

Abschlussbericht

Speichermonitoring BW 2.0

von

Jan Figgener
David Haberschusz
Christopher Hecht
Sebastian Zurmühlen
Dirk Uwe Sauer

Mitwirkende studentische Hilfskräfte:
Jakob Bors, Philipp Woerner

RWTH Aachen University
Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe

Förderkennzeichen: L75 21120
Laufzeit: 26.05.2021 – 31.07.2022

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln
des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

Februar 2023



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Speichermonitoring BW 2.0

Schlussbericht (inhaltlicher Teil)



Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe



SPEICHERMONITORING
BADEN-WÜRTTEMBERG

Impressum

Autoren

Jan Figgener

David Haberschusz

Christopher Hecht

Sebastian Zurmühlen

Dirk Uwe Sauer

Mitwirkende studentische Hilfskräfte:

Jakob Bors, Philipp Woerner

© 2022

Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe
RWTH Aachen

Förderung

Der Schlussbericht zum Speichermonitoring BW 2.0 entstand im Rahmen des durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) geförderten Forschungsvorhabens „Speichermonitoring BW 2.0“, Zuwendungsnummer L75 21120.

Laufzeit: 26.05.2021 – 31.07.2022

Gefördert durch:



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	6
1 Förderung und Monitoring.....	9
1.1 Förderprogramm „Netzdienliche PV-Batteriespeicher“.....	9
1.2 Speichermonitoring BW.....	10
1.2.1 Methodik der Datenerhebung.....	10
1.2.2 Stand der Registrierungen.....	11
2 Marktanalyse.....	13
2.1 Batteriespeicher	13
2.1.1 Batteriekapazität	13
2.1.2 Systemdesign.....	14
2.1.3 Speicherpreise	15
2.1.4 Marktanteile der Speicherhersteller.....	16
2.2 PV-Anlagen.....	17
2.2.1 PV-Anlagengrößen.....	17
2.2.2 Ausrichtung der PV-Anlagen.....	18
2.2.3 PV-Preise.....	19
2.2.4 Marktanteile der PV-Hersteller.....	20
2.3 Antragstellende	21
2.3.1 Eigenheime und Gewerbe.....	21
2.3.2 Motive für den Kauf eines PV-Speichers.....	22
2.3.3 Elektrische Verbraucher und Elektromobilität	23
2.3.4 Erwartungen und Erfahrungen	24

Inhaltsverzeichnis

3	Wirkungsanalyse	27
3.1	Förderprogramm als Anreiz.....	27
3.2	Zubau PV-Speicher	28
3.3	Ausgelöstes Investitionsvolumen	29
	Literaturverzeichnis	30
	Abbildungsverzeichnis	31

Executive Summary

Executive Summary

Förderung von Batteriespeichern in Baden-Württemberg

Das landesweite Förderprogramm „Netzdienliche Photovoltaik-Batteriespeicher“ wurde vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) aufgesetzt und lief in der ersten Periode von Februar 2018 bis Juli 2019. Die zweite Periode startete im April 2021 und wurde bereits wenige Wochen später im Mai 2021 beendet, da die Fördermittel aufgrund der hohen Nachfrage ausgeschöpft waren. Gefördert wurden Speichersysteme, die gemeinsam mit einer neuen PV-Anlage errichtet wurden. Die Förderung erfolgte durch Auszahlung eines Förderzuschusses, der je nach Größe der PV-Anlage und Jahr zwischen 200 €/kWh und 400 €/kWh betrug. Dabei wurden Speichersysteme in Verbindung mit PV-Anlagen oberhalb von 30 kWp installierter Leistung mit höheren Fördersätzen bezuschusst, um den Zubau größerer PV-Anlagen voranzutreiben und den jungen Markt der Gewerbespeicher zu stützen. Antragsberechtigt waren Privatpersonen, Unternehmen und Landwirte. Insgesamt konnten rund 8.250 Anträge in beiden Programmen bewilligt werden (Stand Juli 2022).

Speichermonitoring BW 2.0

Das Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen führte die wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm durch. Das erste Forschungsvorhaben lief unter dem Namen „Speichermonitoring BW“ und das zweite unter dem Namen „Speichermonitoring 2.0“. Beide Vorhaben wurden durch das UM gefördert. Im Fokus der Forschungsaktivitäten standen die Markt- und Technologieentwicklung von PV-Speichern in Baden-Württemberg (BW) sowie die Wirkungsanalyse des Förderprogramms. Die Datenerhebung erfolgte über die verpflichtende Registrierung der geförderten Speichersysteme in einem Webportal des ISEA. In diesem wurden technologiespezifische Stammdaten

der PV-Speicher und die Motivationsgründe der Antragstellenden abgefragt. Die meisten registrierten Speicher sind Heimspeicher mit Batteriekapazitäten unterhalb von 10 kWh und mit angeschlossenen PV-Leistungen bis 10 kWp. Dennoch sind auch einige große Gewerbespeicher mit Batteriekapazitäten bis 230 kWh und PV-Leistungen bis 750 kWp registriert.

Zubau an PV-Speichern in BW steigt

Insgesamt wurden nach Analysen des ISEA im Jahr 2021 etwa 37.500 PV-Anlagen bis 30 kWp und rund 25.500 Speichersysteme in BW installiert. Damit wurden rund 70 % der neuen PV-Anlagen bis 30 kWp zusammen mit einem Speichersystem installiert. Insgesamt wuchs der Heimspeichermarkt in BW damit im Vergleich zu 2020 um etwa 35 %. In Bezug auf die absoluten Zubauzahlen von PV-Speichern lag Baden-Württemberg auf Platz drei, hinter dem langjährigen Spitzenreiter Bayern und dem bevölkerungsreicheren Nordrhein-Westfalen. Ende 2021 waren von geschätzt etwa 430.000 Heimspeichern in Deutschland rund 80.000 in BW installiert.

Das Förderprogramm hat einen positiven Markteinfluss

Innerhalb beider Förderprogramme wurden eine PV-Leistung von rund 95 MWp und eine Batteriekapazität von etwa 70 MWh zugebaut. Jede dritte antragstellende Person gab an, dass sie die Investition in eine PV-Anlage ohne das Förderprogramm nicht getätigt hätte. Bei den Speichersystemen sagten dies sogar mehr als zwei Drittel. Aus diesen Quoten kann abgeleitet werden, dass das Förderprogramm einen positiven Einfluss auf den Markt hatte. Im Programmzeitraum wurde mit etwa 17 Mio. € Förderzuschüssen ein Investitionsvolumen von insgesamt rund 217 Mio. € angestoßen. Ein Großteil des privaten Investitionsvolumens wurde dabei über den Kauf der PV-Anlagen realisiert.

Executive Summary

Batteriespeichermarkt

Die spezifischen Speicherpreise im Kernsegment einer Batteriekapazität von 5 kWh bis 10 kWh sind während des Förderprogramms von 2018 auf 2021 um über 20 % auf rund 1.000 €/kWh inklusive Mehrwertsteuer gefallen, wobei günstige Speichersysteme bereits für etwa 700 €/kWh erhältlich waren. Damit waren die Speicherpreise gegenüber denen aus der ausgelaufenen KfW-Förderung leicht erhöht. Eine mögliche Erklärung hierfür sind die höheren Förderzuschüsse in BW, die lokalen Installationsbetrieben größere Margen erlauben. Alternative Erklärungen sind eine unterschiedliche Produktzusammensetzung in den Programmen und höhere Handwerkskosten im Vergleich zum Bundesdurchschnitt.

Die Marktanteile der Speichersystemhersteller für das Jahr 2021 waren innerhalb des Förderprogramms wie folgt verteilt: Die Firma BYD führte den Markt mit etwa 36 % aller Speichersysteme deutlich an. Danach folgten SENEK (18,1 %), E3DC (9,5 %), sonnen (8,8 %) und LG Chem (7,1 %). Zusammen kamen die Top 5 Hersteller auf etwa 80 % der geförderten Speichersysteme. Generell gab es deutliche Verschiebungen der Reihenfolge über die Jahre.

Die Batteriekapazitäten betragen 2021 durchschnittlich rund 9,4 kWh bei privaten und etwa 18,8 kWh bei gewerblichen Speichersystemen. Damit lagen die Kapazitäten privater Speichersysteme in BW etwa 7 % über dem Bundesdurchschnitt.

Lithium-Ionen-Batterien wurden in fast 100 % der Speichersysteme verbaut. Alternative Speichertechnologien wie Bleisäure, Redox-Flow-Batterien oder Salzwasserspeicher hatten keine nennenswerte kommerzielle Bedeutung im PV-Speichermarkt.

Die Notstromversorgung durch Heimspeicher ist keinesfalls ein Standardprodukt. In 2021 hatten etwa 19 % der registrierten Speichersysteme die Fähigkeit, das Haus vom Stromnetz

zu trennen und vollständig mit Energie zu versorgen. Daneben haben knapp 16 % der Speicher eine gesonderte Steckdose, die auch bei Stromausfall genutzt werden kann.

PV-Markt

Die spezifischen PV-Preise betragen in 2021 durchschnittlich rund 1.180 €/kWp inklusive Mehrwertsteuer für PV-Anlagen bis zu 10 kWp. Damit sind die Preise innerhalb des Förderprogramms rund 13 % von 2018 auf 2021 gefallen. Günstige PV-Anlagen waren bereits für unter 900 €/kWp erhältlich.

Die Marktanteile der PV-Hersteller im Jahr 2021 waren stark umkämpft. Die Top 5, AXITEC (8,2 %), Hanwha Q Cells (7,7 %), Heckert Solar (6,8 %), Trina Solar (5,9 %) und IBC SOLAR (5,5 %) nahmen etwa 35 % des Markts ein. Während des Förderprogramms gab es einige Wechsel auf den Spitzenpositionen.

Die PV-Nennleistungen betragen 2021 bei privaten PV-Anlagen im Förderprogramm durchschnittlich etwa 10,7 kWp und bei gewerblichen PV-Anlagen ca. 29,1 kWp. Die mittlere private PV-Anlage bis 30 kWp im Förderprogramm war in 2021 rund 20 % größer als der Bundesdurchschnitt.

Kaufmotivation und Haushalte

Die Hauptgründe für den Speicherkauf waren 2021 der eigene Beitrag zur Energiewende (ca. 85,1 %) und die Absicherung gegen Strompreissteigerungen (ca. 77,4 %). Lediglich 12,6 % sahen ihr Speichersystem als eine sichere Geldanlage.

Die Sektorenkopplung im Eigenheim ist schon heute Realität für viele Haushalte mit PV-Speicher. Rund 37,4 % der Speicher wurden 2021 in Kombination mit einer Wärmepumpe installiert und 35,8 % der Antragstellenden haben bereits ein Elektroauto.



1 Förderung und Monitoring

1.1 Förderprogramm „Netzdienliche PV-Batteriespeicher“

1 Förderung und Monitoring

Das Förderprogramm *Netzdienliche PV-Batteriespeicher* lief in erster Periode von Februar 2018 bis Juli 2019. Die zweite Förderperiode wurde im April 2021 gestartet und wenige Wochen später aufgrund der hohen Nachfrage wieder geschlossen. Beide Förderperioden wurden vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM) aufgesetzt. Die Antragsprüfung und -abwicklung erfolgte über die L-Bank. Das Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen führte die wissenschaftliche Begleitforschung unter dem Namen *Speichermontoring BW* und *Speichermontoring BW 2.0* durch.

1.1 Förderprogramm „Netzdienliche PV-Batteriespeicher“

Die finanzielle Förderung von PV-Speichern war an Voraussetzungen geknüpft, die eine nachhaltige Entwicklung der Technologie begünstigen und einen netzdienlichen Betrieb der Anlagen sicherstellen sollten. Die Förderbedingungen können dem Dokument „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung netzdienlicher Photovoltaik-Batteriespeicher (VwV netzdienliche PV-Batteriespeicher)“ entnommen werden [1]. Im Folgenden ist eine kurze Zusammenfassung der Voraussetzungen für eine Förderung aufgelistet:

- Gefördert wurden gewerbliche und private Batteriespeicher mit einer neuen PV-Anlage. Gewerbespeicher wurden in 2018 mit 400 €/kWh bezuschusst, private Speichersysteme mit 300 €/kWh (siehe Abbildung 1.1). In 2019 wurden die Förderzuschüsse jeweils um 100 €/kWh abgesenkt. Seit 2019 waren auch landwirtschaftliche Betriebe antragsberechtigt.
- In der zuletzt geltenden Fassung der Förderrichtlinien konnten PV-Anlage und Speicher unabhängig voneinander dimensioniert werden. Der Förderzuschuss wurde je-

doch nur bis zu einem Verhältnis von 1,2 kWp/kWh gewährt. Im ersten Förderjahr war dieses Mindestinstallationsverhältnis noch verpflichtend.

