

PHOTOVOLTAIK- UND BATTERIESPEICHERZUBAU IN DEUTSCHLAND IN ZAHLEN

Auswertung des Marktstammdatenregisters

PHOTOVOLTAIK- UND BATTERIESPEICHERZUBAU IN DEUTSCHLAND IN ZAHLEN

Auswertung des Marktstammdatenregisters

Dominik Peper

(Ansprechpartner: dominik.peper@ise.fraunhofer.de)

Sven Längle, Melissa Muhr, Tobias Reuther

Dr. Christoph Kost

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Gruppe Energiesysteme und Energiewirtschaft
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany
www.ise.fraunhofer.de

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung.....	8
3	Auswertung Photovoltaikzubau.....	9
3.1	Anlagenklassen	9
3.1.1	Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Anlagenzubau	9
3.1.2	Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Leistungszubau.....	10
3.2	Anteile der Bundesländer	12
3.2.1	Relative Anteile der Bundesländer am Anlagenzubau	12
3.2.2	Relative Anteile der Bundesländer am Leistungszubau.....	13
3.3	Leistungsbegrenzung	14
3.3.1	Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Anlagenzubau	14
3.3.2	Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Leistungszubau	16
3.4	Ausrichtung	17
3.4.1	Relativer Anteil der Ausrichtungen von PV-Anlagen am Anlagenzubau	17
3.4.2	Relativer Anteil der Ausrichtungen von PV-Anlagen am Leistungszubau.....	18
3.5	Neigungswinkel	19
3.5.1	Relative Anteile der Neigungswinkel von PV-Anlagen am Anlagenzubau...	19
3.5.2	Relative Anteile der Neigungswinkel von PV-Anlagen am Leistungszubau ..	20
4	Auswertung Batteriespeicherzubau	22
4.1	Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Anlagenzubau	22
4.2	Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Kapazitätzubau.....	23
5	Quellenverzeichnis.....	25

Zusammenfassung

Die vorliegende Veröffentlichung umfasst eine Auswertung des Markstammdatenregisters (MaStR, Stand 31.01.2022) für die Photovoltaik (PV) und Batteriespeicher. Für PV-Anlagen stellt die Auswertung die zeitliche Entwicklung seit 2000 in Bezug auf Anlagenanzahl und -leistung nach Leistungsklasse, Standort, Leistungsbegrenzung, Ausrichtung und Neigung dar. Die Batteriespeicher werden nach Kapazitätsklassen ausgewertet. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse je Auswertungskategorie zusammengefasst.

PV: ANLAGENKLASSEN

Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Anlagenzubau

- Aufdachanlagen < 10kW machen den größten Anteil am Anlagenzubau aus. Ihr Anteil nahm seit 2011 zu (Durchschnitt 2011 – 2021 73,2%), jedoch 2021 wieder erstmalig ab auf 67,4%.
- Segment der Aufdachanlagen 10-100 kW verringerte seit 2011 seinen Anteil am Anlagenzubau stetig. Im Jahr 2021 konnte der Anteil jedoch erstmalig wieder ausgebaut werden (Anteil 2021 29,9%).

Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Leistungszubau

- Die Bedeutung von Aufdachanlagen <10 kW ist zwischen 2014 und 2021 konstant. Ihr Anteil am Leistungszubau beträgt durchschnittlich 18,4%.
- Der Anteil von großen Aufdachanlagen 30-750 kW am Leistungszubau nahm bis 2019 auf 52,6% zu. Ihr Anteil ist jedoch wieder abnehmend und beträgt 2021 nur noch 22,5%.
- Die Bedeutung von Freiflächenanlagen für den Leistungszubau nimmt seit 2020 wieder zu. Freiflächenanlagen machen 2021 39,7% des Leistungszubaus aus und nähern sich somit dem Maximum von 47,5% im Jahr 2015 an.

PV: ANTEIL DER BUNDESLÄNDER

Relativer Anteil der Bundesländer am Anlagenzubau

- Der Anteil von Bayern und Baden-Württemberg fällt von +50 % zwischen 2001 und 2010 auf 39,5% im Jahr 2021.
- Geographisch verteilt sich der PV-Anlagenausbau immer gleichmäßiger auf alle Bundesländer. Ein besonders starker Anteilzuwachs ist in Nordrhein-Westfalen (2021: 19,6%), Rheinland-Pfalz (2021: 6,0%) und Niedersachsen (2021: 10,9%) zu verzeichnen. Aber auch die Anteile von Brandenburg, Berlin, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt am Anlagenzubau steigen.

Relativer Anteil der Bundesländer am Leistungszubau

- Zwischen 2000 und 2010 machten Baden-Württemberg und Bayern zusammen mehr als die Hälfte des jährlichen Leistungszubaus aus. Seither ist ihr gemeinsamer Anteil jedoch rückläufig (2021: 37,5%). Dementgegen baut Bayern seit 2017 seinen Anteil wieder um einige Prozentpunkte aus.
- Nordrhein-Westfalen hält den eigenen Anteil am Leistungszubau zwischen 2000 und 2021 annähernd konstant (Durchschnittlicher Anteil: 10,9%). Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland konnten

über den betrachteten Zeitraum ihre Anteile am Leistungszubau deutlich ausbauen. Die Anteile von Sachsen und Niedersachsen nehmen seit 2019 bzw. 2010 ab.

Zusammenfassung

PV: LEISTUNGSBEGRENZUNG

Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Anlagenzubau

- Seit 2012 stieg der Anteil der installierten PV-Anlagen mit Leistungsbegrenzung sprunghaft an und stagniert seit 2020. Im Jahr 2021 wiesen 78,9% aller zugebauten Anlagen eine Leistungsbegrenzung auf. Die meisten Anlagen weisen die durch das EEG vorgesehene Begrenzung auf 70% auf. Nur 4,2% aller 2021 installierten Anlagen weisen andere Leistungsbegrenzungen auf.

Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Leistungszubau

- Die Leistungsbegrenzung bezieht sich vor allem auf Anlagen mit Leistungen von weniger als 30 kW, der Anteil am Leistungszubau ist daher geringer als am Anlagenzubau. Rund 35% aller 2021 zugebauten Leistung weist eine Leistungsbegrenzung auf.

PV: AUSRICHTUNG

Relativer Anteil der verschiedenen Ausrichtungen von PV-Anlagen am Anlagenzubau

- Es findet eine Diversifizierung der Ausrichtung von PV-Anlagen in die verschiedenen Himmelsrichtungen statt. Der Anteil der Himmelsrichtungen Süden, Süd-West und Süd-Ost nimmt seit 2013 ab (Anteile 2021: Süden 41,9%, Süd-West 18,2%, Süd-Ost, 12,9%).
- Alle anderen Himmelsrichtungen konnten ihre Anteile am Anlagenzubau ausbauen. Besonders sprunghaft nahm seit 2020 der Anteil der Ost-West ausgerichteten Anlagen zu (von 6,9% in 2019 auf 10,4% in 2020 und 10,8% in 2021).

Relativer Anteil der verschiedenen Ausrichtungen von PV-Anlagen am Leistungszubau

- Der Anteil am Leistungszubau von Anlagen mit Südausrichtung nimmt seit 2004 ab und betrug im Jahr 2021 55,2%. Die anderen Himmelsrichtungen konnten ihren jährlichen Zubauanteil von 37,0% im Jahr 2000 auf 44,8% im Jahr 2021 ausbauen.
- Vor allem West-, Ost-West- und Ostanlagen konnten ihre Anteile an der installierten Leistung vergrößern (im Jahr 2021: Westausrichtung 5,0%, Ost-Westausrichtung 13,0% und Ostausrichtung 4,0%).

PV: NEIGUNGSWINKEL

Relativer Anteil verschiedener Neigungswinkel von PV-Anlagen am Anlagenzubau

- Anlagen mit einem Neigungswinkel zwischen 20 und 40 Grad machen stets mehr als 50% der installierten Anlagen aus. Im Jahr 2021 betrug ihr Anteil am Anlagenzubau 57,1%.
- Der Anteil der Anlagen mit flachen Neigungswinkeln (<20 Grad) geht das zweite Jahr in Folge zurück (19,0% in 2021) nachdem dieser seit 2000 stetig gestiegen war und 2019 sein Maximum von 24,3% erreichte. Fassadenintegrierte Anlagen werden anteilsmäßig kaum installiert (durchschnittlich <1%).

Relativer Anteil verschiedener Neigungswinkel von PV-Anlagen am Leistungszubau

- Bis 2019 konnten die Anlagen mit flachen Neigungswinkeln (<20 Grad) ihren Anteil am Leistungszubau immer weiter ausbauen, während Anlagen mit Neigungswinkeln zwischen 20 und 60 Grad ihren Anteil immer weiter reduzierten. Seit 2020 ist eine Trendumkehr zu verzeichnen. Anlagen mit Winkeln zwischen 20 und 60 Grad konnten ihren Anteil wieder auf 49,7% im Jahr 2021 steigern.
- Fassadenintegrierte Anlagen tragen bisher kaum zum Leistungszubau bei (2021 ca. 0,1%).

