

Energieversorgungskonzept für den Handels- und Gewerbepark Schutow

Auftragnehmer

IWEN Energy Institute gGmbH
Am Strom 1-4
18119 Rostock-Warnemünde



Auftraggeber

KGG GmbH & Co. KG
Am Rondell 1
12529 Schönefeld

19.11.2025

Autor

Peter Dierken (p.dierken@iwen-energy.org)

Haftungsausschluss

Die folgenden Ausführungen beruhen auf Annahmen, die aufgrund des zugänglichen Datenmaterials und der Auskünfte der jeweiligen Ansprechpartner bei den Projektpartnern für richtig erachtet werden. Gleichwohl übernimmt die IWEN Energy Institute gGmbH für die Richtigkeit der gemachten Angaben sowie der darauf basierenden Aussagen keine Haftung.

Urheberrecht ©

Alle in dieser Studie enthaltenen Modelle, Konzepte, Ideen, Berechnungen und Schlussfolgerungen sind ausschließlich geistiges Eigentum (Ausnahme: Quellenangaben) der IWEN Energy Institute gGmbH und urheberrechtlich geschützt. Sie werden dem Auftraggeber zu dessen ausschließlicher Nutzung zeitlich unbefristet überlassen. Der Auftraggeber ist nicht berechtigt diese Studie zu veröffentlichen oder zu verbreiten. Diese Bestimmung kann ausschließlich mit Zustimmung der IWEN Energy Institute gGmbH abgeändert oder widerrufen werden.

Kurzfassung

Die KGG GmbH & Co. KG plant den „Handels- und Gewerbepark Schutow“ in Rostock. Dabei werden die Klimaziele des Bundes und der Stadt Rostock berücksichtigt. Zur frühzeitigen Planung der Energieversorgung wurde die IWEN Energy Institute gGmbH im Juni 2024 mit der Entwicklung eines Energiekonzepts beauftragt, die Ende des gleichen Jahres abgeschlossen wurde.

Änderungen in der Struktur des Handels- und Gewerbeparks hinsichtlich der anzusiedelnden Unternehmen und der zur Verfügung stehenden Flächen machten eine Neukonzeption erforderlich, die in zwei Abschnitten erstellt wurde. Nach der Ausarbeitung einer Basisvariante zum Energiekonzept, die im Juni 2025 abgegeben wurde, folgt nun die Vorzugsvariante auf Grundlage einer Referenzvariante und zwei weiterer Konfigurationen.

Das im vorliegenden Bericht vorgestellte Konzept umfasst eine Analyse der elektrischen und thermischen Energiebedarfe von zwei konkret geplanten Fachmärkten mit einer Lagerhalle sowie einer Gruppe von Akteuren, deren Ansiedlung typisch für das geplante Projekt und die Region wäre. Es werden die in der Basisvariante verwendeten Formen grüner Energieerzeugung eingesetzt, auf deren Basis eine realistische Konfiguration für das Energieversorgungssystem entwickelt und simuliert wird.

Ziel der Analysen ist, eine klimafreundliche und effiziente Energieversorgung zu gewährleisten, die zu einem hohen Grad über erneuerbare Energien abgedeckt wird. Die Ergebnisse sollen in die weitere Planung des Projekts einfließen und Empfehlungen für die Umsetzung eines nachhaltigen Energieversorgungssystems liefern.

Bei den angenommenen Unternehmen handelt es sich um beispielhafte Annahmen, deren Betriebsformen einen weiten Bereich abdecken. Der spätere Nutzungsmix kann und wird davon abweichen. Da im gewählten Ansatz alle Akteure einzeln für sich in der Lage sein sollen, die Anforderungen der Nachhaltigkeit zu erfüllen, wird die Aussagefähigkeit dieses Energiekonzepts dadurch nicht eingeschränkt.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
1 Aufgabenstellung und Vorgehen	7
2 Grundlagenermittlung	8
2.1 Standort und Bebauungsstrukturen.....	8
2.2 Klimatische Bedingungen am Standort	9
3 Bedarfsanalyse	11
3.1 Strombedarf	11
3.2 Wärmebedarf.....	14
3.3 Gesamtbild Energiebedarfe	16
4 Versorgungsinfrastruktur und Potenzialanalyse	16
4.1 Versorgungsinfrastruktur	16
4.1.1 Strom.....	16
4.1.2 Fernwärme.....	17
4.1.3 Erdgas.....	17
4.2 Potenzialanalyse.....	17
4.2.1 Windenergie.....	17
4.2.2 Photovoltaik.....	18
4.3 Ökonomische Parameter	19
4.4 Berechnung des EE-Anteiles	19
4.4.1 EE-Anteil Strom.....	19
4.4.2 EE-Anteil Wärme	19
4.4.3 EE-Anteile der einzelnen Akteure.....	20
4.4.4 EE-Anteile Gewerbegebiet.....	20
5 Betrachtete Konzepte der Energieversorgung für das Gewerbegebiet	21
5.1 Stromversorgung.....	21
5.1.1 Photovoltaik.....	21

5.1.2	Batteriespeicher	21
5.1.3	Ladesäulen.....	22
5.2	Wärmeversorgung.....	23
5.2.1	Fernwärme.....	23
5.2.2	Wärmepumpen.....	23
5.2.3	Heizbedarf.....	24
5.3	Berechnete Konfigurationen.....	24
6	Ergebnisse.....	26
6.1	Konfigurationen mit maximaler PV-Fläche	26
6.1.1	Konfigurationen mit maximal mit PV-Modulen belegten Dachflächen.....	26
6.1.2	Konfigurationen mit maximaler PV-Fläche, Fazit.....	33
6.2	Konfigurationen mit einem EE-Anteil (Strom) von min. 50%.....	34
6.2.1	Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 1.....	34
6.2.2	Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 2.....	35
6.2.3	Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 3.....	36
6.2.4	Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Varianten 1-6.....	36
6.2.5	Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Fazit.....	37
6.3	Konfigurationen für Vorzugsvariante.....	37
6.3.1	Vorzugsvariante 1	38
6.3.2	Vorzugsvariante 2	39
6.3.3	Vorzugsvariante 3	40
6.3.4	Vorzugsvariante 4	41
6.3.5	Vorzugsvarianten 1-4, Fazit	42
7	Zusammenfassung & Empfehlungen.....	43
7.1	Zusammenfassung.....	43
7.2	Vorzugsvariante	43
7.3	Empfehlungen.....	44

8	Literaturverzeichnis.....	45
9	Abbildungsverzeichnis	46
10	Tabellenverzeichnis.....	47
11	Anhang 1	48
12	Anhang 2	52
13	Anhang 3	56

1 Aufgabenstellung und Vorgehen

Die Hanse- und Universitätsstadt Rostock strebt an, bis 2035 Klimaneutralität zu erreichen. Besonders im Bereich der Energieversorgung lässt sich mit frühzeitiger Planung ein großes Einsparungspotenzial entwickeln. Die KGG GmbH & Co. KG entwickelt im Ortsteil Schutow auf Basis des Bebauungsplans Nr. 05 SO. 164 den „Handels- und Gewerbepark Schutow“. In diesem Gebiet sollen in mehreren Gebäuden verschiedene Fachmärkte und Unternehmen angesiedelt werden. Die Energieversorgung des Gebiets ist konzeptionell frühzeitig mitzudenken. Zu diesem Zweck wurde die IWEN Energy Institute gGmbH beauftragt, ein Energiekonzept für den „Handels- und Gewerbepark Schutow“ zu erstellen. Bei dem vorliegenden Konzept handelt es sich um eine energetische Ganzjahresbetrachtung, basierend auf Durchschnittstundenwerten. Berechnete Maximalwerte sind ebenfalls Stundenwerte und dienen nicht zur Dimensionierung von Infrastruktur im Zuge der Erschließung.

Im Konzept werden zunächst die grundlegenden Daten und Randbedingungen zum Standort bestimmt. Anschließend wird in der Bedarfsanalyse ermittelt, welche elektrischen und thermischen Energiebedarfe zu erwarten sind. Zudem werden auf Basis des aktuellen Planungsstandes die Erzeugungspotenziale grüner Energie untersucht. Auf dieser Grundlage wird in einem ersten Schritt eine Grundkonfiguration entworfen, modelliert und simuliert, die später um zwei Varianten eines möglichen Energieversorgungssystems des Gebiets ergänzt wird. Die Simulationsergebnisse werden untersucht, verglichen und letztlich eine Vorzugsvariante bestimmt. Aus den Erkenntnissen werden Empfehlungen für die weitere Planung des Vorhabens abgeleitet.

Alle Unternehmen werden als einzelne Systeme modelliert und berechnet, die Einzelergebnisse zum Schluss aufsummiert und gemeinsam bewertet. Alle Einzelsysteme sind hierbei so ausgelegt, dass sie auch ohne die anderen betrachteten Unternehmen den gestellten Anforderungen genügen. Die verwendeten Simulationsprogramme wurden vom IWEN auf Basis von Matlab/Simulink entwickelt.

2 Grundlagenermittlung

2.1 Standort und Bebauungsstrukturen

Der „Handels- und Gewerbepark Schutow“ befindet sich am westlichen Stadteingang der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und ist von verschiedenen Flächen umgeben: Im Norden grenzt das Gebiet an Gehölzflächen südlich des Mühlenteichs, im Osten wird es durch ein Grundstück östlich der Messestraße begrenzt. Die südliche Grenze bildet die Bundesstraße 105 (Rostocker Straße), während im Westen die Stadtgrenze zur Nachbargemeinde Lambrechtshagen verläuft. Genehmigungsrechtlich handelt es sich um Flächen, die als Gewerbegebiet und Sondergebiet festgesetzt werden. Insgesamt umfasst das nach dem Bebauungsplan Nr. 05.S0.164 definierte Gebiet eine Fläche von ca. 11 ha. Auf folgender Abbildung werden die nach aktuellem Planungsstand ausgewiesenen Sondergebiete und Gewerbegebiete dargestellt.



Abbildung 2.1 Ausgewiesene Gebiete nach Bebauungsplan Nr. 05.S0.164

Auf dem Sondergebiet soll ein Gewerbepark entstehen, der mehrere Fachmärkte und weitere Betriebe umfasst. Fest geplant sind ein Einrichtungshaus und ein Sportfachmarkt mit Verkaufsflächen von 24.000 m² bzw. 4.000 m² sowie ein Lagergebäude mit einer Lagerfläche von 3.700 m². Zusätzlich zu den Fachmärkten wird ein Parkplatz mit 220 Stellplätzen errichtet. Abbildung 2.1 zeigt den Lageplan im aktuellen Planungsstand.

Ergänzt wird die den Berechnungen zugrunde liegende Konfiguration durch eine angenommene Ansiedlung von Gewerbebetrieben auf dem westlich davon gelegenen, etwa 3,6 ha großen GE-Gebiet. Die Auswahl der Betriebe stellt eine Mischung dar, die eine breite Streuung an Betriebsformen aufweist, die zu der angebotenen Fläche

von etwa 3,6 ha sowie zu dem regionalen Umfeld passt. Die Charakteristiken der für das Energiekonzept ausgewählten Unternehmen wurden bewusst weit gefächert, um den Einfluss unterschiedlicher Gewerbearten abzubilden. Neben einer für den Verkehr reservierten Fläche von 3,000 m² wird von den folgenden fünf Gewerken ausgegangen:

1. Produzierendes Gewerbe auf 3,000 m² Grund, bebaute Fläche 2,100 m² (z.B. Druckerei)
2. Handel mit Werkstatt auf 9,000 m² Grund, bebaute Fläche 2,250 m² (z.B. Kfz-Handel)
3. Kleines Logistikunternehmen auf 12,000 m² Grund, bebaute Fläche 8,400 m² (z.B. Zubringerlager)
4. Zweigeschossiges Bürogebäude auf 4,000 m² Grund, bebaute Fläche 1,400 m²
5. Metallverarbeitender Betrieb auf 5,000 m² Grund, bebaute Fläche 3,000 m² (z.B. Industrielieferer)

Eine weitere Komponente im Energiekonzept sind Ladesäulen für E-Fahrzeuge, die auf den Kundenparkplätzen auf dem östlichen und den Stellplätzen der Unternehmen auf dem westlichen Areal aufgestellt werden.

Die Gebäude werden in der Simulation mit Dachflächen, Verkaufsflächen, Lagerflächen und Büroflächen betrachtet. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die jeweiligen Anteile abgeschätzt. Tabelle 2-1 führt die Flächenverteilung auf.

Tabelle 2-1: Flächenverteilung des Handels- und Gewerbeparks

Akteur	Dachfläche [m ²]	Verkaufs- oder Produktionsfläche [m ²]	Lagerfläche [m ²]	Bürofläche und Sozialräume [m ²]
Einrichtungshaus	8,500	24,000	-	775
Sportfachmarkt	5,000	7,000	-	225
Lagergebäude (Handel)	3,700	-	3,900	100
Produzierendes Gewerbe	2,100	840	840	420
Handel mit Werkstatt	2,250	1,688	225	338
Logistikunternehmen	8,400	-	7,980	420
Bürogebäude	1,400	-	-	2,800
Metallverarbeitender Betrieb	3,000	2,100	300	600
Summe	34,350	35,628	13,245	5,678

Da sich das Projekt noch in einem frühen Planungsstadium befindet, sind konkrete Bebauungsstrukturen bisher nicht festgelegt worden. Es ist geplant, dass alle Gebäude mit für eine Installation von PV-Anlagen geeigneten Flachdächern errichtet werden. Die Architektur wird voraussichtlich modern und funktional gestaltet sein, um den Anforderungen einer Versorgung mit erneuerbaren Energien in einem Gewerbegebiet gerecht zu werden.

2.2 Klimatische Bedingungen am Standort

Die Wetterbedingungen eines Standorts haben einen hohen Einfluss auf den thermischen Energiebedarf. Zudem bestimmen diese Bedingungen über die Potenziale zur Gewinnung von erneuerbarer Energie. Die genutzten Wetterdaten wurden vom Klimaberatungstool des Deutschen Wetterdiensts (DWD) für die Koordinaten

54°06'28.4"N 12°02'50.3"E bezogen. Verwendet wurden dabei die Jahreszeitreihen der Testreferenzjahre 1995–2012, die in einem generischen, mittleren Ersatzjahr (TRY2015) zusammengefasst wurden.

Die Region weist ein gemäßigtes, maritimes Klima auf, das für den Norden Deutschlands typisch ist. Es zeichnet sich durch milde Sommer und relativ kühle Winter aus. Monatliche Temperaturdaten zeigen die jahreszeitlichen Schwankungen und helfen bei der Einschätzung der Klimabedingungen. In Abbildung 2.2 wird der jährliche Temperaturverlauf des Standorts dargestellt. Über das Jahr hinweg besteht eine mittlere Temperatur von 9.23 °C.

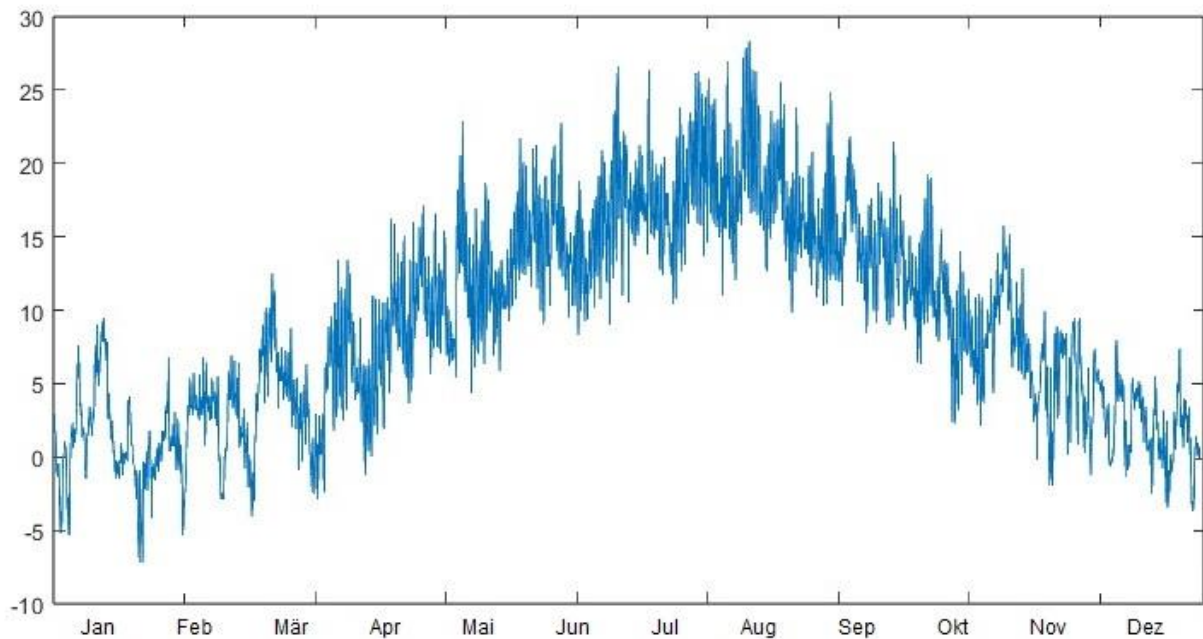


Abbildung 2.2 Temperaturverlauf Standort Gewerbegebiet Schutow

Daten zur Sonneneinstrahlung sind besonders für die Bewertung der Potenziale für Solarenergie wichtig. Den Angaben des DWD nach ist in den Sommermonaten am Standort eine moderate Sonneneinstrahlung zu erwarten. In folgender Abbildung 2.3 werden die direkte und die diffuse Sonnenbestrahlungsstärke dargestellt. Wie zu erwarten, ergeben sich moderate Werte für die jährliche Strahlungsenergie am Boden von ca. 1,070 kWh/a bei einer maximalen Bestrahlung von 903 W/m² im Juli.

