

Erstprüfer:

Prof. Dr. Thomas Schomerus  
Professur für Öffentliches Recht, insbes. Energie- und Umweltrecht

Zweitprüfer:

Dr. Thomas Greve (extern)  
Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH

**Aufdach-Photovoltaik und Energy Sharing in Gewerbegebieten:**  
Eine Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf

---

*Rooftop photovoltaics and energy sharing in industrial areas:  
A case study of the Allermöhe industrial area in the Hamburg district of Bergedorf*

*Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science“  
im Studiengang Sustainability Science/Nachhaltigkeitswissenschaft*

## **Abstract**

Für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Deutschland ist ein zunehmender Ausbau der Photovoltaik (PV) in den kommenden Jahren notwendig und treibt den Wandel von einem ehemals hierarchisch zu einem dezentral organisierten Energiesystem voran. Dächer in Gewerbegebieten weisen hierfür große Flächenpotenziale auf, welche bisher nur geringfügig genutzt sind. Daneben hat das Thema Energy Sharing (ES) in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und könnte theoretisch den Ausbau von Erneuerbaren Energien anreizen. Basierend auf der *Behavioral Theory of the Firm* (BTF) und dem Konzept der Industriellen Symbiose (IS) wurde innerhalb der vorliegenden Masterarbeit betrachtet, *weshalb viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt bleiben (FF1), ob ES das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen kann, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden (FF2) und wie Institutionen positiv auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen können (FF3)*. Die Forschungsfragen wurden im Rahmen des KLIMAready-Projekts anhand einer praxisorientierten Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf in Kombination mit begleitenden Expert:inneninterviews untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Faktoren hinderlich auf die Installation von PV bei Unternehmen wirken und die Dimensionierung von Anlagen maßgeblich von wirtschaftlichen und rechtlichen Faktoren abhängt. Grundlegend kann ES hier Anreize liefern, mehr oder größere PV-Anlagen zu errichten, wobei dieser Effekt in der Praxis wahrscheinlich begrenzt bleiben wird. Zudem zeigt das KLIMAready-Projekt, wie Unternehmenskooperationen im Energiebereich erfolgreich angestoßen werden können. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass mit der Transformation des Energiesystems in den nächsten Jahren große Herausforderungen einhergehen, die nur bewältigt werden können, wenn technische und sozio-ökonomische Faktoren miteinbezogen werden und gemeinschaftlich gehandelt wird.

*Schlagwörter: Aufdach-Photovoltaik; Energy Sharing; Gewerbegebiete; Behavioral Theory of the Firm; Industrielle Symbiose; Fallstudie*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung – Dachflächen in Gewerbegebieten: Ungenutztes Potenzial für die Energiewende .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Hintergründe .....</b>	<b>3</b>
2.1 Photovoltaik in Deutschland .....	3
2.2 Energy Sharing in Deutschland .....	11
2.3 Informationen zur praxisorientierten Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe im Rahmen des KLIMAready-Projekts .....	17
<b>3. Theoretisches Argument und Literaturübersicht.....</b>	<b>21</b>
3.1 Theoretisches Argument und Herleitung der übergeordneten Forschungsfragen .....	21
3.1.1 Die <i>Behavioral Theory of the Firm</i> zur Erklärung von Unternehmensverhalten .....	21
3.1.2 Das Konzept der Industriellen Symbiose als Ansatz für überbetrieblichen Energieaustausch .....	25
3.1.3 Theoretische Erwartung und Forschungsfragen zum Verhalten von Unternehmen bezüglich Aufdach-Photovoltaik und Energy Sharing .....	29
3.2 Literaturübersicht.....	34
<b>4. Forschungsdesign und Methodik .....</b>	<b>38</b>
4.1 Forschungsdesign: Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf mit begleitenden Expert:inneninterviews .....	38
4.2 Fallstudien-spezifische Methoden.....	41
4.2.1 Stakeholder- und Gebietsanalyse .....	42
4.2.2 Photovoltaikanalyse .....	44
4.2.3 Umfrageformate .....	45
4.3 Expert:inneninterviews .....	46
<b>5. Darstellung und Interpretation der Einzelergebnisse .....</b>	<b>49</b>
5.1 Fallstudien-spezifische Methoden.....	49
5.1.1 Stakeholder- und Gebietsanalyse .....	49
5.1.2 Photovoltaikanalyse .....	53
5.1.3 Umfrageformate .....	56
5.2 Expert:inneninterviews .....	57
5.2.1 Themenschwerpunkt Photovoltaik (Nr. 1-3).....	58
5.2.2 Themenschwerpunkt Energy Sharing (Nr. 4-8) .....	63
<b>6. Diskussion der Gesamtergebnisse.....</b>	<b>71</b>
6.1 Die Ergebnisse im Rahmen der <i>Behavioral Theory of the Firm</i> und dem Konzept der Industriellen Symbiose .....	71
6.2 Diskussion und Beantwortung der übergeordneten Forschungsfragen .....	73
6.3 Was bedeuten die Ergebnisse für das Gewerbegebiet Allermöhe? .....	78
6.4 Systemische Perspektiven auf die Energiewende .....	79
6.5 Limitationen der Masterarbeit und Forschungsausblick.....	81
<b>7. Fazit – Photovoltaik und Energy Sharing als Teil der Transformation des Energiesystems .....</b>	<b>85</b>
Literaturverzeichnis.....	87
Rechtsquellenverzeichnis.....	98
Anhang .....	IV

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Historischer Zubau der Photovoltaikleistung in Deutschland sowie festgelegter Ausbaupfad aus dem EEG 2023.....	3
Abbildung 2: Entwicklung der EEG-Fördersätze für Photovoltaikanlagen .....	8
Abbildung 3: Übersicht möglicher rechtlicher Umsetzungsformen von Energy Sharing .....	16
Abbildung 4: Logo und Struktur des Clusters Erneuerbare Energien Hamburg .....	17
Abbildung 5: Übersicht der im KLIMAreedy-Projekt beteiligten Hamburger Clusterorganisationen inklusive offiziellem Projektlogo.....	18
Abbildung 6: Schematische Darstellung der vier Schritte der Maßnahmenentwicklung innerhalb einer Clusterbrücke im KLIMAreedy-Projekt .....	19
Abbildung 7: Luftbild des Gewerbegebiets Allermöhe .....	20
Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung der Beziehung zwischen den grundlegenden, theoretischen Ansätzen und der daraus abgeleiteten zentralen Konzepte der Behavioral Theory of the Firm .....	23
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Schritte zur Etablierung einer Industriellen Symbiose zwischen Unternehmen .....	28
Abbildung 10: Schematische Darstellung der theoretischen Erwartungen und der Relation zu den Forschungsfragen .....	33
Abbildung 11: Schematische Darstellung des Aufbaus der Masterarbeit nach der Struktur des Hourglass-Modells .....	38
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Forschungsfragen in Kombination mit den angewendeten Methoden und den vier Schritten der Maßnahmenentwicklung aus dem KLIMAreedy-Projekt..	41
Abbildung 13: Darstellung der Beziehung aller wichtiger Stakeholder und Akteur:innen, die im Rahmen vom KLIMAreedy-Projekt im Gewerbegebiet Allermöhe eine Relevanz haben .....	50
Abbildung 14: Potenziell nutzbare Dachflächen für Photovoltaik im Gewerbegebiet Allermöhe .....	55
Abbildung 15: Vorhandene und geplante Aufdach-Photovoltaikanlagen im Gewerbegebiet Allermöhe .....	55

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der Fördersätze für Aufdach-Photovoltaikanlagen bei Inbetriebnahme zwischen dem 1. Februar 2025 und 31. Juli 2025.....	8
Tabelle 2: Übersicht förderlicher und hinderlicher Faktoren für die Etablierung Industrieller Symbiosen. ....	27
Tabelle 3: Übersicht kontaktierter Akteur:innen/Institutionen im Rahmen der Stakeholder- und Gebietsanalyse. ....	42
Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten Expert:inneninterviews .....	47
Tabelle 5: Übersicht der Daten zur Unternehmensstruktur im Gewerbegebiet Allermöhe. ....	51
Tabelle 6: Ermittelte Photovoltaik-Potenziale und IST-Werte für das Gewerbegebiet Allermöhe.....	53
Tabelle 7: Übersicht in den Expert:inneninterviews genannter förderlicher und hinderlicher Faktoren für die Installation von Photovoltaik bei Unternehmen. ....	60

---

**Abkürzungsverzeichnis**

AP	Arbeitspaket
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BTF	Behavioral Theory of the Firm
EDA	Energiewirtschaftlicher Datenaustausch
EE	Erneuerbare Energien
EEHH	Cluster Erneuerbare Energien
ES	Energy Sharing
EU	Europäische Union
FF	Forschungsfrage(n)
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
IS	Industrielle Symbiose
K	Kategorie
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
LIHH	Logistik-Initiative Hamburg
MaStR	Marktstammdatenregister
PPA	Power Purchasing Agreement
PV	Photovoltaik
UNA	Unternehmensnetzwerk Allermöhe
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.

## **1. Einleitung – Dachflächen in Gewerbegebieten: Ungenutztes Potenzial für die Energiewende**

Die Klimakrise bleibt weiterhin eines der zentralen globalen Probleme im 21. Jahrhundert und ist dabei, sich zu beschleunigen. Im Jahr 2024 lag die durchschnittliche Erderwärmung erstmals über der im Pariser Klimaschutzabkommen definierten 1,5 Grad Grenze (Copernicus Climate Change Service, 2025). In Deutschland ist die Mitteltemperatur seit 1881 sogar bereits um 2,5 Grad angestiegen (Deutscher Wetterdienst, 2025, S. 18). Um den Folgen der Klimakrise entgegenzuwirken, hat die deutsche Bundesregierung mit der Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) im Jahr 2022 das Ziel der Klimaneutralität für das Jahr 2045 festgeschrieben. Entscheidend hierfür ist vor allem die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende, bei welcher der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) eine Schlüsselposition einnimmt. Insbesondere im Hinblick auf eine zukünftige Elektrifizierung weiterer Energiesektoren muss der Ausbau der regenerativen Stromerzeugung in den kommenden Jahren beschleunigt und ausgeweitet werden (Agora Think Tanks et al., 2024, S. 14).

Zur Förderung der EE wurden von der ehemaligen Ampel-Koalition in den letzten Jahren umfangreiche Maßnahmen umgesetzt (u. a. WindBG und Solarpaket I) und auch die neue Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag angekündigt, an den Klimaschutz- und Ausbauzielen festzuhalten (CDU & SPD, 2025, S. 28ff.). Vor allem im Solarbereich ist in den letzten Jahren zu erkennen, dass die Anzahl neuer Erzeugungsanlagen stark angestiegen ist. So konnte das Ausbauziel für die Photovoltaik (PV) aus dem § 4 Nr 3. EEG 2023 für das Jahr 2024 bereits ein halbes Jahr früher als geplant erreicht werden (NDR, 2024). Allerdings ist gesetzlich eine weitere Steigerung des jährlichen Zubaus vorgesehen. Mit dem starken Ausbau der PV gehen gleichzeitig Flächennutzungskonflikte, vor allem bei Freiflächen-PV-Anlagen, einher. Zur Verringerung negativer ökologischer Auswirkungen wird daher die Doppelnutzung von bereits genutzten Flächen, etwa in Form der Agri-PV, Parkplatz-PV oder Aufdach-PV, vielfach diskutiert und teilweise in bestehendem Recht verankert (Rahman et al., 2022, S. 3ff., 24; § 16 Hmb-KliSchG). Trotz des beschleunigten Ausbaus im Solarbereich bleiben weiterhin viele Potenziale ungenutzt. Unter anderem in Gewerbe- und Industriegebieten ist zu erkennen, dass die vorhandenen Dachflächen nur wenig mit PV-Anlagen ausgestattet sind (GARBE, 2023). Da Gewerbeimmobilien zu meist große Dachflächen aufweisen und sich der Anteil dieser Nutzungsart auf 18,7 % der Siedlungsfläche in Deutschland erstreckt (DESTATIS, 2024), ergeben sich hohe Potenziale zur Doppelnutzung dieser bereits versiegelten Flächen.

Mit dem zunehmenden Ausbau der EE geht außerdem ein Wandel von einem ehemals hierarchisch zu einem dezentral organisierten Energiesystem einher. Anstatt weniger Großkraftwerke, die in den Hochspannungsebenen agieren, wird es zunehmend viele kleine Erzeugungseinheiten geben (u. a. Aufdach-PV-Anlagen), die in den unteren Spannungsebenen angeschlossen sind (dena, 2023, S. 10). Im Rahmen dieser Entwicklungen hat über die letzten Jahre das Thema Energy Sharing (ES) zunehmend an Interesse gewonnen. ES ist ein Konzept, bei welchem nicht-kommerzielle Erzeugende Energie mit

Verbrauchenden teilen können, unabhängig von herkömmlichen Marktakteur:innen (FFE, 2024, S. 10). Im Jahr 2018 hat die Europäische Union (EU), im Rahmen der RED II- und EMD-Richtlinie, die rechtlichen Grundlagen für ES geschaffen und das Thema auf die politische Agenda gesetzt. Im Vergleich zu anderen Mitgliedstaaten hat Deutschland diese Regelungen bisher jedoch nicht umgesetzt. Daher gab es in den vergangenen Jahren zunehmend Forderungen für die Ermöglichung von ES in Deutschland. Im November 2024 wurde schließlich ein Gesetzesentwurf (EnWG-Novelle 2024/11) vom damaligen Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) veröffentlicht. Aufgrund des Koalitionsbruchs der Ampelregierung wurde dieser jedoch nicht mehr verabschiedet. Die Hauptargumente ES zu ermöglichen sind, Teilhabemöglichkeiten für die Bevölkerung an der Energiewende zu schaffen, mögliche weitere Anreize für den EE-Ausbau zu generieren und durch einen möglichen Anstieg des lokalen Verbrauchs netzentlastende Effekte anzuregen (Ritter et al., 2023, S. 33).

Beim zweiten Argument stellt sich in Kombination mit der geringen Nutzung von Gewerbedächern die Frage, inwieweit ES auf den Ausbau der Aufdach-PV in Gewerbegebieten wirken kann. Zur Untersuchung dieses Erkenntnisinteresses wurden in der Masterarbeit drei übergeordnete Forschungsfragen (FF) formuliert. Durch die FF1, *weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt*, wird ermittelt, welche Faktoren die Installation von PV auf Gewerbedächern maßgeblich beeinflussen. Daran schließt die FF2, *kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden*, an, innerhalb die konkrete Anreizwirkung von ES auf Unternehmen betrachtet wird. Die Masterarbeit wurde in der Funktion als Werkstudierender beim Cluster Erneuerbare Energien Hamburg (EEHH) im Rahmen des vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) geförderten Klimaschutzprojekts KLIMAreedy geschrieben. In diesem wurde ein Prozess zur unternehmensübergreifenden Energietransformation des Gewerbegebiets Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf angestoßen. Durch die FF3, *wie können Institutionen positiv auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen*, wurde eine kritische Begleitung des Vorgehens im KLIMAreedy-Projekt miteinbezogen.

Der Aufbau der Masterarbeit ist folgender: In Kapitel 2 werden die relevanten Hintergründe zu den Themen PV und ES in Deutschland sowie zur praxisorientierten Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe im Rahmen des KLIMAreedy-Projekts dargestellt. Darauf folgt im dritten Kapitel ein auf der *Behavioral Theory of the Firm* und dem Konzept der Industriellen Symbiose basierendes theoretisches Argument zum Unternehmensverhalten bezüglich PV und ES. Zudem werden die FF begründet hergeleitet und durch eine Literaturübersicht ergänzt. Im Kapitel 4 werden das Forschungsdesign als Fallstudie mit begleitenden Expert:inneninterviews sowie die angewendeten Methoden dargestellt und erklärt. Kapitel 5 enthält die Darstellung und Interpretation der Einzelergebnisse der verschiedenen angewendeten Methoden. Schließlich liefert Kapitel 6 eine umfassende Diskussion der Ergebnisse inklusive der Beantwortung der FF und Kapitel 7 eine Zusammenfassung in Form eines Fazits.

## 2. Hintergründe

Dieses Kapitel dient dazu, die für das in der Einleitung skizzierte Vorgehen relevanten Hintergründe darzustellen. Daher wird zunächst die Entwicklung der PV in Deutschland betrachtet und die rechtlichen Rahmenbedingungen zusammengefasst. Anschließend folgt eine Übersicht zu ES im deutsch-europäischen Kontext. Zuletzt werden die relevanten Hintergründe zur praxisorientierten Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe im Rahmen des KLIMAreedy-Projekts aufgezeigt.

### 2.1 Photovoltaik in Deutschland

Obwohl die erste PV-Zelle bereits 1877 entwickelt wurde und sich die Technik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert in der Raumfahrt etablierte (Marques Lameirinhas et al., 2022, S. 1f.), verbreitete sich die zivile Nutzung der PV in Deutschland maßgeblich erst seit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000. Das Gesetz hat noch heute zum Ziel, die Energiewende in Deutschland voranzutreiben, und setzte damals erstmals finanzielle Anreize, die einen wirtschaftlichen Betrieb von PV-Anlagen ermöglichten (Wirth, 2025, S. 7). Heutzutage sind in Deutschland über 4,8 Millionen PV-Anlagen in Betrieb und vereinen damit eine Leistung von circa 100 GWp. Im Jahr 2024 konnten sie mit einer Stromerzeugung von 72,2 TWh rund 14 % des Stromverbrauchs decken (Wirth, 2025, S. 5f.). Vor allem in den letzten Jahren ist ein enormer Anstieg im Zubau der PV-Leistung zu beobachten, der zum Teil die Ziele aus dem EEG 2023<sup>1</sup> übertraf. Allerdings wird für die Transformation des Energiesystems und für die Vorgaben aus dem EEG 2023 ein weiterer Anstieg des Ausbaus benötigt. Bis zum Jahr 2040 soll so mit über 400 GWp das Vierfache der heutigen installierten Leistung am Netz sein, wobei diese hälftig auf Freiflächenanlagen und sonstige Anlagen (v. a. Dachflächen) verteilt werden soll (§ 4 Nr. 3 EEG 2023; s. Abbildung 1).

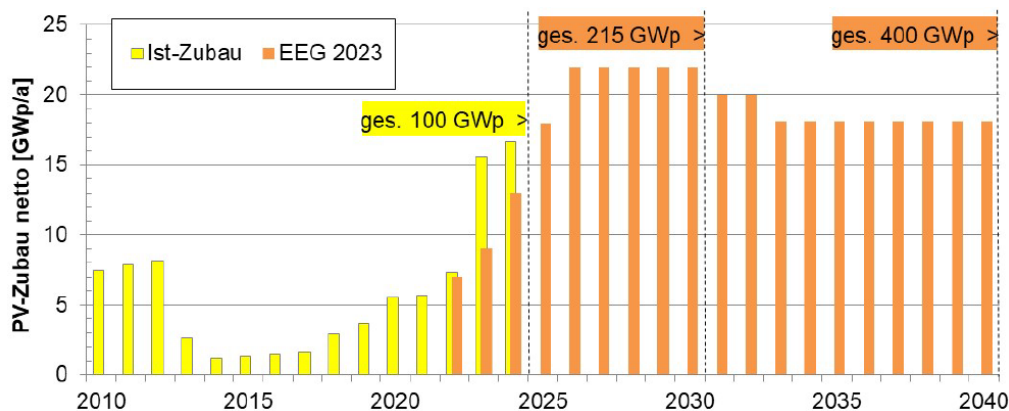


Abbildung 1: Historischer Zubau der Photovoltaikleistung in Deutschland sowie festgelegter Ausbaupfad aus dem EEG 2023 (Quelle: Wirth 2025).

Jedoch ist die bloße Steigerung der Erzeugungskapazitäten nicht ausreichend, um die Ziele der Energiewende zu erreichen. Da die Höhe der Stromerzeugung durch PV abhängig von dem Tagesverlauf

<sup>1</sup> EEG 2023 bezieht sich auf die aktuell geltende Version des EEG. Wird sich auf grundlegende EEG-Mechanismen oder das ursprüngliche Gesetz bezogen, wird die Abkürzung EEG genutzt.

und Wetter ist, bedarf es einem starken Ausbau von Energiespeichern, um Erzeugungsspitzen abzufedern und den Strom in Zeiten geringer Erzeugung zu verschieben. Zusätzlich müssen die Stromnetze an den Ausbau der EE angepasst und weiterentwickelt werden, damit der Strom seinen Weg von den Erzeugenden zu den Verbrauchenden finden kann (Schmidt et al., 2024, S. 513ff.).

Die Kosten der PV-Technologie haben sich durch die vermehrte Anwendung und Skaleneffekte rasant entwickelt. So sind die Preise für PV-Module über die letzten 15 Jahre um mehr als 90 % gesunken und machen nur noch rund ein Drittel der Anschaffungskosten aus. Die Preise für die gesamte Installation einer PV-Anlagen sind seit 2006 um mehr als 70 % gesunken (Wirth, 2025, S. 7ff.; s. Anhang 2). Zusätzlich hat sich die Effizienz der Module über die letzten Jahre stark erhöht (NREL, 2025) und durch technologische Fortschritte sind neue Anwendungsformen möglich geworden, wie beispielsweise bei der Dünnschicht-PV (Fraunhofer IMWS, o. J.). Durch eine Kombination dieser Entwicklungen können große PV-Anlagen im MW-Bereich mittlerweile zu Stromgestehungskosten von vier bis sieben ct/kWh und kleinere, private Anlagen zwischen sechs bis 14 ct/kWh Strom produzieren. Neuartige Braunkohlekraftwerke dagegen weisen Kosten in Höhe von 15 bis 26 ct/kWh auf, sodass PV-Strom insgesamt deutlich günstiger ist (Fraunhofer ISE, 2024b, S. 18f.). Bei momentan durchschnittlichen Strompreisen von 36,69 ct/kWh für Haushalte und 18,31 ct/kWh für Unternehmen (BDEW, 2025a) können sich die meisten PV-Anlagen in einem Zeitraum von zehn bis 15 Jahren amortisieren (KEAN, o. J.). Durch eine CO<sub>2</sub>-Intensität von etwa 30 bis 35 gCO<sub>2eq</sub>/kWh ist die PV-Technologie außerdem klimaschonend, was auch ein Vergleich mit dem deutschen Strommix aus dem Jahr 2023 mit 380 gCO<sub>2eq</sub>/kWh zeigt (Umweltbundesamt, 2024a, S. 8; Wirth, 2025, S. 46).

Kritische Aspekte der PV-Technologie sind hingegen bei den ökologischen Auswirkungen der Ressourcengewinnung, Produktion und Verwertung von PV-Modulen zu nennen (Tawalbeh et al., 2021, S. 2f.). Darüber hinaus werden volkswirtschaftliche Risiken durch Importabhängigkeiten diskutiert, da China circa 80 % der weltweiten PV-Komponenten produziert und nur wenig Wertschöpfung in Europa angesiedelt ist (Schmidt et al., 2024, S. 516; Wirth, 2025, S. 20). In diesem Zusammenhang werden auch menschenrechtswidrige Arbeitsbedingungen in den Exportländern kritisch betrachtet (Burcu & Jackson, 2025; ESMC, 2025).

### **Funktionsweisen, Anwendungsvarianten und Potenziale von Photovoltaik**

Bei der PV wird grundlegend zwischen verschiedenen Funktionsweisen als auch Anwendungsvarianten unterschieden. Bei den technischen Funktionsweisen beschreibt der Begriff Photovoltaik die weitverbreitetste Form, bei welcher durch den photoelektronischen Effekt Sonnenenergie in Strom umgewandelt wird. Daneben gibt es die Solarthermie, welche Sonnenenergie durch die Erhitzung einer Flüssigkeit direkt in nutzbare Wärme umwandelt. Außerdem stellt die Photovoltaik-Thermie eine Mischform der beiden ersteren Varianten dar. Hier wird Photovoltaik-Modulen eine Kühlstruktur hinzugefügt, sodass die Abwärme, die bei der Umwandlung der Sonnenenergie in Strom anfällt, genutzt werden kann und durch die Kühlung gleichzeitig die Effizienz der Module erhöht wird (Rullán Lemke et al., 2023, S.

7ff.). Schließlich gibt es zudem die *Concentrated Solar Power* (CSP), welche die eintreffende Sonnenstrahlung mittels Spiegeln auf einen einzigen Punkt konzentriert und durch die Erhitzung einer Flüssigkeit Dampfturbinen zur Erzeugung von Strom antreibt (Zhang et al., 2013, S. 467). Im Weiteren bezieht sich der Begriff PV ausschließlich auf die technische Funktionsweise der Photovoltaik.

Bei den Anwendungsvarianten von PV wird nach der Installationsart der Anlagen unterschieden. Im Gebäudebereich wird die Aufdach-PV, die Fassaden-PV und die integrierte PV genutzt (Rullán Lemke et al., 2023, S. 9f.). Während Aufdach- und Fassaden-PV auf/an bestehende Strukturen angebracht werden, erfüllt die integrierte PV eine Doppelfunktion, indem beispielsweise Dachziegel ersetzt werden (Biyik et al., 2017, S. 835). Auch die Agri-PV, als Kombination aus Landwirtschaft und PV, oder die Parkplatz-PV kann als integrierte PV ausgestaltet werden. Eine weitere zentrale Anwendungsvariante ist die Freiflächen-PV. Ebenso kommt zunehmend auch die Floating-PV auf Gewässern zum Einsatz (Rullán Lemke et al., 2023, S. 9f.). Aktuell stellt die Aufdach-PV mit circa zwei Drittel der installierten Kapazitäten mit Abstand die weitverbreitetste Anwendungsvariante dar (Bundesverband Solarwirtschaft e.V., 2025). Aufgrund des Fokus der Masterarbeit auf die Nutzung von vorhandenen Dachflächen in Gewerbegebieten für PV, wird sich im Folgenden auf die Aufdach-PV begrenzt. Hierunter wird die PV, welche auf einem bestehenden Dach nachträglich installiert wird, verstanden.

Bei der Aufdach-PV zeigen sich in Deutschland hohe Potenziale<sup>2</sup>. Laut Hartz et al. (2023) beläuft sich das technische PV-Potenzial aller Dachflächen in Deutschland auf 409 GWp, was alleinig die Ziele aus dem EEG 2023 erfüllen würde. Im Bereich der Gewerbegebiete beziffert GARBE (2023) das realisierbare Potenzial auf 36 GWp. Insgesamt ist jedoch zu sehen, dass bisher weniger als zehn Prozent der Gewerbedachflächen für PV genutzt und damit Potenziale für die Energiewende ausgelassen werden (Wirth, 2025, S. 32). Auch in Hamburg lässt sich dieser Trend erkennen. Das realisierbare PV-Potenzial aller Dachflächen zusammen beträgt circa 8,7 GWp. Hierbei entfallen 1,6 GWp auf Dachflächen von Gewerbe- und Industriegebäuden. Somit könnte die Aufdach-PV auf den Gewerbe- und Industriegebäuden allein rund zehn Prozent des jährlichen Bruttostromverbrauchs Hamburgs (ca. 11,0 TWh) decken (Rullán Lemke et al., 2023, S. 49, 56). Allerdings zeigt sich, dass Hamburg im länderweiten Vergleich den geringsten Ausbau der Aufdach-PV vorzuweisen hat und nur 2,1 % des technischen Potenzials genutzt sind (Hartz, 2023).

### **Rechtliche Rahmenbedingungen für Photovoltaik in Deutschland und dem Land Hamburg**

Grundlegend wird der Ausbau der PV in Deutschland über das EEG 2023 geregelt, wobei auch andere Gesetze, wie beispielsweise das EnWG oder MsbG, zu berücksichtigen sind. Zuletzt wurden durch das Solarpaket I im Frühjahr 2024 weitreichende Änderungen für die PV eingeführt. Zusätzlich werden auch im Landesrecht spezifische Rahmenbedingungen vorgegeben, wie es in Hamburg mit dem Hamburgischem Klimaschutzgesetz (HmbKliSchG) der Fall ist. Für die Masterarbeit zentrale rechtliche

---

<sup>2</sup> Bei Photovoltaikpotenzialen wird normalerweise zwischen theoretischem, technischem und realisierbarem Potenzial unterschieden (s. Abschnitt 4.2.2; Rullán Lemke et al., 2023, S. 28ff.).

Bereiche umfassen insbesondere die Vorgaben zu Fördersätzen, Anlagengrößen und Pflichten der Betreiber<sup>3</sup> sowie die daraus resultierende Optimierung der Anlagen und mögliche Betreibermodelle. Daneben regeln steuerliche und baurechtliche Vorgaben, Datenschutzaspekte beim Einsatz intelligenter Messsysteme, Netzanschlussverfahren und weitere energierechtliche Rahmenbedingungen Detailfragen der Umsetzung, welche nicht weiter ausgeführt werden (s. bspw. EEHH, 2024).

Um die Verbreitung von PV anzuregen, werden seit Beginn des EEG finanzielle Anreize durch Einspeisevergütungen und Marktprämien gezahlt (Wirth, 2025, S. 9f.). Dabei zahlt der Netzbetreiber pro ins Netz eingespeister kWh Strom einen auf 20 Jahre festgelegten Betrag an den Anlagenbetreiber und garantiert die Abnahme des erzeugten Stroms (§§ 11 Abs. 1, 25 Abs. 1 EEG 2023). Für ausgeförderte Anlagen bis 100 kW gelten anschließend gesonderte Vergütungsregelungen (§§ 3 Nr. 3a, 21 Abs. 1 S. 1 Nr. 4, 23b, 53 Abs. 4 EEG 2023).

Die Höhe der Fördersätze und der Vergütungsmechanismus unterscheiden sich hier in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Einspeiseart und des Zeitpunkts der Inbetriebnahme. Der grundlegende Unterschied zwischen Einspeisevergütung und Marktprämie ist dabei, dass erstere komplett von dem Netzbetreiber übernommen wird, während der Anlagenbetreiber bei der Marktprämie zunächst den Strom eigenständig an der Börse vermarkten muss (Direktvermarktung). Anschließend wird vom Netzbetreiber die Differenz des auf dem Strommarkt erzielten Preises zum sogenannten anzulegenden Wert als Marktprämie ausgezahlt. Liegt der an der Strombörse erzielte Preis über dem anzulegenden Wert, dann entfällt die Marktprämie und es kann ein höherer Preis erzielt werden (Bundesnetzagentur, o. J.). Ist der Strompreis an der Börse negativ, dann wird der anzulegende Wert auf null reduziert. Allerdings wird dafür der Vergütungszeitraum um die Anzahl der negativen Stunden verlängert („Solarspitzen-gesetz“; §§ 51, 51a EEG 2023). Die anzulegenden Werte werden im § 48 Abs. 2, 2a EEG 2023 festgelegt. Die Einspeisevergütung ergibt sich aus dem anzulegenden Wert minus einer Verringerung von 0,4 Cent pro kWh Strom (§ 53 Abs. 1 Nr. 2 EEG 2023). In beiden Fällen ist für den Anlagenbetreiber eine Vergütungshöhe pro kWh eingespeisten Strom gesichert, wobei sich der Anteil des Netzbetreibers unterscheidet und die Direktvermarktung mit einem Mehraufwand für den Anlagenbetreiber einhergeht (Bundesnetzagentur, o. J.).

Unter welche Art des Vergütungsmechanismus eine Anlage fällt, entscheidet sich nach der Anlagengröße: Anlagen unter 100 kW haben einen Anspruch auf die Einspeisevergütung, können aber auch freiwillig an der Direktvermarktung teilnehmen. Ab einer Leistung von 100 kW müssen die Anlagenbetreiber mit ihrer Anlage in die Direktvermarktung übergehen (§§ 20, 21 Abs. 1 Nr. 1 EEG 2023). Es besteht zusätzlich die Möglichkeit für Anlagen kleiner als 200 kW, freiwillig auf eine Förderung zu verzichten (unentgeltliche Abnahme), um beispielsweise den Direktvermarktungsaufwand bei nur kleinen

---

<sup>3</sup> Da in den offiziellen Gesetzestexten das generische Maskulinum verwendet wird, wird auch in der Masterarbeit bei rechtlichen Erklärungen und der Verwendung von Fachtermini aus Gründen der Kohärenz die maskuline Form genutzt. In allen anderen Fällen wird auf eine genderneutrale Sprache geachtet.

Überschussmengen zu vermeiden (§§ 21 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, 21c Abs. 1 EEG 2023)<sup>4</sup>. Ferner müssen PV-Anlagen ab 750 kW Leistung an der wettbewerblichen Ausschreibung teilnehmen und ein Gebot für den anzulegenden Wert abgeben, sofern sie eine Förderung erhalten möchten (§ 22 Abs. 3 S. 2 Nr. 1a EEG 2023). Hier gibt es Zuschläge für die niedrigsten Gebote, bis das festgelegte Leistungskontingent erreicht ist. Der anzulegende Wert für alle Anlagen ergibt sich dann aus dem Durchschnitt der Gebotswerte des jeweils höchsten noch bezuschlagten Gebots (§ 48 Abs. 1a EEG 2023). Anlagen, die keinen Zuschlag bekommen, können zwar dennoch Strom an der Börse direkt vermarkten, haben dann jedoch keinen Anspruch auf die Marktprämie und damit keine sichergestellte Mindestvergütung (§ 21a EEG 2023).

Neben der Relevanz der Anlagengröße für den Vergütungsmechanismus, gibt es außerdem Vergütungsschwellen, nach welchen die Fördersätze im EEG festgelegt sind. Es wird zwischen Anlagen die kleiner als 10 kW, 40 kW und 750 kW (Ausschreibungsgrenze) sind unterschieden. Ebenso unterscheiden sich die Vergütungssätze nach der Einspeiseart. Anlagen, die ihren gesamten Strom ins Netz einspeisen (Volleinspeisung), bekommen eine höhere Vergütung im Vergleich zu Anlagen, bei welchen ein Teil des Stroms selbst verbraucht und nur der Überschuss eingespeist wird (Überschusseinspeisung). Zusätzlich gelten bei der Volleinspeisung weitere Vergütungsschwellen bei 100 und 400 kW Leistung (§ 48 Abs. 2, 2a EEG 2023). Eine weitere Besonderheit ist der Mieterstromzuschlag, welcher zusätzlich als Sondervergütung gezahlt wird, wenn Strom im Bereich eines Wohngebäudes ohne die Nutzung des öffentlichen Netzes direkt verkauft wird (§ 48a EEG 2023; s. Unterkapitel 2.2). Die konkrete Höhe der einzelnen Fördersätze wird für PV-Anlagen in § 48 Abs. 1, 2, 2a und § 48a EEG 2023 in Kombination mit § 53 Abs. 1 Nr. 2 festgelegt. Zusätzlich wird im § 49 EEG 2023 eine halbjährliche Degression der Werte um ein Prozent definiert, welche seit dem 1. Februar 2024 greift.

Wird eine Anlage bis zum 31. Juli 2025 in Betrieb genommen, gelten aktuell die in der Tabelle 1 dargestellten Fördersätze, je nach Größe und Einspeiseart der Anlage. Bei der Berechnung der spezifischen Fördervergütung für eine Anlage wird stufenweise vorgegangen, sodass die Werte für die Vergütungsschwellen anteilig addiert werden (s. Tabelle 1).

Da zu Beginn des EEG die Kosten für PV-Anlagen vergleichsweise hoch waren, wurde die Netzeinspeisung ebenfalls höher vergütet, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Mit der Verbreitung der PV und sinkenden Preisen, sind die Vergütungssätze über die vergangenen Jahre abgesenkt worden (s. Abbildung 2; Umweltbundesamt, 2024b).

---

<sup>4</sup> Bis zum 31.12.2025 besteht diese Möglichkeit übergangsweise auch für Anlagen kleiner 400 kW (§ 100 Abs. 20 EEG 2023).

Tabelle 1: Übersicht der Fördersätze für Aufdach-Photovoltaikanlagen bei Inbetriebnahme zwischen dem 1. Februar 2025 und 31. Juli 2025, inklusive Rechenbeispielen für verschiedene Anlagenarten (eigene Darstellung nach Bundesnetzagentur, 2025).

Anmerkung: \* bei PV-Anlagen des zweiten Segments (u. a. Aufdach-PV) gelten die Werte bis zu einer Leistung von 750 kW (§ 22 Abs. 3 S. 2 Nr. 1a.).

Installierte Leistung (in kWp) bis	Einspeisevergütung (in ct/kWh)		Anzulegender Wert/Marktprämie (in ct/kWh)	
	Teileinspeisung	Volleinspeisung	Teileinspeisung	Volleinspeisung
10	7,94	12,60	8,34	13,00
40	6,88	10,56	7,28	10,96
100	5,62	10,56	6,02	10,96
400	-	-	6,02	9,12
1000*	-	-	6,02	7,86

Rechenbeispiele	
Berechnung der Einspeisevergütung für eine 60 kWp-Anlage mit Teileinspeisung	$= (10 \cdot 7,94 + 30 \cdot 6,88 + 20 \cdot 5,62) / 60 = 6,74 \text{ ct/kWh}$ eingespeistem Strom
Berechnung des anzulegenden Werts für eine 120 kWp-Anlage mit Volleinspeisung	$= (10 \cdot 13,00 + 30 \cdot 10,96 + 60 \cdot 10,96 + 20 \cdot 9,12) / 120 = 10,82 \text{ ct/kWh}$ eingespeistem Strom

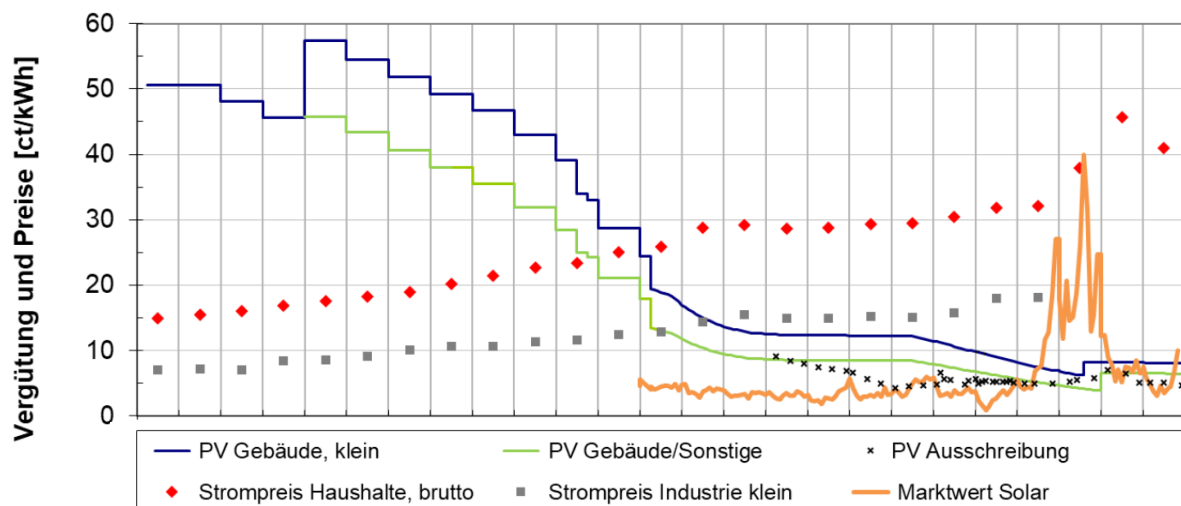


Abbildung 2: Entwicklung der EEG-Fördersätze für Photovoltaikanlagen nach den aktuellen Anlagenklassen „Gebäudeanlagen mit Überschusseinspeisung bis 10 kW“ und „Sonstige Anlagen bis 100 kW“ sowie der mittleren Vergütung in den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur und des Marktwerts Solarstrom sowie der Strompreise für Haushalte und kleine Industriebetriebe (Quelle: Wirth, 2025).

Auch die technischen Anforderungen richten sich nach den Anlagengrößen, wobei an dieser Stelle nur eine Auswahl aufgezählt wird. Ab einer Anlagenleistung von 25 kW muss gewährleistet werden, dass eine Fernsteuerung durch den Netzbetreiber möglich ist (§ 9 Abs. 2 Nr. 2 lit. a EEG 2023). Soll eine Anlage ab 25 kW Leistung an der Direktvermarktung teilnehmen, muss diese außerdem über eine Fernwirktechnik verfügen, welche die Kommunikation mit dem Direktvermarkter sicherstellt (§ 10b Abs. 1 Nr. 1 EEG 2023). Ab 100 kW muss außerdem eine Zählerstandsgangmessung oder eine viertelstündliche, registrierende Leistungsmessung vorgenommen und entsprechende Zähler installiert werden

(§ 55 MsbG Abs. 3). Daneben wird eine gesonderte Zertifizierung der PV-Anlage ab einer Einspeiseleistung von 270 kW oder einer installierten Leistung von 500 kW notwendig (§ 2 Abs. 4 NELEV). Zuletzt erhöhen sich die Anforderungen an den Netzanschluss im Niederspannungsbereich ab 135 kW und 270 kW, was durch Vorgaben des Verbands der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) geregelt ist und zusätzliche Absprachen mit dem Netzbetreiber erfordert (Anwendungsregel VDE-AR-N 4105). Ab 500 kW Leistung gelten dann die Vorgaben für den Mittel- und Hochspannungsbereich (Anwendungsregel VDE-AR-N 4100). Zusätzlich sind für die Errichtung von Aufdach-PV-Anlagen versicherungs- und brandschutzrechtliche Auflagen und Vorgaben zu berücksichtigen.

Neben den bundeseinheitlichen rechtlichen Regelungen schreibt das HmbKliSchG im § 16 seit dem 01. Januar 2024 eine Solar Gründachpflicht im Land Hamburg vor. Neubauten müssen ab einer Dachfläche von 50 m<sup>2</sup> mindestens 30 % der Bruttofläche mit PV-Modulen belegen. Bei Bestandsgebäuden greift die Pflicht erst bei Dachsanierungen. In diesem Fall müssen 30 % der Nettodachfläche ausgestattet werden (§ 16 Abs. 2, 3 HmbKliSchG). Zusätzlich wird vorgeschrieben, dass Dachflächen bis zu einer Neigung von zehn Grad ab dem 01. Januar 2027 begrünt werden müssen (§ 16 Abs. 4 HmbKliSchG). Ausnahmen sind für wirtschaftlich oder technisch ungeeignete Dachflächen vorgesehen (§ 16 Abs. 5 HmbKliSchG).

### **Planung und Optimierung von Photovoltaik-Anlagen**

In der Anfangszeit des EEG war die Volleinspeisung aufgrund hoher Vergütungssätze sehr lukrativ. Heutzutage führt die Anreizstruktur jedoch dazu, dass der Eigenverbrauch aufgrund der Differenz der Strombezugskosten zu den Erzeugungskosten<sup>5</sup> entscheidend für die Wirtschaftlichkeit geworden ist (Wirth, 2025, S. 18; Honsel, 2023). Der Eigenverbrauch ist die *„elektrische Energienachfrage des betrachteten Gebäudes innerhalb eines bestimmten Zeitraums ..., die durch den bereitgestellten PV-Strom gedeckt werden kann“* (EEHH, 2024, S. 4). Bei einer hohen Eigenverbrauchsquote wird demnach der Großteil des eigens erzeugten Stroms verbraucht. Der Autarkiegrad beschreibt außerdem, wie viel des verbrauchten Stroms durch die eigene Erzeugung abgedeckt werden kann (EEHH, 2024, S. 4f.).

Die Eigenverbrauchsquote kann durch zwei Mechanismen gesteigert und die PV-Anlage damit optimiert werden. Auf der Erzeugungsseite kann die Anlagengröße sowie Ausrichtung der PV-Module an den Eigenverbrauch angepasst werden. Hierfür ist das Lastprofil des Gebäudes entscheidend, welches den Stromverbrauch im Tagesverlauf darstellt. Während eine Süd-Ausrichtung der PV-Module die höchsten Gesamtstromerträge verspricht und eine hohe Erzeugung zur Mittagszeit aufweist, kann eine Ost-West-Ausrichtung helfen, die Erzeugung über den Tag zu strecken und in den Morgen- und Abendstunden zu erhöhen. Auch der Strahlungswinkel kann, zumindest bei Flachdächern, durch eine Aufständigung der Module beeinflusst und optimiert werden (Rullán Lemke et al., 2023, S. 12f.). Auf der Verbrauchsseite kann die Eigenverbrauchsquote gesteigert werden, in dem der Eigenverbrauch erhöht

---

<sup>5</sup> Siehe oben: Differenz = 18,31 ct/kWh (bisheriger, durchschnittlicher Industriestrompreis im Jahr 2025) – 6-14 ct/kWh (Erzeugungskosten kleiner PV-Anlagen).

wird. Hier gewinnt zunehmend die Sektorenkopplung, mit beispielsweise der Integration von elektrischen Wärmelösungen oder der E-Mobilität, an Bedeutung. Durch eine Elektrifizierung weiterer Bereiche können außerdem andere Energieträger eingespart werden, was zu weiteren Kosteneinsparungen führen kann (Rullán Lemke et al., 2023, S. 100ff.).

Neben der Sektorenkopplung werden zukünftig Batterieenergiespeichersysteme (BESS) zunehmend zentral für die Optimierung von PV-Anlagen sein. Durch Technologiefortschritte werden Batteriespeicherlösungen immer günstiger und bereits heutzutage bei fast 20 % aller neuen gewerblichen Aufdach-PV-Anlagen mit eingeplant (Fraunhofer ISE, 2024a, S. 22). Überschüssiger PV-Strom kann so zu Zeiten hoher Erzeugung und geringer Strompreise zwischengespeichert werden und zu Zeiten geringer Erzeugung und hohen Strompreisen verbraucht oder auch teurer verkauft werden. Ebenso kann ein höherer Autarkiegrad erreicht werden und damit größere PV-Anlagen zukünftig wirtschaftlicher umgesetzt werden, was auch im Hinblick auf mögliche Netzengpässe durch eine zunehmende Elektrifizierung Vorteile bieten kann. Zudem können Batteriespeicher Erzeugungsspitzen, unter anderem zur Mittagszeit, glätten und damit zur Netzentlastung beitragen und somit bei gleichbleibenden Netzkapazitäten mehr installierte PV-Leistung ermöglichen (Wirth, 2024, S. 86f.).

Insgesamt bestimmt das Zusammenspiel aus Förderregularien, technischen Anforderungen und Eigenverbrauch die Dimensionierung und Planung einer PV-Anlage. Grundlegend gehen eine hohe Eigenverbrauchsquote und ein hoher Autarkiegrad mit einer gesteigerten Wirtschaftlichkeit einher. Mit der Anlagengröße steigen die technischen Anforderungen und damit die Installationskosten. Je größer jedoch eine Anlage ist, desto geringer sind normalerweise die durchschnittlichen Kosten pro installiertem PV-Modul und erzeugter kWh Strom (EEHH, 2024, S. 5f.).

### **Betreibermodelle von Photovoltaik-Anlagen**

Aus der Kombination von rechtlichen Vorgaben und Eigentümerstrukturen ergeben sich verschiedenste Modelle für den Betrieb von PV-Anlagen (EEHH, 2024, S. 18ff.). Wie bereits dargestellt, folgen aus den EEG-Förderregularien grundlegend die Möglichkeiten der Voll- und Überschusseinspeisung. Je nach Anlagengröße kann außerdem zwischen der Einspeisevergütung und der Direktvermarktung entschieden werden (s. oben; EEHH, 2024, S. 18ff.). Ergänzend hierzu ist es über das Anlagensplitting möglich, einen Teil der Anlage über die Volleinspeisung laufen zu lassen und den anderen Teil für die Überschusseinspeisung zu nutzen, wobei getrennte Zähler installiert sein müssen (Rullán Lemke et al., 2023, S. 18).

Weitere Betreibermodelle leiten sich aus den Besitzstrukturen von Gebäude und PV-Anlage ab. Zunächst hat ein Immobilieneigentümer die Möglichkeit, die Dachfläche für die Nutzung von PV zu verpachten, ohne selbst in eine Anlage investieren oder diese betreiben zu müssen (Verpachtung). Ergänzend kann zwischen Anlagenbetreiber und Immobilieneigentümer ein Stromliefervertrag abgeschlossen werden. Damit besteht eine Direktlieferung vor Ort und der Immobilieneigentümer kann von dem PV-Strom auf seinem Dach profitieren (*Contracting*). Für den Fall, dass ein

Immobilieigentümer bereits in Besitz einer PV-Anlage auf seinem Dach ist, kann der Betrieb der Anlage und die Stromlieferung, gegen die Zahlung einer Pacht, an einen sogenannten *Enabler* ausgelagert werden (*Enabler-Modell*). In diesem Fall kann auch der Mieter einer Immobilie als *Enabler* fungieren und sich damit selbst mit Strom versorgen (Anlagenrückpacht; EEHH, 2024, S. 20ff.). Schließlich kann mit dem Mieterstrommodell und der gemeinschaftlichen Gebäudeversorgung Strom im Rahmen einer Kundenanlage geteilt werden (s. Unterkapitel 2.2).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich die PV in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten als Energieträger etabliert hat und zentral für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende ist. Die Nutzung vorhandener Gewerbedachflächen weist hier große Potenziale auf. Durch die Förderstrukturen des EEG 2023 und weiterer rechtlicher Vorgaben, nehmen eine Vielzahl an Faktoren einen Einfluss auf die Ausgestaltung und den Betrieb der Anlagen.