- Die Einspeiseleistung ist durch einen Rundsteuerempfänger oder dauerhaft über eine starre Begrenzung auf 50 % (PV-Anlage \leq 30 kWp) bzw. 60 % (PV-Anlage $>$ 30 kWp) der installierten PV-Leistung zu reduzieren.
- Hersteller mussten eine Zeitwertersatzgarantie von mindestens 10 Jahren auf den Batteriespeicher geben.
- Im Jahr 2018 gab es einen Bonus von 250 € bei Kauf eines prognosebasierten Systems. Dieser Bonus wurde im Jahr 2019 abgeschafft und die Prognosefähigkeit des Speichersystems wurde als Fördervoraussetzung bei PV-Anlagen bis 10 kWp eingeführt.
- In 2019 und 2021 gab es einen Bonus von 500 € bei Kauf einer lastmanagementfähigen Ladestation.
- In 2019 gab es einen Bonus von 400 € bei Dimensionierung der PV-Anlage zwischen 10 kWp und 14 kWp und in 2021 einen Bonus von 2.500 €/kWp für PV-Anlagen oberhalb von 100 kWp.

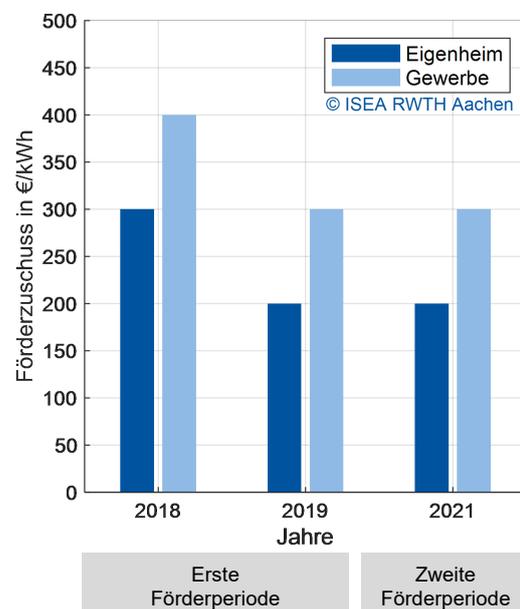


Abbildung 1.1: Förderzuschuss für Privatpersonen im Eigenheim und gewerbliche Antragstellende.

1 Förderung und Monitoring

1.2 Speichermonitoring BW

1.2 Speichermonitoring BW

Die Projekte *Speichermonitoring BW* und *Speichermonitoring BW 2.0* stellten die wissenschaftliche Begleitforschung zum Förderprogramm dar. Das erste Projekt wurde durch das Umweltministerium Baden-Württemberg von 2018 bis Ende 2020 und das zweite Projekt von Mitte 2021 bis Mitte 2022 gefördert. Beide Monitoringprogramme wurden vom Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen durchgeführt. Ziel der Programme war die Erfassung der Markt- und Technologieentwicklung von PV-Speichern in Baden-Württemberg sowie die Wirkungsanalyse des Förderprogramms. Die Erkenntnisse des Speichermonitorings werden veröffentlicht und bieten Entscheidungshilfen für Politik, Industrie, und Privatpersonen.

1.2.1 Methodik der Datenerhebung

Die Registrierung der geförderten Speichersysteme erfolgte durch die Beantwortung eines Fragebogens beim Speichermonitoring BW. Die erhobenen Daten umfassten unter anderem persönliche Angaben der Antragstellenden, Anlagenstammdaten von PV-Anlage und Batteriespeicher, sowie Informationen über Kaufmotivation und Betriebserfahrungen mit dem Speichersystem.

Die Datenerfassung erfolgte über die manuelle Eingabe der Datenblattangaben durch die Speicherbetreibenden. Etwaige Fehler bei der Eingabe konnten somit grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Die Bandbreite möglicher Fehler reichte von Rechtschreibfehlern oder falsch eingetippten Zahlenwerten über Missverständnisse bei der Interpretation des gefragten Wertes bis hin zu fehlenden Informationen oder Desinteresse der Personen bezüglich der Eingabe oder der Suche nach zutreffenden Daten. Durch zahlreiche Hilfestellungen und Hinweise innerhalb des Fragebogens und den persönlichen Kontakt zu einem Kundensupport wurde eine möglichst hohe Datenqualität schon bei Eingabe sichergestellt. Ergänzend wurden algorithmische Konsistenzbedingungen zur Filterung der Daten angewendet. Die Auswertungen basieren somit teilweise auf unterschiedlichen Anzahlen an ausgewerteten Systemen.

Der Schutz personenbezogener Daten stellte ein zentrales Thema des Speichermonitorings dar. In Zusammenarbeit mit dem UM und dem Datenschutzbeauftragten der RWTH Aachen wurde dazu ein umfassendes Datenschutzkonzept erarbeitet, das sowohl eine größtmögliche Sicherung der gesammelten Daten gewährleistete als auch eine hohe Transparenz für die Teilnehmenden umfasste. Die Datenschutzerklärung kann im Webportal eingesehen werden.

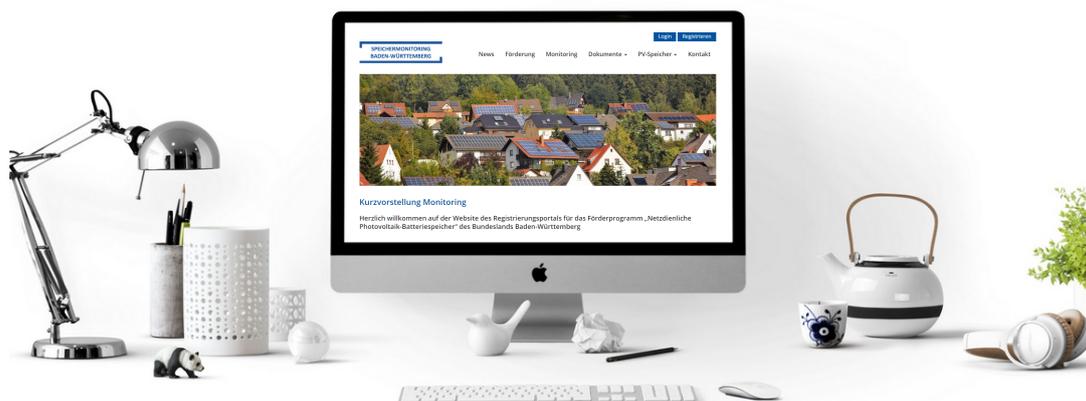


Abbildung 1.2: Das Webportal.

1 Förderung und Monitoring

1.2 Speichermonitoring BW

1.2.2 Stand der Registrierungen

Die Auswertungen umfassen rund 7.100 Datensätze

Zum Stichtag der Auswertung (Juni 2020) waren etwa 7.100 Speichersysteme beim Monitoring registriert (siehe Abbildung 1.3). Nach einer Bewilligung mussten Antragstellende innerhalb von neun Monaten alle relevanten Dokumente bei der L-Bank einreichen. Neben Unterlagen wie der Rechnung war ebenfalls eine Registrierungsbestätigung des Speichermonitorings erforderlich, die automatisch nach dem Ausfüllen des Fragebogens ausgestellt wurde. Typischerweise erfolgte die Registrierung einige Zeit nach der Installation des Speichersystems.

Die Antragstellenden sind zu etwa 94 % Privatpersonen in Eigenheimen (siehe Abbildung 1.3). Die Nachfrage aus dem privaten Sektor hat dabei die Erwartungen deutlich übertroffen: Ursprünglich waren für die gesamte Laufzeit des Programms

zunächst 1.000 bewilligte Anträge geplant. Der Gewerbespeichermarkt war im Förderprogramm deutlich geringer vertreten, da lediglich rund 6 % der Anträge von Gewerben waren. Um diesen Markt anzukurbeln und auch den Zubau der tendenziell größeren gewerblichen PV-Anlagen zu fördern, waren die Förderzuschüsse für PV-Anlagen oberhalb von 30 kWp höher als für kleinere PV-Anlagen, die hauptsächlich auf Eigenheimen installiert wurden (siehe Kapitel 1.1 und Kapitel 2.2).

Der Anteil der Registrierungen lag je nach Regierungspräsidium zwischen 31 % in Stuttgart und 21 % in Tübingen (siehe Abbildung 1.3).

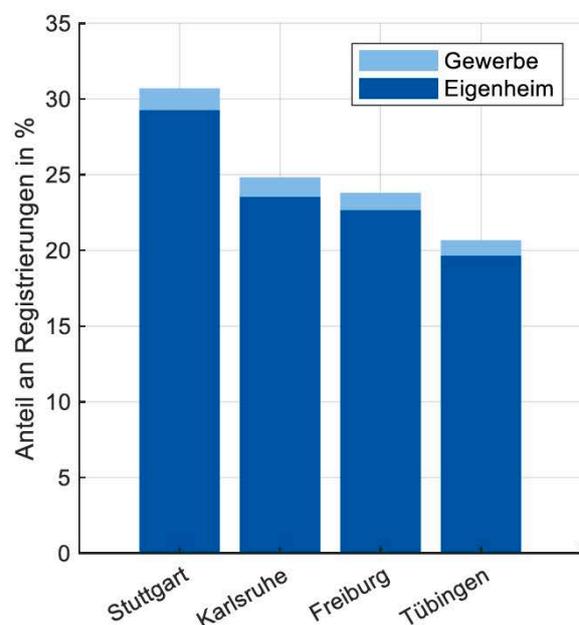
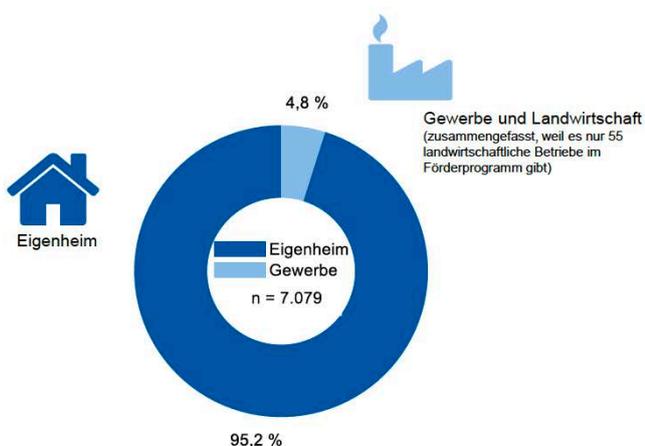


Abbildung 1.3: Anteile der Antragstellenden (links) und Förderzuschüsse nach Regierungspräsidien (rechts).



2 Marktanalyse

2.1 Batteriespeicher

2 Marktanalyse

Dieses Kapitel analysiert den Markt für PV-Batteriespeicher in Baden-Württemberg auf Basis der Registrierungen.

2.1 Batteriespeicher

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Marktentwicklung der geförderten Batteriespeicher präsentiert.

2.1.1 Batteriekapazität

Die Batteriekapazität von privaten Speichersystemen betrug im Jahr 2021 durchschnittlich 9,4 kWh

Abbildung 2.1 zeigt die Verteilung der nutzbaren Batteriekapazität der Speichersysteme (links) und die Aufteilung der Batteriekapazität in verschiedene Kapazitätsklassen (rechts). Die durchschnittlich nutzbare Batteriekapazität der privaten Speichersysteme stieg von rund 6,6 kWh im Jahr 2018 auf

etwa 9,4 kWh im Jahr 2021 an. Damit sind die Speichersysteme etwas größer als die Heimspeicher aus dem Marktstammdatenregister (ca. 8,8 kWh) [2]. Dies kann vermutlich auf die Aufweichung Mindestinstallationsverhältnis von 1,2 kWp/kWh zurückgeführt werden. Die Größe der gewerblichen Speichersysteme variiert stark: Von kleinen Heimbetrieben bis zum Busdepot von über 220 kWh ist die Vielfalt der Speicheranwendungen groß. Durch die geringe Anzahl an registrierten Gewerbespeichern können jedoch aus der Auswertung keine allgemeinen Trends für den Gewerbespeichermarkt abgeleitet werden.