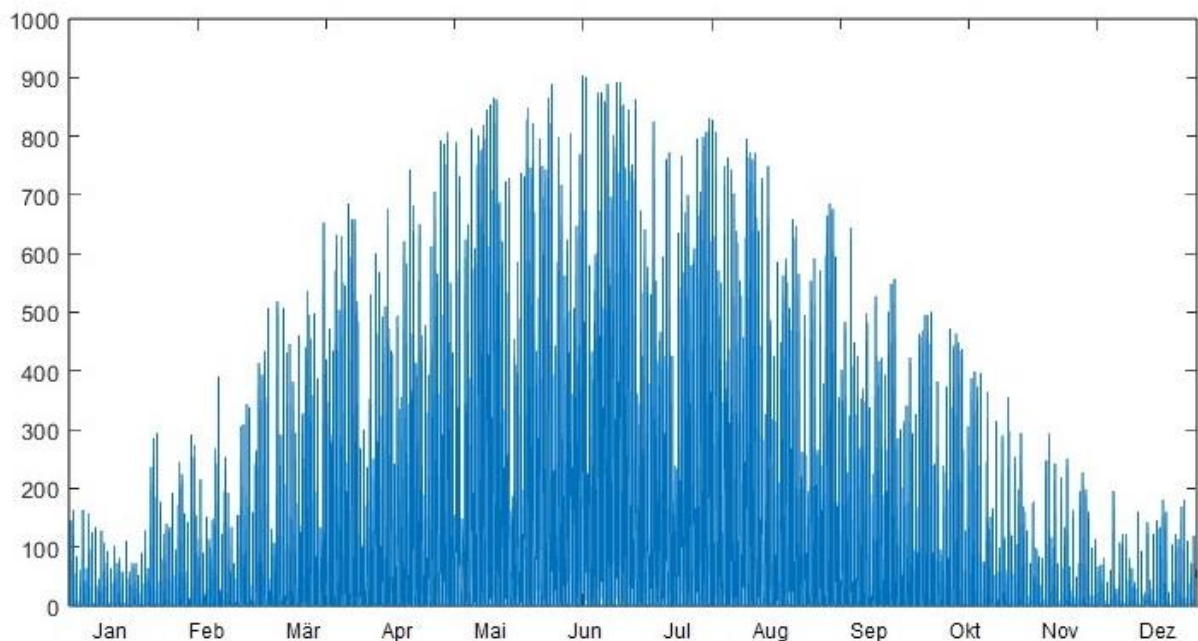


Abbildung 2.3 Sonnenbestrahlungsstärke am Standort Schutow

3 Bedarfsanalyse

Im Rahmen des Energiekonzepts sollen Potenzial und Varianten für eine möglichst nachhaltige Energieversorgung entwickelt und bewertet werden. Zu diesem Zweck ist es zunächst erforderlich, den Energiebedarf des Projektgebiets zu ermitteln.

3.1 Strombedarf

Zur Ermittlung der Energiebedarfe des Einrichtungshauses und des Sportfachmarktes wurden vom Auftraggeber jährliche Verbrauchsdaten (Jahreszeitreihen in Stundenwerten) bereits bestehender, jeweils vergleichbarer Objekte zur Verfügung gestellt. Zu den Verbrauchsdaten wurden auch die jeweiligen Nutzflächen angegeben.

Zur Abbildung des jeweiligen elektrischen Energiebedarfs des Einrichtungshauses und des Sportfachmarktes im Projekt wurden die Jahresverbräuche auf die jeweiligen Flächen umgerechnet. Die Verbrauchszeitreihen wurden auf die so bestimmten Verbräuche skaliert. Für das Lagergebäude wurde der Strombedarf über flächenspezifische Kennzahlen und Flächen ermittelt. Um den Einfluss des Geschäftsverlaufs abzubilden, wurde der Strombezug auf die Verlaufskurve des Einrichtungshauses projiziert.

Die Strombedarfe der für das westliche Gebiet angenommenen Unternehmen wurden mit flächenspezifischen Kennzahlen und den jeweiligen angesetzten Flächen (Produktion/Verkauf, Büro/Sozialräume, Lager) (Tabelle 3-1) ermittelt und dann mit generischen Standardlastprofilen (1) in Zeitreihen umgewandelt. Der Strombedarf des Logistikunternehmens wurde in der Annahme einer intelligent gesteuerten Hallenbeleuchtung auf 2/3 des in der Quelle angesetzten Wertes gemindert.

Für den Handelsbetrieb mit Werkstatt wurden die Verlaufskurven für Handel und Werkstätten G0 und G1 miteinander verrechnet, für das Logistikunternehmen wurde eine Mischvariante aus dem Standardlastprofil G4 „Laden“ mit einer um zwei Stunden in den Morgen hinein gesetzten Komponente angesetzt. Die anderen drei Gewerke folgen den Lastprofilen G0 und G1 (Tabelle 3-2).

Tabelle 3-1: Spezifische Strombedarfe der Akteure kWh/a/m²

Akteur	Strombedarf Verkauf/Produktion [kWh/a/m ²]	Strombedarf Büro/Sozialräume [kWh/a/m ²]	Strombe- darf Lager [kWh/a/m ²]	Quelle
Einrichtungshaus	/	/	/	Auftraggeber
Sportfachgeschäft	/	/	/	Auftraggeber
Lagergebäude (Handel)	/	40	33	(2), (3)
Produzierendes Gewerbe	69.4	40	33	(4), (2), (3)
Handel mit Werkstatt	29.9	40	33	(4), (2), (3)
Logistikunternehmen	/	40	22	(2), (3)
Bürogebäude	/	40	33	(2), (3)
Metallverarbeitender Betrieb	69.4	40	33	(4), (2), (3)

Gemäß der aktuellen Novelle der EU-Richtlinie für die Gesamtenergieeffizienz (5) ist bei Neubauten mit Parkplätzen eine Ladeinfrastruktur vorzusehen. Ab einer Stellplatzanzahl von 20 ist jeder zehnte Stellplatz mit einem Ladepunkt zu versehen. Für die 220 Parkplätze auf dem östlichen Areal sind damit 22 Ladesäulen erforderlich. Diese wurden in der Berechnung auf die Dachflächen der drei Gebäudeeinheiten aufgeteilt (Einrichtungshaus 8, Sportfachgeschäft 8, Lagergebäude 6). Für die Mitarbeiterparkplätze auf dem westlichen Teil wurde für 10 Beschäftigte ein Ladepunkt angenommen, die Anzahl an Angestellten wird auf 180 geschätzt (Prod. Gewerbe, Handel mit Werkstatt und Logistiker je 20 MA, Bürogebäude 80 MA, metallverarbeitender Betrieb 40 MA). Für die aktuelle Planung müssten demnach insgesamt 40 Ladepunkte für Kunden und Mitarbeiter installiert werden.

Es wird von Ladesäulen mit einer Ladeleistung von 22 kW ausgegangen, die in der Praxis jedoch nur zu einem gewissen Teil ausgelastet und durch ein Lademanagement begrenzt werden. Auf Basis des Berichts „Elektromobilität in der Praxis“ von der NOW-GmbH (6) wurden die resultierenden Jahresenergiebedarfe für die 22 Ladepunkte des östlichen (15.7 MWh/a) sowie die 18 Ladestationen des westlichen Gebietes (7.9 MWh/a) bestimmt. Für die Ladesäulen des westlichen Areals wird aufgrund der geringeren Fluktuation auf den Stellplätzen der Mitarbeiter von einem halbierten Bedarf gegenüber den Kundenparkplätzen ausgegangen.

Aus dem Standardlastprofil G4 wurden für die Ladestationen eigene Verlaufskurven geschaffen, die einen Strombezug nur von Montag bis Samstag von 10 bis 20 Uhr (Handel) bzw. Montag bis Freitag von 08 bis 18 Uhr (Gewerbe) zulässt. Der kumulierte Jahresenergiebedarf für die Ladeinfrastruktur beträgt 486 MWh. Dabei handelt es sich eine grobe Abschätzung auf Basis der gesetzlichen Vorgaben und von Literaturwerten. Tabelle 3-2 führt die resultierenden Strombedarfe und die verwendeten Lastverläufe des Gebiets auf. Die tatsächliche Auslegung der Ladeinfrastruktur ist vom Auftraggeber festzulegen und mit dem Netzbetreiber abzustimmen.

Tabelle 3-2: Strombedarf und Lastverläufe

Akteur	Elektrischer Energiebedarf [MWh/a]	Lastprofil
Einrichtungshaus	569	Auftraggeber
Sportfachgeschäft	135	Auftraggeber
Lagergebäude (Handel)	133	Auftraggeber
Ladesäulen Handel	345	G4 (mod) Mo-Sa 10-20 Uhr
Produzierendes Gewerbe	103	G1
Handel mit Werkstatt	71	(G0+G1)/2
Logistikunternehmen	192	G4 (mod)
Bürogebäude	112	G1
Metallverarbeitender Betrieb	180	G1
Ladesäulen (Gewerbe)	141	G4 (mod) Mo-Fr 08-18 Uhr
Summe	1,981	

Abbildung 3.1 zeigt den Jahresverlauf des Gesamtstrombedarfs, der ermittelte Maximalwert beträgt 0,528 MW.

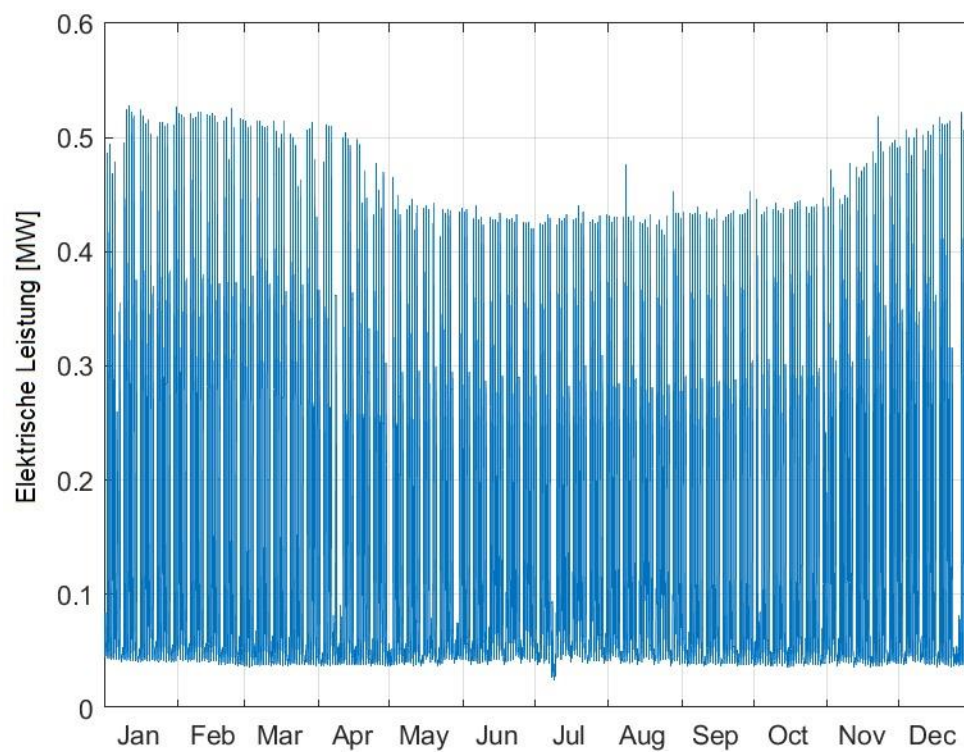


Abbildung 3.1 Verlauf Gesamtstrombedarf

3.2 Wärmebedarf

Durch den Auftraggeber wurden – wie auch für den elektrischen Bedarf – thermische Jahresenergiebedarfe bestehender Referenzgebäude für die Simulation des Einrichtungshauses und des Sportfachmarktes bereitgestellt. Diese wurden zunächst auf die geplanten Flächen umgerechnet.

Das Referenzgebäude für das Einrichtungshaus wurde in den 1990ern errichtet und weist dem entsprechend einen niedrigeren Dämmstandard auf, als heute für Neubauten vorgegeben. Es wurde in den Berechnungen von einem Baujahr von 1995 ausgegangen. Nach dem DENA-Gebäudereport 2024 weisen Gebäude von 1995 einen thermischen Energiebedarf auf, der 75% über dem des aktuellen Referenzgebäudes im Gebäudeenergiegesetz (GEG) liegt (8). Der verfügbare Wärmebedarfswert wurde daher auf den Referenzwärmebedarf umgerechnet. Das Referenzgebäude für den Sportfachmarkt wurde 2017 errichtet, der Wärmebedarf wurde ohne Abschläge verwendet.

Die thermischen Bedarfe der Lagerhalle, der Einrichtungs- und Sportgeschäfte sowie aller Gewerke des westlichen Gebiets wurden mit flächenspezifischen Kennzahlen und den jeweils angesetzten Flächen (Produktion/Verkauf, Büro/Sozialräume, Lager, siehe Tabelle 3-3) modelliert. Zahlen aus den Tabellenwerken des Wärmeplans (WP) der Bundesministerien Wirtschaft sowie Klimaschutz und Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen wurden direkt verwendet. Die branchenspezifischen Daten aus der Studie Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) wurden aufgrund des Alters der vor 2010 befragten Unternehmen auf die oben beschriebene Weise auf einen Referenzwärmebedarf umgerechnet.

Mithilfe des Temperaturverlaufs am Standort und mit den errechneten Wärmebedarfen wurde der jeweilige Verlauf bestimmt. Dazu wurden unterschiedliche Mindesttemperaturen für Verkaufs-, Lager- und Verwaltungsflächen (19°C, 16°C, 21°C) und die anzusetzenden Heizgrenztemperaturen (16°C, 13°C, 18°C) festgelegt. 2 Prozent der Wärmeenergie wurden für eine Versorgung mit Warmwasser als konstant angesetzt, diese thermische Leistung läuft kontinuierlich das ganze Jahr durch.

Tabelle 3-3: Spezifische Wärmebedarfe der Akteure kWh/a/m²

Akteur	Wärmebedarf Verkauf/Produktion [kWh/a/m ²]	Wärmebedarf Büro/Sozialräume [kWh/a/m ²]	Wärmebedarf Lager [kWh/a/m ²]	Quelle
Einrichtungshaus	/	/	/	Auftraggeber
Sportfachmarkt	/	/	/	Auftraggeber
Lagergebäude (Handel)	/	37.4	23.5	(9), (3)
Produzierendes Gewerbe	73	37.4	23.5	(4), (9), (3)
Handel mit Werkstatt	41	37.4	23.5	(4), (9), (3)
Logistikunternehmen	/	37.4	23.5	(9), (3)
Bürogebäude	/	69.2	/	(9)
Metallverarbeitender Betrieb	32	37.4	23.5	(4), (9), (3)

Abbildung 3.2 zeigt den so ermittelten Verlauf für alle Bauten nach GEG-Referenz, der für die Standardeffizienz ermittelte Maximalwert beträgt 0,337 MW. Die resultierenden Wärmebedarfe sind Tabelle 3-4 zu entnehmen.

Tabelle 3-4: Wärmebedarfe

Akteur	Wärmebedarf [MWh/a]
Einrichtungshaus	287
Sportfachmarkt	33
Lagergebäude (Handel)	93
Produzierendes Gewerbe	97
Handel mit Werkstatt	88
Logistikunternehmen	203
Bürogebäude	194
Metallverarbeitender Betrieb	96
Summe	1090

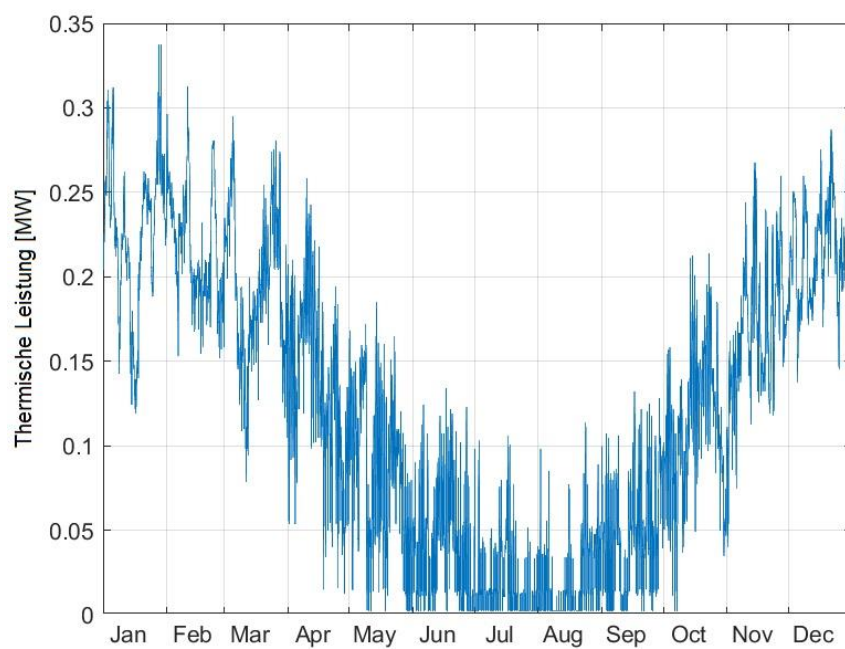


Abbildung 3.2 Verlauf Gesamtwärmebedarf nach GEG-Referenz

3.3 Gesamtbild Energiebedarfe

Die stark unterschiedlichen Charakteristiken der Unternehmen in Hinblick auf ihren elektrischen und den thermischen Energiebedarf zeigt Abbildung 3.3.

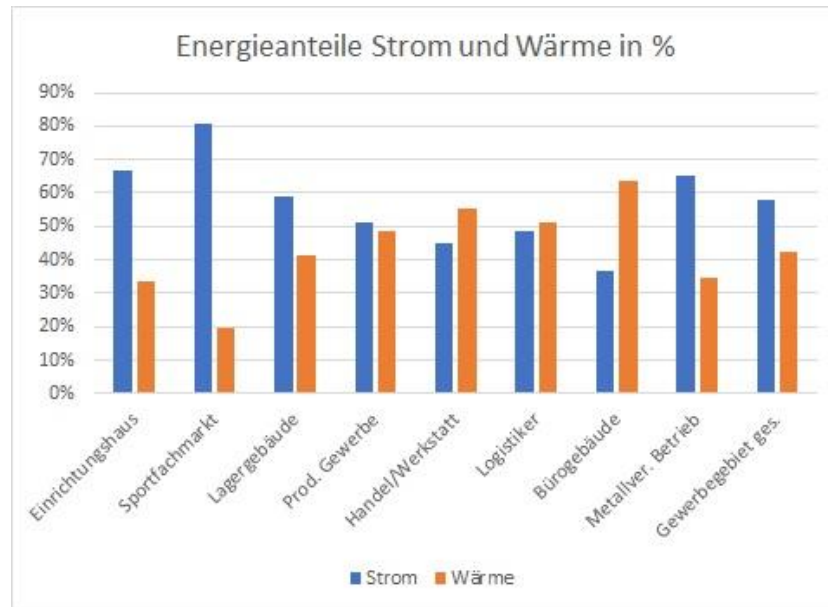


Abbildung 3.3 Energieanteile Strom und Wärme

Mit der weiten Streuung ist in der Simulation der Gesamtanlage eine gute Abdeckung möglicher zukünftiger Betriebsansiedlungen gegeben. Das Gewerbegebiet kann auch mit Firmen anderer Branchen als den angenommenen geplant werden, sofern sich deren Leistungsbedarfe nicht deutlich von den in dieser Simulation angesetzten Akteuren unterscheiden.

4 Versorgungsinfrastruktur und Potenzialanalyse

Für die Konzeptionierung verschiedener Versorgungsvarianten ist festzustellen, ob und welches Potenzial zur Erzeugung von Strom / Wärme aus erneuerbaren Energien am Standort existiert.

4.1 Versorgungsinfrastruktur

4.1.1 Strom

Um die bestehenden Versorgungsmöglichkeiten des Gewerbegebiets zu ermitteln, wurde eine Anfrage an die Stadtwerke Rostock Netzgesellschaft mbH gestellt. Ein Anschluss an das Versorgungsnetz ist mit einer Anschlussleistung im Bereich von 1 MW zur Deckung der elektrischen Last demnach prinzipiell möglich. Verbindliche Aussagen zur maximalen Anschlussleistung (besonders bzgl. Erzeugungsanlagen) konnten auf Basis des vorliegenden Planungsstands allerdings noch nicht getroffen werden. Der Anschluss bzw. die mögliche Anschlussleistung von Erzeugungsanlagen und Speichern ist im Vorfeld mit präziseren Spezifikationen zu prüfen.

