

Bericht über die Wirtschaftlichkeit einer potenziellen PV-Parkflächen Anlage in Grötzingen

Andre Kloos & Tarek Ben Mohamed

28.02.2021

andre@kloos-ammerbuch.de
tarek.ben_mohamed@outlook.com

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektseminars: „Werde Solar-Coach - ein transdisziplinäres Projektseminar“ am Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gemeinsam mit der Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur (KEK), Vertreter*innen der Studierendenwohnheime Augustin-Bea-Haus (ABH) sowie Reinhold-Schneider-Haus (RSH), dem Projekt Klimaschutz gemeinsam wagen und dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse sowie der Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit.

Die Veranstaltung ist Teil von Energietransformation im Dialog, ein Projekt der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren



Dozenten: Marius Albiez, Volker Stelzer, Richard Beecroft

1. Einführung und Motivation

Ab Januar 2022 müssen neue Parkflächen mit mehr als 75 Parkplätzen gesetzlich verpflichtend mit einem PV bedeckten Carport überdacht werden [1]. Für schon bestehende Parkplätze gilt die Verpflichtung nicht, jedoch bietet die PV-Überdachung einen Mehrfachnutzen von versiegelten Flächen, der auch für Besitzer solcher Flächen interessant sein könnte. Zu nennen sind hierbei der Schutz vor Überhitzung im Sommer, Regen- und Witterungsschutz im Allgemeinen, Installation von Lichtquellen und die Möglichkeit zur Installation von E-Ladesäulen für die Unterstützung des Ausbaus der Elektromobilität [2].

Deswegen wurde im Rahmen dieser Projektarbeit eine Parkfläche im [Energiequartier Grötzingen](#) genauer angeschaut und verschiedene Konzepte für eine technisch mögliche Umsetzung für ein PV-Anlage samt PV-Carport entwickelt. In Kapitel 2 wird die Parkfläche und Lage genauer beschrieben, bevor in Kapitel 3 die Berechnungen zu den Leistungen und Energien der verschiedenen Konzepte erläutert werden. Kapitel 4 zeigt die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Konzepte auf, bevor abschließend in Kapitel 5 ein kurzes Fazit gezogen wird und ein allgemeiner Ausblick gegeben wird.

2. Beschreibung der Fläche

Die in der Projektarbeit ausgesuchte Parkfläche liegt in Grötzingen bei den Supermärkten Lidl und Edeka. Sie ist zentral gelegen und es sind keine Gebäude im Süden des Parkplatzes. Auf *Abbildung 1* ist der Parkplatz und die angrenzenden Supermärkte zu sehen.



*Abbildung 1: Satellitenbild der Parkfläche in Grötzingen
Quelle: www.google.com/maps/*

Neben der guten Öffentlichkeitswirksamkeit des Parkplatzes ist der hohe Stromverbrauch der Supermärkte ein weiterer Grund für die Auswahl der Fläche. Dadurch kann potenziell viel erzeugter PV Strom selbst verbraucht werden (hoher Eigenverbrauch), was die Anlage wirtschaftlicher macht. Das liegt daran, dass der Strompreis, den die Supermärkte zahlen, über der Einspeisevergütung liegt [3] [4]. Im nächsten Abschnitt werden die verschiedenen Konzepte erläutert.

3. Berechnung zu Leistung und Energie

Um verschiedene Konzepte von PV-Carports zu vergleichen, wurden im Weiteren zwei Varianten genauer betrachtet. Die verwendeten Flächen für diese sind in *Abbildung 2* und *Abbildung 3* zu sehen.



Abbildung 2: Variante 1 mit geneigten Carports
 Quelle: www.google.com/maps



Abbildung 3: Variante 2 mit flacher Überdachung
 Quelle: www.google.com/maps

Die roten Umrandungen in Variante 1 (*Abbildung 2*) zeigen die Flächen, die mit PV Carports überdacht werden sollen (reine Parkflächen). Die PV-Carports sind in dieser Variante geneigt (10 Grad). Die Fläche 1 mit Ost-, Fläche 2 mit West- und Flächen 3,4 und 5 mit Südausrichtung. Ein umgesetztes Beispiel mit dieser Art Solarcarport ist in [5] zu sehen

Die rote Umrandung in Variante 2 (*Abbildung 3*) zeigt die Fläche, die mit einer flachen Carportüberdachung samt PV-Anlage überdacht werden soll. Hierbei wurde die gesamte versiegelte Fläche betrachtet, abgesehen von den Flächen direkt an den Supermärkten. Die Module werden dafür ebenfalls als flach ausgerichtet geplant und berechnet (Keine Neigung). Ein solches schon umgesetztes Beispiel ist in [6] zu sehen.