Insgesamt sind rund 55 % der privaten Batteriekapazität in Form von Speichersystemen unterhalb von 10 kWh und etwas mehr als 40 % im Bereich von 10 kWh bis 30 kWh installiert worden. Der Zubau gewerblicher Batteriekapazitäten hingegen fand zu über 50 % in Form von Speichersystemen oberhalb von 30 kWh statt. Dennoch sind auch hier kleinere Speichersysteme unterhalb von 30 kWh durchaus vertreten.

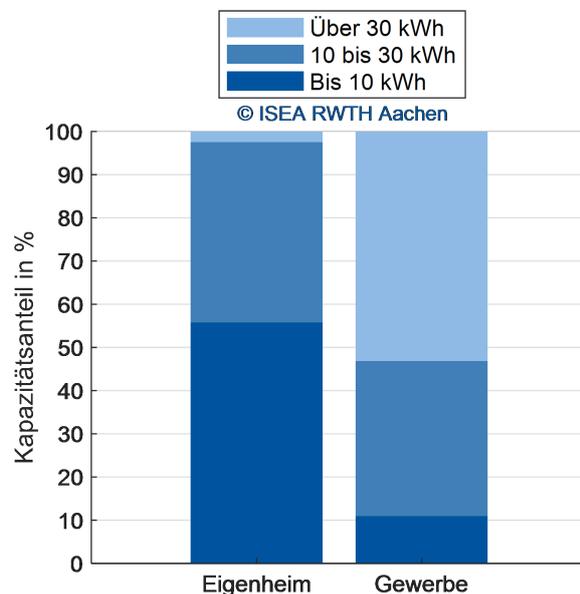
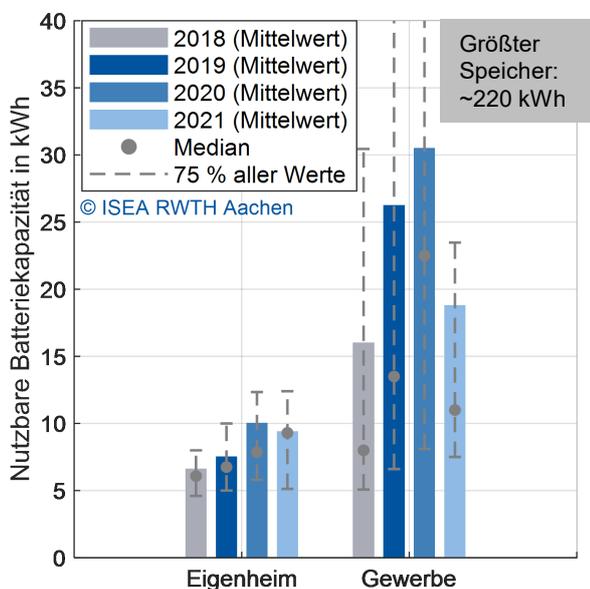


Abbildung 2.1: Verteilung der nutzbaren Batteriekapazität von PV-Speichern (links) und Kapazitätsanteil nach Kapazitätsklassen (rechts).

2 Marktanalyse

2.1 Batteriespeicher

2.1.2 Systemdesign

Der Großteil der installierten Batteriespeicher sind Lithium-Ionen-Speichersysteme

Abbildung 2.2 zeigt das Systemdesign der Speichersysteme aufgeteilt in verschiedene technische Eigenschaften.

Batterietechnologien: Analog zum bundesweiten Speichermarkt wurden in BW über die Jahre 2018 bis 2021 Lithium-Ionen-Batterien in nahezu 100 % der Speichersysteme verwendet [2]. Neben Lithium-Ionen-Speichern sind lediglich einige Blei-Säure- und auch einige Salzwasserspeicher registriert. Die Treiber für den Erfolg von Lithium-Ionen-Batterien sind die stark gefallenene spezifischen Speicherpreise, hohe Lebensdauern und die hohe Effizienz [3].

Prognosefähigkeit: In 2018 gaben etwa 65 % bzw. in 2021 49 % der Speicherbetreibenden an, prognosebasierte Speicher zu haben. Die Algorithmen zur Prognose variieren von einfachen Persistenz-Prognosen (Last heute entspricht Last vor einer Woche, Sonneneinstrahlung heute entspricht Son-

neneinstrahlung gestern) bis zur Nutzung von externen Wetterprognosen und individuellen Lastanalysen basierend auf künstlicher Intelligenz [3, 4].

Topologie: DC-gekoppelte Speichersysteme bildeten im Jahr 2021 mit etwa 59 % die Mehrheit vor AC-gekoppelten Speichersystemen (ca. 41 %), die in 2018 noch die Mehrheit der Systeme ausmachte. Generatorgekoppelte Speichersysteme waren im gesamten Förderprogramm hingegen kaum vertreten. Rein aus der Topologie können jedoch keine eindeutigen Rückschlüsse über die Systemperformance getroffen werden [3–6].

Notstrom: In den Jahren 2018 und 2021 gaben jeweils weniger als 20 % der Speicherbetreibenden an, ein Inselnetzfähiges Speichersystem (netzentkoppelte Versorgung des Haushalts) zu besitzen, während weniger als 15 % eine notstromfähige Steckdose am Speicher hatten. Beide Werte stiegen im Laufe des Förderprogramms. Eine Notstromversorgung ist in Deutschland aufgrund einer mittleren jährlichen Ausfalldauer von wenigen Minuten meistens nicht erforderlich.

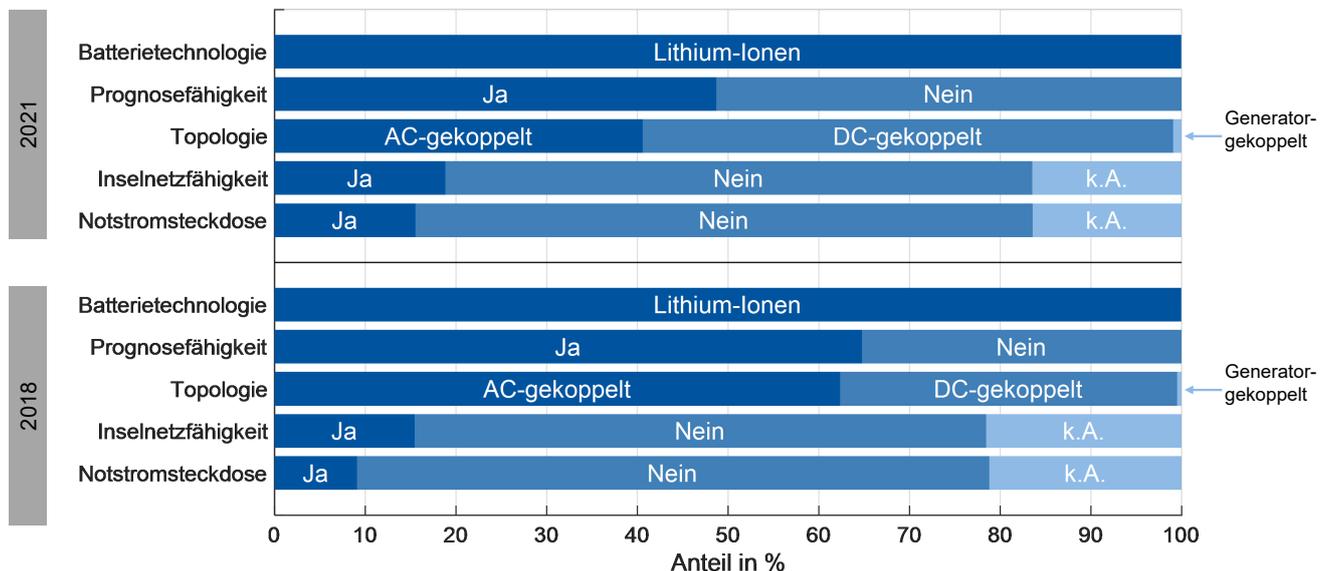


Abbildung 2.2: Systemeigenschaften der registrierten Speichersysteme.

2 Marktanalyse

2.1 Batteriespeicher

2.1.3 Speicherpreise

Die spezifischen Speichersystempreise im Förderprogramm fielen in 2021 auf etwa 1.040 €/kWh

Abbildung 2.3 zeigt die spezifischen Speichersystempreise inklusive Leistungselektronik und Mehrwertsteuer in Abhängigkeit von der nutzbaren Batteriekapazität (links) und die Gesamtausgaben pro Speichersystem (rechts). Größere Speichersysteme haben geringe spezifische Preise. Dies lässt sich insbesondere auf die nahezu identischen Fixkosten für Software, Vertrieb und Leistungselektronik in gewissen Kapazitätsbereichen zurückführen. Die Preisspannen ergeben sich durch unterschiedliche Produkteigenschaften wie bspw. die Inselnetzfähigkeit, abweichende Vertriebsstrukturen sowie individuelle Preisstrategien der Hersteller.

Die spezifischen Preise für mittlere Speicher zwischen 5 kWh und 10 kWh sind von 2018 bis 2021 von 1.330 €/kWh auf 1.040 €/kWh um 22 % gefallen. Günstige Speichersysteme

waren bereits für unter 800 €/kWh inkl. Mehrwertsteuer erhältlich.

Die Ausgaben pro Speichersystem der Eigenheime blieben nahezu konstant bei etwas unterhalb von 9.000 €, während die Ausgaben der Gewerbe aufgrund der großen Spannweite der Batteriekapazität während der Programmlaufzeit im Mittel zwischen etwa 16.000 € und 46.000 € lagen. Durch die geringe Anzahl an registrierten Gewerbespeichern können jedoch aus der Auswertung keine allgemeinen Trends für den Gewerbespeichermarkt abgeleitet werden.

Bei den Eigenheimen glichen sich auf diese Weise die fallenden Preise ziemlich genau mit den steigenden Batteriekapazitäten aus. Dabei liegt die Zahlungsbereitschaft der Kundschaft offensichtlich bei rund 9.000 € pro Speichersystem.

Verglichen mit den Daten des KfW-Förderprogramms war der Durchschnitt der spezifischen Speicherpreise wegen der höheren Förderung oder einem generell höherem Preisniveau in BW gegenüber dem Bundesdurchschnitt leicht erhöht [2].

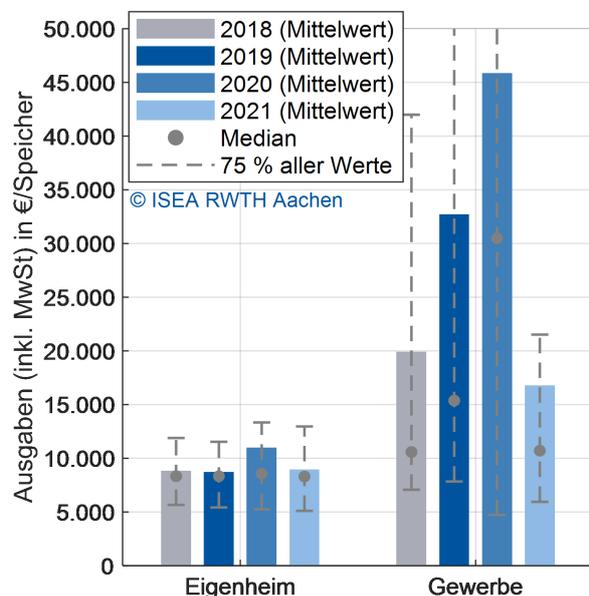
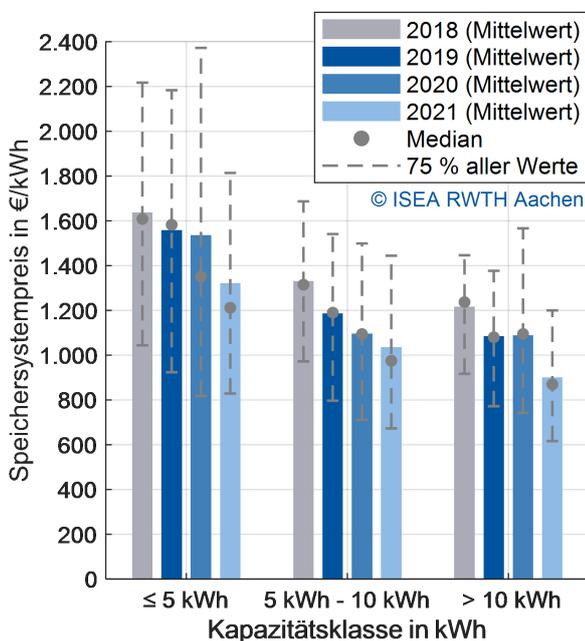


Abbildung 2.3: Normierte Endkundensystempreise von Lithium-Ionen-Speichersystemen in Abhängigkeit von der nutzbaren Batteriekapazität (links) und durchschnittliche Ausgaben der Antragstellenden pro Speichersystem (rechts).