4.1.2 Fernwärme

Fernwärme wird im Sinne der Wärmeplanung der Stadt Rostock als 100% erneuerbar angesehen. Das auf der anderen Seite der Messestraße gelegene Gewerbegebiet (IKEA) ist an das Fernwärmenetz angeschlossen (Abbildung 2.1), für eine Verbindung mit dem hier betrachteten Areal würde eine Stichleitung von vielleicht 100 m Länge genügen. Zu beachten ist, dass für eine Versorgung ein lokales Netz aufgebaut werden muss, was für Bereiche mit feststehenden Unternehmen durchaus eine Option ist. Für das westliche Gebiet, auf dem sich zum Teil erst nach der Erschließung Unternehmen mit noch nicht bekannten Bedarfen ansiedeln werden, wäre ein Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur eine Vorleistung mit finanziellen und kapazitätsmäßigen Risiken. Nach Angaben von Herrn Hamann (Telefonat mit den Stadtwerken Rostock am 05.05.2025), ist eine Anbindung des Areals an das Fernwärmenetz durchaus möglich. Für eine tiefergehende Planung müssten Spezifikationen übermittelt werden.

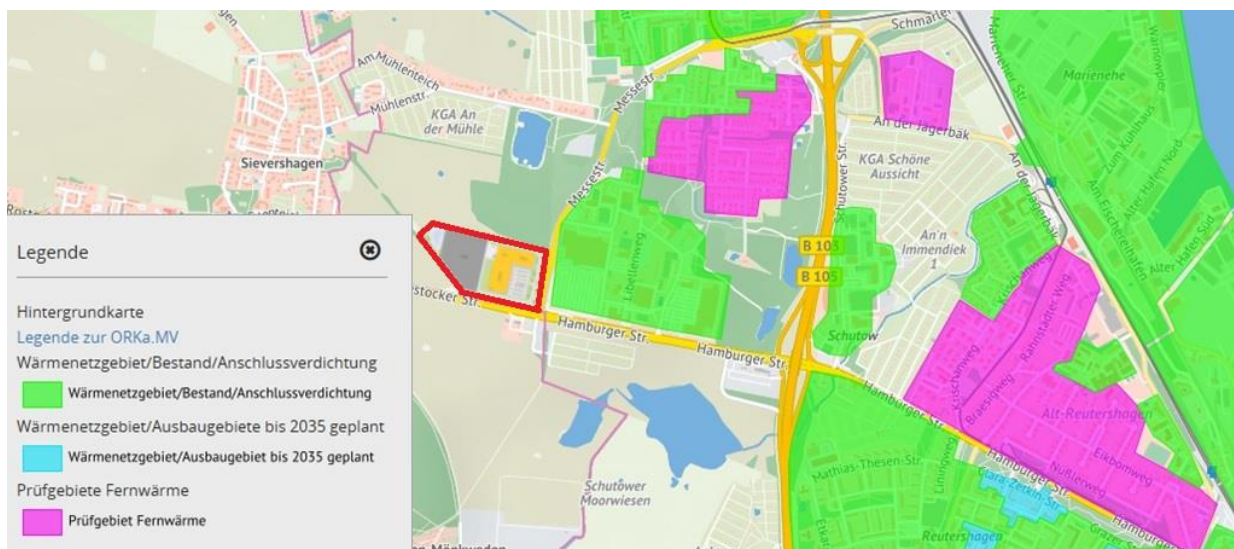


Abbildung 4.1 Auszug Wärmernetzgebiet Rostock (9)

4.1.3 Erdgas

Ein Gasanschluss wurde nicht geprüft, da eine Gasversorgung seitens des Auftraggebers nicht erwünscht ist. Das Gebiet muss dem entsprechend entweder durch eine gemeinsame oder nach Gebäuden getrennte Heizlösung mit Wärme versorgt werden.

4.2 Potenzialanalyse

Auf Basis der aktuellen Planung ist zu prüfen, ob auf dem Gelände erneuerbare Energien genutzt werden können.

4.2.1 Windenergie

Die Umgebung und die angedachte Bebauung lassen keinen Bau und Betrieb von Windenergieanlagen zu.

4.2.2 Photovoltaik

Die genauen Gebäudepläne liegen noch nicht vor, es ist jedoch bekannt, dass Flachdächer verbaut werden sollen. Damit gibt es die Möglichkeit, Dach-PV-Anlagen zu installieren.

Die verfügbaren Dachflächen wurden aus dem Lageplan bestimmt bzw. für die noch nicht bekannten Unternehmen abgeschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass alle Dachflächen für die Installation von PV-Modulen zur Verfügung stehen. Alle Dachflächen können zu 75% mit Photovoltaikmodulen belegt werden.

Eine Ausnahme bildet das zweigeschossige Bürogebäude, dessen PV-Anlage in den Simulationen mit Flächen zwischen 880 m² und 2,000 m² angesetzt wurde. Über die angesetzte Dachfläche von 1,400 m² hinausgehende Flächenbedarfe müssen dann ergänzt werden, zum Beispiel mit PV-Modulen auf Carports, die die für die Mitarbeiter bereitgestellten Parkplätze mit zusammen knapp 600 m² Fläche überdecken könnten. In Tabelle 4-1 wird eine Belegung mit PV-Modulen von 100% angegeben.

Mit einem abgeschätzten Flächenbedarf von 8 m²/kW_{peak} und einer maximal mit PV-Modulen belegten Dachfläche von 26,113 m² ergibt sich eine maximal installierbare Peakleistung von 3.26 MW_{peak}. In Tabelle 2-1 sind die jeweiligen Dachflächen und PV-Potenziale aufgeführt.

Tabelle 4-1: Dachflächen und PV-Potenzial bei max. Belegung

Akteur	angenommene Dachfläche [m ²]	Max. Modulfläche Photovoltaik [m ²]	Max. Potential Photovoltaik [kW _{peak}]
Einrichtungshaus	8,500	6,375	797
Sportfachgeschäft	5,000	3,750	469
Lagergebäude (Handel)	3,700	2,775	347
Produzierendes Gewerbe	2,100	1,575	197
Handel mit Werkstatt	2,250	1,688	211
Logistikunternehmen	8,400	6,300	788
Bürogebäude	1,400	1,400	175
Metallverarbeitender Betrieb	3,000	2,250	281
Summe	34,350	26,113	3,264

Die jeweils verwendeten PV-Flächengrößen werden bei der Ermittlung der Vorzugsvarianten des Energiekonzepts in einer groben Betrachtung festgelegt, in der für jede Gebäudeeinheit sinnvolle Konfigurationen von Dach-PV-Anlagen, Batteriespeichern und Wärmepumpen/Fernwärme ermittelt werden.

4.3 Ökonomische Parameter

Eine ökonomische Betrachtung wäre im vorliegenden Projekt nur auf Basis grober Abschätzungen möglich. Angesichts der Einflussfaktoren, die sich aus den zurzeit ablaufenden geopolitischen und globalen ökonomischen Prozessen ergeben, stehen für die Konzeption der Energieversorgung des Gewerbegebietes keine über einen längeren Zeitraum belastbare ökonomischen Auswahlkriterien zur Verfügung.

Prüfungen, welche Konfigurationen wirtschaftlich sinnvoll sind, sollten für jedes anzusiedelnde Unternehmen zusammen mit den Architekten der Gebäude während der Bauplanung vorgenommen werden.

4.4 Berechnung des EE-Anteiles

Der Anteil an Erneuerbaren Energien stellt das Verhältnis der in ein System eingebrachten Energien aus Erneuerbaren Quellen zu den genutzten Energien dar. Die Betrachtung kann sich auf elektrische oder thermische Energien oder auf die Gesamtbilanz beziehen.

4.4.1 EE-Anteil Strom

Im vorliegenden Konzept werden zwei Quellen für erneuerbaren Strom genutzt, Photovoltaik und, in einer Variante zur Versorgung der Ladesäulen, Ökostrom aus dem Netz mit einem EE-Anteil von 100%.

Für die Berechnung des EE-Anteiles werden ausschließlich die tatsächlich genutzten Anteile der PV-Produktion angesetzt. Die nicht im Gewerbepark genutzten Anteile werden nicht berücksichtigt und können von den Unternehmen eingespeist oder zu anderen ökonomischen Zwecken verwendet werden, was aber nicht Thema des Energiekonzeptes ist.

Bei Verwendung von Wärmepumpen wurde der Anteil des Strombedarfes der Wärmepumpen, der direkt aus der PV-Produktion stammt, aus der Betrachtung herausgerechnet, so dass nur der für den elektrischen Bedarf genutzte PV-Strom bei der Berechnung des EE-Anteiles berücksichtigt wurde.

Für die Einbindung des Energiebedarfes der Ladesäulen wurden zwei Wege beschritten. In den Simulationen 01-36 und 41-46 wurde deren Strombedarf der Ladesäulen auf die jeweiligen Unternehmen bezogen, in den Simulationen 51-54 als eigenständige Komponente des Gewerbeparks im Nachhinein eingefügt.

4.4.2 EE-Anteil Wärme

Auch im Bereich der Wärmeversorgung wurden zwei Quellen für Wärme aus erneuerbaren Energien genutzt, Luft-Wasser-Wärmepumpen und Wärme aus dem Fernwärmenetz der Stadt Rostock, die mit einem EE-Anteil von 100% zu bewerten ist.

Die Wärmepumpen wurden mit einer Kennlinie simuliert, die ihre Effektivität bei unterschiedlichen Quelltemperaturen beschreibt.

Für die Ermittlung des EE-Anteiles wurden zu jedem Zeitpunkt der Berechnung der aktuelle Strombedarf der Wärmepumpen gespeichert, aufsummiert und in der Auswertung dem Gesamtwärmebedarf gegenübergestellt.

Weiter wurde ebenfalls in jedem Simulationsschritt der Anteil des Strombedarfes der Wärmepumpen, der direkt aus der PV-Produktion stammt, berechnet und in der Berechnung des thermischen EE-Anteiles berücksichtigt.

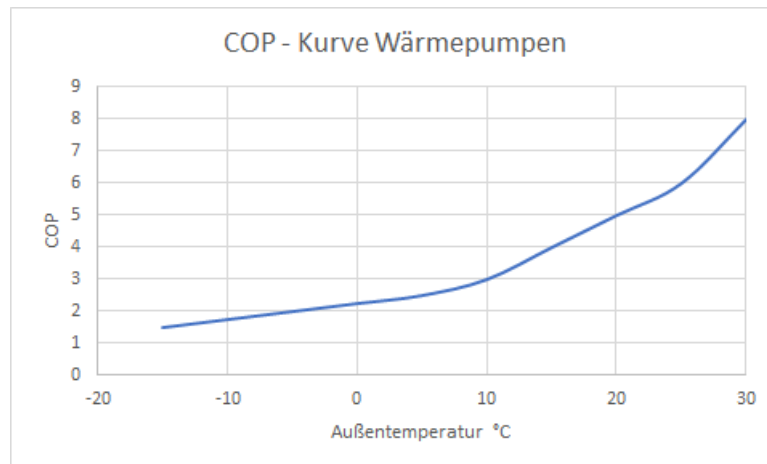


Abbildung 4.2: Effizienzkurve (COP) Wärmepumpe

4.4.3 EE-Anteile der einzelnen Akteure

Für die Berechnung der Gesamtbilanz der Akteure wurden die jeweiligen Energiebedarfe für Strom und Wärme mit ihren EE-Anteilen multipliziert und deren Summe durch den gesamten Energiebedarf (elektrisch und thermisch) geteilt.

In den Simulationen 01-36 und 41-46 der Strombedarf der Ladesäulen der jeweiligen Unternehmen in diesem Wert enthalten, in den Simulationen 51-54 nicht.

4.4.4 EE-Anteile Gewerbegebiet

Für die Berechnung des EE-Anteiles der Stromversorgung des Gewerbegebietes wurde der Energiebedarf jedes einzelnen Akteurs mit seinem EE-Anteil multipliziert, dieser Wert durch den Strombedarf des gesamten Gewerbegebietes geteilt und für alle Akteure aufsummiert.

In gleicher Weise wurde der EE-Anteil der Wärmeversorgung des Gewerbegebietes ermittelt: Multiplizieren des thermischen Energiebedarfes jedes einzelnen Akteurs mit seinem EE-Anteil, teilen dieses Wertes durch den Strombedarf des gesamten Gewerbegebietes geteilt und aufsummieren der Werte der einzelnen Akteure.

Für die Berechnung der Gesamtbilanz des Gewerbegebietes wurden die jeweiligen Energiebedarfe für Strom und Wärme mit ihren EE-Anteilen multipliziert und deren Summe durch den gesamten Energiebedarf (elektrisch und thermisch) geteilt.

5 Betrachtete Konzepte der Energieversorgung für das Gewerbegebiet

Die Simulation erfolgt in allen Berechnungsvarianten mit einzeln modellierten Gewerben. Jedes Gebäude hat eigene Anschlüsse an die jeweils angenommenen Systeme der externen Versorgungsunternehmen sowie eine eigene Haustechnik zur Energieversorgung bzw. Energieverteilung. Die Berechnungsergebnisse werden abschließend für jede einzelne Variante zusammengefasst und in Summe als Gewerbegebiet bewertet.

5.1 Stromversorgung

Der für die Ergänzung der durch eigene PV-Anlagen erzeugten Strommengen aus dem Netz bezogene Strom wird als konventioneller Strom mit einem EE-Anteil von 0% behandelt. Der in einigen Varianten für die Versorgung der Ladesäulen aus dem Netz bezogene Strom wird dagegen zu 100% als Erneuerbare Energie angesetzt.

5.1.1 Photovoltaik

Auf allen Dächern werden Photovoltaikmodule montiert, jeweils zu gleichen Teilen in Ost-West-Ausrichtung. Der Anstellwinkel beträgt 35 Grad zur Horizontalen, außer beim Lagergebäude der Möbelhändler, hier beträgt der Winkel, zur Senkung der Windlasten, 10 Grad. Der Strom aus den PV-Anlagen wird zur Deckung des Strombedarfs der jeweiligen Gebäude verwendet. Überschüssiger Strom kann (wenn dieses erwünscht ist und er nicht zum Laden von Batterien verwendet wird) ins Versorgungsnetz eingespeist werden, zum Beispiel über eine Direktvermarktung. Auf Wunsch des Auftraggebers speisen die Fachmärkte des östlichen Teils keinen Strom ins Netz ein.

Für die Auswahl der Vorzugsvariante wurden verschiedene Belegungen der Dächer mit PV-Modulen gerechnet.

- PV-Variante I nutzt die maximal verfügbaren Dachflächen, um das Potenzial der Gebäude abzubilden. Da die Unternehmen auf dem westlichen Teil des Gewerbegebietes noch nicht bekannt sind und mit Annahmen zu unterschiedlichen Wärme- und Strombedarfen gerechnet wurde, können mit diesen Werten die oberen Grenzen der Leistungsfähigkeit der Konfiguration aufgezeigt werden.
- In der PV-Variante II wurden die Gebäude so austariert, dass der jeweilige Anteil der Erneuerbaren Energien bei der Stromversorgung einen Wert von knapp über 50% erreicht. Damit wurden die Möglichkeiten einer minimalen Belegung der Dächer mit PV-Modulen ermittelt.

5.1.2 Batteriespeicher

Batteriespeicher werden eingesetzt, um überschüssigen, nicht im Moment der Produktion anfallenden PV-Strom für einen zeitnahen Verbrauch bereitzuhalten. Der Batteriestrom wird in das Gebäudenetz eingespeist, sobald die Produktion der PV-Anlage nicht mehr bedarfsdeckend ist. Das angewandte Konzept ist nicht für eine Langzeitspeicherung geeignet.

Für die Dimensionierung der Batteriespeicher wurde der Ansatz gewählt, dass die Kapazität der Speicher ungefähr bei einem 1/2000 (oder 0.05%) der jährlichen PV-Produktion liegt. Mit der Vereinfachung, dass in grober

Abschätzung die Jahresproduktion einer PV-Anlage in unserer Region bei etwa 1,000 Vollaststunden liegt, wurde dieser Wert mit der Hälfte der Peak-Leistung der jeweiligen PV-Installationen berechnet.

Abbildung 5.1 stellt die Variante für den westlichen Teil, Abbildung 5.2 die Variante für den östlichen Teil mit einer möglichen Einspeisung ins Netz schematisch dar.

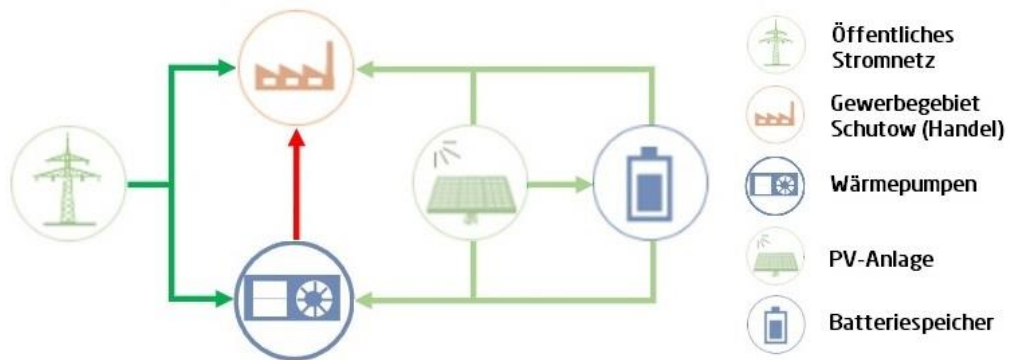


Abbildung 5.1 Stromversorgung Variante Handel



Abbildung 5.2 Stromversorgung Variante Gewerbe

5.1.3 Ladesäulen

Die Versorgung der Ladesäulen wurde in zwei Varianten angesetzt:

- Versorgung der Ladesäulen über die PV-Anlagen der jeweiligen Unternehmen
- Versorgung der Ladesäulen über einen externen Anbieter, der sich zum Einsatz von 100% grünem Strom verpflichtet

Die sich später einstellenden Verbrauchswerte der Ladesäulen sind nur schwer abzuschätzen, da sie von Annahmen über den Bestand an E-Autos und das Verhalten von Kunden und Mitarbeitern ausgehen, die selbst innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Jahren einen weiten Spielraum haben können. In den Berechnungen wird aber gezeigt, dass beide Varianten möglich sind.

