

Analyse weltweiter Energiemärkte 2020

*Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für
Wirtschaft und Energie*



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Redaktion

Prognos AG, Basel

Stand

August 2020

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

iStock
DrAfter123 / Titel, S. 37
mathisworks / S. 43
Si-Gal / S. 12

Diese und weitere Broschüren erhalten Sie beim
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Referat Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice

Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Über diese Studie	6
1. Anwendungsfeld erneuerbare Energien	12
1.1 Solarenergie	13
1.2 Bioenergie	20
1.3 Windenergie	27
1.4 Wasserkraft	33
2. Anwendungsfeld Energieeffizienz	37
2.1 Gebäudeeffizienz	38
2.2 Industrieeffizienz	40
3. Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze	43
3.1 On-Grid-Länder	45
3.2 Off-Grid-Länder	47
4. Literaturverzeichnis	50
5. Anhang	55
Abbildungsverzeichnis	65
Tabellenverzeichnis	66

Zusammenfassung

In der vorliegenden Analyse zu weltweiten Energiemärkten erfolgt eine möglichst umfassende Bestimmung des Status quo sowie des Entwicklungspotenzials der Absatzmärkte für erneuerbare Energien, Energieeffizienz sowie energiebezogene Infrastruktur/Netze. Die Studie wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie durch die Prognos AG durchgeführt. In der diesjährigen Marktanalyse zeigt sich weiterhin in vielen Anwendungsfeldern eine hohe Dynamik. China war zwar, wie die letzten Jahre, das Land mit den absolut höchsten Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Hier ist seit zwei Jahren aber eine deutliche Verlangsamung in diesen beiden Bereichen festzustellen.

Im Jahr 2019 lag der weltweite Zubau neuer Kapazitäten zur erneuerbaren Stromerzeugung mit 200 GW installierter Leistung wiederum über dem letztjährigen Zubau. Die insgesamt installierte Leistung zur erneuerbaren Stromerzeugung lag damit Ende 2019 bei 2.558 GW. Den größten Anteil mit 57 Prozent hatte die Photovoltaik, gefolgt von Windkraft mit einem Anteil von 30 Prozent und Wasserkraft mit einem Anteil von 8 Prozent. Die gesamten Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung und Kraftstoffe lagen im Jahr 2019 bei 301,7 Milliarden US-Dollar.

Photovoltaik ist durch weiter sinkende Kosten weiterhin die am schnellsten wachsende Energietechnologie der Welt und es wurden 115 GW neue Leistung im Jahr 2019 installiert. Obwohl China absolut den größten Anteil daran hatte, sank der chinesische Zubau im Vergleich zum Vorjahr zum zweiten Mal deutlich. Dieser Rückgang konnte jedoch insbesondere durch die starken Wachstumsraten in der Europäischen Union und den USA überkompensiert werden. Bei Niedertemperatur-Solarthermie-Anlagen kam es dagegen zum ersten Mal zu einem Rückgang der insgesamt installierten Leistung auf nur noch 479 GW_{th} am Ende des Jahres 2019.

Nach drei Jahren mit sinkenden Zubauzahlen wurden im Jahr 2019 wieder deutlich mehr Onshore-Windenergieanlagen errichtet. Treiber für den starken Ausbau in den größten nationalen Märkten China und den USA waren unter anderem Vorzugseffekte, da Änderungen von Fördersystemen angekündigt sind. Inzwischen werden in den meisten anderen Ländern fast ausschließlich marktbaserte Instrumente für die Förderung des Ausbaus der Onshore-Windenergie eingesetzt. Der Bereich der Offshore-Windenergie konnte im Jahr 2019 wie bereits in den Vorjahren erneut ein starkes Wachstum beim Zubau verzeichnen. Potenziale zum Ausbau sind dabei stark auf einzelne Länder und Regionen beschränkt.

Der Zubau der Kapazitäten von festen Biomasseanlagen und Biogasanlagen hat im Vergleich zu Photovoltaik und Windenergie ein deutlich kleineres Volumen. In den letzten fünf Jahren herrschte die größte Dynamik in Asien, insbesondere in China und Indien. Daneben nahm der Zubau von Biomasseanlagen in Afrika, als Alternative zur Deponierung des biologischen Abfalls, zu. Ein wichtiges Thema bei der modernen Biomassenutzung ist die Nachhaltigkeit der Biomassegewinnung und des Biomassetransports.

Wasserkraft hat zwar weiterhin mit großem Abstand den höchsten Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung. Da viele Potenziale bereits genutzt werden und die durchschnittlichen Stromgestehungskosten seit den letzten Jahren leicht steigen, ist die Dynamik beim Zubau neuer Kapazitäten jedoch geringer geworden. Pläne für neue Projekte gibt es in erster Linie in Asien, Südamerika und Afrika.

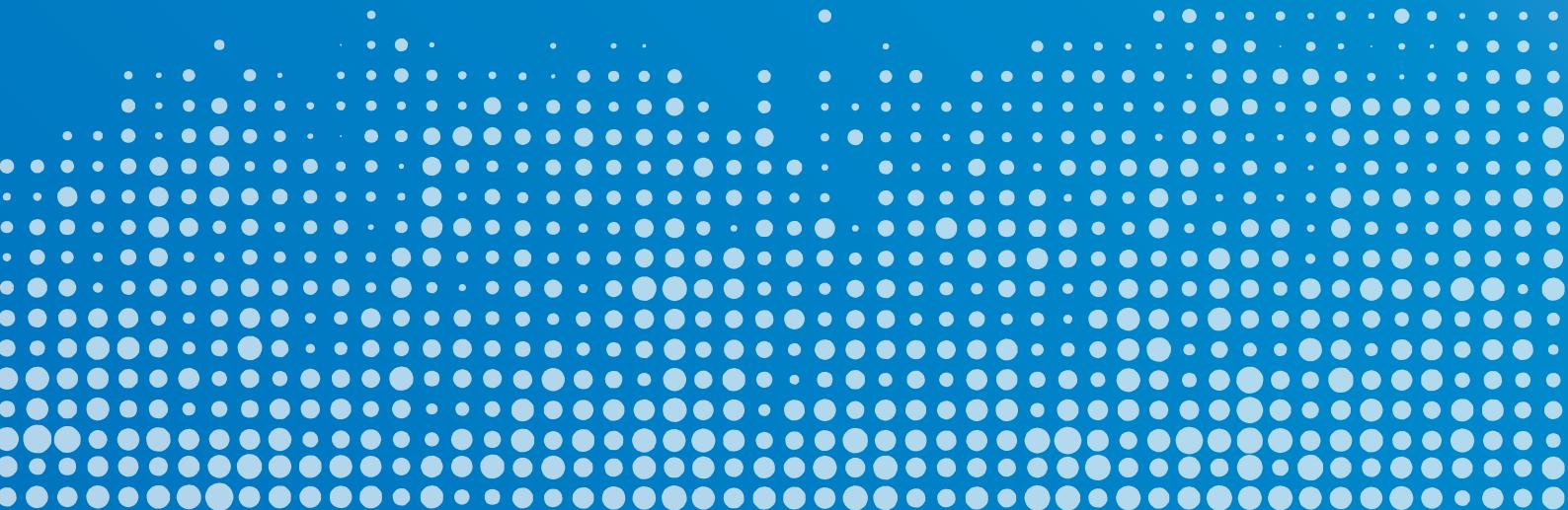
Im Jahr 2019 lag der Primärenergieverbrauch bei 14.400 Mtoe und stieg damit leicht um 0,9 Prozent. Dies verdeutlicht die große Bedeutung von Energieeffizienz. Die weltweite Energieintensität verbesserte sich im letzten Jahr um 2 Prozent,

war aber geringer als die durchschnittliche Verbesserung der Vorjahre mit 3,6 Prozent. Als Querschnittsthema rückt die Digitalisierung in den Fokus. Zum einen, da die Energieeffizienz digitaler Technologien weiter erhöht werden muss, zum anderen als Möglichkeit zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Im Gebäudebereich ist effiziente Klimatisierung ein wichtiges Zukunftsthema. Besonders für Schwellenländer mit einem hohen Klimatisierungsbedarf ergeben sich gute Marktchancen. In der Industrie gewinnt das Thema Dekarbonisierung an Bedeutung. Die Dynamik der Industrieefizienz nahm in den letzten Jahren, besonders in China und USA, jedoch ab. Hier sind weitere verpflichtende Effizienzstandards und Einsparprogramme entscheidend zur Hebung der Effizienzpotenziale.

Die weltweite Elektrifizierungsrate steigt weiter kontinuierlich an. Trotzdem haben weiterhin 860 Millionen Menschen, besonders in Subsahara-Afrika, keinen Zugang zu Elektrizität. Für diese Länder sowie Regionen in Südasien, Süd- und Mittelamerika sind Off-Grid-Lösungen bedeutend. Nachhaltig sind v.a. dezentrale Erneuerbare-Energien-Systeme, die komplett ohne Netzanschluss oder als Inselnetze ausgeführt werden. Gerade Solaranlagen und -systeme konnten im letzten Jahr weiter stark wachsen. Dies liegt daran, dass Off-Grid-Lösungen inzwischen in vielen Ländern Teil von Elektrifizierungsstrategien sind, sowie an günstigen Rahmenbedingungen und stark fallenden Kosten. Der Marktausblick ist daher für Off-Grid-Solaranlagen sehr positiv.

