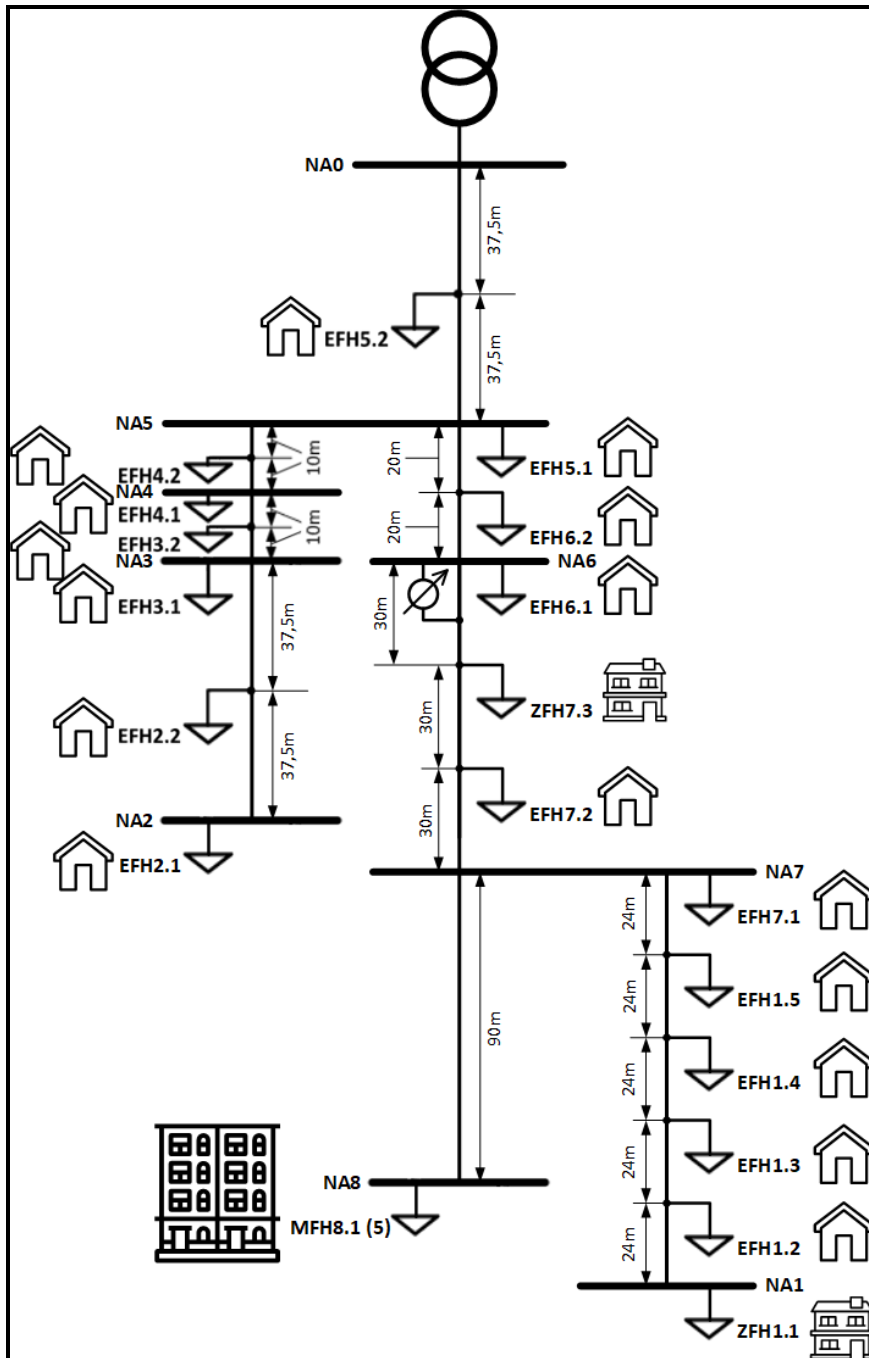


Abbildung 7: Basistopologie - Vorstadt 2.

5.6.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1			1					
Batteriespeicher									
Wärmepumpen	1			1					
Ladestationen									

Tabelle 36: Komponentenverteilung von 2020 - Vorstadt 2.

5.6.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	5	1	1	1		1		1	
Batteriespeicher	2	1						1	
Wärmepumpen	2	1		1					
Ladestationen	5	1	1	1		1		1	

Tabelle 37: Komponentenverteilung von 2030 - Vorstadt 2.

5.6.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	9	2	1	1	1	1	1	2	
Batteriespeicher	4	1	1		1			1	
Wärmepumpen	8	1	1	1	1	1	1	1	1
Ladestationen	11	2	1	1	2	1	1	2	1

Tabelle 38: Komponentenverteilung von 2045 - Vorstadt 2.

5.6.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	19	5	2	2	2	2	2	3	1
Batteriespeicher	19	5	2	2	2	2	2	3	1
Wärmepumpen	19	5	2	2	2	2	2	3	1
Ladestationen	19	5	2	2	2	2	2	3	1

Tabelle 39: Komponentenverteilung von Vollausbau - Vorstadt 2.

5.7 Stadt

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	
Anschlüsse	40	4	2	2	4	6	3	12	7	
Gebäude	10	1	2	1	1	1	1	2	1	
EFH	2	2								
ZFH	2	1								
MFH	6	1	1			1	1	1	1	

Tabella 40: Anschlussverteilung von Stadt.

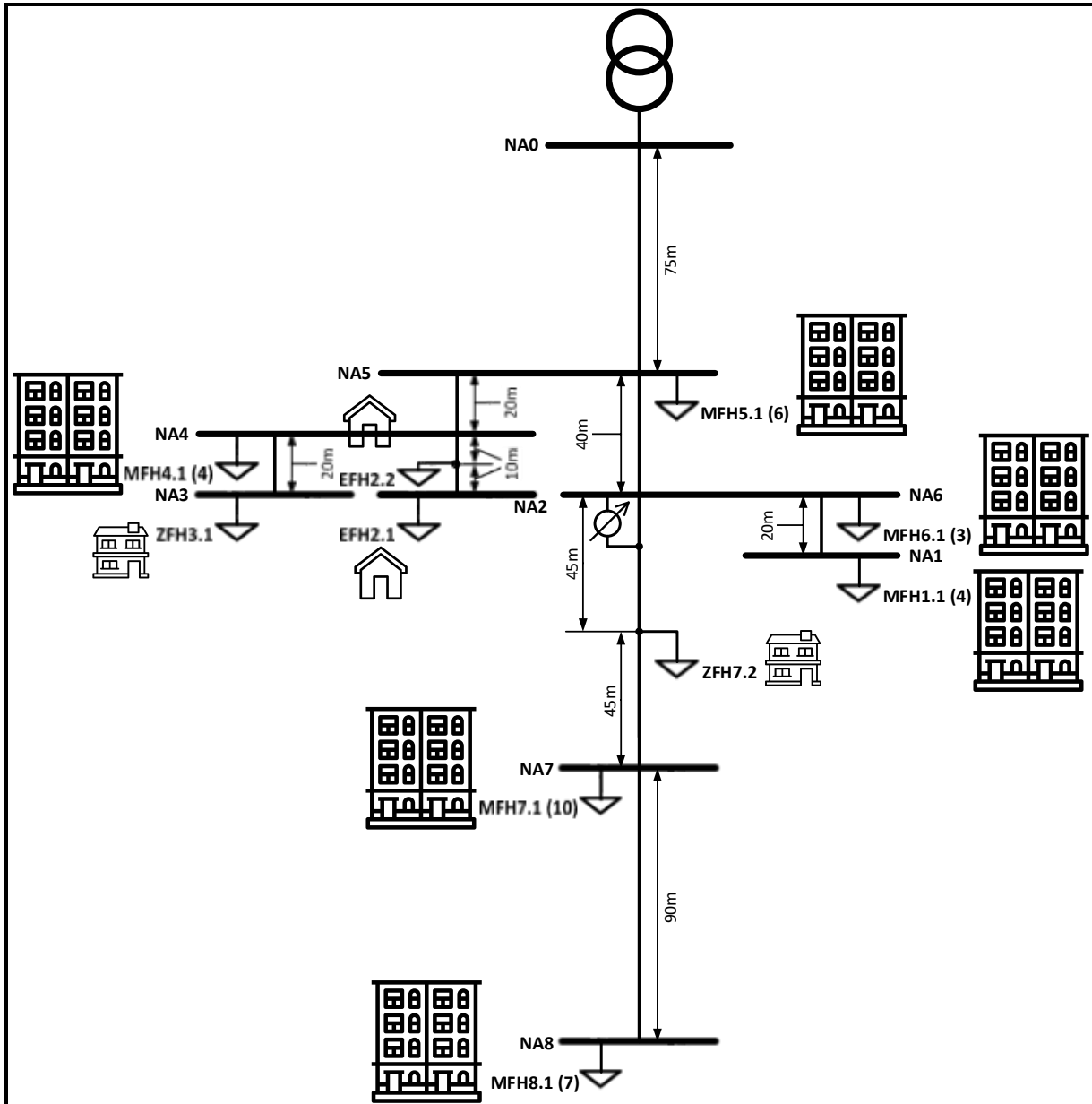


Abbildung 8: Basistopologie - Stadt.