2 Marktanalyse

2.1 Batteriespeicher

2.1.4 Marktanteile der Speicherhersteller

Im Jahr 2021 belegte BYD den ersten Platz unter den geförderten Speichersystemen

Abbildung 2.4 zeigt die Marktanteile der Speichersystemhersteller im Förderprogramm für die Jahre 2018 und 2021. Die Marktanteile beziehen sich ausschließlich auf die beim Monitoring registrierten Speichersysteme und müssen nicht den Marktanteilen der Hersteller im Gesamtmarkt entsprechen.

In 2021 belegte BYD mit einem stark gestiegenen Anteil von 36 % aller Speichersysteme den ersten Platz, gefolgt von SENEK, dessen Anteil in 2021 auf 18,1 % angestiegen ist. Danach folgten die Speichersystemhersteller E3/DC (9,5 %), sonnen (8,8 %) und LG Chem (7,1 %). Zusammen kamen die Top 5 Hersteller auf rund 80 % der geförderten Speichersysteme.

Das starke Wachstum von BYD und SENEK bedingte vor allem einen deutlichen Rückgang bei den Anteilen der Firmen sonnen und LG Chem.

Zudem zeigt sich, dass die Anteile aller sonstigen Hersteller von 2018 (16,3 %) bis 2021 (9,2 %) zurückgegangen sind. Dies spricht für eine Etablierung einiger größerer Hersteller innerhalb des Förderprogramms.

Verglichen mit Auswertungen von Marktforschungsinstituten zum Gesamtmarkt zeigen sich teilweise Übereinstimmungen, auch wenn die Marktanteile voneinander abweichen und lokale Gegebenheiten in Baden-Württemberg widerspiegeln.

Ein guter technischer Vergleich von verschiedenen Speicherprodukten kann ich der Stromspeicher-Inspektion der HTW Berlin gefunden werden [7].

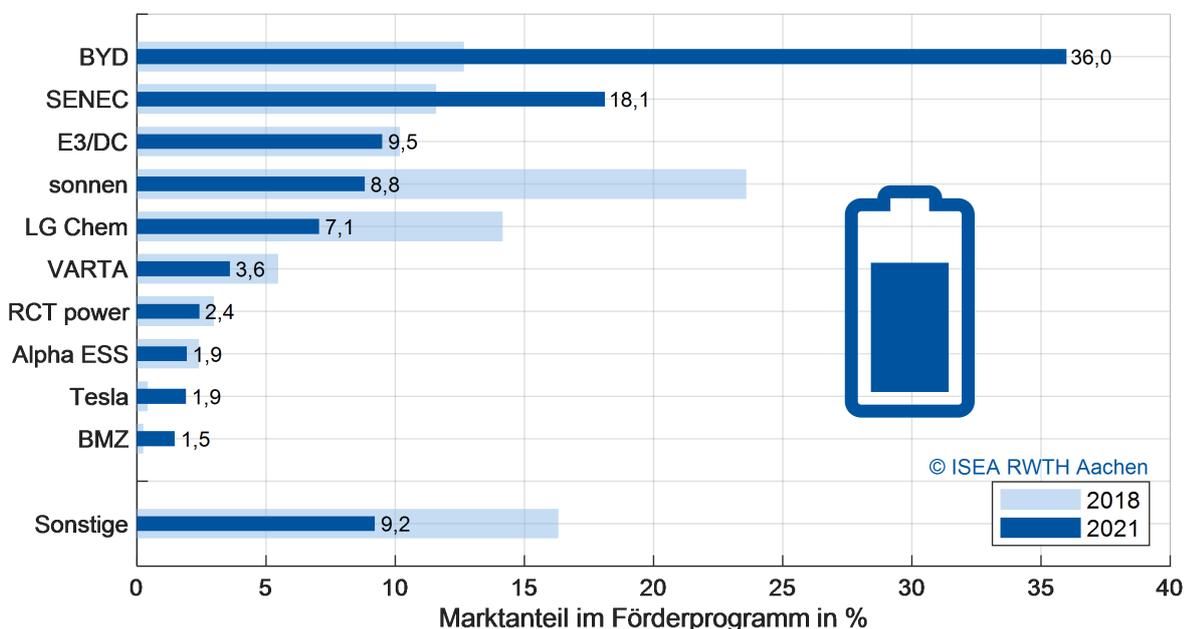


Abbildung 2.4: Marktanteile der Speichersystemhersteller im Förderprogramm.

2 Marktanalyse

2.2 PV-Anlagen

2.2 PV-Anlagen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Marktentwicklung der geförderten PV-Anlagen präsentiert.

2.2.1 PV-Anlagengrößen

Die durchschnittliche Nennleistung privater PV-Anlagen lag 2021 oberhalb von 10 kWp

Abbildung 2.5 zeigt die Verteilungen der registrierten privaten und gewerblichen PV-Nennleistungen (links) und den Leistungsanteil in den jeweiligen Anlagenklassen (rechts).

Die privaten PV-Anlagen waren im Jahr 2021 mit einer gestiegenen Leistung von durchschnittlich 10,7 kWp deutlich kleiner als die gewerblichen PV-Anlagen, deren durchschnittliche Leistung im Förderprogramm zwischen 25 kWp und 80 kWp lag. Die größte PV-Anlage betrug dabei 750 kWp. Durch die

geringe Anzahl an registrierten Gewerbeanlagen können jedoch aus der Auswertung keine allgemeinen Trends für den gewerblichen PV-Markt abgeleitet werden.

Im Vergleich zu den bei der BNetzA gemeldeten PV-Anlagen waren die PV-Anlagen bis 10 kWp des Förderprogramms in 2021 im Mittel um ca. 20 % größer. Diese Auffälligkeit ist auf das programmspezifische Mindestinstallationsverhältnis von 1,2 kWp/kWh und die Abschaffung der anteiligen EEG-Umlage auf den Eigenverbrauch für PV-Anlagen bis 30 kWp zurückzuführen.

Insgesamt lag schon 37 % des gesamten privaten PV-Zubaus in der Leistungsklasse von 10 kWp bis 30 kWp, während der Großteil (61 %) unter 10 kWp ist. Bei den gewerblichen PV-Anlagen lag rund 70 % der PV-Leistung oberhalb von 30 kWp.

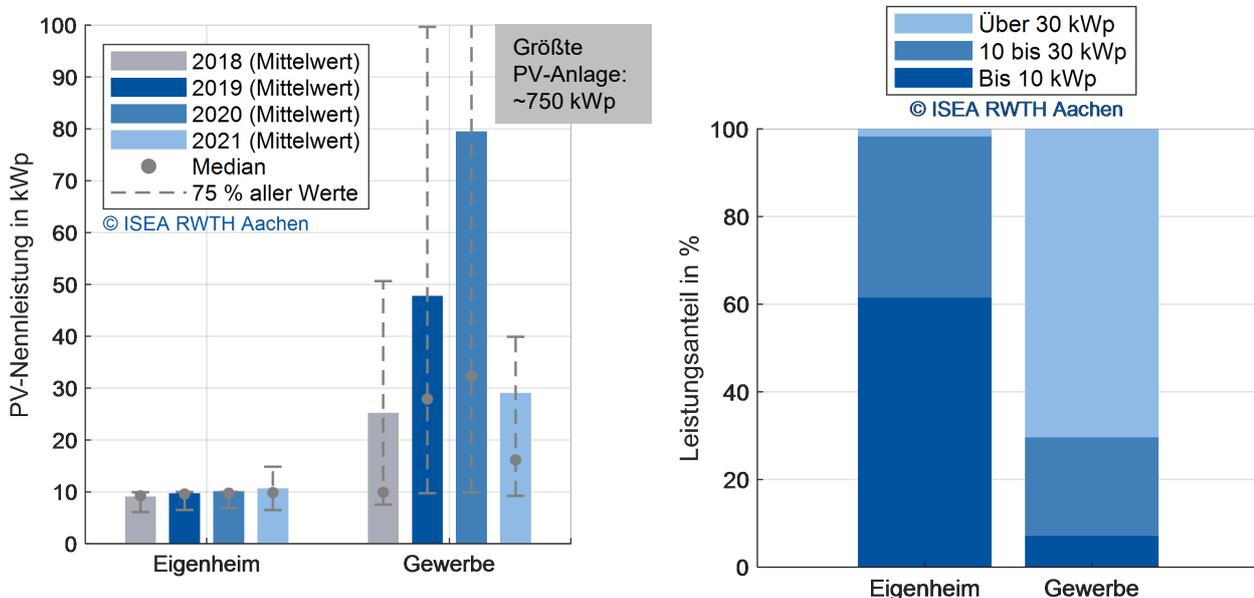


Abbildung 2.5: Verteilung der PV-Nennleistungen der beim Speichermonitoring registrierten PV-Anlagen (links) und Leistungsanteil nach Anlagengröße (rechts).

2 Marktanalyse

2.2 PV-Anlagen

2.2.2 Ausrichtung der PV-Anlagen

Die PV-Anlagen wurden überwiegend nach Süden oder Ost-West ausgerichtet

Abbildung 2.6 zeigt die Hauptausrichtungen der registrierten PV-Anlagen (links) und den Neigungswinkel der Module gegenüber dem Horizont (rechts).

Etwa 38 % der privaten PV-Anlagen wurden nach Süden ausgerichtet. Bei Erweiterung der Haupthimmelsrichtung Süden um die Nebenhimmelsrichtungen Südost und Südwest verdoppelt sich dieser Anteil auf ca. 70 %. Die Ausrichtung einer PV-Anlage nach Süden ist dadurch motiviert, dass die Erträge der PV-Anlagen hier am höchsten sind. Während der Durchschnitt bei rund 915 kWh/kWp liegt, können bei einer Südausrichtung in Deutschland je nach Winkel und Standort bis zu etwa 1.100 kWh/kWp im Jahr erzeugt werden [4]. Bei Südost- und Südwest-Ausrichtungen vermindert sich die erzeugte Energie um wenige Prozentpunkte. Eine stärkere Reduktion

der Energie um etwa 20 % ergibt sich bei der Ost-West-Ausrichtung, die bei Eigenheimen mit etwa 23 % die zweithäufigste und bei Gewerben mit über 33 % die häufigste Ausrichtung war. Bei dieser Ausrichtung werden die solaren Erzeugungen insbesondere bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang im Vergleich zur Südausrichtung erhöht und in den Mittagsstunden vermindert. Decken sich morgens und abends Erzeugung und Haushaltslast besser als zur Mittagszeit, kann der Direktverbrauch durch diese Ausrichtung gesteigert werden. Darüber hinaus waren Ost-West-Anlagen insbesondere bei Gewerbebetrieben beliebt, da sie einen geringeren Neigungswinkel von unter 20° aufweisen und somit eine geringere Windlast darstellen (siehe Abbildung 2.6 rechts). Dies kann die Installation auf Flachdächern erleichtern. Der ideale Neigungswinkel in Deutschland liegt für eine nach Süden ausgerichtete PV-Anlage bei etwa 30° bis 35°. Dieser theoretische Wert deckte sich weitestgehend mit den angegebenen Werten. Die breite Spanne der Winkel ergibt sich dabei durch verschiedene Dachneigungen.