In Ländern mit einer hohen Elektrifizierungsrate ist die Umstellung auf eine komplett erneuerbare Stromerzeugung die Hauptherausforderung. Dabei schreitet die Integration volatiler Erzeugung weiter voran: In vier Ländern, Uruguay, Irland, Deutschland und Portugal, liegt die Stromerzeugung aus Wind und PV bereits um die 30 Prozent, in Dänemark sogar bei knapp 60 Prozent. Für die Integration spielt der Ausbau von Übertragungs- und Verteilnetzen eine wichtige Rolle. Außerdem sind die Anpassung des Verbrauchs, ein passendes Marktdesign und Speichermöglichkeiten entscheidend. Als Speicher sind neben Pumpspeicherkraftwerken v.a. elektrische Batterien und zukünftig Wasserstoff bedeutend. Insgesamt ergeben sich für dieses Anwendungsfeld ebenfalls gute Marktchancen. Neben großen Märkten in den USA, China und Indien ist dies für kleinere Länder mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien der Fall.

Über diese Studie



Hintergrund

In der vorliegenden Studie wird zwischen vier Anwendungsfeldern unterschieden. Im Anwendungsfeld erneuerbare Energien werden insgesamt sieben Technologien untersucht:

- Solarenergie (Photovoltaik und Solarthermie)
- Bioenergie (feste Biomasse und Biogas)
- Windenergie (Onshore und Offshore)
- Wasserkraft

Aufgrund fehlender Daten konnte in diesem Jahr keine Auswertung für Geothermie durchgeführt werden.

Die Bewertung des jeweiligen Landes erfolgt auf der Basis von qualitativen Kategorien. Je nach Marktreife und -dynamik können die Länder etablierte Märkte (Kategorie „A“), Wachstumsmärkte (Kategorie „B“), Zukunftsmärkte (Kategorie „C“) oder Nischenmärkte (Kategorie „D“) sein.

Ebenfalls analysiert werden die Anwendungsfelder Energieeffizienz in der Industrie, Energieeffizienz im Gebäudesektor und energiebezogene Infrastruktur/Netze. In diesen Anwendungsfeldern erfolgt die Einordnung der jeweiligen Märkte bzw. Länder mittels eines quantitativen Bewertungssystems: Auf der Basis einer Reihe von Indikatoren (wie z.B. Bruttowertschöpfung pro Energieverbrauch oder der ländlichen Elektrifizierungsrate) werden den Ländern Punktwerte zugeordnet. Länder mit einer insgesamt hohen Punktzahl sind besonders relevant und bieten mittelfristig gute Perspektiven als potenzielle Absatzmärkte für deutsche Unternehmen aus dem Bereich klimafreundlicher Energielösungen.

Auswahl der Daten und Länder

Das allgemeine Ziel der vorliegenden statistischen Auswertung besteht darin, für möglichst viele Länder weltweit die Attraktivität für exportorientierte deutsche Unternehmen aus dem Bereich der klimafreundlichen Energielösungen zu ermitteln. Wichtig ist hierfür, die Auswertung auf Basis eines aktuellen, konsistenten und in sich vergleichbaren Datensatzes durchzuführen. Es werden dementsprechend vorrangig solche Daten verwendet, die für möglichst viele Länder aus derselben Datenquelle vorliegen. Hierdurch wird die Vergleichbarkeit der Länderdaten sichergestellt, die Zahl der verwendbaren Indikatoren verringert sich jedoch hierdurch. Zudem ist bei der Auswahl der statistischen Größen darauf zu achten, dass sie nicht untereinander korrelieren, da der Auswertung ansonsten keine neuen Informationen hinzugefügt werden.

Die beiden internationalen Organisationen „International Energy Agency“ (IEA) und „International Renewable Energy Agency“ (IRENA) bieten eine gute und breite Datengrundlage für viele Länder. Es liegen für etwas mehr als 130 Länder Statistiken zur installierten Leistung und Stromerzeugung im Bereich erneuerbare Energien bis 2018 vor. Länder, die aktuell eine instabile politische Situation aufweisen, wurden von der Analyse ausgeschlossen (u.a. Syrien, Irak). Im Ergebnis umfasst die Auswertung 127 Länder, wobei nicht in jedem Anwendungsfeld für jedes Land entsprechende Daten vorliegen.

Vorgehensweise erneuerbare Energien

Im Anwendungsfeld erneuerbare Energien werden die Länder einem qualitativ-deskriptiven Kategoriensystem zugeordnet. Dieses Kategoriensystem, welches von der Exportinitiative Energie

erstellt wurde, weist den Ländern – bezogen auf den aktuellen Stand – eine bestimmte Marktreife hinsichtlich der jeweiligen Technologie zu:

- **Marktkategorie A**

etablierte, große Märkte mit hohem Durchdringungsgrad der jeweiligen Technologie, geringe Zuwachsraten

- **Marktkategorie B**

neue Märkte mit starkem Wachstum in den letzten Jahren, eine relevante Marktgröße ist bereits gegeben

- **Marktkategorie C**

Märkte, die Potenzial für ein großes Wachstum aufweisen, aber aktuell noch eine geringe Marktbedeutung und geringe Wachstumsraten haben

- **Marktkategorie D**

Nischenmärkte, ein signifikantes Marktpotenzial ist höchstens in Teilsegmenten gegeben, insgesamt geringe Dynamik

Um die Länder je Technologie einer Marktkategorie zuzuordnen, wurde in einem ersten Schritt ein Set an Variablen festgelegt, welches die qualitativen Marktbeschreibungen in quantitativ messbare (und statistisch vorliegende) Größen übersetzt. Nach umfangreichen Tests haben sich je Technologie folgende fünf Variablen im Ergebnis bewährt:

- die installierte Leistung im Jahr 2016, abgekürzt MW, als Indikator für die absolute Marktgröße
- die Veränderung der installierten Leistung in den Jahren 2013 bis 2018, abgekürzt dMW, um die Dynamik des Marktes zu beschreiben (geglättet mittels eines HP-Filters)

- der Anteil an der gesamten Strom- oder Wärmeerzeugung des jeweiligen Landes im Jahr 2017, abgekürzt %GWh, um zu beschreiben, wie sehr eine Technologie in dem betrachteten Land etabliert ist
- der Gesamtregulierungsindex der Worldwide Governance Indicators im Jahr 2018, abgekürzt WGI, um die institutionellen Rahmenbedingungen zu bewerten
- die Bevölkerungsanzahl im Jahr 2018, abgekürzt Pop, ebenfalls als Indikator für die absolute Marktgröße und das Wachstumspotenzial

Im zweiten Schritt werden die Länder anhand der Ergebnisse für jede Variable in Gruppen eingeteilt. Diese Zuordnung erfolgt auf Basis von gesetzten Werten für sogenannte Perzentile (prozentuale Anteile). Ein Perzentilwert von 25 beispielsweise ist derjenige Wert in der vorliegenden Verteilung der Länderwerte, der ein Viertel der Länder unterhalb und die restlichen 75 Prozent der Länder entsprechend oberhalb des Perzentilwertes einordnet. Bezogen auf die Marktkategorien werden etwa diejenigen Länder, bei denen der Wert für die Variable „Veränderung der installierten Leistung“ oberhalb des 25. Perzentils liegt, für diese Variable der Marktkategorie B zugeordnet. Drei Viertel der Länder sind dann für diese Variable in dieser Kategorie enthalten. Für die finale Zuweisung einer Marktkategorie müssen alle fünf Variablenbedingungen entsprechend erfüllt sein (z.B. muss für alle fünf Variablen eine Zuordnung der Marktkategorie B vorliegen).

Werden die Perzentilgrenzen zu eng gesetzt, kann das Bewertungssystem nur wenige Länder einer Marktkategorie zuordnen. Zugleich muss die logische Unvereinbarkeit zwischen den Marktkategorien sichergestellt sein (i.e. ein Land kann nicht zugleich A- und C-Land sein). Da vergleichs-

Tabelle 1: Perzentile für Länderzuordnungen

Marktkategorie	MW	dMW	%GWh	WGI	Pop
A	0–75	25–100	50–100	25–100	0–100
B	75–100	25–100	0–75	25–100	0–100
C	0–25	0–25	0–25	0–50	25–100
D	0–25	0–25	0–25	0–50	0–25

Quelle: Prognos AG

Tabelle 2: Datenverfügbarkeit und Erfassungsquote erneuerbare Energien

Technologie	Länder mit Daten	Kategorisierte Länder	Erfassungsquote
Photovoltaik	128	86	67 %
Solarthermie	52	42	81 %
Feste Biomasse	90	64	71 %
Biogas	83	60	72 %
Onshore-Wind	100	76	76 %
Offshore-Wind	15	11	73 %
Geothermie	117	72	62 %
Wasserkraft	128	86	67 %

Quelle: Prognos AG

weise viele Länder zwischen den Kategorien A und B liegen, wurde zusätzlich eine Zwischenkategorie AB eingeführt. Im Ergebnis kann dieses Zuordnungssystem Länder, für welche entsprechende Statistiken vorliegen, mit Erfassungsquoten von mehr als 60 Prozent einer der fünf Marktkategorien zuweisen (siehe Tabelle 2).