## 2.2 Energy Sharing in Deutschland

Der Begriff ES lässt sich wörtlich als „das Teilen von Energie“ ins Deutsche übersetzen (FfE, 2024, S. 11). Während das Konzept nicht nur auf die Energieform Strom begrenzt ist, wird sich aufgrund des Fokus auf PV im Weiteren nur auf den Austausch von Strom bezogen. Physikalisch betrachtet fließt Strom immer auf direktem Weg zum nächstgelegenen Verbraucher, sodass der erzeugte Strom im weitesten Sinne dauerhaft geteilt wird (Ritter et al., 2023, S. 52f.). Aus der energiewirtschaftlichen Perspektive geht es beim ES hingegen darum, wie diese Stromflüsse bilanziert und abgerechnet werden können. Wenn beispielsweise ein Privathaushalt eine PV-Anlage installiert hat, wird ein benachbartes Haus physikalisch gesehen wahrscheinlich einen Teil genau dieses produzierten Stroms verbrauchen, ohne dass beide offiziell energiewirtschaftlich miteinander in Verbindung stehen. Somit ergeben sich unterschiedliche regulatorische Modelle und Ansätze, wie Energie untereinander bilanziell geteilt werden kann. Aufgrund vieler verschiedener Sichtweisen herrscht bisher allerdings keine einheitliche Definition von ES vor (FfE, 2024, S. 11). Häufig wird ES jedoch im deutschen Kontext definiert als

*„die gemeinschaftliche Stromerzeugung und -verbrauch in räumlichem Zusammenhang, jedoch einschließlich der Nutzung des öffentlichen Stromnetzes“ (Ritter et al., 2023, S. 5).*

Dabei kann grundlegend zwischen zwei übergeordneten Formen des ES unterschieden werden: zum einen kann ES als dezentrales Konzept umgesetzt werden, bei welchem Erzeuger und Verbraucher bilateral über Verträge miteinander in Verbindung treten (*Peer-to-Peer/dezentrales ES*; dena, 2022, S. 23f.; s. Abbildung 3). Zum anderen kann ES als zentralisiertes Modell umgesetzt werden, bei welchem sich Akteur:innen in Gemeinschaften zusammenschließen und gemeinsam handeln. Hier können mehrere Erzeuger und Verbraucher Teil der Gemeinschaft sein und EE-Anlagen können gemeinschaftlich gebaut und betrieben werden (*gemeinschaftliches/zentralisiertes ES*; FfE, 2024, S. 14).

Beiden ES-Formen ist gemein, dass eine Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch gegeben sein muss. Aus diesen und anderen Umsetzungsanforderungen sind daher digitale Technologien ein notwendiger Baustein für die Umsetzung von ES (dena, 2022, S. 6). Intelligente Messsysteme, wie Smart

Meter, ermöglichen beispielsweise den Echtzeitabgleich von Erzeugungs- und Verbrauchsdaten. Daneben ermöglichen es Energieplattformen, die gesammelten Daten effizient zu verarbeiten, die Bilanzierung zwischen Erzeugern und Verbrauchern zu koordinieren und einen Datenaustausch mit den Netzbetreibern umzusetzen. Zusätzlich kann durch die Anwendung von *Distributed Ledger* und *Blockchain* Technologien der Stromhandel unter den beteiligten Akteur:innen sicher gestaltet werden. *Smart Contracts* können außerdem dazu genutzt werden, dass die Abrechnung automatisiert und nach vorab festgelegten Regeln abgewickelt wird (dena, 2022, S. 8, 25, 29ff.). Hierbei sind beim Status quo der technologischen Ausstattung im internationalen Vergleich allerdings erhebliche Unterschiede festzustellen. Dies zeigt exemplarisch der aktuelle Stand beim Smart Meter Rollout, bei welchem Deutschland am unteren Ende rangiert und erst eine Verbreitung von weniger als fünf Prozent vorzuweisen hat (IoT Analytics, 2024).

An Relevanz hat ES vor allem seit dem Jahr 2018 durch das *Clean Energy for all Europeans Package* der EU gewonnen. In diesem Zuge wurden innerhalb der Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie (EMD) und der Erneuerbare Energien Richtlinie (RED II) zentrale Aspekte verankert, welche die Ermöglichung der sogenannten gemeinsamen Eigenversorgung und der Energie- sowie Bürgergemeinschaften vorsieht (s. unten). Im Zuge dessen haben in Deutschland, insbesondere aus der Bürgerenergiebewegung, Forderungen nach einer umfassenden Etablierung von ES nach der EU-Konzeptionierung Einzug erhalten und verschiedene Vorschläge wurden erarbeitet (s. bspw. BBEn, 2023; bne, 2023; Huneke, 2023). Nach Ritter et al. (2023, S. 23) habe sich jedoch keine weitere Umsetzungspflicht für Deutschland ergeben, da unter den bestehenden Gesetzen, wenn auch sehr kompliziert, die gemeinsame Nutzung von Strom bereits möglich sei. Dennoch hat die Debatte Aufmerksamkeit für ES in Deutschland erregt, sodass die damalige Ampelkoalition in ihrem Koalitionsvertrag festgehalten hatte, ES im deutschen Recht verankern zu wollen (SPD, Grüne & FDP, 2021, S. 58). Im November 2024 gab es schließlich einen ausgearbeiteten Gesetzesvorschlag zur Verankerung von ES im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG-Novelle 2024/11, s. unten), welcher aufgrund des Koalitionsbruchs jedoch nicht mehr verabschiedet wurde. Die neue Koalition aus CDU und SPD hat ES ebenfalls in ihren Koalitionsvertrag aufgenommen (CDU & SPD, 2025, S. 29). Hier bleibt jedoch abzuwarten, wie und mit welcher Priorität ES ausgestaltet werden wird. Im Weiteren werden kurz die theoretischen Vorteile von ES skizziert und anschließend die rechtlichen Rahmenbedingungen im europäischen sowie deutschen Kontext dargestellt.

### **Argumente für die Umsetzung von Energy Sharing**

Die Argumente für ES lassen sich grundlegend in drei Bereiche aufteilen: 1. ES sorgt für eine Zubausteigerung von EE-Anlagen, 2. ES vereinfacht die Teilhabe und erhöht die Akzeptanz für die Energiewende, 3. ES kann die Stromnetze entlasten (Ritter et al., 2023, S. 33). Im ersten Bereich weisen Wiesenthal et al. (2022) beispielsweise große theoretische Potenziale für den Ausbau der EE durch ES nach. So könne der direkte Verbrauch von dezentral produziertem Strom mit verringerten Stromkosten einhergehen und ES damit private Investitionen in EE-Anlagen anreizen. Zudem könnten sich Menschen in

Gemeinschaften zusammenschließen und intrinsisch daran interessiert sein, die Energiewende aktiv mitzugestalten (Erwägungsgrund (22) EMD III und (70) RED II). Beim zweiten Argument, welches insbesondere in der Bürgerenergiebewegung als zentral angesehen wird, geht es darum, dass die Bürger:innen an der Energiewende beteiligt werden und finanziell profitieren können. Vor allem Menschen mit geringen finanziellen Mitteln könnten so ebenfalls am Ausbau der EE teilhaben, wodurch Energiearmut entgegengewirkt werden kann. Folglich könnte sich eine gesteigerte Akzeptanz für die Energiewende einstellen (Erwägungsgrund (22) EMD III und (70) RED II; Szichta & Tietze, 2020, S. 111). Als drittes wird davon ausgegangen, dass sich durch das gemeinsame Nutzen von Strom in Kombination mit der Sektorenkopplung in den unteren Netzebenen eine Netzdienlichkeit einstellen kann. Wenn der Strom vermehrt direkt vor Ort genutzt und flexibel gesteuert würde, könnte der Netzausbau reduziert werden (FfE, 2024, S. 40). Damit könnte außerdem die Transformation von einem zentralisierten, hierarchischen Stromsystem zu einem dezentralen und vermehrt demokratischen System gefördert und dessen Resilienz gesteigert werden (Erwägungsgrund (22) EMD III; Stumpf et al., 2024, S. 5). Trotz aller möglichen Potenziale gibt es noch keine umfassenden Analysen und Daten über die gesamtwirtschaftlichen Effekte von ES, sodass die Argumente zwar in der Theorie logisch und kohärent sind, die tatsächlichen Wirkungen aber bisher nicht quantifiziert werden können (Ritter et al., 2023, S. 33ff.; FfE, 2024, S. 42).

### **Energy Sharing im Europäischen Recht**

Wie bereits beschrieben, hat die EU die Grundlagen für ES schon vor geraumer Zeit gelegt. Zu Beginn hatte die EU drei verschiedene Formen von ES vorgegeben, welche von den Mitgliedsstaaten ermöglicht werden sollten: gemeinsam handelnde Eigenversorger im Bereich erneuerbare Elektrizität (Art. 2 Abs. 2 Nr. 15, Art. 21 RED II), Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (Art. 2 Abs. 2 Nr. 16 & Art. 22 RED II) und Bürgerenergiegemeinschaften (Art. 2 Nr. 11, Art. 16 EMD). Erstere Form beschreibt „eine Gruppe von mindestens zwei gemeinsam handelnden Eigenversorgern im Bereich erneuerbare Elektrizität ..., die sich in demselben Gebäude oder Mehrfamilienhaus befinden“, wobei das öffentliche Netz nicht genutzt wird.<sup>6</sup> Die Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft als zweite Form, ist eine juristische Person, die aus natürlichen Personen, kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie öffentlichen Einrichtungen bestehen kann. Sie ist Eigentümerin sowie Betreiberin von EE-Anlagen in der Nähe der Gemeinschaft und stellt den Mitgliedern den erzeugten Strom zur Verfügung. Dabei zielt die Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft nicht darauf ab, finanzielle Gewinne zu erwirtschaften, sondern ihren Mitgliedern ökologische, wirtschaftliche oder sozialgemeinschaftliche Vorteile zu ermöglichen. Die Bürgerenergiegemeinschaft ist ebenfalls eine juristische Person ähnlich zur Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft, welche neben der Energieerzeugung allerdings auch weitere Aktivitäten verfolgen kann, wie

---

<sup>6</sup> Dies stellt einen Widerspruch zur Definition von Ritter et al. (2023) dar und verdeutlicht, dass der Begriff ES nur schwierig abzugrenzen ist und vor allem als Oberbegriff fungiert. Es könnte also auch zwischen ES mit und ohne Nutzung des öffentlichen Netzes unterschieden werden (s. Abbildung 3).

beispielsweise den Betrieb von Ladesäulen oder auch die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen. Zudem beschränkt sich die Bürgerenergiegemeinschaft nicht auf EE und muss ebenfalls keine lokale Nähe zu ihren Mitgliedern und Anlagen aufweisen. Bis zur Novellierung der EMD (EMD III) im Juni 2024 wurde das ES durch die EU also nur indirekt definiert.

Mit der EMD III definiert die EU in Artikel 2 Nummer 10a erstmalig ES (im Deutschen: gemeinsame Energienutzung) wie folgt:

*„den Eigenverbrauch aktiver Kunden von Energie aus erneuerbaren Quellen“ (Art. 2 Nr. 10a EMD III), wobei aktiver Kunde „einen Endkunden oder eine Gruppe gemeinsam handelnder Endkunden, der bzw. die an ihrem Standort innerhalb definierter Grenzen erzeugte oder an einem anderen Standort eigenerzeugte oder mit anderen gemeinsam erzeugte Elektrizität verbraucht oder speichert oder eigenerzeugte Elektrizität verkauft“ (Art. 2 Nr. 8 EMD III).*

Damit muss auch Personen unabhängig von der Teilnahme an einer Energiegemeinschaft die Teilnahme an ES ermöglicht werden. Zusätzlich hat die EU mit dem Artikel 15a EMD III weitere Anforderungen an die Umsetzung von ES in nationales Recht formuliert. Unter anderem wird ergänzt, dass auch nicht-KMU teilnehmen dürfen, sofern deren Erzeugungsanlagen die Grenze von sechs MW nicht übersteigt (Art. 15a Abs. 5 lit. a EMD III). Zudem sollen Lieferantenpflichten für teilnehmende Akteur:innen erlassen (Art. 15a Abs. 4 lit c III) und eine zuständige Kontaktstelle eingerichtet werden (Art. 15a Abs. 6 lit. b EMD III). Eine verpflichtende staatliche Förderung von ES wird indes nicht vorgegeben. Insgesamt führt die Novellierung der EMD weitreichende Umsetzungsanforderungen im Bereich des ES ein, welchen Deutschland mit rechtlichen Anpassungen bis zur Umsetzungsfrist am 17. Juli 2026 nachkommen werden muss (Stiftung Umweltenergierecht, 2024).

### **Energy Sharing im deutschen Recht**

Wird die Nutzung des öffentlichen Netzes als Bedingung für das Vorliegen von ES herangezogen, gibt es in Deutschland bisher keine gesonderten Regelungen für ES. Zwar ist es unter den vorhandenen Regularien möglich, Strom unter Nutzung des öffentlichen Netzes untereinander zu teilen, allerdings greifen hierbei die vollen Stromlieferantenpflichten (u. a. §§ 5, 40, 41, 42 EnWG) und es müssen Verträge zur Netznutzung geschlossen werden, was die Umsetzung komplex und zumeist unwirtschaftlich macht (Ritter et al., 2023, S. 21; dena, 2024, S. 14). Ein Umsetzungsbeispiel unter geltendem Recht ist das Projekt ESCdigital, welches die Komplexität verdeutlicht (dena Future Energy Lab, o. J.). Zudem gibt es weitere Behelfslösungen, wie das Strombilanzkreismodell (LEKA MV, o. J.). ES-spezifische Regelungen würden daher in Deutschland insbesondere rechtliche und damit bürokratische sowie finanzielle Erleichterungen bedeuten.

Dennoch weist Deutschland bereits Regelungen zum Teilen von Strom ohne die Nutzung des öffentlichen Netzes auf, welche die Regularien der EU teilweise aufgreifen (FfE, 2024, S. 14). Bei der Form gemeinsam handelnder Eigenversorger wird in Deutschland über den § 42a EnWG und § 21 Abs. 3 EEG 2023 das Mieterstrommodell und durch § 42b EnWG die gemeinschaftliche Gebäudeversorgung definiert. Beim Mieterstrommodell kann Strom, der im Bereich eines Wohngebäudes produziert wird, an

die Wohnungsmietenden oder -eigentümer:innen verkauft werden. Hier ist der Anlagenbetreiber jedoch zu einer Vollversorgung verpflichtet und muss weitere Verträge mit Reststromlieferanten abschließen. Die gemeinschaftliche Gebäudeversorgung funktioniert ähnlich, wobei diese nur für PV zugelassen und der Betreiber nicht für die Vollversorgung zuständig ist (Netze BW, o. J.). Beide Formen zeichnen sich dadurch aus, dass sie unter die Definition der Kundenanlage fallen und eine eigene Netzstruktur, unabhängig von dem öffentlichen Stromnetz, aufweisen (§ 3 Nr. 24a EnWG). Zusätzlich beschreiben in Deutschland die §§ 3 Nr. 15, 22b EEG 2023 Bürgerenergiegesellschaften, die den Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften in der RED II ähneln. Allerdings dürfen Mitglieder dieser Gesellschaften bisher nur gemeinschaftlich Strom produzieren und verkaufen, diesen aber nicht selbst, wie von der EU vorgesehen, verbrauchen (FfE, 2024, S. 14). Ergänzend ist es in Deutschland möglich, Strom direkt durch *Power Purchasing Agreements* (PPAs) zu „teilen“. Hierbei können EE-Anlagenbetreiber Verträge mit Energieversorgungsunternehmen oder verbrauchenden Unternehmen schließen (dena, 2024, S. 14). PPAs sind jedoch eine Form kommerzieller Stromlieferungen nach dem EnWG und können daher nicht unter dem hier verwendeten Verständnis von ES subsumiert werden.

Wie bereits beschrieben, wurde am 13. November 2024 die EnWG-Novelle 2024/11 von der damaligen Ampelregierung verabschiedet, welche die Einführung des § 42c mit dem Titel „Gemeinsame Nutzung elektrischer Energie aus Anlagen zur Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien“ vorgesehen hatte und der Erfüllung des Artikel 15a der EMD III dienen sollte (BMWK, 2024b). Zwar wurden Ende Januar 2025 noch Änderungen des EnWG sowie des EEG 2023 vom alten Bundestag beschlossen, die Regelungen zum ES wurde jedoch nicht berücksichtigt (Deutscher Bundestag, 2025). Auch wenn der § 42c der EnWG-Novelle 2024/11 nicht umgesetzt wurde, ist ein Blick auf die vorgeschlagenen Regelungen lohnenswert, um abzuschätzen, was zukünftig erwartet werden kann.

Grundlegend ermöglicht § 42c EnWG-Novelle 2024/11 die vereinfachte Nutzung des öffentlichen Netzes und den Abschluss von Verträgen zwischen Anlagenbetreibern und Letztverbrauchern zum gemeinsamen Verbrauch von erneuerbarem Strom. Jedoch müssen sich die beteiligten Akteur:innen im gleichen Bilanzierungsgebiet und damit in räumlicher Nähe zueinander befinden. Teilnehmen dürfen sowohl Privatpersonen und öffentliche Einrichtungen als auch KMUs, Gesellschaften und Genossenschaften, die nicht im Energiesektor tätig sind. Vertraglich muss zwischen Anlagenbetreibern und Verbrauchern ein Aufteilungsschlüssel festgelegt werden, welcher die Strommengen regelt. Hier sind verschiedene Ausgestaltungen möglich, wie beispielsweise eine statische Aufteilung, nach der ein fester Anteil des erzeugten Stroms an den Verbraucher geht oder ein dynamischer Schlüssel, bei welchem der Stromanteil je nach momentanem Verbrauch auf alle verbundenen Verbraucher verteilt wird (FfE, 2024, S. 17). Der Preis pro kWh Strom wird zwischen Betreiber und Verbraucher über die Vertragszeit hinweg festgelegt. Die Lieferantenpflichten aus §§ 5 und 40 bis 42 EnWG entfallen für den Betreiber, sofern eine alleinig betriebene Anlage kleiner als 30 KW oder eine gemeinsam betriebene Anlage, in beispielsweise Mehrparteienhäusern, kleiner als 100 KW ausfällt. Fernab der Anlagengröße ist jedoch

keine Vollversorgungspflicht vorgesehen, sodass ergänzend Strom durch den Verbraucher bezogen werden muss. Gleichwohl muss den Pflichten zum Zugang zum Verteilnetz (§ 20 EnWG) durch den Anlagenbetreiber nachgekommen werden, was vor allem die Bilanzierung der Strommengen betrifft. Eine Förderung sieht der Gesetzesentwurf nicht vor. Soweit Überschussstrom anfallen sollte, bleibt der Anspruch auf die Marktprämie aus dem EEG 2023 vorhanden. Es entfällt hingegen die feste Einspeisevergütung. Technisch wird, um eine Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch zu gewährleisten, eine viertelstündliche registrierende Leistungsmessung vorgeschrieben. Zusätzlich sieht die EnWG Novelle 2024/11 mit § 20b die Schaffung einer zentralisierten Internetplattform durch die Versorgungsnetzbetreiber vor, welche den Netzzugang und die damit verbundene Abwicklung des ES erleichtern soll (FfE, 2024, S. 17, 41).

Insgesamt zeigt sich, dass nach europäischem und deutschem Recht eine Vielzahl verschiedener ES Möglichkeiten im Raum stehen, wovon einige bereits umgesetzt sind und andere noch ausbleiben. Dabei würde § 42c der EnWG-Novelle 2024/11 in Deutschland spezifische Regelungen und Erleichterungen für eine dezentrale Umsetzung von ES, unter der Nutzung des öffentlichen Netzes, festschreiben. Andere Länder in der EU haben ES dahingegen bisher anders geregelt. Österreich gilt hier als Vorbild und hat ES bereits 2021, in der Form von Energiegemeinschaften, ermöglicht, was einem zentralisierten ES entspricht (§§ 79, 80 EAG & §§ 16c, 16d, 16e EIWOG). Abbildung 3 zeigt die verschiedenen rechtlichen Umsetzungsmöglichkeiten von ES auf und verdeutlicht, welche Komplexität sich hinter dem Oberbegriff im deutsch-europäischen Kontext verbirgt.

Im Weiteren wird, sofern nicht anders hervorgehoben, unter ES ein Mechanismus verstanden, bei welchem nicht-kommerzielle Anlagenbetreiber Strom mit Verbrauchern unter Nutzung des öffentlichen Netzes direkt teilen können und es hierzu gesonderte rechtliche Regelungen gibt.

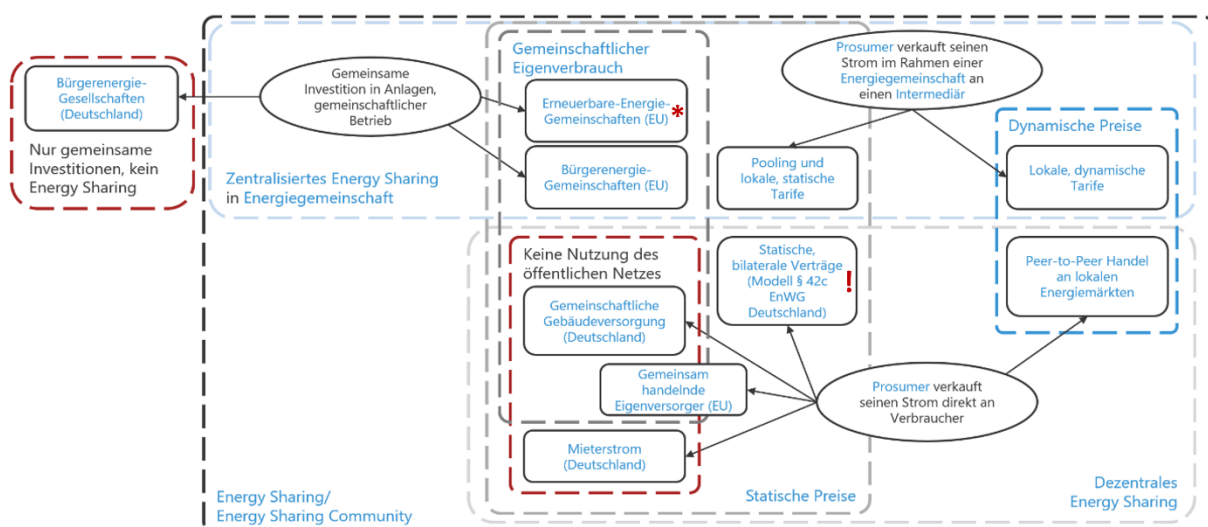


Abbildung 3: Übersicht möglicher rechtlicher Umsetzungsformen von Energy Sharing (Quelle: FfE, 2024).

! = Dezentrales Energy Sharing, mit statischen Preisen, unter der Nutzung des öffentlichen Netzes, wie in der EnWG Novelle 2024/11 des damaligen BMWK mit § 42c vorgeschlagen.

\* = Zentralisiertes Energy Sharing als Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft, wie seit Juli 2021 in Österreich mit den §§ 79, 80 EAG und dem § 16c EIWOG umgesetzt.

### 2.3 Informationen zur praxisorientierten Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe im Rahmen des KLIMAready-Projekts

Die Masterarbeit folgt einem praxisorientierten Vorgehen und wurde bei EEHH<sup>7</sup> im Rahmen des Projekts KLIMAready angefertigt. Der zentrale Betrachtungsgegenstand ist das Gewerbegebiet Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf, welches als Fallstudie zur Untersuchung von PV und ES in Gewerbegebieten genutzt wird. Folgend werden die relevanten Informationen zum praxisorientierten Vorgehen dargestellt.

#### Der Praxispartner: Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH

EEHH wurde im Jahr 2010 im Rahmen der Clusterpolitik der FHH als regionales Branchennetzwerk für EE in der Form einer öffentlich-privaten Partnerschaft gegründet. Über die vergangenen Jahre ist das Cluster beständig angewachsen und deckt heute alle relevanten Bereiche der Energiewende ab (s. Anhang 3). Darunter fallen Energieversorgung, Anlagenherstellung, Projektentwicklung, Netzbetrieb, Forschung, Finanzierung und Rechtsberatung, wobei die Kernthemen Windenergie, PV, Wärmewende, Sektorenkopplung und Wasserstoff sind. Insgesamt verbindet EEHH rund 300 Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Verbände und Institutionen aus der Metropolregion Hamburg und bietet damit „als zentrales regionales Branchennetzwerk für Energiesysteme der Zukunft seit Herbst 2010 ... Vernetzungs- und Informationsmöglichkeiten für interessierte Akteure“ (EEHH, o. J.-b).

Der Aufbau des Clusters folgt einer zweiteiligen Struktur: Die Mitglieder von EEHH (bspw. Leuphana Universität Lüneburg) sind Teil des Vereins zur Förderung des Clusters der Erneuerbaren Energien Hamburg. Im Auftrag des Vereins agiert die Erneuerbaren Energien Hamburg Clusteragentur GmbH mit ihrer Geschäftsstelle als ausführendes Organ der Clustertätigkeiten und umfasst ein Team von derzeit vierzehn Mitarbeitenden sowie zwei Werkstudierenden. Die GmbH ist zu 49 % im Besitz des Vereins, während die restlichen 51 % von der FHH getragen werden (s. Abbildung 4). Finanziert wird EEHH zum größten Teil durch eine Zuwendung der Behörde für Wirtschaft, Arbeit und Innovation (BWA) der FHH. Außerdem werden jährlich Mitgliedsbeiträge von der Geschäftsstelle erhoben und durch verschiedene Projekte stehen weitere zweckgebundene finanzielle Mittel bereit. Darüber hinaus werden Drittmittel durch Veranstaltungen, Förderprogramme und Messegemeinschaftsstände eingenommen.



Abbildung 4: Logo und Struktur des Clusters Erneuerbare Energien Hamburg (Quelle: EEHH).

<sup>7</sup> Das Cluster Erneuerbare Energien Hamburg bezeichnet sich bei der Verwendung der Abkürzung EEHH selbst ohne Artikel.

Thematisch leiten sich die Aufgaben von EEHH aus der Clustertheorie nach Porter (1998) ab, wonach die geografische Ansammlung von Unternehmen einer Branche mit Synergieeffekten und Wettbewerbsvorteilen einhergeht. Hier tritt EEHH als ein Treiber und Vermittler für den Austausch zwischen Unternehmen, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft auf (nach Carayannis & Campbell, 2009, als „Quadrupel-Helix“ definiert) und hat zusammen mit der FHH zum Ziel, die EE-Branche in der Metropolregion Hamburg zu stärken (EEHH, o. J.-a). Zu diesem Zweck bietet EEHH ein breites Portfolio an Aktivitäten. Darunter die Durchführung verschiedenster Veranstaltungsformate (bspw. Netzwerktreffen oder themenspezifischen Foren und Workshops), die Möglichkeit der Mitausstellung auf nationalen und internationalen Messen, Öffentlichkeitsarbeit auf verschiedensten Kanälen, Transfer von aktuellem Wissen (s. bspw. EEHH, 2024) sowie die Umsetzung von konkreten Projekten (bspw. KLIMAreedy) und die Beauftragung von Studien zu EE (s. bspw. Rullán Lemke et al., 2023). Die Ausrichtung der Clusteraktivitäten wurde zuletzt 2022 mit der Entwicklung der EEHH-Clusterstrategie 2025 definiert, welche eine umfassende Übersicht der Tätigkeitsfelder bietet (EEHH, 2022; s. Anhang 3).

### Das KLIMAreedy-Projekt

Im Herbst 2024 startete das auf drei Jahre angelegte und vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung sowie der FHH geförderte Klimaschutzprojekt KLIMAreedy<sup>8</sup>. In dem Projekt arbeitet EEHH mit sechs weiteren Hamburger Clustern (Projektpartner) und drei assoziierten Partnern zusammen (s. Abbildung 5), wobei die Gesamtprojektkoordination von der Logistik-Initiative Hamburg (LIHH) übernommen wird. Das übergeordnete Ziel ist es, Hamburger Unternehmen bei Klimaschutzthemen, wie der Energietransformation, der Klimaresilienz und der Klimaanpassung, zu unterstützen und gemeinsam unternehmensübergreifende und innovative Maßnahmen zu entwickeln.



Abbildung 5: Übersicht der im KLIMAreedy-Projekt beteiligten Hamburger Clusterorganisationen inklusive offiziellem Projektlogo (eigene Darstellung).

<sup>8</sup> [www.klimaready.de](http://www.klimaready.de)

Das Projekt gliedert sich insgesamt in sieben Arbeitspakete (AP), wobei für jedes AP ein Cluster hauptverantwortlich ist und durch ein weiteres unterstützt wird (s. Anhang 4). AP0 und AP6 sind nicht inhaltlicher Natur und beziehen sich auf das Projektmanagement (AP0), beziehungsweise die Projektkommunikation (AP6). AP1 (IST-Analyse) zielt auf die Analyse des IST-Zustandes und der Bedarfsermittlung bei den Mitgliedern aller Cluster ab. Daneben soll im AP4 (Regulierung & Rahmenbedingungen) eine strukturierte Übersicht aller relevanter gesetzlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen im Bereich des unternehmerischen Klimaschutzes in Hamburg erstellt werden. Zusätzlich sollen durch AP5 (Kompetenzaufbau in den Clusterorganisationen) die Kompetenzen der Mitarbeitenden innerhalb der Clusterorganisationen gestärkt werden, um zukünftig Unternehmen bei Transformationsprozessen begleiten zu können. Zentraler Baustein des KLIMAready-Projekts sind AP2 (Maßnahmenentwicklung) und AP3 (Maßnahmenumsetzung). Für ersteres ist das EEHH und zweiteres die LIHH hauptverantwortlich. Es werden insgesamt vier Klimaschutzmaßnahmen in Zusammenarbeit mit und für Unternehmen verschiedener Branchen entwickelt. Diese Maßnahmen werden im Projekt als „Clusterbrücken“ bezeichnet, da jede der vier Maßnahmen mindestens zwei Cluster und Unternehmen aus diesen einbindet und somit übergreifende Lösungen angestrebt werden (LIHH, 2024).

Die erste Clusterbrücke des Projekts zielt auf die Energietransformation des Gewerbegebiets Allermöhe ab. Es wurde sich für dieses Gebiet entschieden, da das Gebiet durch die Ansammlung verschiedener Logistikfirmen geprägt ist und daher eine erste Clusterbrücke, zwischen der EE- und der Logistikbranche, bietet. Zudem bestand unter anderem ein etablierter Zugang zu den Unternehmen vor Ort, da die LIHH im Lenkungsreis des ansässigen Unternehmensnetzwerks ist. Die vorliegende Masterarbeit ist hier über EEHH bei der Maßnahmenentwicklung für die Clusterbrücke I im Gewerbegebiet Allermöhe angesiedelt (AP2). Die grundlegenden vier Arbeitsschritte für die Maßnahmenentwicklung innerhalb einer Clusterbrücke in AP2 sind: I. Handlungsfelder identifizieren, II. Vernetzung/Einbinden relevanter Akteur:innen, III. Methodische Erarbeitung und Bewertung von übergreifenden Projektideen und IV. Transfer, wobei der Ablauf nicht linear und iterativer Natur ist (s. Abbildung 6).

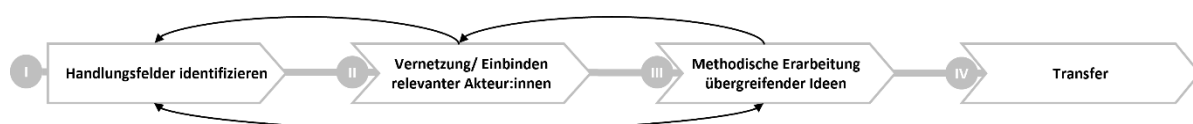


Abbildung 6: Schematische Darstellung der vier Schritte der Maßnahmenentwicklung innerhalb einer Clusterbrücke im KLIMAready-Projekt (eigene Darstellung).

Zum Start der Clusterbrücke I fanden zunächst verschiedene Gespräche mit relevanten Stakeholdern vor Ort statt und der weitere Ablauf wurde, insbesondere mit Vertreter:innen des ansässigen Unternehmensnetzwerks, besprochen (s. Abschnitt 5.1.1). Am 27. Februar 2025 wurde eine Informationsveranstaltung vor Ort in den Räumlichkeiten eines Unternehmens durchgeführt und hierzu die am Standort Allermöhe ansässigen Unternehmen eingeladen. Im April und Mai fanden anschließend acht Ganztagesworkshops zur Entwicklung konkreter Maßnahmenideen unter der Anwendung von *Design-*

*Thinking*-Ansätzen (s. bspw. Buhl et al., 2019) statt, die von der Hamburg Kreativ Gesellschaft durchgeführt wurden. An den Workshops nahmen drei Unternehmen sowie Vertreter:innen aus den Projektclustern und Kreativschaffende teil. Weitere Expert:innen wurden anlassbezogen eingebunden, unter anderem zu Themen wie Finanzierung, Netzanschluss und Feedback zu Maßnahmenideen aus KMU-Sicht. Ebenso wurden vorläufige Ergebnisse zum Gewerbegebiet aus der vorliegenden Masterarbeit präsentiert. Die Ergebnisse der Workshopphase wurden am 03. Juni 2025 im Rahmen einer Abschlussveranstaltung öffentlich präsentiert (Hamburg Kreativ Gesellschaft mbH, 2025).

Im Rahmen der Clusterbrücke I fand in der Funktion als Werkstudierender eine enge Begleitung sowie umfassende Mitarbeit in der Ausgestaltung der verschiedenen Arbeitsschritte statt (s. Kapitel 4). Aufgrund der zeitlichen Begrenzung bezieht die Masterarbeit vor allem die ersten drei Schritte der Maßnahmenentwicklung mit in die Betrachtung ein. Die konkrete Umsetzung in AP3 und der Transfer auf andere Projekte sowie die Ausarbeitung weiterer Clusterbrücken wurde nicht mehr im Rahmen der Masterarbeit begleitet.

### **Das Gewerbegebiet Allermöhe**

Das Gewerbegebiet Allermöhe ist gelegen in den Marschlanden an der Autobahn 25 im Hamburger Bezirk Bergedorf (53°29'44.8"N 10°06'38.2"E; s. Abbildung 7). Das Gebiet umfasst eine Fläche von insgesamt 173 Hektar und gilt damit als eines der größten Gewerbegebiete Hamburgs und stellt mit rund 8000 Angestellten den wichtigsten Beschäftigungsstandort im Bezirk Bergedorf dar. Das Gewerbegebiet gilt mittlerweile als verdichtet, sodass kaum noch Flächen zur weiteren Entwicklung zur Verfügung stehen (Bezirksamt Bergedorf, 2018, S. 26ff.; Hamburg Invest, o. J.). Mit dem Unternehmensnetzwerk Allermöhe (UNA) ist vor Ort außerdem eine Vernetzungsplattform für die ansässigen Unternehmen gegeben. In Abschnitt 5.1.1 folgt neben der sich hier befindenden Kurzbeschreibung eine tiefgründige und umfassende Stakeholder- und Gebietsanalyse zum Gewerbegebiet Allermöhe.



Abbildung 7: Luftbild des Gewerbegebiets Allermöhe mit der Autobahn 25 im Vordergrund (Quelle: ©Mediaserver Hamburg/Martin Elsen).

### 3. Theoretisches Argument und Literaturübersicht

Das folgende Kapitel gliedert sich in zwei Teile: Zunächst wird das theoretische Argument zu Unternehmensentscheidungen hinsichtlich der Installation von Aufdach-PV im Zusammenhang mit ES dargestellt. Ergänzend bietet eine Literaturübersicht eine Einordnung des Themas der Masterarbeit in aktuelle Forschungsdiskurse.

#### 3.1 Theoretisches Argument und Herleitung der übergeordneten Forschungsfragen

Für die Masterarbeit werden Unternehmen als zentrale Betrachtungseinheit herangezogen. Zum einen folgt der Fokus damit dem Ziel des KLIMAreedy-Projekts, Lösungen für unternehmerischen Klimaschutz zu entwickeln. Zum anderen müssen sich in einer Marktwirtschaft Privatpersonen oder Unternehmen für oder gegen die Installation einer PV-Anlage entscheiden, wobei der Staat grundsätzlich lediglich lenkend tätig sein kann (durch bspw. Förderungen), sofern Unternehmen nicht gezwungen werden sollen (Schlösser, 2007). Somit hängt die Nutzung der Dachflächen in Gewerbegebieten für PV maßgeblich mit dem Verhalten der einzelnen Unternehmen zusammen. Daher wird in diesem Unterkapitel mit Hilfe der *Behavioral Theory of the Firm* (Cyert & March, 1963) und dem Konzept der Industriellen Symbiose (s. u. a. Chertow, 2000) ein theoretisches Argument zum Verhalten von Unternehmen bezüglich Entscheidungen rund um Aufdach-PV und ES konzeptualisiert. Aus diesen Überlegungen werden die FF begründet abgeleitet. Im Folgenden werden die beiden theoretischen Konzepte zunächst einzeln dargestellt und anschließend miteinander in Verbindung gebracht sowie auf den Themenbereich angewendet.

##### 3.1.1 Die *Behavioral Theory of the Firm* zur Erklärung von Unternehmensverhalten

Die *Behavioral Theory of the Firm* (BTF) geht auf das fast gleichnamige Buch „*A Behavioral Theory of the Firm*“ von Cyert und March aus dem Jahr 1963 zurück. Das Ziel der Autoren war es hierbei, eine neue Unternehmenstheorie zu kreieren, welche auf empirischen Beobachtungen basiert und nicht rein durch theoretische Annahmen begründet ist. Die Theorie legt einen Fokus auf die tatsächlichen ökonomischen Entscheidungen von Unternehmen und bedient sich an Konzepten aus unterschiedlichen Fachbereichen (Cyert & March, 1992, S. 2f.; Augier & March, 2008, S. 2). Eine zusammenfassende Beschreibung der zentralen Bestandteile liefern Dew et al. (2008, S. 39):

*“The Behavioral Theory of the Firm is at heart a theory that is built around a political conception of organizational goals, a bounded rationality conception of expectations, an adaptive conception of rules and aspirations, and a set of ideas about how the interactions among these factors affect decisions in a firm.”*

Zusammen mit zwei weiteren Veröffentlichungen (Simon, 1947; March & Simon, 1958) wird die BTF als Grundlage der *Carnegie-School* verstanden, welche sich durch ihren Forschungsfokus auf Entscheidungen in Organisationen und die Betrachtung von Unternehmensverhalten auszeichnet (Hagen et al., 2023, S. 3). Das Werk von Cyert und March gilt heutzutage als eines der einflussreichsten im Managementbereich und wurde über die Wirtschaftswissenschaft hinaus breit in anderen Disziplinen zur Analyse von Organisationen rezipiert (Argote & Greve, 2007, S. 337).

Die Grundlagen der BTF ergeben sich zunächst aus der Kritik von Cyert und March (1992) an der neoklassischen *Theory of the Firm*. Dabei werden vor allem die Annahmen der Gewinnmaximierung und des „perfekten Wissens“, die vollständige Verfügbarkeit alles relevanten Wissens, in Frage gestellt (Cyert & March, 1992, S. 7f.). Entgegen dem alleinigen Ziel der Gewinnmaximierung wird angebracht, dass das Erreichen eines gewissen, zufriedenstellenden Gewinnniveaus und nicht die Maximierung um jeden Preis, den Handlungsmaßstab für ein Unternehmen realistisch definieren würde (Cyert & March, 1992, S. 9f.). Zudem würde sich ein Unternehmen aus verschiedenen Individuen und Gruppen zusammensetzen, welche aufgrund ihrer spezifischen Aufgaben eigene Ziele im Rahmen des Unternehmens verfolgen (Hagen et al., 2023, S. 3). Demnach wäre die Gewinnmaximierung nur ein Ziel neben vielen weiteren im Unternehmen. Nach dieser Logik werden Unternehmensentscheidungen in der BTF grundlegend betrachtet: Das Ziel für Unternehmen ist es nicht, die bestmögliche, sondern eine für das Unternehmen zufriedenstellende Alternative zu erreichen (Dew et al., 2008, S. 38). Die Kritik am perfekten Wissen bezieht sich darauf, dass Unternehmen nicht einfach Wissen und Informationen zur Verfügung steht. Vielmehr müssten sie dieses aktiv sammeln und danach suchen. Demnach würden Unternehmen niemals über alles relevante Wissen für eine Entscheidung verfügen. Somit werden ihre Entscheidungen dadurch beeinflusst sein, wie und wo nach Informationen gesucht wurde und welches Wissen in den Entscheidungsprozess eingeflossen ist (Cyert & March, 1992, S. 10).

Die BTF wurde daher entwickelt, um konkrete Entscheidungen und die damit verbundenen Prozesse innerhalb von Unternehmen analysieren zu können. In der BTF wird dazu das Verhalten von Unternehmen in Bezug auf die Bereiche Produktion, Preise, Investitionen und der internen Verteilung von Ressourcen analysiert (Cyert & March, 1992, S. 22). In dem Ansatz werden „*modern "representative firm[s]" - ... large, multiproduct firm[s] operating under uncertainty in an imperfect market*“ (Cyert & March, 1992, S. 162) betrachtet. Zusätzlich wird der Aufbau der Unternehmen als „*a coalition of individuals, some of them organized into subcoalitions*“ (Cyert & March, 1992, S. 31) charakterisiert. Unternehmensentscheidungen werden als „*the execution of a choice made in terms of objectives from among a set of alternatives on the basis of available information*“ (Cyert & March, 1992, S. 19) definiert. Um diese vorhersagen und analysieren zu können, sind in der BTF diejenigen Variablen von zentraler Bedeutung, welche die unternehmerischen Ziele, Erwartungen und Auswahlmöglichkeiten beeinflussen (Cyert & March, 1992, S. 162).

Konkret wird in der BTF auf drei grundlegende, theoretische Ansätze aus verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen zurückgegriffen, um vier miteinander in Verbindung stehende Konzepte abzuleiten. Die drei Ansätze sind die 1) *bounded rationality*, das 2) *imperfect environmental matching* sowie der 3) *unresolved conflict*. Die daraus abgeleiteten Konzepte, welche die Basis der BTF bilden, sind das i) *problemistic search*, die ii) *uncertainty avoidance*, das iii) *organizational learning* und die iv) *quasi resolution of conflict* (s. Abbildung 8). Die drei theoretischen Ansätze werden in der Abbildung 8 kurz

beschrieben, im Folgenden aber nicht weiter vertieft, da sie für die Masterarbeit nicht von entscheidender Relevanz sind.

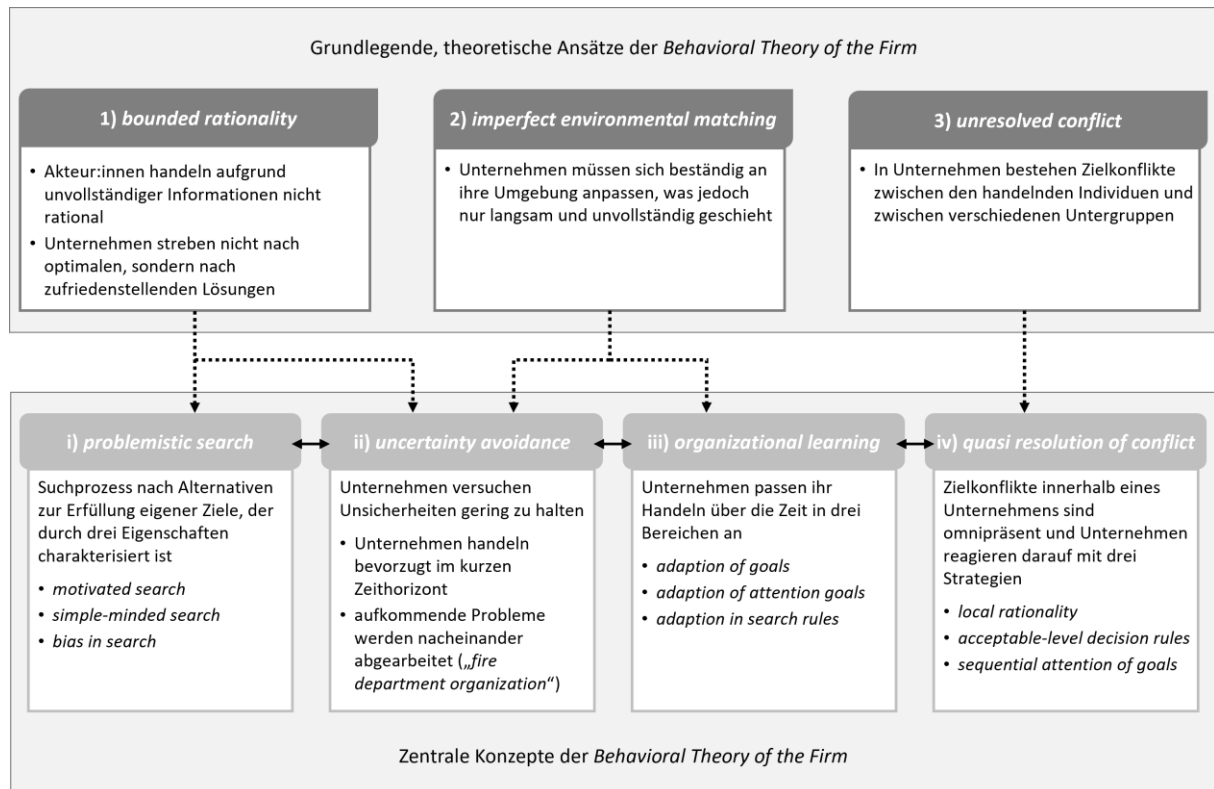


Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung der Beziehung zwischen den grundlegenden, theoretischen Ansätzen und der daraus abgeleiteten zentralen Konzepte der *Behavioral Theory of the Firm*, inklusive Kurzerklärungen (eigene Darstellung nach Hagen et al., 2023, S. 4 basierend auf Cyert & March, 1992, S. 166ff., 214ff.).

i) *Problemistic search*. Das erste Konzept der BTF, *problemistic search*, erklärt, wie Unternehmen nach Alternativen und Informationen suchen, die helfen, ihre selbst definierten Ziele zufriedenstellend zu erfüllen. Dabei charakterisiert sich der Suchprozess durch drei Eigenschaften. Bei der ersten Eigenschaft wird davon ausgegangen, dass die Motivation für die Suchaktivität maßgeblich von der Lösung eines Problems im Zusammenhang mit den selbst definierten Zielen abhängt (*motivated search*). Wird eine zufriedenstellende Problemlösung ermittelt, endet die Suche nach weiteren Informationen und möglichen Alternativen. Kommt es zu dem Fall, dass keine passende Alternative ermittelt werden kann, ist es möglich, die eigenen Ziele so abzuändern, dass diese erreicht werden können. Die Motivation und das Ausmaß der *problemistic search* hängt also maßgeblich von der Relevanz eines Problems für die Erfüllung der eigenen Ziele ab (Cyert & March, 1992, S. 169f.). Bei der zweiten Eigenschaft basiert die Suche nach Informationen und Alternativen auf einfachen und standardisierten Vorgängen (*simple-minded search*). So wird angenommen, dass zunächst Lösungen im Umfeld des eigentlichen Problems sowie im Bereich bereits bestehender Alternativen gesucht werden. Nur wenn die vermeintlich einfachen Lösungen nicht zu einer zufriedenstellenden Problemlösung führen, wird begonnen nach komplexeren Möglichkeiten zu suchen (Cyert & March, 1992, S. 170f.). Als dritte Eigenschaft

beeinflussen auch die individuellen Akteur:innen innerhalb des Unternehmens, samt ihrer Erfahrungen und Fähigkeiten, den Suchprozess (*bias in search*). Dabei kann der Bereich innerhalb des Unternehmens, die Erwartungshaltung einzelner Akteur:innen sowie die Kommunikation untereinander Einfluss auf den Suchprozess haben (Cyert & March, 1992, S. 171).

ii) *Uncertainty avoidance*. Nach dem Konzept der *uncertainty avoidance* sind Unsicherheiten bei Entscheidungen aufgrund von fehlendem Wissen omnipräsent, sodass Unternehmen danach bestrebt sind, diese möglichst gering zu halten. Dabei steigen die Unsicherheiten, je weiter ein Thema in der Zukunft liegt. Daraus folgt, dass Unternehmen es möglichst vermeiden, Entscheidungen zu treffen, die auf Vorhersagen basieren und langfristige Auswirkung haben. Sie richten ihre Entscheidungen an den aufkommenden Problemen aus, handeln diese nacheinander ab und passen sich damit vorwiegend an einen kurzen Zeithorizont an (Cyert & March, 1992, S. 166ff.). Cyert und March (1992, S. 167) beschreiben Unternehmen daher bildlich als „*fire department*“ organization“.

iii) *Organizational learning*. Das dritte Konzept der BTF, das *organizational learning*, beinhaltet eine Beschreibung, wie sich ein Unternehmen im Verlauf der Zeit beständig anpasst. Dabei werden drei verschiedene Bereiche unterschieden. Zunächst verändern sich die unternehmenseigenen Ziele über die Zeit hinweg in Abhängigkeit von vorherigen Zielen, den Erfahrungen und Ergebnissen im Umgang mit den vorherigen Zielen sowie in Abgrenzung zu den vorherigen Zielen vergleichbarer Unternehmen (*adaption of goals*). Daneben passen Unternehmen die Art und Weise an, welche Faktoren sie wie bei Entscheidungen berücksichtigen. Über die Zeit lernen sie, bestimmten Bereichen ihres direkten Umfeldes mehr Aufmerksamkeit als anderen zu widmen und verändern damit auch ihr Verhalten (*adaption of attention goals*). Im dritten Bereich passen Unternehmen ihr Vorgehen bei der Suche von Informationen und Alternativen an. Stellt sich der Suchprozess als erfolgreich für die Lösung eines Problems heraus, ist davon auszugehen, dass das Unternehmen auch zukünftig auf diese Weise vorgehen wird. Scheitert das Vorgehen jedoch, wird das Unternehmen bei einem ähnlichen Problem in der Zukunft auf andere Suchprozesse vertrauen und sich anpassen (*adaption in search rules*; Cyert & March, 1992, S. 172ff.).

iv) *Quasi resolution of conflict*. Die *quasi resolution of conflict* beschreibt, dass interne Zielkonflikte nicht gänzlich ausgeräumt werden können und es damit keine vollständige Einheitlichkeit im Handeln eines Unternehmens geben kann. Innerhalb von Unternehmen gibt es nach Cyert und March (1992) drei Strategien, wie mit Zielkonflikten umgegangen wird. Die *local rationality* beschreibt, dass Unternehmensentscheidungen auf verschiedene Ebenen verteilt und dort von Subgruppen behandelt und getroffen werden. Dies reduziert die Komplexität der zu lösenden Probleme, sodass besser mit einzelnen Themen umgegangen werden kann. Durch die Aufteilung eines Problems ist jedoch von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für sich widersprechende Entscheidungen auszugehen. Die Strategie *acceptable-level decision rules* beschreibt daher, dass eine mögliche, fehlende Einheitlichkeit bei den dezentralen Entscheidungen zwar nicht zu den bestmöglichen Ergebnissen führt, damit aber besser

mit Zielkonflikten umgegangen werden kann und das Unternehmen handlungsfähig bleibt. Zuletzt widmen sich Unternehmen, wie bereits beschrieben, Problemen und Zielen nacheinander und nicht simultan (*sequential attention of goals*). Damit ergeben sich auch für gegensätzliche Ziele vermehrt Spielräume, da zunächst das eine und anschließend ein anderes Problem angegangen werden kann und somit verschiedene Entscheidungen umgesetzt werden können (Cyert & March, 1992, S. 164ff.).