Um eine realistische Gesamtbetrachtung einer potenziellen PV-Anlage zu machen, wurden für die weiteren Berechnungen ebenfalls die Dachflächen von Lidl (Süddach mit 10 Grad Neigung) und Edeka (Flachdach, Aufstellung der PV-Module mit 10 Grad Neigung Richtung Süden). Diese sind in *Abbildung 4* rot umrandet sehen.



Abbildung 4: Dachflächen
 Quelle: www.google.com/maps

Insgesamt ergeben sich damit folgende Flächen und PV-Leistungen (unter der Annahme eines Modulwirkungsgrades von 20 %, Systemwirkungsgrad von 85 %, [4]):

- Variante 1: 2100 m², 420 kWp, 365.000 kWh
- Variante 2: 3000 m², 600 kWp, 500.000 kWh
- Dachflächen: 2050 m², 310 kWp, 280.000 kWh

Die Gesamtenergie wurde dabei aus den stündlichen Leistungsdaten ermittelt, die wiederum aus den berechneten Parametern zur PV-Leistung und Ausrichtung mit Hilfe des Tools PVGIS [7] berechnet wurden (mit Hilfe von historischen stündlichen Strahlungsdaten). Zusammen mit einem vereinfachten Lastprofil, welches in *Abbildung 5* zu sehen ist, wurde daraus die Residuallast berechnet. Das Lastprofil an Sonn- und Feiertagen wurde mit der konstanten Grundlast wie in der Nacht angenommen. Den beispielhaften Verlauf von erzeugter PV-Leistung, Last und Residuallast an einem Tag im Winter ist in *Abbildung 6* zu sehen.