BATTERIESPEICHER

Zur Auswertung der Batteriespeicher ist einschränkend zu sagen, dass aktuell von einer Untererfassung der Batteriespeichern im MaStR ausgegangen werden muss [1]. Diese liegt für Großspeicher ab 1000 MWh bei 14,1% und für Heimspeicher bis 30 MWh bei 23,6% bezüglich der kumulierten installierten Kapazität.

Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Anlagenzubau

- Die Anzahl der jährlich neu installierten Batteriespeicher in Deutschland stieg in den letzten Jahren rasant an. Von 2019 auf 2020 konnte sich der Anlagenzubau verdoppeln und legte auch im Jahr 2021 wieder deutlich zu. Ende 2021 waren in Deutschland insgesamt 326.048 Batteriespeicher installiert, wovon mehr als ein Drittel 2021 neu hinzukam.
- Große Batteriespeicher (> 30 kWh) machen über alle Jahre hinweg einen geringen Anteil am Anlagenzubau aus (2014-2021 durchschnittlich 0,8%). Der Anteil kleiner Batteriespeicher (\leq 5kWh) ist rückläufig. Batteriespeicher mit einer Kapazität zwischen 5 kWh und 10 kWh machen über alle Jahre den größten Anteil am Zubau aus. Seit 2016 wächst der Anteil von Batteriespeichern zwischen 10 kWh und 20 kWh an. Andere Kapazitätsklassen fallen über alle Jahre hinweg kaum ins Gewicht.

Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Kapazitätzzubau

- Anlagen mit einer Kapazität zwischen 5 kWh und 10 kWh haben mit Ausnahme von 2016 den größten Anteil am Kapazitätzzubau (Durchschnitt 2014-2021 ohne 2016: 40,3%).
- Der Anteil von Großspeichern (\geq 1000 kWh) am Kapazitätzzubau schwankt stark und liegt zwischen 2014 und 2021 bei rund 27,2%. Im Jahr 2016 erreichten sie mit 62,8% ihren maximalen Anteil.
- Der Anteil von kleinen Anlagen (\leq 5kWh) geht seit 2016 zurück. Batteriespeicher mit einer Kapazität zwischen 10 kWh und 20 kWh verzeichnen wachsenden Anteil am Kapazitätzzubau. Im Jahr 2021 erreichten diese einen Anteil von ca. 32,8%. Andere Kapazitätsklassen haben nur einen sehr geringen Anteil am Kapazitätzzubau.

2 Einleitung

Alle an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossenen Stromerzeugungseinheiten müssen seit Januar 2021 in das Marktstammdatenregister (MaStR) eingetragen sein. Dies gilt auch für die stetig wachsende Zahl von Photovoltaikanlagen und Batteriespeichern in Deutschland. Während die Stammdaten von Batteriespeicher im MaStR erstmalig zentral erfasst werden, sind die Stammdaten von PV-Anlagen im MaStR deutlich umfangreicher als in den EEG-Stammdaten. So werden neben der Leistung und dem Standort nun auch zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel die Ausrichtung, Neigung und Leistungsbegrenzung der PV-Anlagen erfasst. Die verfügbaren Informationen wertet das Fraunhofer ISE nun in regelmäßigen Abständen aus und macht die Ergebnisse für die breite Öffentlichkeit verfügbar. Für diese Veröffentlichung wurde das MaStR zum Stichtag 31.01.2022 ausgewertet. Somit umfassen die Auswertungen jahresscharfe Daten von 2000 bis 2021.

Für die vorliegende Studie wurde der PV-Zubau nach Anlagen- und Leistungszubau sowie der Batteriespeicherzubau nach Anlagen und Kapazitätzубau ausgewertet. Die Anlagenzубau bezieht sich jeweils auf die Anzahl der zugebauten PV- oder Batterie-Systeme während sich der Leistungszубau der PV-Anlagen auf die jährlich zugebaute installierte Bruttoleistung (Nennleistung der Module) der PV-Anlagen bezieht und der Kapazitätzубau der Batteriespeicher auf die jährlich zugebaute Speichernennkapazität (Energie).

Weiterführende Auswertungen sind möglich und können beim Fraunhofer ISE angefragt werden.

Im Folgenden werden die relativen Anteile unterschiedlicher PV-Anlagenmerkmale am Anlagen- und Leistungszubau in Deutschland untersucht, um zu verstehen welche Typen von PV-Anlagen in Deutschland besonders häufig installiert werden und welche Anlagen besonders zum PV-Leistungsausbau beitragen. Es werden fünf PV-Anlagenmerkmale betrachtet: (1) Leistungsklasse und Anlagentyp, (2) Anlagenstandort, (3) Leistungsbegrenzung, (4) Anlagenausrichtung und (5) Neigungswinkel. Hierfür werden die EEG-Anlagenstammdaten aus dem Marktstammdatenregister nach Inbetriebnahmejahr ausgewertet und die Anlagen eines Inbetriebnahmejahres den unterschiedlichen, definierten Anlagenmerkmalen zugeordnet. Die Anzahl der Anlagen je Merkmal wird ins Verhältnis gesetzt zur Gesamtanzahl der im jeweiligen Jahr neu in Betrieb genommenen Anlagen. Für die Aufstellung bezogen auf die Anlagenleistung wird analog vorgegangen.

3.1

Anlagenklassen

3.1.1

Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Anlagenzubau

Bis Ende 2021 wurden in Deutschland insgesamt über 2,2 Millionen PV-Anlagen installiert. Rund ein Zehntel aller Anlagen wurden im Jahr 2021 installiert. Abbildung 1 zeigt die Verteilung des Anlagenzubaus aufgeteilt auf verschiedene Leistungsklassen und Anlagentypen im Zeitverlauf. Es wird ersichtlich, dass Aufdachanlagen stets den größten Anteil am Anlagenzubau ausmachen, während Freiflächenanlagen (FFA) maximal 2,5 % des Anlagenzubaus darstellen. Unter den Aufdachanlagen machen solche bis 10 kW Leistung den größten Anteil aus (maximal 93,6 % vor 2000 und minimal 42,2% im Jahr 2010). Zuletzt machte deren Anteil 67,4% am Zubau aus. Der Anteil größerer Aufdachanlagen zwischen 10 kW und 100 kW nahm zwischen 2000 und 2010 auf bis zu 62,1% zu, ließ in den folgenden Jahren jedoch wieder nach und erreichte im Jahr 2016 mit nur 12,3% seinen Tiefststand. Im Jahr 2021 hat jedoch der Anteil der Anlagen zwischen 10 und 20 kW am Anlagenzubau wieder sprunghaft zugenommen, wodurch der Anteil der 10-100 kW Anlagen auf 29,9% angewachsen ist. Der Anteil von Großanlagen über 100 kW ist bezogen auf den Anlagenzubau sehr gering und schwankt zwischen 0,1% und 4,0%.

Die oben beschriebene Trendumkehr in 2010 in der Leistungsklasse 10 kW bis 100 kW ist höchst wahrscheinlich auf wirtschaftliche Faktoren zurückzuführen. Ab 2010 war es besonders vorteilhaft Anlagen zu installieren, mit denen ein hoher Eigenverbrauch erzielt werden konnte, da die Einspeisevergütungen durch die Degression weniger Anreize für die Installation größerer Anlagen darstellte. Die Trendwende im Jahr 2021 lässt sich durch die Novellierung des EEG im Jahr 2021 erklären. Hierin wurde die Bagatellgrenze von 10 kW auf 30 kW angehoben, wodurch der selbst verbrauchte Strom von PV-Anlagen bis 30 kW von der EEG-Umlage befreit wurde. Hierdurch wurde die Wirtschaftlichkeit von Anlagen zwischen 20 und 30 kW deutlich erhöht. Folglich wurden diese vermehrt zugebaut.

Aus den Daten geht hervor, dass in Deutschland mehrheitlich kleine Anlagen und besonders Anlagen ≤ 10 kW installiert werden. Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass der Flächenbedarf dieser Anlagen in der Regel der Flächenverfügbarkeit auf Dächern von Einfamilienhäusern entspricht. Da der Ausbau von PV-Anlagen im Privatbereich gewünscht ist, werden hier besondere finanzielle Reize gesetzt. Dies umfasst unter anderen eine höheren Einspeisetarif sowie die

Befreiung von der EEG-Umlage beim Selbstverbrauch. Zusätzlich gibt es hier weniger Hürden bei Umsetzung als bei Mehrfamilienhäusern. Hinzu kommt außerdem, dass Privatleute geringeren Renditeerwartungen haben und häufig die nichtfinanziellen Werte einer PV-Anlage (Autarkie, Beitrag zu Energiewende, etc.) im Vordergrund stehen.

Aufgrund der geringen Größe der Kleinanlagen ist die resultierende installierte Leistung in diesem Anlagensegment jedoch im Vergleich zu anderen Leistungsklassen kleiner (siehe folgender Abschnitt).