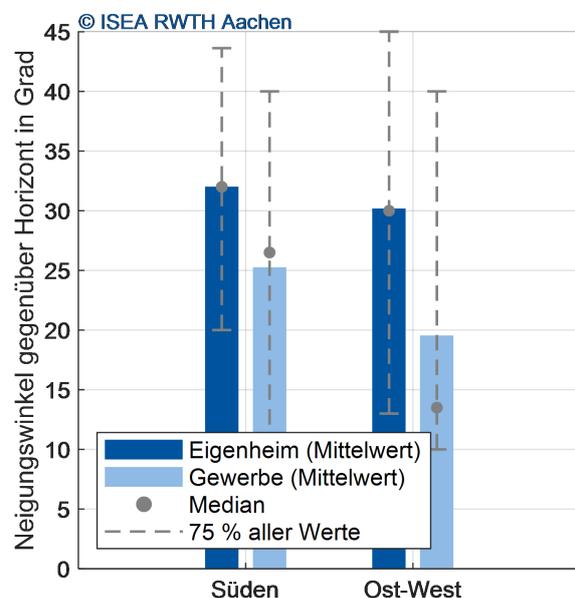
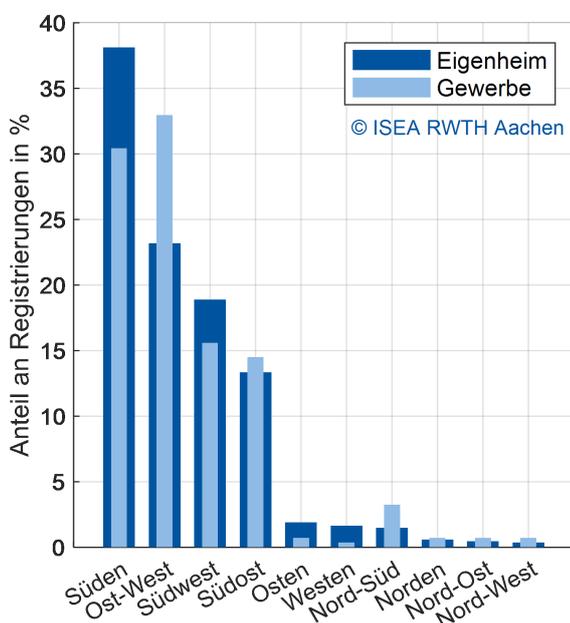


Abbildung 2.6: Ausrichtung der beim Speichermonitoring registrierten PV-Anlagen (links) und Neigungswinkel (rechts).

2 Marktanalyse

2.2 PV-Anlagen

2.2.3 PV-Preise

Die Preise von privaten PV-Anlagen inklusive Mehrwertsteuer lagen 2021 bei rund 1.180 €/kWp

Abbildung 2.7 zeigt die normierten PV-Anlagenpreise inklusive Mehrwertsteuer in Abhängigkeit von der PV-Nennleistung (links) und die absoluten Ausgaben pro PV-Anlage (rechts). Dabei umfassen die Preise die PV-Module und bei AC-gekoppelten Speichersystemen ebenfalls den PV-Wechselrichter. Bei DC-gekoppelten Speichersystemen wird die PV-Anlage direkt an den DC-Zwischenkreis des Speichersystems angeschlossen, weshalb die PV-Anlagen keinen eigenen Wechselrichter benötigen. Die Installationspreise sind in Abbildung 2.7 nicht berücksichtigt und betragen bei den registrierten Anlagen durchschnittlich etwa 200 €/kWp bis 250 €/kWp. Während die Installation einer PV-Anlage durchschnittlich etwa zwei Tage dauert, kann ein Speichersystem oftmals in wenigen Stunden installiert werden.

Die mittleren Preise sanken im Förderprogramm von etwa 1.360 €/kWp (Jahr 2018) für Anlagen unter 10 kWp bis auf rund 1.180 €/kWp (Jahr 2021). Dies entspricht einer Preiserminderung von 13 %. Günstige PV-Anlagen waren schon für weniger als 1.000 €/kWp zu erhalten. Dennoch zeigte das Jahr 2021 ein höheres Preisniveau als das Jahr 2020.

Insgesamt wurden pro privater PV-Anlage im Jahr 2021 mit durchschnittlich rund 12.300 € etwas weniger als im Jahr 2018 ausgegeben, während die Ausgaben der gewerblichen Anlagen durch die große Spanne der PV-Leistungen im Mittel zwischen 28.000 € und 87.000 € lagen (siehe Abbildung 2.7 rechts). Durch die geringe Anzahl an registrierten Gewerbeanlagen können jedoch aus der Auswertung keine allgemeinen Trends für den gewerblichen PV-Markt abgeleitet werden. Das Investitionsvolumen nahm für die PV-Anlage sowohl bei den privaten als auch bei den gewerblichen PV-Speichern rund 60 % der Gesamtausgaben für PV-Anlage und Speicher ein.

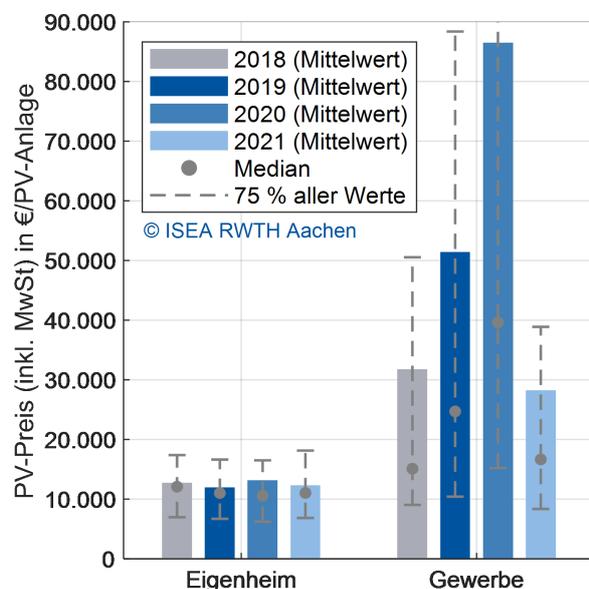
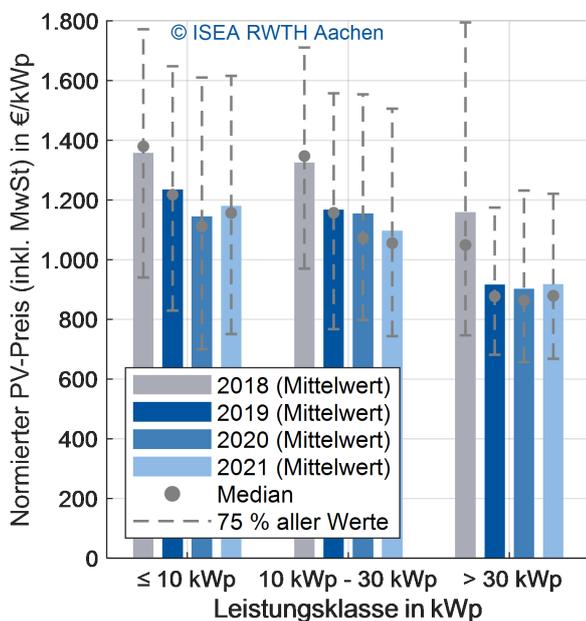


Abbildung 2.7: Normierte PV-Anlagenpreise in Abhängigkeit von der PV-Anlagengröße (links) und durchschnittliche Ausgaben der Antragstellenden (rechts).

2 Marktanalyse

2.2 PV-Anlagen

2.2.4 Marktanteile der PV-Hersteller

Keine klare Marktführerschaft bei kleinen PV-Anlagen

Abbildung 2.8 zeigt die Top 10 Marktanteile der Hersteller von PV-Modulen innerhalb des Förderprogramms. Die Marktanteile beziehen sich ausschließlich auf die beim Monitoring registrierten PV-Anlagen und müssen nicht den Marktanteilen der Hersteller im Gesamtmarkt entsprechen. Zu beachten ist, dass die Auswertung auf den Eingaben der Antragstellenden beruht und Firmen beinhaltet, die zwar PV-Module im eigenen Namen vertreiben, diese aber nicht selbst produzieren.

Innerhalb des Förderprogramms gab es bei den PV-Anlagen keinen klaren Marktführer. Mit Marktanteilen von jeweils zwischen 5,5 % und 8,2 % lieferten die ersten fünf Hersteller etwa 34 % der geförderten PV-Anlagen in 2021. Marktführer im Förderprogramm im Jahr 2021 war AXITEC mit 8,2 %, gefolgt von Hanwha Q Cells (7,7 %), Heckert Solar (6,8 %), Trina Solar (5,9 %) und IBC SOLAR (5,5 %). Während

AXITEC und Trina Solar im Vergleich zu 2018 deutlich zugelegt an Marktanteilen gewonnen haben, verloren insbesondere IBC Solar und Heckert Solar Anteile.

Etwa 31,5 % des Markts wurden von vielen PV-Herstellern mit kleinen Marktanteilen bedient, die unter „Sonstige“ zusammengefasst sind. Die gegenüber 2018 deutlich gestiegene Anzahl der Hersteller mit geringen Marktanteilen zeigt, dass es ein großes Angebot von verschiedenen PV-Modulen auf dem Markt gibt.

Zu beachten ist, dass PV-Anlagen weitestgehend unabhängig von der Wahl des Speichersystems sind und die Installationsbetriebe PV-Module und Speichersysteme fast beliebig miteinander kombinieren können. Wegen der hohen Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten von Modulen, Wechselrichtern und Batteriespeichern, bieten viele Installationsbetriebe ein Komplettsystem an, bei dem die Komponenten bereits aufeinander abgestimmt sind.

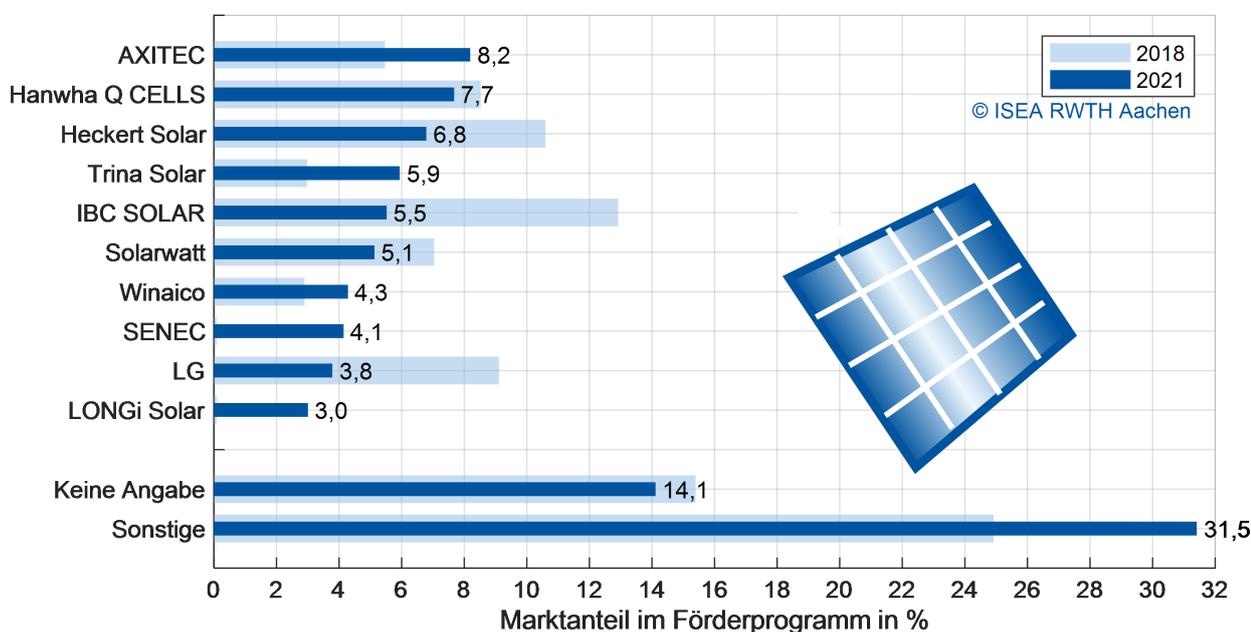


Abbildung 2.8: Marktanteile der PV-Hersteller im Förderprogramm.

2 Marktanalyse

2.3 Antragstellende

2.3 Antragstellende

Dieses Kapitel stellt Informationen über die Antragstellenden, ihre Kaufmotivation sowie ihre wirtschaftlichen Erwartungshaltungen und Käuferfahrungen vor.

2.3.1 Eigenheime und Gewerbe

Die Antragstellenden sind überwiegend Familien im Eigenheim und Kleingewerbe mit wenigen Angestellten

Die Antragstellenden sind Privatpersonen und Gewerbe. Bei den Eigenheimen wurde die Bewohneranzahl des Hauses und bei den Gewerben die Mitarbeiterzahl des Unternehmens erhoben. Abbildung 2.9 stellt diese beiden Größen (links) und die jeweiligen Stromverbräuche (rechts) dar.

In den Eigenheimen lebten während des Förderprogramms im Schnitt rund drei bis vier Personen. Dies lässt darauf schließen, dass sich insbesondere Familien für ein Speichersystem entschieden haben. Die Gewerbe sind überwiegend

Kleinbetriebe mit eher wenigen Mitarbeitern (siehe Median in Abbildung 2.9 links). Der Durchschnitt wurde dabei von einigen sehr großen Gewerben mit bis zu einigen 100 Mitarbeitern deutlich erhöht.