5.7.1 2020

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	1				1				
Batteriespeicher									
Wärmepumpen	1				1				
Ladestationen									

Tabella 41: Komponentenverteilung von 2020 - Stadt.

5.7.2 2030

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	3			1	1			1	
Batteriespeicher	1			1					
Wärmepumpen	1				1				
Ladestationen	2			1				1	

Tabella 42: Komponentenverteilung von 2030 - Stadt.

5.7.3 2045

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	4		1	1	1			1	
Batteriespeicher	2		1	1					
Wärmepumpen	5		1	1	2			1	
Ladestationen	4		1	1	1			1	

Tabella 43: Komponentenverteilung von 2045 - Stadt.

5.7.4 Vollausbau

Einheit	Anzahl	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8
PV-Module	13	1	2	1	4	1	1	2	1
Batteriespeicher	13	1	2	1	4	1	1	2	1
Wärmepumpen	13	1	2	1	4	1	1	2	1
Ladestationen	13	1	2	1	4	1	1	2	1

Tabella 44: Komponentenverteilung von Vollausbau - Stadt.

6 Einstellungen für das Labor

Abschließend wurden alle vorangegangenen Schritte zusammengefasst, um die Einstellungen für das Labor festzulegen. Die folgenden Tabellen enthalten alle simulierten Gebäude mitsamt den Prosumer-Komponenten. Zwei- und Mehrfamilienhäuser werden durch eine Zusammenfassung mehrerer Anschlüsse dargestellt. Die eingestellten Leistungen für PV-Anlagen und Batterien wurden normalverteilt zufällig um die jeweiligen Durchschnittswerte erstellt. Als durchschnittliche Heizlast für Einfamilienhäuser wurden 12 kW angenommen, wobei auch hier die eingestellten Werte zufällig normalverteilt um den Mittelwert liegen. Für Zwei- und Mehrfamilienhäuser wurde pro Haushalt eine durchschnittliche Heizlast von 10 kW angenommen. In den Simulationen werden hauptsächlich elektrische Luftwärmepumpen berücksichtigt, die eine Jahresarbeitszahl im Durchschnitt von drei charakterisiert. Die elektrische Last berechnet sich schließlich aus der Heizlast geteilt durch die Jahresarbeitszahl.

6.1 Land 1

6.1.1 2020

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4						
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	1	3,24						
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27						
NA 7 - gesamt	1	1								

Tabelle 45: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 – Land 1.

6.1.2 2030

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4						
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	1	3,24						
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27	8,6					
NA 7 - gesamt	1	1								

Tabelle 46: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 – Land 1.

6.1.3 2045

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4						11
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	1	3,24				12,5	3	
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27	8,6	7	7,2			
NA 7 - gesamt	1	1								

Tabelle 47: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 – Land 1.

6.1.4 Vollausbau

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4	9,5	5,9	7,8	11,5	3,2	11
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	1	3,24	9,0	6	8	12,5	3	11
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27	8,6	6,2	8,2	13	3	11
NA 7 - gesamt	1	1								

Tabelle 48: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau - Land 1.

6.2 Land 2

6.2.1 2020

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 5	1	EFH5.1	4	2,66						
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	22	4,04						
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	72	4,84						
NA 7 - gesamt	1	1								
NA 8		EFH8.1	58	4,98						
NA 8 - gesamt	1	1								

Tabelle 49: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 – Land 2.

6.2.2 2030

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 5	1	EFH5.1	4	2,66	8,9					11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	22	4,04						
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	72	4,84						
NA 7 - gesamt	1	1								
NA 8		EFH8.1	58	4,98						
NA 8 - gesamt	1	1								

Tabelle 50: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 – Land 2.

6.2.3 2045

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 5	1	EFH5.1	4	2,66	8,9			11	3	
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	22	4,04	9	6,7	7,5	12	3,2	11
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	72	4,84						
NA 7 - gesamt	1	1								
NA 8		EFH8.1	58	4,98						
NA 8 - gesamt	1	1								

Tabelle 51: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 – Land 2.

6.2.4 Vollausbau

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 5	1	EFH5.1	4	2,66	8,9	5,5	7,7	11	3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	22	4,04	9	6	8	12	3,2	11
NA 6 - gesamt	1	1								
NA 7	1	EFH7.1	72	4,84	9,6	6,2	8,2	14	3,5	11
NA 7 - gesamt	1	1								
NA 8		EFH8.1	58	4,98	9,7	6,3	8,2	13,6	3,1	11
NA 8 - gesamt	1	1								

Tabelle 52: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau - Land 2.

6.3 Dorf 1

6.3.1 2020

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4						
NA 1 - gesamt		1								
NA 2	1	EFH2.1	2	4,5						
NA 2 - gesamt	1	1								
NA 3	1	EFH3.1	61	4,57						
NA 3	2	ZFH3.2.1	8	5,18						
NA 3		ZFH3.2.2	5	3,2						
NA 3 - gesamt	3	2								
NA 4	1	EFH4.1	66	3,62						
NA 4 - gesamt	1	1								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04						
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.2	16	3,2						
NA 6	1	EFH6.3	73	4,34	6,9			12	3	
NA 6	1	EFH6.4	39	5,17						
NA 6	1	EFH6.5	55	4,78						
NA 6	3	MFH6.1.1	1	3,24						
NA 6		MFH6.1.2	23	7,5						
NA 6		MFH6.1.3	32	5,32						
NA 6 - gesamt	7	5								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27						
NA 7	1	EFH7.2	22	4,04						
NA 7	1	EFH7.3	7	2,94						
NA 7	1	EFH7.4	31	5,01						
NA 7 - gesamt	4	4								
NA 8	1	EFH8.1	3	6,62						
NA 8	1	EFH8.2	19	5,49	7,5					
NA 8	2	ZFH8.3.1	71	4,32						
NA 8		ZFH8.3.2	41	5,52						
NA 8 - gesamt	4	3								

Tabelle 53: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 – Dorf 1.

6.3.2 2030

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4	8,2	5,3	7,2	13	3,1	11
NA 1 - gesamt		1								
NA 2	1	EFH2.1	2	4,5						
NA 2 - gesamt	1	1								
NA 3	1	EFH3.1	61	4,57						
NA 3	2	ZFH3.2.1	8	5,18	8,4			18	3	
NA 3		ZFH3.2.2	5	3,2						
NA 3 - gesamt	3	2								
NA 4	1	EFH4.1	66	3,62						
NA 4 - gesamt	1	1								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,3	5,5	7,5			11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.2	16	3,2						
NA 6	1	EFH6.3	73	4,34	6,9			12	3	11
NA 6	1	EFH6.4	39	5,17						
NA 6	1	EFH6.5	55	4,78						
NA 6	3	MFH6.1.1	1	3,24						
NA 6		MFH6.1.2	23	7,5						
NA 6		MFH6.1.3	32	5,32						
NA 6 - gesamt	7	5								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27						
NA 7	1	EFH7.2	22	4,04						
NA 7	1	EFH7.3	7	2,94						
NA 7	1	EFH7.4	31	5,01						
NA 7 - gesamt	4	4								
NA 8	1	EFH8.1	3	6,62						
NA 8	1	EFH8.2	19	5,49	7,5					11
NA 8	2	ZFH8.3.1	71	4,32						
NA 8		ZFH8.3.2	41	5,52						
NA 8 - gesamt	4	3								

Tabelle 54: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 – Dorf 1.