Insgesamt bietet sich die BTF an, das Verhalten von Unternehmen im Bereich PV und ES zu analysieren. Durch die verschiedenen Konzepte ermöglicht die BTF die komplexen Mechanismen hinter den Entscheidungen von Unternehmen auf multikausale Weise zu betrachten. Darüber hinaus wurde die Theorie aufgrund ihres Facettenreichtums bereits in der Vergangenheit als Ausgangspunkt für verschiedenste Anwendungsfälle genutzt (Argote & Greve, 2007, S. 337ff.; Hagen et al., 2023). So wurde die BTF unter anderem auf die Themen organisatorischer Wandel und Anpassung, Investitionen und die Verteilung interner Ressourcen sowie organisatorische Netzwerkentscheidungen angewandt (Hagen et al., 2023, S. 9, 12, 13), welche ebenfalls relevant für die Themen Aufdach-PV und ES sind. Daneben zeigt sich, dass andere Ansätze der Unternehmensbetrachtung nur bedingt anwendbar wären. Beispielsweise werden Unternehmen in der *Theory of the Firm* zwar als zentrale Akteur:innen verstanden, dessen innere Funktionsweisen jedoch nicht betrachtet (Jensen & Meckling, 1979, S. 165).

Zusammenfassend kann die BTF durch ihren interdisziplinären Charakter und den Fokus auf innere Entscheidungsprozesse von Unternehmen Einsichten liefern, um das Verhalten von Unternehmen im Bereich von Aufdach-PV und ES theoretisch zu erklären und Erwartungen abzuleiten

### **3.1.2 Das Konzept der Industriellen Symbiose als Ansatz für überbetrieblichen Energieaustausch**

Während die BTF eine klassische Theorie im Sinne der Erklärung eines spezifischen Phänomens (Unternehmensentscheidungen) darstellt, ist die Industrielle Symbiose (IS) als ein techno-sozioökonomisches Konzept zu verstehen, welches eine bestimmte Art des Wirtschaftens zwischen Unternehmen beschreibt. Dabei wird die IS als ein Teil der interdisziplinären Disziplin der *Industrial Ecology* eingeordnet und wird als Übertragung des biologischen Konzepts symbiotischer Beziehungen auf Unternehmen beschrieben (Yeo et al., 2019, S. 2; Chertow, 2000, S. 314). Aufmerksamkeit erlangte das Konzept erstmals durch Frosch und Gallopoulos (1989), welche aufzeigten wie Abfallstoffe aus Produktionsprozessen als Rohstoffe für wiederum andere Industrieprozesse genutzt werden können (Yeo et al., 2019, S. 1087). Die erste umfassende wissenschaftliche Beschreibung der IS ist in Chertow (2000) zu finden. Hier wird IS wie folgt definiert:

*„industrial symbiosis engages traditionally separate entities in a collective approach to competitive advantage involving physical exchange of materials, energy, water, and by-products. The keys to industrial symbiosis are collaboration and the synergistic possibilities offered by geographic proximity“ (Chertow, 2000, S. 314).*

Die Definition gilt als weitverbreitetste in der Literatur und Chertow (2000) wird als Grundlagenwerk der IS angesehen, wobei der Begriff bereits zuvor von anderen diskutiert wurde (s. u. a. Lowe & Evans,

1995; Lombardi & Laybourn, 2012, S. 28). Als allgemeines Ziel des Konzepts wird die Ausweitung der Produktion und Reduktion von Kosten durch die Nutzbarmachung von bereits bestehenden Ressourcen verstanden (Neves et al., 2020, S. 2). Dabei bezieht sich das Konzept lediglich auf den symbiotischen Austausch zwischen verschiedenen Unternehmen und nicht auf Prozesse innerhalb eines einzelnen Unternehmens an sich. Durch die interdisziplinäre Ausrichtung der *Industrial Ecology* finden sich in der IS Betrachtungsweisen verschiedener Disziplinen wieder. Relevant hervorzuheben ist an dieser Stelle der Bereich der *Environmental Economics*, der *Sustainability Science* und der Literatur rund um *Industrial Districts* (Chertow, 2000, S. 314, 317).

Als praktische Anwendungsfälle der IS gelten die sogenannten *eco-industrial parks*, welche eine räumliche Ansammlung von Unternehmen darstellen, die untereinander Ressourcen teilen und damit sowohl sozioökonomische als auch ökologische Vorteile generieren (Neves et al., 2020, S. 2). Das wohl bekannteste und meistzitierte Beispiel ist der *eco-industrial park* in Kalundborg, Dänemark. Dieser wurde von Ehrenfeld und Gertler (1997) erstmalig ausführlich analysiert und gilt seit je her als eine Blaupause für die Umsetzung des IS-Konzepts (Angstmann et al., 2023, S. 2; Chertow, 2000, S. 315; Yeo et al., 2019, S. 1087). Im Kalundborg Gewerbegebiet waren zu der Zeit vier große Unternehmen (Kohlekraftwerk, Ö raffinerie, Medikamentenherstellung, Gipsplattenherstellung) ansässig. Zwischen diesen hatten sich über die Zeit elf verschiedene Stoffströme etabliert, wodurch Neben- und Abfallprodukte verwertet und ausgetauscht wurden (Ehrenfeld & Gertler, 1997, S. 69).

Seit der „Entdeckung“ des Kalundborg Gewerbegebiets und der Veröffentlichung von Chertow (2000) hat sich das Feld der IS beständig weiterentwickelt und ein Facettenreichtum an Literatur hervorgebracht. Neves et al. (2020) zeigen, dass ein exponentielles Wachstum bei der Anzahl der veröffentlichten Paper über die letzten beiden Jahrzehnte zu beobachten war und daraus geschlossen werden kann, dass das Interesse an dem Konzept beständig zugenommen hat. Zudem wurden über die Zeit vermehrt Projekte und staatliche Initiativen zur Förderung der Verbreitung von *eco-industrial parks* angestoßen und umgesetzt (Fraccascia et al., 2021, S. 4793).

Was sind also die konkreten Vorteile und mögliche Hindernisse bei der Etablierung von IS-Mechanismen und *eco-industrial parks*? Bei den Vorteilen, beziehungsweise der Motivation, weshalb Unternehmen eine IS eingehen, gilt als wichtigster Grund die Aussicht auf eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit (Fraccascia et al., 2021, S. 4793). Dies ist vor allem auf die Reduzierung von Kosten zurückzuführen. Zum einen können Unternehmen günstiger Ressourcen von benachbarten Unternehmen beziehen, für welche diese überschüssig sind. Zum anderen können Unternehmen ihre überschüssig anfallenden Ressourcen weitervermitteln und damit Einkünfte generieren oder Kosten durch die Vermeidung von beispielsweise Abfallgebühren sparen (Chertow, 2007, S. 13). Ergänzend kann das Teilen vorhandener Infrastruktur oder die gemeinsame Beauftragung von Fachfirmen Effizienzgewinne hervorbringen und damit wiederum Kosten für die beteiligten Unternehmen mindern (Butturi et al., 2019, S. 10). Ein weiterer möglicher Vorteil ist außerdem die Sicherung der Verfügbarkeit wichtiger Ressourcen. So kann

die IS beispielsweise zu einer größeren Autarkie vom Energiemarkt führen und damit ein Schutz gegen volatile Preise oder Verknappungen darstellen (Chertow, 2007, S. 13). Schließlich kann die Etablierung symbiotischer Beziehungen zwischen Unternehmen dazu beitragen, staatliche Umweltvorgaben und Regulierungen einzuhalten. Durch Unternehmenskooperationen können beispielsweise Emissionen gemindert und Müll sowie Verschmutzungen vermieden und damit Grenzwerte eingehalten werden (Chertow, 2007, S. 15). Zusammenfassend kann die IS ökonomische, ökologische, als auch soziale Vorteile liefern und daher grundlegend von Interesse für Unternehmen als auch staatliche Institutionen sein, um verschiedene Ziele zu erfüllen (Neves et al., 2020, S. 21, s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht förderlicher und hinderlicher Faktoren für die Etablierung Industrieller Symbiosen.

Förderliche Faktoren	Hinderliche Faktoren
Wirtschaftlichkeit	Fehlendes Vertrauen
Autarkie	Abhängigkeiten
Rechtliche Pflichten/Einhaltung von Vorgaben	Zeitliche & finanzielle Ressourcen
	Fehlendes (Erfahrungs-)Wissen
	Geringe Motivation

Neben den Vorteilen bestehen Hindernisse und Barrieren, welche die Umsetzung von IS zwischen Unternehmen erschweren (s. Tabelle 2). Grundlegend bedarf es einer Vertrauensebene zwischen den Unternehmen, damit Kooperationen entstehen können. Erweisen sich diese als erfolgreich, werden vertiefte Kooperationen wahrscheinlicher, doch zuvor benötigt es viel Aufwand, um diese Vertrauensebenen erstmalig zu schaffen (Neves et al., 2020, S. 21; Chertow, 2007, S. 21). Darüber hinaus wird die Koordination der IS zwischen Unternehmen umso komplexer, je mehr gemeinschaftliche Infrastrukturen geteilt werden und verschiedene Akteur:innen involviert sind. Während beispielsweise die Nutzung von Abfallstoffen zwischen zwei Unternehmen relativ einfach umgesetzt werden kann, ist es bei einer gemeinsamen Energieversorgung mit zentralen Steuerungseinheiten zwischen einer Vielzahl an Unternehmen aufwendiger, diese Symbiose zu entwickeln und zu betreiben (Neves et al., 2020, S. 21). Ebenso kann ein tiefgreifendes IS-System zwar größere Mehrwerte bieten, erhöht aber auch die Abhängigkeiten von den anderen Unternehmen und ist im Falle von Ausfällen oder Störungen vergleichsweise vulnerabel (Neves et al., 2020, S. 21). Beides führt schließlich dazu, dass die Anfangskosten und der Aufwand für tiefgreifende Symbiosen deutlich höher als bei simplen Kooperationen sind und als Hindernis wirken können. Weitere Hürden sind bei den Unternehmen selbst zu finden. So haben vor allem kleine Betriebe oftmals nicht die erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen, um proaktiv umfangreiche Unternehmenskooperationen auszuarbeiten und sind dazu gezwungen, sich auf ihr Kerngeschäft zu konzentrieren. Zudem fehlen oftmals Erfahrungen zur Umsetzung von Unternehmenskooperationen sowie spezifisches Wissen zur Durchführung konkreter Ideen. Hinzu kommt, dass sich viele Unternehmen eher nach der Prämisse „*business-as-usual*“ verhalten und sich damit eine

fehlende Motivation zur Umsetzung innovativer Konzepte einstellen kann (Angstmann et al., 2023, S. 5; Chertow, 2000, S. 332).

In der Praxis zeigt sich, dass zwischen zwei verschiedenen Arten bei der Etablierung von IS unterschieden werden kann (Angstmann et al., 2023, S. 3). Das *bottom-up*-Vorgehen beschreibt die eigenständige Etablierung von symbiotischen Unternehmenskooperationen auf der Grundlage von Kosten-Nutzen-Abwägungen der Unternehmen. Hier muss das IS-Konzept als solches gar nicht bekannt oder konkret verfolgt werden, sondern entsteht vielmehr nebenbei im Prozess. Stellen sich die Kooperationsformen als erfolgreich heraus, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die Unternehmen aus Eigeninteresse versuchen werden weitere Synergien nutzbar zu machen und damit die Zusammenarbeit zu vertiefen (Chertow, 2007, S. 21). Beim *top-down*-Vorgehen wird auf die Etablierung von IS im Vorhinein abgezielt und notwendige Schritte, beispielsweise durch Institutionen, auf den Weg gebracht. In diesem Fall wird aktiv versucht IS-Prozesse zu etablieren (Chertow, 2007, S. 21). Es zeigt sich, dass das *bottom-up*-Vorgehen meist durch die Gewinnorientierung der Unternehmen getrieben wird und quasi von selbst entsteht, während beim *top-down*-Vorgehen sozioökologische Gründe im Vordergrund stehen, welche zumeist durch staatliche Institutionen verfolgt werden (Neves et al., 2020, S. 21).

Neben der Art, wie IS entsteht (*bottom-up* oder *top-down*), gibt es förderliche Bedingungen und spezifische Schritte, welche die erfolgreiche Implementierung von IS-Prozessen unterstützen können. So ist die verstärkte Vernetzung zwischen den Unternehmen ein notwendiger erster Schritt, um Kooperationen realisieren zu können. Daher ist einer der wichtigsten Bestandteile die Etablierung von Netzwerkprozessen, welche die unternehmensübergreifende Kommunikation fördern und beispielsweise durch Gebietsmanager oder Netzwerktreffen angestoßen werden können (Angstmann et al., 2023, S. 5; Yeo et al., 2019, S. 1093). Daneben gibt es eine Reihe konkreter Werkzeuge, die IS zwischen Unternehmen unterstützen kann, wie beispielsweise *Input-Output*- und Stoffstromanalysen (s. u. a. Chertow, 2000, S. 327ff.; Yeo et al., 2019). Eine schematische Darstellung des Entstehungsprozesses der IS liefern Yeo et al. (2019; s. Abbildung 9).

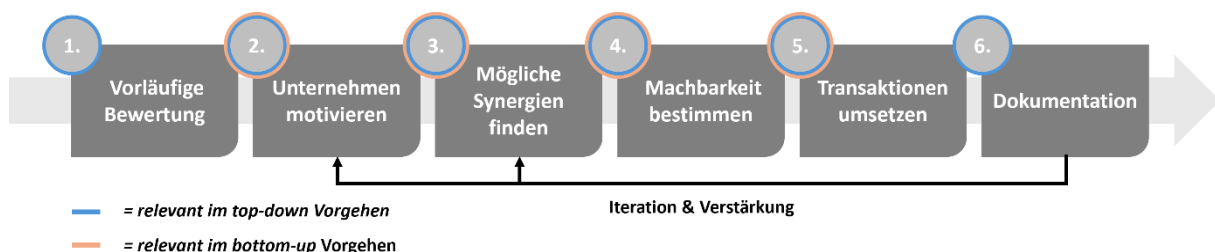


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Schritte zur Etablierung einer Industriellen Symbiose zwischen Unternehmen (eigene Darstellung angelehnt an Yeo et al., 2019).

Thematisch wurde das Konzept der IS in der Vergangenheit vor allem im Bereich von Materialströmen, also zum Beispiel der Wiederverwertung von Abfallstoffen, genutzt und untersucht. Erst in den letzten Jahren ist ein verstärkter Fokus auf Energiesymbiosen gelegt und die Bedeutung für den Ausbau und die Nutzung EE herausgestellt worden (Fraccascia et al., 2021, S. 4793). Da die Ansammlung von

Unternehmen in Gewerbegebieten oftmals mit hohen Energie- und Ressourcenverbräuchen einhergeht, weisen diese ein hohes Potenzial an Emissionsreduktionsmöglichkeiten durch EE auf (Angstmann et al., 2023, S. 2). Verschiedene Fallstudien konnten bereits belegen, dass Energiesymbiosen zu einer Reduktion der gesamten Emissionen der beteiligten Unternehmen führen können (Butturi et al., 2019, S. 7). Grundlegend könnten durch die gemeinsame Nutzung von Energieinfrastrukturen Kosten reduziert und für die Unternehmen eine größere Unabhängigkeit vom Strommarkt erreicht werden (Butturi et al., 2019, S. 11). Zudem könnten vor allem KMU von einer gebündelten und gemeinsamen Planung profitieren, indem finanzielle und zeitliche Ressourcen geteilt und mögliche infrastrukturelle Grenzen überwunden werden (Butturi et al., 2019, S. 2). Des Weiteren werden für produzierende Unternehmen von EE Anreize geschaffen, über die eigenen Bedarfe hinaus Strom zur Verfügung zu stellen und beispielsweise größere PV-Anlagen zu installieren (Butturi et al., 2020, S. 13140f.).

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Konzept der IS viele Überschneidungen mit dem Gegenstand des ES aufweist. Das Konzept beschreibt, welche Anreize es für Unternehmen gibt, in Kooperation miteinander zu treten. Insbesondere die Energiesymbiosen weisen theoretische Potenziale für die gemeinsame Nutzung von EE auf. ES lässt sich daher als eine spezifische Form einer Energiesymbiose betrachten. Hinzu kommt, dass Bestandsgewerbegebiete bereits anhand der IS analysiert wurden (s. Angstmann et al., 2023). Durch das KLIMAreedy-Projektziel, Unternehmenskooperationen in der Form von IS zu fördern, ergeben sich zudem Überschneidungen zwischen dem theoretischen Konzept und dem hier betrachteten Praxisfall. Schließlich weist das IS-Konzept Schnittmengen zu den Disziplinen der Nachhaltigkeitswissenschaft und Ökonomie auf, welche ebenfalls zentral für die vorliegende Masterarbeit sind. Die Verbindung der IS zur Ökonomie wird durch Chertow (2007, S. 25) mit folgendem Zitat verdeutlicht: „*The development and implementation of [IS] policy ... needs to be informed by a sophisticated understanding of market function and firm behavior*“. Aufgrund der zentralen Rolle von Unternehmen in der IS, stehen Unternehmensverhalten und IS demnach in einem engen Verhältnis. Im folgenden Kapitel werden daher die Konzepte der BTF und der IS miteinander in Verbindung gebracht und auf den Themenbereich der PV und des ES angewendet.

### **3.1.3 Theoretische Erwartung und Forschungsfragen zum Verhalten von Unternehmen bezüglich Aufdach-Photovoltaik und Energy Sharing**

Wie im Vorherigen dargestellt, können die Themen PV und ES durch die BTF und die IS betrachtet und analysiert werden. Die BTF hilft dabei zu überlegen, welche Faktoren bei der Installation von Aufdach-PV-Anlagen Einfluss nehmen, während die IS aufzeigt, weshalb überbetriebliche Kooperationen in Form von ES vorteilhaft für die beteiligten Unternehmen sein könnten. In Kombination kann die Verbindung hergestellt werden, wie ES das Verhalten von Unternehmen in Bezug auf PV beeinflussen kann. Folgend werden die theoretischen Konzepte in Bezug zu den Themen gesetzt und hieraus die FF abgeleitet und begründet.

Werden Unternehmen als rational und gewinnmaximierend betrachtet, so würde davon ausgegangen werden, dass aufgrund vergleichsweise kurzer Amortisationszeiten nahezu alle Unternehmen eine Aufdach-PV-Anlage installieren müssten (s. Unterkapitel 2.1). In der Realität zeigt sich jedoch, dass ein Großteil der Unternehmen keine PV auf ihren Firmendächern installiert hat (Honsel, 2023). An dieser Stelle hilft die BTF, die Unternehmensentscheidungen in dem Bereich besser zu verstehen und mögliche Gründe zu betrachten.

Wird der Einfachheit halber angenommen, Unternehmen würden der Aufdach-PV generell positiv, oder im schlechtesten Fall neutral, gegenüberstehen, können nach den vier zentralen Konzepten der BTF (s. Abbildung 8) verschiedene Erkenntnisse abgeleitet werden.

i) Nach dem Konzept der *problemistic search* können Unternehmen verschiedene Ziele definieren, die für sie zufriedenstellend sind. Wird beispielsweise auf Kosteneffizienz abgezielt, so ist es wahrscheinlich, dass sich für die Installation einer PV-Anlage, optimiert nach dem Eigenstrombedarf, entschieden würde (*motivated search*; s. Unterkapitel 2.1). Zudem kann davon ausgegangen werden, dass Unternehmen oftmals auf etablierte Lösungen zurückgreifen und nur innerhalb des konkreten Problembereichs bleiben. So würde beispielsweise nur die Deckung des aktuellen Stromverbrauchs, ohne eine mögliche zukünftige Elektrifizierung anderer Energiebereiche, berücksichtigt (*simple-minded-search*). Ergänzend könnten einzelne Personen einen Einfluss auf die Unternehmensentscheidungen im Bereich der PV nehmen. Fördert ein:e Geschäftsführer:in beispielsweise innovative Konzepte, wäre die Chance höher, dass umfassende PV-Alternativen betrachtet werden, als wenn dies nicht der Fall ist (*biased search*).

ii) Das Unternehmensverhalten in Bezug auf PV könnte ebenfalls durch die *uncertainty avoidance* geprägt sein: Zwar versprechen PV-Anlagen langfristig Gewinne, dennoch würden sich Unternehmen zu meist an den aufkommenden, drängenden Problemen orientieren („*fire department organization*“).

iii) Auch das *organizational learning* kann bei Unternehmensentscheidungen bezüglich PV relevant sein. Sieht ein Unternehmen zum Beispiel, dass benachbarte Unternehmen in der gleichen Branche PV-Lösungen erfolgreich umsetzen, könnte das dazu führen, dass dies auch ein interessantes Ziel für das eigene Unternehmen wird (*adaption of goals*). Ebenso könnte es zu einer Veränderung der zu berücksichtigen Faktoren kommen. Hatte die Energieversorgung zuvor beispielsweise keine Relevanz, könnten nach der Installation einer PV-Anlage auch weitere Energiebereiche (Wärme, Mobilität, ...) an Wichtigkeit gewinnen (*adaption of attention goals*). Zuletzt passen Unternehmen an, wie nach Lösungen gesucht wird. Stößt der Informationsaustausch mit anderen Unternehmen zum Beispiel ein erfolgreiches PV-Projekt an, würde ein Unternehmen auch zukünftig den unternehmensübergreifenden Austausch suchen (*adaption in search rules*).

iv) Aus der *quasi-resolution of conflict* können ebenfalls Erwartungen abgeleitet werden. Beispielsweise könnte das Gebäudemanagement eines Unternehmens die Energiekosten reduzieren und optimieren wollen, während der Vertrieb an Investitionen interessiert ist, die den Umsatz erhöhen. Durch

geteilte Verantwortungen könnten die verantwortlichen Personen in ihrem Bereich Lösungen erarbeiten (*local rationality*). Kommt es zu einem Konflikt der Bereiche, da beispielsweise zur gleichen Zeit nicht genügend finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen, könnten die Probleme dennoch nacheinander angegangen werden (*sequential attention of goals*). Zwar käme es so in einem Bereich zu Verzögerungen, dennoch könnten schließlich alle ihre Ziele erreichen (*acceptable-level decision rules*). Hat ein Unternehmen allerdings nur begrenzte Ressourcen, wie es bei KMU oft der Fall ist, könnte es sein, dass grundlegend keine personellen und finanziellen Ressourcen für die Umsetzung einer PV-Anlage zur Verfügung gestellt werden können.

Durch die Anwendung der BTF auf Unternehmensentscheidungen im Bereich der PV wird also deutlich, dass weit mehr Faktoren eine Rolle spielen können, als es eine Betrachtung nach der Gewinnmaximierung erwarten lassen würde. Es stellt sich jedoch ebenso heraus, dass die Relevanz von Fall zu Fall unterschiedlich ist. So kann die *quasi-resolution of conflict* in einem großen Konzern mit verschiedenen Abteilungen relevanter sein als in einem kleinen Unternehmen<sup>9</sup>. *Vice versa*, kann ein einzelnes Individuum in einem kleinen, familiengeführten Unternehmen eine entscheidendere Position als in einem Konzern einnehmen (*biased search*). Aufgrund einer Vielzahl an Möglichkeiten stellt sich die Frage, welche Gründe zurzeit maßgeblich dafür verantwortlich sind, dass viele Dachflächen in Gewerbegebieten für PV ungenutzt bleiben. Hieraus leitet sich die FF1 ab:

**FF1:** *Weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt?*

Das IS-Konzept liefert einen Rahmen, der theoretisch aufzeigt, warum Unternehmen an ES-Mechanismen in Kombination mit Aufdach-PV interessiert sein könnten (Tabelle 2). Insgesamt teilen IS und ES grundlegend die Gemeinsamkeit, dass Unternehmenskooperationen zentral für deren Umsetzung sind. ES kann hier als Form einer Energiesymbiose definiert werden (Butturi et al., 2019, S. 6ff.). Bei den Anreizen von ES für Unternehmen könnten zum einen wirtschaftliche Aspekte, als auch Imagegründe und eine intrinsische Motivation, relevant sein. So könnte ein Unternehmen, welches PV-Strom produziert (Erzeuger), Stromüberschüsse anstelle von einer Einspeisung ins Netz direkt an Nachbarunternehmen (Verbraucher) veräußern und damit höhere Preise für eine kWh Strom als durch die EEG-Förderungen erzielen. Andersherum könnte der Verbraucher profitieren, da dieser den Strom günstiger als über einen herkömmlicher Stromlieferanten beziehen kann (s. Unterkapitel 2.1; s. Tabelle 1). Zusätzlich könnte ein höherer Autarkiegrad durch größere Anlagen wirtschaftlicher erreicht werden. Ist das Verhältnis zwischen Erzeugern und Verbrauchern zeitlich flexibel gestaltet, würde sich für den Erzeuger außerdem der Vorteil ergeben, dass bei einer zukünftigen Elektrifizierung weiterer

---

<sup>9</sup> Nach Cyert und March (1992) betrachtet die BTF ursprünglich „*large, multiproduct firm[s]*“ (S. 162). Im Falle des Gewerbegebiets Allermöhe sind jedoch von KMUs bis hin zu Konzernen verschiedenste Unternehmen vertreten, sodass die Definition für die Masterarbeit erweitert wird. Damit haben die verschiedenen Bestandteile der BTF je nach Unternehmensgröße unterschiedliche Relevanz.

Energiebereiche (Wärme, Mobilität, ...) bereits eine größere Anlage vorhanden ist. Diese würde dann in der Lage sein, den gestiegenen Eigenverbrauch abzudecken, ohne dass eine Nachrüstung der PV-Anlage notwendig wäre und somit weitere Installationskosten anfallen. Daneben könnte sich der Verbraucher zu einem gewissen Teil vor Preisschwankungen am Markt absichern und damit an Resilienz gewinnen. Zusätzlich könnten begrenzten Netzkapazitäten, die den Anschluss weiterer PV-Anlagen oder beispielsweise von Ladestationen verhindern, durch eine gemeinsame Bilanzierung entgegengewirkt werden. Durch eine Etablierung von Energiesymbiosen in Form von ES könnten außerdem besonders kleinere Unternehmen profitieren, da diese bereits bestehende Infrastruktur nutzen können und nicht durch eigene, fehlende Ressourcen begrenzt sind. Ist die Installation einer PV-Anlage für ein Unternehmen nicht möglich, so könnte es als Verbraucher dennoch von günstigem, erneuerbarem Strom profitieren (vergleichbar mit dem *Contracting*-Modell). Auch könnten sich mehrere Unternehmen zusammenschließen und gemeinsam PV-Anlagen finanzieren, betreiben und den erzeugten Strom nutzen. Zusätzlich könnten sich bereits bestehende Erzeuger zusammenschließen und beispielsweise gemeinsam in Großbatteriespeicher investieren. Damit könnte günstiger Solarstrom auch verfügbar gemacht werden, wenn die Sonne nicht scheint und somit wiederum Kosten reduziert werden. Ebenso wäre es theoretisch möglich, dass Ladeinfrastrukturen gemeinsam aufgebaut und durch den gemeinsam geteilten Strom günstig betrieben werden. Auch im Wärmebereich könnten Großwärmepumpen gemeinsam umgesetzt werden. Zur Steigerung der Arbeitgeberattraktivität könnte auch der produzierte Strom als ein Mitarbeitendenbenefit angeboten werden. Ebenso eine intrinsische Motivation zu innovativem Handeln innerhalb des Unternehmens könnte die Umsetzung von ES anregen.

Bei der Umsetzung von ES spielen auch Hindernisse eine Rolle, die aus der IS bekannt sind. Zumeist sind enge Kooperationen zwischen Unternehmen eher unüblich und die Akteur:innen verfolgen eigene Ziele. Damit wäre es schwierig, das „*business-as-usual*“-Verhalten zu durchbrechen und Kooperationen erstmalig anzuschließen. Zudem könnte es an konkretem Wissen mangeln, wie solche Prozesse angegangen werden können. Je mehr Vorteile durch einen ES-Mechanismus genutzt werden sollen, desto komplexer würde das System ausfallen und mit einem erhöhten Kooperationsaufwand einhergehen. Hinzu kommt, dass es zu Schwankungen in der Verfügbarkeit des überschüssigen Stroms kommen würde. Die Verbraucher müssten daher eine Reststrombelieferung organisieren, was den Aufwand wiederum erhöht.

Die Schnittstelle zwischen Aufdach-PV und ES ergibt sich also durch die Art und Weise, wie Unternehmensentscheidungen (BTF) in Kombination mit den möglichen Anreizen ES einzugehen (IS) getroffen werden. Grundlegend kann die Möglichkeit ES zu betreiben die verschiedenen Abwägungsprozesse innerhalb eines Unternehmens ändern, da neue Anreize, aber auch Herausforderungen zu erwarten sind. Daraus lässt sich folglich die FF2 ableiten:

**FF2:** *Kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden?*

Aus den oben genannten Gründen könnte es sich für Unternehmen lohnen, PV-Anlagen größer zu skalieren, womit vermehrt Dachflächen genutzt würden. Damit geht einher, dass, je größer eine PV-Anlage geplant wird, die Kosten pro kWp installierter Leistung sinken, was wiederum einen Kostenvorteil verspricht.

Da das KLIMAreedy-Projekt zum Ziel hat, unternehmensübergreifende Kooperationen zur Förderung der Energietransformation anzuregen, könnte das Projekt im Sinne eines *top-down*-Vorgehens positiv auf die Etablierung von ES einwirken. Dabei gibt es inhaltliche Überschneidungen der Schritte der Maßnahmenentwicklung (s. Abbildung 6) mit den typischen Schritten der Etablierung von IS (s. Abbildung 9). Insbesondere durch die Vernetzung von Akteur:innen vor Ort könnte eine Grundlage für Kooperationen sowie Vertrauen geschaffen werden. Die Unternehmen vor Ort könnten auf mögliche Synergien aufmerksam gemacht und initiale zusammengebracht werden. Werden aufkommende Themen als vielversprechend bewertet und liefern Aussicht auf konkrete wirtschaftliche Vorteile, dann kann davon ausgegangen werden, dass die Unternehmen einen Prozess selbst weitertragen werden und sich so eine Mischung aus *top-down*- und *bottom-up*-Vorgehen ergibt. Daher wird eine kritische Betrachtung des KLIMAreedy-Vorgehens in der Clusterbrücke I anhand folgender, dritter FF einbezogen:

**FF3:** *Wie können Institutionen positiv auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen?*

Zusammenfassend verfolgt die Masterarbeit drei Forschungsinteressen: Um das Entscheidungsverhalten der Unternehmen in Bezug auf Aufdach-PV besser zu verstehen, ist es zunächst von Interesse abzugleichen, welche Gründe maßgeblich für die geringe Dachflächennutzung verantwortlich sind (FF1). Darauf aufbauend wird analysiert, ob ES weitgehende Anreize für Unternehmen bieten könnte, sodass diese vermehrt PV-Module auf ihren Dächern installieren (FF2). Schließlich wird durch die Betrachtung des KLIMAreedy-Vorgehens in der Clusterbrücke I der mögliche Einfluss von Institutionen auf die Bildung von Unternehmenskooperationen bewertet (FF3). Im Rahmen des methodischen Vorgehens wurden außerdem zusätzliche FF definiert (s. Unterkapitel 4.1).

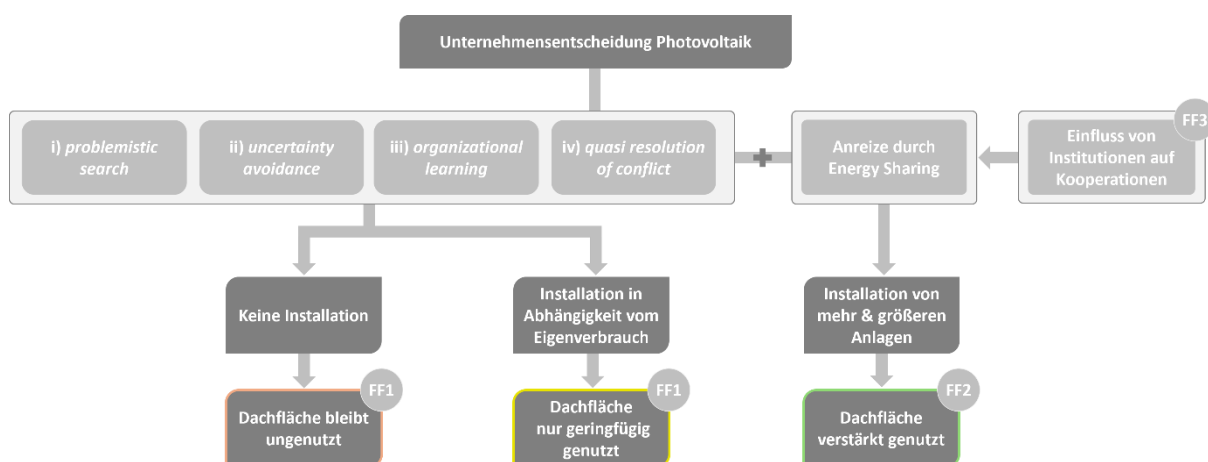


Abbildung 10: Schematische Darstellung der theoretischen Erwartungen und der Relation zu den Forschungsfragen (eigene Darstellung)

Die zugrundeliegenden theoretischen Erwartungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Unternehmen entscheiden sich aufgrund verschiedenster Gründe für oder gegen die Installation einer PV-Anlage. Wenn Anlagen installiert werden, dann entscheiden sich Unternehmen oftmals für eine Anlagengröße, welche nach dem Eigenbedarf optimiert ist, sodass die vorhandenen Dachflächen zumeist nur geringfügig genutzt werden. ES könnte hier Anreize bieten, dass mehr und größere PV-Anlagen installiert und damit Dachflächen verstärkt genutzt. Der Prozess könnte außerdem positiv durch Institutionen beeinflusst werden (s. Abbildung 10).

### 3.2 Literaturübersicht

Wie im Vorherigen bereits aufgezeigt, schließt das Thema PV und ES in Gewerbegebieten an verschiedene Themenbereiche an. In diesem Unterkapitel wird daher eine überblicksartige Darstellung der Literatur in den Bereichen *eco-industrial parks*/Nachhaltige Gewerbegebiete, PV sowie ES dargestellt, um die Masterarbeit und das Forschungsinteresse einzuordnen (Maragkou, 2021, S. 379).

#### Eco-Industrial-Parks/Nachhaltige Gewerbegebiete

Der Bereich der *eco-industrial parks*, beziehungsweise nachhaltigen Gewerbegebieten, entspringt den Ursprüngen der *Industrial Ecology* in den 1990er Jahren (s. Abschnitt 3.1.2). Infolgedessen gab es bereits früh Ideen und Konzepte, wie *eco-industrial parks* im Sinne der nachhaltigen Entwicklung praktisch umgesetzt werden können (s. bspw. Lowe, 1997). Ebenso wurde das Konzept in seiner theoretischen Natur beständig diskutiert und theoretisch beleuchtet (s. bspw. Gibbs & Deutz, 2007). Beispielsweise wurde charakterisiert, welche verschiedenen Organisationsformen bestehende *eco-industrial parks* aufweisen (Bellantuono et al., 2017) oder die Relevanz von Netzwerkstrukturen für die Umsetzung nachhaltiger Gewerbegebiete hervorgehoben (Heimann, 2018). Über die Zeit wurde das grundlegende Verständnis der *eco-industrial parks* außerdem durch weitere Spezifizierungen erweitert. Ein weiterer Akzent wurde durch die Integration von EE in *eco-industrial parks* und den Fokus auf Energiesymbiosen gesetzt (Butturi et al., 2019; Fraccascia et al., 2021). In diesem Bereich diskutiert Anastasovski (2023) die Frage, ob *eco-industrial parks* auch als *Positive Energy Industrial Park* gestaltet werden können.

Speziell im deutschsprachigen Diskurs wurden in dem Bereich der nachhaltigen Gewerbegebiete in den vergangenen Jahren verschiedenste Forschungsprojekte angestoßen. Angstmann et al. (2023) zeigen beispielsweise auf, wie Bestandsgewerbegebiete nachhaltig ausgerichtet werden können und welche Hindernisse und Erfolgsfaktoren dabei relevant sind. Bei weiteren Projekten steht vor allem die Klimawandelanpassung von Gewerbegebieten im Vordergrund (Abromeit et al., 2022; Bücken & Kanning, 2021; Verbücheln et al., 2022; Schack et al., 2024).

#### Photovoltaik

Ein weiterer wichtiger Forschungsbereich ist bei der PV zu finden. Zunächst lässt sich die vorhandene Literatur nach der Art der PV aufteilen: So gibt es spezifische und umfassende Veröffentlichungen zur

Aufdach-PV (s. bspw. Yao & Zhou, 2023), aber auch zu Integrierter PV (s. bspw. Biyik et al., 2017), Freiflächen-PV (s. bspw. Barbón et al., 2022), Floating-PV (s. bspw. Niccolai et al., 2024) und weiteren Anwendungsformen (s. bspw. Zhang et al., 2015).

Weitere Forschungsbereiche können durch ihren Blickwinkel auf die PV unterschieden werden. Zum einen wird die PV aus technologischer Sicht erforscht. Darunter fällt unter anderem die Weiterentwicklung von Herstellungsprozessen (s. bspw. Li et al., 2020), die Steigerung der Effizienz im Betrieb (s. bspw. Bevilacqua et al., 2021), der Einfluss von Umweltfaktoren auf die Leistungsfähigkeit der Module (s. bspw. Mustafa et al., 2020), die Einbindung von Batteriespeichern und der Sektorenkopplung (s. bspw. von Appen & Braun, 2019) sowie die Entwicklung alternativer Funktionsweisen, wie bei der organischen PV (s. bspw. Distler et al., 2021). Daneben gibt es Veröffentlichungen, die sich den ökologischen Auswirkungen der Herstellung, des Betriebs und der Wiederverwertung von PV-Anlagen widmen (s. bspw. Hengstler et al., 2021; Martinopoulos, 2020; Tawalbeh et al., 2021). Zusätzlich wird die PV aus sozioökonomischer Sichtweise betrachtet. Hierunter fällt unter anderem die Analyse der Faktoren, welche eine Rolle bei Investitionsentscheidungen spielen (s. bspw. De Oliveira Azevêdo et al., 2020), die ökonomische Modellierung der Installation von PV (s. bspw. Rodríguez-Martínez & Rodríguez-Monroy, 2021) oder auch die Betrachtung der Relevanz für die gesamtgesellschaftliche Entwicklung (s. bspw. Apeh et al., 2022). Auch methodische Analysen, beispielsweise zur Berechnung von PV-Potenzialen, wurden durchgeführt (s. bspw. Fakhraian et al., 2021).

Bei der Anwendung auf Gewerbegebiete lassen sich nur wenige Veröffentlichungen finden, welche einen alleinigen Fokus auf PV legen. Die vorhandenen Paper weisen vor allem einen ökonomischen Schwerpunkt auf und analysieren mit Hilfe mathematischer Verfahren die Umsetzungsmöglichkeiten von PV (s. bspw. Cucchiella et al., 2015; Hong et al., 2024; Pedrero et al., 2021). Zudem wird die PV in Gewerbegebieten oftmals in Zusammenhang mit weiteren Technologien oder in Bezug auf quartiersweite Konzepte betrachtet (s. bspw. Wei et al., 2022; Yan et al., 2023). Im wissenschaftsjournalistischen Bereich wurden im deutschsprachigen Diskurs bereits Artikel veröffentlicht, welche das PV-Potenzial von Gewerbebedächern herausstellen und der Frage nachgehen, weshalb Dächer von Gewerbeimmobilien oftmals ungenutzt für PV bleiben (Fischer, 2023; GARBE, 2023; Honsel, 2023; s. Abschnitt 5.2.1). Zusätzlich gibt es von verschiedenen Institutionen Leitfäden und Informationsangebote zur Umsetzung von PV-Projekten auf Gewerbeimmobilien (s. bspw. EEHH, 2024; KEAN, o. J.; NRW.Energy4Climate, o. J.). Im deutschsprachigen Kontext haben außerdem Bergner et al. (2022) für das Land Berlin eine umfassende Übersicht zu Hemmnissen und Hürden für die PV zusammengestellt (s. Abschnitt 5.2.1). Ergänzend dazu finden sich in der Literatur verschiedenste Publikationen zu den Beweggründen, PV-Anlagen zu installieren, wobei sich diese grundlegend auf Haushalte beziehen (s. bspw. Jager, 2006; Palm, 2018; Alipour et al., 2022).

### Energy Sharing

Auch bei dem ES lassen sich verschiedene Analyseschwerpunkte in der Literatur unterscheiden. Im technologischen Bereich spielen vor allem Themen rund um die effiziente Ausgestaltung von ES Mechanismen eine Rolle. Dazu werden *Smart Grids* und intelligente Messsysteme zur effizienten Steuerung (s. bspw. Zafar et al., 2018), digitale Plattformen zur Vernetzung von Erzeugern und Verbrauchern (s. bspw. Kloppenburg & Boekelo, 2019), Blockchainanwendungen (s. bspw. Petri et al., 2020), künstliche Intelligenz (s. bspw. Conte et al., 2022) sowie die Verbindung von ES und Sektorenkopplung, durch beispielsweise die Einbindung von Elektrofahrzeugen (s. bspw. Tao et al., 2021), betrachtet und analysiert. Neben der technologischen Betrachtung werden in der Literatur ebenso ökonomische Perspektiven diskutiert. Hier sind zunächst neu entstehende Marktmechanismen und Geschäftsmodelle von Relevanz (s. bspw. Iazzolino et al., 2022). Zudem werden die Preisgestaltung innerhalb von ES Systemen (s. bspw. Hadiya et al., 2020), als auch die Kostenverteilung für die teilnehmenden Akteur:innen (s. bspw. Li et al., 2022) und die gesellschaftlichen Wohlfahrtseffekte betrachtet (s. bspw. Vögele et al., 2023). Auch in Bezug auf Gewerbegebiete gibt es Veröffentlichungen mit einem techno-ökonomischen Fokus (s. bspw. Berg et al., 2024; Caballero et al., 2023; Gribiss et al., 2022). Ein weiterer Forschungsbereich sind die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen. Hier werden einerseits die bestehenden rechtlichen Strukturen analysiert (s. bspw. Frieden et al., 2019) sowie mögliche förderliche Rahmenbedingungen diskutiert (s. bspw. Hoicka et al., 2021). Ebenso gibt es politische Analysen über die Implementation von europäischem in nationales Recht (s. bspw. Krug et al., 2023).

Auf den deutschen Diskurs bezogen finden sich Studien, die das grundlegende Potenzial von ES in Deutschland herausstellen (Wiesenthal et al., 2022). Ritter et al. (2023) liefern außerdem eine Übersicht zum Stand der Debatte in Deutschland, wobei in den vergangenen zwei Jahren viele Änderungen hinzugekommen sind (s. Unterkapitel 2.2). Auch werden die konkreten Effekte einer Umsetzung von weitreichenden ES-Rahmenbedingungen auf die Energiewende und den Strommarkt analysiert (dena, 2022; FfE, 2024). Aufgrund der Aktualität von ES im deutschen Gesetzgebungsverfahren tragen vermehrt Verbandspapiere und Stellungnahmen zum Diskurs bei (BDEW, 2024; BEE, 2024). Zudem hat die Deutsche Energie-Agentur einen Leitfaden für die Umsetzung von Energy Sharing Communities unter aktuell geltendem Recht herausgebracht (dena, 2025).

Zusammenfassend zeigt die kurze Literaturübersicht, dass alle drei Themenbereiche eine Vielzahl von verschiedenen Subthemen und Schwerpunkten in der Forschung aufweisen. Die Masterarbeit schließt an alle drei übergeordneten Bereiche an, konzentriert sich jedoch vor allem auf die Überschneidung der Bereiche durch den konkreten Fokus auf die Kombination von Aufdach-PV und ES in Gewerbegebieten. Hier liefert die vorliegende Masterarbeit eine praxisnahe Betrachtung und erweitert den Diskurs zu *eco-industrial parks*/nachhaltigen Gewerbegebieten, um die konkrete Analyse der Beziehung zwischen der Nutzung von Aufdach-PV und ES (FF2). Zusätzlich wird die bereits bestehende Literatur im Bereich der Gründe für und gegen die Installation von PV aggregiert und anhand der FF1

---

wissenschaftlich untersucht und damit vertieft. Darüber hinaus wurden im ES-Bereich bisher überwiegend private Haushalte betrachtet (Berg et al., 2024, S. 1), sodass hier durch den Fokus auf Gewerbegebiete zum Diskurs beigetragen werden kann. Schließlich liefert die praxisnahe Betrachtung ein Beispiel für die mögliche Wirkung von Energiesymbiosen in Gewerbegebieten als Form von der Kombination aus Aufdach-PV und ES. Insgesamt bringt die Masterarbeit bestehendes Wissen neuartig zusammen und erweitert dieses durch eine tiefgründige methodische Analyse.

## 4. Forschungsdesign und Methodik

Folgend wird das Vorgehen der Masterarbeit zur Beantwortung der FF aufgezeigt. Dazu wird zunächst das übergeordnete Forschungsdesign erläutert und anschließend die genutzten Methoden sowie deren konkrete Umsetzung beschrieben.