Vorgehensweise Industrie- und Gebäudeeffizienz

Eine Einordnung in die qualitativen Marktkategorien ist im Anwendungsfeld Industrie- und Gebäudeeffizienz nicht sinnvoll, da der Unterschied in der Marktreife der Länder sehr fließend

ist. Daher wird hier im Unterschied zum vorangegangenen Anwendungsfeld ein quantitatives Punktesystem verwendet, welches die Marktattraktivität der Länder auf einer Skala von 0 bis 100 wiedergibt.

Im Bewertungssystem für die Gebäudeeffizienz sollen der Idee nach alle Gebäudetypen erfasst werden. Da jedoch die Datenlage für Wohngebäude sehr lückenhaft ist, können diese nicht in die Analyse einbezogen werden. Daher wird unterstellt, dass die gesamte Gebäudeeffizienz stark mit der Effizienz im Dienstleistungssektor, für den detailliertere Daten vorliegen, korreliert. Diese Annahme ist plausibel, da der Energieverbrauch im Dienstleistungsbereich ähnlich wie bei Wohngebäuden hauptsächlich für Heizung,

Klimatisierung und Stromanwendungen (IT, Licht) verwendet wird. Diese positive Korrelation zeigt sich in denjenigen Ländern, für die entsprechende Daten vorliegen. Das Hinzufügen der Wohngebäudeeffizienz zum Bewertungssystem würde daher die Bewertung der Länder im internationalen Vergleich nur geringfügig beeinflussen, jedoch die Anzahl der analysierbaren Länder deutlich verringern.

Für die Analyse werden folgende vier Variablen verwendet:

- der spezifische Energieverbrauch, berechnet aus dem Endenergieverbrauch pro Brutto-wertschöpfung im Industrie- und Dienstleis-tungssektor im Jahr 2017, abgekürzt MJ_VA, um den Stand der Energieeffizienz zu bewerten
- die Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs in den Jahren 2012 bis 2017, abge-kürzt dMJ_VA, als Indikator für die Dynamik im Bereich der Energieeffizienz (geglättet mit-tels eines HP-Filters)
- das Niveau der Wertschöpfung im Jahr 2017, abgekürzt VA, um die Größe des potenziellen Marktes zu bestimmen
- das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf im Jahr 2017, abgekürzt BIPpC, als Indikator dafür, wie einfach Investitionen in Effizienz finan-ziert werden können („je höher die Wirt-schaftsleistung pro Kopf, desto eher können Investitionen finanziert werden“)

Je Variable werden für jedes Land Punkte von 0 bis 100 verteilt. Der jeweilige Wert eines Landes ermittelt sich dabei in Relation zu den lokalen Minima und Maxima aller Länderwerte; d.h. das Land, das bei einer Variablen den absolut höchsten Wert hat, erhält 100 Punkte, das Land mit dem niedrigsten Wert 0 Punkte. Den übrigen Ländern werden anhand ihres Variablenwertes Punkte zwischen 0 und 100 zugeteilt. Anschlie-

ßend werden die einzelnen Variablen gewichtet. Im Anwendungsfeld Industrie- und Gebäude-effizienz zählen alle Variablen gleich stark, die Gewichtung ist daher für alle vier Variablen 25 Prozent. Aus den gewichteten Variablen wird eine Gesamtpunktzahl, ebenfalls zwischen 0 und 100, gebildet. Die Länder mit der höchsten Ge-samtpunktzahl weisen das höchste Potenzial für den entsprechenden Bereich auf.

Vorgehensweise Infrastruktur/Netze

Auch im Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze erfolgt die Einordnung der Länder mittels eines quantitativen Punktesystems. In einem ersten Schritt werden die Länder hinsichtlich ihres Aus-baustandes des Stromleitungsnetzes in zwei Gruppen aufgeteilt: On-Grid- und Off-Grid-Län-der. Die erste Gruppe umfasst Länder, in denen ein sehr großer Anteil der Bevölkerung Zugang zu Elektrizität hat, dazu zählen im Wesentlichen die Schwellen- und Industrieländer (88 Länder). In diesen On-Grid-Ländern ist die Bedeutung der fluktuierenden Stromerzeugung (Windkraft und Photovoltaik) ein wichtiger Indikator, der auf eine hohe Dynamik in den Märkten zur Energieverteilung, -übertragung und -speiche- rung, wie z. B. intelligente Übertragungs- oder Verteilnetze, schließen lässt. Für die On-Grid-Länder werden insgesamt sechs Variablen heran-gezogen:

- der Anteil der fluktuierenden Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik an der ge-samten Stromerzeugung im Jahr 2017, abge-kürzt %FlukStrom, als Indikator für den Bedarf an Flexibilität, Netzen und Speichern
- die Veränderung des Anteils der fluktuieren-den Stromerzeugung in den Jahren 2012 bis 2017, abgekürzt d%FlukStrom, um die Dyna-mik beim Bedarf nach zusätzlicher Infra-struktur anzuzeigen (geglättet mittels eines HP-Filters)

- der Anteil von Importgütern der Elektrizitätsverteilung an den Gesamtimporten im Jahr 2017, abgekürzt %Imp, als Indikator für die aktuelle Marktgröße
- die Veränderung dieses Anteils in den Jahren 2012 bis 2017, abgekürzt d%Imp, um die Dynamik in diesem Marktsegment in den letzten Jahren zu beschreiben (geglättet mittels eines HP-Filters)
- das Bruttoinlandsprodukt absolut im Jahr 2018, abgekürzt BIP, als Indikator für die Wirtschaftskraft
- das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf im Jahr 2018, abgekürzt BIPpC, als Indikator dafür, wie leicht Investitionen in neue Technologien finanziert werden können

Die ersten vier energiespezifischen Variablen werden stärker gewichtet und gehen mit einem Anteil von je 20 Prozent in die Gesamtpunktzahl ein. Der Anteil der beiden BIP-Variablen beträgt jeweils 10 Prozent. Auch hier resultiert wieder eine Gesamtpunktzahl, welche zwischen 0 und 100 liegen kann. Wiederum sind die Länder mit einer hohen Punktzahl besonders interessante Märkte für deutsche Unternehmen.

Der zweiten Ländergruppe Off-Grid, in denen ein erheblicher Teil der ländlichen Bevölkerung keinen Zugang zu Elektrizität hat, wurden vor allem Entwicklungsländer zugeordnet (35 Länder). In diesen Ländern, in denen eine große Bevölkerungszahl ohne leitungsgebundene Stromversorgung und der Dieselpreis hoch ist, ist der Aufbau einer dezentralen erneuerbaren Stromversorgung attraktiv. Entsprechend sind diese beiden Größen wichtige Indikatoren für das Punktesystem der Off-Grid-Länder. Die

Datenlage fällt in diesen Ländern im Schnitt lückenhafter aus. Entsprechend ist die Anzahl der verwendeten Variablen geringer. Für die Berechnung des Punktewertes werden folgende vier Variablen verwendet:

- die absolute Anzahl der Bevölkerung ohne leitungsgebundene Stromversorgung im Jahr 2017, abgekürzt PopOffGrid, als Indikator für die absolute Marktgröße
- der absolute, durchschnittliche Dieselpreis im April 2020, abgekürzt PDiesel, um die Attraktivität einer erneuerbaren Energieversorgung zu bestimmen; Länder mit hohem Dieselpreis erhalten eine hohe Punktzahl
- die Veränderung des Importanteils von Gütern der Elektrizitätserzeugung an den Gesamtimporten in den Jahren 2012 bis 2017, abgekürzt d%Imp, um die Dynamik in diesem Marktsegment in den letzten Jahren zu beschreiben (geglättet mittels eines HP-Filters)
- das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf im Jahr 2018, abgekürzt BIPpC, als Indikator dafür, wie leicht Investitionen in neue Technologien finanziert werden können

Die drei erstgenannten Indikatoren werden als relevanter gewichtet und gehen mit jeweils 30 Prozent in die Gesamtpunktzahl ein, das BIP pro Kopf mit 10 Prozent. Die mögliche Gesamtpunktzahl liegt auch hier zwischen 0 und 100, die Länder mit den höchsten Punktzahlen sind die bedeutsamsten in diesem Bereich.

Im Anhang sind für die vier Anwendungsfelder die verwendeten Indikatoren inklusive Quellenangabe in einer tabellarischen Übersicht dargestellt.

1. Anwendungsfeld erneuerbare Energien



Im Jahr 2019 wurden weltweit über 200 GW neue Kapazitäten zur erneuerbaren Stromerzeugung installiert, die insgesamt installierte Leistung liegt damit bei 2.558 GW (REN21 2020). In diesem Kapitel werden sechs Technologien zur Stromerzeugung (Photovoltaik, feste Biomasse, Biogas, Onshore- und Offshore-Windkraft und Wasserkraft) und eine Technologie zur Wärmeerzeugung (Solarthermie) im Anwendungsfeld erneuerbare Energien betrachtet. Über diese Technologien wird im Folgenden ein Überblick über die Entwicklung der letzten Jahre gegeben und es werden die Ergebnisse der Marktanalyse je Technologie vorgestellt. Die detaillierten Ergebnisse für alle Technologien und betrachteten Länder finden sich im Anhang in Tabelle 14.