6.3.3 2045

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4	8,2	5,6	7	13	3,1	11
NA 1 - gesamt		1								
NA 2	1	EFH2.1	2	4,5	9,1	7	7,6	11	3,5	11
NA 2 - gesamt	1	1								
NA 3	1	EFH3.1	61	4,57						
NA 3	2	ZFH3.2.1	8	5,18	8,4	7	7,8	18	3	11
NA 3		ZFH3.2.2	5	3,2						
NA 3 - gesamt	3	2								
NA 4	1	EFH4.1	66	3,62						
NA 4 - gesamt	1	1								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,3	7	7,5	14	3,3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.2	16	3,2						
NA 6	1	EFH6.3	73	4,34	6,9			12	3	11
NA 6	1	EFH6.4	39	5,17						
NA 6	1	EFH6.5	55	4,78	8,8					11
NA 6	3	MFH6.1.1	1	3,24						
NA 6		MFH6.1.2	23	7,5						
NA 6		MFH6.1.3	32	5,32						
NA 6 - gesamt	7	5								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27						11
NA 7	1	EFH7.2	22	4,04						
NA 7	1	EFH7.3	7	2,94						
NA 7	1	EFH7.4	31	5,01	9,2	7,2	7,7	13	3,5	11
NA 7 - gesamt	4	4								
NA 8	1	EFH8.1	3	6,62	9,3					
NA 8	1	EFH8.2	19	5,49	7,5			12,8	3	11
NA 8	2	ZFH8.3.1	71	4,32						11
NA 8		ZFH8.3.2	41	5,52						
NA 8 - gesamt	4	3								

Tabelle 55: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 – Dorf 1.

6.3.4 Vollausbau

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	6	1,4	8,2	5,3	7,5	13	3,1	11
NA 1 - gesamt		1								
NA 2	1	EFH2.1	2	4,5	9,1	6	8,2	11	3,5	11
NA 2 - gesamt	1	1								
NA 3	1	EFH3.1	61	4,57	9,2	6,3	8,5	13	3,3	11
NA 3	2	ZFH3.2.1	8	5,18	8,4	8	10	18	3	11
NA 3		ZFH3.2.2	5	3,2						
NA 3 - gesamt	3	2								
NA 4	1	EFH4.1	66	3,62	9,1	5,1	7,7	12,1	3,1	11
NA 4 - gesamt	1	1								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,3	5,5	8	14	3,3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.2	16	3,2	8,9	6	8	11,8	3	11
NA 6	1	EFH6.3	73	4,34	6,9	6,2	8,3	12	3	11
NA 6	1	EFH6.4	39	5,17	9	7	9	13,5	3,1	11
NA 6	1	EFH6.5	55	4,78	8,8	6,6	8,5	13	3,2	11
NA 6	3	MFH6.1.1	1	3,24	9,8	8,5	11	32	3,3	11
NA 6		MFH6.1.2	23	7,5						
NA 6		MFH6.1.3	32	5,32						
NA 6 - gesamt	7	5								
NA 7	1	EFH7.1	74	4,27	9,3	6,2	8,2	13,2	3	11
NA 7	1	EFH7.2	22	4,04	9,1	6	8	12,8	3,2	11
NA 7	1	EFH7.3	7	2,94	8,9	5,7	7,8	12	3,3	11
NA 7	1	EFH7.4	31	5,01	9,2	6,3	8,5	13	3,5	11
NA 7 - gesamt	4	4								
NA 8	1	EFH8.1	3	6,62	9,3	6,5	8,9	14	3,1	11
NA 8	1	EFH8.2	19	5,49	7,5	6,4	8,7	12,8	3	11
NA 8	2	ZFH8.3.1	71	4,32	9,3	6,3	8,5	18	3,2	11
NA 8		ZFH8.3.2	41	5,52						
NA 8 - gesamt	4	3								

Tabelle 56: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau - Dorf 1.

6.4 Dorf 2

6.4.1 2020

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	1	3,24						
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 2	1	EFH2.1	3	6,62	7			18	3,2	
NA 2	1	EFH2.2	6	1,4						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04						
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	70	6,22						
NA 6	2	ZFH6.3.1	44	2,63						
NA 6		ZFH6.3.2	10	3,37						
NA 6	4	MFH6.2.1	74	4,27						
NA 6		MFH6.2.2	7	2,94						
NA 6		MFH6.2.3	33	3,43						
NA 6		MFH6.2.4	66	3,62						
NA 6 - gesamt	7	3								
NA 7	1	EFH7.1	21	6,9						
NA 7	1	EFH7.2	31	5,01						
NA 7	1	EFH7.3	30	4,7						
NA 7	1	EFH7.4	20	4,95						
NA 7	1	EFH7.5	46	8,63						
NA 7	2	ZFH7.6.1	45	4,95						
NA 7		ZFH7.6.2	60	4,49						
NA 7 - gesamt	7	6								
NA 8	1	EFH8.1	71	4,32						
NA 8	1	EFH8.2	41	5,52						
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	9	8						
NA 8 - gesamt	4	4								

Tabelle 57: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 – Dorf 2.

6.4.2 2030

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	1	3,24	8,4	5,3	7			11
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 2	1	EFH2.1	3	6,62	7			18	3,2	11
NA 2	1	EFH2.2	6	1,4						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,5	5,7	7,2	12	3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	70	6,22						
NA 6	2	ZFH6.3.1	44	2,63	8,9					11
NA 6		ZFH6.3.2	10	3,37						
NA 6	4	MFH6.2.1	74	4,27						
NA 6		MFH6.2.2	7	2,94						
NA 6		MFH6.2.3	33	3,43						
NA 6		MFH6.2.4	66	3,62						
NA 6 - gesamt	7	3								
NA 7	1	EFH7.1	21	6,9						
NA 7	1	EFH7.2	31	5,01						
NA 7	1	EFH7.3	30	4,7						
NA 7	1	EFH7.4	20	4,95						
NA 7	1	EFH7.5	46	8,63						
NA 7	2	ZFH7.6.1	45	4,95						
NA 7		ZFH7.6.2	60	4,49						
NA 7 - gesamt	7	6								
NA 8	1	EFH8.1	71	4,32						
NA 8	1	EFH8.2	41	5,52						
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	9	8						
NA 8 - gesamt	4	4								

Tabelle 58: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 - Dorf 2.

6.4.3 2045

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	1	3,24	8,4	6,9	7,4			11
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 2	1	EFH2.1	3	6,62	7			18	3,2	11
NA 2	1	EFH2.2	6	1,4						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,5			12	3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	70	6,22						
NA 6	2	ZFH6.3.1	44	2,63	8,9			21	3,4	11
NA 6		ZFH6.3.2	10	3,37						
NA 6	4	MFH6.2.1	74	4,27	9,2	7	7,7	40	3	11
NA 6		MFH6.2.2	7	2,94						
NA 6		MFH6.2.3	33	3,43						
NA 6		MFH6.2.4	66	3,62						
NA 6 - gesamt	7	3								
NA 7	1	EFH7.1	21	6,9						
NA 7	1	EFH7.2	31	5,01	9	7,2	7,5	13	3,5	11
NA 7	1	EFH7.3	30	4,7						
NA 7	1	EFH7.4	20	4,95	8,9					11
NA 7	1	EFH7.5	46	8,63						
NA 7	2	ZFH7.6.1	45	4,95						
NA 7		ZFH7.6.2	60	4,49						
NA 7 - gesamt	7	6								
NA 8	1	EFH8.1	71	4,32						
NA 8	1	EFH8.2	41	5,52	9,4	7,3	7,7	12,5	3,3	11
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	9	8						11
NA 8 - gesamt	4	4								

Tabelle 59: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 – Dorf 2.