### 4.1 Forschungsdesign: Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe im Hamburger Bezirk Bergedorf mit begleitenden Expert:inneninterviews

Das Forschungsdesign orientiert sich am Prinzip des *Hourglass-Modells*, welches klassischerweise beim Strukturieren von wissenschaftlichen Veröffentlichungen angewendet wird (Maragkou, 2021; s. Abbildung 11). Ausgehend vom Erkenntnisinteresse zur Nutzung von Gewerbedächern für PV in Kombination mit ES wurde im vorherigen Kapitel mittels der BTF und der IS eine theoretische Erwartung hinsichtlich des Einflusses von ES auf Unternehmensentscheidungen bezüglich Aufdach-PV erarbeitet. Die daraus abgeleiteten FF werden anhand einer Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe in Kombination mit Expert:inneninterviews untersucht. Durch die Verknüpfung mit dem KLIMAreedy-Projekt, wurden zusätzliche FF definiert (s. unten). Die empirischen Ergebnisse werden in Kapitel 5 einzeln dargestellt und dabei die FF teilbeantwortet. Zuletzt werden in Kapitel 6 die Ergebnisse mit dem übergeordneten Themenbereich der PV und des ES in Verbindung gebracht, und die übergeordneten FF diskutiert.

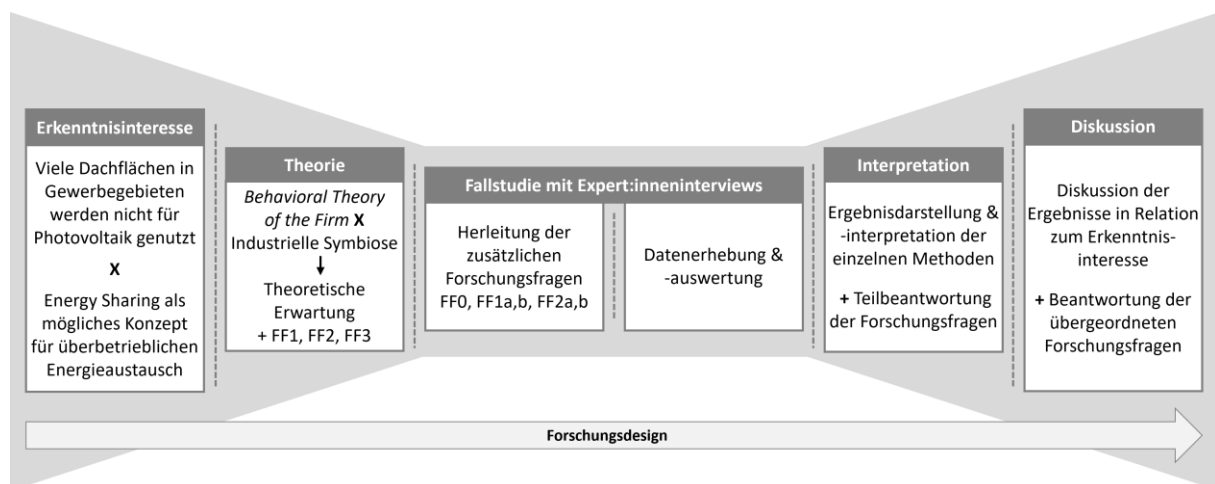


Abbildung 11: Schematische Darstellung des Aufbaus der Masterarbeit nach der Struktur des Hourglass-Modells (eigene Darstellung).

#### Begründung für die Anwendung einer Fallstudie mit begleitenden Expert:inneninterviews

Aus verschiedenen Gründen wird auf ein Fallstudiendesign zurückgegriffen. Erstens hat sich aus der praxisnahen Begleitung des KLIMAreedy-Projekts und dessen Fokus auf die Energietransformation des Gewerbegebiets Allermöhe ein konkret zu betrachtender Praxisfall mit vorteilhaftem Zugang ergeben. Zweitens bietet sich eine Fallstudie an, da es sich bei der Betrachtung des Einflusses von ES auf die Entscheidung von Unternehmen zur Installation von PV um ein komplexes sozioökonomisches Phänomen handelt, welches bisher noch nicht umfangreich erforscht wurde (Borchardt & Göthlich, 2007, S.

46; Yin, 2003, S. 2, 6f.). Drittens können die bestehenden Theorien der BTF und IS in diesem Rahmen neuartig angewendet und erweitert werden, was ebenfalls als ein Anwendungsfall von Fallstudien gilt (Borchardt & Göthlich, 2007, S. 35). Zuletzt sind die regulatorischen Rahmenbedingungen für die Bereiche PV und ES zentral (s. Unterkapitel 2.1 & 2.2) und Fallstudien im Gebiet rechtlicher Analysen verbreitet (Miller, 2018, S. 382). Die Fallstudienbetrachtung kann daher helfen, das in Deutschland noch auszugestaltende rechtliche Phänomen ES zu analysieren und Aussagen über mögliche Kausalmechanismen zu treffen (Miller, 2018, S. 390f., 393).

Dabei wird eine Fallstudie nach Yin (2003, S. 13) als „*an empirical inquiry that investigates a contemporary phenomenon within its real-life context*“ beschrieben. In der vorliegenden Fallstudie ist das betrachtete Phänomen die Nutzung von Dachflächen für PV und der Kontext die rechtlichen Rahmenbedingungen rund um PV und ES (Yin, 2003, S. 39ff.). Das Gewerbegebiet Allermöhe stellt trotz seiner Eigenheiten einen *representative case* dar, da in den meisten Gewerbegebieten große Dachflächenpotenziale für PV vorhanden sind, welche bisher jedoch nur in geringem Maße genutzt werden (GARBE, 2023; Honsel, 2023). Somit können grundlegende Erkenntnisse für das Zusammenspiel zwischen PV und ES in Gewerbegebieten erzielt werden (Yin, 2003, S. 41). Bei der methodischen Ausrichtung handelt es sich um eine beschreibende Einzelfallanalyse (Borchardt & Göthlich, 2007, S. 43). Nach dem Prinzip der Methodentriangulation werden verschiedene qualitative und quantitative Methoden innerhalb der Fallstudie angewendet, um die Aussagekraft zu erhöhen (Borchardt & Göthlich, 2007, S. 44; Schreier & Odağ, 2020, S. 159ff.; s. Unterkapitel 4.2).

Bei den begleitenden Interviews handelt es sich um systematisierende Expert:inneninterviews, bei welchen vorhandenes Wissen gesammelt und vertieft wird, um daraus Zusammenhänge ableiten zu können (Kruse, 2015, S. 167). Expert:inneninterviews sind eine Variante von Leitfadeninterviews, bei welchen die Interviewfragen vorab strukturiert werden. Die Besonderheit von Expert:inneninterviews ergibt sich aus den Eigenschaften der Befragten: Das Label Expert:in „*beschreibt die spezifische Rolle des Interviewpartners als Quelle von Spezialwissen über die zu erforschenden ... Sachverhalte*“ (Gläser & Laudel, 2010, S. 12; Helfferich, 2022, S. 876f., 888).

Im Bereich der PV bietet sich diese Methode an, um die aus der Literatur recherchierten Gründe für oder gegen die Installation von Aufdach-PV mit aktuellen Erfahrungen abzugleichen. Zudem können so Einsichten erhalten werden, an welchen Stellen es Hindernisse für den Ausbau der PV im Unternehmensbereich gibt und welche Gründe maßgeblich eine Rolle spielen. Beim ES ist die Methode hilfreich, da das Konzept in Deutschland noch nicht verbreitet ist und daher die Expert:innen aus verschiedenen Fachbereichen Erfahrungswissen zu dem theoretischen Konstrukt teilen können. Insbesondere kann so ein tieferes Verständnis zur aktuellen Debatte rund um die Ausgestaltung von ES in Deutschland erlangt werden. Zudem kann durch die Expert:inneneinschätzung in den beiden Bereichen eine Verknüpfung mit der Fallstudie hergestellt werden.

Das methodische Vorgehen charakterisiert sich zudem durch eine nachhaltigkeitswissenschaftliche Ausrichtung (Kates et al., 2001). Zum einen handelt es sich um ein interdisziplinäres Forschungsfeld, welches sich durch das komplexe Zusammenspiel von rechtlichen, technischen und sozioökonomischen Faktoren auszeichnet. Zum anderen ist durch das KLIMAready-Projekt eine praxisrelevante Problemstellung mit transdisziplinärem Charakter gegeben. Aufgrund der Doppelrolle als Werkstudierenden wurden bei der Problembetrachtung die Sichtweisen und Bedürfnisse des Praxispartners EEHH und weiterer relevanter Akteur:innen aus dem KLIMAready-Projekt einbezogen. Damit wird im Sinne der Transdisziplinarität auch auf außerwissenschaftliche Wissensressourcen zurückgegriffen und bei der Ausgestaltung des Vorgehens relevante Akteur:innen berücksichtigt (Lang et al., 2012, S. 26ff.). Beim methodischen Vorgehen im Rahmen der Fallstudie wird sich zudem an den ersten drei Schritten der Maßnahmenentwicklung des KLIMAready-Projekts (I. Handlungsfelder identifizieren, II. Vernetzung/Einbinden relevanter Akteur:innen, III. Methodische Erarbeitung übergreifender Projektideen) orientiert (s. Unterkapitel 2.3; s. Abbildung 6).

### **Zusätzliche Forschungsfragen**

Durch die Fallstudienbetrachtung mit begleitenden Expert:inneninterviews ergaben sich im Prozess über die FF aus Abschnitt 3.1.3 hinaus weitere FF. Insbesondere für den Prozess im KLIMAready-Projekt sind diese von Relevanz und stellen eine Verbindung zwischen dem übergeordneten Forschungsinteresse und der praxisorientierten Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe dar.

Für den Start des Projekts und um grundlegendes Wissen über den Betrachtungsgegenstand der Fallstudie zu gewinnen wurde folgende, zusätzliche Fragestellung hinzugenommen:

FF0: *Welche Stakeholderstruktur ist im Gewerbegebiet Allermöhe gegeben und welche Eigenschaften weist der Standort auf?*

Diese zielt darauf ab, grundlegende Informationen über das Gewerbegebiet zu erheben. Da die Frage gesondert zu dem Forschungsinteresse steht und dabei dennoch wichtig für den Start des Projekts und die Fallstudienenerhebung war, wird sie vorangestellt und als FF0 bezeichnet (Franz, 2024).

Daneben wurden im Bereich der PV und der FF1, *weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt*, folgende Fragen definiert:

FF1a: *Welche theoretischen Aufdach-Photovoltaik-Potenziale weist das Gewerbegebiet Allermöhe auf und was ist der aktuelle IST-Zustand?*

FF1b: *Wie sind die ansässigen Unternehmen gegenüber Aufdach-Photovoltaik eingestellt und welche Motivation sowie Hindernisse bestehen?*

Durch FF1a wird untersucht, welche theoretischen Potenziale die Dachflächen im Gewerbegebiet liefern und wie fortgeschritten der Ausbau der PV bereits ist. Damit kann die Relevanz von Dachflächen in Gewerbegebieten zur Nutzung von Aufdach-PV verdeutlicht und anhand eines konkreten Beispiels quantifiziert werden. Schließlich hilft FF1b zu verstehen, welche Gründe und Hindernisse maßgeblich einen Einfluss auf die Installation von PV bei den ansässigen Unternehmen haben.

Auch innerhalb von FF2, kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden, wurden zusätzliche FF definiert:

**FF2a:** Welche Faktoren beeinflussen das Verhalten von Unternehmen im Kontext von Energy Sharing und welche Implikationen ergeben sich daraus für eine mögliche Umsetzung?

**FF2b:** Welche Anwendungsformen von Energy Sharing sind innerhalb des Gewerbegebiets Allermöhe denkbar?

Auf Basis von FF2a werden die Anreize und Hürden von ES für Unternehmen betrachtet. Abhängig vom Unternehmensverhalten werden außerdem die Besonderheiten von ES bei Unternehmen herausgearbeitet und abgeleitet, was diese für eine mögliche Umsetzung bedeuten. Durch die FF2b werden außerdem konkrete Umsetzungsmöglichkeiten betrachtet und unter anderem Aussagen zu den Implikationen des § 42c auf ES in Gewerbegebieten getroffen. Aufgrund bisher fehlender rechtlicher Grundlagen für ES in Deutschland, ist es wichtig anzumerken, dass die Aussagen in diesem Bereich theoretischer Natur sind.

Die zur Beantwortung der FF genutzten Methoden werden in den nächsten beiden Unterkapiteln kurz eingeführt und deren Anwendung begründet. Ebenso wird erklärt, wie die spezifischen Arbeitsschritte in der Datenerhebung und der Datenauswertung gestaltet wurden. Abbildung 12 zeigt auf, wo die Methoden in Kombination mit den FF und den vier Schritten der Maßnahmenentwicklung aus dem KLIMAready-Projekt verortet werden können.

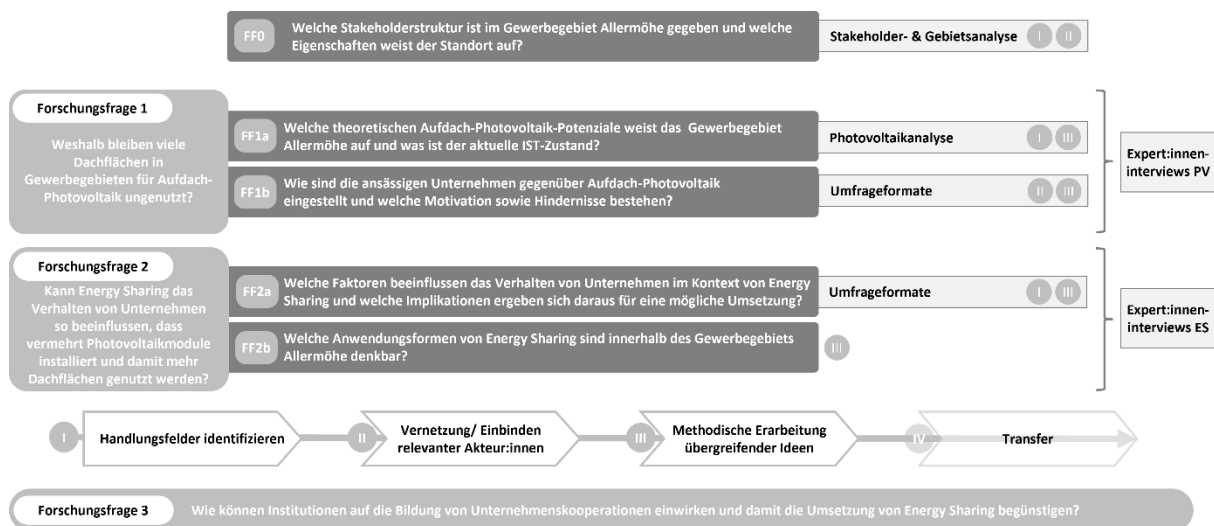


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Forschungsfragen in Kombination mit den angewendeten Methoden und den vier Schritten der Maßnahmenentwicklung aus dem KLIMAready-Projekt (eigene Darstellung).

## 4.2 Fallstudienspezifische Methoden

Konkret auf die Fallstudie bezogen wurden eine Stakeholder- und Gebietsanalyse, eine Photovoltaikanalyse und zwei Umfrageformate durchgeführt. In diesem Unterkapitel werden die Methoden einzeln dargestellt.

### 4.2.1 Stakeholder- und Gebietsanalyse

Um eine bessere Übersicht und einen Zugang zum Gewerbegebiet Allermöhe zu gewinnen sowie relevante Akteur:innen zu identifizieren, wurde zu Beginn eine Stakeholder- und Gebietsanalyse durchgeführt (FFO). Stakeholder bezeichnet „*individuals, groups of individuals or institutions that have an interest in, or are affected by, decision-making related to a specific issue or problem*“ (Franz, 2024). Ergänzend zu der Stakeholderanalyse, wurden im Rahmen der Gebietsanalyse Informationen gesammelt und aggregiert, die relevant für etwaige Klimaschutzmaßnahmen sein könnten. Für das KLIMA-ready-Projekt konnte so zu den Schritten I und II der Maßnahmenentwicklung (mögliche Handlungsfelder identifizieren und Vernetzung mit relevanten Akteur:innen) beigetragen werden.

#### Stakeholderanalyse – Datenerhebung

Zu Beginn wurden in einem Brainstormingprozess auf Basis der bereits vorhandenen Informationen erste Stakeholder identifiziert und gesammelt. Anschließend wurde Kontakt zu relevanten Akteur:innen gesucht und damit Wissen über weitere Stakeholder gewonnen („Snowball-Sampling“; Franz, 2024). Der Prozess hat sich somit Schritt für Schritt vertieft und wurde in der Rolle als Werkstudierende über die ersten Projektmonate vorangetrieben (s. Tabelle 3). Durch die Gespräche wurden zusätzlich bestehende Wissensressourcen und hilfreiche Erfahrungswerte ermittelt.

Tabelle 3: Übersicht kontaktierter Akteur:innen/Institutionen im Rahmen der Stakeholder- und Gebietsanalyse. Personenbezogene Daten werden aus Datenschutzgründen nicht genannt.

Nr.	Zeitpunkt	Institution	Begründung/Gesprächsinhalt
1	10/2024	Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E)	Fachlicher Austausch zu möglichen Themenfeldern im Bereich unternehmerischer Energiekooperationen.
2	11/2024	Klimaschutzmanagement des Gewerbepark Hamburg-Nord	Fachlicher Austausch zum Netzwerkaufbau und zu Erfahrungen mit Unternehmenskooperationen für Klimaschutzmaßnahmen.
3	11/2024	Unternehmensnetzwerk Allermöhe, Lenkungskreis	Kennenlernen und planen konkreter Schritte für das weitere Vorgehen im Gewerbegebiet Allermöhe.
4	12/2024	HamburgInvest, Bereich Gewerbeflächen & Immobilien	Hintergrundgespräch zu dem Gewerbegebiet Allermöhe und der dortigen Flächenentwicklung.
5	01/2025	Bezirksamt Bergedorf, Wirtschaftsförderung	Anfrage und kurzer Schriftwechsel zu Hintergrundinformationen über die Unternehmensstruktur im Gewerbegebiet Allermöhe.
6	01/2025	Bezirksamt Bergedorf, Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung	Anfrage und kurzes Telefonat zu relevanten Entwicklungen im Bereich der Stadt- und Landschaftsplanung.
7	02/2025	Hamburger Energienetze, Abteilung Netzanschluss	Hintergrundgespräch zu den Stromnetzen vor Ort.

#### Stakeholderanalyse – Datenauswertung

Die ermittelten Stakeholder wurden im Laufe des Prozesses in einer Stakeholder-Liste gesammelt (s. Anhang 1.1.1). Dort wurde zunächst eine Einordnung vorgenommen, ob es sich bei den jeweiligen Akteur:innen um einen direkten oder indirekten Stakeholder oder um lediglich eine:n relevante:n Akteur:in handelt. Der Unterschied liegt hier in der aktiven Beteiligung im Projekt: Während die direkten Stakeholder einen direkten Zugang zum Projekt haben, sind die indirekten Stakeholder nur zweitrangig im Projekt beteiligt, weil sie beispielsweise übergeordnete Institutionen, wie Behörden sind. Die

relevanten Akteur:innen weisen keine konkrete Verbindung zu dem Projekt auf, sind jedoch im Besitz relevanter Wissensressourcen und weisen thematische Überschneidungen auf. Zusätzlich wurde für die einzelnen Stakeholder bewertet, welche Relevanz/möglichen Einfluss diese auf den Ablauf des Projekts haben und *vice versa*, welche Relevanz das Projekt für die Stakeholder hat. Die zentralen Stakeholder wurden anschließend visuell in einer Übersichtsgrafik festgehalten (s. Abbildung 13).

#### **Gebietsanalyse – Datenerhebung**

Zunächst wurden durch eine Internetrecherche erste und leicht zugängliche Informationen über das Gewerbegebiet gesammelt. Anhand verschiedener fachlicher Gespräche (s. Tabelle 3) konnten außerdem weitere Informationen und Hinweise zu bereits bestehenden Wissensressourcen gewonnen werden. Zusätzlich wurden durch eine Begehung Eindrücke über das Gebiet gesammelt und diese fotografisch festgehalten (s. Anhang 5).

Neben dem Zusammenbringen und Auffinden vorhandener Daten wurden mittels einer quantitativen Erhebung außerdem Daten zu der Unternehmensstruktur vor Ort erhoben. Da die Handelskammer Hamburg aus Datenschutzgründen keine Daten teilen konnte und sowohl im Unternehmensregister des Bundesanzeiger Verlags als auch beim Gemeinsamen Registerportal der Länder kein geografischer Abgleich sinnvoll durchzuführen war, wurden die ansässigen Unternehmen über den Kartendienst GoogleMaps recherchiert und in einer Tabelle vermerkt. Über weitere Internetrecherchen, insbesondere über die Unternehmenswebseiten, wurden spezifische Informationen über die einzelnen Unternehmen gesammelt und festgehalten (s. Anhang 1.1.2).

Die Kategorien für die Unternehmensgrößen wurden basierend auf der Definition der Europäischen Kommission zu KMUs festgelegt (Empfehlung 2003/361/EG, Art. 2). Es wurden konkrete Informationen zu den Mitarbeitendenzahlen der Unternehmen recherchiert. Sofern keine Informationen ausfindig gemacht werden konnten, wurde die Unternehmensgröße basierend auf Erfahrungswerten im Vergleich zu den anderen Unternehmen geschätzt. Da es insbesondere bei den kleineren Betrieben schwierig war, Informationen zu finden und eine geschätzte Einteilung willkürlich erschien, wurden Kleinst- (1-9 Mitarbeitende) und kleine Unternehmen (10-49 Mitarbeitende) als „Klein(st)unternehmen“ (1-49 Mitarbeitende) zusammengefasst. Die Branchen wurden unter der Zuhilfenahme der Branchenkategorien aus dem Gewerbeflächenkonzept des Bezirksamts Bergedorf (2018) definiert.

#### **Gebietsanalyse – Datenauswertung**

Die grundlegenden Informationen zum Gewerbegebiet Allermöhe wurden in einer Übersichtsdatei festgehalten und aggregiert (s. Anhang 1.1.3). Bei den Unternehmensdaten wurde mittels einer statistischen Analyse ermittelt, wie die Verteilung der Unternehmensgröße sowie Branchen im Gewerbegebiet ist. Zudem wurden weitere Informationen ausgewertet, wie beispielsweise der Anteil an Unternehmen im ansässigen Unternehmensnetzwerk (s. Tabelle 5).

### 4.2.2 Photovoltaikanalyse

Zur Einschätzung der vorhandenen PV-Potenziale und der bereits installierten Leistung auf den Dachflächen im Gewerbegebiet wurde eine Photovoltaikanalyse unter der Nutzung von *Geographical Information Systems* (GIS; von Wehrden & Chauhan, 2024) durchgeführt (FF1a; Schritt 1: Handlungsfelder identifizieren). Bei den Potenzialen wurde das theoretische Potenzial betrachtet, welches „die gesamte im Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehende [Dach-]Fläche sowie das gesamte physikalische Angebot des Energieträgers ohne Berücksichtigung der tatsächlichen nutzungsbedingten Einschränkungen“ (Rullán Lemke et al., 2023, S. 28) ist. Grundlegend kann aus dem theoretischen Potenzial das technische Potenzial abgeleitet werden, welches technologische Einschränkung, wie beispielsweise die Statik eines Daches, miteinbezieht. Hieraus kann wiederum das realisierbare Potenzial ermittelt werden, welches sozio-ökonomische Faktoren und regulatorische Hürden berücksichtigt. Damit ist das realisierbare Potenzial eine Teilmenge des technischen Potenzials, welches wiederum eine Teilmenge des gesamten theoretischen Potenzials ist (Rullán Lemke et al., 2023, S. 28ff.). Zwar haben das technische und realisierbare Potenzial eine höhere Aussagekraft zu potenziell erschließbaren PV-Flächen, dennoch liefert das theoretische Potenzial Näherungswerte und lässt Aussagen zu.

#### Datenerhebung

Bei der Bestimmung der PV-Potenziale wurde auf einen vorhandenen Datensatz des Landesbetriebs Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg (2024) zurückgegriffen, welcher unter anderem auch für den Hamburger Solaratlas genutzt wird. Der Datensatz basiert auf einer Laserscanbefliegung im Frühjahr 2022, bei der Daten zu den Eigenschaften der Dachflächen erhoben wurden. Darauf aufbauend wurden durch Annahmen über die Modulgröße und Modulleistung theoretische Werte zur Leistung ermittelt. Die vorhandenen Daten wurden mit Hilfe der Geoinformationssystemsoftware QGIS eigens auf das Gewerbegebiet Allermöhe zugeschnitten und fehlende Daten sowie weitere Informationen ergänzt. Hierbei wurden die Gesamtgebäudedaten für die Berechnung der theoretisch installierbaren PV-Leistung, der theoretisch installierbaren Anzahl an PV-Modulen sowie der theoretisch nutzbaren Dachflächen für PV genutzt. Die einzelnen Daten zu den Dachseiten wurden herangezogen, um den theoretischen Stromertrag pro Jahr in kWh zu berechnen (s. Anhang 1.2.1).<sup>10</sup> Zusätzlich wurden Gebäude, die zur Zeit der Datensatzerstellung noch nicht bestanden haben, ergänzt und soweit eine PV-Anlage installiert war, diese Daten zum theoretischen Potenzial hinzugerechnet (s. Anhang 1.2.2) Bei der Erhebung des IST-Zustandes wurde das Marktstammdatenregister (MaStR) der Bundesnetzagentur genutzt. Hier findet sich unter anderem eine Auflistung aller ans Stromnetz angeschlossener Erzeugungsanlagen, wodurch umfassende Daten zu installierten und geplanten PV-Anlagen abgerufen werden können (Bundesnetzagentur, 2025b). Die Daten zu PV-Anlagen im Gewerbegebiet Allermöhe

---

<sup>10</sup> Zusätzlich wurden zugeschnittene Daten aus der Solarpotenzialstudie von Rullán Lemke et al. (2023) zur Verfügung gestellt. Aufgrund eines besser zu verarbeitenden Datenformats wurde sich jedoch ausschließlich auf den Datensatz vom Landesbetriebs Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg (2024) gestützt.

wurden hierüber ermittelt und in einer Tabelle zusammengetragen (s. Anhang 1.2.3). Da die Auswertung der Daten zeitintensiv war und im Forschungsprozess weitere Erhebungen stattfanden, ist der Stand der Daten aus dem Erhebungszeitraum vom 28. Februar 2025.

### **Datenauswertung**

Die Datenauswertung wurde auf zweierlei Weise durchgeführt. Zum einen wurden die vorhandenen Daten mittels QGIS grafisch dargestellt. Es wurde eine Karte zu der Eignung der Dachflächen sowie zwei weitere zu den bereits installierten und geplanten Anlagen erstellt (s. Abbildung 14 Abbildung 15; s. Anhang 6). Zum anderen wurden die Daten statistisch ausgewertet, sodass Aussagen zu dem theoretischem Gesamtpotenzial und der installierten Leistung der PV im Gewerbegebiet Allermöhe getroffen werden konnten (s. Anhang 1.2.2).

### **4.2.3 Umfrageformate**

Im Rahmen vom KLIMAready-Projekt wurden in der Rolle als Werkstudierender zwei Umfrageformate ausgearbeitet, wobei relevante Themen für das vorliegende Forschungsinteresse berücksichtigt wurden. Im Sinne explorativer Umfrageforschung war es hier das Ziel, ein besseres Verständnis für die Unternehmen vor Ort und ihre Interessen rund um das Thema der Energietransformation zu gewinnen (Böttner, 2024; FF1b, FF2a). Da die Umfrageergebnisse der weiteren Planung von Kreativworkshops zur Entwicklung konkreter Ideen für die Energietransformation dienten, wurde sich im Rahmen des Projekts vor allem auf die am Projekt interessierten Unternehmen konzentriert (3. Methodische Erarbeitung und Bewertung von übergreifenden Projektideen). Bei der Auftaktveranstaltung zum Projekt im Gewerbegebiet Allermöhe am 27. Februar 2025 wurde ein *Dot-Voting* durchgeführt und anschließend eine Online-Befragung umgesetzt.

#### ***Dot-Voting* – Datenerhebung**

Für das *Dot-Voting* (Horster, 2023, S. 300ff.) wurden im Vorhinein von der Auftaktveranstaltung drei Planwände erstellt (s. Anhang 7). Über ein Koordinatensystem wurde bei der ersten und zweiten Wand die Einschätzung der anwesenden Unternehmen zum Klimaschutz und zu unternehmensübergreifenden Kooperationen abgefragt. Im dritten Fall wurde das Interesse an verschiedenen Themenbereichen der Energietransformation ermittelt. Während bei den ersten beiden für jedes Unternehmen nur ein Klebepunkt verwendet werden durfte, konnten bei den Themenfeldern bis zu drei Punkte beliebig verteilt werden. Insgesamt haben sich acht Unternehmen an dem *Dot-Voting* beteiligt.

#### ***Dot-Voting* – Datenauswertung**

Bei der Datenauswertung wurden die Ergebnisse fotografisch festgehalten und inhaltlich analysiert.

#### **Online-Befragung – Datenerhebung**

Im Anschluss an die Auftaktveranstaltung vom 03. bis zum 10. März 2025 wurde eine Online-Befragung durchgeführt. Hierzu wurde ein zweiteiliger Fragebogen angefertigt (s. Anhang 1.3.1). Der erste Teil zielte spezifisch auf die grundlegende Einstellung und Situation der Unternehmen im Bereich der

Energietransformation für die weitere Maßnahmenentwicklung im KLIMAready-Projekt ab. Der zweite Teil hingegen wurde konkret für die hier vorliegende Masterarbeit konzipiert und enthält Fragen rund um PV und ES.

Zur Auswahl und konkreten Ausgestaltung des Fragebogens wurde sich am SPSS-Verfahren nach Helfferich zur Gestaltung von Leitfadeninterviews orientiert (2011, S. 182ff.). Der Fragebogen wurde anschließend in die Software Microsoft Forms überführt und durch Pretests auf Unstimmigkeiten überprüft (Methodenportal der Uni Leipzig, o. J.). Schließlich wurde der Fragebogen über einen Mailverteiler an die ansässigen Unternehmen im Gewerbegebiet versendet. Der Rücklauf betrug insgesamt acht Antworten von ansässigen Unternehmen, wobei lediglich zwei davon auch den zweiten, masterarbeitsspezifischen Teil ausgefüllt haben.

#### **Online-Befragung – Datenauswertung**

Für die Datenauswertung wurden die Ergebnisse zunächst in einer Tabelle aggregiert und statistisch analysiert (s. Anhang 1.3.2). Zudem wurden die Daten über Microsoft Forms visualisiert (s. Anhang 1.3.3). Zusätzlich wurden die nicht numerischen Antworten inhaltlich analysiert und zentrale Ergebnisse festgehalten. Aufgrund der geringen Rücklaufquote war es nicht möglich, tiefgründige statistische Verfahren, wie beispielsweise Korrelationen, zu berechnen. Da jedoch fünf Unternehmen ihre Kontakt- und Firmendaten angegeben haben, konnten für die weitere Maßnahmenentwicklung im KLIMAready-Projekt unternehmensspezifische Daten herausgearbeitet und diese zur Vorbereitung der Kreativworkshops genutzt werden.

#### **4.3 Expert:inneninterviews**

Die Begründung für Expert:inneninterviews und dessen Erklärung wurde bereits in Unterkapitel 4.1 dargestellt, sodass diese hier nicht noch einmal wiederholt wird. Eine Übersicht der durchgeführten Interviews samt Begründung für die Expert:innenauswahl ist in Tabelle 4 zu finden.

#### **Datenerhebung**

Insgesamt wurden acht Expert:inneninterviews mit einer Länge zwischen 51 und 66 Minuten über das Programm Microsoft Teams geführt und aufgezeichnet. Drei davon hatten einen Fokus auf PV und fanden im November und Dezember 2024 statt (Interview Nr. 1-3). Die anderen fünf bezogen sich vor allem auf den Bereich ES und wurden im April 2025 absolviert (Interview Nr. 4-8). Die Interviews wurden mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz transkribiert und dabei pseudonymisiert. Die Rohfassungen wurden anschließend manuell überarbeitet und anhand von inhaltlich-semantischen Transkriptionsregeln vereinheitlicht (Dresing & Pehl, 2018, S. 16ff.; s. Anhang 1.4.1.1, Anhang 1.4.2.1).

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten Expert:inneninterviews, samt anonymisierter Informationen zur Funktion und Institution sowie einer Begründung für die Auswahl.

Nr.	Pseudonym	Funktion & Institution	Begründung
1	E1.01	Referentin für Erneuerbare Energien bei einer Landesbehörde	Als Referentin für Erneuerbare Energien mit Praxiserfahrung in der Photovoltaikbranche ist spezifisches Fach- und Erfahrungswissen vorhanden.
2	E1.02	Projektingenieur bei einem Ingenieurbüro für Erneuerbare Energien, insbesondere Photovoltaik	Erfahrungen als Projektleitung im Rahmen von Beratungskampagnen zu Photovoltaik auf Gewerbedächern.
3	E1.03	Referentin Photovoltaik bei einer Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz	Die Landesgesellschaft ist bei Photovoltaik auf Gewerbedächern beratend tätig und die Expertin hier mit eingebunden.
4	E2.01	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an einem Forschungsinstitut für Wirtschafts- und Nachhaltigkeitsthemen	Forschung und Dissertation sowie Veröffentlichungen zu Energy Sharing im deutschen Kontext.
5	E2.02	Rechtsanwalt und Referent mit Schwerpunkt Energierecht	Fokus auf der Rechtsberatung zur dezentralen Energieversorgung sowie Veröffentlichungen und Referententätigkeit zu energierechtlichen Entwicklungen.
6	E2.03	Referent für die Netznutzung bei einem Stromnetzbetreiber	Erhalt von Informationen zu Energy Sharing aus Sicht eines Verteilnetzbetreibers und Auseinandersetzung des Experten mit Energy Sharing im Rahmen der Referententätigkeit.
7	E2.04	Referentin für Energiegemeinschaften bei einer nationalen Institution in Österreich	Als Referentin für Energiegemeinschaften aus Österreich im Besitz von Praxiserfahrungen und Wissen zu Energy Sharing.
8	E2.05	Expertin für Stromerzeugung bei einer nationalen Energieagentur	Beteiligung an einem Pilotprojekt zur Umsetzung von Energy Sharing sowie Veröffentlichungen im Themenbereich.

Bei der Erstellung der Interviewleitfäden wurde sich ebenfalls am SPSS-Verfahren nach Helfferich zur Gestaltung von Leitfadeninterviews orientiert (2011, S. 182ff.). Zudem gab es eine Rücksprache mit Fachexpert:innen vom EEHH. Da der Fokus auf dem fachlichen Wissen lag, wurden die Leitfäden den Interviewteilnehmenden im Vorhinein zur Vorbereitung zugesendet.

Für die Interviews mit Schwerpunkt PV (Nr. 1-3) wurde der gleiche Leitfaden mit drei thematischen Blöcken zu den Besonderheiten von Gewerbegebieten/Logistik, den Gründen für und gegen die Installation einer PV-Anlage bei Unternehmen sowie zu möglichen Lösungsansätzen/Energy Sharing verwendet (s. Anhang 1.4.1.2). Da sich Interview 1 kurzfristig innerhalb eines fachlichen Austauschs ergeben hatte, lag zu diesem Zeitpunkt noch kein Interviewleitfaden vor. Dennoch wurden auch hier auf Grundlage der recherchierten Literatur die gleichen Themen adressiert.

Bei den Interviews mit dem Fokus auf ES (Nr. 4-8) ergaben sich ebenfalls drei inhaltliche Blöcke für die Interviewleitfäden: 1. Allgemeines zum Thema ES, 2. Spezifische Fachfragen zum Thema ES, 3. Fragen zum Gewerbegebiet Allermöhe (s. Anhang 1.4.2.2). Da Wissen zu ES aus möglichst unterschiedlichen Perspektiven gewonnen werden sollte, wurden Expert:innen mit verschiedenen Hintergründen ausgewählt: E2.01 aus der Wissenschaft, E2.02 aus dem Rechtsbereich, E2.03 aus der energiewirtschaftlichen Praxis, E2.04 aus der konkreten Umsetzung von ES und E2.05 aus der praxisnahen Politikberatung. Der zweite Fragenblock eines jeden Leitfadens wurde daher je nach Interviewpartner:in angepasst und die anderen Frageblöcke darauf inhaltlich abgestimmt. Der dritte Block zielte darauf ab,

eine Expert:inneneinschätzung zu den Rahmenbedingungen und möglichen Umsetzungsideen für ES im Gewerbegebiet Allermöhe zu erhalten. Zur Vorbereitung wurde den Interviewteilnehmenden im Vorhinein ein Factsheet über das Gewerbegebiet übersendet (s. Anhang 1.4.2.3).

### **Datenauswertung**

Zur Analyse der Interviews wurde eine strukturierende Inhaltsanalyse mit deduktiver Kategorienanwendung nach Mayring und Fenzl (2019, S. 633ff.) angewendet und hierzu die Software MAXQDA genutzt (s. Anhang 1.4.3). Da das Forschungsinteresse informationsbezogen ist, standen hierbei nicht die Expert:innen mit ihrer persönlichen Perspektive im Vordergrund, sondern fungierten lediglich als Medium von Fachwissen. Die Analyse zielte daher auf die inhaltlichen Aussagen ab, aus denen faktisches Wissen zu den Themenfeldern herausgearbeitet wurde (Helfferich, 2022, S. 887; Meuser & Nagel, 1991, S. 458). In diesem Rahmen stellten die Interviews Nummer 1 bis 3 mit ihrem Schwerpunkt auf PV die erste Auswertungseinheit dar, während die Interviews Nummer 4 bis 8 mit dem Fokus auf ES die zweite Auswertungseinheit bildeten. Für beide Auswertungseinheiten sind die Kontexteinheit die einzelnen Interviews und die Kordiereinheit mindestens ein einzelnes, sinntragendes Wort.

Je Auswertungseinheit wurde ein Codierleitfaden erstellt (s. Anhang 1.4.1.3, Anhang 1.4.2.4). Zunächst wurden aus den Interviewleitfäden und der Literatur in Bezug auf die FF relevante Kategorien deduktiv abgeleitet und systematisch durch (Sub-)Codes ergänzt. Hierbei handelte es sich um einfache Kategorienlisten mit einem nominalen Skalenniveau. Anhand des Kategoriensystems wurde dann zunächst ein einzelnes Interview codiert und induktiv Anpassungen und Ergänzungen vorgenommen. Anschließend wurde der Codierleitfaden festgelegt und die weiteren Interviews anhand diesem codiert. Der Codierleitfaden umfasst zu einer jeweiligen Kategorie, beziehungsweise einem (Sub-)Code, eine Definition, ein Ankerbeispiel sowie eine Codierregel.

Im Anschluss an die Codierung wurden die Erkenntnisse der jeweiligen Auswertungseinheit pro Kategorie und (Sub-)Code festgehalten und aussagekräftige Zitate herausgearbeitet. Basierend auf diesen Zusammenfassungen wurde die Deskription der Ergebnisse gegliedert und angefertigt.

## 5. Darstellung und Interpretation der Einzelergebnisse

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse der angewendeten Methoden einzeln aufgezeigt. Je Methode werden die Einzelergebnisse zuerst deskriptiv dargestellt und in einem zweiten Schritt interpretiert.

### 5.1 Fallstudienspezifische Methoden

Die Ergebnisse der fallstudienspezifischen Methoden werden in diesem Unterkapitel dargestellt. Darauf folgen gesondert die Ergebnisse der Expert:inneninterviews.

#### 5.1.1 Stakeholder- und Gebietsanalyse

##### Deskription

Im Rahmen der Gebietsanalyse wurden strukturelle Informationen über den Standort Allermöhe gesammelt (s. Anhang 1.1.3). Das Gewerbegebiet liegt an der A25 in den Marschlanden bei der Dove-Elbe im Bezirk Bergedorf. Insgesamt verfügt das Areal über eine Fläche von 173 ha und gilt damit als eines der größten Gewerbegebiete Hamburgs. Es wird zudem als „Logistikstandort von europäischer Bedeutung“ bezeichnet und ist der größte Beschäftigungsstandort in Bergedorf. Das Gewerbegebiet gilt schon seit längerem als „verdichtet“, was bedeutet, dass kaum noch Entwicklungsflächen vorhanden sind. Der Standort ist überwiegend durch große Logistikhallen und Flurstücke geprägt, die im Besitz großer Unternehmen sind. Daneben gibt es im östlichen Bereich auch kleinere Gebäudeeinheiten und zugehörige Betriebe (s. Anhang 8). Die Wahrnehmung vor Ort ist definiert durch die großen Hallen und den LKW-Verkehr. Trotz der funktionalen Prägung weist das Gewerbegebiet einige Naturflächen in Form von kleinen Kanälen oder Baumreihen auf (s. Anhang 5).

In der Nähe zum Gebiet besteht mit der S-Bahnstation „Mittlerer Landweg“ eine Verbindung zum ÖPNV, die durch stark frequentierte Buslinien ergänzt wird. Beim Verkehr kommen drei öffentliche E-Ladestrukturen hinzu. Eine Besonderheit ist zudem die WABE-Kindertagesstätte „Wirbelwind“, dessen Betrieb eingangs durch das lokale Unternehmensnetzwerk angestoßen wurde. Für das Stromnetz sind die Hamburger Energienetze verantwortlich und das Gebiet ist am Umspannwerk „Allermöhe“ angeschlossen, wobei dieses nicht alleinig das Gewerbegebiet versorgt. Laut Aussagen der Hamburger Energienetze besteht hier zurzeit keine drängende Netzüberbelastung. Der Netzanschluss für die Installation weiterer PV-Anlagen muss jedoch von Fall zu Fall geprüft werden und kann mit Zusatzkosten einhergehen. Innerhalb der nächsten zehn Jahre ist im Netzausbauplan außerdem eine Erweiterung, beziehungsweise Teilerneuerung, des Umspannwerks geplant (s. Anhang 1.1.3).

Bei der Stakeholderanalyse wurden verschiedenste Akteur:innen ermittelt (s. Abbildung 13; s. Anhang 1.1.1). Bei den direkten Stakeholdern sind zunächst EEHH und die LIHH als zentrale KLIMAreedy-Projektpartner zu nennen. Die LIHH ist, neben dem Wirtschafts- und Stadtmarketing Bergedorf e.V. und der Wirtschaftsförderung Bergedorf, ein Teil vom Lenkungskreis des Unternehmensnetzwerks Allermöhe (UNA). Als lokales Unternehmensnetzwerk kommt diesem eine zentrale Rolle in dem Projekt zu,

da es einen Zugang zu den Unternehmen ermöglicht und mit dem Lenkungsreis die Interessen dreier direkter Stakeholder bündelt. Auf Seiten des Bezirksamtes Bergedorf sind zusätzlich das Klimaschutzteam sowie die Landschafts- und Stadtplanung direkte Stakeholder. Mit der ZEBAU und Averdung Ingenieure & Berater GmbH sind hier außerdem zwei relevante Akteurinnen nachgelagert, welche im Auftrag des Bezirksamtes bereits eine Solarberatungskampagne für Unternehmen in Bergedorf durchgeführt haben. Auf Seiten des KLIMAreedy-Projekts ist neben den weiteren Projektpartnern auch die Hamburgische Investitions- und Förderbank direkt im Projekt involviert, da diese die Fördermittel an das KLIMAreedy-Konsortium verteilt. Im technischen Bereich treten die Hamburger Energienetze als direkter Stakeholder auf, da diese bei der Umsetzung verschiedenster Projekte eingebunden werden müssten.

Neben den direkten und indirekten Stakeholdern wurden weitere Akteur:innen aus dem Hamburger Umfeld identifiziert, die aufgrund von thematischen oder institutionellen Überschneidungen eine Relevanz für das KLIMAreedy-Projekt und das Gewerbegebiet Allermöhe haben können. Ein ermittelter relevanter Akteur ist der Gewerbepark Hamburg-Nord. Hier besteht, ähnlich zum KLIMAreedy-Vorgehen in Allermöhe, seit 2021 ein Projekt zur klimaneutralen Ausrichtung des Gewerbegebiets. Weitere Akteur:innen sind die Handelskammer, Handwerkskammer, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), deren Verbundprojekt UmweltPartnerschaft sowie die Hamburg Invest Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbh.

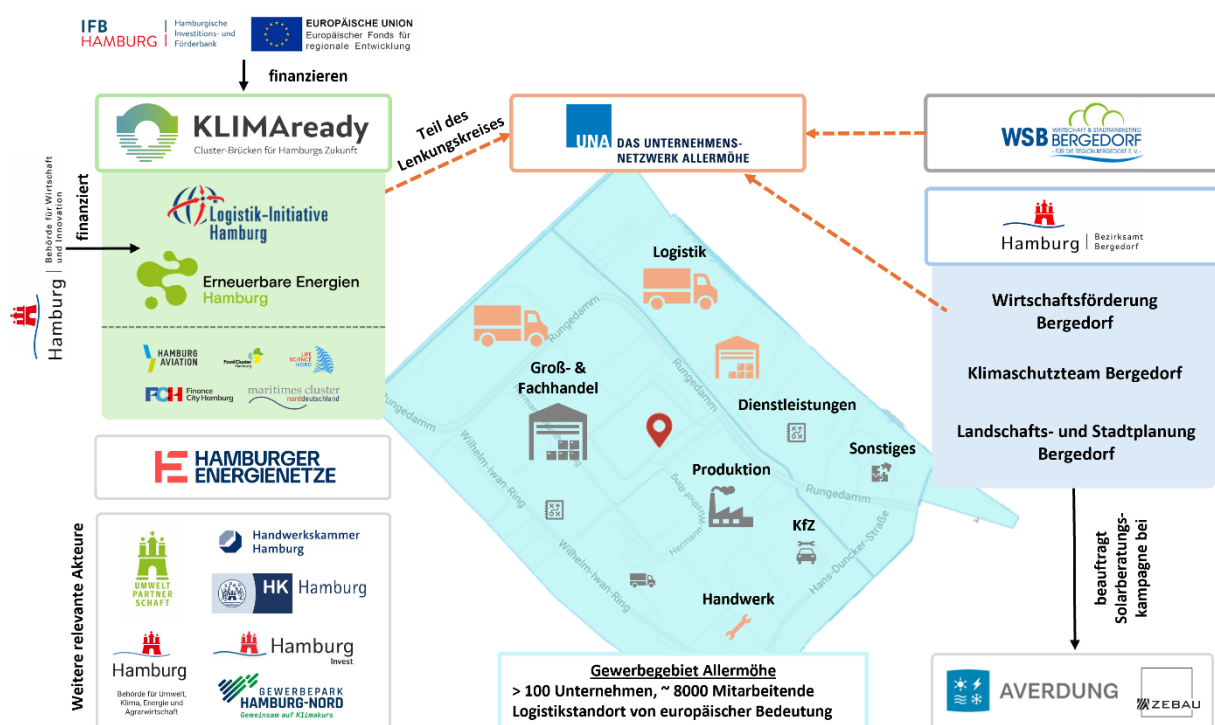


Abbildung 13: Darstellung der Beziehung aller wichtiger Stakeholder und Akteur:innen, die im Rahmen vom KLIMAreedy-Projekt im Gewerbegebiet Allermöhe eine Relevanz haben (eigene Darstellung).

Zentrale und somit direkte Stakeholder sind neben den bereits genannten die ansässigen Unternehmen, die im Fokus des KLIMAreedy-Projekts stehen. Während die Unternehmensanzahl am Standort offiziell auf 162 beziffert wird (HamburgInvest, o. J.-a), konnten durch die eigenständige Recherche lediglich 103 Unternehmen identifiziert werden. Vermutlich hängt dies damit zusammen, dass einzelne Unternehmen mehrere Tochterfirmen am Standort gemeldet haben, die beispielsweise für die Immobilienverwaltung zuständig sind, aber in dem Sinne keinen eigenen Standort „betreiben“. Dennoch konnten aus der Recherche näherungsweise Erkenntnisse über die Unternehmensstruktur gewonnen werden (s. Tabelle 5; s. Anhang 1.1.2). Am Standort sind mit einem Anteil von 51,5 % mehrheitlich Klein(st)unternehmen ansässig. Daneben entfallen 28,2 % auf Großunternehmen und 17,5 % auf mittlere Unternehmen. Bei den Branchen zeigt sich die logistische Prägung des Gewerbegebiets. Über 58,3 % sind in der Logistik oder im Großhandel tätig, gefolgt von 15,5 % im Dienstleistungssektor. Weitere vertretene Branchen sind absteigend nach dem Gesamtanteil das Handwerk, produzierendes Gewerbe, Sonstiges und das KfZ-Gewerbe. Von den ermittelten Unternehmen haben 58,3 % ihren Hauptsitz in Allermöhe. Sechs Unternehmen sind Teil der UmweltPartnerschaft. 30,1 % aller Unternehmen sind außerdem im Unternehmensnetzwerk Allermöhe vertreten. Hier sind allerdings die größeren Unternehmen (45,2 % der UNA-Unternehmen), ebenfalls wie die Branchen Logistik und Großhandel (61,3 % der UNA-Unternehmen) im Vergleich zu der Gesamtverteilung überrepräsentiert. Das UNA fungiert dabei als ein loses Netzwerk, welches im Jahr zwei bis drei Netzwerktreffen zu verschiedensten Themen durchführt und bereits vereinzelte Projekte, wie die Errichtung einer Kindertagesstätte, angestoßen hat.