5.2 Wärmeversorgung

Da eigene Heizkraftwerke auf Basis einer Stoffverbrennung nicht erwünscht sind, können zur Wärmeversorgung Wärmepumpen oder Fernwärme eingesetzt werden. Berechnet wurden drei Konfigurationen:

- Versorgung aller acht Akteure mit Wärmepumpen
- Versorgung der drei Akteure auf dem östlichen Teil (Handel) mit Fernwärme, Versorgung der anderen fünf Akteure durch Wärmepumpen
- Versorgung aller acht Akteure mit Fernwärme

5.2.1 Fernwärme

Fernwärme wird – in der Annahme, dass sich deren Energiequellen im Laufe der Zeit auf einen 100%igen Anteil an Erneuerbaren Energien steigern werden – schon heute mit 100% EE-Anteil bewertet, was allerdings nicht den gegenwertigen realen Werten entspricht, da die Wärme hauptsächlich aus Erdgas und Steinkohle erzeugt wird. Mit dem begünstigenden EE-Anteil soll die Nutzung und Erweiterung des Fernwärmenetzes vorangetrieben werden.

Das benachbarte Gewerbegebiet (IKEA) ist an das Rostocker Fernwärmenetz angeschlossen. Nach Aussage der Stadtwerke kann das neue Gewerbegebiet mit einer wenige hundert Meter langen Verbindung angeschlossen werden. Ein Anschluss sei mit einer Abnahmeverpflichtung verbunden, die bei Vorliegen gewichtiger Gründe aber aufgehoben werden könne.

Für den Anschluss an das Fernwärmenetz sind Verbrauchsdaten notwendig, die für den östlichen Teil des Gewerbegebietes als Abschätzung aus Erfahrungen mit anderen Häusern vorliegen. Hier können Planungen für ein Verteilernetz vorgenommen werden.

Für das westliche Areal gibt es noch keine Informationen über die Unternehmen, die dort später siedeln werden, also auch keine belastbaren Daten für eine technische Planung der Anschlussstruktur. Zur Vermeidung von Unterversorgung oder Überkapazitäten ist hier ein modularer Ansatz von Vorteil, der mit Fernwärme nicht zu realisieren ist.

5.2.2 Wärmepumpen

Wärmepumpen, die eine relativ kontinuierlich vorliegende Erdwärme nutzen, haben eine sehr gute Energiebilanz, sind aber mit hohen Planungs- Investitionskosten verbunden und eignen sich eher für Nahwärmenetze. Sie sind ähnlich zu bewerten wie die oben beschriebene Fernwärme.

Die Effektivität von Luft-Wasser-Wärmepumpen hängt von der Temperatur der Außenluft ab, die wiederum den Heizbedarf mitbestimmt. Trotzdem haben sie auch mit konventionell erzeugtem Strom eine gute Energiebilanz. Diese Wärmepumpen können für jedes Unternehmen bedarfsgerecht konfiguriert und auch bei Erweiterungen oder einem Wechsel von Betrieben entsprechend modular angepasst werden, sind also für die Planung einer noch in der Zukunft liegenden Gewerbeansiedlung gut geeignet.

5.2.3 Heizbedarf

Für eine Abschätzung des Einflusses der Gebäude-Energieeffizienz auf die Konfigurationen wurden drei verschiedene Varianten gerechnet. Die Grundkonfiguration wurde als Effizienzhaus-Standard EH100 angesetzt und daraus die beiden höherwertigeren Stufen EH55 und EH40 abgeleitet.

Ausgenommen sind hiervon die Werte für den Sportfachmarkt, die bereits auf gemessenen Verbrauchswerten eines hochwertigen Fachmarktes beruhen. Hier wurden die Werte für alle drei Varianten gleich gelassen.

5.3 Berechnete Konfigurationen

Für die Bestimmung einer Vorzugsvariante wurden in einem ersten Schritt einzeln für jedes Unternehmen bei einer maximalen Belegung der Dächer mit Photovoltaikmodulen verschiedene Konfigurationen von Batteriespeichern, Wärmeversorgungen und Ladesäulen für die Effizienzklassen EH100, EH55 und EH40 gerechnet (Simulationen 01-36).

Tabelle 5-1: Konfigurationen erster Schritt

		WP Wärmepumpe FW Fernwärme mBatt mit Batteriespeicher oBatt ohne Batteriespeicher LSPV Ladesäulen PV-Strom LSGS Ladesäulen Grüner Strom				
Nr.	Konfiguration	Akteure mit Wärmepumpe Anz.	Akteure mit Fernwärme Anz.	Batterie /	Ladesäulen mit PV-Strom /	Ladesäulen mit Ökostrom /
1	8WP/0FW_mBatt_LSPV	8	0	ja	ja	nein
2	5WP/3FW_mBatt_LSPV	5	3	ja	ja	nein
3	0WP/8FW_mBatt_LSPV	0	8	ja	ja	nein
4	8WP/0FW_mBatt_LSGS	8	0	ja	nein	ja
5	5WP/3FW_mBatt_LSGS	5	3	ja	nein	ja
6	0WP/8FW_mBatt_LSGS	0	8	ja	nein	ja
7	8WP/0FW_oBatt_LSPV	8	0	nein	ja	nein
8	5WP/3FW_oBatt_LSPV	5	3	nein	ja	nein
9	0WP/8FW_oBatt_LSPV	0	8	nein	ja	nein
10	8WP/0FW_oBatt_LSGS	8	0	nein	nein	ja
11	5WP/3FW_oBatt_LSGS	5	3	nein	nein	ja
12	0WP/8FW_oBatt_LSGS	0	8	nein	nein	ja

Zur Darstellung der unteren Grenzen einer nachhaltigen Energieversorgung wurden drei Varianten mit dem Ziel eines EE-Anteiles der Stromversorgung von ca. 50% für die Effizienzklassen EH100 und EH55 untersucht (Simulationen 41-46):

- Ohne Batteriespeicher, mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal
- Ohne Batteriespeicher, mit Wärmepumpen für alle Unternehmen
- Mit Batteriespeicher und mit Wärmepumpen für alle Unternehmen

Für die Ermittlung der Vorzugsvariante wurden abschließend vier Varianten für die Effizienzklasse EH100 gerechnet, die wiederum das Ziel eines EE-Anteiles der Stromversorgung von ca. 50% erfüllen, allerdings ohne die Berücksichtigung der Strombedarfe der den Unternehmen zugeteilten Ladesäulen. für die Effizienzklassen EH100 und EH55 untersucht (Simulationen 51-54):

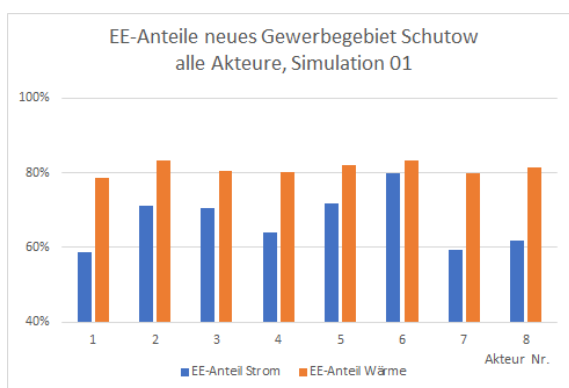
- Ohne Batteriespeicher, mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal
- Mit Batteriespeicher, mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal
- Ohne Batteriespeicher, mit Wärmepumpen für alle Unternehmen
- Mit Batteriespeicher und mit Wärmepumpen für alle Unternehmen

6 Ergebnisse

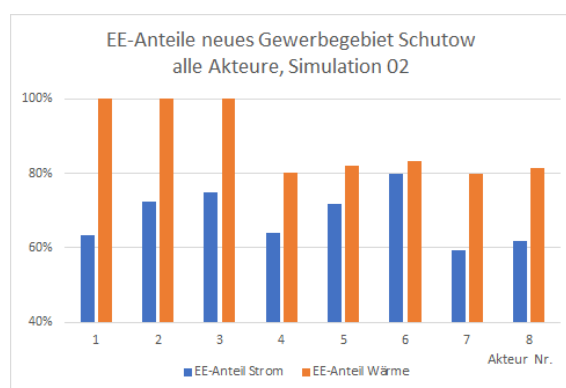
6.1 Konfigurationen mit maximaler PV-Fläche

Wie in Kapitel 5 angegeben, wird die Energieversorgung so ausgelegt, dass in jeder Konfiguration ein Anteil an Erneuerbaren Energien von mindesten 50% für jeden einzelnen Akteur des Gewerbebezirks sowohl für die Strom- wie auch für die Wärmeversorgung erreicht wird. Die 12 Diagramme in Abbildung 6.1 zeigen die in den Simulationen erreichten Anteile der einzelnen Betriebe für die Effizienzklasse EH100 (Abkürzungen wie in Tabelle 5-1) bei maximaler Belegung der Dachflächen mit Photovoltaikmodulen.

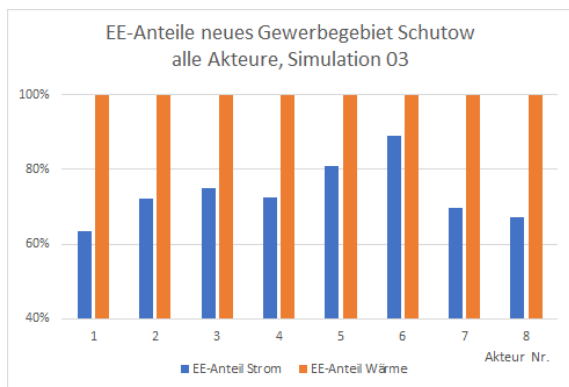
6.1.1 Konfigurationen mit maximal mit PV-Modulen belegten Dachflächen



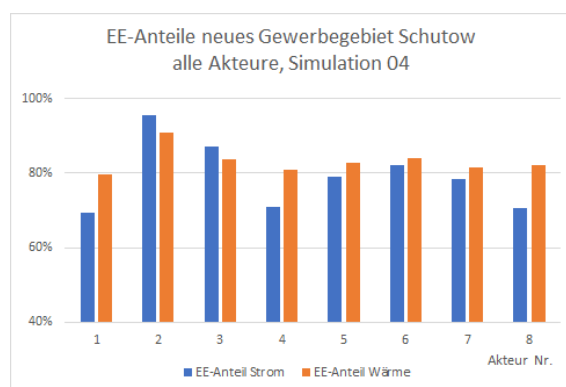
8WP/0FW mBatt LSPV



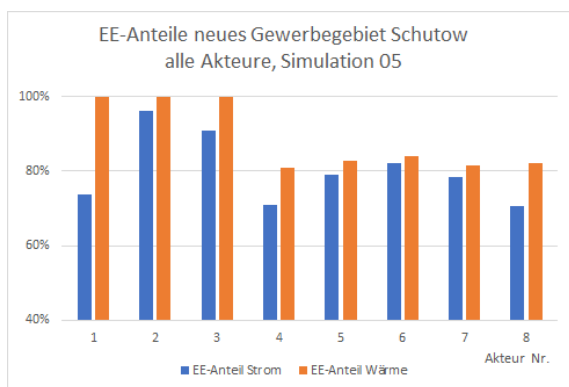
5WP/3FW mBatt LSPV



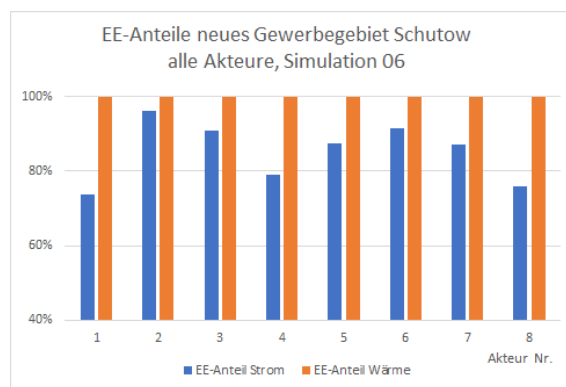
0WP/8FW mBatt LSPV



8WP/0FW mBatt LSGS



5WP/3FW mBatt LSGS



0WP/8FW mBatt LSGS



Abbildung 6.1 Varianten 01-12, EE-Anteile Strom und Wärme (EH100)

In den Diagrammen in Abbildung 6.1 ist erkennbar, dass auch bei Gebäuden mit herkömmlicher Energieeffizienz jeder Betrieb in jeder Simulation das Ziel eines 50%en EE-Anteiles für Strom und Wärme erreicht. Damit ist dieses Ziel auch für das Gewerbegebiet erfüllt. Die Diagramme mit den Ergebnissen der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH55 und EH40 sind in Anhang 1 zu sehen.

Die Zahlenwerte der Diagramme in Abbildung 6.1 sind in den Tabellen in Tabelle 6-1 aufgeführt.

Deutlich erkennbar ist der Einfluss

- der Fernwärme auf die EE-Anteile der Wärmeversorgung
- des Wechsels der Versorgung der Ladesäulen von PV-Produktion zu Ökostrom aus dem Netz auf die EE-Anteile der Stromversorgung (z.B. Vergleich Simulationen 01 und 04) und
- der Verwendung von Batteriespeichern (z.B. Vergleich Simulationen 01 und 07).

Tabelle 6-1: Varianten 01-12, EE-Anteile Strom und Wärme (EH100)

Variante 1 8WP/0FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 2 5WP/3FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	58.7%	78.7%	Einrichtungshaus	63.4%	100.0%
Sportfachmarkt	71.3%	83.4%	Sportfachmarkt	72.3%	100.0%
Lagergebäude	70.6%	80.4%	Lagergebäude	74.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	64.2%	80.2%	Produz. Gewerbe	64.2%	80.2%
Handel mit Werkstatt	71.8%	82.1%	Handel mit Werkstatt	71.8%	82.1%
Logistikunternehmen	79.9%	83.4%	Logistikunternehmen	79.9%	83.4%
Bürogebäude	59.3%	79.8%	Bürogebäude	59.3%	79.8%
Metallverarb. Betrieb	61.8%	81.3%	Metallverarb. Betrieb	61.8%	81.3%
Gewerbegebiet ges.	65.1%	80.6%	Gewerbegebiet ges.	67.4%	88.3%

Variante 3 0WP/8FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 4 8WP/0FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	63.4%	100.0%	Einrichtungshaus	69.5%	79.8%
Sportfachmarkt	72.3%	100.0%	Sportfachmarkt	95.4%	90.9%
Lagergebäude	74.9%	100.0%	Lagergebäude	87.0%	83.6%
Produz. Gewerbe	72.5%	100.0%	Produz. Gewerbe	70.9%	80.7%
Handel mit Werkstatt	80.8%	100.0%	Handel mit Werkstatt	78.9%	82.8%
Logistikunternehmen	89.0%	100.0%	Logistikunternehmen	82.1%	83.9%
Bürogebäude	69.6%	100.0%	Bürogebäude	78.5%	81.5%
Metallverarb. Betrieb	67.3%	100.0%	Metallverarb. Betrieb	70.6%	82.3%
Gewerbegebiet ges.	70.8%	100.0%	Gewerbegebiet ges.	75.6%	81.9%

Variante 5 5WP/3FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 6 0WP/8FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	73.8%	100.0%	Einrichtungshaus	73.8%	100.0%
Sportfachmarkt	96.2%	100.0%	Sportfachmarkt	96.2%	100.0%
Lagergebäude	90.9%	100.0%	Lagergebäude	90.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	70.9%	80.7%	Produz. Gewerbe	78.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	78.9%	82.8%	Handel mit Werkstatt	87.4%	100.0%
Logistikunternehmen	82.1%	83.9%	Logistikunternehmen	91.4%	100.0%
Bürogebäude	78.5%	81.5%	Bürogebäude	87.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	70.6%	82.3%	Metallverarb. Betrieb	75.9%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	77.7%	88.9%	Gewerbegebiet ges.	81.3%	100.0%

Variante 7 8WP/0FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	50.2%	73.9%
Sportfachmarkt	57.8%	75.5%
Lagergebäude	59.2%	72.9%
Produz. Gewerbe	56.7%	73.1%
Handel mit Werkstatt	59.2%	73.7%
Logistikunternehmen	55.3%	72.8%
Bürogebäude	52.9%	73.6%
Metallverarb. Betrieb	54.5%	74.0%
Gewerbegebiet ges.	54.1%	73.5%

Variante 8 5WP/3FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	56.7%	73.1%
Handel mit Werkstatt	59.2%	73.7%
Logistikunternehmen	55.3%	72.8%
Bürogebäude	52.9%	73.6%
Metallverarb. Betrieb	54.5%	74.0%
Gewerbegebiet ges.	55.8%	83.3%

Variante 9 0WP/8FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	62.3%	100.0%
Handel mit Werkstatt	65.1%	100.0%
Logistikunternehmen	59.4%	100.0%
Bürogebäude	60.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	58.1%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	57.9%	100.0%

Variante 10 8WP/0FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	61.4%	73.9%
Sportfachmarkt	86.7%	75.5%
Lagergebäude	79.3%	72.9%
Produz. Gewerbe	63.6%	73.1%
Handel mit Werkstatt	66.5%	73.7%
Logistikunternehmen	57.4%	72.8%
Bürogebäude	72.8%	73.6%
Metallverarb. Betrieb	63.1%	74.0%
Gewerbegebiet ges.	65.4%	73.5%

Variante 11 5WP/3FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	63.6%	73.1%
Handel mit Werkstatt	66.5%	73.7%
Logistikunternehmen	57.4%	72.8%
Bürogebäude	72.8%	73.6%
Metallverarb. Betrieb	63.1%	74.0%
Gewerbegebiet ges.	66.9%	83.3%

Variante 12 0WP/8FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	68.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	71.6%	100.0%
Logistikunternehmen	61.1%	100.0%
Bürogebäude	78.7%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	66.5%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	68.9%	100.0%

Die Tabellen mit den Ergebnissen der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH55 und EH40 sind in Anhang 2 zu sehen.

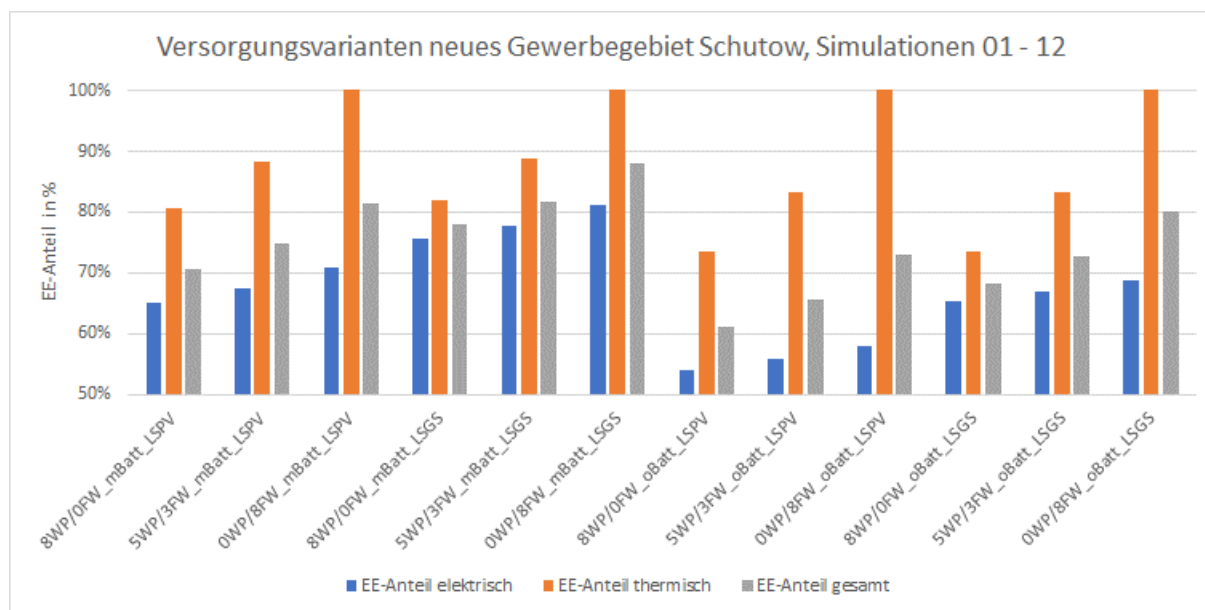


Abbildung 6.2 Simulationen 01-12 EE-Anteile Gesamtpark (EH100)

Abbildung 6.2 zeigt die EE-Anteile der zwölf Varianten, die sich bei einer Gebäudeeffizienzklasse EH100 ergeben. In Tabelle 6-2 werden ebenfalls die EE-Anteile aufgeführt, zusätzlich dazu der genutzte PV-Strom, die aus dem Netz bezogenen Strommengen, der gesamte Strombedarf der Wärmepumpen und die von den Wärmepumpen genutzten Strommengen, die von den PV-Anlagen produziert wurden.