6.4.4 Vollausbau

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	1	3,24	8,4	6	8	12,5	3,1	11
NA 1 - gesamt	1	1								
NA 2	1	EFH2.1	3	6,62	7	6,5	8,5	18	3,2	11
NA 2	1	EFH2.2	6	1,4	7,8	5,7	7	11	3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	22	4,04	8,5	6,4	8,5	15	3	11
NA 5 - gesamt	1	1								
NA 6	1	EFH6.1	70	6,22	9,3	6,8	8,7	14,5	3,3	11
NA 6	2	ZFH6.3.1	44	2,63	8,9	5,6	7,9	20	3,4	11
NA 6		ZFH6.3.2	10	3,37						
NA 6	4	MFH6.2.1	74	4,27	9,2	9,2	12	39	3	11
NA 6		MFH6.2.2	7	2,94						
NA 6		MFH6.2.3	33	3,43						
NA 6		MFH6.2.4	66	3,62						
NA 6 - gesamt	7	3								
NA 7	1	EFH7.1	21	6,9	9,4	6,5	8,5	13,5	3,2	11
NA 7	1	EFH7.2	31	5,01	9	6,3	8,3	13	3,5	11
NA 7	1	EFH7.3	30	4,7	8,9	6,1	8,2	12,8	3,4	11
NA 7	1	EFH7.4	20	4,95	8,9	6,3	8,5	12	3,1	11
NA 7	1	EFH7.5	46	8,63	9,6	6,6	8,6	14,8	3	11
NA 7	2	ZFH7.6.1	45	4,95	9	7,7	10	17,9	3,2	11
NA 7		ZFH7.6.2	60	4,49						
NA 7 - gesamt	7	6								
NA 8	1	EFH8.1	71	4,32	9,2	6,2	8,3	12,2	3,1	11
NA 8	1	EFH8.2	41	5,52	9,4	6,5	8,5	12,5	3,3	11
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49	9,3	6,5	8,6	12,8	3	11
NA 8	1	EFH8.4	9	8	9,3	6,6	9	13,2	3,3	11
NA 8 - gesamt	4	4								

Tabelle 60: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau – Dorf 2.

6.5 Vorstadt 1

6.5.1 2020

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat. [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	3	6,62						
NA 1	2	ZFH1.2.1	1	3,24						
NA 1		ZFH1.2.2	2	4,5						
NA 1 - gesamt	3	2								
NA 2	1	EFH2.1	25	5,15						
NA 2	1	EFH2.2	26	4,21	6,8			16	3,3	
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	21	6,9						
NA 5	2	ZFH5.2.1	22	4,04						
NA 5		ZFH5.2.2	23	7,5						
NA 5 - gesamt	3	2								
NA 6	2	ZFH6.1.1	8	5,18						
NA 6		ZFH6.1.2	9	8						
NA 6	4	MFH6.2.1	4	2,66						
NA 6		MFH6.2.2	5	3,2						
NA 6		MFH6.2.3	6	1,4						
NA 6		MFH6.2.4	7	2,94						
NA 6 - gesamt	6	2								
NA 7	1	EFH7.1	11	3,89						
NA 7	1	EFH7.2	13	4,89						
NA 7	1	EFH7.3	15	3,4						
NA 7	1	EFH7.4	12	4,51						
NA 7	1	EFH7.5	14	3,26						
NA 7 - gesamt	5	5								
NA 8	1	EFH8.1	20	4,95						
NA 8	1	EFH8.2	17	5,92						
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	15	3,4						
NA 8	1	EFH8.5	16	3,2						
NA 8	1	EFH8.6	18	5,74						
NA 8 - gesamt	6	6								

Tabelle 61: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 - Vorstadt 1.

6.5.2 2030

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	3	6,62						
NA 1	2	ZFH1.2.1	1	3,24						
NA 1		ZFH1.2.2	2	4,5						
NA 1 - gesamt	3	2								
NA 2	1	EFH2.1	25	5,15	7,9	5,3	7,5			11
NA 2	1	EFH2.2	26	4,21	6,8			16	3,3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	21	6,9	8					11
NA 5	2	ZFH5.2.1	22	4,04						
NA 5		ZFH5.2.2	23	7,5						
NA 5 - gesamt	3	2								
NA 6	2	ZFH6.1.1	8	5,18	7,8	6	8	20	3,3	11
NA 6		ZFH6.1.2	9	8						
NA 6	4	MFH6.2.1	4	2,66						
NA 6		MFH6.2.2	5	3,2						
NA 6		MFH6.2.3	6	1,4						
NA 6		MFH6.2.4	7	2,94						
NA 6 - gesamt	6	2								
NA 7	1	EFH7.1	11	3,89						
NA 7	1	EFH7.2	13	4,89						
NA 7	1	EFH7.3	15	3,4						
NA 7	1	EFH7.4	12	4,51						
NA 7	1	EFH7.5	14	3,26						
NA 7 - gesamt	5	5								
NA 8	1	EFH8.1	20	4,95	8,2					11
NA 8	1	EFH8.2	17	5,92						
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	15	3,4						
NA 8	1	EFH8.5	16	3,2						
NA 8	1	EFH8.6	18	5,74						
NA 8 - gesamt	6	6								

Tabelle 62: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 - Vorstadt 1.

6.5.3 2045

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	3	6,62	8,8	7,5	8,7	12	3,5	11
NA 1	2	ZFH1.2.1	1	3,24						11
NA 1		ZFH1.2.2	2	4,5						
NA 1 - gesamt	3	2								
NA 2	1	EFH2.1	25	5,15	7,9	7,2	8,5	13	3	11
NA 2	1	EFH2.2	26	4,21	6,8			16	3,3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	21	6,9	8			12	3,5	11
NA 5	2	ZFH5.2.1	22	4,04						
NA 5		ZFH5.2.2	23	7,5						
NA 5 - gesamt	3	2								
NA 6	2	ZFH6.1.1	8	5,18	7,8	7	8,6	20	3,3	11
NA 6		ZFH6.1.2	9	8						
NA 6	4	MFH6.2.1	4	2,66						
NA 6		MFH6.2.2	5	3,2						
NA 6		MFH6.2.3	6	1,4						
NA 6		MFH6.2.4	7	2,94						
NA 6 - gesamt	6	2								
NA 7	1	EFH7.1	11	3,89	9			12,5	3	11
NA 7	1	EFH7.2	13	4,89						
NA 7	1	EFH7.3	15	3,4	8,9			14	3,6	11
NA 7	1	EFH7.4	12	4,51						
NA 7	1	EFH7.5	14	3,26						
NA 7 - gesamt	5	5								
NA 8	1	EFH8.1	20	4,95	8,2	7,5	9	11,5	3,2	11
NA 8	1	EFH8.2	17	5,92						
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49						
NA 8	1	EFH8.4	15	3,4	8,8					11
NA 8	1	EFH8.5	16	3,2						
NA 8	1	EFH8.6	18	5,74						11
NA 8 - gesamt	6	6								

Tabelle 63: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 - Vorstadt 1.

6.5.4 Vollausbau

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	1	EFH1.1	3	6,62	8,8	7	9	12	3,5	11
NA 1	2	ZFH1.2.1	1	3,24	8,5	7,8	11	17,8	3,1	11
NA 1		ZFH1.2.2	2	4,5						
NA 1 - gesamt	3	2								
NA 2	1	EFH2.1	25	5,15	7,9	6,6	8,7	13	3	11
NA 2	1	EFH2.2	26	4,21	6,8	6,3	8,4	16	3,3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	21	6,9	8	6,7	8,8	12	3,5	11
NA 5	2	ZFH5.2.1	22	4,04	8,6	7,3	10	18	3	11
NA 5		ZFH5.2.2	23	7,5						
NA 5 - gesamt	3	2								
NA 6	2	ZFH6.1.1	8	5,18	7,8	6,5	8,5	20	3,3	11
NA 6		ZFH6.1.2	9	8						
NA 6	4	MFH6.2.1	4	2,66	8,8	6	8	41	3,2	11
NA 6		MFH6.2.2	5	3,2						
NA 6		MFH6.2.3	6	1,4						
NA 6		MFH6.2.4	7	2,94						
NA 6 - gesamt	6	2								
NA 7	1	EFH7.1	11	3,89	8,6	5,7	7,7	12,5	3	11
NA 7	1	EFH7.2	13	4,89	8,5	6	8	13	3,4	11
NA 7	1	EFH7.3	15	3,4	8,9	5,7	7,7	14	3,6	11
NA 7	1	EFH7.4	12	4,51	8,4	6,2	8,2	13,2	3	11
NA 7	1	EFH7.5	14	3,26	8,6	5,8	7,8	12,4	3,1	11
NA 7 - gesamt	5	5								
NA 8	1	EFH8.1	20	4,95	8,2	6	8,2	11,5	3,2	11
NA 8	1	EFH8.2	17	5,92	8,7	6,5	8,6	12,9	3,2	11
NA 8	1	EFH8.3	19	5,49	8,5	6,8	8,9	12,8	3	11
NA 8	1	EFH8.4	15	3,4	8,8	5,9	8	11,8	3,4	11
NA 8	1	EFH8.5	16	3,2	8	6	8	11,6	3,2	11
NA 8	1	EFH8.6	18	5,74	8,6	7	8,5	12,8	3,1	11
NA 8 - gesamt	6	6								

Tabelle 64: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau - Vorstadt 1.