1.1 Solarenergie

Im folgenden Abschnitt wird der weltweite Markt für die Nutzung der Solarenergie durch die Technologien Photovoltaik (Solar-PV) zur Stromgewinnung und Solarthermie zur Wärmegewinnung betrachtet.

Der Marktbereich Solar-PV lässt sich in zwei Haupt-Anwendungsgebiete unterteilen: Freiflächen-PV, errichtet auf freien Feldern und meist im großen Maßstab mit mehr als 1 MW installierter Leistung, sowie Aufdachanlagen, angebracht auf Gebäuden im Bereich private Haushalte, Gewerbe oder Industrie und meist mit kleinerer installierter Gesamtleistung. Im Marktbereich Freiflächen-PV konnte im Jahr 2019 ein deutliches weltweites Wachstum erzielt werden.

Im Marktbereich Solarthermie geht es vorwiegend um die Bereitstellung von Warmwasser oder Raumwärme. Die eingesetzten Technologien sind hier sehr unterschiedlich, wobei der Markt weiterhin von drei unterschiedlichen Typen von Solarkol-

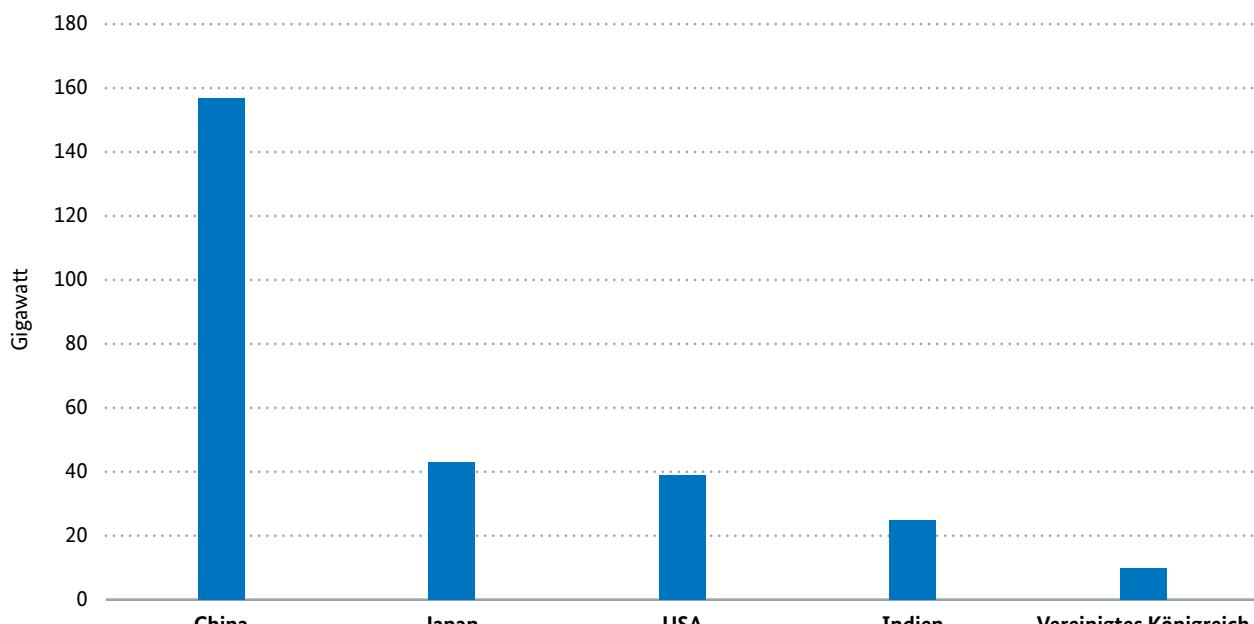
lektoren dominiert wird. In diesem Bereich wurde im Jahr 2019 erstmals ein Rückgang sowohl der weltweit neu installierten als auch der insgesamt in Betrieb befindlichen Leistung festgestellt.

1.1.1 Photovoltaik

Nach einem zuletzt nur leichten Wachstum der weltweit installierten Leistung von PV-Anlagen konnte im Jahr 2019 wieder ein deutliches Wachstum im Zubau erreicht werden. So wurden insgesamt rund 115 GW¹ neue Leistung errichtet (IEA 2020a). Im Vergleich zum Vorjahr konnte damit der Zubau um rund 12 Prozent gesteigert werden. Die insgesamt installierte Leistung zum Ende des Jahres 2019 betrug somit 627 Gigawatt (GW) (REN21 2020).

Die erreichte Steigerung des weltweiten Zubaus ist insbesondere vor dem Hintergrund beachtlich, dass der weltweit größte nationale Einzelmärkt China erneut einen deutlichen Rückgang bei den Neuinstallationen auf nunmehr 30,1 GW im Jahr 2019 aufwies (im Jahr 2018 wurden hier noch 45 GW, im Jahr 2017 53 GW neu zugebaut). Dieser Rückgang konnte jedoch insbesondere durch die starken Wachstumsraten in der Europäischen Union und den USA überkompensiert werden. In den 28 EU-Staaten konnte der Zubau deutlich auf 16 GW zulegen, was einer Steigerung um 92 Prozent im Vergleich zum Zubau in 2018 (8,3 GW) entspricht. Insbesondere in Spanien erhöhte sich der Zubau kräftig auf 4,4 GW. Nach Jahren der Stagnation konnte sich dieser nationale Markt somit an die Spitze innerhalb der Europäischen Union setzen, gefolgt von Deutschland mit einem Zubau von 3,9 GW und den Niederlanden mit 2,4 GW (IEA 2020a). In den USA erreichte der Zubau im Jahr 2019 rund 13,3 GW, was ebenfalls einer Steigerung um rund 25 Prozent im Vergleich zum Vorjahreszeitraum entspricht.

1 Die angegebene Zahl bezieht sich auf die Nennleistung der installierten PV-Module. Je nach Anwendung und lokalen regulatorischen Vorschriften, kann die Leistung der Konverter, die den erzeugten Gleichstrom zur Netzeinspeisung in Wechselstrom wandeln, deutlich geringer sein.

Abbildung 1: Veränderung der installierten Kapazität von Photovoltaik 2013 – 2018

Quelle: Prognos AG nach IRENA 2020

Zwar dominiert der asiatische Markt weiterhin mit rund 57 Prozent des Gesamtzubaus den PV-Markt, jedoch geht seine Bedeutung im weltweiten Vergleich stetig weiter zurück. Während der Zubau in China deutlich und in Indien leicht zurückging, konnte er in den anderen regional etablierten Märkten wie Korea, Taiwan oder Malaysia nur mäßig gesteigert werden. Einzig Vietnam konnte eine deutliche Steigerung des Zubaus auf 4,4 GW verzeichnen, was das Land zwar auf Platz 4 innerhalb der weltweiten nationalen Märkte bringt. Allerdings ist unsicher, ob es sich dabei um eine mittelfristig stabile Entwicklung handelt (IEA 2020a).

Im Jahr 2019 konnte der Bereich Freiflächen-PV ein stärkeres Wachstum verzeichnen als der Bereich der Aufdachanlagen. Treibend waren hierbei insbesondere die in zahlreichen Ländern abgehaltenen Ausschreibungen im Rahmen staatlicher Fördersysteme, bei denen erneut

äußerst geringe Zuschlagspreise erzielt werden konnten. Die geringsten wurden dabei in Brasilien, Dubai und Portugal mit Zuschlagspreisen jeweils knapp unter 16 €/MWh beobachtet (REN21 2020).

Aufgrund der auch 2019 weiter gefallenen Kosten für PV-Module und den damit einhergehenden geringeren Stromgestehungskosten begannen sich 2019 jedoch auch verstärkt Märkte für die Realisierung von Freiflächen-PV außerhalb staatlicher Fördersysteme zu entwickeln. Hier entstehen vor allem besonders große Erzeugungsverbünde mit insgesamt installierten Leistungen von mehr als 50 MW und bereits bis zu 500 MW, wie beispielsweise in Spanien und China (REN21 2020). Die Einnahmen werden in diesen Fällen meist durch sogenannte bilaterale Solar-PPAs (Power Purchase Agreements) abgesichert, in denen sich ein (häufig industrieller) Abnehmer über einen festgelegten Zeitraum verpflichtet,

den erzeugten Strom zu einem vereinbarten Preis abzunehmen. Dabei nähern sich die Abnahmepreise immer stärker den Großhandelsstrompreisen an. So wurde das größte PPA in Europa im Jahr 2019 für ein Portfolio von insgesamt 708 MW PV-Erzeugungsleistung in Spanien und Portugal unterzeichnet. Die zunehmende Standardisierung von PPA-Verträgen auf europäischer Ebene vereinfacht die Nutzung solcher Vermarktungswwege (New Energy Update 2019a).