Tabelle 5: Übersicht der Daten zur Unternehmensstruktur im Gewerbegebiet Allermöhe.

Unternehmensgröße	Anteil in %	Branchen	Anteil in %
Klein(st)unternehmen	51,5	Logistik	34,0
Mittlere Unternehmen	17,5	Großhandel	24,3
Großunternehmen	28,2	Dienstleistung	15,5
NA	2,9	Handwerk	8,7
Teil vom UNA	Anteil in %	Produzierendes Gewerbe	6,8
Ja	30,1	Sonstiges	5,8
Nein	69,9	KfZ-Gewerbe	3,9
Hauptstandort in Allermöhe	Anteil in %	NA	1,0
Ja	58,3		
Nein	36,9		
NA	4,9		

### Interpretation

Für die Beantwortung der FF0, welche Stakeholderstruktur ist im Gewerbegebiet Allermöhe gegeben und welche Eigenschaften weist der Standort auf, sind verschiedene Erkenntnisse festzuhalten. Grundlegend ist der Logistikscharakter des Gewerbegebiets in Form der vertretenen Unternehmen, als

auch bei der Gebäude- und Flächenstruktur wiederzuerkennen und es kann als Gewerbegebiet mit großflächiger Nutzung beschrieben werden (Freudenau et al., 2014, S. 106). Mit 173 ha gleicht das Gewerbegebiet ungefähr der Fläche der Außen- und Binnenalster zusammen und ist im Hamburger Vergleich eines der größten. Der Anteil von 28,2 % an Großunternehmen erscheint überdurchschnittlich hoch. Ein Indiz dafür sind die anderen Hamburger Gewerbegebiete, in welchen oftmals auf weniger Fläche mehr Unternehmen angesiedelt sind (HamburgInvest, o. J.-b). Auch, dass über ein Drittel der Unternehmen nicht ihren Hauptsitz vor Ort haben, zeigt die Prägung des Gebiets durch große, überregional und international tätige Unternehmen auf. Durch den Branchenschwerpunkt auf Logistik und Großhandel werden spezifische Anforderungen an die Unternehmen gestellt, wie beispielsweise ein starker Fokus auf die kurze Frist und ein hoher Preiswettbewerb (Zanker, 2018, S. 50ff., 150). Im Bereich der Energietransformation können in Kombination mit der PV vor allem die E-Mobilität bei der Umstellung der Fahrzeugflotten, aber auch Wärme- und Kühlungskonzepte für Lagerhallen relevante Anwendungsfälle sein. Fragwürdig bleibt, wie sich die Netzauslastung vor Ort mit einer zunehmenden Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätsbereichs entwickeln wird. Zwar gilt das Netz bisher nicht als überlastet, aber insbesondere für den Netzanschluss weiterer möglicher PV-Anlagen könnte es Hürden geben.

Bei den Stakeholdern ist zunächst festzuhalten, dass insbesondere durch die Einbettung in die Strukturen des Bezirks, aber auch durch das städtische Hamburger Umfeld, viele verschiedene Akteur:innen zu berücksichtigen sind. Hierbei hat sich herausgestellt, dass ein Austausch zwischen den Akteur:innen teilweise nicht vorhanden ist und überall einzelne, relevante Wissenbestände vorhanden sind. In diesem Sinne hat sich das Unternehmensnetzwerk Allermöhe als ein hilfreicher Zugang erwiesen, da hier bereits etablierte Strukturen vorlagen. Vor allem die LIHH und das Wirtschafts- und Stadtmarketing Bergedorf haben sich als wertvolle *Gatekeeper* herausgestellt, die durch ihr Erfahrungswissen helfen konnten, den Prozess an die Bedürfnisse und Sprache der ansässigen Unternehmen anzupassen (Tushman & Katz, 1980, S. 1072ff.). Diese Erkenntnisse decken sich mit bekanntem Wissen, dass Netzwerkstrukturen und der gemeinsame Austausch zwischen den Stakeholdern zentral für die nachhaltige Entwicklung von Gewerbegebieten sind (Heimann, 2018).

Allerdings ist nur knapp ein Drittel der Unternehmen aktiv im UNA vertreten und hier vor allem große und durch Logistik geprägte Unternehmen. Es zeigt sich zusätzlich, dass fünf der sechs ansässigen Unternehmen aus der UmweltPartnerschaft und fast alle Unternehmen mit PV-Anlage Teil des Netzwerks sind. Demnach scheinen sich vor allem die Unternehmen im UNA zu beteiligen, die grundlegend schon sehr aktiv in der Vernetzung und bei der Energietransformation sind. Insbesondere solche Unternehmen haben auch an den KLIMAreedy-Veranstaltungen und der Online-Befragung teilgenommen. Dies wirft die Frage auf, ob KMUs sich weniger bei unternehmensübergreifenden Angeboten einbringen, da ihnen zeitliche Ressourcen fehlen (Schlepphorst et al., 2023, S. 6). Daran schließt die Folgefrage an, wie mehr Unternehmen erreicht und eingebunden werden könnten.

### 5.1.2 Photovoltaikanalyse

#### Deskription

Bei den theoretischen PV-Potenzialen ist die grundlegende Struktur des Gewerbegebiets wiederzuerkennen: überwiegend sind sehr große Dachflächen vorhanden. Im östlichen Bereich wiederum gibt es auch mehrere kleine und gestückelte Dachflächen (s. Abbildung 14). Insgesamt gibt es eine für PV nutzbare Dachfläche von 468.489 m<sup>2</sup>. Davon sind aufgrund kaum vorhandener Verschattung und fast ausschließlich vorhandener Flachdächer 94,8 % sehr gut für PV geeignet. Insgesamt ist eine theoretisch installierbare Leistung von 38.646 kWp auf den Dächern des Gewerbegebiets gegeben (s. Tabelle 6). Näherungsweise könnten damit 36.332 MWh Strom pro Jahr produziert werden.

Beim IST-Zustand konnten 17 PV-Anlagen über das MaStR ermittelt werden, wovon 15 bereits in Betrieb und zwei weitere geplant sind (s. Abbildung 15). Über eine GIS-Analyse wurden die hierzu genutzten Dachflächen geschätzt, die mit 46.229,19 m<sup>2</sup> etwa 9,9 % der Gesamtdachfläche ausmachen. Die installierten und geplanten Anlagen vereinen zusammen eine Leistung von circa 4.047 kWp, was 10,5 % des theoretischen Potenzials entspricht (s. Tabelle 6). Von den Anlagen sind insgesamt fünf als Voll- und zwölf als Teileinspeiser gelistet. Sieben PV-Anlagen weisen eine Ost-West-Ausrichtung auf. In den letzten zwei Jahren sind insgesamt elf der 17 Anlagen hinzugekommen (s. Anhang 9, Anhang 1.2.3).

*Tabelle 6: Ermittelte Photovoltaik-Potenziale und IST-Werte für das Gewerbegebiet Allermöhe basierend auf Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg (2024; Stand: Frühjahr 2022) und dem Marktstammdatenregister (Stand: 28. Februar 2025)*

	Potenzial	genutzt	Quote in %
Dachflächen in m <sup>2</sup>	468.489*	46.299	9,9
Leistung in kWp	38.646	4.047	10,5
Anzahl Module	120.404	18.162	15,1

\*davon mit bester Eignung: 444.319 m<sup>2</sup> = 94,8 % der potenziell nutzbaren Dachflächen

#### Interpretation

Anhand der Ergebnisse aus der Photovoltaikanalyse kann die FF1a, *welche theoretischen Aufdach-Photovoltaik-Potenziale weist das Gewerbegebiet Allermöhe auf und was ist der aktuelle IST-Zustand, beantwortet werden*. Als erstes wird deutlich, dass mit 38.646 kWp ein großes theoretisches Potenzial vorhanden ist. Aufgrund der großen Flachdächer und geringer Verschattung sind diese durchschnittlich sehr gut für die Installation von PV geeignet. Mit einem theoretischen Jahresertrag von 36.332 MWh Strom könnte eine Kleinstadt ein Jahr lang bilanziell versorgt werden (DESTATIS, 2023). Die Werte verdeutlichen damit das Potenzial von Gewerbedächern für PV am konkreten Beispiel des Gewerbegebiets Allermöhe.

Der Vergleich mit dem IST-Zustand stellt allerdings heraus, dass noch Potenziale ungenutzt bleiben. Aufgrund der verschiedenen Werte bei den Quoten (10,5 % Leistung, 9,9 % Dachflächennutzung, 15,1 % Anzahl Module) wird allerdings deutlich, dass es sich bei den Werten nur um Annäherungen handelt, die auf Annahmen basieren. Da das technische und realisierbare Potenzial Teilmengen des

theoretischen Potenzials sind (s. Abschnitt 4.2.2), würde die Quote des genutzten realisierbaren Potenzials höher ausfallen. So würden beispielsweise Dachflächen, dessen Statik unzureichend ist, aus dem theoretischen Potenzial herausfallen. Zwar sind somit noch große, ungenutzte Potenziale vorhanden (s. Abbildung 15), dennoch werden die Dachflächen im Vergleich zu bestehenden Auswertungen leicht überdurchschnittlich genutzt (GARBE, 2023).

Mit Blick auf die installierten und geplanten Anlagen ergeben sich weitere Erkenntnisse. Da in den letzten zwei Jahren elf der insgesamt 17 Anlagen neu hinzugekommen sind, scheint die Thematik eine hohe Aktualität zu haben. Einerseits könnte dies auf die Strompreiskrise zurückzuführen sein, welche eine unabhängigere Stromversorgung bei den Unternehmen relevant gemacht haben könnte. Andererseits könnte hier auch die Solarberatungskampagne des Bezirks Bergedorf Aufmerksamkeit für das Thema geschaffen und die Unternehmen bei der Umsetzung unterstützt haben. Darüber hinaus wurden die gesetzlichen Bestimmungen für die PV in den vergangenen Jahren förderlicher ausgestaltet, sodass auch dies zur Installation von PV-Anlagen in den letzten Jahren beigetragen haben könnte. Gegenätzlich zeigt sich, dass vier der fünf Volleinspeiseanlagen um das Jahr 2010 in Betrieb genommen wurden, als die Vergütungssätze für PV noch deutlich höher waren und der Eigenverbrauch eine geringe Relevanz hatte (s. Unterkapitel 2.1).

Interessant ist ebenso, dass nur vier Anlagen eine reine Südausrichtung aufweisen, welche grundlegend die höchsten Erträge liefert. Daraus lässt sich schließen, dass die anderen Anlagen mit Teileinspeisung nach dem Eigenverbrauch optimiert sind und durch die Ausrichtung der Module die Verfügbarkeit des Stroms vermehrt in die Morgen- oder Abendstunden gelagert wird. Bei den besonders großen Dachflächen ist zudem erkennbar, dass nur eine Teilbelegung umgesetzt wurde. Das kann zum einen technische Gründe haben, da das Dach möglicherweise einer höheren Belastung nicht standhalten könnte. Zum anderen kann dieser Umstand aber auch mit regulatorischen und finanziellen Gründen zusammenhängen. Da die Wirtschaftlichkeit heutzutage maßgeblich durch den Eigenverbrauch beeinflusst ist, bedarf es je nach Verbrauch nicht der gesamten Dachfläche für die eigene Stromerzeugung. Zudem würde die Vollbelegung bei sehr großen Dachflächen dafür sorgen, dass die PV-Anlagen über die Ausschreibungsgrenze von 750 kW kommen könnten und damit ein Mehraufwand sowie größere Unsicherheiten bei der Vergütung einhergehen würden.

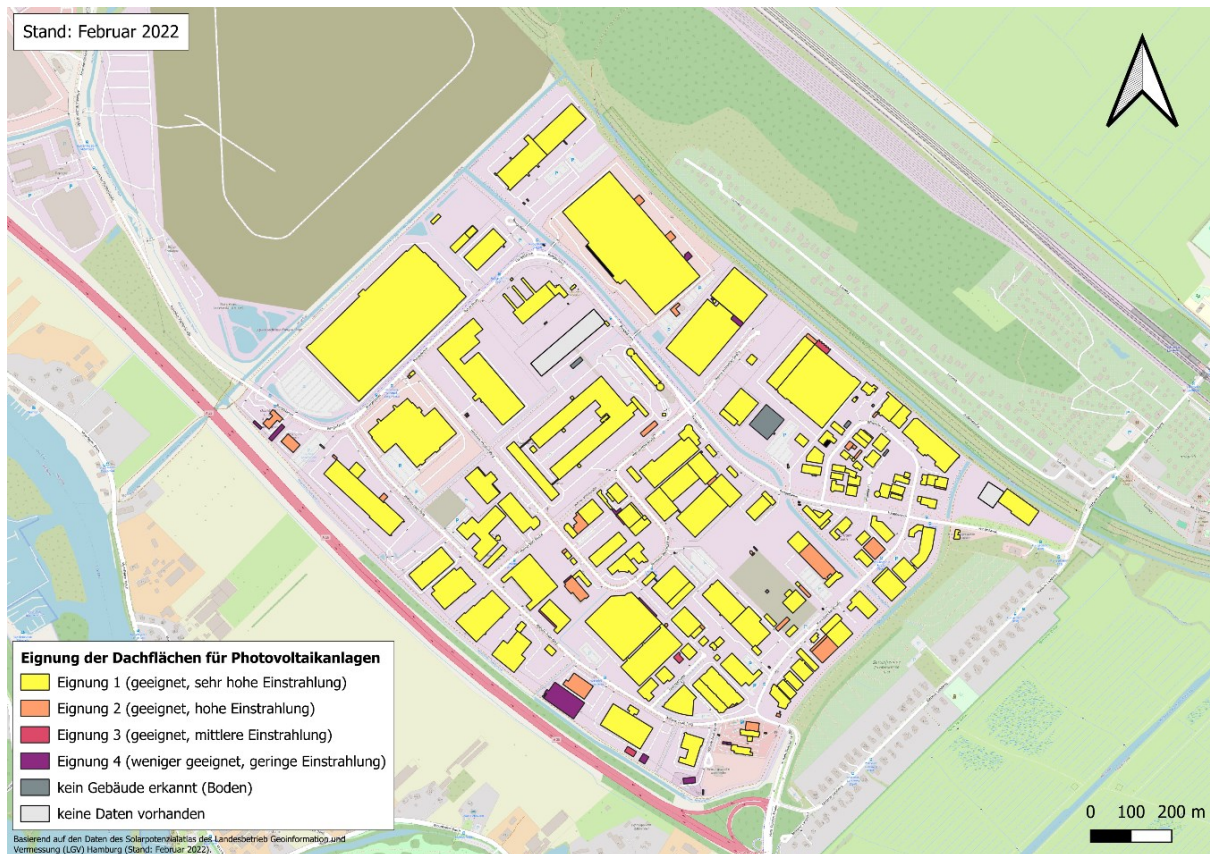


Abbildung 14: Potenziell nutzbare Dachflächen für Photovoltaik im Gewerbegebiet Allermöhe, dargestellt nach deren Eignungsklasse (eigene Darstellung basierend auf Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg (2024) aus Februar 2022).

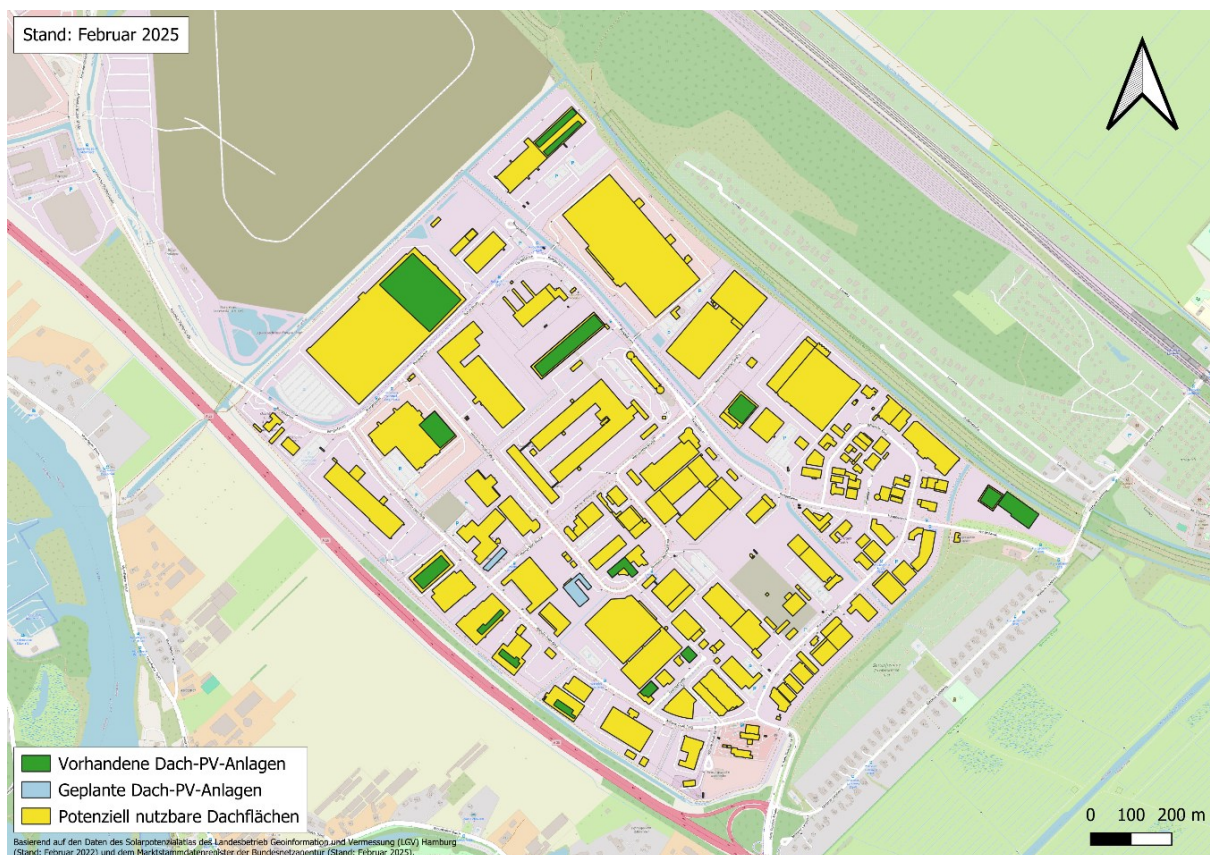


Abbildung 15: Vorhandene und geplante Aufdach-Photovoltaikanlagen im Gewerbegebiet Allermöhe (eigene Darstellung basierend auf dem Marktstammdatenregister, Stand Februar 2025).

Dennoch handelt es sich vor Ort überwiegend um sehr große Anlagen. Während nur sechs Anlagen kleiner als 100 kWp ausfallen, weisen sechs andere Anlagen eine Bruttoleistung von mehr als 300 kWp auf. Eine Anlage dieser Größe könnte bilanziell rund 50 Haushalte ein Jahr lang mit Strom versorgen (DESTATIS, 2023; EEHH, 2024, S. 5). Die Größe der Anlagen hängt dabei vermutlich mit den im Gebäude ansässigen Unternehmen zusammen, welches überwiegend Großunternehmen mit einem hohen Stromverbrauch sind. Dieser Umstand wirft die Frage auf, weshalb viele KMUs keine PV installiert haben, und legt wiederum die Vermutung nahe, dass dies aufgrund fehlender zeitlicher und finanzieller Ressourcen der Fall ist (Schlepphorst et al., 2023, S. 6).

### 5.1.3 Umfrageformate

#### Deskription

Bei dem *Dot-Voting* zeigt sich, dass alle teilgenommenen Unternehmen das Thema Klimaschutz als relevant einschätzen und dieses eher als Chance, denn als Belastung wahrnehmen. Im Feld der Unternehmenskooperationen haben die Unternehmen angegeben, zwar ein Interesse an übergreifenden Maßnahmen zu haben, grundlegend aber bisher eher weniger Erfahrungen damit zu besitzen. In beiden Themenbereichen gibt es darüber hinaus Ausreißer, die beispielsweise dem Klimaschutz eine sehr hohe Relevanz zuschreiben und diesen als große Chance sehen oder auch schon konkrete Erfahrungen zu Unternehmenskooperationen vorzuweisen haben. Die Themen, die von den Unternehmen als besonders interessant eingeschätzt wurden, sind zuallererst Energiespeicher gefolgt von ES, Wärme und Mobilität sowie zuletzt PV und Sektorenkopplung (s. Anhang 7).

Aufgrund der geringen Rücklaufquote bei der Online-Befragung von nur acht teilgenommenen Unternehmen, wird sich bei der Beschreibung der Ergebnisse auf die zentralen Aussagen beschränkt. Die Ergebnisse finden sich gebündelt in Anhang 1.3.2 und Anhang 1.3.3. Im ersten Fragebogenteil ist zu erkennen, dass das Thema Klimaschutz für die befragten Unternehmen wichtig ist. Mit einer durchschnittlichen Bewertung von 3,88 von 5<sup>11</sup> hat die Energieversorgung eine hohe Relevanz für die Unternehmen, wobei der Energiebereich Strom am wichtigsten ist. Hier sind die Themen PV, Wärme und Energieeffizienz von größtem Interesse. Der durchschnittliche Umsetzungsstand von Maßnahmen ist in den Bereichen E-Mobilität, Energieeffizienz und PV am weitesten fortgeschritten. Die Herausforderungen, die von den Unternehmen am häufigsten angegeben wurden, sind die Regulatorik, die Datenerhebung und Finanzierungsthemen. Mit einem Durchschnitt von 3,63 von 5 schätzen die befragten Unternehmen den Unterstützungsbedarf bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen außerdem erhöht ein. Die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen ist bisher kaum verbreitet (durchschnittliche Bewertung von 1,38 von 5). In diesem Zusammenhang besteht vor allem ein Interesse an Wissenstransfers und konkreten Projektideen. Unternehmen, die angaben, an einer aktiven Teilnahme am

---

<sup>11</sup> Im Fragebogen gab es mehrere Bewertungsskalen mit fünf Abstufungen (1-5), wobei jeweils 1 die Bewertung wenig/niedrig und 5 viel/hoch darstellte.

KLIMAready-Projekt interessiert zu sein, beschäftigen sich bereits seit längerem mit der Energietransformation. Drei dieser vier Unternehmen haben bereits konkrete Maßnahmen umgesetzt.

Da nur zwei Unternehmen den zweiten, masterarbeitsspezifischen Fragebogenteil ausgefüllt haben, sind hier kaum sinnvolle Aussagen möglich. Anekdotisch ist festzuhalten, dass Aufdach-PV eine hohe Relevanz für die beiden Unternehmen hat (durchschnittliche Bewertung von 4,5 von 5). Zudem besteht ein Interesse an dem Thema ES, wobei kaum Wissen vorhanden ist (durchschnittliche Bewertung von 4,0 bzw. 1,5 von 5).

### **Interpretation**

Zur Beantwortung der FF1b, *wie sind die ansässigen Unternehmen gegenüber Aufdach-Photovoltaik eingestellt und welche Motivation sowie Hindernisse bestehen*, sowie der Teilbeantwortung der FF2a, *welche Faktoren beeinflussen das Verhalten von Unternehmen im Kontext von Energy Sharing und welche Implikationen ergeben sich daraus für eine mögliche Umsetzung*, sollten die Umfrageformate und insbesondere die Online-Befragung Erkenntnisse liefern. Wie bereits erwähnt, ist es aufgrund der geringen Rücklaufquote allerdings nur bedingt möglich, konkrete Aussagen zu treffen. Daher können die FF nicht umfassend beantwortet werden. Es lassen sich dennoch einzelne Erkenntnisse betrachten.

Zunächst ist festzuhalten, dass die teilgenommenen Unternehmen ein Interesse an den Themen rund um die Energietransformation haben und Klimaschutzthemen eher positiv gegenüberstehen. Hier ist allerdings zu vermuten, dass ein „*self-selection bias*“ (Olsen, 2008, S. 809) besteht, da vorrangig die Unternehmen teilgenommen haben, die sich interessiert an dem Projektprozess gezeigt haben. Auffällig ist, dass die Unternehmen angaben, wenig Erfahrung im Bereich der Unternehmenskooperationen zu haben, grundlegend aber an solchen interessiert wären.

Themenspezifisch lässt sich erkennen, dass Maßnahmen rund um PV, Energieeffizienz und Elektromobilität teilweise schon umgesetzt und von Interesse sind. Andere Felder der Kopplung von erneuerbarem Strom mit Wärmelösungen oder Batteriespeichern sind dagegen weniger verbreitet. Interessant ist hier jedoch, dass diese Themen beim *Dot-Voting* hoch abgeschnitten haben und ebenfalls ES dort als interessant bewertet wurde. Demnach scheint es, als würden die „einfachen“ etablierten Lösungen von den Unternehmen bereits forciert (bspw. PV oder E-Mobilität), aber umfassende Energietransformationskonzepte noch weniger beachtet werden. Da dennoch ein Interesse an diesen besteht, könnte das ein Indiz dafür sein, dass aufgrund der höheren Komplexität und einem erhöhtem Ressourcenaufwand die Unternehmen hier vermehrt auf Unterstützung angewiesen sind. Dies würde sich auch mit dem angegebenen erhöhten Unterstützungsbedarf decken.

## **5.2 Expert:inneninterviews**

Die Ergebnisse aus den Expert:inneninterviews werden in diesem Unterkapitel getrennt nach den Themenschwerpunkten PV und ES betrachtet. Wie bei den anderen Methoden werden die Ergebnisse zunächst beschrieben und anschließend interpretiert.

### 5.2.1 Themenschwerpunkt Photovoltaik (Nr. 1-3)

#### Deskription

Grundlegend fällt auf, dass alle Expert:innen ähnliche Sichtweisen zu dem Themenfeld geteilt haben und es keine widersprüchlichen Meinungen gab. Dennoch wurden in den Interviews einzelne Schwerpunkte hervorgehoben. Insgesamt ergänzen sich die Aussagen der Befragten jedoch gut und liefern umfassende Einsichten im Bereich der PV im Gewerbe. Bei der Analyse haben sich sechs Kategorien (K) mit (Sub-)Codes ergeben, die folgend beschrieben werden.

*(K1.1): Eigenschaften von Photovoltaik bei Unternehmen.* Bei der ersten Kategorie ist zu erkennen, dass PV aktuell eine hohe Relevanz für Unternehmen hat, was unter anderem auf die Energiepreiskrise und Gesetzgebungen zur PV-Pflicht zurückgeführt wird. Grundlegend unterscheidet sich PV im Gewerbe von privaten Anlagen dadurch, dass es sich zumeist um deutlich größere Anlagen handelt und damit komplexere rechtliche Bestimmungen einhergehen. Zudem ist die Wirtschaftlichkeit zentral bei der Umsetzung von PV-Projekten. Spezifisch zum Unternehmensverhalten wurde genannt, dass sich diese eher risikoavers verhalten und dass eine Anlage, nachdem sie gebaut ist, nur selten noch einmal erweitert wird. Ein klarer Unterschied zwischen KMUs und Großunternehmen wurde außerdem herausgestellt: So fehlen KMUs oftmals zeitliche und personelle Ressourcen, um PV-Projekte anzustoßen. Allerdings würden inhaber:innengeführte Unternehmen auch oft in längeren Zeithorizonten planen, was PV-Investitionen wiederum begünstigt. Zudem herrsche in KMUs eher eine „*Macher[:in]mentalität*“ (E1.02, 00:20:47), was sich bei Entscheidungen für PV positiv auswirken kann. Großunternehmen wiederum würden teilweise durch ihre Strukturen gebremst, da viele verschiedene Personen involviert und Ansprechpartner:innen teilweise nicht entscheidungsbefugt sind. Dennoch sind Großunternehmen personell oftmals sehr gut aufgestellt und

*„haben auch häufig, ... ganze Abteilungen, die sich mit solchen Themen beschäftigen ... oder wir haben es auch schon erlebt, dass es dann so, also so Beauftragte gibt für eben Energieeffizienz und sowas, das haben die schon erkannt und das ist natürlich in kleinen und mittelständischen Unternehmen jetzt sicherlich weniger der Fall“ (E1.02, 00:06:50).*

Zudem gibt es bei Großunternehmen oftmals strategische Richtlinien, welche die Installation von PV für einen Standort vorschreiben. Dagegen haben energieintensive Unternehmen zumeist günstige Konditionen für den Strombezug, wodurch der wirtschaftliche Anreiz sich mit PV auseinanderzusetzen geringer ausfällt.

*(K1.2): Förderliche Faktoren für die Installation von PV bei Unternehmen.* Kategorie 1.2 zeigt zunächst auf, dass die Wirtschaftlichkeit bei den Unternehmen im Vordergrund steht:

*„Von daher ist es nur logischer Schluss, dass die Unternehmen ja immer aufmerksamer werden. Und dass sich das langsam herumgesprochen hat, oder, dass das ja einfach nicht der Gedanke der Ökologie ist. Klar, das ist sicherlich auch bei einigen Unternehmen weiterhin wichtig, aber die wirtschaftliche Seite führt dazu, dass Photovoltaik ganz klar an Bedeutung gewonnen hat, an Attraktivität“ (E1.03, 00:08:58).*

Wie aus dem Zitat ersichtlich wird, spielen aber auch andere Faktoren, wie die intrinsische Motivation etwas zur Energiewende beizutragen, eine Rolle bei der Installation von PV. In Verbindung zu der Wirtschaftlichkeit steht auch der Gedanke der Autarkie, dass sich Unternehmen unabhängiger vom Strommarkt und damit von Preisschocks, wie beim russischen Angriffskrieg auf die Ukraine, machen wollen. Zudem wurde genannt, dass Gesetze zur PV-Pflicht die Unternehmen dazu drängen, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen und folglich mehr PV installiert wird. Die positive Beeinflussung des Images oder die Erfüllung von ESG-Kriterien wurde in den Interviews hingegen nur von einem Experten, in Bezug auf Großunternehmen und konzernweite Richtlinien, als förderlicher Faktor für die Installation von PV genannt.

*(K1.3): Hinderliche Faktoren für die Installation von Photovoltaik bei Unternehmen.* Bei Kategorie 1.3 wird erneut der Unterschied zwischen KMUs und Großunternehmen deutlich. Da PV-Projekte „nicht deren Kerngeschäft“ (E1.01, 00:37:17) sind, wirken insbesondere bei KMUs oftmals fehlende zeitliche und finanzielle Ressourcen hinderlich. Zudem bestehen teilweise Fehlinformationen und Vorurteile gegenüber der PV. Bei den finanziellen Faktoren ist außerdem zu beobachten, dass viele Unternehmen aufgrund der aktuell unsicheren wirtschaftlichen Lage nicht die finanziellen Mittel haben oder Investitionen aus Risikoaversion erst einmal zurückstellen. Grundlegend sind manchen Unternehmen außerdem die Amortisationszeiten zu lang, sodass von PV abgesehen wird. Auf der technischen Seite wird von den Expert:innen die Problematik des Netzausbaus und -anschlusses deutlich hervorgehoben. Entweder führe

*„tatsächlich das Thema Netzanschluss am meisten zu Verzögerungen ... oder [könnte] überhaupt vielleicht ein Hindernis sein“ (E1.03, 00:26:06)*

und Anlagen müssten daher teilweise gänzlich kleiner geplant werden. Ergänzend dazu gab es in den letzten Jahren Lieferschwierigkeiten bei Systemkomponenten, die ebenfalls hinderlich wirkten. Ein weiteres technisches Hindernis ist im Bereich der Dachstatik und Dachsanierung zu finden. Im ersten Fall sind manche Dächer entweder nicht geeignet, oder die Prüfung der Statik könne bereits Unternehmen überfordern. Im zweiten Fall warten Unternehmen mit der Installation einer PV-Anlage, bis das Dach ohnehin saniert werden muss. Daneben können geteilte Besitzstrukturen der Immobilie dazu führen, dass ein Unternehmen als Mieterin beispielsweise nicht alleinig über die Dachfläche verfügen kann und damit die Nutzung von PV erschwert wird. Von besonderer Relevanz erscheint aktuell zudem das Thema Versicherungsauflagen und Brandschutz, wodurch die Umsetzung von Aufdach-PV verkompliziert und teilweise sogar wirtschaftlich unrentabel wird.

Zusammenfassend gilt jedoch sowohl für die förderlichen als auch die hinderlichen Faktoren (s. Tabelle 7), dass

*„die Gründe ... häufig divers [sind], ob jetzt die Gründe für eine PV-Anlage oder auch die Gründe für Hindernisse oder so und das ist immer eine Einzelfallbetrachtung, ... weil die Unternehmen dafür dann doch zu unterschiedliche Portfolios haben, was ihre Voraussetzungen angeht“ (E1.02, 00:48:02).*

Tabelle 7: Übersicht in den Expert:inneninterviews genannter förderlicher und hinderlicher Faktoren für die Installation von Photovoltaik bei Unternehmen.

Förderliche Faktoren	Hinderliche Faktoren
Wirtschaftlichkeit	Technische Beschränkungen
Autarkie	Versicherungsauflagen
Intrinsische Motivation	Zeitliche Ressourcen
Rechtliche Pflichten	Finanzielle Ressourcen
Image & ESG	Rechtliche Anforderungen
Unternehmensspezifische Faktoren	Unternehmensspezifische Faktoren
	Fehlinformationen & Vorurteile

(K1.4): *Dimensionierung und Planung von Photovoltaik-Anlagen.* Ähnlich zu den förderlichen und hinderlichen Faktoren wurden bei Kategorie 1.4 verschiedene Aspekte genannt. Zunächst wirken im rechtlichen Bereich die gesetzlich vorgegebenen Grenzen für Direktvermarktungs- und Zertifizierungspflichten negativ auf die Größe der Anlagen. Allerdings wurde betont, dass hier durch das Solarpaket I bereits umfassende Verbesserungen eingetreten und größere Anlagen in der kommenden Zeit zu erwarten sind. Zentrale Größe für die Planung einer PV-Anlage ist zudem der Eigenverbrauch der Unternehmen in Kombination mit dem Autarkiegrad, da diese die Wirtschaftlichkeit maßgeblich beeinflussen. Die Unternehmen planen so,

*„dass sie bezogen auf den Eigenstromanteil, beziehungsweise auf den größtmöglichen Autarkiegrad, die Anlagen dimensionieren und nicht so groß planen, dass das ganze Dach belegt wird, sondern, bezogen auf das, was sie derzeit an Strombedarf haben“ (E1.01, 00:27:43).*

Um den Eigenverbrauch und damit die Wirtschaftlichkeit zu steigern, sind außerdem Sektorenkopplungs- und Speichermöglichkeiten zu berücksichtigen. Hier sollte die zukünftige Elektrifizierung weiterer Energiebereiche bereits heute bei der Dimensionierung eingeplant werden. Bei der grundlegenden Planung einer PV-Anlage ist wiederum der Netzanschluss zu berücksichtigen und muss von Beginn an mitgedacht werden, damit ein Projekt erfolgreich umgesetzt werden kann.

(K1.5): *Lösungsansätze für die vermehrte Installation von Photovoltaik.* In der Kategorie 1.5 wurden Aussagen zu Unterstützungsmöglichkeiten für Unternehmen, konkreten Anreizen und förderlichen Rahmenbedingungen getroffen. Bei den Unterstützungsmöglichkeiten sehen die Expert:innen vor allem Informations- und Beratungsangebote als effizientes Mittel an. Damit können Vorurteile und Fehlinformationen gezielt ausgeräumt und Unternehmen bei PV-Projekten bestärkt werden,

*„weil manche entscheiden sich eher gar nicht, statt irgendwie eine vermeintlich falsche Entscheidung zu treffen. Aber sich nicht für die Photovoltaikanlage zu entscheiden, das ist ja die eigentlich falsche Entscheidung“ (E1.01, 00:34:35).*

Bei konkreten Anreizen wurde angemerkt, dass Unternehmen oftmals Förderungen einfordern. Da PV allerdings bereits wirtschaftlich umzusetzen ist, seien diese nicht notwendig. Eine Anreizwirkung

könnte ansonsten durch die Anhebung von Einspeisevergütungen entstehen. Zu förderlichen Rahmenbedingungen wird gesagt, dass hier Unternehmensnetzwerke eine zentrale Rolle spielen können:

*„ich finde so Unternehmensnetzwerke tatsächlich sehr, sehr wichtig und das ... sehen wir in vielen Kampagnen, ... dass das tatsächlich etwas ist, was auch diesen ganzen Ausbau vorantreiben kann“ (E1.02, 00:13:21).*

Über Netzwerke können Informationen und Erfahrungen geteilt werden und diese damit eine „Multiplikatorenfunktion“ (E1.01, 00:19:26) einnehmen. So sind beispielsweise oft Nachahmefeffekte festzustellen, wenn einzelne Unternehmen als Vorreiter fungieren und ihre Erfahrungen teilen.

*(K1.6): Energy Sharing und Ausbau von Photovoltaik.* Als letztes wurden über die Kategorie 6, alle inhaltlichen Aussagen zum Thema ES festgehalten. Hier haben sich alle Expert:innen positiv geäußert und bewerten ES als ein wichtiges Konzept für die zukünftige Energieversorgung. Zudem beinhaltet ES das Potenzial, den Ausbau der PV bei Unternehmen voranzubringen, insbesondere da hierdurch zusätzliche wirtschaftliche Anreize für den Betrieb von PV-Anlagen zu erwarten sind. Allerdings müsse ES regulatorisch so gestaltet sein, dass es mit wenig Aufwand möglich ist, Strom zu teilen. Grundlegend ist außerdem ein Interesse von Unternehmen an dem Thema festzustellen:

*„Ich glaube, dass es eine große Rolle spielen wird, ehrlich gesagt, weil das genau das Thema ist, was mich jeder in so einem Beratungsgespräch eigentlich fragt: Hey, warum kann ich denn nicht meinen Strom einfach meinem Nachbarn zur Verfügung stellen, wenn ich genug davon habe?“ (E1.02, 00:34:53).*

### **Interpretation**

Die Expert:inneninterviews mit dem Themenschwerpunkt PV zahlen vor allem auf die Beantwortung der FF1, *weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt*, ein. Daneben sind im geringen Maße Erkenntnisse für die FF2a, *welche Faktoren beeinflussen das Verhalten von Unternehmen im Kontext von Energy Sharing und welche Implikationen ergeben sich daraus für eine mögliche Umsetzung* und die FF3, *wie können Institutionen auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen* abzuleiten.

Die Gründe für gering genutzte Dachflächen für PV lassen sich in zwei Bereiche einteilen: (I) Zum einen gibt es konkrete Hindernisse, welche die Installation von PV erschweren und damit teilweise gänzlich verhindern. (II) Zum anderen nehmen verschiedene Faktoren Einfluss auf die Dimensionierung der PV-Anlagen, welches in den meisten Fällen nur zu einer Teilbelegung führt.

(I). Im ersten Bereich lassen sich aus den Interviews in Übereinstimmung mit Bergner et al. (2022) verschiedene rechtliche, technische und sozioökonomische Hindernisse festhalten (s. Tabelle 7). Neben zu erwartenden Hindernissen, wie einer unzureichenden Dachstatik oder fehlenden finanziellen Ressourcen, scheinen sich zurzeit besonders Versicherungsaufgaben negativ auf die Installation von Aufdach-PV-Anlagen auszuwirken. Dieser Umstand wurde ebenfalls anekdotisch in Gesprächen mit Unternehmen geteilt. Auch Bergner et al. (2022, S. 70) benennen Brandschutzvorgaben als mögliches Hemmnis, sehen in diesen aber nur ein geringes Problem. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass die Anforderungen in den letzten Jahren komplexer geworden sind.

Daneben tritt die aktuelle gesamtwirtschaftliche Situation als Hindernis für den Ausbau der PV auf. Durch die bestehende Unsicherheit in der Wirtschaft halten viele Unternehmen (Zusatz-)Investitionen eher zurück und konzentrieren sich auf ihr Kerngeschäft, was damit auch die Installation von PV betrifft. Parallel dazu haben sich die Industriestrompreise nach der Gaskrise aus den Jahren 2022 und 2023 erholt und sind mittlerweile sogar unter das Vorkrisenniveau gefallen (BDEW, 2025b). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Stromversorgung für Unternehmen als drängendes Problem an Relevanz verloren hat und sich wiederum negativ auf die Installation von PV auswirkt. Werden die Stromkosten, wie im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung angekündigt (CDU & SPD, 2025, S. 30), in naher Zukunft noch einmal durch regulatorische Änderungen gesenkt, dann wird der rein wirtschaftliche Anreiz ebenfalls weiter gemindert werden und das Interesse an PV könnte sinken.

Ein deutlicher Unterschied besteht zudem zwischen KMUs und Großunternehmen. Vor allem aufgrund geringer finanzieller und zeitlicher Ressourcen ist die Auseinandersetzung mit PV neben dem eigentlichen Kerngeschäft herausfordernd für KMUs. Großunternehmen sind hier personell deutlich besser aufgestellt und auch finanzielle Beschränkungen sind weniger relevant. Dennoch kann die Umsetzung bei KMUs auch reibungsloser gelingen, da Entscheidungsbefugnisse zentralisierter bei einzelnen Personen liegen und nicht mehrere Organisationsebenen durchlaufen werden müssen.

(II). Wenn PV auf Gewerbedächern installiert wird, dann entscheidet die Dimensionierung der Anlagen über die Nutzung der verfügbaren Flächen. Auch hier ist aus den Interviews ersichtlich geworden, dass eine Vielzahl an Faktoren die Belegung der Dachflächen beeinflusst. Wie bereits in Unterkapitel 2.1 deutlich wird, ist der Eigenverbrauch für die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen heutzutage zentral bei der Dimensionierung der Anlagen. Auch in den Interviews wird ersichtlich, dass das Ausmaß der Dachflächennutzung vorrangig abhängig vom Eigenverbrauch ist. Problematisch ist hier, dass oftmals nur auf die derzeitigen Verbräuche geschaut und die zukünftige Elektrifizierung anderen Bereiche nicht von vorneherein mitgedacht wird. Da Anlagen, wenn sie einmal installiert sind, nur selten wieder modifiziert werden, bleiben so auf die lange Frist selbst für eigenverbrauchsoptimierte Anlagen Potenziale ungenutzt.

Ein weiterer Grund, der die Vollbelegung von Dachflächen verhindert, sind rechtlich festgelegte Anforderungen und Grenzwerte. Würden die Dachflächen in Allermöhe beispielsweise vollbelegt, dann würden einige Anlagen wahrscheinlich über die 750 kW-Schwelle kommen. Damit müsste folglich in die Ausschreibung gegangen werden, was mit einem erhöhten Aufwand und zusätzlichen Kosten verbunden ist. Darüber hinaus wirkt sich auch der Netzanschluss hinderlich auf die Dimensionierung aus. So fallen Anlagen teilweise kleiner aus, da vor Ort nicht genügend Netzkapazitäten für die erzeugte Menge Strom vorhanden sind und eigens errichtete Netzanschlüsse mit langen Verzögerungen und hohen Kosten einhergehen können. Teilweise kann die Problematik des Netzanschlusses sogar dazu führen, dass Unternehmen aufgrund der gesteigerten Komplexität gänzlich von der Installation absehen (Knorr et al., 2024, S. 9).

Neben den Gründen für die geringe Nutzung der Dachflächen für PV bei Unternehmen, sind weitere Erkenntnisse hervorzuheben. Bei den Lösungsansätzen zeigt sich, dass verschiedene Möglichkeiten bestehen, die Installation anzuregen. Es wird allerdings deutlich, dass vor allem die Verbreitung von Wissen und Informationen vielversprechend ist. Dies könne einerseits durch Informations- und Beratungsangebote, welche Unternehmen bei dem Prozess begleiten können, erreicht werden. Andererseits wurde in den Interviews deutlich, dass Netzwerkstrukturen hilfreich sind, um Wissen zu teilen und als Multiplikator genutzt werden können. Zuletzt gehen die Expert:innen davon aus, dass ES zukünftig die Nutzung von Dachflächen für PV positiv beeinflussen kann. Das Interesse von Unternehmen an ES wird zudem deutlich.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich die in den Interviews genannten Gründe zur geringen Nutzung von Dachflächen im Gewerbe mit dem bereits bestehenden Wissen decken (Bergner et al., 2022; Fischer, 2023; GARBE, 2023; Honsel, 2023). Allerdings liefern die Interviews eine differenziertere Betrachtung und können gegenwärtige Trends herausstellen. Zudem erweitern die Erkenntnisse zu den Unterschieden zwischen KMUs und Großunternehmen, die Bedeutung von Informationen und Unternehmensnetzwerken sowie der möglichen Relevanz von ES den vorhandenen Diskurs.

### 5.2.2 Themenschwerpunkt Energy Sharing (Nr. 4-8)

#### Deskription

Im Vergleich zu den Interviews mit dem Schwerpunkt auf PV basieren die Aussagen der Expert:innen im Bereich ES mehr auf Erwartungen und Einschätzungen als auf Erfahrungswerten, da ES in Deutschland noch nicht verbreitet ist. E2.04 konnte jedoch auch konkrete Praxiserfahrungen aus Österreich teilen. In den Interviews haben sich außerdem verschiedene Fokusse ergeben, was unter anderem auf die verschiedenen Hintergründe der Expert:innen zurückzuführen ist. Grundlegend haben sich aber auch hier ähnliche Sichtweisen auf das Thema gezeigt und sich die Informationen ergänzt. Insgesamt haben sich fünf Kategorien für die Inhaltsanalyse herausgebildet.

*(K2.1): Aktueller Diskurs zu Energy Sharing in Deutschland.* Bei Kategorie 2.1 ist zunächst ersichtlich, dass ES in Deutschland eine Aktualität hat, welche allerdings durch den aufgeschobenen Gesetzesentwurf etwas vermindert wurde. Zudem findet die Debatte um ES eher innerhalb einer bestimmten interessierten Gruppe aus Verbänden, Bürgerenergiezusammenschlüssen und Energieakteur:innen statt, als dass diese durch die grundlegende Allgemeinheit geprägt wäre:

*„Es gibt, ich sage mal, die Bürgerenergie-Szene, also die relevanten Akteure aus dem Bereich der Bürgerenergie, die da lange drauf warten, lange drauf hoffen und ansonsten gibt es, glaube ich, sehr viele, die da noch nie von gehört haben“ (E2.02, 00:03:11).*

Aufgrund der EU-Vorgaben ergibt sich aber auch eine politische Relevanz, da bis Mitte 2026 eine Umsetzung stattfinden muss. Wie es konkret mit der Umsetzung in Deutschland weitergehen wird, konnte von den Expert:innen nur grob eingeschätzt werden. Es wird vermutet, dass ES für die neue Bundesregierung eine geringe Priorität haben wird.

Bei den grundlegenden Potenzialen wurde genannt, dass ES Akzeptanz und Teilhabe an der Energiewende ermöglichen und damit Energiearmut mindern kann. In Bezug auf die Netzdienlichkeit kann ES außerdem relevant sein, wobei es hier sehr auf die Ausgestaltung und den lokal begrenzten Verbrauch der geteilten Strommengen ankommt. Es wäre auch denkbar, dass über ES mit gemeinsamen Flexibilitätskapazitäten am Markt teilgenommen werden kann. Da Smart Meter für ES notwendig sind, könnten für den Rollout positive Nachfrageeffekte entstehen und dieser angetrieben werden. Ebenso sehen die Expert:innen, dass ES grundlegend wirtschaftliche Anreize für den Ausbau der PV und die vermehrte Nutzung von Dachflächen liefern kann. Insgesamt wird ES als ein wichtiger Baustein im zukünftigen Energiesystem eingeschätzt, welcher vor allem die Teilhabemöglichkeiten an der Energiewende verbessern kann. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass es sich nicht um ein Massenphänomen handeln wird, sondern eher in bestimmten Anwendungsfällen zum Tragen kommt:

*„Also insofern, ich glaube, es ist ein wichtiger Baustein. Das ist deswegen auch wichtig, dass da weitergemacht wird. Wird auch jetzt nicht unwichtige Beiträge von der Kapazität her leisten, aber eben im Vergleich zu anderen dann doch immer noch einen kleineren und dafür aber noch einen viel wichtigeren Beitrag leisten dazu, dass die Akzeptanz geschaffen ist und [eine] Teilhabemöglichkeit da ist für Bürger:innen“ (E2.01, 00:50:22).*

(K2.2): *Energy Sharing bei Unternehmen.* In Kategorie 2.2 wird die Bedeutung der Wirtschaftlichkeit, als Faktor zur Teilnahme an ES für Unternehmen, deutlich. So werden Unternehmen entweder durch die Aussicht auf günstigere Stromkosten oder durch mögliche Zusatzeinnahmen motiviert, sich mit ES auseinanderzusetzen:

*„Also Unternehmen haben ja wahrscheinlich vor allem wirtschaftliche Interessen dahinter nochmal mehr als irgendwie ideelle ... Und deswegen würde ich sagen, also Unternehmen werden vermutlich als höchste Priorität irgendwie einfach [eine] günstige Stromversorgung haben“ (E2.05, 00:11:59).*

Zudem sind Unternehmen im Vergleich zu privaten Haushalten besser mit technischer Expertise ausgestattet und könnten damit ES einfacher initiieren. Allerdings wird davon ausgegangen, dass Unternehmen ein Interesse haben, die Strukturen und Komplexität gering zu halten und sich nicht zu lange zu verpflichten. Auf die Etablierung von ES bei Unternehmen könnten sich daher komplexe Verfahren und Anforderungen hinderlich auswirken. Ergänzend könnte es die Gesetzgebung Großunternehmen gänzlich untersagen, an vereinfachten ES-Modellen teilzunehmen, was ebenfalls hinderlich für viele Unternehmen wäre. Auf die wirtschaftlichen Anreize könnten sich außerdem die von der neuen Bundesregierung angekündigten Strompreissenkungen negativ auswirken, da der rentable Spielraum für ES damit sinken würde.