6.6 Vorstadt 2

6.6.1 2020

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	2	ZFH1.1.1	73	4,34						
NA 1		ZFH1.1.2	72	4,84						
NA 1	1	EFH1.2	74	4,27						
NA 1	1	EFH1.3	71	4,32						
NA 1	1	EFH1.4	70	6,22						
NA 1	1	EFH1.5	69	6,94						
NA 1 - gesamt	6	5								
NA 2	1	EFH2.1	51	2,39						
NA 2	1	EFH2.2	50	3,96						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	1	EFH3.1	56	5,56	7			13	3,5	
NA 3	1	EFH3.2	55	4,78						
NA 3 - gesamt	2	2								
NA 4	1	EFH4.1	52	4,36						
NA 4	1	EFH4.2	25	5,15						
NA 4 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	54	6,09						
NA 5	1	EFH5.2	53	3,39						
NA 5 - gesamt	2	2								
NA 6	1	EFH6.1	68	5,23						
NA 6	1	EFH6.2	67	4,96						
NA 6 - gesamt	2	2								
NA 7	1	EFH7.1	62	5,22						
NA 7	1	EFH7.2	63	6,94						
NA 7	2	ZFH7.3.1	65	6,76						
NA 7		ZFH7.3.2	64	5,95						
NA 7 - gesamt	4	3								
NA 8	5	MFH8.1.1	61	4,57						
NA 8		MFH8.1.2	60	4,49						
NA 8		MFH8.1.3	59	6,54						
NA 8		MFH8.1.4	58	4,98						
NA 8		MFH8.1.5	57	4,29						
NA 8 - gesamt	5	1								

Tabelle 65: finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 - Vorstadt 2.

6.6.2 2030

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	2	ZFH1.1.1	73	4,34						
NA 1		ZFH1.1.2	72	4,84						
NA 1	1	EFH1.2	74	4,27						
NA 1	1	EFH1.3	71	4,32						
NA 1	1	EFH1.4	70	6,22	8,1	5,8	7,5	14	3,5	11
NA 1	1	EFH1.5	69	6,94						
NA 1 - gesamt	6	5								
NA 2	1	EFH2.1	51	2,39	7,8					
NA 2	1	EFH2.2	50	3,96						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	1	EFH3.1	56	5,56	7			13	3,5	11
NA 3	1	EFH3.2	55	4,78						
NA 3 - gesamt	2	2								
NA 4	1	EFH4.1	52	4,36						
NA 4	1	EFH4.2	25	5,15						
NA 4 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	54	6,09						
NA 5	1	EFH5.2	53	3,39	7,2					11
NA 5 - gesamt	2	2								
NA 6	1	EFH6.1	68	5,23						
NA 6	1	EFH6.2	67	4,96						
NA 6 - gesamt	2	2								
NA 7	1	EFH7.1	62	5,22	7,9	5,5	7,7			11
NA 7	1	EFH7.2	63	6,94						11
NA 7	2	ZFH7.3.1	65	6,76						
NA 7		ZFH7.3.2	64	5,95						
NA 7 - gesamt	4	3								
NA 8	5	MFH8.1.1	61	4,57						
NA 8		MFH8.1.2	60	4,49						
NA 8		MFH8.1.3	59	6,54						
NA 8		MFH8.1.4	58	4,98						
NA 8		MFH8.1.5	57	4,29						
NA 8 - gesamt	5	1								

Tabelle 66: finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 - Vorstadt 2.

6.6.3 2045

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	2	ZFH1.1.1	73	4,34						
NA 1		ZFH1.1.2	72	4,84						
NA 1	1	EFH1.2	74	4,27	8,6					11
NA 1	1	EFH1.3	71	4,32						
NA 1	1	EFH1.4	70	6,22	8,1	7,4	8,6	14	3,5	11
NA 1	1	EFH1.5	69	6,94						
NA 1 - gesamt	6	5								
NA 2	1	EFH2.1	51	2,39	7,8	7	8,5	13	3,4	11
NA 2	1	EFH2.2	50	3,96						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	1	EFH3.1	56	5,56	7			13	3,5	11
NA 3	1	EFH3.2	55	4,78						
NA 3 - gesamt	2	2								
NA 4	1	EFH4.1	52	4,36	8,5	7,5	8,7	14	3,2	11
NA 4	1	EFH4.2	25	5,15						11
NA 4 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	54	6,09						
NA 5	1	EFH5.2	53	3,39	7,2			13	3,4	11
NA 5 - gesamt	2	2								
NA 6	1	EFH6.1	68	5,23	8			12,5	3,2	11
NA 6	1	EFH6.2	67	4,96						
NA 6 - gesamt	2	2								
NA 7	1	EFH7.1	62	5,22	7,9	7,1	8,8	12	3	11
NA 7	1	EFH7.2	63	6,94	8,7					11
NA 7	2	ZFH7.3.1	65	6,76						
NA 7		ZFH7.3.2	64	5,95						
NA 7 - gesamt	4	3								
NA 8	5	MFH8.1.1	61	4,57				42	3,3	11
NA 8		MFH8.1.2	60	4,49						
NA 8		MFH8.1.3	59	6,54						
NA 8		MFH8.1.4	58	4,98						
NA 8		MFH8.1.5	57	4,29						
NA 8 - gesamt	5	1								

Tabelle 67: finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 - Vorstadt 2.

6.6.4 Vollausbau

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	2	ZFH1.1.1	73	4,34	8,9	6,7	8,8	21	3,3	11
NA 1		ZFH1.1.2	72	4,84						
NA 1	1	EFH1.2	74	4,27	8,6	6,5	8,7	11,9	3	11
NA 1	1	EFH1.3	71	4,32	8,5	6,8	9	12,3	3,1	11
NA 1	1	EFH1.4	70	6,22	8,1	7	9,2	14	3,5	11
NA 1	1	EFH1.5	69	6,94	8,8	7,2	9,5	12,6	3,2	11
NA 1 - gesamt	6	5								
NA 2	1	EFH2.1	51	2,39	7,8	5,6	7,5	13	3,4	11
NA 2	1	EFH2.2	50	3,96	7,9	5,6	7,5	11,5	3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	1	EFH3.1	56	5,56	7	6,6	8,5	13	3,5	11
NA 3	1	EFH3.2	55	4,78	8	6	8,2	11	3	11
NA 3 - gesamt	2	2								
NA 4	1	EFH4.1	52	4,36	8,5	5,1	8,4	14	3,2	11
NA 4	1	EFH4.2	25	5,15	8,6	5,1	8,6	12	3,2	11
NA 4 - gesamt	2	2								
NA 5	1	EFH5.1	54	6,09	8,9	5,3	8,8	11,8	3,3	11
NA 5	1	EFH5.2	53	3,39	7,2	5,9	7,7	13	3,4	11
NA 5 - gesamt	2	2								
NA 6	1	EFH6.1	68	5,23	8	6,5	8,5	12,5	3,2	11
NA 6	1	EFH6.2	67	4,96	8,2	6,3	8,2	11	3	11
NA 6 - gesamt	2	2								
NA 7	1	EFH7.1	62	5,22	7,9	6,6	8,7	12	3	11
NA 7	1	EFH7.2	63	6,94	8,7	6,8	9	12,5	3,1	11
NA 7	2	ZFH7.3.1	65	6,76	10	8,7	10,5	15	3,2	11
NA 7		ZFH7.3.2	64	5,95						
NA 7 - gesamt	4	3								
NA 8	5	MFH8.1.1	61	4,57	10	9	15,7	49	3,3	11
NA 8		MFH8.1.2	60	4,49						
NA 8		MFH8.1.3	59	6,54						
NA 8		MFH8.1.4	58	4,98						
NA 8		MFH8.1.5	57	4,29						
NA 8 - gesamt	5	1								

Tabelle 68: finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau – Vorstadt 2.