Die durchschnittlichen jährlichen Stromverbräuche der Eigenheime lagen im Förderprogramm bei rund 6.000 kWh/a. Dieser Durchschnitt deckt sich in etwa mit den Analysen der KfW-geförderten Speicherbetreibenden [3] und wird im „Stromspiegel für Deutschland“ als hoch eingestuft [8]. Die verhältnismäßig hohen Stromverbräuche sind vermutlich auf große elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge zurückzuführen (siehe auch Abbildung 2.11). Die gewerblichen jährlichen Stromverbräuche zeigten analog zur Mitarbeiteranzahl große Wertebereiche. Die Mittelwerte lagen zwischen 15.000 kWh/a und 30.000 kWh/a.

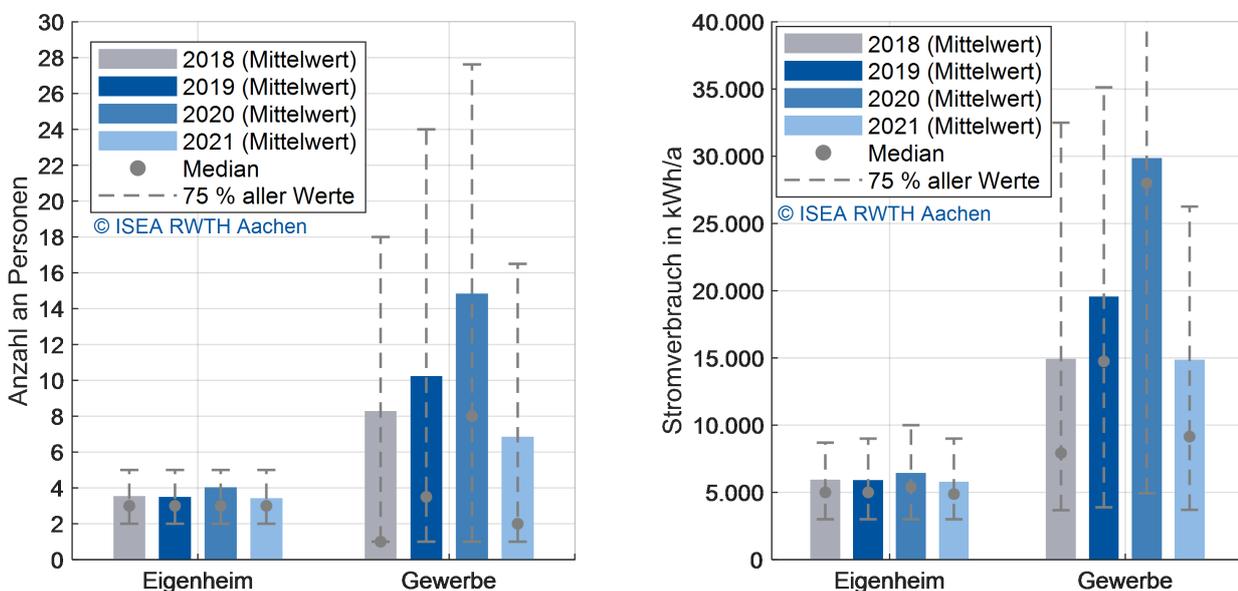


Abbildung 2.9: Anzahl an Personen im Antragsobjekt (links) und jährlicher Stromverbrauch der Antragstellenden (rechts).

2 Marktanalyse

2.3 Antragstellende

2.3.2 Motive für den Kauf eines PV-Speichers

Der Beitrag zur Energiewende und die Absicherung gegen steigende Strompreise waren ausschlaggebend

In Abbildung 2.10 ist die Häufigkeit der Motivationsgründe der befragten Speicherbetreibenden dargestellt. Neben Auswahlmöglichkeiten mit Mehrfachnennung konnte die Eingabe ebenfalls über ein Freitextfeld erfolgen.

Die Umfrageergebnisse unterscheiden sich zwischen etwas Eigenheimen und Gewerben: Als Hauptgrund wurde in 2021 von rund 85 % der befragten Privatpersonen der eigene Beitrag zur Energiewende genannt, wobei dieser Wert bei Gewerben im Jahr 2021 75 % betrug. Auf Platz 2 folgte bei den Privatpersonen die Absicherung gegen steigende Strompreise mit etwa 77 %, die bei den Gewerben mit 79 % auf Platz 1 lag. Diese Hauptmotivationsgründe decken sich mit denen aus dem Monitoring zur KfW-Förderung [3]. Lediglich unter 15 % der Befragten sahen den Speicher als Geldanlage.

Auf Platz 3 befindet sich mit jeweils über 40 % das Bestreben, den eigenen Strom zu verbrauchen. Interessanterweise ging es dabei etwas weniger um die Unabhängigkeit von großen Energieversorgern, sondern tatsächlich um selbsterzeugte Sonnenenergie und das damit verbundene Gefühl von Autarkie. Das angegebene Technologieinteresse war gegenüber den Monitoringergebnissen zur KfW-Förderung erheblich verringert. Eine mögliche Begründung kann in den unterschiedlich hohen Zuschüssen der beiden Programme gefunden werden: Die deutlich höheren Zahlungen aus dem Förderprogramm in BW motivierten auch weniger technologiebegeisterte Personen zu einem Antrag. Der Grund *Förderung* wurde sogar von einigen Personen explizit im Freitextfeld genannt. Zudem erreichte der Markt auch immer weitere Bevölkerungsschichten und die Technologiepionier:innen waren nicht mehr die einzige tragende Kundschaft.

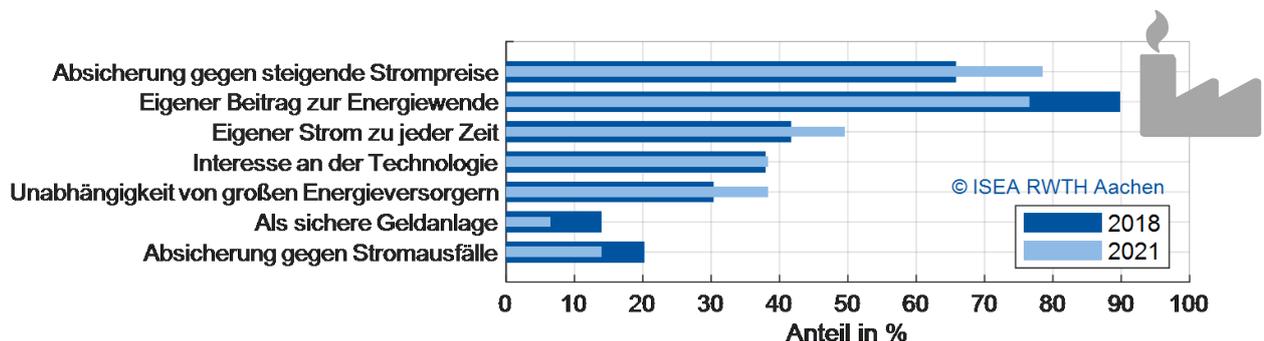
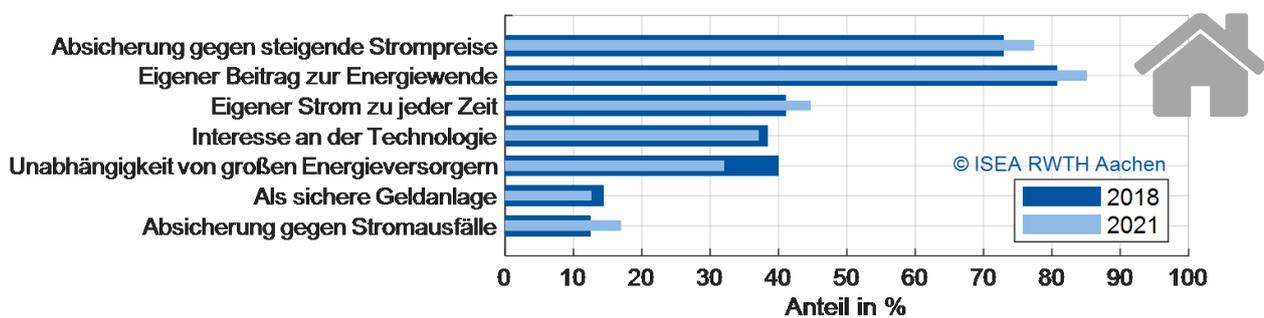


Abbildung 2.10: Motivationsgründe für den Kauf geförderter PV-Speicher.

2 Marktanalyse

2.3 Antragstellende

2.3.3 Elektrische Verbraucher und Elektromobilität

Speicherbetreibende leben schon heute die Sektorenkopplung im Eigenheim

Abbildung 2.11 zeigt die Häufigkeit großer elektrischer Verbraucher in Eigenheimen (links) sowie Gewerben (rechts).

Fast 40 % der Haushalte und rund 25 % der Gewerbe mit Speicher hatte 2021 ebenfalls eine Wärmepumpe und verband die Sektoren Strom und Wärme. Dabei ist dieser Anteil für Haushalte im Laufe des Förderprogramms gestiegen.

Bei den Elektroautos haben die Gewerbe mit einem starken Anstieg von 18 % in 2018 auf 46 % in 2021 deutlich zugelegt. Auch im privaten Bereich haben sich die Anteile von 8 % in 2018 auf 36 % in 2021 stark erhöht. Gegenüber dem Bundesdurchschnitt sind diese Anteile um ein Vielfaches höher und unterstreichen die genannten ideellen Motivationsgründe der

Kundschaft. Damit verbinden Speicherbetreibende neben dem Sektor Wärme auch die Mobilität mit der Elektrizität und treiben die Sektorenkopplung auf lokaler Ebene voran.

Die Angaben zur Elektromobilität geben einen Einblick in die Interessen der Speicherbetreibenden. In 2021 war der Kauf eines Elektroautos für lediglich 9 % keine Option und 33 % befinden sich bereits in konkreter Kaufplanung. Des Weiteren existierten gegenseitige Zügeffekte bei den verschiedenen Komponenten, da einige Speicherbetreibende als Kaufmotivation für den PV-Speicher angaben, das vorhandene Elektroauto mit eigenem Sonnenstrom laden zu wollen. Durch die Sektorenkopplung im Eigenheim lassen sich ebenfalls die erhöhten durchschnittlichen Stromverbräuche der Antragstellenden (siehe Abbildung 2.9) sowie die dadurch bedingte Motivation der Absicherung gegen steigende Stromkosten erklären (siehe Abbildung 2.10).

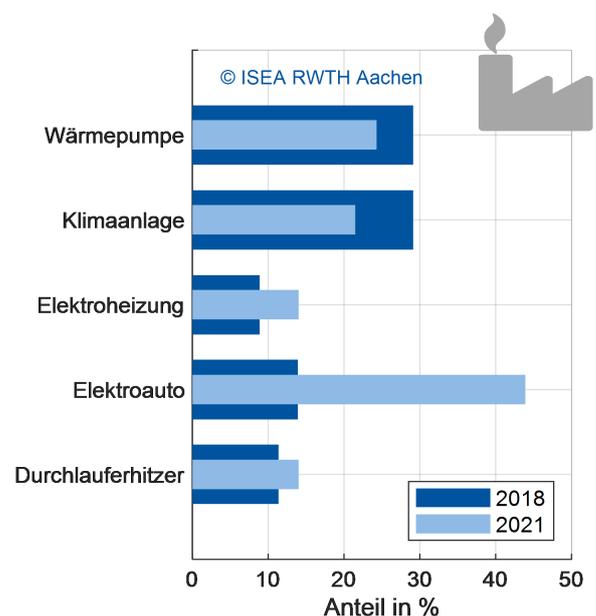
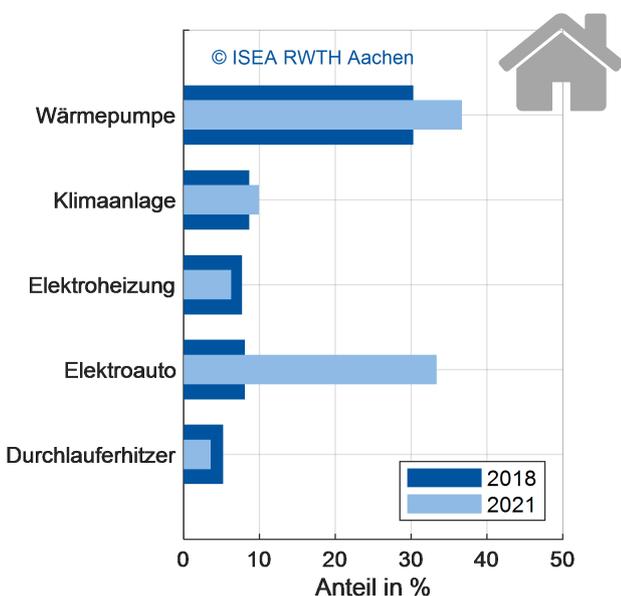


Abbildung 2.11: Elektrische Verbraucher in Eigenheimen (links) und Gewerben (rechts).