Bei den Anwendungsfällen von ES im Unternehmenskontext sind verschiedene Möglichkeiten vorstellbar: Zunächst könnte Überschussstrom an Nachbarunternehmen gewinnbringender veräußert werden, als es durch die EEG-Vergütungen oder am Strommarkt möglich wäre. Das verbrauchende Unternehmen könnte ebenso weniger pro kWh Strom bezahlen als es mit einer herkömmlichen Stromversorgung der Fall wäre. Insbesondere könnte dieser Umstand attraktiv für ausgeförderte

Anlagen sein. Unternehmen könnten außerdem ihre Eigenversorgung über Grundstücksgrenzen hinaus erweitern, wenn sie beispielsweise mehrere Liegenschaften besitzen. Ähnliche Anwendungsfälle sind in der Wohnungswirtschaft denkbar, wo ganze Genossenschaften ES betreiben könnten. Eine weitere Möglichkeit ES anzuwenden sind Mitarbeitendenbenefits, bei welchen Strom günstig an Mitarbeitende in der Umgebung abgegeben wird.

*(K2.3): Ausgestaltung von Energy Sharing.* Bei der Kategorie 2.3 teilten die Expert:innen verschiedene Vorschläge und Sichtweisen, die bei der Umsetzung beachtet werden sollten. Hervorzuheben sind hier zum einen die Regelungen rund um die Lokalitätserfordernis von ES. Vor allem von Netzbetreiberseite (E2.03) wurde deutlich gemacht, dass ES möglichst nah beieinander betrieben und in der gleichen Netzebene geschehen sollte, da ansonsten ein hoher Mehraufwand im Netzbetrieb entstehen würde. Auch von anderen Expert:innen wurde angebracht, dass eine Netzdienlichkeit von ES nur gegeben sein kann, wenn ein möglichst hoher Verbrauch des geteilten Stroms in unmittelbarer Nähe stattfindet. Beispielsweise,

*„wenn man eben in einer niedrigeren Netzebene denkt und da dann sich vorstellt, okay, zur Mittagszeit wird ... vielleicht, wie bei euch in diesem Cluster [gemeint: Gewerbegebiet Allermöhe] ... viel PV-Strom erzeugt und das ist ja dann im Prinzip alles eine Netzebene. Und wenn dann eben ein Anreiz besteht, dass dieser Strom dann auch verbraucht wird, dann glaube ich schon, dass das auch zur Netzdienlichkeit beitragen kann“ (E2.05, 00:23:36).*

Zum anderen wurde benannt, dass es klare und einheitliche Regelungen für die konkreten Umsetzungsprozesse geben muss, damit ES Anklang in der Praxis finden kann. Hier wurde die Möglichkeit einer digitalen Plattform genannt, die idealerweise einen einfachen Zugang zu ES durch beispielsweise nur „drei Klicks“ (E2.05, 00:15:13) ermöglichen müsste.

Ein weiterer zentraler Punkt für die Umsetzung von ES in Deutschland ist die Wirtschaftlichkeit. Hier besteht die Ansicht, dass es stark von der Regulatorik abhängt, ob ES wirtschaftlich umsetzbar sein wird, was wiederum Einfluss auf dessen Verbreitung hätte. Dabei herrscht die Einschätzung, dass bei der Umsetzung in Deutschland keine aktive Förderung oder Privilegierung bei den Netzentgelten verankert werden wird

*„und wenn es weder eine Förderung gibt, noch ein Netzentgeltprivileg, ist das Ganze zumindest mal mit einem dicken Fragezeichen zu versehen, ob das wirtschaftlich ist, oder nicht nur ein Liebhaberei-Modell“ (E2.03, 00:24:00).*

Unter anderem gehen mit der Abwicklung nämlich Zusatzkosten, für beispielsweise Dienstleister oder technische Anpassungen, einher. Da in den meisten Fällen außerdem nicht der gesamte Strombezug von teilnehmenden Unternehmen über ES abgedeckt werden kann, ist zudem die Frage, inwiefern Reststromlieferverträge ausgestaltet werden dürfen. So könnte es dazu kommen, dass eine Teilbelieferung mit Strom höher bepreist wird als eine Vollversorgung, was wiederum Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit hätte.

Konkret zum Gesetzesentwurf § 42c EnWG-Novelle 2024/11 gab es verschiedene Einschätzungen darüber, inwieweit dieser weiterverfolgt werden wird. Grundlegend wird davon ausgegangen, dass dieser zumindest die Basis für das weitere Gesetzgebungsverfahren darstellen wird. Würde der Entwurf in seiner ursprünglichen Fassung verabschiedet, ist die Tendenz, dass ES lediglich eine „Nischenrolle“ (E2.02, 00:41:49) einnehmen würde. Zudem wird die Lokalitätserfordernis in Form der Bilanzierungsgebiete, wie oben beschrieben, weiterhin kritisch betrachtet. Offene Fragen würden außerdem noch bei der detaillierten Abwicklung der Prozesse, insbesondere der Abrechnung der Netzentgelte und Kommunikation mit den Netzbetreibern bestehen. Es brauche

*„einen einheitlichen Prozess, über den es irgendwie läuft. Und das sehe ich jetzt ehrlich gesagt mit diesem Gesetzesentwurf noch nicht, sondern ich fürchte ehrlich gesagt eher, dass so viele [Netzbetreiber] ... einfach sagen werden, sie können das nicht“ (E2.05, 00:30:09).*

Dass Großunternehmen grundlegend von der Gesetzgebung zu ES außenvorgelassen werden sollen, läge daran, dass diesen der Mehraufwand für die Abwicklung zuzutrauen ist und keine Privilegierung notwendig sei. Zudem würde ES eher auf die Teilhabe von den Bürger:innen und nicht direkt auf Unternehmen abzielen. Ob ein dezentrales oder zentralisiertes ES zu bevorzugen wäre, ist nicht klar zu sagen. Beide Arten hätten, je nach Anwendungsfall und bestehenden Strukturen, Vor- und Nachteile, sodass beide Möglichkeiten eine Daseinsberechtigung haben.

Neben der grundlegenden Hürde, dass es noch keine ES-spezifischen Regelungen in Deutschland gibt, wird die Digitalisierung der Netze und insbesondere der Smart Meter Rollout als Hindernis für die flächendeckende Anwendung von ES-Konzepten in Deutschland gesehen. Es braucht „diesen digitalen Prozess einfach“ (E2.04, 00:33:36) damit ES funktionieren kann.

(K2.4): *Energy Sharing in der Praxis*. Kategorie 2.4 basiert auf den Erfahrungen aus Österreich und dem Interview mit E2.04. In Österreich<sup>12</sup> besteht ein ausgeprägtes Interesse an ES. Die Zahl der Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften und Bürgerenergiegemeinschaften ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Hier ist gleichermaßen ein Interesse bei privaten Haushalten sowie Unternehmen festzustellen. ES wird zunehmend auch im öffentlichen Diskurs thematisiert:

---

<sup>12</sup> In Österreich wird ES unter Nutzung des öffentlichen Netzes über die §§ 79, 80 EAG und §§ 16c, 16d, 16e ElWOG geregelt. ES ist hier seit 2021 im Rahmen der sogenannten Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften und Bürgerenergiegemeinschaften möglich. Der Unterschied zwischen den beiden Arten besteht darin, dass sich erstere nur auf EE bezieht, auf den „Nahebereich“ beschränkt ist und Großunternehmen hier ausgeschlossen sind. Zweitere kann dagegen landesweit agieren, ist nicht auf EE beschränkt und Großunternehmen können teilnehmen. Je nach Nutzung der Netzebenen gibt es bei den Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften außerdem reduzierte Netzentgelte. Zudem entfallen Elektrizitätsabgaben und der Erneuerbaren-Förderbeitrag. Bürgerenergiegemeinschaften erhalten dagegen keine Vergünstigungen. Für beide Arten müssen mindestens zwei Akteur:innen Teil der Gemeinschaft sein. Die Marktkommunikation wird in Österreich über die einheitliche Energiewirtschaftliche Datenaustausch (EDA) Infrastruktur abgewickelt und mittels Smart Metern umgesetzt. Zudem wurde mit der Österreichischen Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften ein zentraler Anlaufpunkt geschaffen. Mittlerweile sind in Österreich über 3000 Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften und über 500 Bürgerenergiegemeinschaften gegründet worden (Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, o. J., 2025).

*„Ich denke, das Interesse ist schon sehr stark angestiegen. ... Also es ist jedenfalls viel ... mehr geworden, dadurch, dass mit diesem Jahr, mit Jänner, die Netznutzungsgebühren erhöht worden sind in Österreich, um 20 Prozent circa. Das hat schon dazu geführt, dass viele sich um Alternativen umgesehen haben und da sind eben dann Energiegemeinschaften vermehrt in den Blickpunkt gerückt“ (E2.04, 00:04:00).*

Dennoch handele es sich im Gesamtvergleich weiterhin nicht um ein Massenphänomen, was den Strommarkt umfassend beeinflusst und verändert.

Zur Bildung von Energiegemeinschaften werden meistens Vereine oder Genossenschaften als Trägerorganisationen gegründet, die sich als Marktpartner registrieren lassen müssen. Anschließend ist es möglich, einen Netzzugangsvertrag mit den Netzbetreibern zu schließen und sich bei der EDA-Plattform anzumelden, die als digitale Schnittstelle zu den Netzbetreibern fungiert. Die gesamte Registrierungsdauer, nach der Gründung einer Trägerorganisation, beläuft sich oftmals nur auf ein bis drei Monate. Im Bereich der Umsetzung von ES hat sich außerdem ein Markt für Dienstleistungsanbieter gebildet, die den Prozess begleiten.

In den vergangenen Jahren traten vereinzelt kleinere Umsetzungsprobleme auf, die jedoch weitgehend behoben wurden und nicht „ganz so drastisch“ (E2.04, 00:22:43) waren. Unter anderem führten fehlende Messwerte eine Zeit lang dazu, dass Abrechnungen nicht erstellt werden konnten. Daneben versuchen Stromlieferanten teilweise mit Vertragsklauseln die Teilnahme an Energiegemeinschaften für ihre Kund:innen auszuschließen, was wiederum die Reststromlieferung erschweren kann.

Belastbare Aussagen zu systemischen Effekten von ES in Österreich, wie beispielsweise ein positiver Einfluss auf den Zubau von EE-Anlagen oder die Entlastung von Netzen, können bisher noch nicht getroffen werden.

Während ES zurzeit nur zentralisiert möglich ist, wird es im Rahmen der EMD III Richtlinie ebenfalls in Österreich Anpassungen geben, sodass dezentrales ES möglich werden wird. Es wird davon ausgegangen, dass es zu deutlichen Veränderungen in der ES-Landschaft und zu neuen Umsetzungsmodellen kommen wird. So können Unternehmen aktuell beispielsweise nicht Strom mit sich selbst über Grundstücksgrenzen hinweg teilen. Da die Reduktion der Netzentgelte in Österreich zunehmend kritisch betrachtet wird, könnte es außerdem auch hier zukünftig zu Veränderungen kommen.

*(K2.5): Energy Sharing in Allermöhe.* Zu Kategorie 2.5 wurden verschiedene Ideen von den Expert:innen geteilt, wie ES vor Ort ausgestaltet werden könnte. Zunächst könnten einzelne Betriebe untereinander Strom teilen und damit die Nutzung der Dachflächen beispielsweise für kleine Unternehmen ermöglichen. Dazu wäre es zunächst wichtig, die Lastprofile und den Stromverbrauch der Unternehmen zu kennen, um den Verbrauch an die Erzeugung anpassen zu können. Ist der Verbrauch beispielsweise zu gering oder zwischen den Unternehmen sehr ähnlich, könnte der Radius über das Gewerbegebiet erweitert und weitere Unternehmen hinzugenommen werden. Da für die Wirtschaftlichkeit vor allem die Erhöhung des (Eigen-)Verbrauchs vor Ort wichtig ist, sollten Themen der Sektorenkopplung mitgedacht werden. Vorstellbar wäre hier die Errichtung von gemeinschaftlich betriebenen E-Ladesäulen oder die Umstellung und Optimierung der Wärme- beziehungsweise Kälteerzeugung. Um den PV-

Strom in Zeiten zu verschieben, wo die Sonne wenig scheint oder ein geringer Verbrauch vorhanden ist, könnten außerdem Batteriespeicher eine zentrale Funktion einnehmen. Vorstellbar wäre auch, den gespeicherten Strom hierüber zu lukrativen Zeiten gemeinsam an der Strombörse zu veräußern. Zu klären wäre außerdem, in welcher Form sich organisiert würde. Zum Beispiel könnte eine formale Gemeinschaft gegründet werden, in die beigetreten werden kann. Ebenso ist es vorstellbar, dass man den Prozess gebündelt an einen Dienstleister auslagert, der auch die Abwicklung übernimmt. Für einzelne Unternehmen könnte es außerdem interessant sein, Strom mit ihren Mitarbeitenden oder sich selbst an anderen Standorten zu teilen.

Hinderlich auf mögliche Projekte könnte sich die Gesetzgebung auswirken,

*„weil, also, wenn es regulatorisch so bleibt, ... oder so kommt, wie es jetzt im Entwurf ist, dann dürfen die Groß[unternehmen] das einfach nicht. Dann dürfen die Kleinen das untereinander machen“ (E2.01, 00:41:47).*

Damit dürfte es für viele Unternehmen vor Ort schwieriger werden, ES umzusetzen und ein Großteil der potenziellen Dachflächen für Aufdach-PV würde herausfallen. Allerdings wurde in diesem Zusammenhang von E2.05 betont, dass es unter den Vollanforderungen dennoch realistisch und lukrativ sein könnte, ES mit der Hilfe von zentralen Lieferanten umzusetzen.

### **Interpretation**

Anhand der Ergebnisse aus den Expert:inneninterviews mit dem Themenschwerpunkt ES lassen sich die FF2a, *welche Faktoren beeinflussen das Verhalten von Unternehmen im Kontext von Energy Sharing und welche Implikationen ergeben sich daraus für eine mögliche Umsetzung*, sowie FF2b, *welche Anwendungsformen von Energy Sharing sind innerhalb des Gewerbegebiets Allermöhe denkbar*, beantworten. Zudem helfen die Erkenntnisse der Beantwortung der FF2, *kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden*, welche jedoch erst im nächsten Kapitel ausführlich adressiert wird.

Bei den Besonderheiten rund um ES und Unternehmen zeigt sich, dass wirtschaftliche Gründe, ähnlich wie bei der PV, der zentrale Treiber sind. Zwar kann auch hier eine intrinsische Motivation eine Rolle spielen, etwa innovative Ideen umzusetzen oder solidarische Konzepte zu unterstützen, dennoch werden Unternehmen insgesamt als stark kostenorientiert eingeschätzt. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Anreize zur Teilnahme an ES abnehmen könnten, wenn die von der neuen Bundesregierung angekündigten Strompreissenkungen umgesetzt werden. Hinzu kommt, dass energieintensive Unternehmen ohnehin oft sehr günstige Konditionen bei der Stromversorgung haben, was ihr Interesse zusätzlich verringern könnte. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass Unternehmen im Vergleich zu Haushalten über mehr fachliche Expertise und zeitliche Ressourcen verfügen, was sich positiv auf die Initiierung und Umsetzung von ES-Modellen auswirken kann. Dennoch könnten komplexe Verfahren und langfristige Verpflichtungen abschreckend wirken, da Unternehmen voraussichtlich ihre Entscheidungsfreiheit und Flexibilität bewahren möchten. Deshalb sollte der Gesetzgeber die

Ausgestaltung von ES möglichst praxisnah und einfach halten, um Unternehmen den Zugang nicht unnötig zu erschweren.

Der Ausschluss von Großunternehmen im bisherigen Entwurf zu ES in Deutschland ist nachvollziehbar, da ES grundlegend für kleine Akteur:innen Beteiligungsmöglichkeiten an der Energiewende schaffen und diese stärken soll. Allerdings verfügen Großunternehmen über Ressourcen, die auch KMUs zugutekommen könnten. Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse aus den PV-Interviews erscheint es plausibel, dass viele KMUs aufgrund fehlender Zeitressourcen auch beim ES nicht aktiv mitwirken werden. In solchen Fällen könnten Großunternehmen beispielsweise ein ES-Modell in einem Gewerbegebiet aufbauen, dem sich KMUs unkompliziert anschließen und so trotz begrenzter zeitlicher und finanzieller Mittel an der Energiewende teilhaben könnten. So ergibt sich die Frage, ob und wie Großunternehmen bei ES mitgedacht werden könnten, sodass eine Stärkung kleiner Akteur:innen daraus hervorgeht.

Bezogen auf das Gewerbegebiet Allermöhe sind verschiedene Umsetzungsformen von ES denkbar. Hier ist jedoch wieder entscheidend, in welcher Weise die Großunternehmen aktiv teilnehmen dürfen. Bleibt § 42c so bestehen, würden weiter hohe Hürden für die Umsetzung von Konzepten bestehen. Vielleicht könnten dennoch Vereinfachungen bei der Abwicklung entstehen, wenn beispielsweise eine digitale Plattform geschaffen wird, von der auch die Großunternehmen profitieren könnten. Zudem könnte mit Dienstleistern und Stromlieferanten zusammengearbeitet und auch ohne ES-spezifische rechtliche Rahmenbedingungen Modelle umgesetzt werden (s. dena, 2025). Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die Dachflächen der Großunternehmen durch beispielsweise Verpachtungsverträge zur Verfügung gestellt werden und so bei ES zwischen KMUs eingebunden werden. Nichtsdestotrotz steigen die Hürden, Großunternehmen bei ES-Modellen im Gewerbegebiet miteinzubeziehen, wenn diese rechtlich ausgeschlossen werden. Damit wäre am Standort Allermöhe ein Großteil des Dachflächenpotenzials und bereits installierter PV-Anlagen betroffen.

Unabhängig von der Frage, wer zur Teilnahme berechtigt ist, müssten für die Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungsfälle Daten zu Lastprofilen und Erzeugungskapazitäten im Gewerbegebiet erhoben werden. In diesem Zusammenhang wäre es sinnvoll, die Sektorenkopplung zu berücksichtigen, um damit den Verbrauch vor Ort zu erhöhen und so zur Wirtschaftlichkeit beizutragen. Gerade durch den Logistikschnittpunkt im Gewerbegebiet Allermöhe bieten sich gemeinschaftlich betriebene Ladestationen für E-LKW an, aber auch gemeinsame Wärme- und Kältelösungen sind denkbar. In den Interviews wurde besonders das Potenzial der Integration von Speichermöglichkeiten hervorgehoben, um die Nutzung des erzeugten PV-Stroms flexibel gestalten zu können und damit ebenso die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Zusätzlich wäre zu klären, in welcher Organisationsform das Vorhaben vor Ort umgesetzt werden kann (z. B. als Verein, Genossenschaft oder eigene GmbH) und wie die Aufteilung und Abrechnung der Strommengen konkret erfolgen soll. Da es im Gewerbegebiet zum Teil Unternehmen gibt, die mehrere voneinander getrennte Liegenschaften besitzen, könnte auch internes ES relevant

sein. Daneben ist es vorstellbar, dass Unternehmen durch Mitarbeitendenstrom die Attraktivität des Standorts erhöhen und damit dem Problem des Fachkräftemangels entgegenwirken könnten.

Weiterhin hervorzuheben sind die Unklarheiten im Gesetzesentwurf für die konkrete Abwicklung gepaart mit der Verfügbarkeit von Smart Metern und die Erfahrungswerte aus Österreich. Es wird deutlich, dass es einfache und einheitliche Regelungen und Systeme braucht, damit ES flächendeckend angewendet werden kann. Die fehlende Verfügbarkeit von Smart Metern in Deutschland ist hier als ein besonders gravierendes Problem einzustufen, da ES ohne digitale Prozesse nicht umzusetzen ist. Hierzu wurden durch E2.03 über aktuelle Ausbauzahlen genannt, wonach im Gebiet des Stromnetzbetreibers erst wenige Smart Meter installiert worden sind. Als Pilotierung wäre ES bei diesem Stromnetzbetreiber frühestens Anfang 2026 vorstellbar. Laut E2.05 haben Smart Meter auch bei dem durchgeführten Pilotprojekt zu deutlichen Verzögerungen geführt, obwohl es sich nur um eine Handvoll Messpunkte gehandelt hatte. Verkomplizierend kommt in Deutschland hinzu, dass es mit über 860 Verteilnetzbetreibern (Bundesnetzagentur & Bundeskartellamt, 2025, S. 109) eine Vielzahl unterschiedlicher Vorgaben und Abläufe gibt. Sollten also klare und einheitliche rechtliche Regelungen für die Marktkommunikation fehlen, lauern insbesondere hier weitere Hürden für die Umsetzung von ES in Deutschland.

Selbst in Österreich, wo der Smart Meter Rollout bereits seit längerem abgeschlossen ist, gab es vereinzelt Probleme bei der Marktkommunikation zwischen ES-Akteur:innen und den Netzbetreibern. Insgesamt erscheinen die Prozesse in Österreich aber sehr schlank und mit einer Anmeldezeit von Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften von ein bis drei Monaten sehr zügig. Zudem zeigt Österreich auf, dass ein Interesse an ES sowohl bei Haushalten als auch Unternehmen gegeben ist, welches beständig wächst. Spannend wären an dieser Stelle belastbare Daten und Aussagen zu der Netzdienlichkeit von ES in Österreich. Bisher konnten solche netzentlastende Effekt noch nicht nachgewiesen werden, was sich mit der steigenden Anzahl an Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaften allerdings ändern könnte (E-Control, 2024, S. 6). Wenn Netzentlastungseffekte in der Praxis nachgewiesen werden sollten, würde dies ein starkes Argument dafür sein, den Verbrauch in unmittelbarer räumlicher Nähe, beispielsweise durch Netzentgeltreduktionen, auch in Deutschland anzureizen. Ebenfalls interessant für den deutschen Diskurs sind die österreichischen Bürgerenergiegemeinschaften, an denen auch Großunternehmen teilnehmen können. In Deutschland könnte ein ähnliches Modell für die Beteiligung von Großunternehmen geschaffen werden, gegebenenfalls im Rahmen der bereits bestehenden Bürgerenergiegesellschaften (§§ 3 Nr. 15 & 22b EEG 2023) mit gesonderten Regelungen. Anhand des gestiegenen Interesses an Energiegemeinschaften im Rahmen der Netzentgelterhöhungen in Österreich zeigt sich erneut, dass wirtschaftliche Anreize ein relevanter Faktor für das Interesse verschiedener Akteur:innen an ES sind.

## 6. Diskussion der Gesamtergebnisse

Die zuvor dargestellten und interpretierten Ergebnisse der einzelnen Methoden werden in diesem Kapitel in den Gesamtkontext eingeordnet und relevante Erkenntnisse diskutiert. Ebenso werden die übergeordneten FF im Folgenden beantwortet. Zunächst werden die Ergebnisse in Beziehung zu der Behavioral *Theory of the Firm* (BTF) und der Industriellen Symbiose (IS) gesetzt. Anschließend folgt die Beantwortung der FF 1 bis 3 gefolgt von der Bedeutung der Ergebnisse für das Gewerbegebiet Allermöhe. Danach werden basierend auf der vorliegenden Masterarbeit systemische Perspektiven auf die Energiewende diskutiert. Zuletzt werden die Limitationen des Vorgehens dargestellt sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder gegeben.

### 6.1 Die Ergebnisse im Rahmen der *Behavioral Theory of the Firm* und dem Konzept der Industriellen Symbiose

Auf Grundlage der BTF und der IS wurde der Themenbereich der Aufdach-PV und des ES bei Unternehmen strukturiert und eine theoretische Erwartung für das Verhalten von Unternehmen abgeleitet. Sowohl BTF als auch IS helfen dabei, zu verstehen, welche Faktoren eine Relevanz für Unternehmen im Bereich der Energietransformation spielen.

Mittels der BTF kann über die bloße Idee der Gewinnmaximierung hinaus das Verhalten von Unternehmen nuanciert betrachtet werden. Dabei finden sich verschiedene Bestandteile der Theorie in den Ergebnissen wieder. Im Zuge der Gaskrise 2022/2023 ist das Interesse an PV-Anlagen aufgrund wirtschaftlicher Gesichtspunkte gestiegen, was sich auch im Gewerbegebiet Allermöhe zeigt, wo die meisten Anlagen erst in den letzten zwei Jahren in Betrieb genommen wurden („*fire department organization*“). Ebenso spielt die *uncertainty avoidance* weiterhin eine Rolle, da Unternehmen angesichts der unsicheren wirtschaftlichen Lage zurückhaltender darin sind, in PV-Anlagen zu investieren. Sollten die Strompreise durch staatliche Maßnahmen außerdem weiter sinken, ist davon auszugehen, dass das Thema an Dringlichkeit verliert und sich die Aufmerksamkeit anderen Problemen zuwendet.

Da am Standort Allermöhe zumeist nur Teilbelegungen der Dachflächen zu beobachten sind, kann vermutet werden, dass der Eigenverbrauch aufgrund bestehender Anreizstrukturen im Vordergrund steht und daher von größeren Anlagen abgesehen wird. So kann zu einem möglichen selbstgesetzten Ziel der Kostenreduktion beigetragen werden (*motivated search*). Wie in den Interviews angeklungen, wird die zukünftige Elektrifizierung weiterer Energiebereiche bei der Installation oft nicht mitgedacht, und es werden einfache Lösungen umgesetzt (*simple-minded search*). Zudem wurde berichtet, dass einzelne Personen bei KMU den Entscheidungsprozess für oder gegen PV maßgeblich beeinflussen können (*biased search*). Im Rahmen des *organizational learning* ist außerdem festzustellen, dass Vorreiter- und Nachahmungseffekte zwischen Unternehmen bestehen und der Erfahrungsaustausch einen positiven Einfluss auf die Installation von PV haben kann. Im Sinne der *adaption in search rules* zeigen sich insbesondere jene Unternehmen am KLIMAreedy-Projekt interessiert, die bereits im lokalen Netzwerk UNA sowie in den Clustern EEHH und LIHH aktiv sind. Haben sich Netzwerke in der Vergangenheit als

vorteilhaft erwiesen, suchen Unternehmen dort offenbar auch bei neuen Problemen nach Lösungen und Anregungen. Interessant ist zudem, dass die drei Unternehmen, die an der weiteren Projektarbeit teilgenommen haben, bereits PV installiert und weitere Maßnahmen zur Energietransformation umgesetzt haben (*adaption of attention goals*). Im Bereich der *quasi-resolution of conflict* konnten keine spezifischen Erkenntnisse gewonnen werden. Dennoch beeinflussen Konzernstrukturen die Umsetzung von PV durch interne Richtlinien und Vorgaben, was in gewisser Weise unter dieser Kategorie subsumiert werden und auch für das ES relevant sein kann.

Daneben bietet das Konzept der IS wertvolle Einsichten, wie durch gemeinschaftliche Lösungen Synergien genutzt werden können. In diesem Kontext stellt das ES als Energiesymbiose eine spezifische Form dar. So kann ES die Anreizstrukturen für die Installation von PV bei Unternehmen verändern und theoretisch zu einem vermehrten Ausbau führen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass insbesondere die Aussicht auf Kosteneinsparungen ein zentrales Motiv für eine Beteiligung an ES-Initiativen darstellt. Dieser Umstand wird auch durch die IS als eines der Hauptmotive zur Beteiligung von Unternehmen herausgestellt. Darüber hinaus könnten aktuellen Herausforderungen, wie Netzengpässen oder langwierigen Netzanschlussverfahren, durch beispielsweise Cable-Pooling oder Netzüberbauung in Verbindung mit intelligenten Verbrauchsmodellen, gemeinschaftlich entgegengewirkt werden. Auch die gemeinsame Nutzung und Errichtung von Großbatteriespeichern könnte hier wirtschaftliche und infrastrukturelle Vorteile bieten. Gleichzeitig zeigen sich jedoch beim ES bekannte Hürden: Der Mangel an zeitlichen Ressourcen oder fehlende Erfahrung und Bereitschaft zur langfristigen Zusammenarbeit kann sich hemmend auf die Etablierung von ES auswirken. Daher erscheint eine kombinierte Strategie aus einem *top-down*-Vorgehen, durch Institutionen wie etwa Bezirksämter, und *bottom-up*-Prozessen zwischen Unternehmen sinnvoll, um die zukünftige Etablierung von ES zu unterstützen. Institutionen könnten so Unternehmenskooperationen anstoßen und diese durch die Unternehmen weiter vertieft und verstetigt werden (s. Unterkapitel 6.2).

Zusammenfassend zeigt die Anwendung der BTF und IS im Bereich PV und ES vor allem zwei Dinge: Zum einen wird durch die BTF deutlich, dass Unternehmen keineswegs rationale Gewinnmaximiererinnen mit perfektem Wissen sind und verschiedenste Faktoren das Entscheidungsverhalten beeinflussen. Daher werden auch im Energiebereich nicht die rein wirtschaftlich und technisch sinnvollsten Lösungen umgesetzt, sondern Lösungen, die für die selbstdefinierten Ziele der Unternehmen unter dem zur Verfügung stehenden Wissen zufriedenstellend sind. Zum anderen lenkt das Konzept der IS den Blick auf gemeinschaftliche Lösungen, durch welche Vorteile erzielt werden können, die alleinig nicht zu erreichen wären. Damit kann wiederum die Denkweise verändert werden, wie und wo nach Lösungsansätzen gesucht wird (*organizational learning*).

## 6.2 Diskussion und Beantwortung der übergeordneten Forschungsfragen

Im Rahmen des Vorgehens wurden mehrere FF definiert, wovon vor allem die zusätzlichen Fragen im vorherigen Kapitel bereits beantwortet wurden. Hier werden folgend die übergeordneten FF1, 2 und 3 der Reihenfolge nach beantwortet.

### **FF1: Weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt?**

Wie beispielhaft am Standort Allermöhe zu sehen ist, weisen Gewerbegebiete hohe Dachflächenpotenziale für die Nutzung von PV auf, die bisher aber nur anteilig genutzt werden. In Abschnitt 5.2.1 wurden die maßgeblichen Gründe für diesen Umstand bereits erörtert und werden an dieser Stelle noch einmal kurz zusammengefasst.

Zunächst können zwei Phänomene festgestellt werden: Entweder, PV wird aufgrund verschiedener Hindernisse nicht installiert und Dachflächen bleiben damit gänzlich ungenutzt, oder es kommt durch verschiedene Gründe oftmals nur zu einer Teilbelegung der Dachflächen, womit ebenfalls Potenziale ungenutzt bleiben.

Im ersten Fall sind Hindernisse unter anderem bei technischen Hürden, wie einer unzureichenden Dachstatik zu finden, was besonders bei Gewerbehallen in Leichtbauweise der Fall ist. Außerdem können fehlende zeitliche und finanzielle Ressourcen, insbesondere bei KMUs, die Installation verhindern. Zurzeit wirkt sich außerdem die gesamtwirtschaftliche Lage negativ auf die Investitionsbereitschaft von Unternehmen aus, da sich diese aus Unsicherheiten auf ihr Kerngeschäft konzentrieren. Ebenso führen gegenwärtig Versicherungsauflagen, vor allem im Bereich des Brandschutzes, zu gesteigerten Anforderungen, die PV-Projekte teilweise unwirtschaftlich machen. In gewissem Maße kommen außerdem Fehlwissen, Vorurteile und fehlendes Interesse gegenüber der Technologie hinzu, die sich negativ auswirken. Wichtig ist zu betonen, dass es sich von Unternehmen zu Unternehmen immer um eine Einzelfallbetrachtung handelt. Daher sind die Gründe für oder gegen eine PV-Anlage von den gegebenen Voraussetzungen abhängig und können sich unterscheiden.

Im zweiten Fall wird ersichtlich, dass vor allem wirtschaftliche Gründe für Unternehmen im Vordergrund stehen. Daher wird die Dimensionierung der Anlagen zumeist an dem Eigenverbrauch ausgerichtet, da dieser maßgeblich die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Hinzu kommen rechtliche Leistungsgrenzen, ab der die Installation und der Betrieb mit erhöhtem Aufwand und Kosten einhergehen. Ein weiterer relevanter Faktor sind die Netzauslastung und Netzanschlussmöglichkeiten vor Ort. So kann der Netzanschluss bei großen Anlagen mit erheblichen Mehrkosten verbunden sein, sodass Anlagen von vornherein teilweise kleiner ausfallen.

Festzuhalten ist also, dass eine erhöhte Dachflächennutzung für PV in Gewerbegebieten über zwei Wege erzielt werden kann: Einerseits müsste eine vermehrte Installation von PV-Anlagen auf bisher ungenutzten Dachflächen stattfinden und andererseits müsste die Installation von insgesamt größeren Anlagen erreicht werden. Hierfür braucht es zusätzliche Anreize für Unternehmen, welche die Wirtschaftlichkeit größerer Anlagen erhöht. Beispielsweise können sich unternehmensextern höhere EEG-

Förderungen oder höhere Leistungsgrenzen positiv auswirken. Unternehmensintern könnte die Steigerung des Eigenverbrauchs durch die Sektorenkopplung und die Einbindung von Batteriespeichern eine Rolle spielen. Daneben könnte der (Eigen-)Verbrauch durch ES-Mechanismen erhöht werden und damit zusätzliche Anreize für die Unternehmen liefern, was zur FF2 führt.

**FF2: Kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden?**

In der Theorie bietet ES für Unternehmen Möglichkeiten, Stromkosten einzusparen oder zusätzliche Erlöse zu generieren. Aus diesem Umstand heraus ist es in Übereinstimmung mit einem der Hauptargumente für ES, den Ausbau von EE anzuregen, plausibel anzunehmen, dass dadurch zusätzliche oder größere PV-Anlagen auf Dachflächen in Gewerbegebieten errichtet werden. Zudem wird ersichtlich, dass Unternehmen ein grundlegendes Interesse an ES aufweisen. Das zeigen zum einen die Erfahrungswerte aus den Expert:inneninterviews, aber beispielsweise auch die steigende Anzahl an Energiegemeinschaften in Österreich. Auch innerhalb der KLIMAready-Workshops in der Clusterbrücke I wurde eine Idee für ES ausgearbeitet, die weiterverfolgt werden soll und das Unternehmensinteresse an ES exemplarisch verdeutlicht.

Entscheidende Faktoren für das Interesse an ES-Modellen sind dabei wirtschaftliche Anreize für die Unternehmen. Diese ergeben sich vor allem aus der Differenz zwischen den Strombezugskosten auf der einen und den EEG-Vergütungen für PV-Strom auf der anderen Seite, wobei erstere gegenwärtig bei 18,31 ct/kWh und letztere für die Teileinspeisung bei 5,62 bis 8,34 ct/kWh liegen (s. Unterkapitel 2.1; s. Tabelle 1). Wenn allerdings die Stromkosten für Unternehmen weiter sinken sollten, wird der Spielraum für ökonomische ES-Modelle, und damit auch die wirtschaftlichen Anreize, kleiner. Daneben sind nach aktuellem Stand in Deutschland keine zusätzlichen Förderungen oder Vergünstigungen für ES zu erwarten. Laut den Expert:innen wäre es damit allerdings fragwürdig, ob ES wirtschaftlich umgesetzt werden könnte. Mit der Abwicklung gehen nämlich Zusatzkosten, unter anderem durch Dienstleister oder den frühzeitigen Einbau von Smart Metern, einher. Zusätzlich ist unklar, wie die Verträge für Reststromlieferungen ausgestaltet werden, was wiederum die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflussen könnte. Allerdings ist in Deutschland aufgrund der Degressionsregelung und mit steigendem Ausbau der PV davon auszugehen, dass die EEG-Vergütungen in den nächsten Jahren sinken und damit der ökonomische Gestaltungsraum für ES nach unten wieder größer werden wird.

Konkurrierend zu den wirtschaftlichen Anreizen von ES stehen außerdem die Batteriespeicher. Mit sinkenden Kosten und einer zunehmenden Verbreitung sind diese für Unternehmen eine lukrative Möglichkeit, den Eigenverbrauch auszuweiten. Auf absehbare Zeit wird die Wirtschaftlichkeit von größeren PV-Anlagen mit einem höheren Autarkiegrad hierdurch deutlich ausgeweitet werden können. Dabei hätten Unternehmen außerdem keinen zusätzlichen Koordinierungsaufwand mit anderen Akteur:innen. Dennoch könnten Batteriespeicher auch mit ES zusammengedacht werden und hier wieder Kostenvorteile, beispielsweise in Form von Skaleneffekten entstehen.

Zusätzlich zur unklaren Wirtschaftlichkeit können sich verschiedene Hindernisse negativ auf die Etablierung von ES auswirken. Ein fundamentales Problem ist in Deutschland gegenwärtig die fehlende Digitalisierung der Stromnetze. Dementsprechend könnte es zu Verzögerungen oder weiteren Mehrkosten kommen, wenn Unternehmen ES initiieren wollen. Des Weiteren könnten komplexe und zeitintensive Verfahren abschreckend auf Unternehmen wirken. Bereits bei der PV, wo kein zusätzlicher Abstimmungs- und Abwicklungsaufwand mit anderen Unternehmen notwendig ist, ist zu erkennen, dass insbesondere kleineren Unternehmen teilweise die zeitlichen Ressourcen fehlen. Außerdem ergibt sich die Frage, wer die Prozesse initiiert und wie das notwendige Vertrauen für solch eine Form der Unternehmenskooperation aufgebaut werden kann. Darüber hinaus ist im Gewerbegebiet Allermöhe zu sehen, dass vor allem ansässige Großunternehmen große Dachflächenpotenziale auf sich vereinigen, bisher PV-Anlagen installiert und sich proaktiv beim KLIMAreedy-Projekt eingebracht haben. Nach dem aktuellen Gesetzesentwurf wären diese jedoch nicht berechtigt, von gesonderten ES-Regelungen zu profitieren. Damit könnten Ressourcen ungenutzt bleiben und potenzielle *First-Mover* zur Etablierung von ES herausfallen. Hier könnten zwar gesonderte Modelle Anwendung finden, um die bestehenden Dachflächen großer Unternehmen einzubeziehen, wie etwa eine Verpachtung an einen Zusammenschluss von KMUs. Allerdings würden solche Lösungen mit einem erhöhten Aufwand und zusätzlichen Hürden einhergehen.

Wenn ES zukünftig umgesetzt werden sollte, bleibt es fraglich, ob dadurch die Installation neuer und/oder größerer Anlagen tatsächlich angereizt würde. Im Gewerbegebiet Allermöhe haben beispielsweise schon einige Unternehmen mit sehr großen Dachflächen PV-Anlagen installiert und ohne weiteren Anlass, neben zusätzlichen Anreizen durch ES, ist nicht davon auszugehen, dass Unternehmen ihre Anlagen erweitern oder gänzlich neue installieren werden. Dementsprechend könnte ES vor allem bei Anlagen, die zukünftig noch geplant und errichtet werden, als weiterer Anreizfaktor fungieren. In diesen Fällen könnte ES als eine zusätzliche Variable die Wirtschaftlichkeitsoptimierung verschieben und auch größere Anlagen attraktiver machen. Allerdings könnte sich ein zeitliches Problem ergeben: Wenn noch viel Zeit vergeht, bis ES tatsächlich in der Praxis umgesetzt werden kann, könnten in der Zwischenzeit bereits viele Anlagen hinzukommen, ohne, dass die Möglichkeit ES zu betreiben Einfluss auf die Dimensionierung nehmen konnte. In diesem Fall wäre es zwar positiv zu bewerten, wenn viele Anlagen hinzukämen, doch wenn diese kleiner als unter der Möglichkeit von ES ausfallen würden, blieben weiterhin Potenziale ungenutzt.

Neben einer möglichst schnellen rechtlichen Verankerung von ES in Deutschland sind konkrete Regelungen für die Umsetzung in der Praxis und einheitliche Verfahren für die Marktkommunikation entscheidend. Aus den Expert:inneninterviews wird ersichtlich, dass § 42c EnWG-Novelle 2024/11 hier noch Unklarheiten aufweist, unter anderem wer für die Abrechnung der Netznutzung zuständig sein soll. Zumindest könnte der vorgeschlagene § 20b zur Schaffung einer einheitlichen Internetplattform Erleichterungen bewirken. Hierfür sollte nach Möglichkeit Erfahrungswissen aus Österreich und der

dort genutzten EDA-Plattform einbezogen werden. Auch bleibt fragwürdig, ob die Lokalitätserfordernis in Form der Bilanzierungsgebiete möglichen netzentlastenden Effekten entgegenwirkt, da zu viele Netzebenen miteinbezogen wären. Grundlegend ist davon auszugehen, dass je unklarer und komplizierter ES ausgestaltet wird, weniger Unternehmen teilnehmen werden.

Es lässt sich festhalten, dass ES durchaus das Potenzial besitzt, das Verhalten von Unternehmen in Richtung einer vermehrten Nutzung von Dachflächen für PV zu beeinflussen. In der Praxis dürfte dieser Effekt jedoch begrenzt bleiben, da verschiedene technische, wirtschaftliche und regulatorische Hemmnisse den Einfluss von ES mindern. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass ES als ergänzendes Instrument mit potenziellem Zusatznutzen, nicht jedoch als zentraler Treiber des PV-Zubaus auf Gewerbedächern, fungieren wird. Nichtsdestotrotz werden ES-spezifische rechtliche Rahmenbedingungen neue Geschäfts- und Betriebsmodelle in Deutschland ermöglichen, die in gewissen Anwendungsfällen als Anreiz für die vermehrte Nutzung von Dachflächen für PV bei Unternehmen wirken können.

### **FF3: Wie können Institutionen positiv auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen?**

Wie im Abschnitt 3.1.2 dargestellt, können Unternehmenskooperationen in der Form von IS durch *top-down* oder *bottom-up*-Vorgehen gestaltet werden. Darauf bezogen stellt die Clusterbrücke I im KLIMAready-Projekt auf den ersten Blick einen *top-down*-Ansatz dar, bei welchem auf Klimaschutzmaßnahmen von Unternehmen hingewirkt und damit das Ziel der Energietransformation vorangetrieben werden soll. In diesem Sinne können Übereinstimmungen zwischen dem idealtypischen Ablauf der Etablierung von IS (s. Abbildung 9) und dem Vorgehen im Gewerbegebiet Allermöhe auf Basis der vier Schritte der Maßnahmenentwicklung im KLIMAready Projekt (s. Abbildung 6) ausfindig gemacht werden.

Im Vorhinein zur Clusterbrücke I fand eine vorläufige Bewertung möglicher Anwendungsfelder im Gewerbegebiet Allermöhe statt. Dabei wurde für die Energietransformation vor Ort bereits im Projektantrag ES als mögliches Handlungsfeld identifiziert („1. Vorläufige Bewertung“, s. Abbildung 9). Anschließend wurde durch die Vernetzung mit dem UNA-Netzwerk und der Durchführung einer Informationsveranstaltung vor Ort versucht, die Unternehmen für die Erarbeitung konkreter Maßnahmenideen im Rahmen des KLIMAready Projekts zu motivieren („2. Unternehmen motivieren“). Im Rahmen der Workshops wurden dann zusammen mit drei Unternehmen mögliche Synergien und Handlungsfelder identifiziert und konkrete Maßnahmenideen sowie ein Pilotprojekt zum Thema „Energieerzeugung und -sharing“ ausgearbeitet („3. Mögliche Synergien finden“). Im Weiteren planen die beteiligten Unternehmen durch eine detaillierte Analyse die Machbarkeit der entwickelten Projektidee zu prüfen („4. Machbarkeit bestimmen“) und nach Möglichkeit anschließend in die Umsetzung zu gehen („5. Transaktionen umsetzen“). Die Erkenntnisse sollen außerdem festgehalten werden und nach Möglichkeit auf ein Gesamtkonzept für einen klimaneutrales Gewerbegebiet Allermöhe 2040 einzahlen sowie durch Iterationsschleifen verbessert und erweitert werden („6. Dokumentation“).

Im Hinblick auf das konkrete Vorgehen in der Clusterbrücke I kann die dortige Entwicklung einer IS, beziehungsweise von Unternehmenskooperationen, als eine Mischung aus einem initialen *top-down*-Ansatz, angestoßen und begleitet durch das KLIMAready-Projekt und einem *bottom-up*-Ansatz, getrieben und zukünftig verstetigt durch das intrinsische Interesse der Unternehmen, beschrieben werden. Diese Kombination und unterschiedliche Relevanz der Ansätze innerhalb der Phasen des Prozesses findet sich auch bei Yeo et al. (2019, S. 1090) wieder (s. Abbildung 9).

Das KLIMAready-Projekt liefert insbesondere einen Rahmen für Unternehmen und unterstützt dabei, sich miteinander auszutauschen und mögliche Lösungen gemeinsam zu erarbeiten. Dabei besteht der zentrale Mehrwert darin, die Aufmerksamkeit auf ein gemeinschaftliches Vorgehen zu legen, wodurch andere Lösungsideen in den Mittelpunkt rücken, als würden sich die Unternehmen allein mit Themen auseinandersetzen (*organizational learning*). Vorhandene Netzwerkstrukturen, wie das Unternehmensnetzwerk Allermöhe, können hier außerdem einen Zugang zu den Akteur:innen vor Ort sowie eine Vertrauensebene bieten und damit als Multiplikatorin wirken. Somit zeigt das KLIMAready-Projekt, dass Netzwerkstrukturen und Wissenstransfer zwischen Unternehmen relevant für die nachhaltige Entwicklung von Gewerbegebieten sein können (Angstmann et al., 2023, S. 5; Schack et al., 2024, S. 139). Anekdotisch wurde der Wirkmechanismus durch ein Unternehmen bei der Ergebnispräsentation in etwa wie folgt zusammengefasst: *„Wir hätten auch selbst auf die Idee kommen können, aber ohne KLIMAready hätten wir wahrscheinlich nicht angefangen uns damit auseinanderzusetzen“*.

Allerdings wurde bei dem Vorgehen auch deutlich, dass es schwierig war KMUs miteinzubeziehen und zu erreichen. Bei den zeitintensiven Workshops handelte es sich bei den drei vollständig teilnehmenden Unternehmen um ansässige Großunternehmen mit großen personellen Ressourcen. Ebenso sind bisher im UNA-Netzwerk, sowie bei der Informationsveranstaltung übermäßig viele Großunternehmen vertreten gewesen. Das wirft die Frage auf, wie insbesondere KMUs besser erreicht werden können. Angepasste Unterstützungsangebote könnten notwendig sein, die besser auf die Bedürfnisse von Unternehmen mit geringen zeitlichen Ressourcen zugeschnitten sind. Vorstellbar wäre es, dass Pilotprojekte durch Unternehmen mit vielen Kapazitäten angestoßen werden und diese zusammen mit den gewonnenen Erfahrungen anderen Unternehmen zugutekommen. Folglich könnten „Vorreiter:innen“ Prozesse ebnen und diese unter geringerem Aufwand repliziert werden.

Nichtsdestotrotz bestätigt das Vorgehen in der Clusterbrücke I, dass Institutionen positiv auf die Etablierung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit nachhaltige Entwicklungen in Gewerbegebieten anstoßen können. Besonders interessant ist, dass die Unternehmen im Rahmen der Clusterbrücke I ein konkretes Projekt zur Energieerzeugung und zum Teilen von Energie verfolgen möchten. Damit könnte aus KLIMAready in Allermöhe tatsächlich eine IS hervorgehen. Jedoch bleibt hier abzuwarten, ob auch konkrete Maßnahmen umgesetzt werden. Damit kann gegenwärtig noch nicht bewertet werden, wie erfolgreich der Prozess am Ende tatsächlich gewesen sein wird.