6.7 Stadt

6.7.1 2020

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	4	MFH1.1.1	49	3,79						
NA 1		MFH1.1.2	48	4,64						
NA 1		MFH1.1.3	47	4,23						
NA 1		MFH1.1.4	46	8,63						
NA 1 - gesamt	4	1								
NA 2	1	EFH2.1	11	3,89						
NA 2	1	EFH2.2	10	3,37						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	2	ZFH3.1.1	22	4,04						
NA 3		ZFH3.1.2	21	6,9						
NA 3 - gesamt	2	1								
NA 4	4	MFH4.1.1	15	3,4	6,8			41	3,5	
NA 4		MFH4.1.2	14	3,26						
NA 4		MFH4.1.3	13	4,89						
NA 4		MFH4.1.4	12	4,51						
NA 4 - gesamt	4	1								
NA 5	6	MFH5.1.1	19	5,49						
NA 5		MFH5.1.2	18	5,74						
NA 5		MFH5.1.3	17	5,92						
NA 5		MFH5.1.4	44	2,63						
NA 5		MFH5.1.5	45	4,95						
NA 5		MFH5.1.6	43	2,3						
NA 5 - gesamt	6	1								
NA 6	3	MFH6.1.1	54	6,09						
NA 6		MFH6.1.2	51	2,39						
NA 6		MFH6.1.3	50	3,96						
NA 6 - gesamt	3	1								
NA 7	2	ZFH7.2.1	30	4,7						
NA 7		ZFH7.2.2	29	3,68						
NA 7	10	MFH7.1.1	42	6,04						
NA 7		MFH7.1.2	41	5,52						
NA 7		MFH7.1.3	40	3,77						
NA 7		MFH7.1.4	39	5,17						
NA 7		MFH7.1.5	38	5,56						
NA 7		MFH7.1.6	37	3,47						
NA 7		MFH7.1.7	36	4,15						
NA 7		MFH7.1.8	35	6,69						
NA 7		MFH7.1.9	34	3,08						
NA 7		MFH7.1.10	33	3,43						
NA 7 - gesamt	12	2								

Tabelle 69 (Teil 1): finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 – Stadt.

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 8	7	MFH8.1.1	1	3,24						
NA 8		MFH8.1.2	2	4,5						
NA 8		MFH8.1.3	3	6,62						
NA 8		MFH8.1.4	4	2,66						
NA 8		MFH8.1.5	5	3,2						
NA 8		MFH8.1.6	6	1,4						
NA 8		MFH8.1.7	7	2,94						
NA 8 - gesamt	7	1								

Tabelle 69 (Teil 2): finale Parameter für die Lastkurven zu 2020 - Stadt.

6.7.2 2030

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	4	MFH1.1.1	49	3,79						
NA 1		MFH1.1.2	48	4,64						
NA 1		MFH1.1.3	47	4,23						
NA 1		MFH1.1.4	46	8,63						
NA 1 - gesamt	4	1								
NA 2	1	EFH2.1	11	3,89						
NA 2	1	EFH2.2	10	3,37						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	2	ZFH3.1.1	22	4,04	7,4	5,7	7,5			11
NA 3		ZFH3.1.2	21	6,9						
NA 3 - gesamt	2	1								
NA 4	4	MFH4.1.1	15	3,4	6,8			41	3,5	
NA 4		MFH4.1.2	14	3,26						
NA 4		MFH4.1.3	13	4,89						
NA 4		MFH4.1.4	12	4,51						
NA 4 - gesamt	4	1								
NA 5	6	MFH5.1.1	19	5,49						
NA 5		MFH5.1.2	18	5,74						
NA 5		MFH5.1.3	17	5,92						
NA 5		MFH5.1.4	44	2,63						
NA 5		MFH5.1.5	45	4,95						
NA 5		MFH5.1.6	43	2,3						
NA 5 - gesamt	6	1								
NA 6	3	MFH6.1.1	54	6,09						
NA 6		MFH6.1.2	51	2,39						
NA 6		MFH6.1.3	50	3,96						
NA 6 - gesamt	3	1								
NA 7	2	ZFH7.2.1	30	4,7	7					11
NA 7		ZFH7.2.2	29	3,68						
NA 7	10	MFH7.1.1	42	6,04						
NA 7		MFH7.1.2	41	5,52						
NA 7		MFH7.1.3	40	3,77						
NA 7		MFH7.1.4	39	5,17						
NA 7		MFH7.1.5	38	5,56						
NA 7		MFH7.1.6	37	3,47						
NA 7		MFH7.1.7	36	4,15						
NA 7		MFH7.1.8	35	6,69						
NA 7		MFH7.1.9	34	3,08						
NA 7		MFH7.1.10	33	3,43						
NA 7 - gesamt	12	2								

Tabelle 70 (Teil 1): finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 – Stadt.

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 8	7	MFH8.1.1	1	3,24						
NA 8		MFH8.1.2	2	4,5						
NA 8		MFH8.1.3	3	6,62						
NA 8		MFH8.1.4	4	2,66						
NA 8		MFH8.1.5	5	3,2						
NA 8		MFH8.1.6	6	1,4						
NA 8		MFH8.1.7	7	2,94						
NA 8 - gesamt	7	1								

Tabelle 70 (Teil 2): finale Parameter für die Lastkurven zu 2030 - Stadt.

6.7.3 2045

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	4	MFH1.1.1	49	3,79						
NA 1		MFH1.1.2	48	4,64						
NA 1		MFH1.1.3	47	4,23						
NA 1		MFH1.1.4	46	8,63						
NA 1 - gesamt	4	1								
NA 2	1	EFH2.1	11	3,89	8,6	7,5	8,8	11,8	3,1	11
NA 2	1	EFH2.2	10	3,37						
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	2	ZFH3.1.1	22	4,04	7,4	7	9,2	19,2	3	11
NA 3		ZFH3.1.2	21	6,9						
NA 3 - gesamt	2	1								
NA 4	4	MFH4.1.1	15	3,4	6,8			41	3,5	11
NA 4		MFH4.1.2	14	3,26						
NA 4		MFH4.1.3	13	4,89						
NA 4		MFH4.1.4	12	4,51						
NA 4 - gesamt	4	1								
NA 5	6	MFH5.1.1	19	5,49						
NA 5		MFH5.1.2	18	5,74						
NA 5		MFH5.1.3	17	5,92						
NA 5		MFH5.1.4	44	2,63						
NA 5		MFH5.1.5	45	4,95						
NA 5		MFH5.1.6	43	2,3						
NA 5 - gesamt	6	1								
NA 6	3	MFH6.1.1	54	6,09						
NA 6		MFH6.1.2	51	2,39						
NA 6		MFH6.1.3	50	3,96						
NA 6 - gesamt	3	1								
NA 7	2	ZFH7.2.1	30	4,7	7			18	3,4	11
NA 7		ZFH7.2.2	29	3,68						
NA 7	10	MFH7.1.1	42	6,04						
NA 7		MFH7.1.2	41	5,52						
NA 7		MFH7.1.3	40	3,77						
NA 7		MFH7.1.4	39	5,17						
NA 7		MFH7.1.5	38	5,56						
NA 7		MFH7.1.6	37	3,47						
NA 7		MFH7.1.7	36	4,15						
NA 7		MFH7.1.8	35	6,69						
NA 7		MFH7.1.9	34	3,08						
NA 7		MFH7.1.10	33	3,43						
NA 7 - gesamt	12	2								

Tabelle 71 (Teil 1): finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 – Stadt.

Netzab- schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 8	7	MFH8.1.1	1	3,24						
NA 8		MFH8.1.2	2	4,5						
NA 8		MFH8.1.3	3	6,62						
NA 8		MFH8.1.4	4	2,66						
NA 8		MFH8.1.5	5	3,2						
NA 8		MFH8.1.6	6	1,4						
NA 8		MFH8.1.7	7	2,94						
NA 8 - gesamt	7	1								

Tabelle 71 (Teil 2): finale Parameter für die Lastkurven zu 2045 - Stadt.