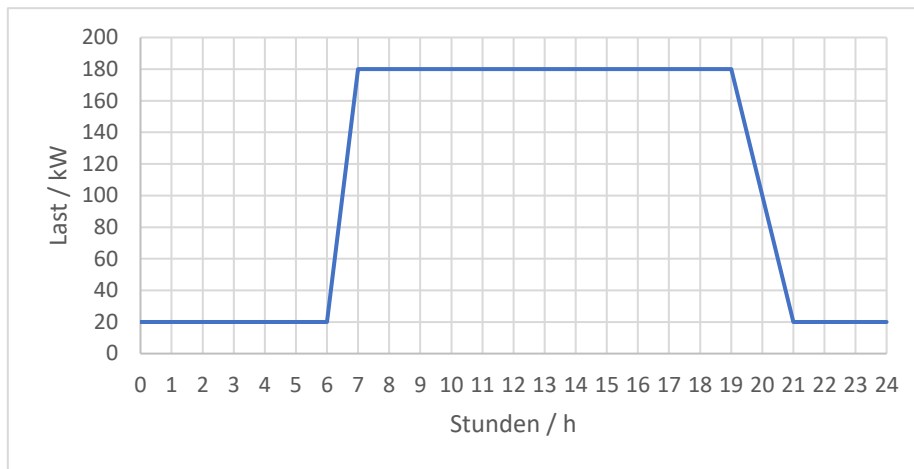


Abbildung 5: Vereinfachtes Lastprofil der Supermärkte

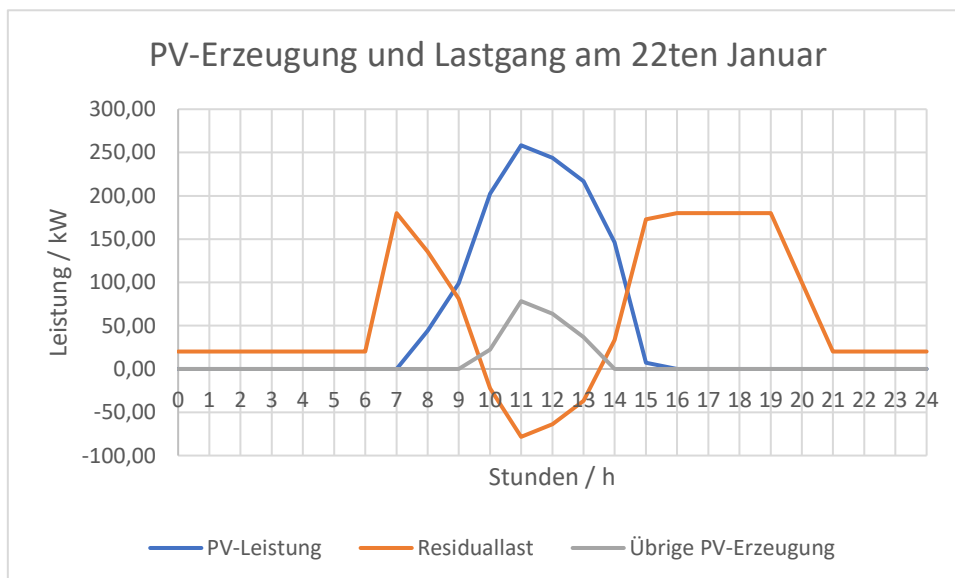


Abbildung 6: Kennlinien zur Berechnung des Eigenverbrauchs

Das zu sehende PV-Erzeugungsprofil ist dabei das der Variante 1 mit Dach-PV zusammen, also einer Anlage mit einer Gesamtleistung von 730 kWp. Gleiches wurde auch für Variante 2 mit und ohne Dach-PV berechnet, um verschiedene Vergleichswerte zu bekommen.

4. Berechnung zur Wirtschaftlichkeit

Aus den in Kapitel 3 berechneten Werten wurde der Eigenverbrauch ermittelt, der für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit essenziell ist. Hier sei ergänzend erwähnt, dass man diesen neben der manuellen Ermittlung auch einfach ohne Berechnung festlegen kann (aus Erfahrungen mit ähnlichen Lastprofilen und ähnlich großen PV-Anlagen). Den realistischsten Wert erhält man, wenn man ihn mit realen Lastdaten ermitteln kann.

Neben dem Eigenverbrauch (und Daten zur Größe des PV-Systems) braucht es noch einige weitere Eingangsparameter für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Eingangsparameter)	Wert	Einheit
PV-Systemkosten (für größere Anlagen)	1000€	kWp
Kosten Aufständering pro QM	100€	m ²
Einspeisevergütung Anlagen > 40 kWp	6,22 Cent	kWh
Zinsen (mittlerer Wert)	2 %	
Eigenkapital	20 %	
Stromkosten Gewerbe (mittlerer Wert)	18 Cent	kWh
Batteriekosten (mittlerer Wert)	900€	kWh
Betriebs- und Wartungskosten	1 %	(der Investitionssumme)
Laufzeit der Anlage	25 Jahre	
Laufzeit eines Batteriespeichers	15 Jahre	

*Tabelle 1: Recherchierte Eingangsparameter
Quellen: [3], [4], [8], [9], [10], [11], [12]*

Man kann daraus überschlagen, dass die Kosten für die Carport PV-Anlage bei einem angenommenen Modulwirkungsgrad von 20 % ungefähr das 1,5-fache von einer reinen Dach-PV-Anlage sind (für große Anlagen). Dadurch wird die Amortisationszeit einer Anlage mit gleichen Systemparametern ebenfalls größer (Gleiche Erzeugung, gleicher Eigenverbrauch und höhere Investitions- und Betriebskosten führen unweigerlich dazu). Nicht berücksichtigt in dieser Rechnung sind die Nutzen für die asphaltierte Fläche darunter, wie z.B. der Witterungsschutz und Schutz vor Überhitzung im Sommer.

Daraus wurden final die Wirtschaftlichkeit von Variante 1 und Variante 2 mit und ohne Dach-PV ermittelt. In *Abbildung 7* sind die Kapitalerträge der verschiedenen Möglichkeiten zu sehen. Man erkennt, dass alle Systeme, noch vor dem normalen Laufzeitende (der Einspeisevergütung) von 20 Jahren, Gewinn abwerfen. Die Variante mit den höchsten Investitionskosten kommt erst später ins Plus.