### 6.3 Was bedeuten die Ergebnisse für das Gewerbegebiet Allermöhe?

Neben den zuvor diskutierten übergeordneten Ergebnissen stellt sich die Frage, was die Erkenntnisse konkret für das Gewerbegebiet Allermöhe bedeuten. Daher werden die Kernthemen an dieser Stelle festgehalten und eingeordnet.

Auf technischer Ebene zeigt sich, dass der Standort Allermöhe große Dachflächenpotenziale für den weiteren Ausbau von PV aufweist. In diesem Zusammenhang sind weitere Entwicklungspotenziale vorhanden, insbesondere im Bereich der Sektorenkopplung und Einbindung von Batteriespeichern. Besonders relevant für die Logistikbetriebe wird in der nahen Zukunft die Elektrifizierung der Fuhrparks werden, was einen hohen Mehrbedarf an Strom darstellen wird (Avdevicius et al., 2024). Wie mit der Clusterbrücke I des KLIMAready-Projekts zu sehen, ergeben sich Kooperationsmöglichkeiten zwischen den Unternehmen, um Kosten zu sparen und Ressourcen gemeinsam zu nutzen. Vor allem im Rahmen des erarbeiteten Pilotprojekts mit dem Schwerpunkt „Energieerzeugung und -sharing“ könnten weitere Unternehmen mit einbezogen und damit ein umfassender Quartiersansatz erarbeitet werden. So könnten Erzeuger und Verbraucher diversifiziert werden und damit potenziell nutzbare Synergien ansteigen. In diesem Zuge sollten als nächstes Daten zur Erzeugung und dem Verbrauch gesammelt werden, damit mögliche energiewirtschaftliche Potenziale technisch und finanziell quantifiziert werden können. Zusätzlich müssen die konkreten rechtlichen Vorgaben geklärt und Lösungen daran angepasst werden. In Bezug auf ES könnte gegenwärtig mit Dienstleistern und/oder Stromlieferanten zusammengearbeitet werden, die den aktuell hohen und komplizierten Abwicklungsaufwand leisten können. Hierzu kann sich am Leitfaden der Deutschen Energie-Agentur (2025) zur Umsetzung von ES unter aktuell geltendem Recht orientiert werden. Zudem sollte mit den Hamburger Energienetzen ermittelt werden, was die Stromnetzauslastung vor Ort zurzeit zulassen würde. In diesem Rahmen könnte geprüft werden, ob und unter welchen Voraussetzungen gemeinschaftliche Maßnahmen wie das Cable-Pooling oder die Überbauung von Netzverknüpfungspunkten möglich wären. In diesem Sinne ist positiv hervorzuheben, dass eine Machbarkeitsstudie für das Pilotprojekt angestrebt wird.

Daneben stellt sich die Frage der Verstetigung des gemeinschaftlichen Vorgehens. Da die enge Begleitung durch das KLIMAready-Projekt grundsätzlich nur auf ein Jahr angelegt ist, sollten Strukturen gefestigt werden. Innerhalb der Fallstudie hat sich unter anderem gezeigt, dass es wichtig ist, die vielen verschiedene Akteur:innen miteinander zu koordinieren, damit bestehende einzelne Wissensbestände gebündelt werden können. Bei der Clusterbrücke I hat in gewisser Weise das UNA-Netzwerk diese Rolle als Koordinationsplattform und *Gatekeeper* erfüllt. Allerdings erreicht auch dieses nur einen Teil der Unternehmen vor Ort und ist bisher recht lose organisiert. Eine dauerhafte Etablierung von Austauschmöglichkeiten, speziell mit dem Fokus zur Energietransformation vor Ort, wäre daher sinnvoll. Ebenso sollte versucht werden mehr ansässige Unternehmen miteinzubeziehen. Auf Basis der Ergebnisse aus den KLIMAready-Workshops, mit der Vision eines klimaneutralen Allermöhes 2040, sollte weitergearbeitet und diese im Gewerbegebiet verbreitet werden. In diesem Sinne wäre es förderlich, wenn sich

das Bezirksamt und insbesondere die Wirtschaftsförderung und das Klimaschutzteam Bergedorf aktiv in den weiteren Prozessverlauf einbringt.

Wie ein institutionalisiertes Gebietsmanagement ausgestaltet werden kann, zeigt das Bezirksamt Hamburg-Nord am Pilotstandort Gewerbepark Hamburg-Nord. Hier wurde ein eigenes Klimaschutzmanagement für die nachhaltige Entwicklung des Gewerbegebiets etabliert und mittlerweile verschiedene Maßnahmen, unter anderem die Beauftragung eines Energiekatasters und einer Wärmepotenzialstudie, angestoßen. Eine zentralisierte Koordination, etwa in Form eines:r Gebietsmanagers:in für das Gewerbegebiet Allermöhe, könnte Prozesse bündeln und den Unternehmen so Aufwand abnehmen. Hierüber könnten außerdem weitere Unternehmen proaktiv angesprochen und damit gegebenenfalls auch KMUs besser integriert werden (Schack et al., 2024, S. 135). Ergänzend könnte darüber vor Ort noch stärker mit weiteren städtischen Initiativen, wie beispielsweise der Solarberatungskampagne der Bezirke, der UmweltPartnerschaft der FHH, den Hamburger Energielotsen, der Energie-Umwelt-Beratung der Handelskammer Hamburg oder der ZEWUmobil der Handwerkskammer Hamburg, zusammengearbeitet werden.

Insgesamt könnten sich verschiedene Vorteile für den Bezirk Bergedorf durch ein stärkeres Engagement im Gewerbegebiet Allermöhe ergeben: Das Gewerbegebiet Allermöhe kann resilient für die Zukunft ausgerichtet und damit die Attraktivität des größten Beschäftigungsstandorts im Bezirk gestärkt werden. Zudem könnte aus Klimaschutzsicht ein hohes Maß an Emissionen eingespart werden. In Kombination könnte sich der Bezirk Bergedorf außerdem öffentlichkeitswirksam darstellen und Werbung für sich durch innovative und lösungsorientierte Politik betreiben.

Wenn das Gewerbegebiet Allermöhe mehr als Gemeinschaft gedacht und durch die Etablierung von Strukturen begleitet wird, können neben/nach dem KLIMAready-Projekt weitere Synergien nutzbar gemacht werden. So kann insgesamt zur Attraktivität des Standorts und einer Reduzierung von Treibhausmissionen beigetragen werden. Der vom KLIMAready-Projekt in Zusammenarbeit mit dem UNANetzwerk angestoßene Prozess sollte hierfür weitergetragen und durch das Bezirksamt Bergedorf verstetigt werden. Hier kann sich ein Beispiel am Gewerbepark Hamburg-Nord genommen werden, dessen Nachhaltigkeitstransformation seit 2021 durch ein Klimaschutzmanagement aktiv vorangetrieben wird.

#### **6.4 Systemische Perspektiven auf die Energiewende**

Neben den Themen, die konkret mit dem Schwerpunkt der Masterarbeit in Verbindung stehen, ergeben sich auch für die größeren gesamtgesellschaftlichen Diskurse rund um die Energiewende diskussionswürdige Punkte.

Der PV-Ausbau und die mögliche Etablierung von ES sind Teil einer größeren Transformation des Energiesystems: Weg von einer hierarchischen Struktur mit großen Erzeugungsanlagen in den hohen Spannungsebenen, hin zu einem zunehmend dezentralen Stromsystem mit Erzeugungseinheiten in allen Spannungsebenen (dena, 2023, S. 10). Durch den Ausbau der EE nehmen Erzeugungsschwankungen in

Abhängigkeit von Sonne und Wind zu, wodurch das System zunehmend flexibler ausgerichtet werden muss (BMWK, 2024a, S. 19ff.). Hierzu stehen aktuell und in den nächsten Jahren große technische und regulatorische Herausforderungen an. Wie bereits an mehreren Stellen angeklungen, wird der Digitalisierung der Netze, unter anderem in Form des Smart Meter Rollouts auf Verbraucherebene, eine entscheidende Rolle zukommen. Damit wird die Grundlage für die netzstabilisierende und wirtschaftliche Steuerung von Erzeugung und Verbrauch gelegt, die im zukünftigen Stromsystem notwendig ist (BMWE, 2025). Zusätzlich müssen die Verteil- und Niederspannungsnetze durch den zukünftig steigenden Strombedarf und den Zubau an Erzeugungsleistungen verstärkt und ausgebaut werden. In Kombination mit dem Ausbau der Übertragungsnetze für den Transport von Windstrom aus Norddeutschland nach Süddeutschland gehen somit steigende Systemkosten einher (BMWE, o. J.).

Eingebettet in diesen Rahmen bestehen für die PV die zentralen Fragen, wie das technische Potenzial an das theoretische Potenzial und wie das realisierbare Potenzial an ein ausgeweitetes technisches Potenzial herangeführt werden kann. In diesem Rahmen bedarf es einer pragmatischen Regulatorik gepaart mit technischen Problemlösungen, um die theoretischen PV-Potenziale besser nutzbar zu machen. Hier wurde durch das Solarpaket I bereits gezeigt, wie gesetzliche Regelungen die Anreizstrukturen ausweiten können. Dabei ist es im Bereich von Gewerbedächern wichtig, wie in Unterkapitel 6.1 bereits aufgezeigt, ein nuanciertes Verständnis von Unternehmensverhalten und -entscheidungen mit einzubeziehen.

Auch für die Umsetzung von ES in Deutschland sind die vorhandenen Rahmenbedingungen entscheidend. Hier bleibt abzuwarten, wie die spezifischen Regelungen umgesetzt werden und wann damit gerechnet werden kann. Zudem könnte dem ES aufgrund des Bundesgerichtshofurteils zur Unrechtmäßigkeit der Kundenanlage aus Mai 2025 (Bundesgerichtshof, 2025) eine Rolle als *Workaround* in diesem speziellen Anwendungsbereich zukünftig zukommen (Thau & Zacher, 2025, S. 3f.). Vielleicht gab es auch daher teilweise bereits Andeutungen aus der Politik, dass ES sogar noch vor der Sommerpause 2025 auf Basis des bestehenden Entwurfs verabschiedet werden könnte (energiezukunft, 2025). Die Komplexität des Stromsystems wird, fernab der konkreten rechtlichen Regelungen, einen Einfluss auf die praktische Anwendung des ES nehmen. In anderen Bereichen ist ebenso zu erkennen, dass selbst wenn Konzepte rechtlich und technisch theoretisch möglich sind, in der praktischen Umsetzung verschiedenste Hürden entstehen (s. bspw. Guitart et al., 2024, S. 26ff.).

Ergänzend ergibt sich ein grundlegendes Spannungsfeld zwischen den politischen Zielen einer klimaneutralen Transformation (*top-down*) und den marktwirtschaftlichen Prinzipien, auf denen unser Wirtschaftssystem basiert. Während der Staat Transformationsziele formuliert, liegt die praktische Umsetzung weitgehend in der Verantwortung wirtschaftlich handelnder Akteur:innen (Unternehmen und Konsument:innen; *bottom-up*). Um im wirtschaftlichen Wettbewerb bestehen zu können, ist die Kernaufgabe von Unternehmen allerdings zu aller erst, Gewinne zu erzielen (Friedman, 1962, S. 133). Daher ist die Wirtschaftlichkeit auch bei Entscheidungen rund um EE eine zentrale Variable. Im Rahmen

marktwirtschaftlicher Logiken kann der Staat daher nur indirekt über Anreizstrukturen steuernd eingreifen. Dies wirft die Frage auf, ob es für zentrale gesellschaftliche Herausforderungen, wie die Energiewende und den Klimaschutz, stärkerer zentraler und regulierender staatlicher Eingriffe bedarf. Maßnahmen wie die Einführung von PV-Pflichten deuten bereits in diese Richtung. Insbesondere im Bereich öffentlicher Infrastrukturen stellt sich die Frage, ob marktwirtschaftlich organisierte Systeme geeignet sind, die notwendige Koordination transformativer Prozesse effizient zu gewährleisten. Die hohe Zahl von über 860 Verteilnetzbetreibern im deutschen Strommarkt verkörpert exemplarisch eine Marktstruktur, welche Komplexitäten erhöht und somit potenzielle Hinderlich auf die Energiewende wirken kann.

Zuletzt sind nicht nur technologische und politische Lösungen im Rahmen der Klimakrise notwendig, sondern ebenso gesellschaftliche Veränderungen. Wird das Energiesystem unter einer *Systems Thinking* Perspektive betrachtet (Meadows, 2008), liegt das primäre Problem nicht in der Nutzung fossiler Energieträger per se, sondern in dem hohen Energieverbrauch, auf dem unsere moderne Gesellschaft basiert (Hagens, 2020, S. 3ff.). Zwar sind EE zentral für die Eindämmung der Klimakrise, doch die Umstellung des Gesamtsystems auf EE und Deckung der Energienachfrage geht ebenfalls mit negativen ökologischen Konsequenzen einher (s. bspw. Rahman et al., 2022). Basierend auf dem Verständnis der *strong sustainability*, nach dem das gesellschaftliche Gesamtsystem (inklusive Wirtschaft) in der Biosphäre eingebettet ist, wird daher auch „grünes“ Wirtschaftswachstum auf lange Sicht die natürlichen Grundlagen der Erde erschöpfen (Wu, 2013, S. 1003; Daly, 2015). Daher sind neben den Konzepten der Effizienz (weniger Ressourceninput für gleichen Output) und Konsistenz (Kreislauffähigkeit von Materialien und Prozessen; Huber, 2000, S. 279ff.), Suffizienzstrategien notwendig. Suffizienzstrategien zielen darauf ab, den absoluten Verbrauch von Ressourcen und Energie durch veränderte Verhaltensweisen zu reduzieren, wie beispielsweise den Umstieg vom motorisierten Individualverkehr auf den ÖPNV (Zell-Ziegler et al., 2021, S. 2). Im Sinne der Energiewende würden damit insgesamt weniger PV- und Windanlagen sowie Stromnetze benötigt werden, um ein erneuerbares und klimaschonendes Energiesystem zu erreichen.

### **6.5 Limitationen der Masterarbeit und Forschungsausblick**

Die vorliegende Masterarbeit stellt eine umfassende Betrachtung der Themenbereiche PV und ES in Gewerbegebieten dar und verbindet durch die Betrachtung des Gewerbegebiets Allermöhe im Rahmen des KLIMAreedy-Projekts Theorie und Praxis auf transdisziplinäre Weise miteinander. Durch das Vorgehen und den begrenzten Umfang sind jedoch Limitationen im Vorgehen festzustellen, die in diesem Unterkapitel aufgeteilt nach dem Forschungsdesign und der Methodik kurz diskutiert werden. Abschließend wird ein Ausblick gegeben, an welchen Stellen zukünftig mit weiterer Forschung angeschlossen werden könnte.

### **Forschungsdesign**

Eine grundlegende Schwierigkeit hat sich in der Harmonisierung der Zweifachen Kontextualität zwischen praktischer Begleitung des KLIMAreedy-Projekts und wissenschaftlicher Betrachtung des übergeordneten Themas ergeben (Lam et al., 2021, S. 244f.). So wurde eng im Projekt mitgearbeitet, wobei nicht jedes projektrelevante Ergebnis gleichermaßen zur Beantwortung der FF beitrug. *Vice versa* gab es Erkenntnisse, die primär den FF dienten, aber nicht zwangsläufig dem Projekt. Beide Stränge innerhalb des Forschungsdesigns unterzubringen und aufeinander abzustimmen war daher herausfordernd (s. Unterkapitel 4.1).

Zusätzlich stellte sich der Themenfokus der Masterarbeit, als Kombination der Bereiche PV, ES und nachhaltige Gewerbegebiete, als sehr umfassend heraus. Jeder Bereich als solcher hätte ein einzelner Schwerpunkt für die Betrachtung sein können. Dementsprechend hätten die einzelnen Themenbereiche noch umfassender und tiefer betrachtet werden können, was im Umfang der vorliegenden Masterarbeit jedoch nicht möglich gewesen ist. Ebenso hätte eine stärkere Fokussierung auf eine rechtliche Analyse der zugrundeliegenden Gesetzestexte weitere Mehrwerte bieten können. Da der Autor jedoch fachfremd in den Rechtswissenschaften ist, sind hier gewisse Limitationen festzustellen. Ergänzend kommt an dieser Stelle hinzu, dass die ES-Regelungen in Deutschland bisher nicht über das Entwurfsstadium hinweggekommen sind und daher die Aussagen zu ES theoretischer Natur sind und teilweise auf Erwartungen und Annahmen beruhen.

Insgesamt konnten so zwar die aktuell relevanten Punkte hervorgehoben und die FF beantwortet werden, dennoch bewegen sich die Aussagen eher auf einem abstrakten Level und lassen keine deterministischen Schlüsse zu.

### **Methodik**

Grundlegend weist die Masterarbeit durch die Anwendung mehrere Methoden eine Betrachtung aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf, sodass sich die einzelnen Ergebnisse ergänzen (s. Kapitel 4). Allerdings hätte die analytische Tiefe dadurch teilweise noch ausgeprägter sein können. Somit hätten an manchen Stellen noch umfassendere Ergebnisse ermittelt werden können, wenn sich nur auf eine Methode konzentriert worden wäre. Daher finden sich verschiedene Limitationen bei den einzelnen Methoden.

Bei der Gebiets- und Stakeholderanalyse (s. Abschnitt 4.2.1) wurde behelfsmäßig auf eine Internetrecherche unter der Nutzung von GoogleMaps für die Analyse der Unternehmensstruktur zurückgegriffen. Konkrete Daten aus Unternehmensregistern, beispielsweise von der Handelskammer Hamburg, wären hier umfassender gewesen. Diese wurden zwar angefragt, doch ein Zugriff auf die Daten konnte nicht erreicht werden. Ebenso wäre es erkenntnisreich gewesen, wenn von den Energienetzen Hamburg Daten zur Stromnetzauslastung vorgelegen hätten, um konkrete Aussagen über die Situation vor Ort treffen zu können. Zu diesem Zweck fand zwar ein Gespräch mit den Hamburger Energienetzen statt, doch das Thema hätte noch weiterverfolgt werden können.

Wie im Rahmen der Photovoltaikanalyse (Abschnitt 4.2.2) bereits erwähnt, lässt das theoretische Potenzial zwar Aussagen zu, allerdings würden das technische und das realisierbare Potenzial noch tiefere Einsichten liefern (Rullán Lemke et al., 2023, S. 28ff.). Auch hier standen durch die Schwerpunktsetzung im Rahmen des Vorgehens nur begrenzte zeitliche Kapazitäten zur Verfügung. Aufgrund des sozialwissenschaftlichen Hintergrunds des Autors erschien es außerdem unrealistisch, über die Analyse bereits bestehender Daten hinauszugehen. Bei dem genutzten Datensatz ist ebenfalls zu beachten, dass die Berechnung der Leistungswerte auf Annahmen beruht.

Im Bereich der Umfrageformate (Abschnitt 4.2.3) ist limitierend anzumerken, dass die Teilnahmezahl gering war und damit nur begrenzt Schlussfolgerungen möglich waren. Besonders im Hinblick auf die Einstellung und Erfahrungen der Unternehmen bezüglich PV und ES wurde die Aussagekraft der Masterarbeit in Bezug auf die FF1b und FF2a gemindert und weitere unternehmensspezifische Informationen hätten die Fallstudie aussagekräftiger gemacht. Zudem ist davon auszugehen, dass ein „*self-selection bias*“ (Olsen, 2008, S. 809) vorlag: Wie sich auch im weiteren Projektverlauf herausgestellt hat, haben sich besonders solche Unternehmen an dem *Dot-Voting* und der Online-Umfrage beteiligt, die ohnehin sehr interessiert an den Themen waren.

Zuletzt haben sich bei den Expert:inneninterviews (s. Unterkapitel 4.3) gewisse Limitationen ergeben. Auch hier konnte aufgrund begrenzter Ressourcen nur eine kleine Auswahl an Expert:innen in den jeweiligen Bereichen einbezogen werden. Hier hätten weitere Interviews, mit beispielsweise einzelnen ansässigen Unternehmen aus dem Gewerbegebiet Allermöhe, weitere interessante Einsichten liefern können. Zudem hätten durch die Einbeziehung weiterer Expert:innen aus dem Dienstleistungsbereich, sowohl bei PV als auch ES, noch tiefgründigere Erkenntnisse aus dem praxisnahen Umfeld gewonnen werden können. Durch das gesammelte Wissen ist im Nachhinein außerdem klar geworden, dass noch weitere Fragen in den Interviews abgedeckt hätten werden können, was zur Zeit der Erstellung der Interviewleitfäden allerdings nicht ersichtlich war. Zuletzt besteht bei Expert:inneninterviews das grundlegende Problem, dass die Validität der Aussagen nicht immer gegeben sein muss.

Insgesamt lässt sich damit festhalten, dass die Vorteile des Vorgehens in Form der Aktualität des Themenschwerpunkts, des Praxisbezugs und der Methodenvielfalt, gleichzeitig auch die Limitationen bedingt haben.

### **Forschungsausblick**

Der vorliegende Betrachtungsgegenstand von PV und ES in Gewerbegebieten weist eine Vielzahl an Anknüpfungspunkten für zukünftige Forschung auf. Durch die Limitation der Masterarbeit ergeben sich außerdem weitere Felder für mögliche Untersuchungen.

Im Bereich der PV könnte eine noch umfassendere Betrachtung der Gründe von Unternehmen für und gegen die Installation von Aufdach-PV-Anlagen helfen, ein besseres Verständnis zu erlangen. In Kombination damit könnte eine Analyse der Effektivität von Hilfsangeboten und Förderungen außerdem helfen, Ressourcen zielgenau einzusetzen. Insbesondere im Bereich des Versicherungs- und

Brandschutzes sollte untersucht werden, wie Risiken minimiert und Standardprozesse definiert werden können. Aus rechtlicher Perspektive sollten bestehende gesetzliche Regelungen kontinuierlich analysiert und deren Anreizwirkung auf PV und die Effekte auf das Gesamtsystem untersucht werden. Beim Thema ES in Deutschland könnten rechtliche Analysen dabei helfen, einen neuen Gesetzesentwurf vorab zu bewerten. Werden ES-spezifische Regelungen verabschiedet, sollte das Thema weiterhin rechtswissenschaftlich begleitet und herausgearbeitet werden, wie die konkreten Regelungen in der Praxis wirken. In diesem Sinne könnte auch diskutiert werden, ob es für Großunternehmen Ausnahmeregelungen für die Teilnahme an ES geben sollte und wie diese ausgestaltet werden könnten. Diese Möglichkeit wird zumindest auch von der EU eingeräumt (Art. 15a Abs. 5 lit. a EMD III). Ähnlich zum Leitfaden der Deutschen Energie-Agentur unter aktuell geltendem Recht (2025), wäre es zukünftig außerdem sinnvoll, Pilotprojekte unter den dann geltenden Rahmenbedingungen durchzuführen und Erkenntnisse festzuhalten. Forschungsprojekte sollten in Zusammenarbeit mit energiewirtschaftlichen Akteur:innen die Anwendung von ES in der Praxis begleiten, um mögliche Hürden festzustellen und Hilfestellungen für die Umsetzung auszuarbeiten. Auf technischer Ebene ist es außerdem weiterhin relevant, die Auswirkungen von ES auf die Netzauslastung und den Zubau der EE zu untersuchen. Hier könnten insbesondere in Österreich die Daten seit der Umsetzung der Energiegemeinschaften umfassend ausgewertet werden. Neben technischen Aspekten wäre es relevant, sozioökonomische Analysen durchzuführen und genauer zu betrachten, wie sich Akteur:innen initial zusammenfinden, um ES zu betreiben und welche Funktion Institutionen dabei einnehmen können. Zusätzlich sollte das Interesse von Unternehmen, an ES teilzunehmen und die möglichen Anreize von ES unter den dann geltenden Regelungen in Deutschland weiter systematisch betrachtet werden.

In Bezug auf die nachhaltige Entwicklung von Gewerbegebieten sollte bestehendes Wissen weiter vertieft und insbesondere die Wirkung von Klimaschutz-/Gebietsmanager:innen genauer betrachtet werden. Über einen längeren Zeitraum könnten beispielsweise Effekte für die Reduktion von Treibhausgasemissionen quantifiziert werden. Qualitative Forschung könnte zudem helfen, das Verhalten von Unternehmen noch besser zu verstehen und herauszuarbeiten, was spezifische Hindernisse und Probleme bei der nachhaltigen Transformation sind. Ein Augenmerk könnte an dieser Stelle auf die Besonderheiten von KMUs gelegt werden und wie diese besser unterstützt werden können.

Konkret auf das Gewerbegebiet Allermöhe bezogen ergeben sich ebenfalls Anschlusspunkte. Auf der technischen Seite könnten umfassende Energieanalysen die Bedarfe und möglichen Erzeugungspotenziale vor Ort quantifizieren. Im Rahmen eines Quartierskonzepts könnten außerdem Lösungswege für einen klimaneutralen Standort aufgezeigt werden. Das geplante Pilotprojekt zwischen verschiedenen Unternehmen zum Thema ES in Kombination mit Stromspeichern und der Sektorenkopplung kann außerdem wertvolle technische Einsichten liefern und sollte eng begleitet werden.

## 7. Fazit – Photovoltaik und Energy Sharing als Teil der Transformation des Energiesystems

Im Jahr 2024 lag die durchschnittliche Erderwärmung erstmals über der im Pariser Klimaschutzabkommen definierten 1,5 Grad Grenze. Um den Auswirkungen der Klimakrise entgegenzuwirken, ist ein beschleunigter Ausbau der installierten PV-Leistung in Deutschland notwendig. Dabei weisen Dachflächen in Gewerbegebieten hohe Potenziale für den flächenschonenden Ausbau der PV auf und sind bisher nur geringfügig genutzt. Zusätzlich findet ein Wandel zu einem dezentralen Stromsystem statt, welches neue energiewirtschaftliche Konzepte ermöglicht. Ein viel diskutiertes Thema ist das ES, welches von der EU im Jahr 2018 rechtlich verankert, jedoch in Deutschland bisher nicht umgesetzt wurde. Um Annahmen über das Unternehmensverhalten in Bezug auf PV und ES treffen zu können hilft es, dieses durch die BTF (Cyert & March, 1992) und das Konzept der IS (u. a. Chertow, 2000) zu betrachten. Somit wurde in der vorliegenden Masterarbeit eine theoretische Erwartung zum Verhalten von Unternehmen bezüglich Aufdach-PV und ES formuliert und daraus drei übergeordnete FF abgeleitet. Die FF wurden anhand einer Fallstudie über das Gewerbegebiet Allermöhe, im Rahmen des KLIMAreedy-Projekts, zusammen mit begleitenden Expert:inneninterviews untersucht. Für dieses Vorgehen wurden außerdem zusätzliche FF definiert.

Bei der FF1, *weshalb bleiben viele Dachflächen in Gewerbegebieten für Aufdach-Photovoltaik ungenutzt*, zeigen die Ergebnisse, dass zwei Effekte maßgeblich sind: Zum einen installieren Unternehmen aus verschiedenen Gründen, beispielsweise wegen begrenzter Ressourcen oder Versicherungsauflagen, von vorneherein keine PV und Dachflächen bleiben damit ungenutzt (s. Tabelle 7). Zum anderen findet aus wirtschaftlichen Gründen zumeist nur eine Teilbelegung der Dachflächen statt. Hier nehmen insbesondere die Ausrichtung nach dem Eigenverbrauch sowie rechtliche Grenzwerte und damit verknüpfte Anforderungen Einfluss. Für die FF2, *kann Energy Sharing das Verhalten von Unternehmen so beeinflussen, dass vermehrt Photovoltaikmodule installiert und damit mehr Dachflächen genutzt werden*, ist festzuhalten, dass sich eine eindeutige Aussage nicht treffen lässt. Grundlegend besitzt ES das Potenzial, das Verhalten von Unternehmen in Richtung einer vermehrten Nutzung von Dachflächen für PV zu beeinflussen. In der Praxis dürfte dieser Effekt jedoch begrenzt bleiben, da verschiedene technische, wirtschaftliche und regulatorische Hemmnisse den Einfluss von ES mindern. Es ist davon auszugehen, dass ES als eine zusätzliche Möglichkeit Anreize bieten, aber kein entscheidender Faktor bei der vermehrten Nutzung von Dachflächen sein wird. In Bezug auf FF3, *wie können Institutionen positiv auf die Bildung von Unternehmenskooperationen einwirken und damit die Umsetzung von Energy Sharing begünstigen*, zeigt das KLIMAreedy-Projekt anhand der Clusterbrücke I im Gewerbegebiet Allermöhe, wie Unternehmenskooperationen im Energiebereich angestoßen werden können. Besonders interessant ist, dass die Unternehmen im Rahmen der Clusterbrücke I ein konkretes Projekt zum Teilen von Energie anstoßen möchten. Kommt es tatsächlich zu einer Umsetzung, hat das Projekt damit die Umsetzung von ES in Allermöhe maßgeblich positiv beeinflusst.

Neben den übergeordneten FF ist für das Gewerbegebiet Allermöhe festzuhalten, dass ein großes theoretisches Potenzial für die Nutzung von Aufdach-PV vor Ort besteht, was bereits zu circa zehn Prozent genutzt wird. Über das KLIMAreedy-Projekt hinaus sind weitere Synergiepotenziale vor Ort vorhanden. Durch ein gemeinschaftliches Vorgehen sowie eine verstetigte und ausgeweitete Koordination, zum Beispiel durch eine:n eigene:n Gebiets-/Klimaschutzmanager:in, können bestehende Potenziale besser genutzt werden. So könnte die Attraktivität des größten Beschäftigungsstandorts in Bergedorf gesteigert und zugleich ein erheblicher Beitrag zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen geleistet werden. Hierzu kann sich ein Beispiel am Gewerbepark Hamburg-Nord genommen werden, dessen Nachhaltigkeitstransformation seit 2021 durch ein Klimaschutzmanagement aktiv vorangetrieben wird.

Insgesamt verdeutlicht die Masterarbeit, dass der PV-Ausbau und die mögliche Etablierung von ES Teil einer größeren Transformation des Energiesystems sind: Weg von einer hierarchischen Struktur mit großen Erzeugungsanlagen in den hohen Spannungsebenen, hin zu einem zunehmend dezentralen Stromsystem mit Erzeugungseinheiten in allen Spannungsebenen. In diesem Rahmen stehen aktuell und in den nächsten Jahren große technische und regulatorische Herausforderung an. Dennoch wird ersichtlich, dass es mehr als nur technologische Lösungen zum Erreichen der Energiewende und damit der Klimaneutralität braucht. Insbesondere ergibt sich die Frage, ob marktwirtschaftliche Instrumente allein in der Lage sind, Transformationsprozesse zu steuern, oder ob es stärkerer zentraler und regulierender staatlicher Eingriffe bedarf. Ergänzend sind außerdem gesellschaftliche Veränderungen von Nöten: Durch Suffizienzstrategien und Verhaltensänderungen könnte die absolute Energienachfrage reduziert sowie die natürlichen Grundlagen unserer Gesellschaft erhalten und damit ein wichtiger Beitrag zur Energiewende geleistet werden.

## Literaturverzeichnis

- Abromeit, H., Christian, T., Ernst, H., Fuchs, M., Greiving, Prof. Dr. S., Keulen, J., Schmitt, J. P., & Vielhauer, L. S. (2022). *Handlungsleitfaden zur Entwicklung von klimawandelangepassten Industrie- und Gewerbegebieten (KIG)*. Stadt Bottrop, Technische Universität Dortmund. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/20220329\\_klimawage\\_leitfaden.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/20220329_klimawage_leitfaden.pdf)
- Agora Think Tanks, Prognos AG, Ökoinstitut e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, & Universität Kassel. (2024). *Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung – Vertiefung der Szenariopfade*. [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30\\_DE\\_KNDE\\_Update/A-EW\\_349\\_KNDE\\_Szenariopfade\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_349_KNDE_Szenariopfade_WEB.pdf)
- Alipour, M., Irannezhad, E., Stewart, R. A., & Sahin, O. (2022). Exploring residential solar PV and battery energy storage adoption motivations and barriers in a mature PV market. *Renewable Energy*, *190*, 684–698. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.040>
- Anastasovski, A. (2023). What is needed for transformation of industrial parks into potential positive energy industrial parks? A review. *Energy Policy*, *173*, 113400. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113400>
- Angstmann, M., Wolf, R., Wolf, V., & Wolf, T. (2023). Symbiotisches Wirtschaften als Ansatz zur Weiterentwicklung von Bestandsgewerbegebieten. *Standort*, *47*(1), 40–45. <https://doi.org/10.1007/s00548-022-00826-x>
- Apeh, O. O., Meyer, E. L., & Overen, O. K. (2022). Contributions of Solar Photovoltaic Systems to Environmental and Socioeconomic Aspects of National Development—A Review. *Energies*, *15*(16), 5963. <https://doi.org/10.3390/en15165963>
- Argote, L., & Greve, H. R. (2007). A Behavioral Theory of the Firm —40 Years and Counting: Introduction and Impact. *Organization Science*, *18*(3), 337–349. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0280>
- Augier, M., & March, J. G. (2008). A retrospective look at A Behavioral Theory of the Firm. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *66*(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2008.01.005>
- Avdevicius, E., Jahic, A., & Schulz, D. (2024). Elektrische Lastkraftwagen und Zugmaschinen in Hamburg im Jahr 2050. *dtec.bw - Beiträge der Helmut-Schmidt-Universität, 2024* (2), 64 – 69. <https://doi.org/10.24405/16779>
- Barbón, A., Bayón-Cueli, C., Bayón, L., & Carreira-Fontao, V. (2022). A methodology for an optimal design of ground-mounted photovoltaic power plants. *Applied Energy*, *314*, 118881. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118881>
- BBEEn [Bündnis Bürgerenergie e.V.]. (2023). *Eckpunkte eines Energy Sharing Modells—Positionspapier*. [https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/Positionspapiere/Eckpunkte\\_eines\\_Energy\\_Sharing\\_Modells\\_Positionspapier\\_BBEEn.pdf](https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/downloads/Positionspapiere/Eckpunkte_eines_Energy_Sharing_Modells_Positionspapier_BBEEn.pdf)
- BDEW [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.]. (2024). *Die dezentrale Energiewende gestalten—Prosuming ermöglichen*. [https://www.bdew.de/media/documents/1000\\_Prosuming\\_BDEW-Handlungsschwerpunkte.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/1000_Prosuming_BDEW-Handlungsschwerpunkte.pdf)
- BDEW [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.]. (2025a). BDEW-Strompreisanalyse Mai 2025. *bdew.de*, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- BDEW [Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.]. (2025b). *Dossier: Strompreise*. *bdew.de*, <https://www.bdew.de/energie/strompreise-dossier/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- BEE [Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.]. (2024). Energy Sharing: Bundesregierung muss jetzt Vorschläge machen. *bee-ev.de*, <https://www.bee-ev.de/service/pressemitteilungen/beitrag/energy-sharing-bundesregierung-muss-jetzt-vorschlaege-machen> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Bellantuono, N., Carbonara, N., & Pontrandolfo, P. (2017). The organization of eco-industrial parks and their sustainable practices. *Journal of Cleaner Production*, *161*, 362–375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.082>

- Berg, K., Foslie, S. S., & Farahmand, H. (2024). Industrial energy communities: Energy storage investment, grid impact and cost distribution. *Applied Energy*, 373, 123908. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123908>
- Bergner, J., Siegel, B., & Quaschnig, V. (2022). *Hemmnisse und Hürden für die Photovoltaik*. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. <https://solar.htw-berlin.de/wp-content/uploads/HTW-Studie-Hemmnisse-und-Huerden-fuer-die-Photovoltaik.pdf>
- Bevilacqua, P., Perrella, S., Cirone, D., Bruno, R., & Arcuri, N. (2021). Efficiency Improvement of Photovoltaic Modules via Back Surface Cooling. *Energies*, 14(4), 895. <https://doi.org/10.3390/en14040895>
- Bezirksamt Bergedorf. (2018). *Gewerbeflächenkonzept Bezirk Bergedorf*. <https://www.hamburg.de/resource/blob/56772/aeed8dff62e5c8a46d2eab5de6bc9c585/ge-konzept2012-download-data.pdf>
- Biyik, E., Araz, M., Hepbasli, A., Shahrestani, M., Yao, R., Shao, L., Essah, E., Oliveira, A. C., Del Caño, T., Rico, E., Lechón, J. L., Andrade, L., Mendes, A., & Atli, Y. B. (2017). A key review of building integrated photovoltaic (BIPV) systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(3), 833–858. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.01.009>
- BMWE [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie]. (o. J.). Ein Stromnetz für die Energiewende. *bmwk.de*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- BMWE [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie]. (2025). Smart Meter: Intelligente Messsysteme für die Energiewende. *bmwk.de*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/smart-meter.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- BMWK [(ehemaliges) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz]. (o. J.). Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts im Bereich der Endkundenmärkte, des Netzausbaus und der Netzregulierung. *bmwk.de*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/20241115-enwg-novelle.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- BMWK [(ehemaliges) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz]. (2024). *Strommarktdesign der Zukunft*. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20240801-strommarktdesign-der-zukunft.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20240801-strommarktdesign-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=10)
- bne [Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V.]. (2023). *bne-Impulspapier: Energy Sharing System*. [https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/bne-Impulspapier\\_Energy-Sharing\\_System-1.pdf](https://www.bne-online.de/wp-content/uploads/bne-Impulspapier_Energy-Sharing_System-1.pdf)
- Borchardt, A., & Göthlich, S. E. (2007). Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter, & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung* (S. 33–48). Gabler. [https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9121-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9121-8_3)
- Böttner, F. (2024). Survey Research. *sustainabilitymethods.org*, [https://sustainabilitymethods.org/index.php/Survey\\_Research](https://sustainabilitymethods.org/index.php/Survey_Research) (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Bücken, F., & Kanning, H. (2021). Klimaanpassung von Logistikstandorten – eine Szenarienanalyse. *Standort*, 45(4), 252–258. <https://doi.org/10.1007/s00548-021-00717-7>
- Buhl, A., Schmidt-Keilich, M., Muster, V., Blazejewski, S., Schrader, U., Harrach, C., Schäfer, M., & Süßbauer, E. (2019). Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1248–1257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.259>
- Bundesgerichtshof. (2025). *Pressemitteilung Nr. 095/2025 – Bundesgerichtshof zur Frage der Einordnung einer Energieanlage als von den Pflichten eines Netzbetreibers befreite Kundenanlage*. <https://www.bundesgerichtshof.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/2025095.html>
- Bundesnetzagentur. (o. J.). Solaranlagen und andere EE-Anlagen. *bundesnetzagentur.de*, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/Solaranlagen/start.html#FAQ899934> (letzter Zugriff: 18.06.2025).

- Bundesnetzagentur. (2025a). EEG-Förderung und -Fördersätze. *bundesnetzagentur.de*, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEG\\_Foerderung/start.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEG_Foerderung/start.html) (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Bundesnetzagentur. (2025b). Webhilfe des Marktstammdaten-registers—FAQ. *bundesnetzagentur.de*, <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStRHilfe/subpages/faq.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Bundesnetzagentur & Bundeskartellamt. (2025). *Monitoringbericht 2024*. <https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/MonitoringberichtEnergie2024.pdf>
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2025). Photovoltaik überschreitet 100 Gigawatt-Marke. *solartwirtschaft.de*, <https://www.solarwirtschaft.de/2025/01/06/photovoltaik-ueberschreitet-100-gigawatt-marke/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Burcu, O., & Jackson, B. (2025). China’s Solar Dominance: Worker Rights in the Pursuit of a Just Transition. *Business and Human Rights Journal*, *10*(1), 172–195. <https://doi.org/10.1017/bhj.2025.16>
- Butturi, M. A., Lolli, F., Sellitto, M. A., Balugani, E., Gamberini, R., & Rimini, B. (2019). Renewable energy in eco-industrial parks and urban-industrial symbiosis: A literature review and a conceptual synthesis. *Applied Energy*, *255*, 113825. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113825>
- Butturi, M. A., Sellitto, M. A., Lolli, F., Balugani, E., & Neri, A. (2020). A model for renewable energy symbiosis networks in eco-industrial parks. *IFAC-PapersOnline*, *53*(2), 13137–13142. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2504>
- Caballero, V., Briones, A., Coca-Ortegón, A., Pérez, A., Barrios, B., & De La Mano, M. (2023). Analysis and simulation of an Urban-Industrial Sustainable Energy Community: A use case in San Juan de Mozarrifar using photovoltaic energy. *Energy Reports*, *9*, 1589–1605. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.12.059>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). „Mode 3“ and „Quadruple Helix“: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, *46*(3/4), 201. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
- CDU [Christlich Demokratische Union Deutschlands] & SPD [Sozialdemokratische Partei Deutschlands]. (2025). *Verantwortung für Deutschland – Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD*. [https://www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koav\\_2025.pdf](https://www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koav_2025.pdf)
- Chertow, M. R. (2000). Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, *25*(1), 313–337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
- Chertow, M. R. (2007). “Uncovering” Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, *11*(1), 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
- Conte, F., D’Antoni, F., Natrella, G., & Merone, M. (2022). A new hybrid AI optimal management method for renewable energy communities. *Energy and AI*, *10*, 100197. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100197>
- Copernicus Climate Change Service. (2025). Global Climate Highlights 2024. *climate.copernicus.eu*, <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Cucchiella, F., D’Adamo, I., & Rosa, P. (2015). Industrial Photovoltaic Systems: An Economic Analysis in Non-Subsidized Electricity Markets. *Energies*, *8*(11), 12865–12880. <https://doi.org/10.3390/en8112350>
- Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm*. Prentice Hall/Pearson Education.
- Cyert, R. M., & March, J. G. (1992). *A behavioral theory of the firm*. Prentice Hall/Pearson Education.
- Daly, H. (2015). *Economics for a Full World*. Great Transition Initiative. <https://greattransition.org/images/Daly-Economics-Full-World.pdf>
- De Oliveira Azevêdo, R., Rotela Junior, P., Rocha, L. C. S., Chicco, G., Aquila, G., & Peruchi, R. S. (2020). Identification and Analysis of Impact Factors on the Economic Feasibility of Photovoltaic Energy Investments. *Sustainability*, *12*(17), 7173. <https://doi.org/10.3390/su12177173>

- dena [Deutsche Energie-Agentur]. (2022). *Energy Communities: Beschleuniger der dezentralen Energiewende*. [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena-ANALYSE\\_Energy\\_Communities\\_Beschleuniger\\_der\\_dezentralen\\_Energiewende.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena-ANALYSE_Energy_Communities_Beschleuniger_der_dezentralen_Energiewende.pdf)
- dena [Deutsche Energie-Agentur]. (2023). *Das dezentralisierte Energiesystem im Jahr 2030*. Future Energy Lab. [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/231130\\_dena\\_Das\\_dezentralisierte\\_Energiesystem\\_im\\_Jahr\\_2030\\_WEB.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/231130_dena_Das_dezentralisierte_Energiesystem_im_Jahr_2030_WEB.pdf)
- dena [Deutsche Energie-Agentur]. (2024). *Energy Sharing in Deutschland—Vom Konzept zur energiewirtschaftlichen Umsetzung*. <https://www.dena.de/PUBLIKATION1101>
- dena [Deutsche Energie-Agentur]. (2025). *Leitfaden zur Umsetzung von Energy Sharing Communities in Deutschland*. <https://www.dena.de/PUBLIKATION2936>
- dena [Deutsche Energie-Agentur] Future Energy Lab. (o. J.). *Digitale Technologien in Energy Sharing Communities – ESCdigital*. dena Future Energy Lab. Abgerufen 15. Mai 2025, von <https://future-energy-lab.de/projects/energy-sharing-communities/>
- DESTATIS [Statistisches Bundesamt]. (2023). Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Haushaltsgrößenklassen. *destatis.de*, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Tabellen/stromverbrauch-haushalte.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- DESTATIS [Statistisches Bundesamt]. (2024). Fläche für Siedlung nach Nutzungsarten in Deutschland. *destatis.de*, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/siedlungsflaeche.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Deutscher Bundestag. (2025). Mehrere energiepolitische Initiativen angenommen. *bundestag.de*, <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2025/kw05-de-energie-1042036> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Deutscher Wetterdienst. (2025). *Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2024*. [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb\\_2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2024.pdf?__blob=publicationFile&v=5)
- Dew, N., Read, S., Sarasvathy, S. D., & Wiltbank, R. (2008). Outlines of a behavioral theory of the entrepreneurial firm. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 66(1), 37–59. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2006.10.008>
- Distler, A., Brabec, C. J., & Egelhaaf, H. (2021). Organic photovoltaic modules with new world record efficiencies. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 29(1), 24–31. <https://doi.org/10.1002/pip.3336>
- Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Auflage). Eigenverlag. [https://www.audiotranskription.de/wp-content/uploads/2020/11/Praxisbuch\\_08\\_01\\_web.pdf](https://www.audiotranskription.de/wp-content/uploads/2020/11/Praxisbuch_08_01_web.pdf)
- E-Control. (2024). *Kosten-Nutzen-Analyse gemäß §§ 79 Abs. 3 und 90 Abs. 4 Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz*. [https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Kosten-Nutzen-Analyse\\_StromGas\\_Final.pdf/72838f8b-2eee-c48c-6230-17d8582639d8?t=1711022863061](https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Kosten-Nutzen-Analyse_StromGas_Final.pdf/72838f8b-2eee-c48c-6230-17d8582639d8?t=1711022863061)
- EEHH [Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH]. (o. J.-a). Clusterpolitik Hamburg. *erneuerbare-energien-hamburg.de*, <https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/ueber-uns/clusterpolitik-hamburg.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- EEHH [Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH]. (o. J.-b). Erneuerbare Energien Hamburg—Das Branchennetzwerk für Zukunftsenergien. *erneuerbare-energien-hamburg.de*, <https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/ueber-uns/eehh.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- EEHH [Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH]. (2022). EEHH-Clusterstrategie 2025. *erneuerbare-energien-hamburg.de*, <https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/ueber-uns/eehh-strategie-2025.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- EEHH [Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH]. (2024). *PV-Leitfaden Für Gewerbe- und Logistikimmobilien im Bestand*. <https://www.erneuerbare-energien->

- hamburg.de/de/mitglieder/foren/solar/pv-leitfaden-logistik-gewerbeimmobilien.html?file=files/eehh-website/upload/eehh/DE/foren/solar/PV-Leitfaden%20-%20Gewerbe%20und%20Logistikimmobilien.pdf
- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67–79. <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.1.67>
- energiezukunft. (2025). Konvent Bürgerenergie 2025: Energiegemeinschaften als Krafträume der Demokratie. *energiezukunft.de*, <https://www.energiezukunft.eu/buergerenergie/energiegemeinschaften-als-kraft-raeume-der-demokratie> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- ESMC [European Solar Manufacturing Council]. (2025). Open Letter to Borussia Dortmund: Solar Energy Partnership does Harm the Values of Renowned Football Club. *esmc.solar*, <https://esmc.solar/open-letter-to-borussia-dortmund-solar-energy-partnership-with-chinese-company-linked-to-forced-labor-does-harm-the-values-of-renowned-football-club/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Fakhraian, E., Alier, M., Valls Dalmau, F., Nameni, A., & Casañ Guerrero, M. J. (2021). The Urban Rooftop Photovoltaic Potential Determination. *Sustainability*, 13(13), 7447. <https://doi.org/10.3390/su13137447>
- FFE [Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.]. (2024). *Flexibilisierung des Stromsystems: Beitrag von Energy Sharing für Netz-, System- und Marktdienlichkeit*. <https://www.ews-schoenau.de/export/sites/ews/ews/.files/studie-energy-sharing-ews-ffe.pdf>
- Fischer, K. (2023). Energie: Warum Dächer von Gewerbeimmobilien kaum für Solarenergie genutzt werden. *wirtschaftswoche.de*, <https://www.wiwo.de/technologie/umwelt/tracking-der-energiewende-31-darum-bleibt-das-groesste-solar-potenzial-noch-ungenutzt/29087076.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Fraccascia, L., Yazdanpanah, V., Van Capelleveen, G., & Yazan, D. M. (2021). Energy-based industrial symbiosis: A literature review for circular energy transition. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 4791–4825. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00840-9>
- Franz, C. (2024, August 2). Stakeholder Mapping. *sustainabilitymethods.org*, [https://sustainabilitymethods.org/index.php/Stakeholder\\_Mapping](https://sustainabilitymethods.org/index.php/Stakeholder_Mapping) (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Fraunhofer IMWS. (n.d.). Das nächste Level für Dünnschicht-Solarmodule. Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS. *imws.fraunhofer.de* <https://www.imws.fraunhofer.de/de/kompetenzfelder/photovoltaik/highlights/das-naechste-level-fuer-duennschicht-solarmodule.html> (letzter Zugriff: 19.06.2025).
- Fraunhofer ISE. (2024a). *Photovoltaics Report 2024*. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
- Fraunhofer ISE. (2024b). *Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien*. [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2024_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf)
- Freudenau, H., Hennings, G., Rinke, B., Siebert, S., & Ziegler-Hennings, C. (2014). *Nachhaltige Entwicklung von Gewerbegebieten im Bestand—Endbericht*. Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung. [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwest/Studien/2013/EntwicklungGewerbegebiete/Downloads/Endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3.pdf](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwest/Studien/2013/EntwicklungGewerbegebiete/Downloads/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3.pdf)
- Frieden, D., Tuerk, A., Roberts, J., D’Herbement, S., Gubina, A. F., & Komel, B. (2019). Overview of emerging regulatory frameworks on collective self-consumption and energy communities in Europe. *2019 16th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEM.2019.8916222>
- Friedman, M. (1962). *Capitalism and freedom* (40th Anniversary Edition 2002). The University of Chicago Press.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, 261(3), 144–153.
- GARBE. (2023). Das PV-Potential von Dachflächen in Deutschland. *garbe-industrial.de*, <https://www.garbe-industrial.de/pv-potential/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Gibbs, D., & Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1683–1695. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.003>

- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Springer-Verlag.
- Gribiss, H., Aghelinejad, M. M., & Yalaoui, F. (2022). Economic and environmental evaluations of photovoltaic installations for self-consumption in industrial energy communities. *IFAC-PapersOnline*, 55(10), 1471–1476. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.598>
- Guitart, L., Liverani, S., Rua, D., & Tosic, M. (2024). *WP13 – Supporting Common European Reference Framework via Demonstrators for Energy Applications*. InterConnect - EU Horizon 2020 project. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e50bb2995a&appId=PPGMS>
- Hadiya, N., Teotia, F., Bhakar, R., Mathuria, P., & Datta, A. (2020). A Comparative Analysis of Pricing Mechanisms to Enable P2P Energy Sharing of Rooftop Solar Energy. *2020 IEEE International Conference on Power Systems Technology (POWERCON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/POWERCON48463.2020.9230562>
- Hagen, M., Su, W., & Junge, S. (2023). 60th birthday of ‘A Behavioral Theory of the Firm’: A review of the relational concepts and recommendations for future research. *Management Review Quarterly*, 74, 2637–2682. <https://doi.org/10.1007/s11301-023-00369-x>
- Hagens, N. J. (2020). Economics for the future – Beyond the superorganism. *Ecological Economics*, 169, 106520. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106520>
- Hamburg Invest. (o. J.-a). Gewerbe- und Industriestandort Allermöhe. *hamburg-business.com*, <https://hamburg-business.com/de/gewerbeimmobilien/gewerbeimmobilien-und-grundstuecke/industrie-und-gewerbegebiete/allermoehe> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- HamburgInvest. (o. J.-b). Gewerbestandorte in der Karte von Hamburg Invest Immobilien. *hamburg-business.com*, <https://hamburg-business.com/de/gewerbeimmobilien/gewerbeimmobilien-und-grundstuecke/standortkarte> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Hamburg Kreativ Gesellschaft. (2025). Veranstaltung: Gewerbepark der Zukunft: Ergebnisse des Cross Innovation Lab x KLIMAready. *kreativgesellschaft.org*, <https://kreativgesellschaft.org/termine/gewerbepark-der-zukunft-ergebnisse-des-cross-innovation-lab-x-klimaready/> (Letzter Zugriff: 21.06.2025).
- Hartz, K. (2023, November 3). Solarstrom vom Dach. *agora-energie-wende.de*, <https://www.agora-energie-wende.de/publikationen/solarstrom-vom-dach> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Heimann, D. (2018). Unternehmensnetzwerke für nachhaltige Gewerbegebiete: Gezielte Förderung durch Netzwerkanalysen. *Standort*, 42(4), 223–228. <https://doi.org/10.1007/s00548-018-0557-6>
- Helfferrich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (4. Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92076-4>
- Helfferrich, C. (2022). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 875–892). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_55)
- Helmut Schmidt Universität Hamburg, & dtec.bw. (o. J.). *Meta-analysis: Electrification of mobility providers in Hamburg – Data visualisation*. <https://jahica.pythonanywhere.com/>
- Hengstler, J., Russ, M., Stoffregen, A., Hendrich, A., Weidner, S., Held, M., & Briem, A.-K. (2021). *Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen. Abschlussbericht*. Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06\\_cc\\_35-2021\\_oekobilanzen\\_windenergie\\_photovoltaik.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf)
- Hoicka, C. E., Lowitzsch, J., Brisbois, M. C., Kumar, A., & Ramirez Camargo, L. (2021). Implementing a just renewable energy transition: Policy advice for transposing the new European rules for renewable energy communities. *Energy Policy*, 156, 112435. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112435>
- Hong, J., Zhang, L., Hu, Z., Lin, W., & Zou, Y. (2024). A robust system model for the photovoltaic in industrial parks considering photovoltaic uncertainties and low-carbon demand response. *Frontiers in Energy Research*, 12, 1343309. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1343309>

- Honsel, G. (2023). Verschenkter Platz an der Sonne. *heise.de, MIT Technology Review*, 2023(4), 60, <https://www.heise.de/select/tr/2023/4/2308609061813281658> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Horster, E. (2023). *Playbook Innovationsmethoden: 30 Methoden für ein besseres Customer Experience Management* (1. Auflage 2023). Haufe-Lexware GmbH & Co. KG.
- Huber, J. (2000). Towards industrial ecology: Sustainable development as a concept of ecological modernization. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 2(4), 269–285. <https://doi.org/10.1080/714038561>
- Huneke, F. (2023). *Vor-Ort-Versorgung mit Erneuerbaren Energien—Policy Paper*. Energy Brainpool GmbH & Co. KG. [https://www.reiner-lemoine-stiftung.de/pdf/Vor\\_Ort\\_Versorgung\\_mit\\_erneuerbaren\\_Energien.pdf](https://www.reiner-lemoine-stiftung.de/pdf/Vor_Ort_Versorgung_mit_erneuerbaren_Energien.pdf)
- Iazzolino, G., Sorrentino, N., Menniti, D., Pinnarelli, A., De Carolis, M., & Mendicino, L. (2022). Energy communities and key features emerged from business models review. *Energy Policy*, 165, 112929. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112929>
- IoT Analytics. (2024, Februar 21). *Smart electricity meter market 2024: Global adoption landscape*. <https://iot-analytics.com/smart-meter-adoption/>
- Jager, W. (2006). Stimulating the diffusion of photovoltaic systems: A behavioural perspective. *Energy Policy*, 34(14), 1935–1943. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.12.022>
- Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1979). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs, and Ownership Structure. In K. Brunner (Hrsg.), *Economics Social Institutions* (Bd. 1, S. 163–231). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-9257-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-009-9257-3_8)
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., ... Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Science*, 292(5517), 641–642. <https://doi.org/10.1126/science.1059386>
- KEAN [Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen]. (o. J.). Photovoltaik in Gewerbe und Industrie. *klimaschutz-niedersachsen.de*, <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/themen/strom/pv-gewerbe-industrie.php> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Kloppenburger, S., & Boekelo, M. (2019). Digital platforms and the future of energy provisioning: Promises and perils for the next phase of the energy transition. *Energy Research & Social Science*, 49, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.016>
- Knorr, K., Geiger, D., Stark, M., Altröck, D. M., Fouquet, D. D., & Gronbach, V. (2024). *Netzverknüpfungspunkte-Studie: Gemeinsame Nutzung von Netzverknüpfungspunkten durch Erneuerbare Energien, Speicher und Anlagen zur Sektorenkopplung*. Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Becker Büttner Held, Fraunhofer ISE. [https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Studien/2024/20240310\\_BEE\\_Studie\\_NVP.pdf](https://www.bee-ev.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Meldungen/Studien/2024/20240310_BEE_Studie_NVP.pdf)
- Krug, M., Di Nucci, M. R., Schwarz, L., Alonso, I., Azevedo, I., Bastiani, M., Dyląg, A., Laes, E., Hinsch, A., Klävs, G., Kudrenickis, I., Maleki, P., Massa, G., Meynaerts, E., Pappa, S., & Standal, K. (2023). Implementing European Union Provisions and Enabling Frameworks for Renewable Energy Communities in Nine Countries: Progress, Delays, and Gaps. *Sustainability*, 15(11), 8861. <https://doi.org/10.3390/su15118861>
- Kruse, J. (with Schmieder, C.). (2015). *Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz* (2., überarbeitete und ergänzte Auflage). Beltz Juventa.
- Lam, D. P. M., Freund, M. E., Kny, J., Marg, O., Mbah, M., Theiler, L., Bergmann, M., Brohmann, B., Lang, D. J., & Schäfer, M. (2021). Transdisciplinary research: Towards an integrative perspective. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 30(4), 243–249. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.4.7>
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(S1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV) Hamburg. (2024). *Solarpotenzialflächen Hamburg—MetaVer*. <https://metaver.de/trefferanzeige?docuuid=57A1D605-A216-4E42-8F2D-BBCF8BF3ADA9>

- LEKA MV [Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern]. (o. J.). Ein Strombilanzkreis für Kommunen. *leka-mv.de*, von <https://www.leka-mv.de/themen/strombilanzkreismodell/> (Letzter Zugriff: 26.06.2025).
- Li, J., Wang, H., Chin, X. Y., Dewi, H. A., Vergeer, K., Goh, T. W., Lim, J. W. M., Lew, J. H., Loh, K. P., Soci, C., Sum, T. C., Bolink, H. J., Mathews, N., Mhaisalkar, S., & Bruno, A. (2020). Highly Efficient Thermally Co-evaporated Perovskite Solar Cells and Mini-modules. *Joule*, *4*(5), 1035–1053. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.03.005>
- Li, N., Hakvoort, R. A., & Lukszo, Z. (2022). Cost allocation in integrated community energy systems—Performance assessment. *Applied Energy*, *307*, 118155. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118155>
- LIHH [Logistik-Initiative Hamburg Management GmbH]. (2024). *Vorhabenbeschreibung klimafit* (Anmerkung: interner Projektantrag, kein öffentlicher Zugriff möglich; klimafit ist der ursprüngliche Name gewesen).
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic–Practitioner Boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, *16*(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>
- Lowe, E. A. (1997). Creating by-product resource exchanges: Strategies for eco-industrial parks. *Journal of Cleaner Production*, *5*(1–2), 57–65. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00017-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00017-6)
- Lowe, E. A., & Evans, L. K. (1995). Industrial ecology and industrial ecosystems. *Journal of cleaner production*, *3*(1–2), 47–53.
- Maragkou, M. (2021). How to love writing a paper. *MRS Bulletin*, *46*(5), 378–379. <https://doi.org/10.1557/s43577-021-00072-w>
- March, J. G., & Simon, H. A. (1958). *Organizations*. Wiley.
- Marques Lameirinhas, R. A., Torres, J. P. N., & De Melo Cunha, J. P. (2022). A Photovoltaic Technology Review: History, Fundamentals and Applications. *Energies*, *15*(5), 1823. <https://doi.org/10.3390/en15051823>
- Martinopoulos, G. (2020). Are rooftop photovoltaic systems a sustainable solution for Europe? A life cycle impact assessment and cost analysis. *Applied Energy*, *257*, 114035. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114035>
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633–648). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42)
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea Green Publishing.
- Methodenportal der Uni Leipzig. (o. J.). Befragung. *uni-leipzig.de*, <https://home.uni-leipzig.de/methodenportal/befragung/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Meuser, M., & Nagel, U. (1991). ExpertInneninterviews—Vielfach erprobt, wenig bedacht: Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In Garz, D. & Kraimer, K. (Hrsg.), *Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen* (S. 441–471). Springer.
- Miller, L. L. (2018). The Use of Case Studies in Law and Social Science Research. *Annual Review of Law and Social Science*, *14*(1), 381–396. <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-120814-121513>
- Mustafa, R. J., Gomaa, M. R., Al-Dhaifallah, M., & Rezk, H. (2020). Environmental Impacts on the Performance of Solar Photovoltaic Systems. *Sustainability*, *12*(2), 608. <https://doi.org/10.3390/su12020608>
- NDR. (2024). Beim Solarausbau läuft's: Deutschland erreicht die selbst gesetzten Ziele für 2024 schon im Mai. *ndr.de*, <https://www.ndr.de/nachrichten/ndrdata/Deutschland-erreicht-gesetzliches-Ziel-fuer-Solarausbau,erneuerbare106.html> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Netze BW. (o. J.). Mieterstrom und gemeinschaftliche Gebäudeversorgung. *netze-bw.de*, <https://www.netze-bw.de/stromeinspeisung/mieterstrom-ggv> (letzter Zugriff: 18.06.2025)
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, *247*, 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>

- Nicolai, A., Grimaccia, F., Lorenzo, G. D., Araneo, R., Ughi, F., & Polenghi, M. (2024). A Review of Floating PV Systems With a Techno-Economic Analysis. *IEEE Journal of Photovoltaics*, *14*(1), 23–34. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2023.3319601>
- NREL [National Renewable Energy Laboratory]. (2025). Best Research-Cell Efficiency Chart. *nrel.gov*, <https://www2.nrel.gov/pv/cell-efficiency> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- NRW.Energy4Climate. (o. J.). Mehr Photovoltaik auf Gewerbedächern!. *pv-auf-gewerbe.nrw*, <https://www.pv-auf-gewerbe.nrw/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Olsen, R. (2008). *Self-selection bias*. In *Encyclopedia of survey research methods* (Vol. 0, pp. 809-809). Sage Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781412963947.n526>
- Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften. (o. J.). Formen von Energiegemeinschaften. *energiegemeinschaften.gv.at*, <https://energiegemeinschaften.gv.at/formen-von-energiegemeinschaften/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften. (2025). 2025: Das Jahr der Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften. *energiegemeinschaften.gv.at*, <https://energiegemeinschaften.gv.at/2025-das-jahr-der-erneuerbare-energie-gemeinschaften/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Palm, J. (2018). Household installation of solar panels – Motives and barriers in a 10-year perspective. *Energy Policy*, *113*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.047>
- Pedrero, J., Hernández, P., & Martínez, Á. (2021). Economic Evaluation of PV Installations for Self-Consumption in Industrial Parks. *Energies*, *14*(3), 728. <https://doi.org/10.3390/en14030728>
- Petri, I., Barati, M., Rezgui, Y., & Rana, O. F. (2020). Blockchain for energy sharing and trading in distributed prosumer communities. *Computers in Industry*, *123*, 103282. <https://doi.org/10.1016/j.com-pind.2020.103282>
- Porter, M. E. (1998). *Clusters and the new economics of competition* (Bd. 76). Harvard Business Review Boston.
- Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. M. (2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *161*, 112279. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112279>
- Ritter, D., Bauknecht, D., Fietze, D., Klug, K., & Kahles, M. (2023). *Energy Sharing—Bestandsaufnahme und Strukturierung der deutschen Debatte unter Berücksichtigung des EU-Rechts* (No. 46/2023; Climate Change). Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/06112023\\_46\\_2023\\_cc\\_energy\\_sharing.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/06112023_46_2023_cc_energy_sharing.pdf)
- Rodríguez-Martínez, Á., & Rodríguez-Monroy, C. (2021). Economic Analysis and Modelling of Rooftop Photovoltaic Systems in Spain for Industrial Self-Consumption. *Energies*, *14*(21), 7307. <https://doi.org/10.3390/en14217307>
- Rullán Lemke, C., John, D., Tedjosantoso, N., Kaltschmitt, M., Schäfers, H., & Lange, C. (2023). *Solarpotenzialstudie für Hamburg. Typologisierung von Fallbeispielen und Ableitung von Handlungsempfehlungen*. Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH. <https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/news/details/zwei-drittel-der-stromnachfrage-in-hamburg-durch-solar-realisierbar.html?file=files/eehh-website/upload/eehh/DE/news/presse-meldungen/2023/2023-03-22/EEHH-Solarpotenzialstudie.pdf>
- Schack, C., Neise, T., & Franz, M. (2024). Erfolgsfaktoren für eine nachhaltige Entwicklung von Gewerbegebieten. *Standort*, *48*(2), 132–139. <https://doi.org/10.1007/s00548-023-00848-z>
- Schlepphorst, S., Rieger-Fels, M., Dienes, C., Holz, M., & Wolter, H.-J. (2023). *Anpassung an den Klimawandel: Spezifische Herausforderungen für KMU*. IfM Bonn. [https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/ifm\\_materialien/dokumente/IfM-Materialien-297\\_2023.pdf](https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/ifm_materialien/dokumente/IfM-Materialien-297_2023.pdf)
- Schlösser, H.-J. (2007). Aufgaben und Grenzen von Markt und Staat. *bpb.de*, <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/izpb/staat-und-wirtschaft-294/8455/aufgaben-und-grenzen-von-markt-und-staat/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).

- Schmidt, F., Roth, A., & Schill, W.-P. (2024). Ausbau der Solarenergie: Viel Licht, aber auch Schatten. *DIW Wochenbericht*, 33/2024, 508–517. [https://doi.org/10.18723/DIW\\_WB:2024-33-1](https://doi.org/10.18723/DIW_WB:2024-33-1)
- Schreier, M., & Odağ, Ö. (2020). Mixed Methods. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 159–184). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9_22)
- Simon, H. A. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan.
- SPD [Sozialdemokratische Partei Deutschlands], Grüne [Bündnis 90/DIE GRÜNEN] & FDP [Freie Demokratische Partei]. (2021). *Koalitionsvertrag 2021–2025: Mehr Fortschritt wagen*. <https://cms.gruene.de/uploads/assets/Koalitionsvertrag-SPD-GRUENE-FDP-2021-2025.pdf>
- Stiftung Umweltenergierecht. (2024). Bringt die Novelle der Elektrizitätsbinnenmarkt-Richtlinie einen Neustart für das Energy Sharing?. *stiftung-umweltenergierecht.de*, <https://stiftung-umweltenergierecht.de/blog/bringt-die-novelle-der-elektrizitaetsbinnenmarkt-richtlinie-einen-neustart-fuer-das-energy-sharing/> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Stumpf, K. J., Rohde, F., & Rosenkranz, J. (2024). *Fallstudie: Energy Sharing*. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung. [https://www.ioew.de/fileadmin/user\\_upload/Stumpf\\_Rohde\\_Rosenkranz\\_2024\\_Fallstudienbericht\\_Energy\\_Sharing\\_final.pdf](https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/Stumpf_Rohde_Rosenkranz_2024_Fallstudienbericht_Energy_Sharing_final.pdf)
- Szichta, P., & Tietze, I. (2020). Sharing Economy in der Elektrizitätswirtschaft: Treiber und Hemmnisse. *Sustainability Management Forum*, 28(3–4), 109–125. <https://doi.org/10.1007/s00550-020-00506-0>
- Tao, Y., Qiu, J., Lai, S., & Zhao, J. (2021). Integrated Electricity and Hydrogen Energy Sharing in Coupled Energy Systems. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(2), 1149–1162. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.3023716>
- Tawalbeh, M., Al-Othman, A., Kafiah, F., Abdelsalam, E., Almomani, F., & Alkasrawi, M. (2021). Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. *Science of The Total Environment*, 759, 143528. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528>
- Thau, D. L., & Zacher, A. (2025). *Paukenschlag aus Luxemburg: Steht das Geschäftsmodell „Kundenanlage“ vor dem Aus?*. GÖRG Partnerschaft von Rechtsanwälten mbB. [https://www.goerg.de/sites/default/files/fields/content\\_types/publication/downloads/250109\\_G%C3%96RG\\_Legal%20Update\\_Kundenanlage.pdf](https://www.goerg.de/sites/default/files/fields/content_types/publication/downloads/250109_G%C3%96RG_Legal%20Update_Kundenanlage.pdf)
- Tushman, M. L., & Katz, R. (1980). External Communication and Project Performance: An Investigation into the Role of Gatekeepers. *Management Science*, 26(11), 1071–1085. <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.11.1071>
- Umweltbundesamt. (2024a). *Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2023*. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23\\_2024\\_cc\\_strommix\\_11\\_2024.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/23_2024_cc_strommix_11_2024.pdf)
- Umweltbundesamt. (2024b). Photovoltaik. *umweltbundesamt.de*, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik> (letzter Zugriff: 18.06.2025).
- Verbücheln, M., Böhnke, R., Raffer, C., & Bartolović, V. (2022). Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Gewerbegebieten. *Ökologisches Wirtschaften*, 37(3), 31–37. <https://doi.org/10.14512/OEW370331>
- Vögele, S., Broska, L. H., Ross, A., & Rübhelke, D. (2023). Macroeconomic impacts of energy communities and individual prosumers: An assessment of transformation pathways. *Energy, Sustainability and Society*, 13(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00395-3>
- von Appen, J., & Braun, M. (2019). Sizing and Improved Grid Integration of Residential PV Systems With Heat Pumps and Battery Storage Systems. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 34(1), 562–571. <https://doi.org/10.1109/TEC.2019.2892396>
- von Wehrden, H., & Chauhan, N. (2024). Geographical Information Systems. *sustainabilitymethods.org*, [https://sustainabilitymethods.org/index.php/Geographical\\_Information\\_Systems](https://sustainabilitymethods.org/index.php/Geographical_Information_Systems) (letzter Zugriff: 18.06.2025).

- Webley, L. (2010). *Qualitative Approaches to Empirical Legal Research*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199542475.013.0039>
- Wei, X., Qiu, R., Liang, Y., Liao, Q., Klemeš, J. J., Xue, J., & Zhang, H. (2022). Roadmap to carbon emissions neutral industrial parks: Energy, economic and environmental analysis. *Energy*, *238*, 121732. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121732>
- Wiesenthal, J., Aretz, A., Ouanes, N., & Petrick, K. (2022). *Energy Sharing: Eine Potenzialanalyse*. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung. [https://www.ioew.de/fileadmin/user\\_upload/BILDER\\_und\\_Download-dateien/Publikationen/2022/Energy\\_Sharing\\_Eine\\_Potenzialanalyse\\_1.pdf](https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Download-dateien/Publikationen/2022/Energy_Sharing_Eine_Potenzialanalyse_1.pdf)
- Wirth, H. (2025). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Fraunhofer ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, *28*(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Yan, G. J., Chen, J. J., Liu, J. Y., Chen, W. G., & Xu, B. Y. (2023). Random clustering and dynamic recognition-based operation strategy for energy storage system in industrial park. *Journal of Energy Storage*, *73*, 109192. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109192>
- Yao, H., & Zhou, Q. (2023). Research status and application of rooftop photovoltaic Generation Systems. *Cleaner Energy Systems*, *5*, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100065>
- Yeo, Z., Masi, D., Low, J. S. C., Ng, Y. T., Tan, P. S., & Barnes, S. (2019). Tools for promoting industrial symbiosis: A systematic review. *Journal of Industrial Ecology*, *23*(5), 1087–1108. <https://doi.org/10.1111/jiec.12846>
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods* (3. Edition). Sage.
- Zafar, R., Mahmood, A., Razzaq, S., Ali, W., Naeem, U., & Shehzad, K. (2018). Prosumer based energy management and sharing in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*, 1675–1684. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.018>
- Zanker, C. (2018). *Branchenanalyse Logistik: Der Logistiksektor zwischen Globalisierung, Industrie 4.0 und Online-Handel*. Hans-Böckler-Stiftung. [https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-006916/p\\_study\\_hbs\\_390.pdf](https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-006916/p_study_hbs_390.pdf)
- Zell-Ziegler, C., Thema, J., Best, B., Wiese, F., Lage, J., Schmidt, A., Toulouse, E., & Stagl, S. (2021). Enough? The role of sufficiency in European energy and climate plans. *Energy Policy*, *157*, 112483. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112483>
- Zhang, H. L., Baeyens, J., Degrève, J., & Cacères, G. (2013). Concentrated solar power plants: Review and design methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *22*, 466–481. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.032>
- Zhang, Y., Zheng, H., Chen, B., Su, M., & Liu, G. (2015). A review of industrial symbiosis research: Theory and methodology. *Frontiers of Earth Science*, *9*(1), 91–104. <https://doi.org/10.1007/s11707-014-0445-8>

## **Rechtsquellenverzeichnis**

- Clean Energy for all Europeans Package, [https://wayback.archive-it.org/12090/20241209144917/https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package\\_en#related-links](https://wayback.archive-it.org/12090/20241209144917/https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en#related-links)
- EAG, Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG, BGBl. I Nr. 150/2021), <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011619>
- EEG, Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes, [https://www.clearingstelle-eegekwhkg.de/sites/default/files/5-EEG\\_2000\\_BGBl-I-305.pdf](https://www.clearingstelle-eegekwhkg.de/sites/default/files/5-EEG_2000_BGBl-I-305.pdf)
- EEG 2023, Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 52) geändert worden ist, [https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/EEG\\_2023.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2023.pdf)
- EIWOG 2010, Bundesgesetz, mit dem die Organisation auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft neu geregelt wird (Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 – EIWOG 2010), <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007045>
- EMD, Richtlinie (EU) 2019/944 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU, <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/944/oj>
- EMD III, Richtlinie (EU) 2024/1711 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Änderung der Richtlinien (EU) 2018/2001 und (EU) 2019/944 in Bezug auf die Verbesserung des Elektrizitätsmarktdesigns in der Union (Text von Bedeutung für den EWR), <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1711/oj>
- Empfehlung 2003/361/EG, Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (2003/361/EG), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003H0361>
- EnWG, Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 51) geändert worden ist, [https://www.gesetze-im-internet.de/enwg\\_2005/EnWG.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/EnWG.pdf)
- EnWG-Novelle 2024/11, Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts im Bereich der Endkundenmärkte, des Netzausbaus und der Netzregulierung, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/20241115-entwurf-enwg-novelle.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/20241115-entwurf-enwg-novelle.pdf?__blob=publicationFile&v=12)
- HmbKliSchG, Hamburgisches Gesetz zum Schutz des Klimas (Hamburgisches Klimaschutzgesetz - HmbKliSchG) vom 20. Februar 2020 (754-1), <https://www.landesrecht-hamburg.de/bsha/document/jlr-KlimaSchGHA2020V7P1>
- KSG, Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist, <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>
- MsbG, Messstellenbetriebsgesetz vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 21. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 51) geändert worden ist, <https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/MsbG.pdf>
- NELEV, Verordnung zum Nachweis von elektrotechnischen Eigenschaften von Energieanlagen (Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung - NELEV), <https://www.gesetze-im-internet.de/nelev/NELEV.pdf>
- Pariser Klimaschutzabkommen, Paris Agreement, [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)
- RED II, Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung) (Text von Bedeutung für den EWR.), <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>

---

Solarpaket I, Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften zur Steigerung des Ausbaus photovoltaischer Energieerzeugung (BGBl. 2024 I Nr. 151), <https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl-1/2024/151>

VDE-AR-N 4100, Technische Anschlussregeln Niederspannung, <https://www.vde.com/de/fnn/themen/tar/tar-niederspannung/tar-niederspannung-vde-ar-n-4100>

VDE-AR-N 4105, Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, <https://www.vde.com/de/fnn/themen/tar/tar-niederspannung/erzeugungsanlagen-am-niederspannungsnetz-vde-ar-n-4105-2018>

WindBG, Windenergieflächenbedarfsgesetz vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1353), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 151) geändert worden ist, <https://www.gesetze-im-internet.de/windbg/BJNR135310022.html>

## **Anhang**

**Anhang 1:** Link zu den weiterführenden Anhängen der Masterarbeit, zusammengefasst als ZIP-Ordner, samt Ordner- und Dateienstruktur.

**Link: Kein öffentlicher Zugriff möglich.**

*(Auf Anfrage beim Autor kann Einsicht in einzelne Dateien ermöglicht werden.)*

*Ordner- und Dateienstruktur des Anhang 1:*

1.0 Informationen zum Anhang 1 der Masterarbeit

1.1 Stakeholder- und Gebietsanalyse

- > 1.1.1 Tabelle Stakeholderanalyse
- > 1.1.2 Tabelle Unternehmensdaten
- > 1.1.3 Zusammenfassung Informationen Allermöhe

1.2 Photovoltaikanalyse

- > 1.2.1 Daten LGV 2024 Zuschnitt Allermöhe Gesamtgebäude
- > 1.2.2 Zusammenfassung Photovoltaikanalyse
- > 1.2.3 Tabelle Auszug MaStR 250228

1.3 Fragebogen

- > 1.3.1 KLIMAready Umfrage Allermöhe PDF
- > 1.3.2 Ergebnisse KLIMAready Umfrage Allermöhe
- > 1.3.3 Visualisierung Ergebnisse KLIMAready Umfrage Allermöhe

1.4 ExpertInneninterviews

> 1.4.1 Photovoltaik

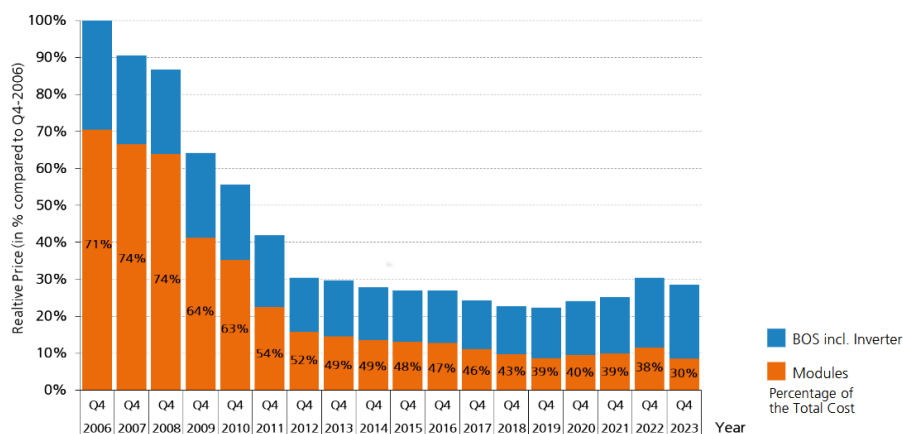
- >> 1.4.1.1 Interviewtranskripte PV
- >> 1.4.1.2 Interviewfragen PV
- >> 1.4.1.3 Codierleitfaden PV

> 1.4.2 Energy Sharing

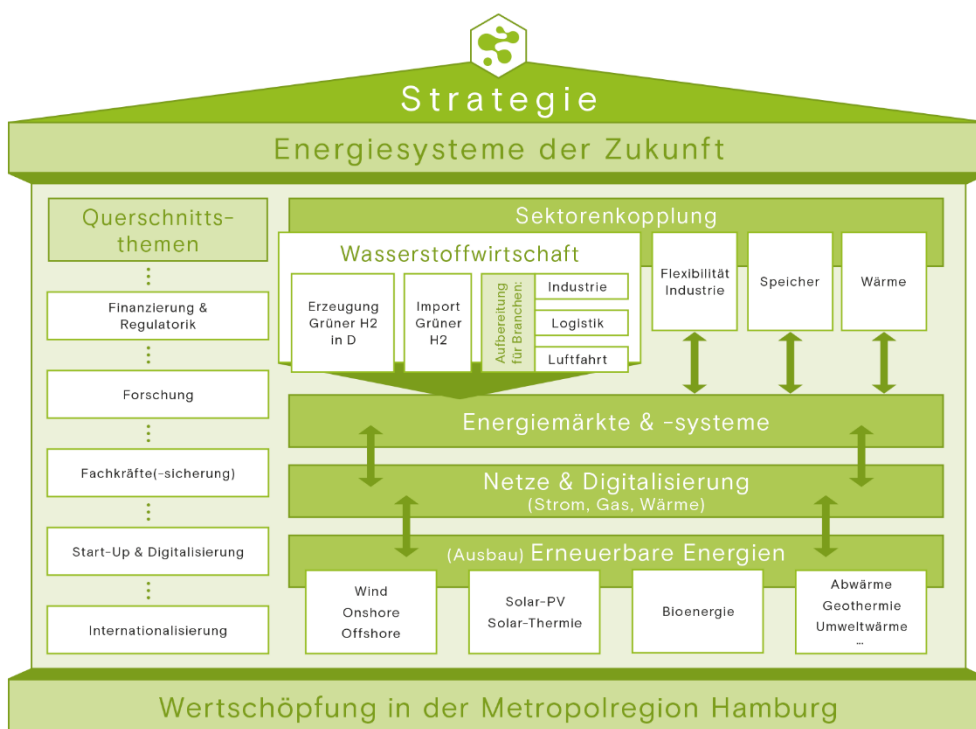
- >> 1.4.2.1 Interviewtranskripte ES
- >> 1.4.2.2 Interviewfragen ES
- >> 1.4.2.3 Factsheet Gewerbegebiet Allermöhe
- >> 1.4.2.4 Codierleitfaden ES

> 1.4.3 MAXQDA-Projektdatei Auswertung Interviews

**Anhang 2:** Entwicklung der Preise für Photovoltaikanlagen aufgeteilt nach den Modulkosten (orange) und den sonstigen Systemkomponenten (Balance of System, blau; Quelle: Fraunhofer ISE, 2024a)



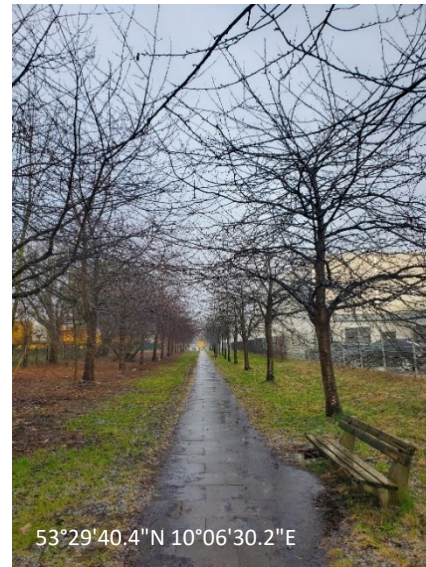
**Anhang 3:** Darstellung der thematischen Schwerpunkte der Clusterstrategie 2025 als „Strategiehaus“ (EEHH, 2022).



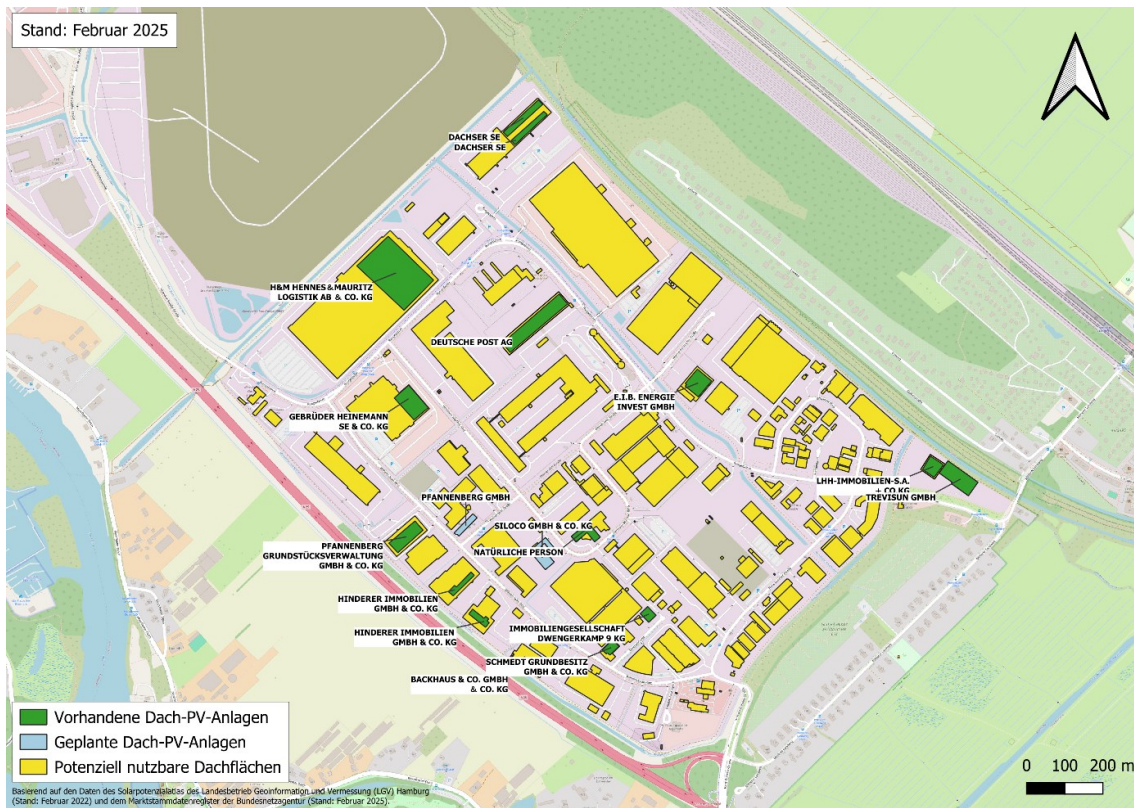
**Anhang 4:** Übersicht der verschiedenen Arbeitspakete des KLIMAready-Projekts sowie die Zuständigkeiten der Clusterorganisationen (LIHH, 2024).

**Interne Projektdatei, kein öffentlicher Zugriff möglich.**

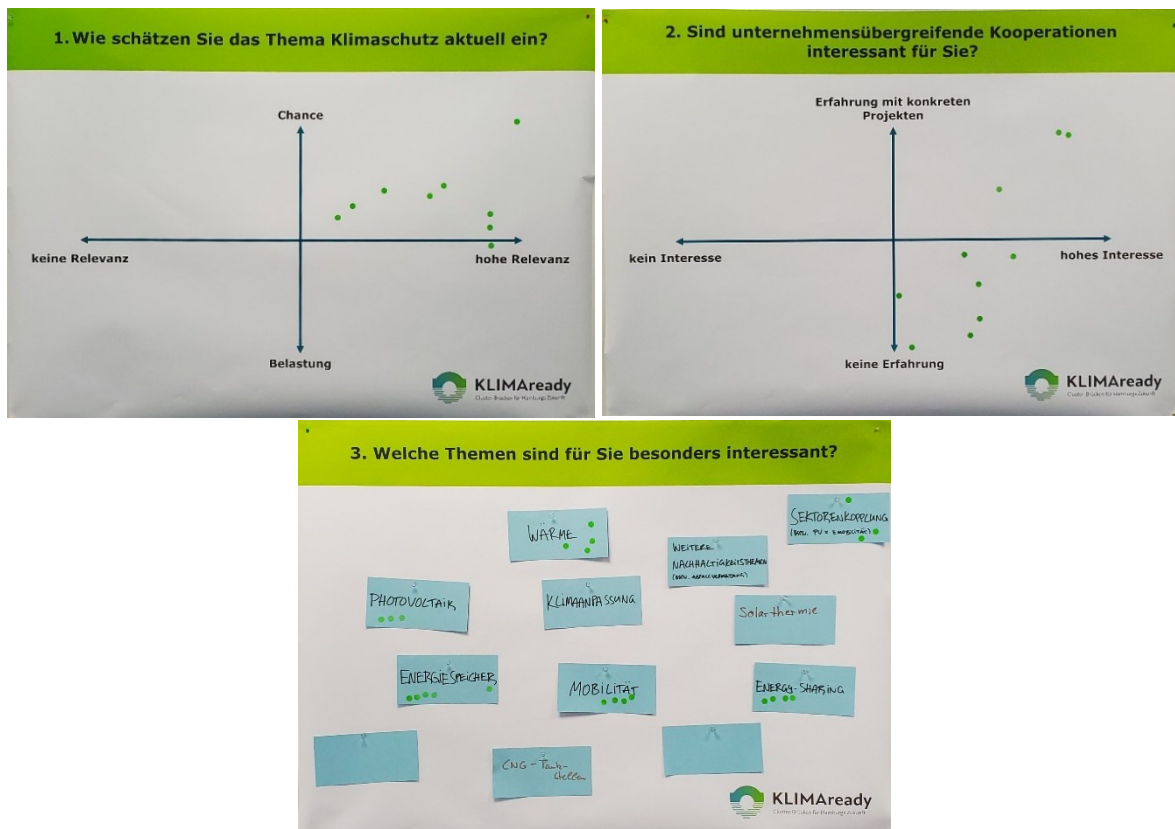
**Anhang 5:** Eindrücke aus dem Gewerbegebiet Allermöhe und den Koordinaten der Aufnahme (eigene Fotos).



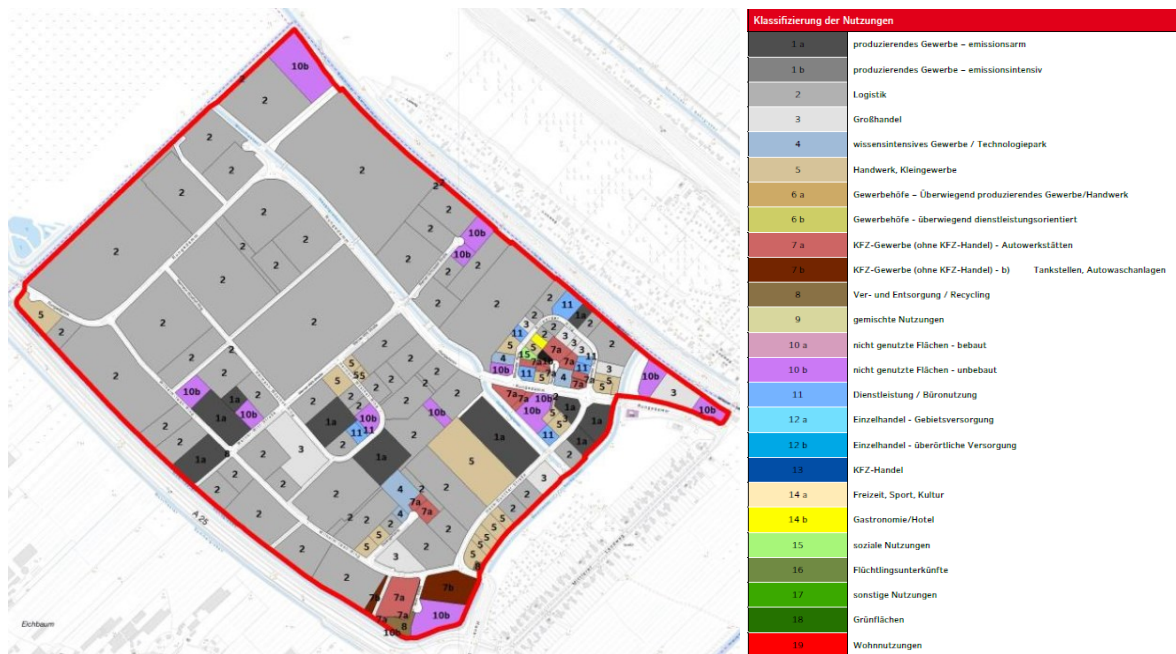
**Anhang 6:** Darstellung der installierten und geplanten Photovoltaikanlagen inklusive Betreibern im Gewerbegebiet Allermöhe, basierend auf dem Marktstammdatenregister Stand Februar 2025 (eigene Darstellung).



**Anhang 7:** Planwände samt Ergebnissen des Dot-Votings im Rahmen der Auftaktveranstaltung im Gewerbegebiet Allermöhe am 27. Februar 2025 (Quelle: EEHH).



**Anhang 8: Flurstücke im Gewerbegebiet Allermöhe und deren Nutzungsart (Quelle: Bezirksamt Bergedorf, 2018)**



Anhang 9: Übersichtstabelle zu den im Marktstammdatenregister aufgeführten Aufdach-Photovoltaik-Anlagen im Gewerbegebiet Allermöhe (Stand: 28. Februar 2025).

Nr.	Name des Anlagenbetreibers	Ansässige Firma, Größe, Branche	Betriebsstatus	Bruttoleistung der Einheit (kWp)	Nettonennleistung der Einheit (kW)	Anzahl der Solar-Module	~m <sup>2</sup> der genutzten Dachfläche	Voll-/Teileinspeisung	Ausrichtung der Solar-Module	Spannungsebene	Inbetriebnahmetermin der Einheit
1	Backhaus & Co. Gmbh & Co. KG	=, Kleines Unternehmen, Logistik	In Betrieb	132,9	110,0	302	737,77	Teil	Ost-West	Niederspannung	09.07.2024
2	DACHSER SE	=, Großunternehmen, Logistik	In Betrieb	330,0	330,0	1200	3317,09	Teil	Süd	Niederspannung	11.08.2017
3	Deutsche Post AG vertreten durch DPDHL RED GmbH	=, Großunternehmen, Logistik	In Betrieb	550,0	550,0	1850	5933,25	Teil	Süd-Ost	Niederspannung	04.06.2024
4	E.I.B. Energie Invest GmbH	Hagelshop Logistikzentrum, Großunternehmen, Großhandel (Frisörbedarf)	In Betrieb	494,5	380,0	1150	2963,32	Teil	Süd-West	Niederspannung	14.03.2024
5	Gabr.Heinemann SE&Co.KG	=, Großunternehmen, Logistik (Travel Retail)	In Betrieb	168,0	168,0	1400	2794,28	Voll	Ost-West	Mittelspannung	15.12.2010
6	H&M Hennes&Mauritz Logistik AG & Co. KG	=, Großunternehmen, Logistik (Bekleidung)	In Betrieb	550,5	500,0	7340	13427,56	Voll	Süd	Mittelspannung	11.12.2008
7	Hinderer Immobilien GmbH & Co. KG	Lohdamm Fahrzeugreparatur, Kleinstunternehmen, KFZ-Dienstleistungen	In Betrieb	98,8	66,0	244	835,19	Teil	Ost-West	Niederspannung	14.09.2024
8	Hinderer Immobilien GmbH & Co. KG	Hansaspeed Spedition + Logistik GmbH & Co KG, Mittleres Unternehmen, Logistik	In Betrieb	95,6	66,6	236	1061,35	Teil	Ost-West	Niederspannung	09.07.2024
9	Immobilien-Gesellschaft Dwengerkamp 9 KG	Dwenger Laser- und Feinblechtechnik GmbH, Mittleres Unternehmen, Produktion	In Betrieb	94,9	90,0	358	714,65	Teil	Ost-West	Mittelspannung	01.11.2015
10	LHH-Immobilien-S.A. + Co.KG	Fliesenzentrum Deutschland GmbH, Großunternehmen, Großhandel (Fliesen)	In Betrieb	306,2	245,0	696	2464,89	Teil	Ost-West	Mittelspannung	11.12.2024
11	natürliche Person (ABR965608668314)	Netceed GmbH, Großunternehmen, Logistikdienstleistungen	In Betrieb	44,1	35,5	108	1374,79	Voll	Süd-West	Niederspannung	30.04.2010
12	PfannenberG GmbH	=, Großunternehmen, Produktion (Elektrotechnik)	In Planung	399,3	399,3	986	2154,17	Voll	Ost-West	Umspannebene Mittelspannung/Niederspannung	*23.06.2023
13	PfannenberG Grundstücksverwaltung GmbH & Co. KG	=, Großunternehmen, Produktion (Elektrotechnik)	In Betrieb	400,2	400,0	976	2702,96	Teil	Süd-West	Mittelspannung	08.04.2024
14	Schmedt Grundbesitz GmbH & Co. KG	Schmedt GmbH & Co. KG, Kleines Unternehmen, Großhandel (Bücher)	In Betrieb	49,6	40,0	121	380,435	Teil	Süd-West	Niederspannung	12.07.2024
15	Schmedt Grundbesitz GmbH & Co. KG	Schmedt GmbH & Co. KG, Kleines Unternehmen, Großhandel (Bücher)	In Betrieb	49,6	40,0	121	380,435	Teil	Nord-Ost	Niederspannung	12.07.2024
16	Siloco GmbH & Co. KG	=, Mittleres Unternehmen, Dienstleistungen (Bauvorhaben)	In Planung	115,4	115,4	285	1032,95	Teil	Süd	Niederspannung	*01.02.2025
17	Trevisun GmbH	Fliesenzentrum Deutschland GmbH, Großunternehmen, Großhandel (Fliesen)	In Betrieb	166,8	166,8	789	3954,1	Voll	Süd	Mittelspannung	11.07.2011
<b>Summe (in Betrieb)</b>			<b>15</b>	<b>3531,7</b>	<b>3187,9</b>	<b>16891</b>	<b>43042</b>				
<b>Summe (geplant)</b>			<b>2</b>	<b>514,8</b>	<b>514,8</b>	<b>1271</b>	<b>3187</b>				
<b>Summe (gesamt)</b>			<b>17</b>	<b>4046,4</b>	<b>3702,7</b>	<b>18162</b>	<b>46229</b>				

\*geplant

Stand: 28. Februar 2025