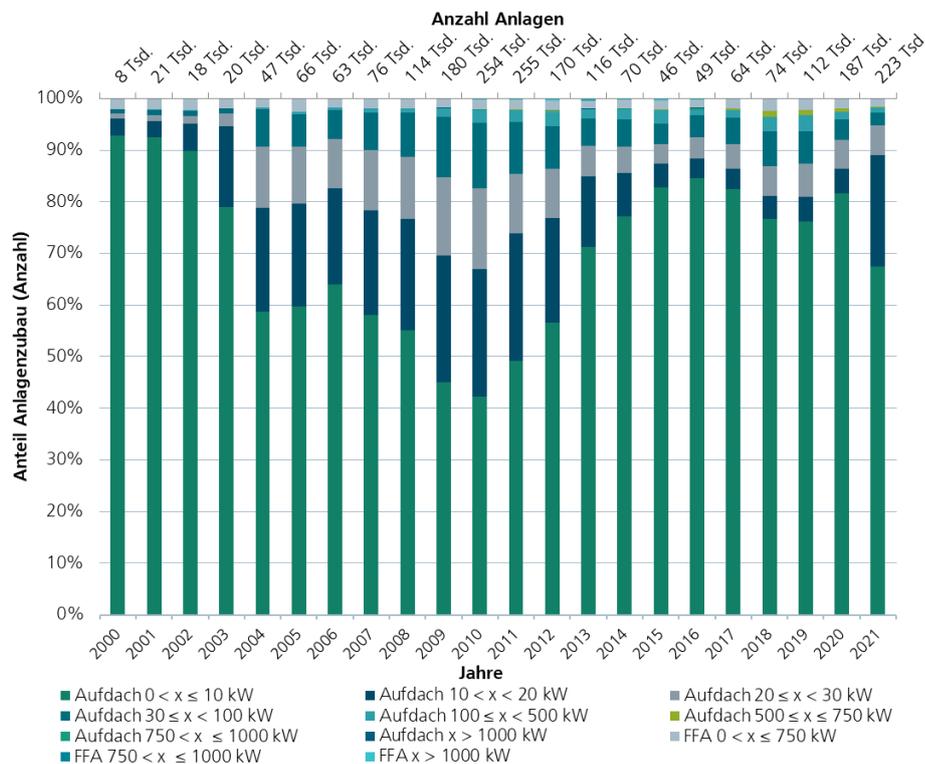


Abb. 01 Verteilung des Anlagenzubaus (Anlagenanzahl) von PV-Anlagen nach Leistungsklasse und Anlagentyp in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.1.2 Relativer Anteil bestimmter Anlagenklassen am Leistungszubau

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass in den Jahren um 2000 hauptsächlich kleine Aufdachanlagen für den Leistungszubau verantwortlich waren. Während im Jahr 2000 83,3% des Leistungszubaus von Anlagen zwischen 0 kW und 30 kW ausging, fiel dieser Anteil bis 2012 stetig. Zwischen 2013 und 2020 stagnierte der Anteil der 0-30 kW Anlagen und machte in diesem Zeitraum durchschnittlich 26% des Leistungszubaus in Deutschland aus. Im Jahr 2021 konnte das Segment 10-20 kW jedoch einen großen Leistungszuwachs erzielen, wodurch der Anteil der 0-30 kW Anlagen am Leistungszubau auf 36,2% anstieg. Es ist damit zu rechnen, dass sich dieser Trend, der sich wahrscheinlich durch die Änderung im EEG ergeben hat, auch in Zukunft fortsetzen wird. Aufdachanlagen <10 kW machten zwischen 2014 und 2021 mit durchschnittlich 18,4% einen relativ konstanten Anteil am Leistungszubau aus.

Obwohl Großanlagen in den letzten Jahren trotz ihrer mengenmäßig geringen Installation bei Anlagenzubau kaum ins Gewicht fallen, geht ein Großteil der installierten Leistung auf sie zurück. Die Bedeutung von größerer PV-Anlagen und Freiflächenanlagen am Leistungszubau nahm über die Zeit stetig zu und verdrängte somit die Bedeutung der Kleinanlagen beim Leistungszubau. Der Anteil der 30-750 kW

Aufdachanlagen hat über den betrachteten Zeitraum zugenommen und erreichte seinen maximalen Anteil von 52,6% im Jahr 2019. Es handelt sich hierbei vor allem um PV-Anlagen auf Dächern von Gewerbeanlagen. Das Anwachsen dieses Segments lässt sich nicht aus konkreten Ursachen ableiten, sondern ist viel mehr auf ein Zusammenspiel verschiedener Gründe zurückzuführen. Diese umfassen unter anderem sinkende Preise für PV-Anlagen, steigende Strompreise und gestiegene Anforderungen an das Umweltengagement von Unternehmen. Im Jahr 2021 hat die Bedeutung dieses Segments durch den Anteilsanstieg der 10-30 kW Anlagen wieder deutlich nachgelassen und beträgt nun nur noch 22,5%.

Auch Freiflächenanlagen machen trotz ihrer geringen Anlagenanzahl einen bedeutenden Anteil am Leistungszubau aus. Bis 2008 war der Anteil der FFA am Leistungszubau zunächst gering und lag in diesem Zeitraum bei durchschnittlich 8,7%. Der Anteil steigerte sich jedoch in den folgenden Jahren rasant und erreichte sein Maximum im Jahr 2015 mit einem Anteil von 47,5% am Leistungszubau. Bis 2019 ging der Anteil der 2019 dann zunächst wieder auf 24,9% zurück, steigt jedoch seitdem wieder an und betrug im Jahr 2021 39,7%.

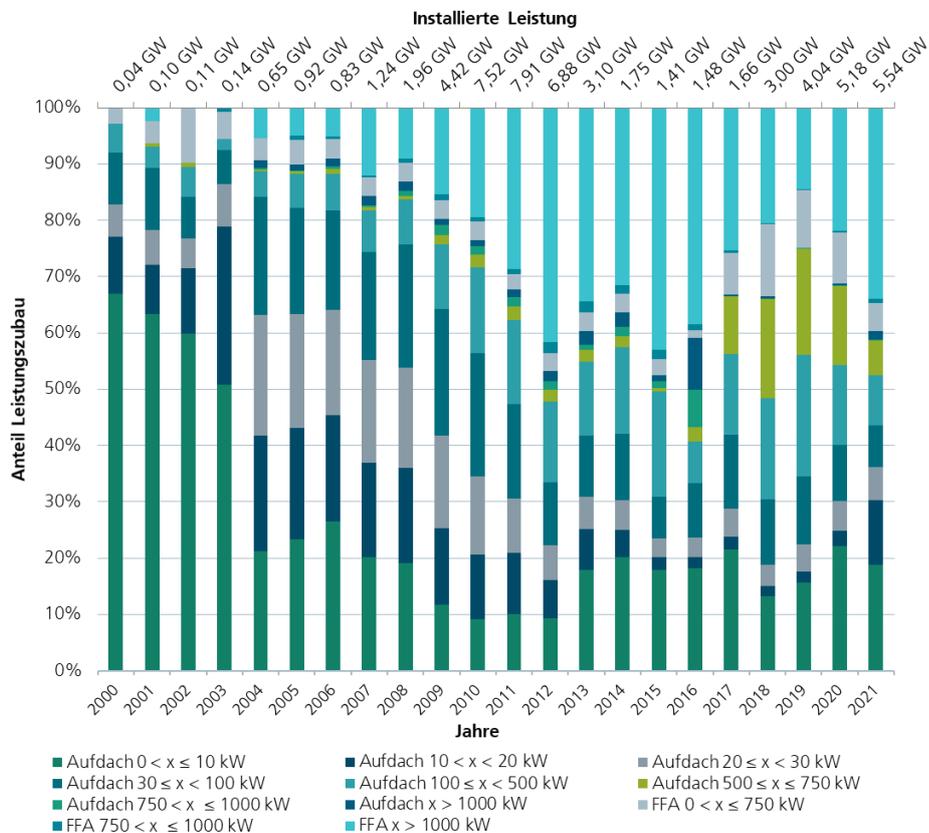


Abb. 02 Verteilung Leistungszubau von PV-Anlagen nach Leistungsklasse und Anlagentyp in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.2 Anteile der Bundesländer

3.2.1 Relative Anteile der Bundesländer am Anlagenzubau

Abbildung 3 verdeutlicht, dass mehr als die Hälfte der neu zugebauten Anlagen in den Jahren 2000 bis 2010 in Baden-Württemberg und Bayern installiert wurden. Der Anteil dieser Bundesländer lag über diesen Zeitraum zwischen 50,5 – 74,5%. Im Jahr 2021 betrug der gemeinsame Anteil von Baden-Württemberg und Bayern nur noch 39,5%. Während der Anteil von Baden-Württemberg und Bayern am Anlagenzubau seit 2010 nachlässt, konnten fast alle anderen Bundesländer ihre Anteile ausbauen. Dies ist auf einen geographisch gleichmäßiger verteilten PV-Ausbau über das deutsche Bundesgebiet zurückzuführen. Besonders stark konnte Nordrhein-Westfalen seinen Anteil am Anlagenzubau steigern. Zwischen 2001 und 2021 stieg der Anteil am jährlichen Zubau stetig von 11,0% auf 19,6% an. Auch die Länder Rheinland-Pfalz und Niedersachsen konnten einen größeren Anteilzuwachs als andere Bundesländer verbuchen. Obwohl nur in sehr geringem Maße stieg auch der Anteil der Länder Brandenburg, Berlin, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt an. Über den gesamten Zeitraum recht konstant blieben die Anteile der Bundesländer Bremen, Hessen, Schleswig-Holstein, Saarland und Thüringen. Im Saarland sind seit 2008 Rückgänge am Anteil des Anlagenzubaus zu verzeichnen.