Der ökonomische Treiber für die Installation von Aufdachanlagen ist mittlerweile hauptsächlich der Eigenverbrauch, während staatliche Einspeisevergütungen eine immer geringere Rolle spielen. Dabei werden die Anlagen immer häufiger in Kombination mit Batteriespeichern verwendet, mit denen sich der Eigenverbrauchsanteil an der Stromerzeugung deutlich erhöhen lässt.

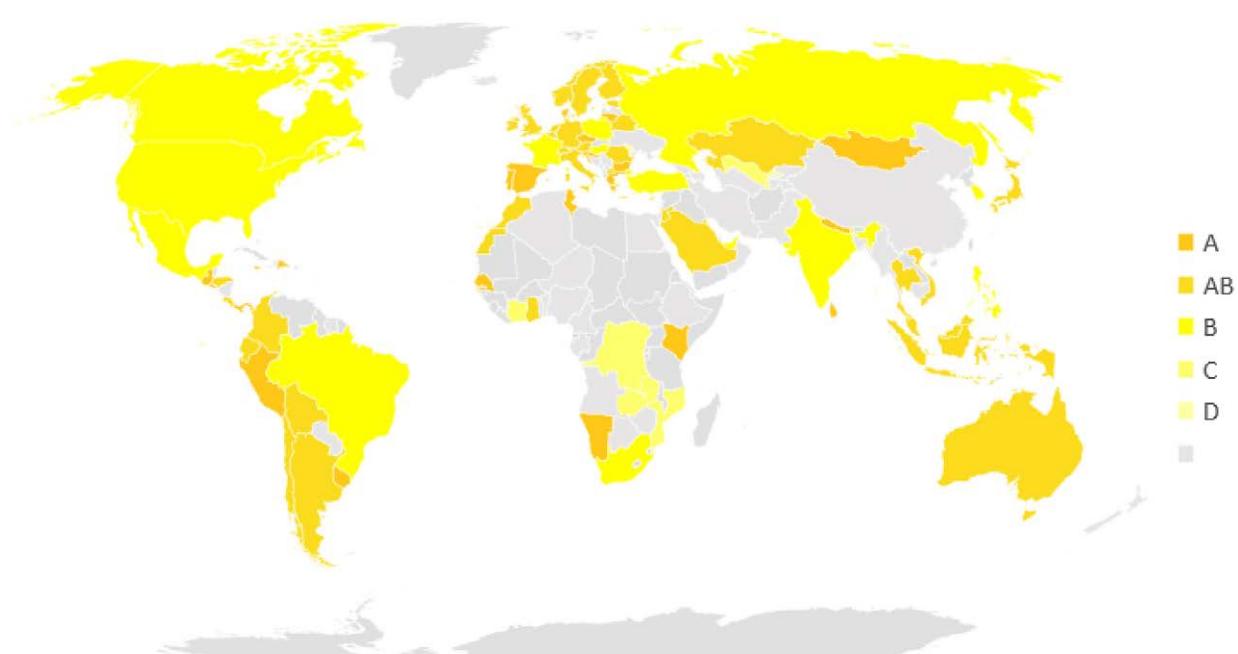
Tabelle 3: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2020

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	29
AB-Länder	36
B-Länder	14
C-Länder	5
D-Länder	2
Länder mit Daten	128
Erfassungsquote	67 %

Quelle: Prognos AG

Der zunehmende Fokus auf den Eigenverbrauch lässt sich beispielsweise im deutschen Markt gut erkennen. So wurden im Jahr 2019 bereits etwa

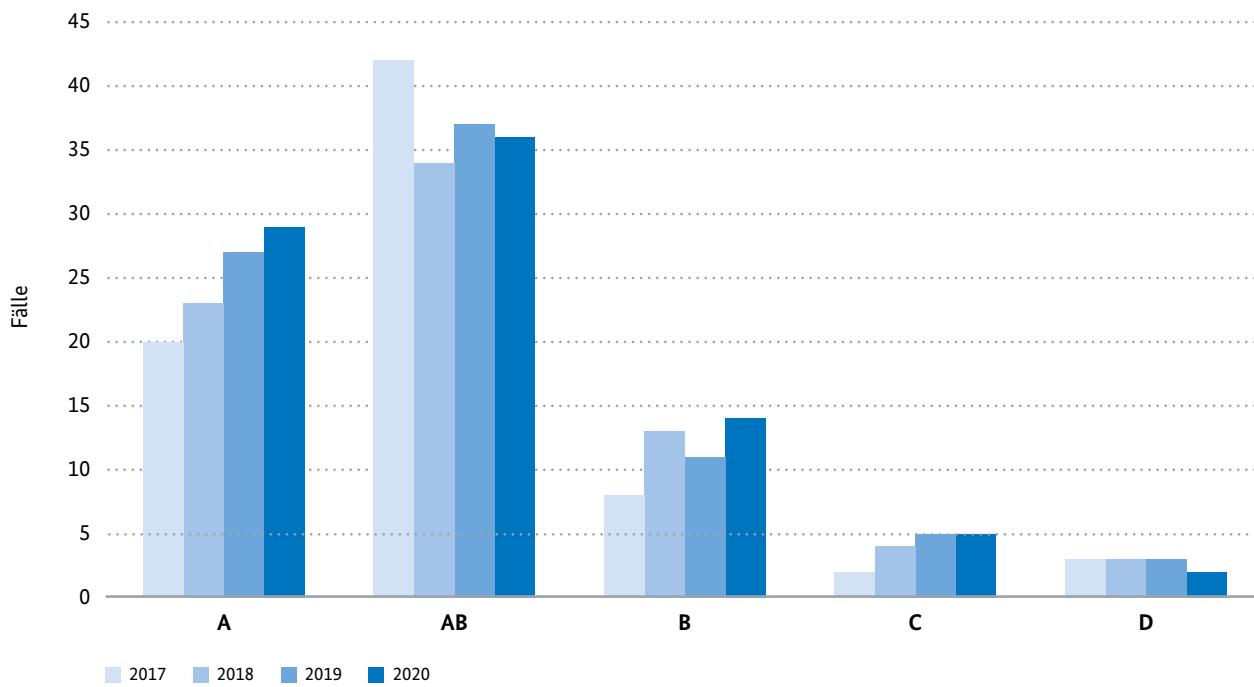
Abbildung 2: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2020



Quelle: Prognos 2020, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Unterstützt von Bing
© GeoNames, HERE, MSFT, Microsoft, NavInfo, Wikipedia

Abbildung 3: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Photovoltaik im Zeitverlauf, 2017–2020



Quelle: Prognos AG

50 Prozent aller neu installierten Aufdach-PV-Anlagen zusammen mit einem Batteriespeichersystem installiert. Die Zahl der dezentralen PV-Stromerzeuger mit Eigenverbrauch (auch „Prosumer“ genannt) wuchs dabei im Jahr 2019 um etwa 100.000 an (BSW 2020).

Neben den bereits etablierten größten Anwendungsfeldern der Freiflächen-PV und der Aufdachanlagen kommen weitere Anwendungsfelder hinzu, die sich jedoch bisher noch im Nischenmaßstab befinden, so zum Beispiel schwimmende PV-Anlagen, die Integration von PV-Modulen in Hausfassaden oder die Installation von Solarzellen in elektrischen Pkw. Ein Nischenmarkt mit Wachstumsperspektive ist dabei die Kombination aus Freiflächen-PV mit landwirtschaftlicher Erzeugung. Bereits mehrere Untersuchungen kamen zu dem Schluss, dass hier durch die Verbesserungen im Bereich des Wasserhaushaltes,

der Bodenerosion und des Sonnenschutzes in einigen Regionen deutliche Erhöhungen der Erntemenge erzielt werden können. Durch die Anwendung von Freiflächen-PV ergibt sich somit neben den erzielbaren Einnahmen aus der Stromerzeugung ein weiterer Nutzen und ökonomischer Anreiz für Landwirte (Renewables Now 2019). Im Jahr 2019 wurde weltweit eine Leistung von rund 2,9 GW Solar-PV in Kombination mit landwirtschaftlichen Prozessen genutzt und weitere Pläne befinden sich in der Entwicklung, darunter ein Projekt in Malaysia mit einer Gesamtleistung von einem Gigawatt (PV Magazine 2019).

Die Ergebnisse der diesjährigen Marktanalyse sind in Abbildung 2 in Kartenform und in Tabelle 3 im Überblick dargestellt. Die Dynamik im PV-Bereich ist weiter sehr hoch, über die letzten Jahre nehmen aber auch etablierte Märkte zu, wie Abbildung 3 im Zeitverlauf zeigt.

1.1.2 Solarthermie

Solarthermische Anlagen (Niedertemperaturanlagen) werden zur direkten Wärme-, Dampf- und Kälteerzeugung genutzt. Über konzentrierte Solarthermie (Concentrated Solar Power, CSP) kann darüber hinaus Strom erzeugt werden. CSP wird in dieser Studie jedoch nicht betrachtet.