6.7.4 Vollausbau

Netzabschnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 1	4	MFH1.1.1	49	3,79	11	9,5	13	35	3,3	11
NA 1		MFH1.1.2	48	4,64						
NA 1		MFH1.1.3	47	4,23						
NA 1		MFH1.1.4	46	8,63						
NA 1 - gesamt	4	1								
NA 2	1	EFH2.1	11	3,89	8,6	6,7	8,6	11,8	3,1	11
NA 2	1	EFH2.2	10	3,37	7,8	5,3	7,5	12	3	11
NA 2 - gesamt	2	2								
NA 3	2	ZFH3.1.1	22	4,04	7,4	6,5	8,5	12,2	3	11
NA 3		ZFH3.1.2	21	6,9						
NA 3 - gesamt	2	1								
NA 4	4	MFH4.1.1	15	3,4	8,2	6,7	9	41,9	3,5	11
NA 4		MFH4.1.2	14	3,26						
NA 4		MFH4.1.3	13	4,89						
NA 4		MFH4.1.4	12	4,51						
NA 4 - gesamt	4	1								
NA 5	6	MFH5.1.1	19	5,49	10	9	15	55	3,5	11
NA 5		MFH5.1.2	18	5,74						
NA 5		MFH5.1.3	17	5,92						
NA 5		MFH5.1.4	44	2,63						
NA 5		MFH5.1.5	45	4,95						
NA 5		MFH5.1.6	43	2,3						
NA 5 - gesamt	6	1								
NA 6	3	MFH6.1.1	54	6,09	9	6	10	30	3,3	11
NA 6		MFH6.1.2	51	2,39						
NA 6		MFH6.1.3	50	3,96						
NA 6 - gesamt	3	1								
NA 7	2	ZFH7.2.1	30	4,7	7	5,6	8,3	18	3,4	11
NA 7		ZFH7.2.2	29	3,68						
NA 7	10	MFH7.1.1	42	6,04	11	11	21	100	3,5	11
NA 7		MFH7.1.2	41	5,52						
NA 7		MFH7.1.3	40	3,77						
NA 7		MFH7.1.4	39	5,17						
NA 7		MFH7.1.5	38	5,56						
NA 7		MFH7.1.6	37	3,47						
NA 7		MFH7.1.7	36	4,15						
NA 7		MFH7.1.8	35	6,69						
NA 7		MFH7.1.9	34	3,08						
NA 7		MFH7.1.10	33	3,43						
NA 7 - gesamt	12	2								

Tabelle 72 (Teil 1): finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau – Stadt.

Netzab-schnitte	Anschlüsse	Gebäude	HH Kurve	Jahresverbrauch [MWh/a]	PV [kW]	Bat [kW]	Bat [kWh]	Heizlast [kW]	WP [JAZ]	LS [kW]
NA 8	7	MFH8.1.1	1	3,24	10	13	25	70	3,5	11
NA 8		MFH8.1.2	2	4,5						
NA 8		MFH8.1.3	3	6,62						
NA 8		MFH8.1.4	4	2,66						
NA 8		MFH8.1.5	5	3,2						
NA 8		MFH8.1.6	6	1,4						
NA 8		MFH8.1.7	7	2,94						
NA 8 - gesamt	7	1								

Table 72 (Teil 2): finale Parameter für die Lastkurven zu Vollausbau - Stadt.

7 Lastkurven

Die folgenden Plots zeigen die im Labor eingestellten Werte für die Topologie Land 1 in den Szenario-Jahren 2020, 2030 und 2045. Für die Lastkurven wurde ein Werktag im Sommer angenommen. In der Topologie Land 1 werden insgesamt drei Netzabschnitte mit jeweils einem Einfamilienhaus simuliert. Aufgrund der aktuell noch sehr niedrigen Durchdringungen sind in den Abbildungen für das Jahr 2020 nur die Grundlastkurven dargestellt. Im Jahr 2030 verfügt das EFH in Netzabschnitt 2 über eine elektrische Luftwärmepumpe und das EFH in Netzabschnitt 3 über eine PV-Anlage. Deutlich ist dort die Netzeinspeisung in den Mittagsstunden zu erkennen, in denen die Einspeisung, die des Verbrauchs übersteigt. Im Szenario-Jahr 2045 wurde dieses Gebäude durch einen Batteriespeicher erweitert, der zunächst die erzeugte Energie speichert, um sie anschließend in den Abendstunden wieder zur Verfügung zu stellen. Das EFH im ersten Netzabschnitt wurde in diesem Szenario um eine Ladestation für ein Elektroauto erweitert, welches in den frühen Abendstunden geladen wird.

7.1 Land 1

7.1.1 2020

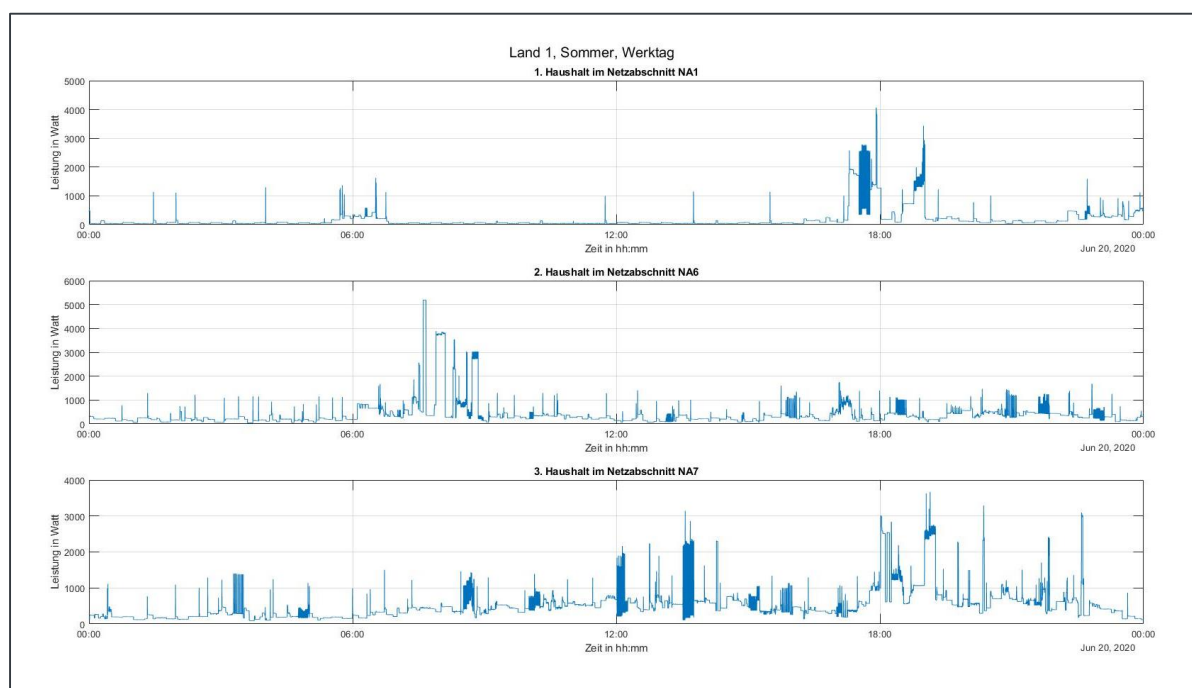


Abbildung 9: Lastkurven zu Szenario 2020 - Land 1.