Je weiter Bundesländer im Norden Deutschlands liegen, desto geringere Volllaststunden sind zu erwarten, da die Globalstrahlung gen Norden um etwa 100 bis 220 kWh/m² abnimmt [3]. Auch wenn die PV-Erträge in nördlichen Regionen geringer sind, ist die gleichmäßigere Verteilung von PV-Anlagen über das Bundesgebiet vorteilhaft, da hierdurch die Erzeugung besser verteilt wird und das Netz entlastet werden kann.

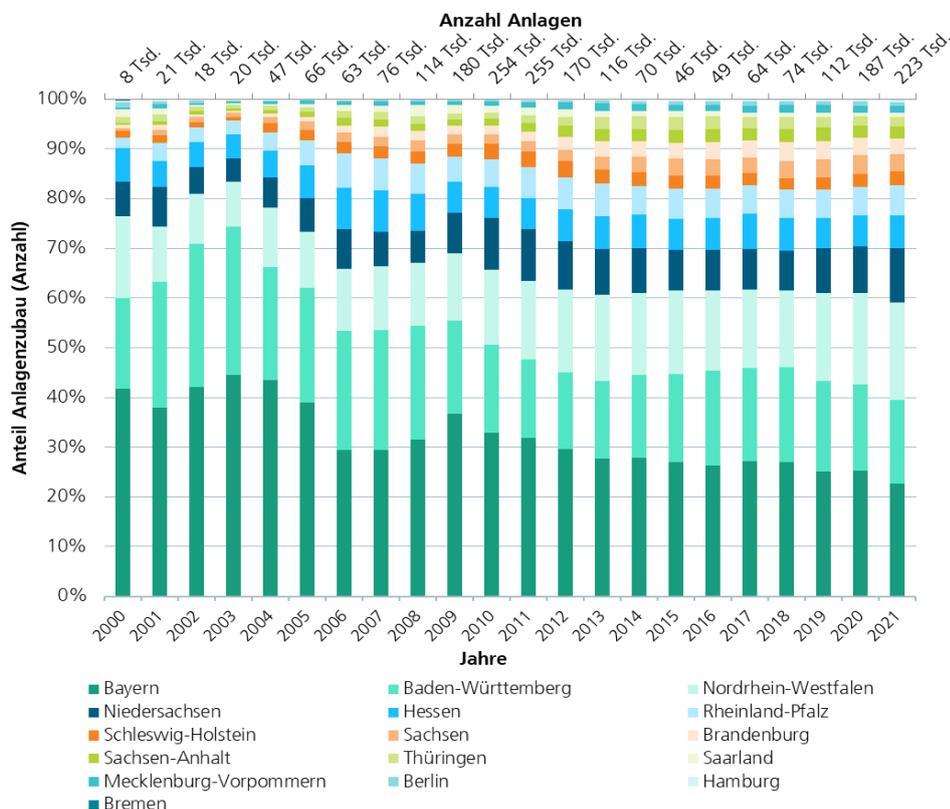


Abb. 03 Relative Anteile der einzelnen Bundesländer am Anlagenzubau (Anlagenanzahl) in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.2.2

Relative Anteile der Bundesländer am Leistungszubau

In Abbildung 4 sind die relativen Anteile der Bundesländer am jährlichen Leistungszubau dargestellt. Auch hier zeigt, sich die besondere Rolle Baden-Württembergs und Bayerns, die in den Jahren 2000 bis 2010 mehr als die Hälfte des Leistungszubaus ausmachten. Im Jahr 2003 machten diese Bundesländer sogar 78,7% des Leistungszubaus aus. Seit 2010 ist der Anteil der beiden Länder leicht rückläufig und blieb stets unter 50%. Ab 2017 konnte Bayern seinen Anteil am Ausbau wieder um einige Prozentpunkte ausbauen.

Obwohl Nordrhein-Westfalen seinen Anteil am Anlagenzubau über den Auswertungszeitraum deutlich steigern konnte, ist der Anteil am Leistungszubau annähernd konstant (Durchschnittlicher Anteil 2000-2021: 10,9%). Die Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland konnten über den betrachteten Zeitraum ihre Anteile am Leistungszubau deutlich ausbauen. Außerdem übersteigt in diesen Ländern der Anteil am Leistungszubau den Anteil am Anlagenzubau, was dafürspricht, dass hier vor allem größere Anlagen installiert werden (z.B. Gewerbeanlagen, Freiflächenanlagen). Relativ konstante Anteile weisen die Bundesländer Hessen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein auf. Sachsen konnte seinen Anteil am Leistungszubau bis 2018 zunächst auf 6,5% ausbauen, seitdem ist der Anteil jedoch wieder rückläufig. Auch Niedersachsen zeigt eine ähnliche Entwicklung auf. Während der Anteil am Leistungszubau zunächst auf 10,4% im Jahr 2010 anstieg, lag er im Jahr 2021 nur noch bei 7,4%.

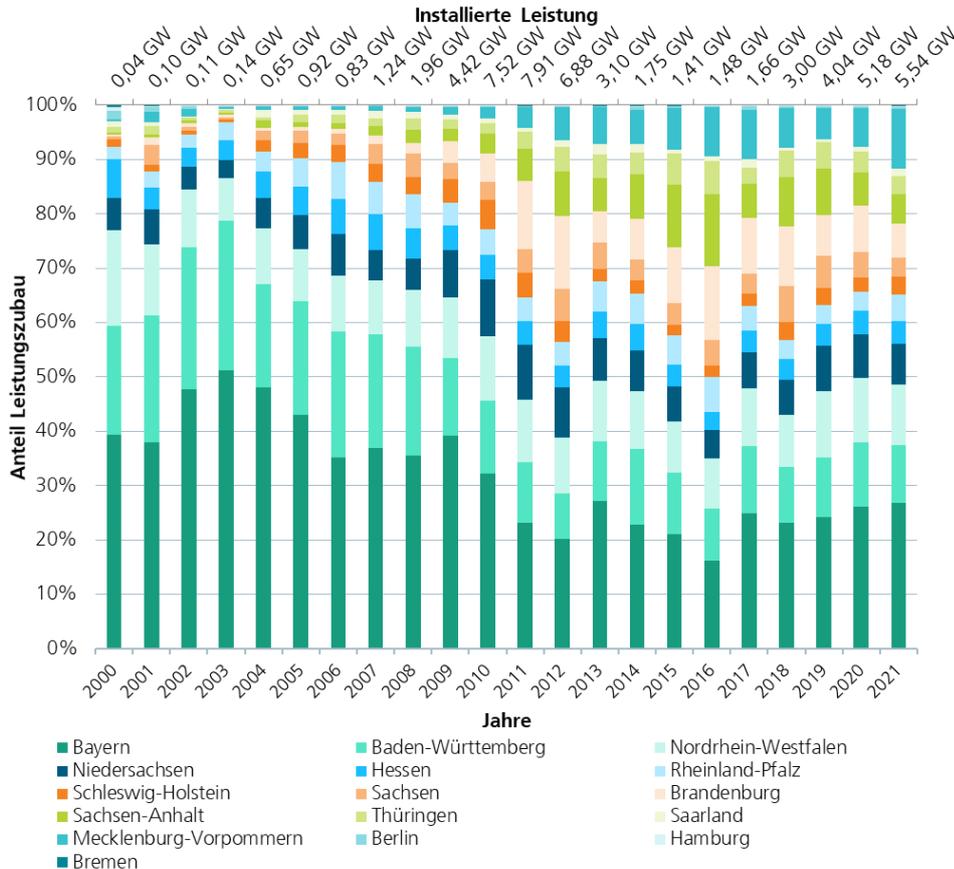


Abb. 04 Relative Anteile der einzelnen Bundesländer am Leistungszubau in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.3 Leistungsbegrenzung

3.3.1 Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Anlagenzubau

Seit 2012 sieht das EEG in §6 Abs. 2 vor, dass alle Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von bis zu 100 kW in das vereinfachte Einspeisemanagement eingegliedert werden müssen. Dieses sieht vor, dass PV-Anlagen im Falle einer Überlastung des Netzes vom Netzbetreiber ferngesteuert heruntergeregelt werden können. Das EEG sieht jedoch eine Ausnahme für kleine Photovoltaikanlagen vor: Hat die PV-Anlage eine maximale Nennleistung von 30 kW, so besteht für die Anlagenbetreibenden die Möglichkeit auf die ferngesteuerte Leistungsbegrenzung zu verzichten. In diesem Fall muss jedoch die Wirkleistung der Anlage am Netzanschlusspunkt dauerhaft auf 70% der Modulleistung reduziert werden.