Der weltweite Markt für die drei zur solarthermischen Wärmegewinnung vorherrschenden Technologien (Vakuumröhrenkollektoren, verglaste Flachkollektoren und unverglaste Flachkollektoren) wird hauptsächlich von den Aktivitäten auf dem chinesischen Markt bestimmt, in dem Ende 2019 69 Prozent der weltweiten Kapazität installiert waren. Auch beim jährlichen Zubau setzt sich der chinesische Markt deutlich von allen anderen nationalen Märkten ab. So wurden hier im Jahr 2019 neue Anlagen mit einer Gesamtleistung von 22,8 GW_{th} errichtet. Dahinter folgten auf dem zweiten und dritten Platz die Türkei und Indien mit einer deutlich kleineren neu installierten Leistung von je rund 1,3 GW_{th} (REN21 2020).

Vor diesem Hintergrund verursachte der deutliche Rückgang (-8 Prozent) der Neuinstallationen in China auch weltweit einen Rückgang der Neuinstallationen um insgesamt 7 Prozent im

**Tabelle 4: Ergebnisse Marktanalyse
Solarthermie 2020**

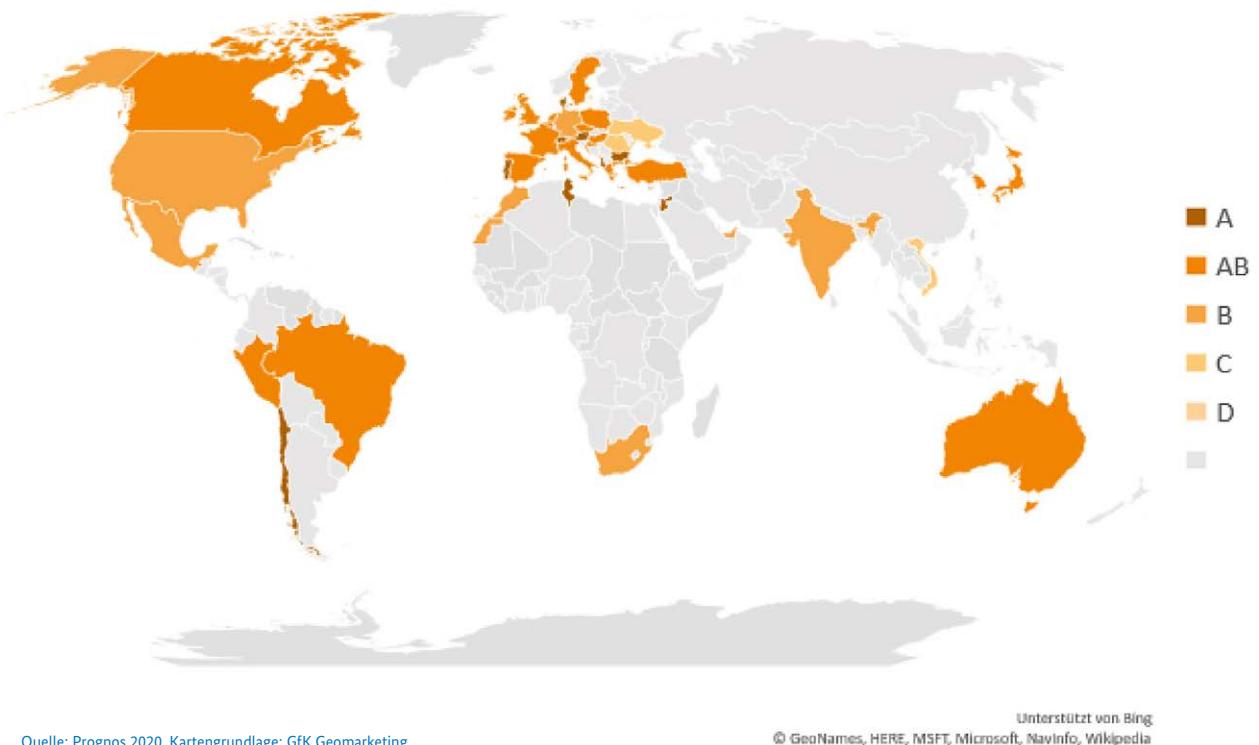
Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	10
AB-Länder	21
B-Länder	7
C-Länder	3
D-Länder	1
Länder mit Daten	52
Erfassungsquote	81%

Quelle: Prognos AG

Vergleich zum Jahr 2018. Somit konnte die Leistung der im Jahr 2019 weltweit außer Betrieb genommenen solarthermischen Anlagen nicht durch Zubau kompensiert werden, was zum ersten Mal zu einem Rückgang der insgesamt installierten Leistung von weltweit 482 GW_{th} am Ende des Jahres 2018 auf nur noch 479 GW_{th} am Ende des Jahres 2019 führte. Der Zubau außerhalb Chinas blieb im Jahr 2019 insgesamt auf Vorjahresniveau, jedoch mit leichten Verschiebungen. Zunahmen konnten in Brasilien, Zypern, Dänemark, Griechenland, Südafrika und Tunesien verzeichnet werden, während der Zubau in Australien, Österreich, Deutschland, Israel, Italien, Polen und der Schweiz zurückging (REN21 2020).

In den beiden wichtigsten regionalen Märkten, China und der EU, treten im wichtigen Anwendungsbereich der Bereitstellung von Raumwärme in Wohngebäuden zunehmend elektrische Wärmepumpen in Konkurrenz zu solarthermischen Anwendungen. Insbesondere in China ist hier der Hauptgrund für den Rückgang bei den Neuinstallationen in der Solarthermie zu verorten. Von der regulatorischen Förderung zum Ersatz von kohlebetriebenen Feuerstätten zur Bereitstellung von Raumwärme in den nördlichen chinesischen Provinzen konnten solarthermische Anwendungen deutlich weniger profitieren als Wärmepumpen. Die Hauptgründe für die vermehrte Wahl von Wärmepumpen liegen in der technischen Anwendung. So benötigen Solarthermieranlagen für den Bereich Raumwärme immer noch ein zusätzliches Hilfswärmesystem und es kann durch die große Dimensionierung der Kollektoren zu Problemen mit Überhitzung kommen. Beide Probleme sind bei Wärmepumpen nicht vorhanden, welche als Stand-alone-Lösung eingesetzt werden können (Solarthermalworld 2019b). In Europa treibt die politische Diskussion um die Elektrifizierung des Wärme-sektors zunehmend den Bedarf an Wärmepumpen, was nach Einschätzung von Experten einen Rückgang bei der Nachfrage nach Solarthermie-systemen zur Folge hat (REN21 2020).

Abbildung 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2020

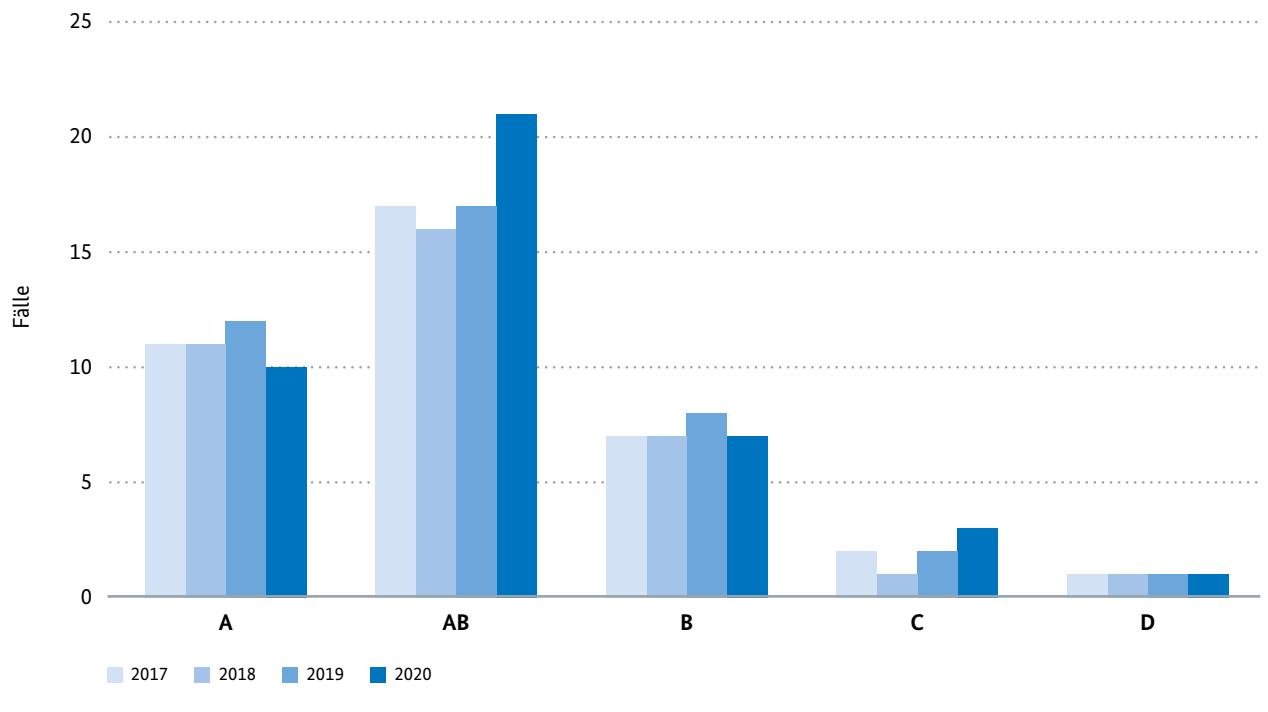


Ein Anwendungsfeld im Bereich Solarthermie, das im Jahr 2019 weltweit ein gutes Wachstum verzeichnen konnte, war die solarthermische Fernwärme. Beispiele für den erfolgreichen Ausbau in diesem Bereich finden sich insbesondere in Dänemark, China und Deutschland. In Europa konnte hier insbesondere Dänemark seine Vorreiterrolle ausbauen. Am Ende des Jahres 2019 waren in dem Land bereits Systeme mit einer Gesamtleistung von 1,1 GW_{th} in Betrieb (Solarthermalworld 2019a). Gründe für den erfolgreichen Markthochlauf in diesem Bereich sind u.a. gute Rahmenbedingungen, darunter hohe Abgaben auf fossile Brennstoffe, ausreichend verfügbare Freifläche zur Installation der Kollektoren sowie geringe Finanzierungskosten für die Betreiberfirmen, bei denen es sich häufig um Non-profit-Unternehmen im Besitz der Verbraucher selbst handelt (REN21 2020).