7.1.2 2030

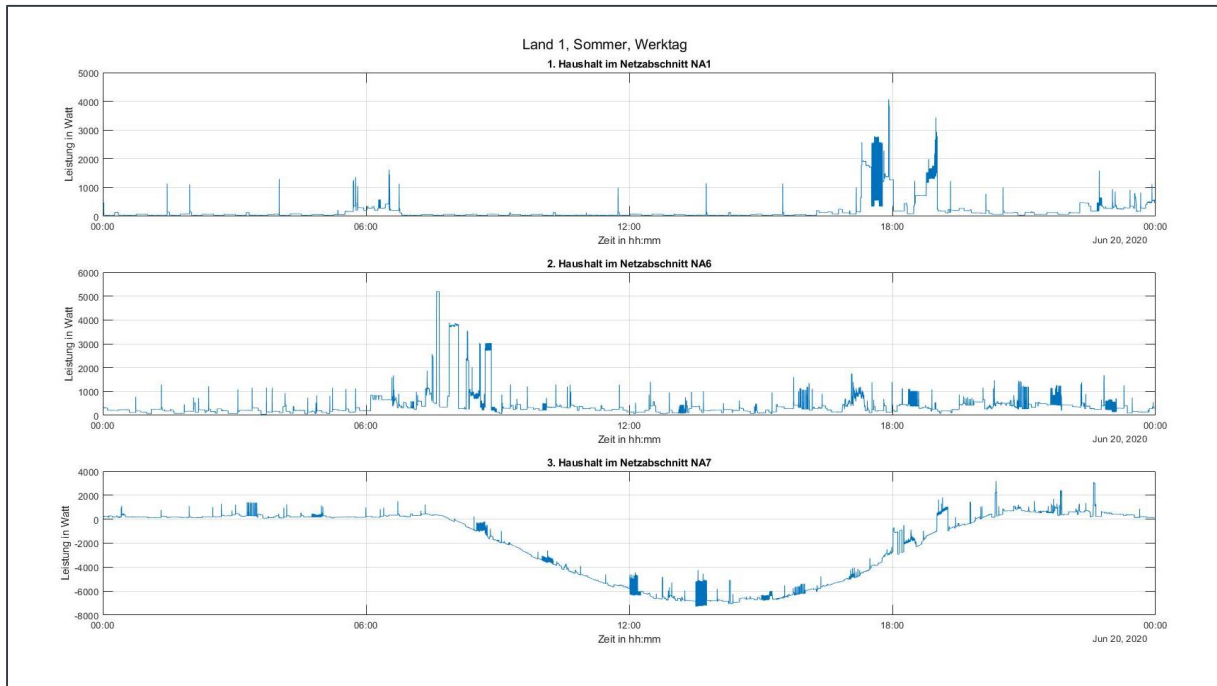


Abbildung 10: Lastkurven zu Szenario 2030 - Land 1.

7.1.3 2045

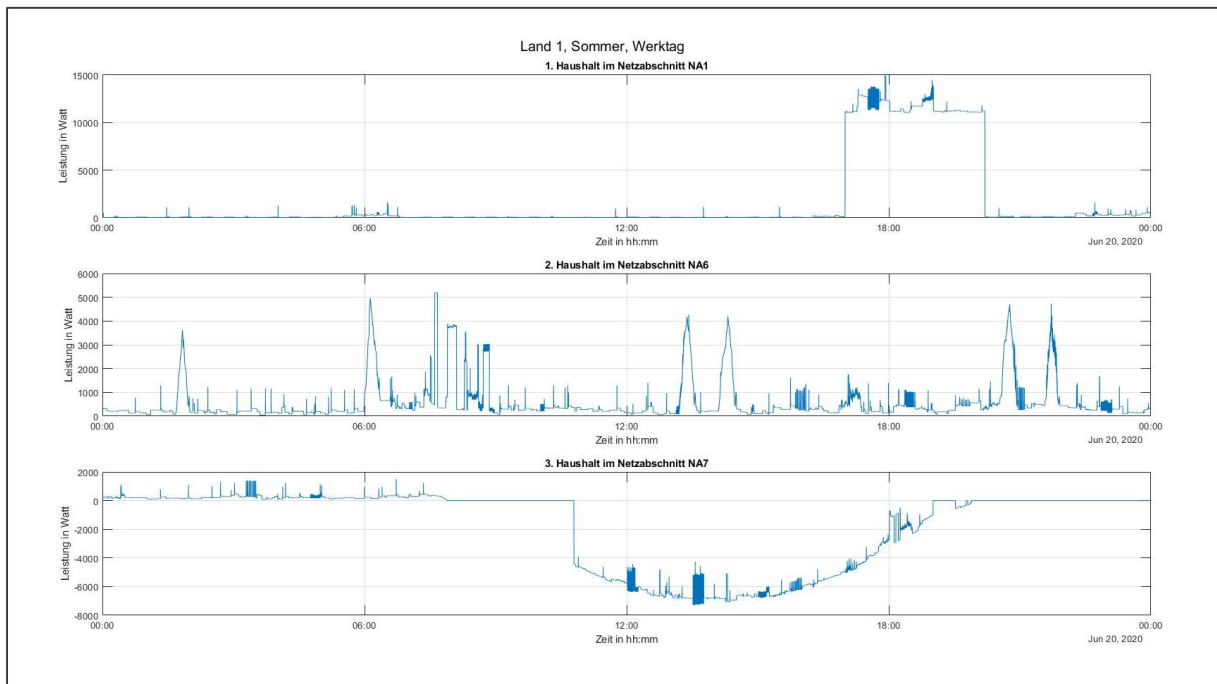


Abbildung 11: Lastkurven zu Szenario 2045 - Land 1.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Hessisches Statistisches Landesamt, „Hessische Gemeindestatistik,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.statistik.hessen.de>. [Zugriff am 12 August 2022].
- [2] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>. [Zugriff am 12 August 2022].
- [3] Kraftfahrt-Bundesamt, „Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken,“ Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2021.
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), „Habeck: „Das Osterpaket ist der Beschleuniger für die erneuerbaren Energien“,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), 6 April 2022. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/04/20220406-habeck-das-osterpaket-ist-der-beschleuniger-fur-die-erneuerbaren-energien.html>. [Zugriff am 12 August 2022].
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), „Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), o.J..
- [6] T. Tjaden, J. Bergner, J. Weniger und V. Quaschnig, „Repräsentative elektrische Lastprofile für Einfamilienhäuser in Deutschland auf 1-sekündiger Datenbasis,“ Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin, Berlin, 2022.
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), „Erneuerbare Energien,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (bmwk), [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>. [Zugriff am 12 August 2022].
- [8] U. v. d. Busch, A. Gauler und H. Müller, „Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2021,“ Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden, 2021.
- [9] M. Braun, I. Krybus, H. Becker, R. Bolgaryn, J. Dasenbrock, P. Gauglitz, D. Horst, C. Pape, A. Scheidler und J. Ulfers, „VERTEILNETZSTUDIE HESSEN 2024 – 2034,“ Frankfurt / Kassel, 2018.
- [10] Die Bundesregierung, „Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung,“ Berlin, 2019.
- [11] C. Bamberg, J. Lack, S. Siegemund und A. A. d. Maur, „dena, Prognos, 2020: "Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland",“ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin, 2020.
- [12] Fachausschuss Marktforschung im BDEW, „Wie heizt Deutschland 2019?,“ BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2019.
- [13] J. Bergner, B. Siegel und V. Quaschnig, „Hemmnisse und Hürden für die Photovoltaik,“ Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin, 2020.
- [14] C. Kost, S. Shammugam, V. Fluri, D. Peper, A. D. Memar und T. Schlegl, „Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien,“ Fraunhofer ISE, Freiburg, 2021.
- [15] Die Bundesregierung, „Mehr Windenergie auf See,“ 08 Juli 2022. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968>. [Zugriff am 08 Juli 2022].
- [16] E3/DC, „89 Prozent des Solarpotenzials auf deutschen Ein- und Zweifamilienhäusern sind noch ungenutzt,“ 07 April 2021. [Online]. Available: <https://www.e3dc.com/89-prozent-des-solarpotenzials-auf-deutschen-ein-und-zweifamilienhaeusern-sind-noch-ungenutzt/>. [Zugriff am 08 Juli 2022].

- [17] J. Kirchner und M. Rodenfels, „Wohnungsbedarfsprognose für die hessischen,“ IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2017.
- [18] S. Koeller, „E.ON: 100% E-Autos im Jahr 2045 für Netze zu stemmen,“ 22 Mai 2019. [Online]. Available: <https://www.electrive.net/2019/05/22/e-on-100-e-autos-im-jahr-2045-fuer-netze-zu-stemmen/>. [Zugriff am 08 Juli 2022].
- [19] S. Kohler, P. Haueisen, T. Koch und O. Ehentraut, „Wohnen in Deutschland 2045 -,“ prognos Allianz, Stuttgart, 2016.
- [20] M. Vaché und M. Rodenfels, „Wohnungsbedarfsprognose für die hessischen,“ IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2020.
- [21] Hessisches Statistisches Landesamt, „Hessen wächst und schrumpft – Modellrechnung zur Bevölkerungsentwicklung für die kreisfreien Städte und Landkreise in Hessen bis 2040 liegt vor,“ Statistik.Hessen, 2019.
- [22] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), „Klimaschutzplan 2050,“ BMU, Arbeitsgruppe IK III 1, Berlin, 2019.