Möchten Anlagenbetreibende bei der Installation ihrer Anlage Förderungen der KfW in Anspruch nehmen, sind weitere Wirkleistungsbegrenzungen notwendig. Anlagen, die durch den KfW Effizienzhaus 40 plus-Standard gefördert werden, dürfen maximal 60% ihrer Leistung einspeisen. Bei der kombinierten Förderung einer PV-Anlage mit einem Batteriespeicher über das Programm 275 ist die maximale Leistungsabgabe sogar auf 50% zu begrenzen.

Aus Abbildung 5 geht deutlich hervor, dass durch diese Vielfalt an Regelungen ab 2012 immer mehr neu zugebaute Anlagen eine Leistungsbegrenzung am Netzanschlusspunkt vorweisen. Während vor 2012 durchschnittlich 4,5% der neu installierten Anlagen eine Leistungsbegrenzung vorsahen, stieg dieser Anteil ab 2012 sprunghaft an. Seit 2020 stagniert der Anteil der neuinstallierten Anlagen mit Leistungsbegrenzung und betrug zuletzt im Jahr 2021 78,9%. Die meisten Anlagen weisen dabei die durch das EEG vorgesehene Begrenzung auf 70% auf. Weitere Begrenzungsformen kommen nur selten vor und hatten 2021 einen Anteil von 4,2% an den neu installierten Anlagen.

Im Jahr 2021 waren in Deutschland insgesamt 772.645 PV-Anlagen mit Leistungsbegrenzung installiert, dies entspricht einem Anteil von 34,5% aller bis dahin installierten Photovoltaikanlagen in Deutschland. Im ungünstigsten Fall einer Volleinspeiser-Anlage mit 70%-Leistungsbegrenzung kann der Ertrag durch die Abregelung um bis zu 5% reduziert werden [4].

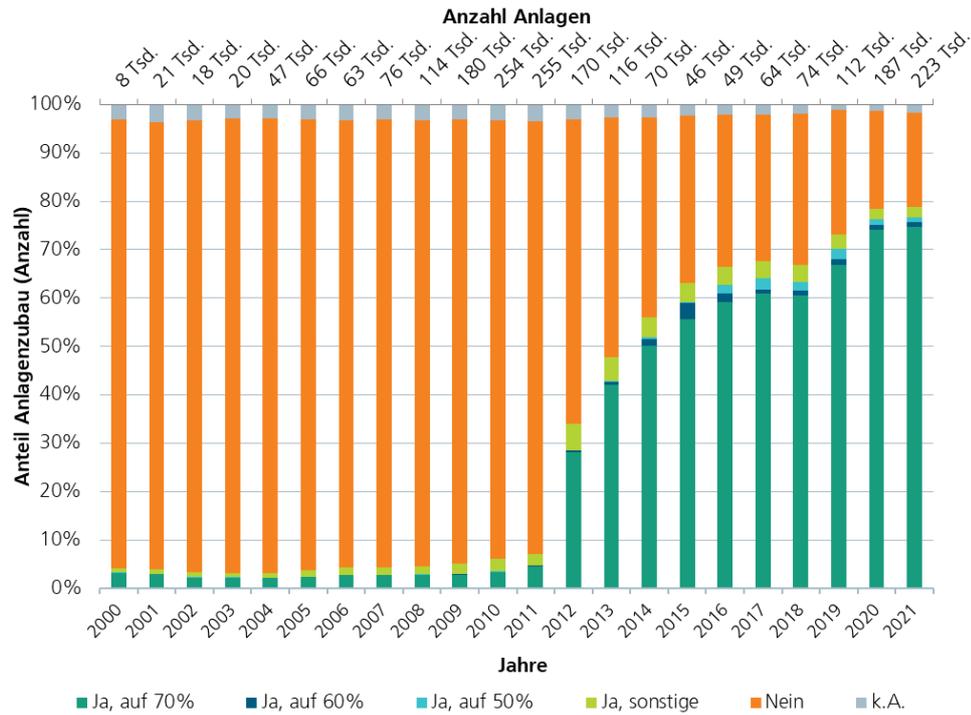


Abb. 05 Relative Anteile der Leistungsbegrenzungskategorien am Anlagenzubau (Anlagenanzahl) in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.3.2

Relativer Anteil leistungsbegrenzter PV-Anlagen am Leistungszubau

Da sich die Leistungsbegrenzungen, die sich aus dem EEG und Förderrichtlinien ergeben, auf PV-Anlagen kleiner 30 kW beziehen, ist der Anteil der leistungsbegrenzten Anlagen am Leistungszubau erwartungsgemäß vergleichsweise gering. Jedoch ist auch hier aus Abbildung 6 sichtbar, dass ab 2012 der Anteil der Anlagen mit Leistungsbegrenzung am Leistungszubau zunimmt.

Im Jahr 2021 betrug der Anteil der leistungsbegrenzten Anlagen insgesamt rund 34,7%. Davon fielen 29,3 % auf eine Leistungsbegrenzung von 70%. Die anderen Formen der Leistungsbegrenzung kamen gemeinsam auf 5,4%. Der Anteil sonstiger Leistungsbegrenzungsformen bezogen auf die Leistung ist deutlich größer als in Bezug auf die installierten Anlagen. Sonstige Leistungsbegrenzungen können beispielsweise als Anschlussbedingung durch die örtlichen Netzbetreiber vorgegeben werden.

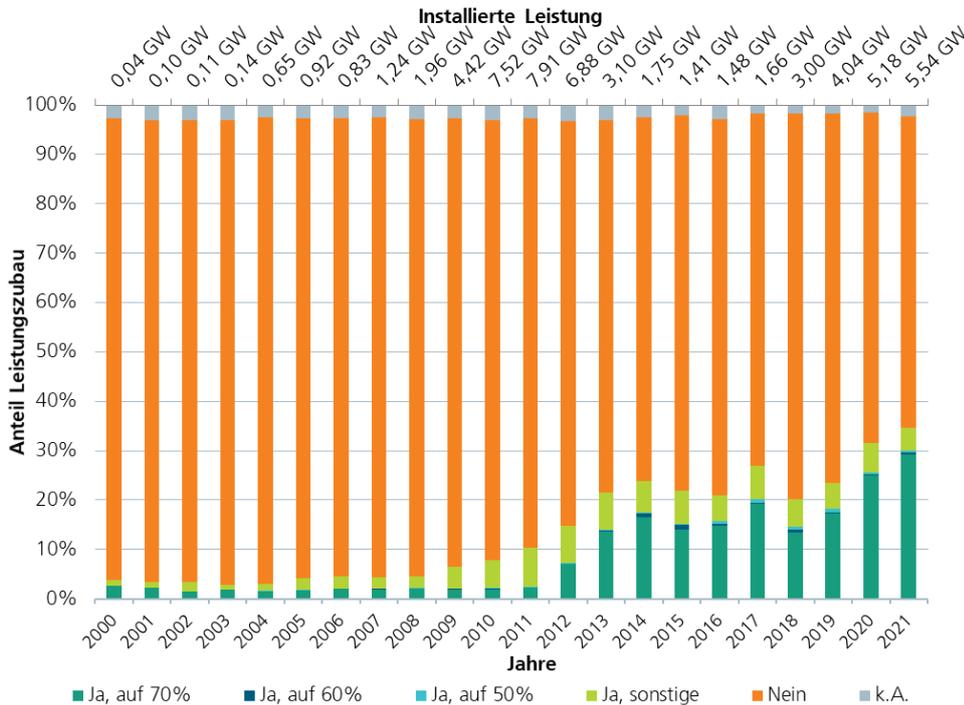


Abb. 06 Relative Anteile der Leistungsbegrenzungskategorien am Leistungszubau in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.4 Ausrichtung

3.4.1 Relativer Anteil der Ausrichtungen von PV-Anlagen am Anlagenzubau

In Abbildung 5 sind die Anteile der Ausrichtungen in die verschiedenen Himmelsrichtungen am jährlichen Anlagenzubau dargestellt. Erwartungsgemäß ist der Anteil der Richtung Süden ausgerichteten Anlagen in allen Jahren am höchsten, da diese Himmelsrichtung für die Erzeugung von Solarstrom besonders geeignet ist. Bis einschließlich 2011 wurden jedes Jahr mehr als die Hälfte aller neu installierten Anlagen in Himmelsrichtung Süden gebaut wurden. Seither nimmt der Anteil dieser Himmelsrichtung jedoch stetig ab und betrug im Jahr 2021 nur noch 41,9%. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch den Rückgang der Anlagenpreise auch Anlagen mit suboptimaler Ausrichtung und entsprechend niedrigerem Ertrag wirtschaftlich realisierbar werden.

Während Anlagen mit Süd-West und Süd-Ost Ausrichtung ihren Anteil am jährlichen Anlagenzubau zunächst bis 2012 ausbauten, geht deren Anteil seitdem ähnlich wie die Südausrichtung stetig zurück. 2021 wurden 12,7% aller Anlagen mit Süd-Ost und 18,2% aller Anlagen mit Süd-West Ausrichtung installiert. Alle anderen Ausrichtungen konnten ihren Anteil stetig ausbauen. Vor allem die Ost-West Ausrichtung konnte seit 2020 ihren Anteil sprunghaft ausbauen (von 6,9% in 2019 auf 10,4% in 2020 und 10,8% in 2021). Im Jahr 2021 betragen die Anteile der neu installierten PV-Anlagen 0,74% für Nordausrichtung, 0,9% für Nord-Ostausrichtung, 5,5% für Ostausrichtung, 7,5% für Westausrichtung, 0,8% für Nord-Westausrichtung und 10,8% für Ost-Westausrichtung.