Um zu sehen wie der Eigenverbrauch die Wirtschaftlichkeit beeinflusst, wurde im Folgenden der Eigenverbrauch für Variante 1 ohne Dach-PV und der einer reinen Dach-PV Anlage variiert. *Abbildung 8* zeigt, nach wie viel Jahren sich die Anlagen amortisieren. Dafür wurde eine vereinfachte Rechnung ohne Zins und Zinseszins verwendet. In der Realität ist deswegen mit einer größeren Amortisationszeit zu rechnen. Man sieht, dass in diesem Beispiel die Amortisationszeiten von Parkflächen-PV Anlagen erst ab ca. einem Eigenverbrauchswert von 40 % rentabel werden (mit Gewerbestrompreis und Annahme der Laufzeit von 20 Jahren).

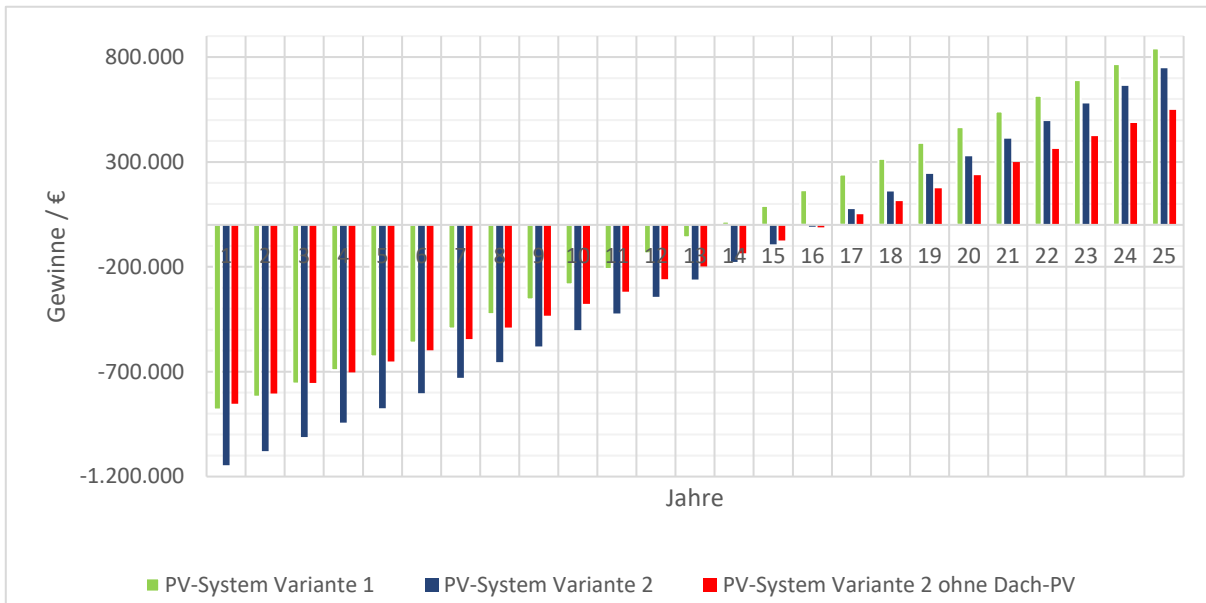


Abbildung 7: Erwirtschaftete Gewinne der verschiedenen Systeme über die Jahre

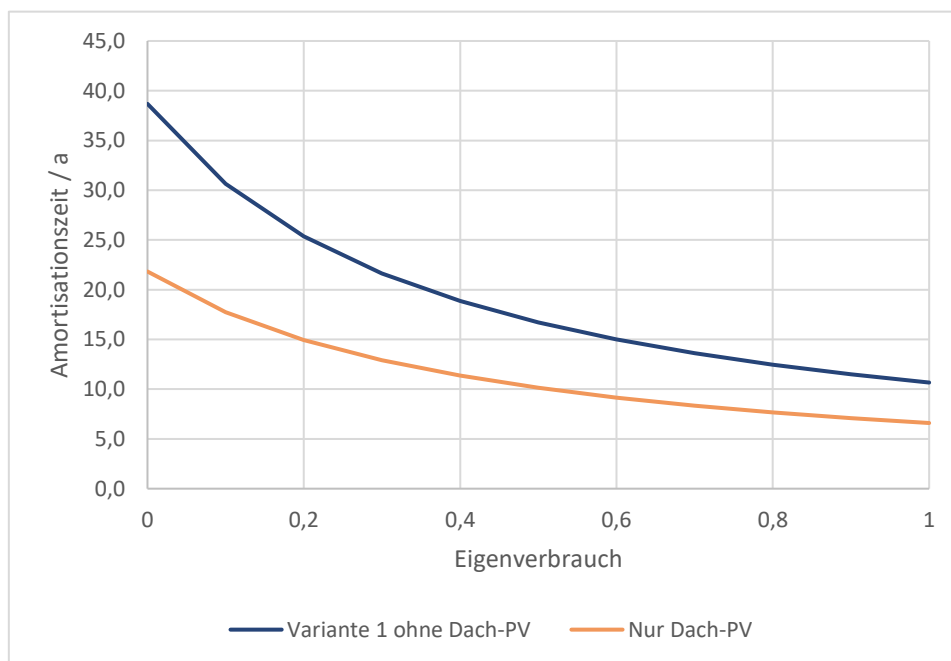


Abbildung 8: Amortisationszeiten bei verschiedenen Systemen und Eigenverbräuchen

Eine Möglichkeit, den Eigenverbrauch zu erhöhen, ist die Installation eines Speichers. Im Folgenden wurde berechnet, wie sich verschiedene Größen von Speichern auf den Eigenverbrauch auswirken. Die *Abbildung 9* zeigt diesen Zusammenhang für die Variante 1 und 2 (jeweils mit Dach-PV).

Man kann erkennen, dass die Speicher den Eigenverbrauch nur leicht erhöhen und bei größeren Werten die Erhöhung immer schwächer wird. Berechnet man die Wirtschaftlichkeit des Speichers (Mehrwert durch Eigenverbrauchserhöhung gegen Investitionskosten und Betriebskosten), so ergibt sich keine Wirtschaftlichkeit für den Speicher. Z.B. ergibt sich für eine Speichergröße von 100 kWh eine Amortisationszeit von 38 Jahren (für größere Speicher steigt diese noch), was dessen Lebensdauer übersteigt und damit für diesen Anlage aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage kommt.