Tabelle 6-2: Simulationen 1-12 EE-Anteile Gesamtpark (EH100)

Nr.	Variante	Akteure mit Wärmepumpe					EE-Anteile			genutzter PV-Strom		Strombedarf Wärmepumpen	
		Anz.	Anz.	Batterie	Ladesäulen PV	Ladesäulen Ökostrom	%	%	%	MWh/a	bezogener Netzstrom MWh/a	MWh/a	PV-Strom in Wärmepumpen MWh/a
1	8WP/0FW_mBatt_LSPV	8		X	X		65.1%	80.6%	70.7%	1,465	879	426	217
2	5WP/3FW_mBatt_LSPV	5	3	X	X		67.4%	88.3%	74.9%	1,434	752	267	141
3	0WP/8FW_mBatt_LSPV		8	X	X		70.8%	100.0%	81.3%	1,358	561	0	0
4	8WP/0FW_mBatt_LSGS	8		X		X	75.6%	81.9%	77.9%	1,223	634	426	231
5	5WP/3FW_mBatt_LSGS	5	3	X		X	77.7%	88.9%	81.8%	1,181	518	267	148
6	0WP/8FW_mBatt_LSGS		8	X		X	81.3%	100.0%	88.0%	1,095	337	0	0
7	8WP/0FW_oBatt_LSPV	8			X		54.1%	73.5%	61.1%	1,178	1,166	426	140
8	5WP/3FW_oBatt_LSPV	5	3		X		55.8%	83.3%	65.7%	1,156	1,029	267	86
9	0WP/8FW_oBatt_LSPV		8		X		57.9%	100.0%	73.0%	1,110	808	0	0
10	8WP/0FW_oBatt_LSGS	8				X	65.4%	73.5%	68.3%	944	913	426	140
11	5WP/3FW_oBatt_LSGS	5	3			X	66.9%	83.3%	72.8%	919	780	267	86
12	0WP/8FW_oBatt_LSGS		8			X	68.9%	100.0%	80.1%	869	563	0	0

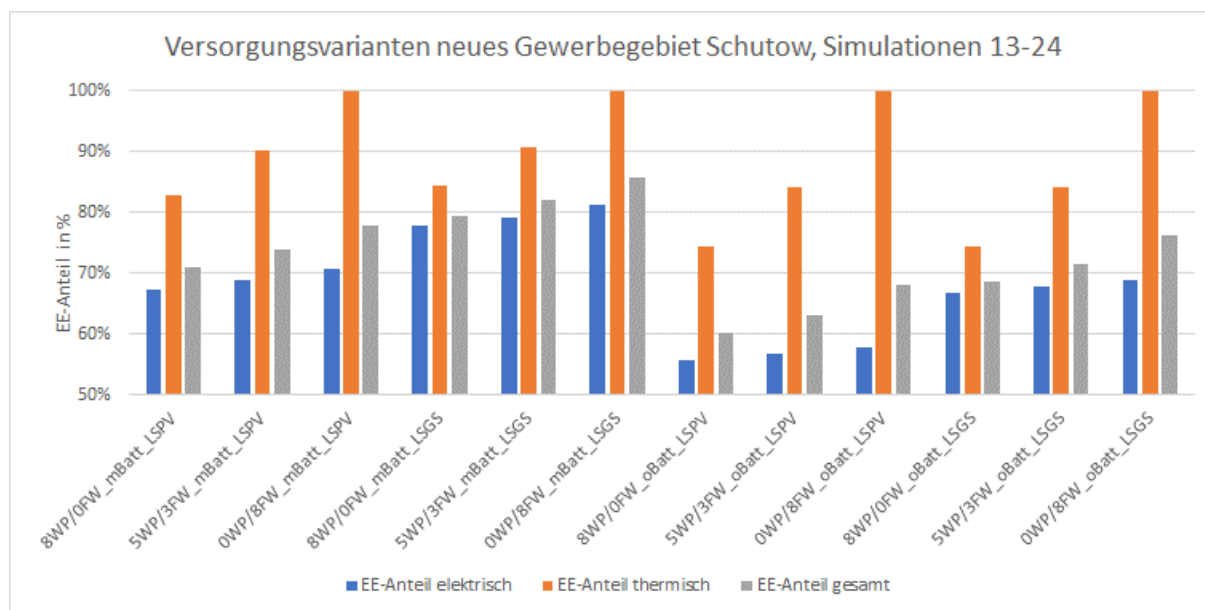


Abbildung 6.3 Varianten 13-24 EE-Anteile Gesamtpark (EH55)

Abbildung 6.3 zeigt die EE-Anteile der zwölf Varianten, die sich bei einer Gebäudeeffizienzklasse EH55 ergeben. In Tabelle 6-3 werden zusätzlich dazu der genutzte PV-Strom, die bezogenen Strommengen, der Strombedarf der Wärmepumpen und die direkt von den Wärmepumpen genutzte PV-Strommengen aufgeführt.

Tabelle 6-3: Varianten 13-24 EE-Anteile Gesamtpark (EH55)

Nr.	Variante	Akteure mit Wärmepumpe					EE-Anteile			genutzter PV-Strom		Strombedarf Wärmepumpen	
		Anz.	Anz.	Batterie	Ladesäulen PV	Ladesäulen Ökostrom	%	%	%	MWh/a	bezogener Netzstrom MWh/a	MWh/a	PV-Strom in Wärmepumpen MWh/a
1	8WP/0FW_mBatt_LSPV	8		X	X		67.3%	82.8%	71.0%	1,425	731	237	134
2	5WP/3FW_mBatt_LSPV	5	3	X	X		68.7%	90.1%	73.8%	1,405	660	147	87
3	0WP/8FW_mBatt_LSPV		8	X	X		70.8%	100.0%	77.8%	1,358	561	0	0
4	8WP/0FW_mBatt_LSGS	8		X		X	77.8%	84.3%	79.4%	1,176	494	237	143
5	5WP/3FW_mBatt_LSGS	5	3	X		X	79.1%	90.8%	81.9%	1,149	430	147	91
6	0WP/8FW_mBatt_LSGS		8	X		X	81.3%	100.0%	85.7%	1,095	337	0	0
7	8WP/0FW_oBatt_LSPV	8			X		55.6%	74.3%	60.1%	1,150	1,006	237	83
8	5WP/3FW_oBatt_LSPV	5	3		X		56.6%	84.0%	63.2%	1,137	928	147	51
9	0WP/8FW_oBatt_LSPV		8		X		57.9%	100.0%	67.9%	1,110	808	0	0
10	8WP/0FW_oBatt_LSGS	8				X	66.8%	74.3%	68.6%	913	756	237	83
11	5WP/3FW_oBatt_LSGS	5	3			X	67.7%	84.0%	71.6%	898	681	147	51
12	0WP/8FW_oBatt_LSGS		8			X	68.9%	100.0%	76.3%	869	563	0	0

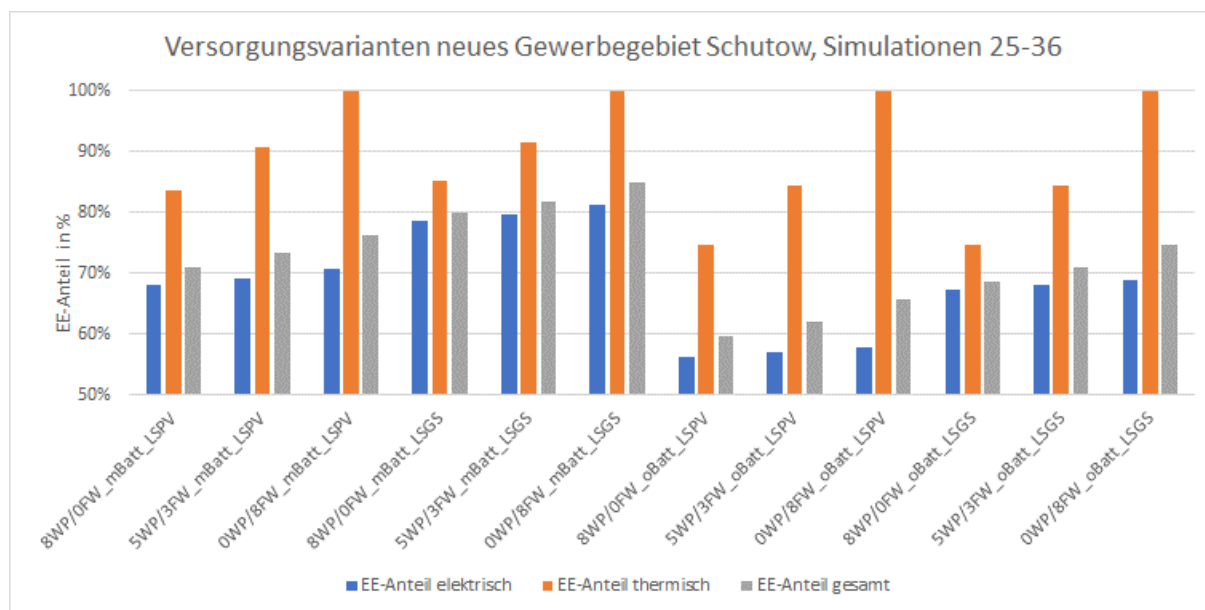


Abbildung 6.4 Varianten 25-36 EE-Anteile Gesamtpark (EH40)

Abbildung 6.4 zeigt die EE-Anteile der zwölf Varianten, die sich bei einer Gebäudeeffizienzklasse EH100 ergeben. In Tabelle 6-4 werden zusätzlich dazu der genutzte PV-Strom, die bezogenen Strommengen, der Strombedarf der Wärmepumpen und die direkt von den Wärmepumpen genutzte PV-Strommengen aufgeführt.

Tabelle 6-4: Varianten 25-36 EE-Anteile Gesamtpark (EH40)

Nr.	Variante	Akteure mit Wärmepumpe					EE-Anteile			genutzter PV-Strom		Strombedarf Wärmepumpen	
		Anz.	Anz.	Batterie	Ladesäulen PV	Ladesäulen Ökostrom	EE-Anteil elektrisch (%)	EE-Anteil thermisch (%)	EE-Anteil gesamt (%)	MWh/a	bezogener Netzstrom MWh/a	MWh/a	PV-Strom in Wärmepumpen MWh/a
1	8WP/0FW_mBatt_LSPV	8		X	X		68.1%	83.6%	71.0%	1,409	684	175	102
2	5WP/3FW_mBatt_LSPV	5	3	X	X		69.2%	90.8%	73.3%	1,394	632	107	66
3	0WP/8FW_mBatt_LSPV		8	X	X		70.8%	100.0%	76.3%	1,358	561	0	0
4	8WP/0FW_mBatt_LSGS	8		X		X	78.6%	85.3%	79.9%	1,157	450	175	109
5	5WP/3FW_mBatt_LSGS	5	3	X		X	79.6%	91.5%	81.9%	1,136	403	107	69
6	0WP/8FW_mBatt_LSGS		8	X		X	81.3%	100.0%	84.8%	1,095	337	0	0
7	8WP/0FW_oBatt_LSPV	8			X		56.2%	74.6%	59.6%	1,140	953	175	62
8	5WP/3FW_oBatt_LSPV	5	3		X		56.9%	84.4%	62.1%	1,130	895	107	38
9	0WP/8FW_oBatt_LSPV		8		X		57.9%	100.0%	65.8%	1,110	808	0	0
10	8WP/0FW_oBatt_LSGS	8				X	67.3%	74.6%	68.7%	902	704	175	62
11	5WP/3FW_oBatt_LSGS	5	3			X	68.0%	84.4%	71.0%	890	648	107	38
12	0WP/8FW_oBatt_LSGS		8			X	68.9%	100.0%	74.7%	869	563	0	0

6.1.2 Konfigurationen mit maximaler PV-Fläche, Fazit

Alle gerechneten Varianten übertreffen die Mindestanforderung für die EE-Anteilen für Strom und Wärme. Der niedrigste EE-Anteil des gesamten Gewerbeparks für Strom liegt bei 54.2% (Nr. 7 / EH100), für Wärme bei 73.5% (Nr. 7 & 10 / EH100), für alle Energien bei 59.6% (EH40).

Die niedrigsten EE-Anteile der einzelnen Akteure in allen Simulationen liegen bei 50.2% (Strom) und 72.8% (Wärme). Die EE-Anteile der Wärmeversorgung liegen generell über den Werten der Stromversorgung, weshalb die Stromversorgung der zentrale zu optimierende Bereich ist.

Der Einfluss der Versorgung der Ladesäulen mit 487 MWh/a auf den Stromverbrauch ist hoch. Der allgemeine Strombedarf liegt bei 1,432 MWh/a, der Wärmebedarf bei 1,090 MWh/a, damit stellen die Ladesäulen einen Anteil von einem Viertel des Strombedarfes bzw. ein Fünftel des Gesamtenergiebedarfes. Ein Wechsel der Versorgung der Ladesäulen vom eigenen PV-Strom hin zu einem externen Ökostromanbieter reduziert die Aufwendungen für das PV-System deutlich.

Die in den Simulationen angesetzten Kapazitäten der Batteriespeicher entsprechen dem durchschnittlichen Strombedarf der Unternehmen von wenigen Stunden. Damit können keine längeren Zeiträume überbrückt werden, die Aufgabe der Speicher liegt in der Glättung der Versorgung mit PV-Strom und bestenfalls in der Versorgung der Unternehmen in den betriebsarmen Abendstunden. Trotzdem wird der Gesamt-EE-Anteil durch die Stromspeicherung in den Simulationen um etwa 10% angehoben, es ist also eine durchaus wirksame Systemkomponente.

Der Einfluss der Fernwärme ist mit dem vorgegeben EE-Anteil von 100% immens. Für den Anschluss an das Fernwärmenetz werden allerdings halbwegs fundierte Planungsdaten benötigt, die für den östlichen Teil vorliegen, für den westlichen dagegen völlig fehlen.

Die Ergebnisse der Simulationen für Gebäude nach den Effizienzstandards EH100, EH55 und EH40 unterscheiden sich bei den EE-Anteilen nur im Prozentbereich. Diese Variationen sind damit als nachrangig für die Untersuchung der Energieversorgung zu bewerten.

6.2 Konfigurationen mit einem EE-Anteil (Strom) von min. 50%

Wie in den Diagrammen in Kapitel 6.1 ersichtlich, ist liegt der EE-Anteil der Wärmeversorgung bei fast allen Varianten über dem EE-Anteil der Stromversorgung. Aus diesem Grund wurde die Untersuchung der unteren Grenzen einer nachhaltigen Energieversorgung des Gewerbegebietes nur mit dem Ziel einer Stromversorgung mit einem EE-Anteil der von 50% durchgeführt.

Da die zu erwartenden Unterschiede der Ergebnisse für Gebäude nach den Effizienzstandards EH55 und EH40 keine prinzipiellen Erkenntnisse erwarten lassen, wurden alle Varianten nur für die Effizienzklassen EH100 und EH55 gerechnet.

In allen Berechnungen werden die Ladesäulen von einem externen Stromanbieter mit 100%igen Ökostrom versorgt, die Verteilung der Ladesäulen auf die Akteure wurde für eine bessere Vergleichbarkeit mit den Versorgungsvarianten mit PV-Strom beibehalten.

Anmerkung:

In den Ergebnissen für den Sportfachmarkt zeigt sich, dass allein durch die Verrechnung des Ökostroms der 8 Ladesäulen mit einem jährlichen Strombedarf von 125MW/a mit dem sonstigen Strombedarf des Unternehmens von 84 MWh/a auf eine Photovoltaikanlage auf dem Dach verzichtet werden könnte. Da die Ladesäulen in dieser Betrachtung dem Geschäftsbetrieb des Unternehmens zuzuordnen sind, wurde diese Besonderheit beibehalten. Beim Nachweis der Nachhaltigkeit geht es letztendlich um den Gewerbepark als Ganzes.

Die Simulationen wurden mit den Nummern 41 – 46 abgelegt.

6.2.1 Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 1

In der ersten gerechneten Variante wurde auf einen Batteriespeicher verzichtet, die Wärmeversorgung erfolgt mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal.

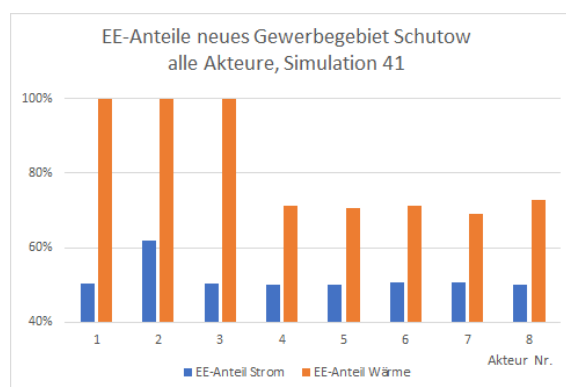


Abbildung 6.5 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 41

Tabelle 6-5: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 41

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	2,700	0	200	760	480	2,880	440	1,160	8,620
PV_peak	kW	338	0	25	95	60	360	55	145	1,078
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.3%	62.0%	50.5%	50.1%	50.0%	50.5%	50.7%	50.0%	51.0%
EE-Anteil Wärme	%	100%	100%	100%	71.4%	70.6%	71.3%	69.1%	72.8%	81.7%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
62.0%	572	1127	267	69	487	964

6.2.2 Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 2

Auch in der zweiten Variante wurde auf einen Batteriespeicher verzichtet, die Wärmeversorgung erfolgt für alle Akteure mit Wärmepumpen.