Die möglichen Ertragseinbußen durch eine von Süden abweichende Ausrichtung sind stark vom Neigungswinkel abhängig. Wird dieser optimiert (abhängig von Himmelsrichtung und Breitengrad) können hierdurch die Ertragseinbußen reduziert werden und liegen in der Regel zwischen 5 und 10%. Für Anlagen die in Richtung Norden ausgerichtet sind, können die Ertragseinbußen jedoch auch bei optimalem Neigungswinkel bis zu 50% gegenüber einer Südausrichtung betragen [5]. Trotz der Ertragseinbußen ist die Diversifikation der Ausrichtung von PV-Anlagen gewinnbringend, da die Stromerzeugung hierdurch besser über den Tag verteilt wird.

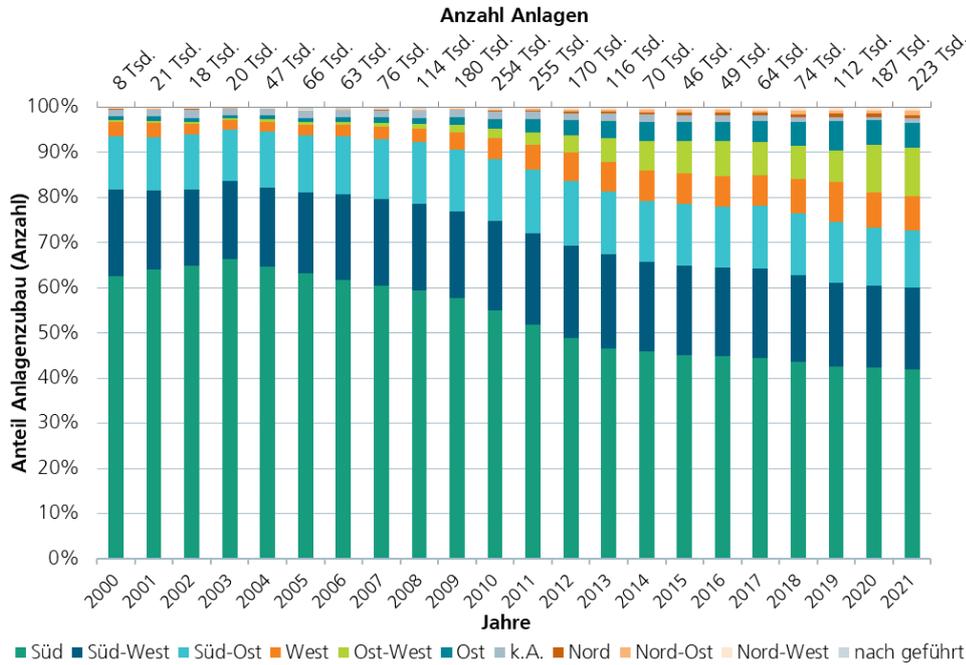


Abb. 07 Relative Anteile der verschiedenen Ausrichtungen am Anlagenzubau (Anlagenanzahl) in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.4.2 Relativer Anteil der Ausrichtungen von PV-Anlagen am Leistungszubau

Wie sich die jährlich installierte Leistung auf die verschiedenen Himmelsrichtungen aufteilt, ist in Abbildung 8 dargestellt. Auch hier lässt sich ein abnehmender Trend der Südausrichtung erkennen. Jedoch ist dieser deutlich geringer als in Bezug auf die installierten Anlagen. Die Südlage erreichte im Jahr 2003 mit 68,9% ihren maximalen Anteil. Im Jahr 2021 betrug der Leistungsanteil mit Südausrichtung 55,2%. Die anderen Himmelsrichtungen konnten somit ihren Anteil von 37% im Jahr 2000 auf 44,8% im Jahr 2021 ausbauen. Besonders West-, Ost-West- und Ostanlagen konnten ihren Anteil an der installierten Leistung vervielfachen (Im Jahr 2021: Westausrichtung 5,0%, Ost-Westausrichtung 13,0% und Ostanlagen 4,0%). Die restlichen Himmelsrichtungen blieben in ihren Anteilen recht konstant.

Die beschriebenen Zahlen lassen darauf schließen, dass Großanlagen (z.B. auf Gewerbedächern und Freiflächenanlagen) häufiger optimal Richtung Süden ausgerichtet werden als kleine Anlagen. Da kleine Anlagen vor allem auf Wohngebäuden installiert werden, ist deren Ausrichtung an die Gegebenheiten des Hauses gebunden und daher weniger flexibel als die Gestaltung von Großprojekten, die häufiger auf großen, ebenen Flächen realisiert werden, auf denen die Ausrichtung ohne größere Hindernisse optimal vorgenommen werden kann.

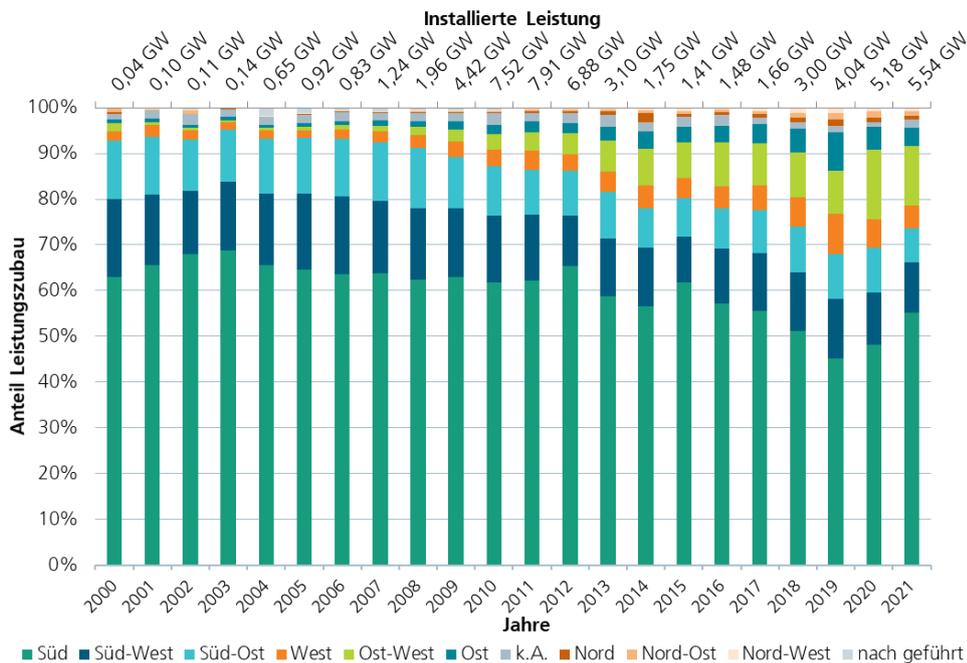


Abb. 08 Relative Anteile der verschiedenen Ausrichtungen am Leistungszubau in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.5 Neigungswinkel

3.5.1 Relative Anteile der Neigungswinkel von PV-Anlagen am Anlagenzubau

Anlagen mit einem Neigungswinkel zwischen 20 und 40 Grad machen über den gesamten Betrachtungszeitraum mehr als 50% der installierten Anlagen aus (siehe Abbildung 9). Im Jahr 2021 betrug der Anteil dieser Anlagen am Anlagenzubau 57%. Einen steileren Neigungswinkel (40-60 Grad) hatten nur rund 21% der 2021 zugebauten Anlagen.

Der Anteil der PV-Anlagen mit flachem Neigungswinkel ist zwischen 2000 und 2021 deutlich angestiegen (5,5% in 2000, 18,9% in 2021). Allerdings ist der Anteil dieser Anlagen in 2021 das zweite Jahr in Folge wieder etwas gesunken. Sein Maximum erreichte er in 2019 mit 24,3%.

Für den Anteilszuwachs von Anlagen mit flachen kommen verschiedene Gründe in Frage: Ertragsoptimierung bei Ost-Westanlagen, die vermehrt installiert wurden; Erzielung höherer Packungsdichten sowie Verringerung der Traglast bei Wind; Bei PV-Freiflächenanlagen können durch flachere Neigungswinkel die Abstände zwischen den Reihen, sowie die Eigenverschattung durch andere Modulreihen reduziert werden. Kaum verändert hat sich der Anteil der fassadenintegrierten Anlagen am Anlagenzubau. Ihr Anteil beträgt durchschnittlich < 1% am Anlagenzubau.