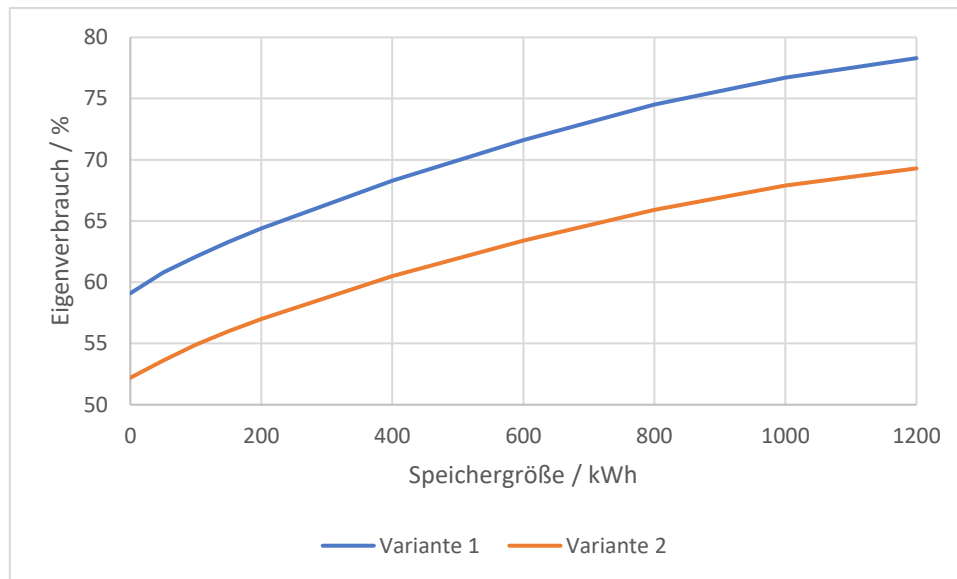


Abbildung 9: Eigenverbrauch in Abhängigkeit der Speichergröße

5. Fazit und Ausblick

Die Berechnungen in Kapitel 4 haben gezeigt, dass eine Parkflächen-PV-Anlage für unser Beispiel auf dem Parkplatz in Grötzingen wirtschaftlich ist (unsere Annahmen vorausgesetzt). Den größten Ertrag nach 20 Jahren spielt die Variante 1 mit Dach-PV ein. Die Zahlen sind aber mit Vorsicht zu genießen, da bei einer konkreten Umsetzung viele Parameter Einfluss auf das schlussendliche Ergebnis haben. Jedoch lässt sich mit den berechneten Werten aus Kapitel 4 eine prinzipielle Tendenz hin zu einer Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen zeigen. Vor allem, wenn hohe Eigenverbräuche realisiert werden können.

Die ebenfalls betrachtete Möglichkeit einer Installation eines Speichers war in diesem Beispiel unter keinen Bedingungen wirtschaftlich. Dazu sei gesagt, dass das daran liegt, dass die PV-Anlage nicht unter wirtschaftlichen Aspekten optimiert wurde, sondern die ganze nutzbare Fläche für die Berechnungen mit PV belegt wurde. Deswegen sind die berechneten Leistungen der PV-Systeme groß im Vergleich zur Lastkennlinie und es wird schon ohne Speicher ein hoher Eigenverbrauch ermöglicht. Deswegen sind die Erhöhungen des Eigenverbrauchs (der einzige wirtschaftliche Mehrwert) durch die Speicher nur gering und diese damit nicht wirtschaftlich. In anderen Fällen bzw. mit anderer Auslegung der PV-Anlage kann das aber durchaus Sinn ergeben und wirtschaftlich sein. Das muss aber immer an dem konkreten Beispiel betrachtet werden.

Neben der Installation eines Speichers gibt es noch weitere Möglichkeiten, die für Besitzer solcher Parkflächen von Interesse sein könnte. Vor allem werden zukünftig die Installationen von E-Ladesäulen unter solchen PV-Parkflächenanlagen von mehr und mehr Interesse sein. Verschiedene Konzepte zur Kundenbindung oder Förderung der Mitarbeiter könnten für Besitzer von Parkflächen zusätzliche Anreize schaffen, sich eine solche PV-Carportanlage anzuschaffen. Da dies aber rechnerisch nur schwer zu betrachten ist, wurde bei den Berechnungen in den vorigen Kapiteln darauf verzichtet. Nichtsdestotrotz wird dies einen wichtigen Anteil ausmachen, ob solche Anlagen vermehrt auch auf alten Parkflächen installiert werden.

6. Quellen

- [1] „KEA-BW - Die Landesenergieagentur,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/photovoltaik/klimaschutzgesetz-photovoltaik-auf-parkplaetzen#c2999-content-1>.
- [2] „ISE Fraunhofer,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik.html>. [Zugriff am 2021].
- [3] „Stromauskunft,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.stromauskunft.de/gewerbestrom/gewerbestrompreis/>.
- [4] D. H. Wirth, „Aktuelle Fakten zur Photovoltaik,“ Fraunhofer ISE, 2020.
- [5] „Solarserver,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.solarserver.de/2020/10/05/photovoltaik-grosse-parkplatz-anlage-bei-zf-friedrichshafen/>. [Zugriff am 2021].
- [6] „Energieexperten,“ 2011. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/news/innovative-photovoltaik-parkplatzueberdachung-fuer-edeka-markt>. [Zugriff am 2021].
- [7] E. Commission, „PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS,“ 2021. [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#HR.
- [8] „Ratgeber Photovoltaik,“ Andreas Madel, Solaranlagen-Ratgeber, 2019.
- [9] „Solarkataster Karlsruhe,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.gpm-webgis-10.de/geoapp/solarkataster/karlsruhe/>.
- [10] C. GmbH, Interviewee, *Kosten für Solar-Carports*. [Interview]. 2021.
- [11] R. H. G. & C. KG, Interviewee, *Kosten Solar-Carports*. [Interview]. 2021.
- [12] „Solaranlagen Portal,“ 02 2021. [Online]. Available: <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/stromspeicher/preise>.