Für die Verwendung von großen solarthermischen Einheiten gewinnt neben der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser im Bereich der privaten Haushalte auch der Anwendungsbereich Industrie zunehmend an Bedeutung, beispielsweise zur Dampferzeugung. 2019 konnte mit 251 MW_{th} beim Zubau auch hier eine neue Höchstmarke erzielt werden. Das Anwendungsfeld bietet Raum für gute Wachstumsperspektiven, da die weltweite Wärmenachfrage zu einem großen Teil aus der Industrie stammt. Hier kann Solarthermie in allen Anwendungsfällen im Temperaturbereich bis etwa 400 °C verwendet werden, womit in etwa die Hälfte des industriellen Wärmebedarfs weltweit erfasst ist (REN21 2020).

Auf Seiten der Hersteller von solarthermischen Anlagen (insbesondere Kollektoren) war im Jahr 2019 eine deutliche Marktkonsolidierung zu

Abbildung 5: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Solarthermie im Zeitverlauf, 2017 – 2020



beobachten. Getrieben wird diese insbesondere durch den Markttrend hin zu mehr zentralen Großanlagen und weg von dezentralen kleinen Anwendungen. So mussten insbesondere in Europa Produktionsschließungen und Insolvenzen beobachtet werden, so zum Beispiel die Schließung der Solar-Kollektorproduktion von KBB Kollektorbau in Deutschland und Kingspan Renewables in Irland sowie die vollständige Insolvenz der Hersteller Aventa Solar in Norwegen und Fresnex in Österreich. Große chinesische Hersteller von Flachkollektoren konnten ihr Produktionsvolumen angetrieben von der heimischen Nachfrage hingegen um etwa 21 Prozent erhöhen (REN21 2020).

Die Ergebnisse der Marktanalyse für Solarthermie sind in Tabelle 4 und Abbildung 4 dargestellt. Ein Großteil der Länder, für die Daten vorlagen, fällt in Kategorie A und AB. Länder in der Markt-kategorie B liegen auf allen Kontinenten verteilt; mit Indien, den USA, Mexiko und Südafrika fallen insbesondere große Länder mit genügend Sonnen-einstrahlung in diese Kategorie.

Abbildung 5 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Nachdem die letzten drei Jahre die jeweiligen Zuordnungen vergleichsweise stabil waren, zeigt sich dieses Jahr ein deutlicher Zuwachs im Bereich der AB-Länder.

1.2 Bioenergie

Biomasse spielt neben der Verwendung im Transportsektor eine große Rolle, um erneuerbaren Strom und erneuerbare Wärme zu produzieren. Weltweit gab es im Jahr 2019 rund 139 GW installierte Kapazität an Bioenergie. Dies stellt einen Zuwachs von rund 6 Prozent im Vergleich zum Jahr 2018 mit rund 131 GW installierter Kapazität dar. Die Stromerzeugung durch Biomasse stieg von 546 TWh im Jahr 2018 auf rund 591 TWh 2019 (REN21 2020).

Bei der Nutzung von fester Biomasse wird unterschieden zwischen traditioneller und moderner Verwendung. Bei der traditionellen Nutzung von Biomasse werden Holz, Holzkohle, land- und forstwirtschaftliche Reststoffe und Dung zum Kochen und zur Wärmeerzeugung verwendet. Dies geschieht vor allem in einfachen und ineffizienten Geräten in Entwicklungs- und Schwellenländern (UBA 2020a). Die moderne Nutzung von Bioenergie erfolgt hauptsächlich zur Wärmeerzeugung in Gebäuden und in der Industrie, der restliche Anteil wird für die Stromproduktion und im Transportsektor verwendet. Dabei kann die Verwendung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung des Strom- und Wärme-sektors spielen. Weltweit ist der Anteil der traditionellen Nutzung von Biomasse am Endenergieverbrauch mit 6,9 Prozent immer noch größer als der Anteil der modernen Nutzung von Biomasse mit 5,1 Prozent im Jahr 2018 (REN21 2020). Dabei nahm im Zeitraum von 2010 bis 2018 die Biomassenutzung zur Wärmeerzeugung im Industriesektor um 1,1 Prozent zu, wohingegen die traditionelle Nutzung von Biomasse im Bereich der Wärmebereitstellung in Gebäuden um 1,2 Prozent abgenommen hat.

Die IEA geht im *Sustainable Development Scenario (SDS)* davon aus, dass die Stromproduktion durch Biomasse bis 2030 stetig um 6 Prozent wächst. Weltweit werden nach dem SDS 2030 1.168 TWh

Strom durch Biomasse erzeugt. Besonders in China erwartet man einen starken Zubau von Bioenergiiekapazitäten. China hat eine neue Initiative für saubere Wärme und Strom gestartet, die den Einsatz von Biomasse und Abfall in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen fördern soll. In Brasilien liegt der Fokus besonders auf der Produktion von Biokraftstoffen. In Brasilien trat 2020 der föderale RenovaBio-Plan in Kraft, der die Produktion von Biokraftstoffen für den Verkehrssektor ankurbeln soll, was wiederum zu einer zusätzlichen Stromerzeugung auf Bagassebasis (den faserigen Überresten der Zuckerherstellung aus Zuckerrohr) sowohl in bestehenden Anlagen als auch in neuen Anlagen führen wird. Brasiliens Kapazität stieg 2019 um 2 Prozent auf 15 GW, und die Erzeugung wuchs um 2 Prozent auf 55 TWh. Auch Indien fördert durch steuerliche Unterstützung und Subventionen Bioenergiiekapazitäten von bestehenden und neuen Anlagen. Hier wird wie in Brasilien vor allem Bagasse, das als Nebenprodukt der Zuckerverarbeitung anfällt, als Biomasse für KWK-Anlagen verwertet (IEA 2020b).

Besonders die Biomassenutzung für die Strom- und Wärmeproduktion in Kombination mit Carbon Capture and Storage (CCS) kann bei der Dekarbonisierung der Energiewirtschaft und darüber hinaus bei der Erreichung der gesetzten Ziele im Pariser Klimaabkommen eine wichtige Rolle spielen (IPCC 2018). Bei einer sogenannten BECCS (Bioenergy Carbon Capture and Storage)-Anlage wird Biomasse, die durch Photosynthese CO₂ aus der Atmosphäre entzogen hat, in einem Biomassekraftwerk verbrannt. Das dabei freigesetzte CO₂ kann mittels einer CCS-Anlage abgeschieden und zu möglichen CO₂-Speicherorten wie salinen Aquiferen oder entleerten Öl- und Gasfeldern in der Nordsee transportiert und langfristig gespeichert werden. Durch die Abscheidung und langfristige Speicherung von CO₂ werden negative Emissionen generiert, die unter anderem zum Ausgleich von schwer vermeidbaren Emissionen notwendig sind, um Klimaneutralität spätestens im Jahr 2050 zu erreichen. Bisher gibt

es weltweit erst wenige BECCS-Anlagen. Die erste BECCS-Pilotanlage in Europa befindet sich gerade in Planung. Im Jahr 2019 wurde im Wärmekraftwerk in North Yorkshire (Kraftwerk DRAX) damit begonnen, in vier der sechs 660-MW-Kessel Kohle durch Biomasseverbrennung zu ersetzen. Weltweit waren Ende 2019 nur etwa fünf großtechnische Projekte zur Nutzung von Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS) in Betrieb. Dazu gehören ein Großprojekt in einer Ethanolbrennerei von Archer Daniels Midland (Vereinigte Staaten) im US-Bundesstaat Illinois, bei dem rund eine Million Tonnen CO₂ pro Jahr abgetrennt wurden, sowie vier weitere Projekte, die mit Ethanolbrennereien in Kanada und den Vereinigten Staaten verbunden waren.