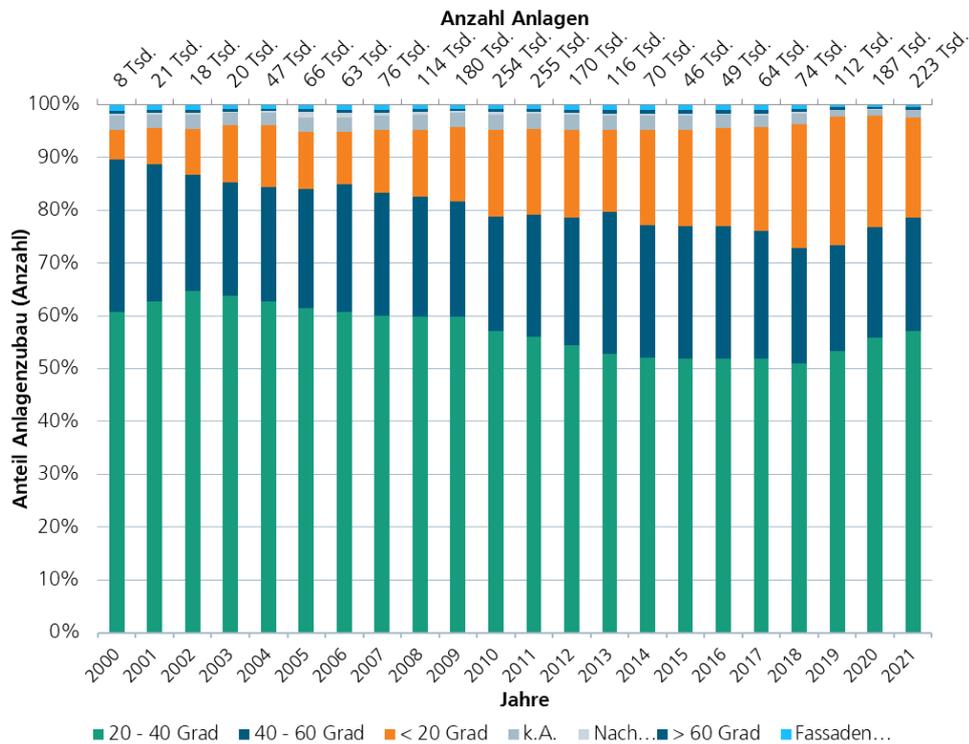


Abb. 09 Relative Anteile verschiedener Neigungswinkel von PV-Anlagen am Anlagenzubau (Anlagenanzahl) in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

3.5.2 Relative Anteile der Neigungswinkel von PV-Anlagen am Leistungszubau

In Abbildung 10 sind die Anteile verschiedener Neigungswinkel am Leistungszubau dargestellt. Es wird deutlich, dass flache Neigungswinkel ihren Anteil über den Betrachtungszeitraum deutlich ausgebaut haben (von 10,9% im Jahr 2000 über 58% im Jahr 2019 auf 47,9% im Jahr 2021). Da der Anteil dieser Anlagen in Bezug auf dem Anlagenzubau deutlich geringer ist, lässt sich schlussfolgern, dass es sich bei Anlagen mit diesen Neigungswinkeln vor allem um Großanlagen wie Freiflächenanlagen handeln muss. Mögliche Vorteile bei Freiflächenanlagen flache Neigungswinkel zu verwenden, wurden bereits in Kapitel 3.9 dargelegt. Allerdings zeigt sich auch in Bezug auf die Leistung, dass sich der Anteil der Anlagen mit Neigungswinkeln <20 Grad das zweite Jahr in Folge reduziert hat.

Anlagen mit Neigungswinkeln zwischen 20 und 60 Grad zeigen gegenteilige Entwicklungen auf. Obwohl bis 2015 mehr als die Hälfte aller jährlich installierten Leistung mit einem Winkel zwischen 20 und 60 Grad installiert wurde, nahm der Anteil dieser Anlagen zunächst zwischen 2000 und 2019 immer weiter ab. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass vor allem kleinere Anlagen (z.B. auf Dächern von Ein- und Mehrfamilienhäusern) mit diesen Neigungswinkeln installiert werden. Seit 2020 nehmen Anlagen mit diesen Neigungswinkeln jedoch wieder leicht zu. Ihr Anteil betrug 2021 49,7%.

Fassadenintegrierte PV-Anlagen tragen kaum zur neuinstallierten Leistung bei (2021 ca. 0,1%).

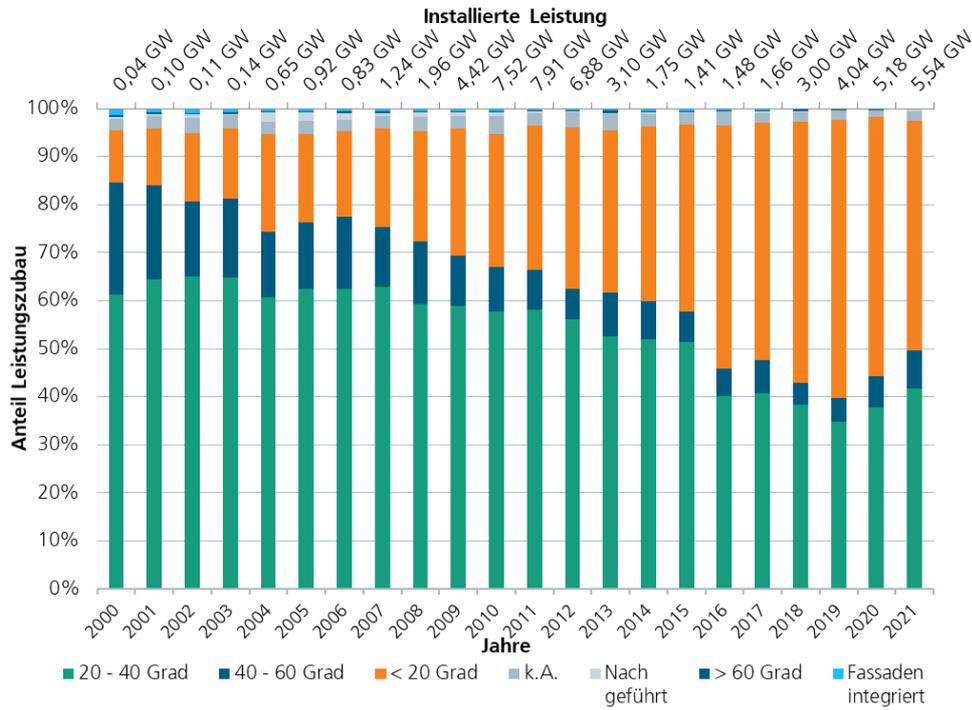


Abb. 10 Relative Anteile verschiedener Neigungswinkel von PV-Anlagen am Leistungszubau in den Jahren 2000 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

Batteriespeicher werden in Deutschland vor allem in Kombination mit PV-Anlagen eingesetzt. Ziel der Nutzung ist es die Selbstverbrauchsquote zu steigern und größere Netzautarkie zu erlangen. Unter aktuellen Markt- und Preisbedingungen führt der Einsatz von Batteriespeichern in Kombination mit PV-Anlagen meist nicht zu einer höheren Wirtschaftlichkeit als bei einem PV-System ohne Batteriespeicher. Batteriespeicher werden jedoch auch für andere Zwecke eingesetzt wie zum Beispiel, um Netzschwankungen kurzfristig ausgleichen zu können und für die Spitzenlastkappung. Diese Anwendungen spielen insbesondere im Gewerbebereich eine Rolle.

Im Folgenden werden die relativen Anteile unterschiedlicher Kapazitätsklassen am Batteriespeicherzubau in Deutschland untersucht, um zu verstehen welche Typen von Batteriespeichern hierzulande besonders häufig installiert werden. Dafür werden die Anlagenstammdaten aus dem Marktstammdatenregister nach Inbetriebnahmejahr und Speicherkapazität ausgewertet. Die Anzahl der Anlagen je Kapazitätsklasse werden ins Verhältnis gesetzt zur Gesamtanzahl, der im jeweiligen Jahr neu in Betrieb genommenen Anlagen. Für die Aufstellung bezogen auf die Speicherkapazität der Anlagen wird analog vorgegangen.

Zu den Auswertungen in diesem Kapitel ist einschränkend zu sagen, dass eine kürzlich veröffentlichte Studie ergeben hat, dass im MaStR bisher ein Untererfassung von Batteriespeichersystemen vorliegt. Legt man die in der Studie veröffentlichten geschätzten Gesamtwerten zugrunde, liegt die Untererfassung bei rund 23,7% bezüglich der kumulierten Speicherkapazität des Bestands der Batteriespeicher \leq 30 kWh. Im Bereich der Anlagen zwischen 30 kWh und 1000 kWh ist die Abdeckung am besten. Hier liegt eine leichte Übererfassung von 2,7% vor. Bei Großspeichern \geq 1000 kWh liegt die Untererfassung der kumulierten Speicherkapazität im MaStR bei 14,1% [1].

4.1 Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Anlagenzubau

Der jährliche Zubau von Batteriespeicher in Deutschland hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Von 2019 auf 2020 konnte sich der Anlagenzubau verdoppeln (2019: 42.133, 2020: 85.779) und legte auch im Jahr 2021 wieder deutlich zu. Ende 2021 waren in Deutschland insgesamt 326.048 Batteriespeicher installiert, wovon mehr als ein Drittel 2021 neu hinzukam. Mögliche Gründe für dieses starke Wachstum sind einerseits die gefallen Preise für Batteriespeichersysteme sowie gleichzeitig steigende Strompreise. Hohe Strompreise machen den Einsatz von Batteriespeichern beim Besitz einer PV-Anlage attraktiver, da so höhere Eigenverbrauchsquoten erzielt werden können.