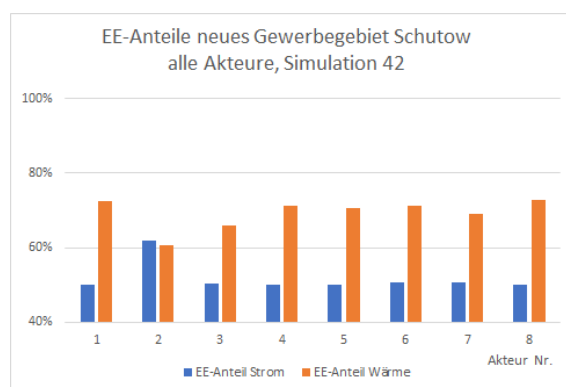


Abbildung 6.6 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 42

Tabelle 6-6: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 42

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	3,200	10	260	760	480	2,880	440	1,160	9,190
PV_peak	kW	400	1	33	95	60	360	55	145	1,149
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.1%	62.0%	50.5%	50.1%	50.0%	50.5%	50.7%	50.0%	50.9%
EE-Anteil Wärme	%	72.5%	60.7%	65.9%	71.4%	70.6%	71.3%	69.1%	72.8%	70.7%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
58.0%	610	1247	426	109	487	1027

6.2.3 Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Variante 3

In der dritten Variante werden Batteriespeicher eingesetzt, die Wärmeversorgung erfolgt für alle Akteure mit Wärmepumpen. Für die Dimensionierung der Batteriespeicher wurde wieder der in Kapitel 5.1.2 vorgestellte Ansatz gewählt, dass die Kapazität der Speicher ungefähr bei einem 1/2000 der jährlichen PV-Produktion liegt.

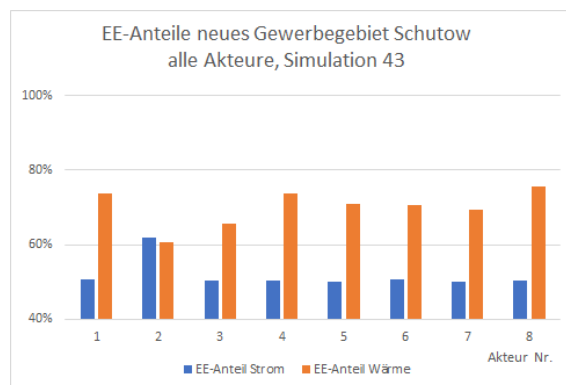


Abbildung 6.7 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 43

Tabelle 6-7: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 43

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	2,800	500	240	660	400	1,440	400	1,020	7,460
PV_peak	kW	350	63	30	83	50	180	50	128	933
Batteriekapazität	kWh	175	31	15	41	25	90	25	64	466
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.7%	62.0%	50.2%	50.4%	50.1%	50.6%	50.1%	50.4%	51.1%
EE-Anteil Wärme	%	73.9%	60.7%	65.8%	73.6%	71.1%	70.5%	69.4%	75.7%	71.4%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
58.4%	622	1236	426	117	487	779

6.2.4 Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Varianten 1-6

Der Vergleich mit den Ergebnissen der Simulationen mit Gebäuden nach der Energieeffizienzklasse EH55 zeigen hinsichtlich des EE-Anteiles des Stromes nur geringe Unterschiede. Die Ergebnisse sind in Anhang 3 zu sehen.

Tabelle 6-8: Min. 50% EE-Anteil Strom, Vergleiche Varianten

Variante	Gebäude-Effizienz	EE-el %	EE-th %	EE-ges %
Variante 1	EH100	51.0%	81.7%	62.0%
Variante 2	EH100	50.9%	70.7%	58.0%
Variante 3	EH100	51.1%	71.4%	58.4%
Variante 1	EH55	51.0%	83.2%	57.0%
Variante 2	EH55	51.1%	72.1%	55.0%
Variante 3	EH55	50.8%	73.4%	55.0%

6.2.5 Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Fazit

Mit der Reduzierung auf ein Minimalziel von 50% EE-Anteil der Stromversorgung werden die erforderlichen PV-Flächen in allen Simulationen deutlich reduziert. Die EE-Anteile der Wärmeversorgung bleiben etwa auf dem gleichen Niveau, der EE-Anteil der Gesamtenergie sinkt erwartungsgemäß ab, bleiben aber deutlich über der 50%-Grenze.

6.3 Konfigurationen für Vorzugsvariante

Auch diese in den Simulationen 51-54 gerechneten Konfigurationen zeigen Anordnungen mit einem EE-Anteil (Strom) von min. 50%, allerdings ohne den Strombedarf der Ladesäulen in die Berechnung der einzelnen Akteure einzubinden. Die Versorgung mit PV-Strom wird nur auf den Eigenbedarf und ggfs. die Wärmepumpen angesetzt.

Der Strombedarf der Ladesäulen wird erst bei der Berechnung des Gesamt-EE-Anteils des Gewerbeparks eingebunden.

Die erreichten EE-Anteile der Wärmeversorgung liegen in allen Fällen deutlich über dem Zielwert von 50%.

Aus den vorhergehenden Simulationen ist ersichtlich, dass der Einfluss der Gebäudeeffizienzklasse auf den EE-Anteil der Stromversorgung gering ist. Aus diesem Grund wird auf die Berechnung mit den Effizienzklassen EH55 und EH40 verzichtet.

6.3.1 Vorzugsvariante 1

Ohne Batteriespeicher, mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal

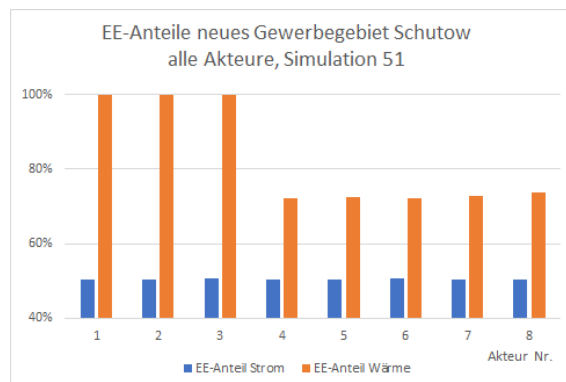


Abbildung 6.8 Vorzugsvariante, Simulation 51

Tabelle 6-9: Vorzugsvariante, Simulation 51

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	4,400	680	1,040	1,080	920	4,280	1,400	1,680	15,480
PV_peak	kW	550	85	130	135	115	535	175	210	1,935
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.2%	50.4%	50.6%	50.5%	50.4%	50.6%	50.5%	50.4%	50.4%
EE-Anteil Wärme	%	100%	100%	100%	72.3%	72.4%	72.2%	72.7%	73.6%	82.8%

EE-A_el	EE-A_th	EE-A_ges	(EE+LS)-A_ges
50.4%	82.8%	64.3%	70.1%

Prod. PV	EE PV direkt	PV Einspeis.	Netzstrom	Bedarf WP	PV direkt WP
MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
1734	803	931	896	267	81

6.3.2 Vorzugsvariante 2

Mit Batteriespeicher, mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal

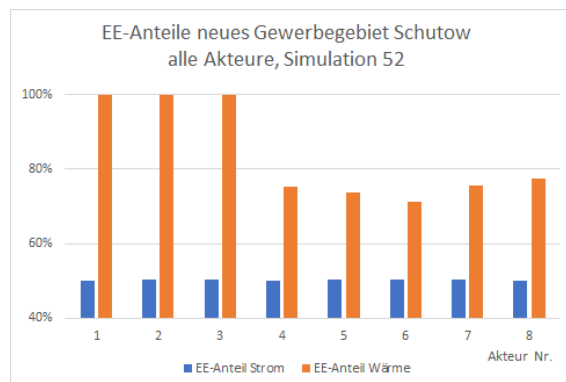


Abbildung 6.9 Vorzugsvariante, Simulation 52

Tabelle 6-10: Vorzugsvariante, Simulation 52

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	3,280	450	760	840	600	1,680	1,100	1,320	10,030
PV_peak	kW	410	56	95	105	75	210	138	165	1,254
Batteriekapazität	kWh	205	28	48	53	38	105	69	83	627
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.1%	50.5%	50.3%	50.1%	50.3%	50.4%	50.3%	50.0%	50.2%
EE-Anteil Wärme	%	100%	100%	100%	75.3%	73.7%	71.4%	75.5%	77.6%	83.8%

EE-A_el	EE-A_th	EE-A_ges	(EE+LS)-A_ges
50.2%	83.8%	64.7%	70.4%

Prod. PV	EE PV direkt	PV Einspeis.	Netzstrom	Bedarf WP	PV direkt WP
MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
1124	812	312	887	267	93

6.3.3 Vorzugsvariante 3

Ohne Batteriespeicher, mit Wärmepumpen für alle Unternehmen

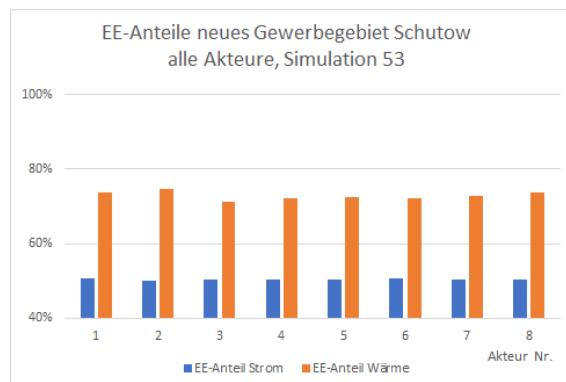


Abbildung 6.10 Vorzugsvariante, Simulation 53

Tabelle 6-11: Vorzugsvariante, Simulation 53

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	5,600	760	1,400	1,080	920	4,280	1,400	1,680	17,120
PV_peak	kW	700	95	175	135	115	535	175	210	2,140
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.6%	50.1%	50.4%	50.5%	50.4%	50.6%	50.5%	50.4%	50.5%
EE-Anteil Wärme	%	74%	75%	71%	72.3%	72.4%	72.2%	72.7%	73.6%	72.8%

EE-A_el	EE-A_th	EE-A_ges	(EE+LS)-A_ges
50.5%	72.8%	60.1%	66.6%

Prod. PV	EE PV direkt	PV Einspeis.	Netzstrom	Bedarf WP	PV direkt WP
MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
1919	855	1064	1002	426	132

6.3.4 Vorzugsvariante 4

Mit Batteriespeicher und mit Wärmepumpen für alle Unternehmen

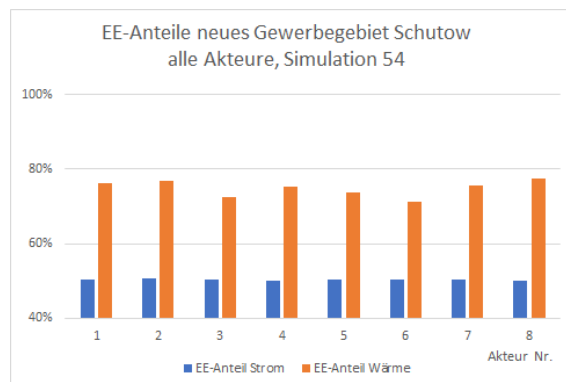


Abbildung 6.11 Vorzugsvariante, Simulation 54

Tabelle 6-12: Vorzugsvariante, Simulation 54

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	4,000	500	980	840	600	1,680	1,100	1,320	11,020
PV_peak	kW	500	63	123	105	75	210	138	165	1,378
Batteriekapazität	kWh	250	31	61	53	38	105	69	83	689
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.3%	50.6%	50.5%	50.1%	50.3%	50.4%	50.3%	50.0%	50.3%
EE-Anteil Wärme	%	76%	77%	73%	75.3%	73.7%	71.4%	75.5%	77.6%	74.7%

EE-A_el	EE-A_th	EE-A_ges	(EE+LS)-A_ges
50.3%	74.7%	60.8%	67.1%

Prod. PV	EE PV direkt	PV Einspeis.	Netzstrom	Bedarf WP	PV direkt WP
MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
1236	873	363	985	426	152

6.3.5 Vorzugsvarianten 1-4, Fazit

Tabelle 6-13: Vorzugsvariante, Vergleiche

Variable	Einheit	Nummer der Simulation			
		51	52	53	54
Akteure mit Fernwärme (nur Handel)	Anz.	3	3	0	0
Akteure mit Wärmepumpen	Anz.	5	5	8	8
PV_Fläche gesamt	m ²	15,480	10,030	17,120	11,020
PV_peak gesamt	MWh	1,935	1,254	2,140	1,378
Batteriekapazität gesamt	kWh	0	627	0	689
Bezogener Netzstrom für Eigenbedarf	MWh/a	896	887	1,002	985
Bezogener Ökostrom Ladesäulen	MWh/a	487	487	487	487
Produzierter Strom PV	MWh/a	1,734	1,124	1,919	1,236
Genutzter Strom PV	MWh/a	803	812	855	873
Überschüssiger PV-Strom	MWh/a	931	312	1,064	363
Anteil genutzter PV-Strom	%	46.3%	72.2%	44.6%	70.6%
Strombedarf Wärmepumpen	MWh/a	267	267	426	426
In Wärmepumpen genutzter PV-Strom	MWh/a	81	93	132	152
EE-Anteil Strom Eigenbedarf	%	50.4%	50.2%	50.5%	50.3%
EE-Anteil Wärme	%	82.8%	83.8%	72.8%	74.7%
EE-Anteil gesamt	%	64.3%	64.7%	60.1%	60.8%
EE-Anteil gesamt mit Ladestationen	%	70.1%	70.4%	66.6%	67.1%

Die Konfiguration in Simulation 53 bietet die besten Voraussetzungen für einen Einsatz.

- Geringe Modulfläche
- Moderater Strombezug aus dem Netz
- Hohe Eigennutzung des PV-Stromes
- Hohe EE-Anteile

Diese Variante bietet geringe Investitions- und Betriebskosten und mit den hohen EE-Anteilen eine hohe Robustheit gegen Veränderungen. Die geringe Flächenbelegung macht Anpassungen durch Erweiterung des PV-Systems möglich.

Sollte ein Fernwärmeanschluss nicht möglich sein, bietet die Variante aus Simulation 54 ähnliche Bedingungen.

7 Zusammenfassung & Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung

Aufgabe der in diesem Bericht beschriebenen Arbeiten war die Untersuchung verschiedener Konfigurationen und Rahmenbedingungen der Energieversorgung des geplanten „Handels- und Gewerbegebiets Schutow“ auf Tauglichkeit in Bezug auf eine möglichst nachhaltige Energieversorgung des Projekts mit Hilfe einer Simulationssoftware. Zudem wurde eine Vorzugsvariante für das Energieversorgungskonzept ermittelt.

Die Betrachtungen umfassen den Strom- und Wärmebedarf der Betriebe, hierbei ist der Strombedarf der erforderlichen Ladeinfrastruktur für Fahrzeuge von Mitarbeitern und Kunden mit zu berücksichtigen. Der Anteil erneuerbarer Energien in der Versorgung des Gewerbeparks soll für den Strom- und den Wärmebedarf jeweils über 50% liegen.

Die Untersuchung zeigt, dass das gesteckte Ziel einer nachhaltigen Versorgung des Gewerbeparks in Schutow mit allen berechneten Varianten erreichbar ist.

7.2 Vorzugsvariante

Als Vorzugsvariante wurde folgende Konfiguration ermittelt (siehe auch Anhang 4):

- PV-Module auf allen Dächern
- Einsatz von Batteriespeichern
- Fernwärmeanschluss für das Einrichtungshaus, den Sportfachmarkt und die Lagerhalle
- Luft-Wasser-Wärmepumpen für die Gebäude auf dem gemischten Areal
- Betrieb der Ladesäulen durch einen externen Anbieter

Diese Kombination vereint eine geringe, aber ausbaufähige Belegung der Dächer mit Photovoltaikmodulen, einen hohen Nutzungsfaktor für den produzierten PV-Strom, einen hohen Gesamt-EE-Anteil, einen geringen Bezug von Netzstrom, eine planbare Fernwärmeversorgung der drei Gebäude auf dem östlichen Areal, den modular an die Bedarfe der bislang nicht bekannten Akteure anpassbaren Einsatz von Wärmepumpen auf dem westlichen Teil und die risikomindernde Versorgung der Ladesäulen mit Ökostrom durch einen externen Betreiber.

Falls ein Fernwärmeanschluss nicht möglich sein sollte, können die Gebäude auf dem östlichen Teil ebenfalls mit Wärmepumpen beheizt werden (siehe Werte aus Simulation 54).

7.3 Empfehlungen

Zu empfehlen sind hierfür die folgenden Ansätze, die ggfs. auch vertraglich für die Unternehmen festzuschreiben sind:

- Jede wirtschaftliche Einheit hat eigene Anschlüsse an die öffentlichen Versorgernetze.
- Die Stromversorgung wird von allen Unternehmen mit einer ausreichend dimensionierten Dach-PV unterstützt. Falls erforderlich, können zusätzlich Photovoltaikmodule an den Fassaden, auf Carports o.ä. angebracht und Batteriespeicher eingesetzt werden.
- Ladesäulen sind mit 100% Ökostrom zu betreiben.
- Die Wärmeversorgung des Einrichtungshauses, des Sportfachgeschäftes und der Lagerhalle ist mit Fernwärme oder, wenn diese nicht verfügbar ist, mit Wärmepumpen zu realisieren.
- Der thermische und der elektrische Energiebedarf sind mithilfe verbrauchssenkender Maßnahmen und Bauweisen auf ein wirtschaftlich sinnvolles Minimum zu reduzieren.

Die Versorgung der Ladesäulen sollte wegen bestehenden Planungsrisiken (Entwicklung der Abnahmemengen, Kundenverhalten, Wetterbedingungen) an einen externen Anbieter vergeben werden, der eine Belieferung mit 100% grünem Strom garantiert.

Zur Unterstützung der Nachhaltigkeitsziele können weitere technische Ansätze wie Solarkollektoren, Wärmespeicher, Abwärmenutzung etc. genutzt werden, die in diesem Energiekonzept aber nicht behandelt werden.

Unter Berücksichtigung des sich bis dahin weiterentwickelnden Strommarktes sollte von allen Akteuren die Einspeisung von überschüssigem PV-Strom in das Stromnetz geprüft werden, gegebenenfalls in Verbindung mit angepassten Speicherkapazitäten der Batterien.

8 Literaturverzeichnis

1. *Standardlastprofile des Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.*
2. <https://www.new-energie.de/gk/strom-gas/gewerbestrom>.
3. <https://ctprodstorageaccountp.blob.core.windows.net/prod-drupal-files/documents/resource/public/Warehousing-and-logistics-guide.pdf>.
4. *Energieverbrauch_GHD_2006-2011.pdf*, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
5. *EU. RICHTLINIE (EU) 2024/1275 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. 2024.*
6. NOW-GmbH. *Elektromobilität in der Praxis – Zweiter Ergebnisbericht des Zentralen Datenmonitorings des Förderprogramms Elektromobilität vor Ort.*
7. Deutsche Energie-Agentur GmbH: *DENA Gebäudereport 2024 – Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.*
8. <https://www.enwipo.de/2017/03/07/energiebedarf-von-buerogebaeuden-ermitteln/>.
9. *Hansestadt Rostock: Portal für Geodaten der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und Umgebung [Zugriff Q4 2024],* <https://www.geoport-hro.de/desktop>.
10. Kost, C. et al. *Stromgestehungskosten erneuerbare Energien Ausgabe Juli 2024.*
11. *Aktuelle Strompreise für Neukunden. Verivox,* <https://www.verivox.de/strom/strompreise/> [Zugriff am: 15.02.2024].
12. <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/Solaranlagen/2/artikel.html> [Zugriff am: 15.02.2024].
13. Rostock, Stadtwerke.
14. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/_inhalt.html Zugriff am 16.06.2025.