2 Marktanalyse

2.3 Antragstellende

2.3.4 Erwartungen und Erfahrungen

Speicherbetreibende sind überwiegend zufrieden mit dem Kauf eines PV-Speichers

Abbildung 2.12 zeigt die Renditeerwartung (links) und die gemachten Erfahrungen der befragten Kundschaft mit der Beschaffung und der ersten Betriebszeit des Speichers (rechts).

Ein Anteil von ca. 57 % der Kundschaft erwartete positive Renditen für den Betrieb des PV-Speichers. Die ideale Motivation einiger Speicherbetreibenden wurde dagegen bei 39 % der Personen deutlich, die sich in Erwartung einer renditelosen Investition trotzdem für einen PV-Speicher entschieden haben. Vier Prozent der Befragten gaben sogar an, Verluste zu erwarten. Die gezeigte Auswertung trifft keine Aussagen über die tatsächliche Wirtschaftlichkeit eines PV-Speichersystems. Diese kann unter Zuhilfenahme unabhängiger Speicherrechner wie beispielsweise dem des ISEA [9]

oder dem des Ökoinstituts [10] am konkreten Beispiel abgeschätzt werden. Generell kann aus Untersuchungen des ISEA abgeleitet werden, dass die meisten PV-Anlagen ohne Speicher höhere Renditen als mit Speicher haben. Nichtsdestotrotz befinden sich auch die Renditen der Gesamtsysteme für marktübliche Konfigurationen in positiven Bereichen.

Rund 83 % der Befragten gaben an, überwiegend positive Erfahrungen mit der Speichersystembeschaffung (Kauf, Installation und erste Betriebszeit) gemacht zu haben. Lediglich zwei Prozent gaben an, überwiegend negative Erfahrungen gemacht zu haben und rund 15 % nannten positive und negative Erfahrungen. Insgesamt war die Kundschaft von Speichersystemen also überwiegend zufrieden mit dem Kauf und der ersten Betriebszeit.

Die gezeigten Ergebnisse decken sich weitestgehend mit den Angaben von KfW-geförderten Speicherbetreibenden und weisen keine landesspezifischen Besonderheiten auf.

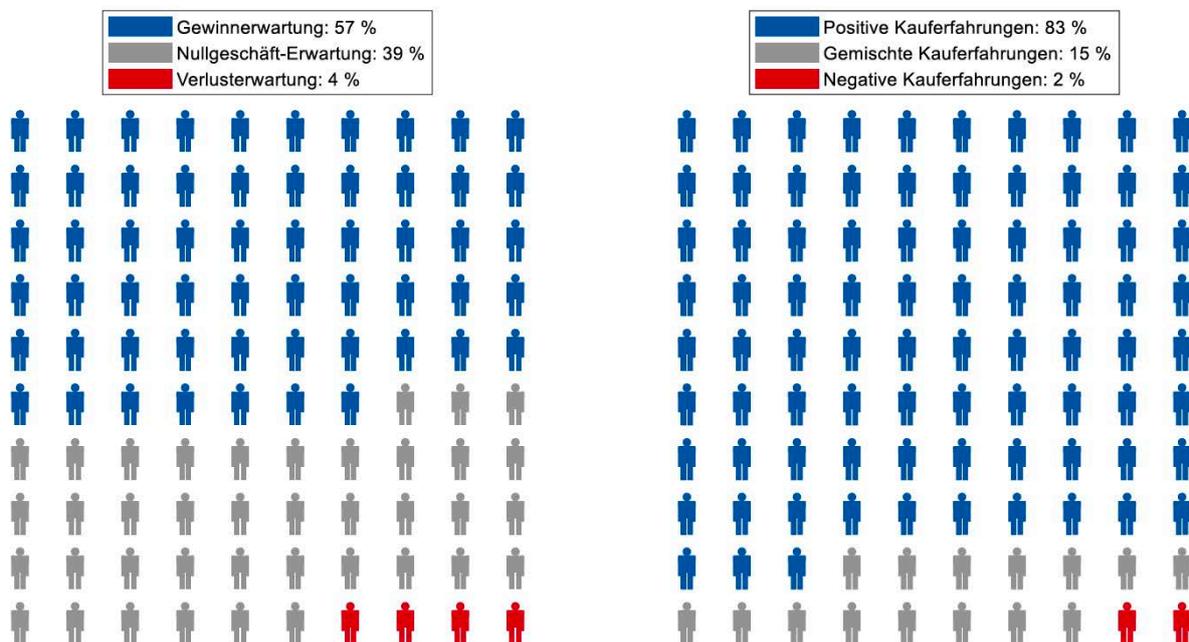


Abbildung 2.12: Wirtschaftliche Erwartungen (links) und Käufererfahrungen (rechts) der Speicherbetreibenden.





3 Wirkungsanalyse

3.1 Förderprogramm als Anreiz

3 Wirkungsanalyse

Dieses Kapitel stellt die Wirkungsanalyse des Förderprogramms in Bezug auf den Heimspeichermarkt in Baden-Württemberg vor.

3.1 Förderprogramm als Anreiz

Das Förderprogramm hatte einen positiven Einfluss auf die Marktentwicklung

Abbildung 3.1 zeigt den Einfluss des Förderprogramms auf die Kaufentscheidung der Kundschaft geförderter Speichersysteme. Dabei ist der Einfluss des Förderprogramms unterteilt in die jeweiligen Einzelkaufentscheidungen für PV-Anlage (links) und Speichersystem (rechts).

Nach eigenen Angaben hätten mindestens 32 % der Speicherbetreibenden ohne das Förderprogramm keine PV-Anlage gekauft. Bei den Heimspeichern waren dies sogar 68 %.

Die Wirkung von Förderprogrammen wird teilweise in Frage gestellt. Dabei werden Vorzieheffekte beschrieben, die die Verlagerung des Kaufs in Perioden mit Förderung verschieben und damit Volatilität in den Markt bringen. Diese Effekte sind tatsächlich insbesondere vor der Absenkung von Fördersätzen zu beobachten [3, 4]. Nichtsdestotrotz verdeutlichen die Ergebnisse aus Abbildung 3.1, dass das Förderprogramm einen positiven Einfluss auf den Speichermarkt in BW ausgeübt hat: Dem Speicherförderprogramm konnten nach Angaben der Antragstellenden mehr als zwei Drittel der innerhalb der Förderung verkaufte Speicher zugeordnet werden. Hinzu kamen Zugeffekte des Speicherförderprogramms auf die Kaufentscheidungen von mindestens jeder dritten geförderten PV-Anlage. Damit hatte das Förderprogramm einen messbar positiven Einfluss auf die Marktentwicklung und führte zu erhöhten Installationszahlen von PV-Anlagen und Speichersystemen.

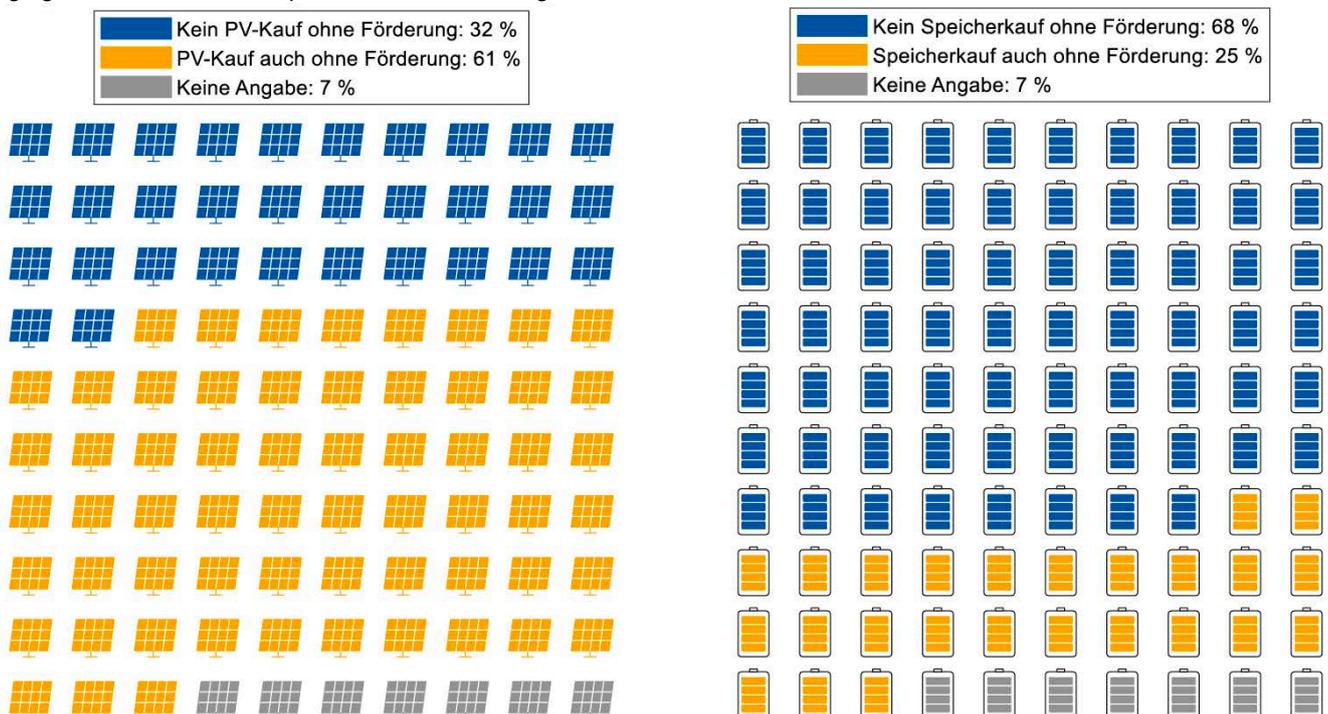


Abbildung 3.1: Quantifizierung des Förderprogrammeinflusses auf den PV-Kauf (links) und auf den Speicherkauf (rechts).

3 Wirkungsanalyse

3.2 Zubau PV-Speicher

3.2 Zubau PV-Speicher

Das Förderprogramm unterstützte den PV- und Speicherzubau

Abbildung 3.2 zeigt die Installationen an PV-Dachanlagen und Batteriespeichersystemen in Baden-Württemberg in den Jahren 2018 bis 2021. Der Gesamtmarkt wird dabei in geförderte und nicht geförderte PV-Anlagen und Speichersysteme aufgeteilt. Die Darstellung beschränkt sich ausschließlich auf PV-Anlagen mit einer Leistung bis zu 30 kWp, da lediglich wenige Prozent aller im Förderprogramm registrieren PV-Anlagen größere Leistungen aufwiesen.

Mit rund 37.500 PV-Anlagen bis 30 kWp, die bei der Bundesnetzagentur gemeldet wurden, war im Jahr 2021 erneut ein starker Anstieg des Zubaus in BW erkennbar [11]. Dies gilt auch für die nach Schätzungen des ISEA im Jahr 2021 etwa 25.500 neu installierten Heimspeicher (siehe Abbildung 3.2).

Das Förderprogramm richtete sich ausschließlich an die Neuinstallation von PV-Anlagen und Speichersystemen, deren Anzahl im Jahr 2021 rund 3.900 geförderte Anlagen betrug. Dies entsprach einer Quote von ca. 10 % an geförderten PV-Anlagen und etwa 15 % an geförderten Heimspeichern in BW, im Gegensatz zu den höheren Quoten von 22 % der PV-Anlagen sowie 37 % der Batteriespeicher im Jahr 2018. Ende 2021 waren von etwa 430.000 Heimspeichern in Deutschland rund 80.000 in BW installiert.

Insgesamt wurden im Förderprogramm eine PV-Leistung von rund 95 MWp und eine Batteriekapazität von etwa 70 MWh zugebaut. Davon entfielen etwa 76 MWp und rund 61 MWh auf Anträge mit PV-Leistungen unterhalb von 30 kWp (siehe Abbildung 3.2, dunkelblaue Balken). Im Jahr 2021 entsprach dies 12 % der PV-Leistung und 16 % der Batteriekapazität in diesem Segment.