Über alle betrachteten Jahre hinweg haben die meisten neu in Betrieb genommenen Batteriespeicher eine Kapazität von bis zu 20 kWh. Größere Batteriespeicher mit mehr als 30 kWh Speicherkapazität werden hingegen nur selten installiert. Ihr Anteil beträgt über alle Jahre (2014 – 2021) durchschnittlich 0,8%.

Im Zeitraum 2014-2021 ist der Anteil der jährlich installierten Batteriespeicher mit geringer Kapazität (\leq 5kWh) immer weiter zurückgegangen. In den ersten Jahren lag der Anteil dieser Anlagen bei rund 39,9%. Im Jahr 2021 erreichten sie jedoch nur noch einen Anteil von rund 13,8%. Batteriespeicher mit einer Kapazität zwischen 5 kWh und 10 kWh konnten ihren Anteil zunächst bis 2016 ausbauen, seitdem hat sich ihr

Anteil am jährlichen Zubau jedoch bei ca. 60% stabilisiert. Sie machen über alle Jahre den größten Anteil am Zubau aus. Seit 2016 anwachsend ist der Anteil der größeren Batteriespeicher zwischen 10 kWh und 20 kWh. Ihr Anteil betrug im Jahr 2021 24,4%. Dies beträgt gegenüber 2016 einem Zuwachs von 17 Prozentpunkten. Andere Kapazitätsklassen fallen über alle Jahre hinweg kaum ins Gewicht.

Auswertung
Batteriespeicherzubau

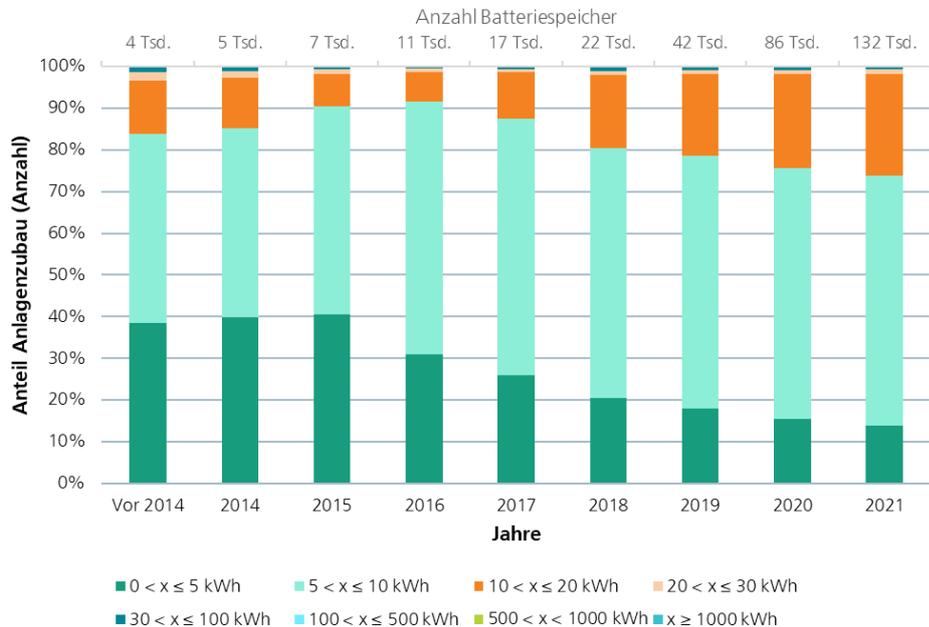


Abb. 11 Relative Anteile verschiedener Kapazitätskategorien von Batteriespeichern am Anlagenzubau (Anlagenanzahl) von vor 2014 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

4.2 Relativer Anteil bestimmter Kapazitätskategorien am Kapazitätszubau

In Deutschland waren Ende 2021 Batteriespeicher mit einer Gesamtkapazität von 3.521 MWh installiert. Wird die jährliche Installation von Batteriespeichern in Bezug auf deren Speicherkapazität betrachtet, sind deutliche Unterschiede von der Betrachtung in Bezug auf die Anlagenanzahl zu erkennen (siehe Kapitel 4.1). Obwohl es Stand Ende 2021 nur 89 Großspeicher mit einer Kapazität von mehr als 1000 kWh in Deutschland gibt, machen diese in ihren Inbetriebnahmejahren einen beträchtlichen Anteil der installierten Speicherkapazität aus. Den größten Anteil am Kapazitätszubau hatten sie im Jahr 2016 mit 62,8%. Zwischen 2014 und 2021 lag ihr Anteil bei durchschnittlich 27,2%, wobei eine starke Schwankung der Anteile zu verzeichnen ist.

Parallel zum sinkenden Anteil der kleinen Anlagen (≤ 5 kWh) am Anlagenzubau, ging auch ihr Anteil an der zugebauten Speicherkapazität ab 2016 zurück und liegt 2021 bei ca. 7%. Hingegen haben Anlagen zwischen 5 kWh und 10 kWh einen besonders großen Anteil am Kapazitätszubau. Dieser lag (mit Ausnahme 2016) zwischen 2014 und 2021 bei durchschnittlich 40,3%. Einen stark wachsenden Anteil am Kapazitätszubau verzeichnen vor allem Batteriespeicher mit einer Kapazität zwischen 10 kWh und 20 kWh. Im Jahr 2021 erreichten sie einen Anteil von rund 32,8%. Andere Kapazitätsklassen haben nur einen sehr geringen Anteil am Kapazitätszubau.

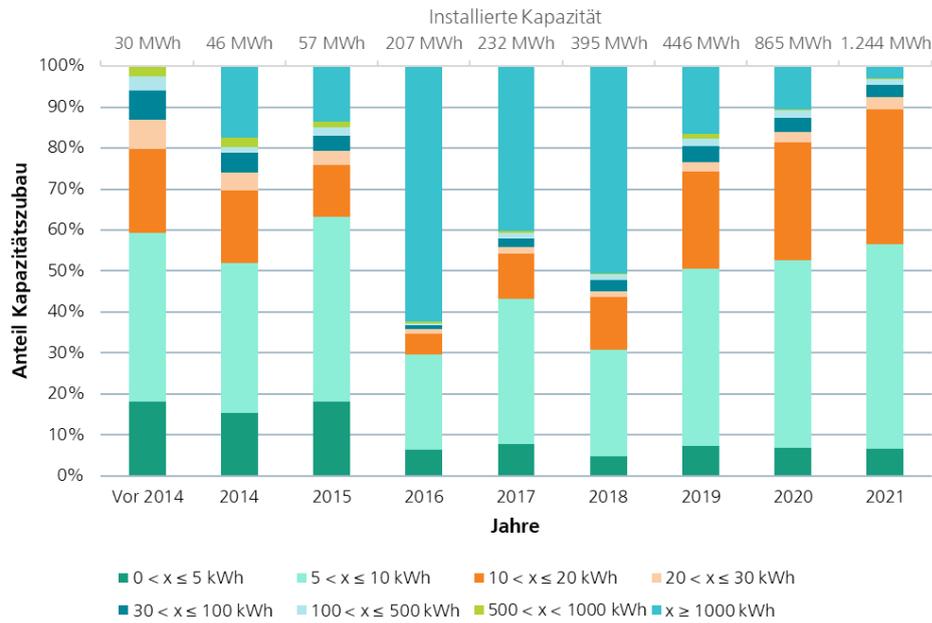


Abb. 12 Relative Anteile verschiedener Kapazitätskategorien von Batteriespeichern am Kapazitätszubau von vor 2014 bis 2021. Quelle: Eigene Berechnung auf Basis MaStR-Daten (Stand 31.01.2022), [2]

5 Quellenverzeichnis

- [1] J. Figgner *et al.*, *The development of battery storage systems in Germany - A market review (status 2022)*. [Online]. Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2203/2203.06762.pdf>
- [2] BNetzA, *Marktstammdatenregister (MaStR)*. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/> (accessed: Jan. 31 2022).
- [3] DWD, *Global Radiation in Germany: Average annual sums, period: 1981-2010*. [Online]. Available: https://www.dwd.de/EN/ourservices/solarenergy/maps_globalradiation_average.html
- [4] J. Weniger and V. Quaschnig, "Begrenzung der Einspeiseleistung von netzgekoppelten Photovoltaiksystemen mit Batteriespeichern: 28. Symposium Photovoltaische Solarenergie," Mar. 2013.
- [5] Bergner, Joseph, R. Hoelger, and B. Praetorius, "Der Markt für Steckersolargeräte 2022: Ergebnisse einer Erhebung und Befragung von Anbietern zu Marktvolumen, -struktur und -entwicklung in Deutschland," pp. 1–57, 2022. [Online]. Available: solar.htw-berlin.de/studien/marktstudie-steckersolar-2022/