9 Abbildungsverzeichnis

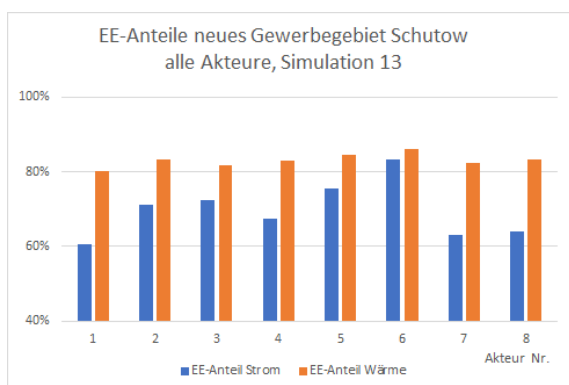
Abbildung 2.1 Ausgewiesene Gebiete nach Bebauungsplan Nr. 05.S0.164	8
Abbildung 2.2 Temperaturverlauf Standort Gewerbegebiet Schutow	10
Abbildung 2.3 Sonnenbestrahlungsstärke am Standort Schutow	11
Abbildung 3.1 Verlauf Gesamtstrombedarf	13
Abbildung 3.2 Verlauf Gesamtwärmebedarf nach GEG-Referenz	15
Abbildung 3.3 Energieanteile Strom und Wärme	16
Abbildung 4.1 Auszug Wärmenetzgebiet Rostock (9)	17
Abbildung 4.2 Effizienzkurve (COP) Wärmepumpe	20
Abbildung 5.1 Stromversorgung Variante Handel	22
Abbildung 5.2 Stromversorgung Variante Gewerbe	22
Abbildung 6.1 Varianten 01-12, EE-Anteile Strom und Wärme (EH100)	27
Abbildung 6.2 Simulationen 01-12 EE-Anteile Gesamtpark (EH100)	30
Abbildung 6.3 Varianten 13-24 EE-Anteile Gesamtpark (EH55)	31
Abbildung 6.4 Varianten 25-36 EE-Anteile Gesamtpark (EH40)	32
Abbildung 6.5 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 41	34
Abbildung 6.6 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 42	35
Abbildung 6.7 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 43	36
Abbildung 6.8 Vorzugsvariante, Simulation 51	38
Abbildung 6.9 Vorzugsvariante, Simulation 52	39
Abbildung 6.10 Vorzugsvariante, Simulation 53	40
Abbildung 6.11 Vorzugsvariante, Simulation 54	41
Abbildung 11.1 Varianten 13-24, EE-Anteile Strom und Wärme (EH55)	49
Abbildung 11.2 Varianten 25-36, EE-Anteile Strom und Wärme (EH40)	51
Abbildung 13.1 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 44	56
Abbildung 13.2 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 45	56
Abbildung 13.3 Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 46	57

10 Tabellenverzeichnis

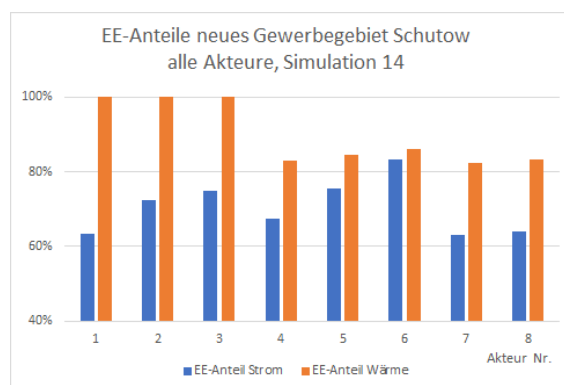
Tabelle 2-1: Flächenverteilung des Handels- und Gewerbestands	9
Tabelle 3-1: Spezifische Strombedarfe der Akteure kWh/a/m ²	12
Tabelle 3-2: Strombedarf und Lastverläufe	13
Tabelle 3-3: Spezifische Wärmebedarfe der Akteure kWh/a/m ²	14
Tabelle 3-4: Wärmebedarfe.....	15
Tabelle 4-1: Dachflächen und PV-Potenzial bei max. Belegung	18
Tabelle 5-1: Konfigurationen erster Schritt.....	24
Tabelle 6-1: Varianten 01-12, EE-Anteile Strom und Wärme (EH100).....	28
Tabelle 6-2: Simulationen 1-12 EE-Anteile Gesamtpark (EH100).....	30
Tabelle 6-3: Varianten 13-24 EE-Anteile Gesamtpark (EH55).....	31
Tabelle 6-4: Varianten 25-36 EE-Anteile Gesamtpark (EH40).....	32
Tabelle 6-5: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 41	35
Tabelle 6-6: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 42.....	35
Tabelle 6-7: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 43.....	36
Tabelle 6-8: Min. 50% EE-Anteil Strom, Vergleiche Varianten.....	36
Tabelle 6-9: Vorzugsvariante, Simulation 51	38
Tabelle 6-10: Vorzugsvariante, Simulation 52	39
Tabelle 6-11: Vorzugsvariante, Simulation 53.....	40
Tabelle 6-12: Vorzugsvariante, Simulation 54.....	41
Tabelle 6-13: Vorzugsvariante, Vergleiche.....	42
Tabelle 12-1: Varianten 13-24, EE-Anteile Strom und Wärme (EH55).....	52
Tabelle 12-2: Varianten 25-36, EE-Anteile Strom und Wärme (EH40).....	54
Tabelle 13-1: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 44.....	56
Tabelle 13-2: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 45.....	57
Tabelle 13-3: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 46.....	57

11 Anhang 1

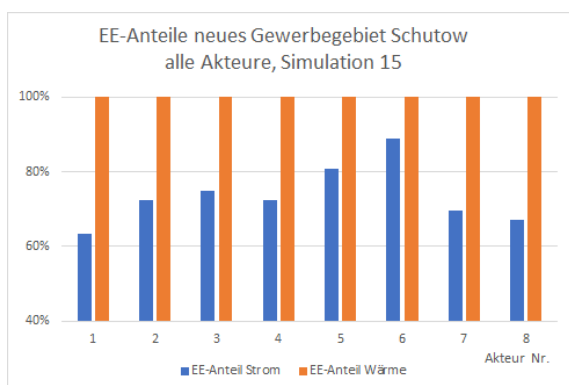
Ergebnisse der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH55



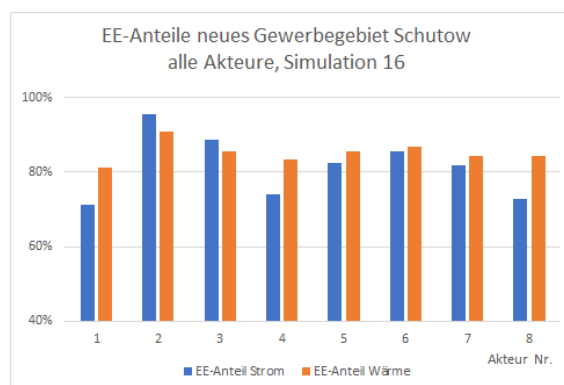
8WP/0FW mBatt LSPV



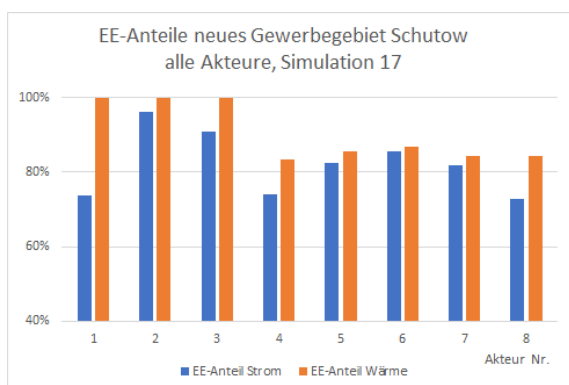
5WP/3FW mBatt LSPV



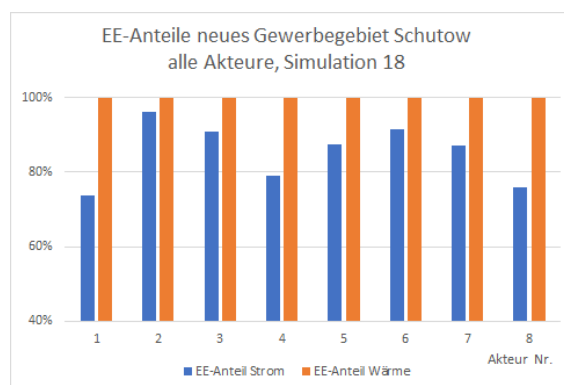
0WP/8FW mBatt LSPV



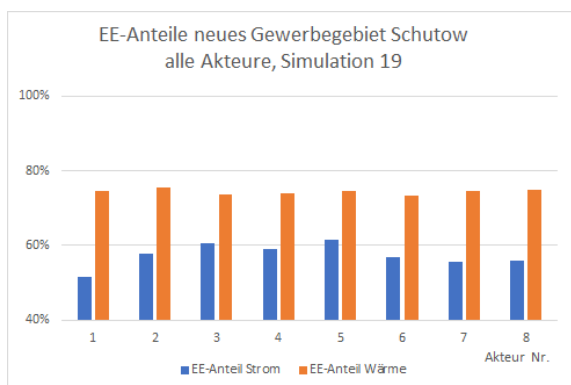
8WP/0FW mBatt LSGS



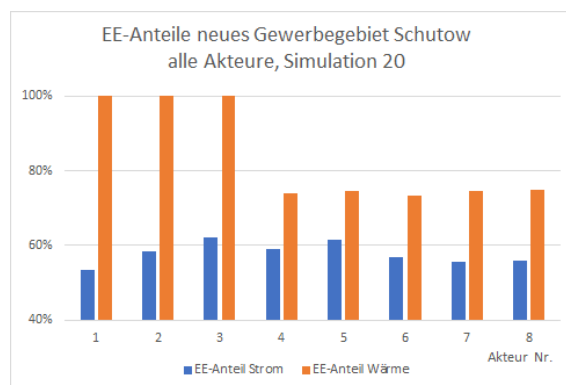
5WP/3FW mBatt LSGS



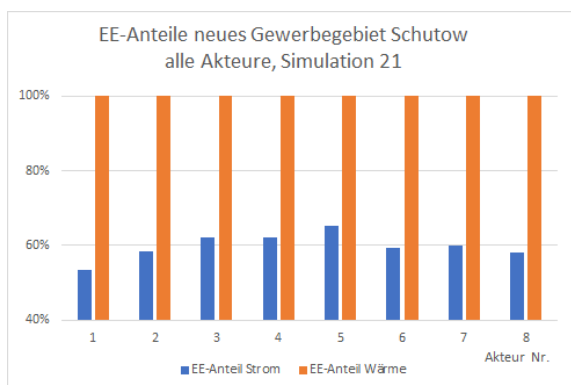
0WP/8FW mBatt LSGS



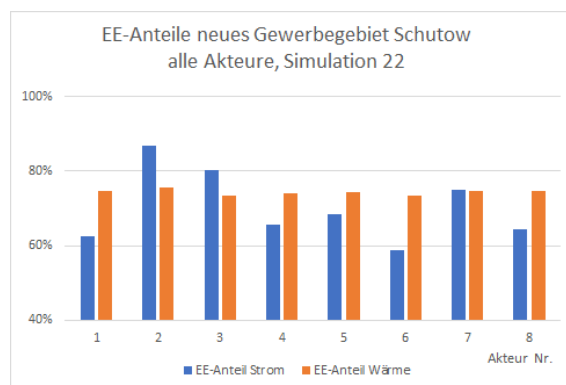
8WP/0FW oBatt LSPV



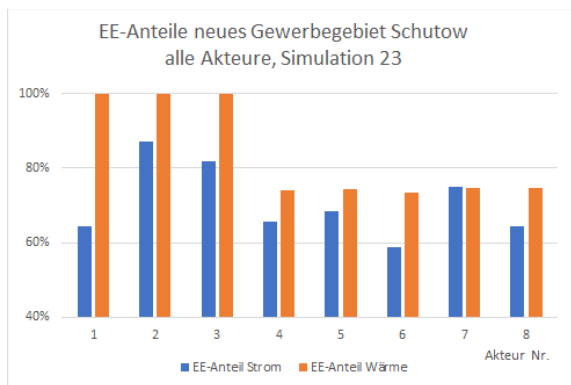
5WP/3FW oBatt LSPV



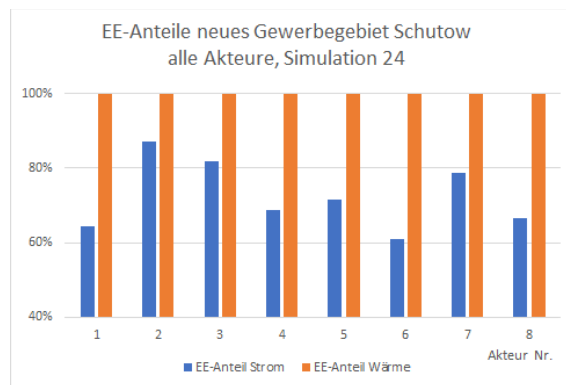
0WP/8FW oBatt LSPV



8WP/0FW oBatt LSGS



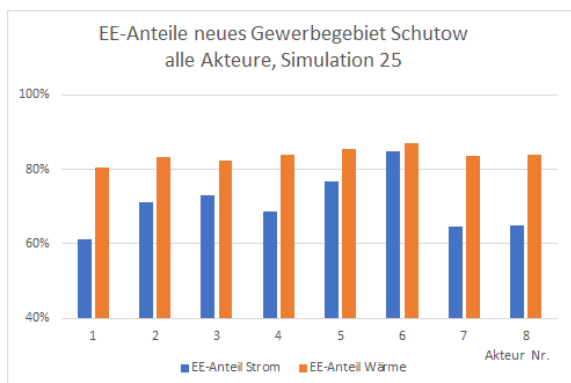
5WP/3FW oBatt LSGS



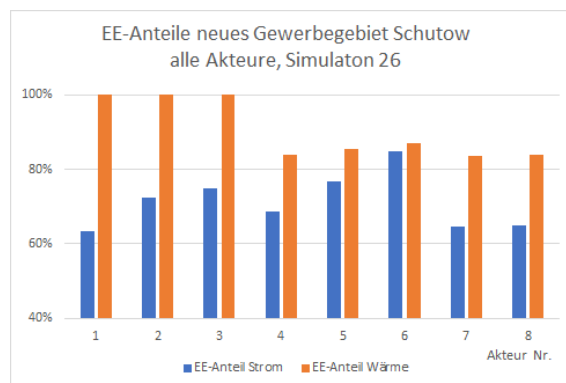
0WP/8FW oBatt LSGS

Abbildung 11.1: Varianten 13-24, EE-Anteile Strom und Wärme (EH55)

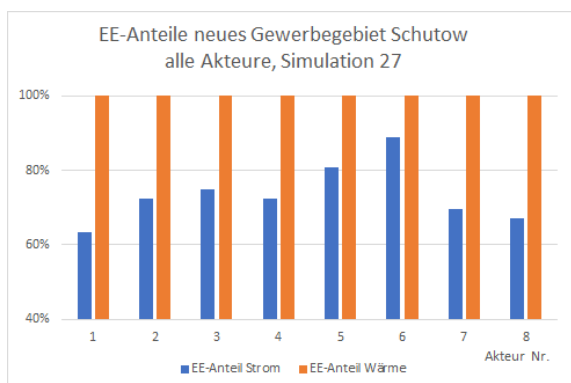
Ergebnisse der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH40