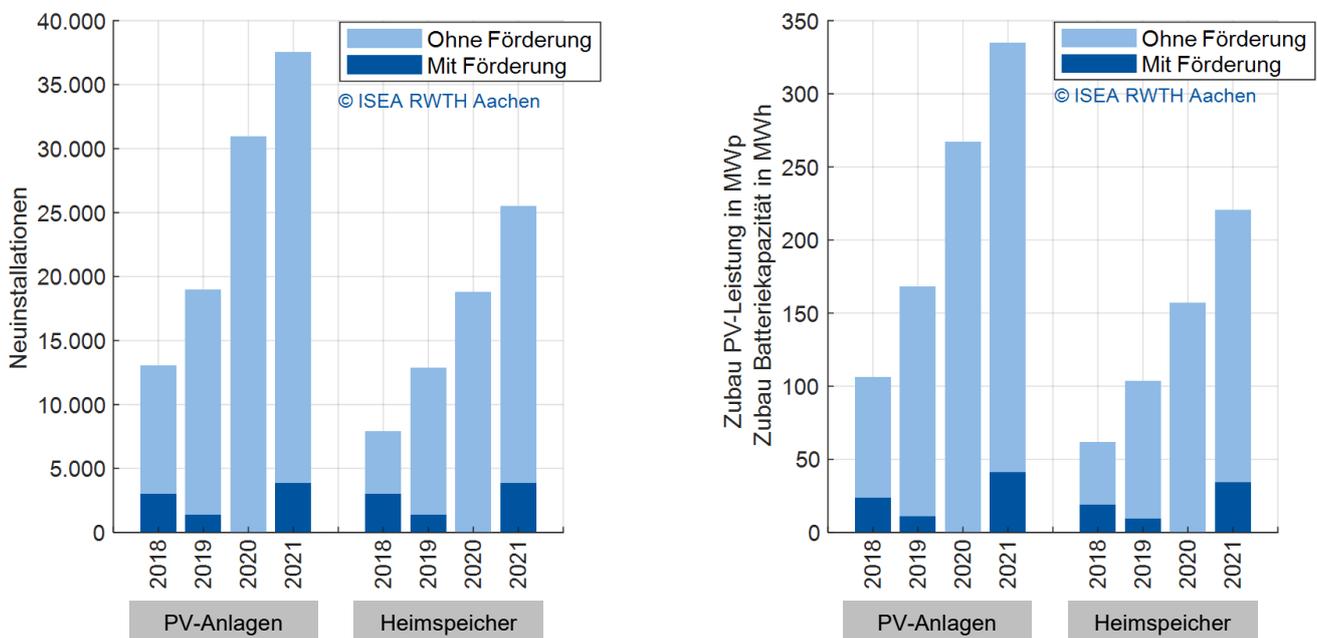


Abbildung 3.2: Zubau PV-Anlagen bis 30 kWp und Heimspeicher nach Anzahl (links) und nach Leistung und Kapazität (rechts). Eigene Abschätzungen mit Auswertungen der Meldedaten der Bundesnetzagentur [11].

3 Wirkungsanalyse

3.3 Ausgelöstes Investitionsvolumen

3.3 Ausgelöstes Investitionsvolumen

Das Förderprogramm hat Investitionen von 217 Mio. € durch Förderzuschüsse von etwa 17 Mio. € ausgelöst

Abbildung 3.3 zeigt das Investitionsvolumen für die geförderten PV-Speicher in Baden-Württemberg. Das Investitionsvolumen ist dabei in die Bestandteile Förderung und Privatinvestitionen unterteilt. Die Privatinvestitionen werden anhand der Angaben der Speicherbetreibenden in vier Unterkategorien aufgeteilt: Privatinvestition auch ohne Förderung, Privatinvestition nur wegen Förderung, einem unbekanntem Teil aufgrund von fehlenden Angaben und die Mehrwertsteuer.

Insgesamt wurde mit Förderzuschüssen in Höhe von 17 Mio. € ein Gesamtinvestitionsvolumen von 217 Mio. € angeschoben (Stand Juli 2022). Von den privaten Speicherinvestitionen konnten etwa 33,8 Mio. € durch das Förderprogramm alleine angereizt werden, während etwa 12,4 Mio. € auch ohne das Förderprogramm getätigt worden wären. Bei

den PV-Anlagen wurden etwa 37 Mio. € nur wegen des Förderprogramms getätigt und 70,5 Mio. € wären auch ohne das Programm investiert worden. Der Kauf einer neuen PV-Anlage war zwar Fördervoraussetzung, doch die Kosten waren nicht förderfähig und zählen daher als reine Privatinvestitionen. Die Tatsache, dass rund ein Drittel der Antragstellenden ohne das Förderprogramm keine PV-Anlage gekauft hätte, zeigt deutliche Zügeffekte vom Speichermarkt auf den PV-Markt. Das Mindestinstallationsverhältnis konnte unter anderem dazu beitragen, dass etwa 63 % der Gesamtausgaben (ca. 137,6 Mio. €) auf PV-Anlagen und Installationsarbeiten entfielen. Die vom Förderprogramm abhängigen Privatinvestitionen (70,8 Mio. €) waren etwas geringer als die von der Förderung unabhängigen Privatinvestitionen (83,0 Mio. €). Diese Auswertung kann bei der Neugestaltung von Förderprogrammen als Unterstützung dienen.

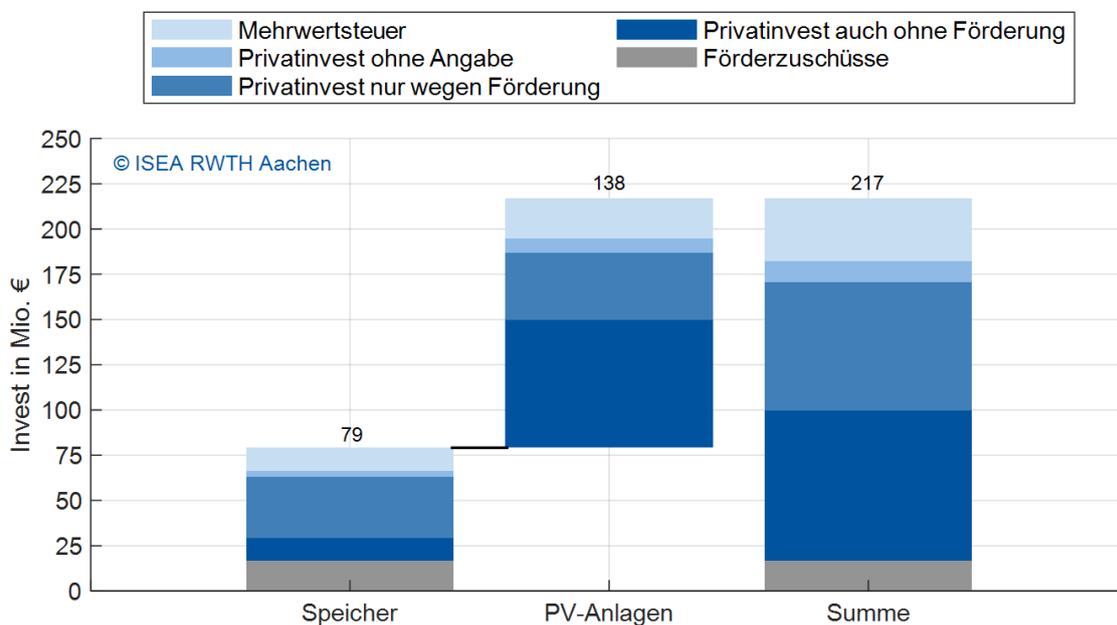


Abbildung 3.3: Investitionsvolumen aus Förderung (grau) und Privatvermögen (Blautöne).

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- [1] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM), "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung netzdienlicher Photovoltaik-Batteriespeicher: (VwV netzdienliche PV-Batteriespeicher)," Online verfügbar: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Beratung_und_Information/190130_VwV_PV-Batteriespeicher.pdf.
- [2] J. Figgener *et al.*, "The development of battery storage systems in Germany: A market review (status 2022)," Mar. 2022. Online verfügbar: <https://arxiv.org/pdf/2203.06762>.
- [3] J. Figgener *et al.*, "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0: Jahresbericht 2018," Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen, 2018. Online verfügbar: https://www.researchgate.net/publication/326507444_Wissenschaftliches_Mess-und_Evaluierungsprogramm_Solarstromspeicher_20_Jahresbericht_2018.
- [4] J. Figgener *et al.*, "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0: Jahresbericht 2017," Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen, Aachen, 2017. Online verfügbar: https://www.researchgate.net/publication/318673229_Wissenschaftliches_Mess-_und_Evaluierungsprogramm_Solarstromspeicher_20_Jahresbericht_2017.
- [5] J. Weniger *et al.*, "Stromspeicher-Inspektion 2019," HTW Berlin, 2019. Online verfügbar: <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2019/>.
- [6] K.-P. Kairies *et al.*, "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher: Jahresbericht 2016," Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen, 2016. Online verfügbar: https://www.researchgate.net/publication/303817664_Wissenschaftliches_Mess-_und_Evaluierungsprogramm_Solarstromspeicher_Jahresbericht_2016.
- [7] N. Orth *et al.*, "Stromspeicher-Inspektion 2022," HTW Berlin, 2022. Online verfügbar: www.stromspeicher-inspektion.de.
- [8] Bundesverband der Energie- und Klimaschutzagenturen Deutschlands (eaD) e.V. *et al.*, "Stromspiegel für Deutschland 2019," 2019. Online verfügbar: <https://www.stromspiegel.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Broschuere/Stromspiegel-2019-web.pdf>.
- [9] J. Moshövel *et al.*, "PV-Speicherrechner," Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen. Online verfügbar: <http://www.pv-nutzen.rwth-aachen.de/das-projekt/pv-speicherrechner/>.
- [10] Öko-Institut e.V., *Beratungstool Batteriespeicher*. Online verfügbar: <https://www.ecotopten.de/strom/tipps-fuer-solar-batteriespeicher>.
- [11] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation und Eisenbahnen, *Marktstammdatenregister*. Online verfügbar: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>.

Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Förderzuschuss für Privatpersonen im Eigenheim und gewerbliche Antragstellende.....	9
Abbildung 1.2: Das Webportal.....	10
Abbildung 1.3: Anteile der Antragstellenden (links) und Förderzuschüsse nach Regierungspräsidien (rechts).....	11
Abbildung 2.1: Verteilung der nutzbaren Batteriekapazität von PV-Speichern (links) und Kapazitätsanteil nach Kapazitätsklassen (rechts).....	13
Abbildung 2.2: Systemeigenschaften der registrierten Speichersysteme.....	14
Abbildung 2.3: Normierte Endkundensystempreise von Lithium-Ionen-Speichersystemen in Abhängigkeit von der nutzbaren Batteriekapazität (links) und durchschnittliche Ausgaben der Antragstellenden pro Speichersystem (rechts).....	15
Abbildung 2.4: Marktanteile der Speichersystemhersteller im Förderprogramm.....	16
Abbildung 2.5: Verteilung der PV-Nennleistungen der beim Speichermonitoring registrierten PV-Anlagen (links) und Leistungsanteil nach Anlagengröße (rechts).....	17
Abbildung 2.6: Ausrichtung der beim Speichermonitoring registrierten PV-Anlagen (links) und Neigungswinkel (rechts).....	18
Abbildung 2.7: Normierte PV-Anlagenpreise in Abhängigkeit von der PV-Anlagengröße (links) und durchschnittliche Ausgaben der Antragstellenden (rechts).....	19
Abbildung 2.8: Marktanteile der PV-Hersteller im Förderprogramm.....	20
Abbildung 2.9: Anzahl an Personen im Antragsobjekt (links) und jährlicher Stromverbrauch der Antragstellenden (rechts).....	21
Abbildung 2.10: Motivationsgründe für den Kauf geförderter PV-Speicher.....	22
Abbildung 2.11: Elektrische Verbraucher in Eigenheimen (links) und Gewerben (rechts).....	23
Abbildung 2.12: Wirtschaftliche Erwartungen (links) und Käuferfahrungen (rechts) der Speicherbetreibenden.....	24
Abbildung 3.1: Quantifizierung des Förderprogrammeinflusses auf den PV-Kauf (links) und auf den Speicherkauf (rechts).....	27
Abbildung 3.2: Zubau PV-Anlagen bis 30 kWp und Heimspeicher nach Anzahl (links) und nach Leistung und Kapazität (rechts). Eigene Abschätzungen mit Auswertungen der Meldedaten der Bundesnetzagentur [11].....	28
Abbildung 3.3: Investitionsvolumen aus Förderung (grau) und Privatvermögen (Blautöne).....	29