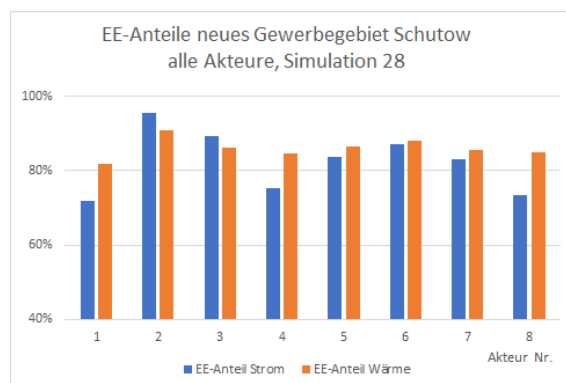
8WP/0FW mBatt LSPV



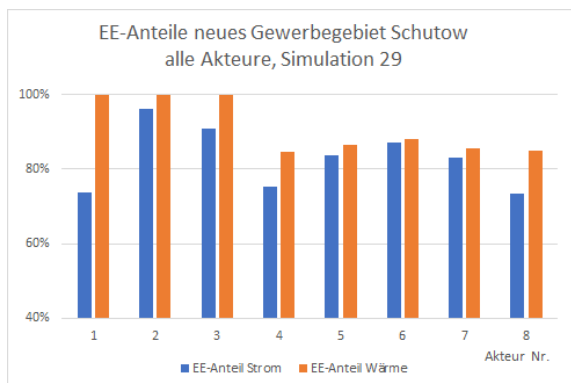
5WP/3FW mBatt LSPV



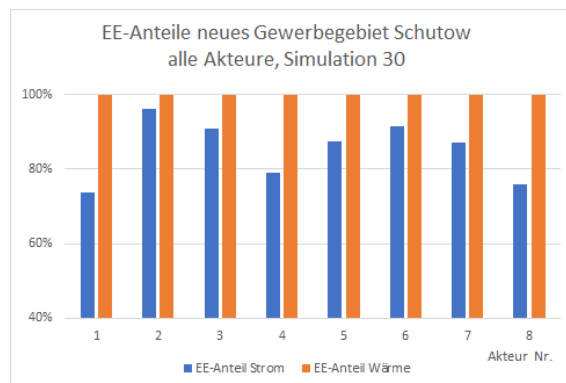
0WP/8FW mBatt LSPV



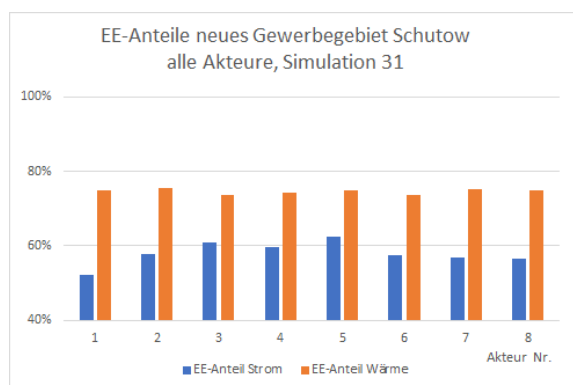
8WP/0FW mBatt LSGS



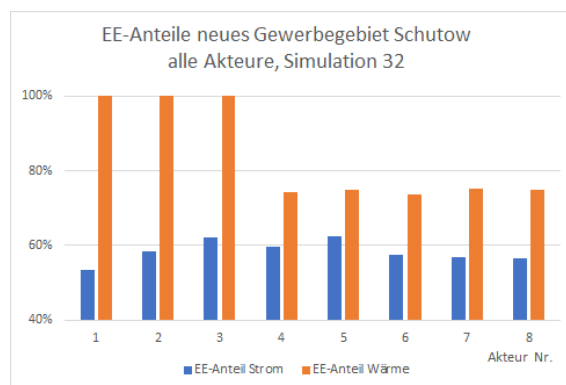
5WP/3FW mBatt LSGS



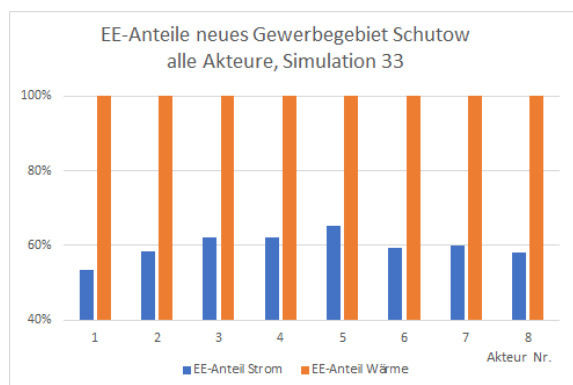
0WP/8FW mBatt LSGS



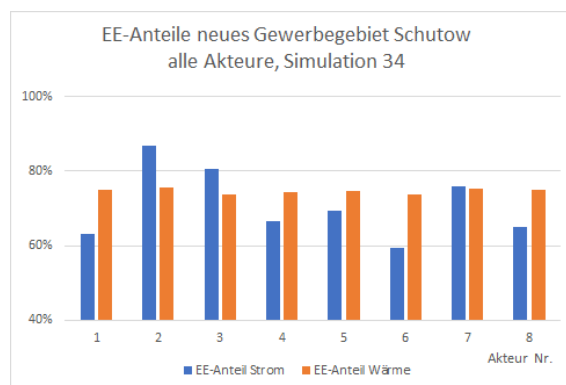
8WP/0FW oBatt LSPV



5WP/3FW oBatt LSPV



0WP/8FW oBatt LSPV



8WP/0FW oBatt LSGS

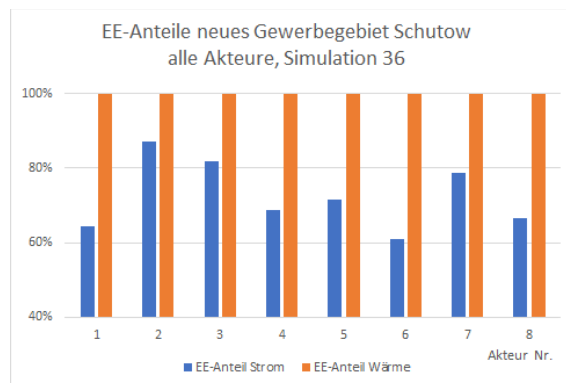
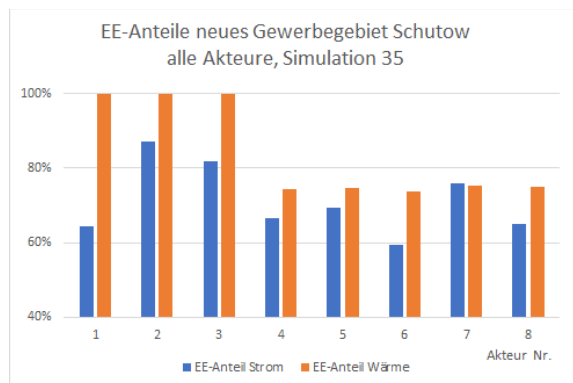


Abbildung 11.2: Varianten 25-36, EE-Anteile Strom und Wärme (EH40)

12 Anhang 2

Ergebnisse der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH55

Tabelle 12-1: Varianten 13-24, EE-Anteile Strom und Wärme (EH55)

Variante 13 8WP/0FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	60.6%	80.1%
Sportfachmarkt	71.3%	83.4%
Lagergebäude	72.3%	81.8%
Produz. Gewerbe	67.4%	82.9%
Handel mit Werkstatt	75.4%	84.6%
Logistikunternehmen	83.4%	86.2%
Bürogebäude	63.1%	82.4%
Metallverarb. Betrieb	64.1%	83.2%
Gewerbegebiet ges.	67.3%	82.8%

Variante 14 5WP/3FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	63.4%	100.0%
Sportfachmarkt	72.3%	100.0%
Lagergebäude	74.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	67.4%	82.9%
Handel mit Werkstatt	75.4%	84.6%
Logistikunternehmen	83.4%	86.2%
Bürogebäude	63.1%	82.4%
Metallverarb. Betrieb	64.1%	83.2%
Gewerbegebiet ges.	68.7%	90.1%

Variante 15 0WP/8FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	63.4%	100.0%
Sportfachmarkt	72.3%	100.0%
Lagergebäude	74.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	72.5%	100.0%
Handel mit Werkstatt	80.8%	100.0%
Logistikunternehmen	89.0%	100.0%
Bürogebäude	69.6%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	67.3%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	70.8%	100.0%

Variante 16 8WP/0FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	71.2%	81.3%
Sportfachmarkt	95.4%	90.9%
Lagergebäude	88.6%	85.6%
Produz. Gewerbe	74.1%	83.5%
Handel mit Werkstatt	82.3%	85.7%
Logistikunternehmen	85.7%	86.8%
Bürogebäude	81.7%	84.3%
Metallverarb. Betrieb	72.7%	84.2%
Gewerbegebiet ges.	77.8%	84.3%

Variante 17 5WP/3FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	73.8%	100.0%
Sportfachmarkt	96.2%	100.0%
Lagergebäude	90.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	74.1%	83.5%
Handel mit Werkstatt	82.3%	85.7%
Logistikunternehmen	85.7%	86.8%
Bürogebäude	81.7%	84.3%
Metallverarb. Betrieb	72.7%	84.2%
Gewerbegebiet ges.	79.1%	90.8%

Variante 18 0WP/8FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	73.8%	100.0%
Sportfachmarkt	96.2%	100.0%
Lagergebäude	90.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	78.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	87.4%	100.0%
Logistikunternehmen	91.4%	100.0%
Bürogebäude	87.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	75.9%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	81.3%	100.0%

Variante 19 8WP/0FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	51.6%	74.6%
Sportfachmarkt	57.8%	75.5%
Lagergebäude	60.4%	73.5%
Produz. Gewerbe	58.9%	74.0%
Handel mit Werkstatt	61.6%	74.5%
Logistikunternehmen	57.0%	73.4%
Bürogebäude	55.6%	74.7%
Metallverarb. Betrieb	56.0%	74.7%
Gewerbegebiet ges.	55.6%	74.3%

Variante 20 5WP/3FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	58.9%	74.0%
Handel mit Werkstatt	61.6%	74.5%
Logistikunternehmen	57.0%	73.4%
Bürogebäude	55.6%	74.7%
Metallverarb. Betrieb	56.0%	74.7%
Gewerbegebiet ges.	56.6%	84.0%

Variante 21 0WP/8FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	62.3%	100.0%
Handel mit Werkstatt	65.1%	100.0%
Logistikunternehmen	59.4%	100.0%
Bürogebäude	60.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	58.1%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	57.9%	100.0%

Variante 22 8WP/0FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	62.7%	74.6%
Sportfachmarkt	86.7%	75.5%
Lagergebäude	80.3%	73.5%
Produz. Gewerbe	65.7%	74.0%
Handel mit Werkstatt	68.6%	74.5%
Logistikunternehmen	58.9%	73.4%
Bürogebäude	75.0%	74.7%
Metallverarb. Betrieb	64.5%	74.7%
Gewerbegebiet ges.	66.8%	74.3%

Variante 23 5WP/3FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	65.7%	74.0%
Handel mit Werkstatt	68.6%	74.5%
Logistikunternehmen	58.9%	73.4%
Bürogebäude	75.0%	74.7%
Metallverarb. Betrieb	64.5%	74.7%
Gewerbegebiet ges.	67.7%	84.0%

Variante 24 0WP/8FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	68.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	71.6%	100.0%
Logistikunternehmen	61.1%	100.0%
Bürogebäude	78.7%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	66.5%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	68.9%	100.0%

Ergebnisse der Simulationen mit Gebäuden der Energieeffizienzklasse EH40

Tabelle 12-2: Varianten 25-36, EE-Anteile Strom und Wärme (EH40)

Variante 25 8WP/0FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 26 5WP/3FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	61.3%	80.6%	Einrichtungshaus	63.4%	100.0%
Sportfachmarkt	71.3%	83.4%	Sportfachmarkt	72.3%	100.0%
Lagergebäude	73.0%	82.4%	Lagergebäude	74.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	68.6%	83.9%	Produz. Gewerbe	68.6%	83.9%
Handel mit Werkstatt	76.8%	85.5%	Handel mit Werkstatt	76.8%	85.5%
Logistikunternehmen	84.8%	87.2%	Logistikunternehmen	84.8%	87.2%
Bürogebäude	64.6%	83.6%	Bürogebäude	64.6%	83.6%
Metallverarb. Betrieb	64.9%	83.9%	Metallverarb. Betrieb	64.9%	83.9%
Gewerbegebiet ges.	68.1%	83.6%	Gewerbegebiet ges.	69.2%	90.8%

Variante 27 0WP/8FW_mBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 28 8WP/0FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	63.4%	100.0%	Einrichtungshaus	71.8%	82.0%
Sportfachmarkt	72.3%	100.0%	Sportfachmarkt	95.4%	90.9%
Lagergebäude	74.9%	100.0%	Lagergebäude	89.2%	86.2%
Produz. Gewerbe	72.5%	100.0%	Produz. Gewerbe	75.3%	84.5%
Handel mit Werkstatt	80.8%	100.0%	Handel mit Werkstatt	83.6%	86.6%
Logistikunternehmen	89.0%	100.0%	Logistikunternehmen	87.0%	87.9%
Bürogebäude	69.6%	100.0%	Bürogebäude	82.9%	85.4%
Metallverarb. Betrieb	67.3%	100.0%	Metallverarb. Betrieb	73.5%	84.8%
Gewerbegebiet ges.	70.8%	100.0%	Gewerbegebiet ges.	78.6%	85.3%

Variante 29 5WP/3FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %	Variante 30 0WP/8FW_mBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	73.8%	100.0%	Einrichtungshaus	73.8%	100.0%
Sportfachmarkt	96.2%	100.0%	Sportfachmarkt	96.2%	100.0%
Lagergebäude	90.9%	100.0%	Lagergebäude	90.9%	100.0%
Produz. Gewerbe	75.3%	84.5%	Produz. Gewerbe	78.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	83.6%	86.6%	Handel mit Werkstatt	87.4%	100.0%
Logistikunternehmen	87.0%	87.9%	Logistikunternehmen	91.4%	100.0%
Bürogebäude	82.9%	85.4%	Bürogebäude	87.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	73.5%	84.8%	Metallverarb. Betrieb	75.9%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	79.6%	91.5%	Gewerbegebiet ges.	81.3%	100.0%

Variante 31 8WP/0FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	52.1%	74.9%
Sportfachmarkt	57.8%	75.5%
Lagergebäude	60.9%	73.8%
Produz. Gewerbe	59.8%	74.4%
Handel mit Werkstatt	62.5%	74.8%
Logistikunternehmen	57.6%	73.7%
Bürogebäude	56.7%	75.2%
Metallverarb. Betrieb	56.5%	75.0%
Gewerbegebiet ges.	56.2%	74.6%

Variante 32 5WP/3FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	59.8%	74.4%
Handel mit Werkstatt	62.5%	74.8%
Logistikunternehmen	57.6%	73.7%
Bürogebäude	56.7%	75.2%
Metallverarb. Betrieb	56.5%	75.0%
Gewerbegebiet ges.	56.9%	84.4%

Variante 33 0WP/8FW_oBatt_LSPV Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	53.6%	100.0%
Sportfachmarkt	58.4%	100.0%
Lagergebäude	62.2%	100.0%
Produz. Gewerbe	62.3%	100.0%
Handel mit Werkstatt	65.1%	100.0%
Logistikunternehmen	59.4%	100.0%
Bürogebäude	60.1%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	58.1%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	57.9%	100.0%

Variante 34 8WP/0FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	63.1%	74.9%
Sportfachmarkt	86.7%	75.5%
Lagergebäude	80.7%	73.8%
Produz. Gewerbe	66.5%	74.4%
Handel mit Werkstatt	69.3%	74.8%
Logistikunternehmen	59.5%	73.7%
Bürogebäude	75.9%	75.2%
Metallverarb. Betrieb	65.0%	75.0%
Gewerbegebiet ges.	67.3%	74.6%

Variante 35 5WP/3FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	66.5%	74.4%
Handel mit Werkstatt	69.3%	74.8%
Logistikunternehmen	59.5%	73.7%
Bürogebäude	75.9%	75.2%
Metallverarb. Betrieb	65.0%	75.0%
Gewerbegebiet ges.	68.0%	84.4%

Variante 36 0WP/8FW_oBatt_LSGS Akteur	EE-Anteil Strom %	EE-Anteil Wärme %
Einrichtungshaus	64.5%	100.0%
Sportfachmarkt	87.1%	100.0%
Lagergebäude	81.7%	100.0%
Produz. Gewerbe	68.9%	100.0%
Handel mit Werkstatt	71.6%	100.0%
Logistikunternehmen	61.1%	100.0%
Bürogebäude	78.7%	100.0%
Metallverarb. Betrieb	66.5%	100.0%
Gewerbegebiet ges.	68.9%	100.0%

13 Anhang 3

Ergebnisse der Minimalkonfiguration mit 50% EE-Anteil Strom, Varianten 4, 5 und 6 mit Gebäuden nach der Energieeffizienzklasse EH55.

Variante 4 ohne Batteriespeicher, Wärmeversorgung mit Fernwärme für den Handel und Wärmepumpen für das gemischte Areal, Ladesäulen mit 100% Ökostrom.

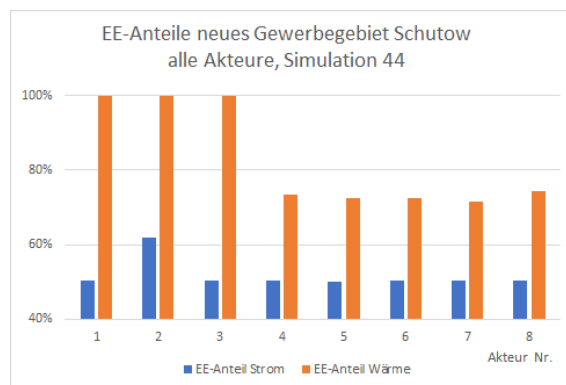


Abbildung 13.1: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 44

Tabelle 13-1: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 44

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	2,700	0	200	680	400	2,080	360	1,080	7,500
PV_peak	kW	338	0	25	85	50	260	45	135	938
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.3%	62.0%	50.5%	50.5%	50.2%	50.3%	50.3%	50.4%	51.0%
EE-Anteil Wärme	%	100%	100%	100%	73.3%	72.6%	72.5%	71.4%	74.3%	83.2%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
57.0%	536	1003	107	32	487	839

Variante 5 ohne Batteriespeicher, Wärmepumpen für alle Akteure, Ladesäulen mit 100% Ökostrom.

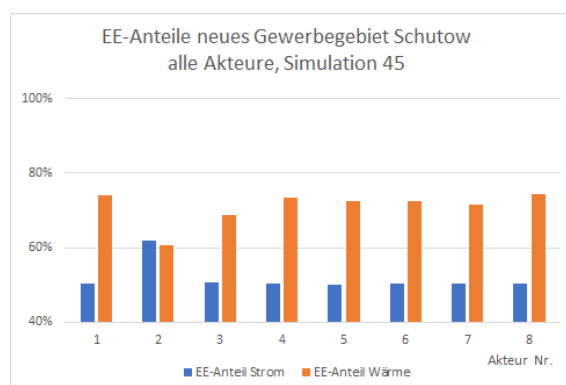


Abbildung 13.2: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 45

Tabelle 13-2: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 45

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	2,960	0	240	680	400	2,080	360	1,080	7,800
PV_peak	kW	370	0	30	85	50	260	45	135	975
Batteriekapazität	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.5%	62.0%	50.7%	50.5%	50.2%	50.3%	50.3%	50.4%	51.1%
EE-Anteil Wärme	%	74.1%	60.7%	68.8%	73.3%	72.6%	72.5%	71.4%	74.3%	72.1%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
55.0%	556	1051	175	51	487	873

Variante 6 mit Batteriespeichern, deren Kapazitäten an die Größe der PV-Anlagen gekoppelt sind, mit Wärmepumpen für alle Akteure, Ladesäulen mit 100% Ökostrom. Dimensionierung der Batteriespeicher ungefähr 1/2000 (oder 0.05%) der jährlichen PV-Produktion (vereinfachte Rechnung: Peak-Leistung_PV / 2).

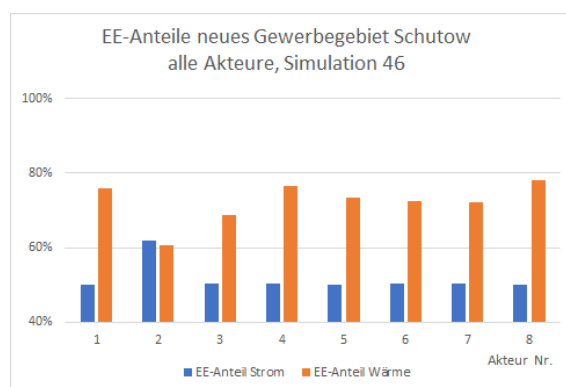


Abbildung 13.3: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 46

Tabelle 13-3: Min. 50% EE-Anteil Strom, Simulation 46

Akteur		1	2	3	4	5	6	7	8	Summe
PV_Fläche	m ²	2,480	0	220	580	340	1,200	340	920	6,080
PV_peak	kW	310	0	28	73	43	150	43	115	760
Batteriekapazität	kWh	155	0	14	36	21	75	21	58	380
Ladestationen	MWh/a	125.6	125.6	94.2	15.7	15.7	15.7	62.8	31.4	486.7
EE-Anteil Strom	%	50.0%	62.0%	50.3%	50.5%	50.0%	50.2%	50.4%	50.1%	50.8%
EE-Anteil Wärme	%	75.8%	60.7%	68.8%	76.7%	73.4%	72.5%	72.2%	78.1%	73.4%

EE-ges %	EE PV direkt MWh/a	Netzstrom MWh/a	Bedarf WP MWh/a	PV in WP MWh/a	Strom LS (*) MWh/a	Prod. PV MWh/a
55.0%	557	1050	175	57	487	680