Ein wichtiges Thema bei der modernen Biomassenutzung ist die Nachhaltigkeit der Biomassegewinnung und des Biomassetransports. Es ist wichtig, dass ausschließlich nachhaltige Biomasse verwendet wird, für die höchstens so viel Holz

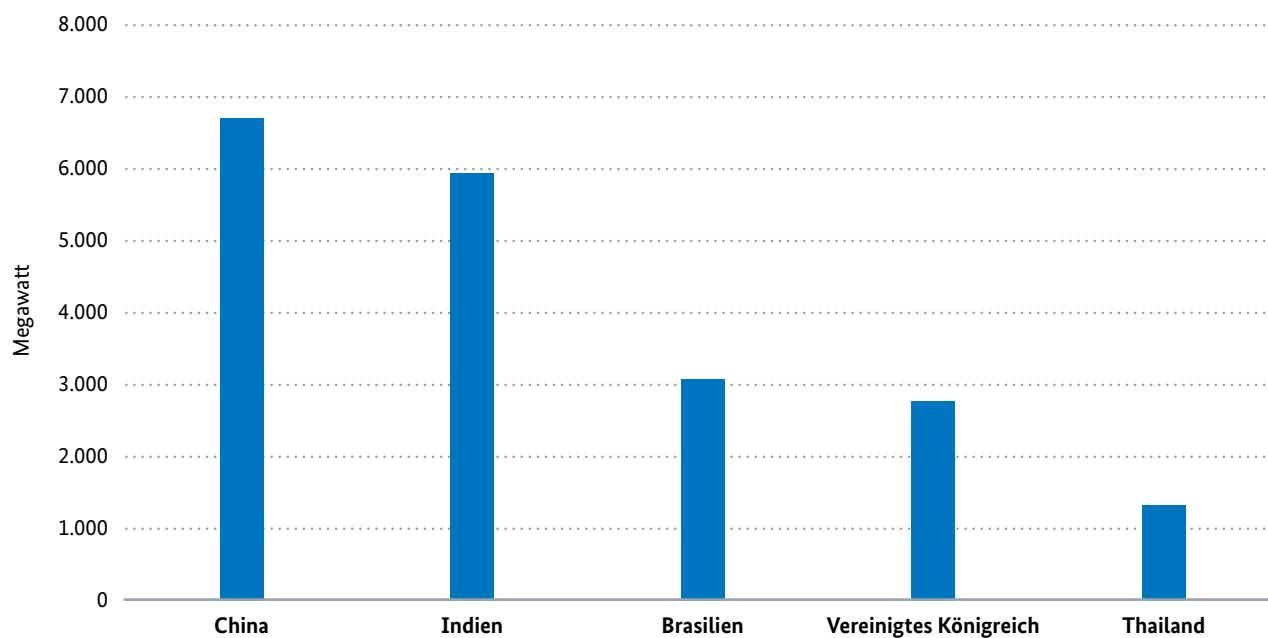
aus dem Wald entnommen wird, wie im gleichen Zeitraum nachwächst. Durch die steigende Nachfrage nach Anbaubiomasse verändert sich die globale Landnutzung, z. B. durch die Entstehung von Monokulturen. Dabei konkurriert die energetische Nutzung von Biomasse mit anderen Verwendungsmöglichkeiten. Auf fruchtbaren Ackerflächen stehen die angebauten Energiepflanzen in direkter Preiskonkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion, aber auch zur stofflichen Nutzung, z. B. für biobasierte Kunststoffe oder Chemikalien (UBA 2020a).

In dieser Analyse wird zwischen Stromerzeugung aus fester Biomasse und aus Biogas unterschieden.

1.2.1 Feste Biomasse

Feste Biomasse umfasst ein breites Spektrum an biogenen Brennstoffen. Dazu zählen Holz (Altholzreste, Sägewerksnebenprodukte und industriell hergestellte Pellets), Reststoffe aus der Landwirt-

Abbildung 6: Veränderung der installierten Kapazität von festen Biomasseanlagen 2013 – 2018

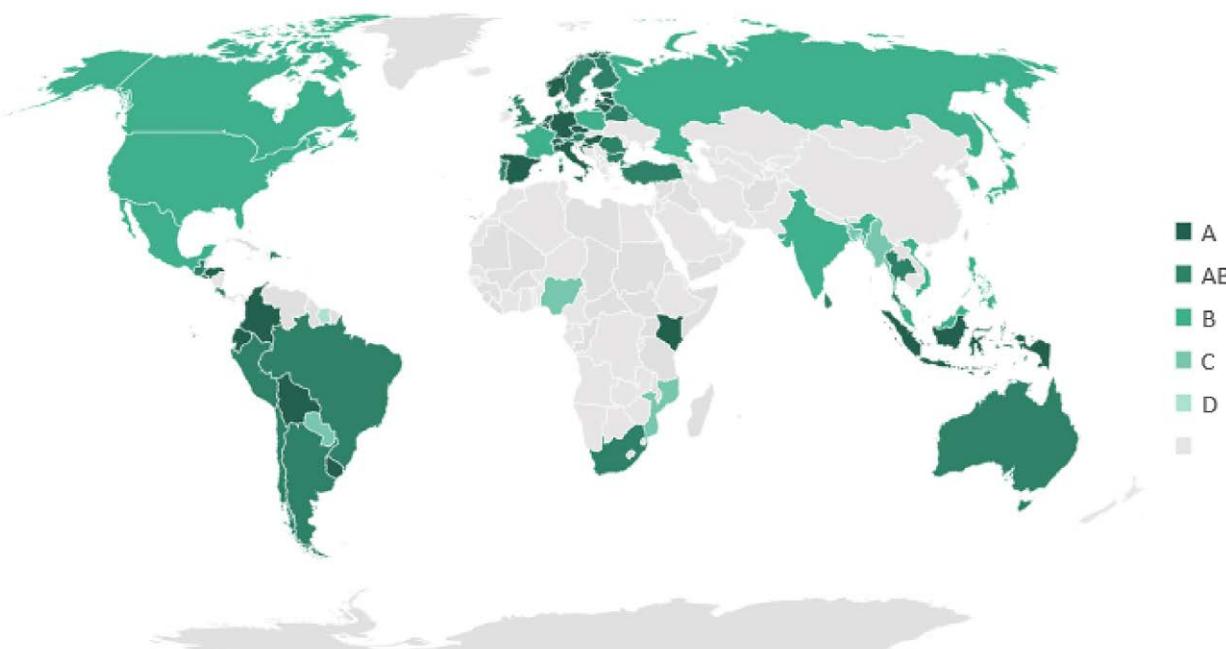


schaft und biogene Siedlungsabfälle. Siedlungs- und landwirtschaftliche Abfälle werden zumeist direkt in der Nähe der Orte, an denen sie anfallen, zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Neben der lokalen Biomasse, wie Rückständen aus land- und forstwirtschaftlichen Prozessen und der Holzverarbeitung sowie festen Siedlungsabfällen, werden besonders Holzpellets international gehandelt. Der globale Handel mit Holzpellets hat in den letzten Jahren zugenommen. Weltweit stieg der Einsatz von Pellets zur Stromerzeugung zwischen 2014 und 2018 um das 2,5-Fache auf 17 Millionen Tonnen an. Der größte Produzent von Holzpellets sind die USA, vor allem im Südosten, mit einer Produktionskapazität von rund 8,7 Millionen Tonnen und 6,1 Millionen Tonnen Holzpellets zum Export im Jahr 2019. Weitere große Produzenten von Holzpellets sind Russland und Kanada. Große Abnehmer sind vor allem Länder der EU, wie z. B. die Niederlande oder Großbritannien. Aber auch auf dem asiati-

schen Markt wächst die Nachfrage nach international gehandelten Holzpellets. In Japan und Südkorea wurden durch neue Förderprogramme Anreize geschaffen, um die Kapazitäten von Bioenergie zu steigern. Japan setzt dabei vor allem auf den Import von Holzpellets aus Nordamerika, wohingegen Südkorea Holzpellets aus Vietnam und anderen asiatischen Staaten importiert. Holzpellets werden vor allem bei der Verbrennung von Kohle in bestehenden Anlagen mitverbrannt oder in speziell dafür gebauten Biomassekesseln genutzt (REN21 2020).

Der Zubau der Kapazitäten von festen Biomasseanlagen hat im Vergleich zu Photovoltaik und Windenergie ein deutlich kleineres Volumen. In den letzten fünf Jahren (2013 – 2018) herrschte die größte Dynamik in Asien, insbesondere in China und Indien (siehe auch Abbildung 6). In Südamerika ist Brasilien der größte Stromproduzent durch feste Biomasse mit einer neu instal-

Abbildung 7: Ergebnisse Marktanalyse Feste Biomasse 2020



lierten Kapazität von rund 3 GW. Dabei wird der Großteil der Bioenergie durch das Verbrennen von Bagasse gewonnen (IEA 2020d).

Wie in Abbildung 7 gut zu erkennen ist, hat die energetische Nutzung der festen Biomasse, die in Europa und Südamerika bereits etabliert ist, in den letzten Jahren in Afrika und Asien als Alternative zur Deponierung des Abfalls zugenommen. In Afrika, u.a. z.B. in Südafrika oder Kenia, wird zudem unter anderem Bagasse aus Zuckerröhr häufig zur Erzeugung der vor Ort benötigten Elektrizität und Wärme verwendet. Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse der Marktanalyse in der Kartendarstellung.

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Marktanalyse für feste Biomasse im Überblick dargestellt. Mit 25 A- und 21 AB-Ländern in Europa, Südamerika und Asien zeigt sich eine bereits etablierte Technologie. Insgesamt weisen 12 B-Länder eine

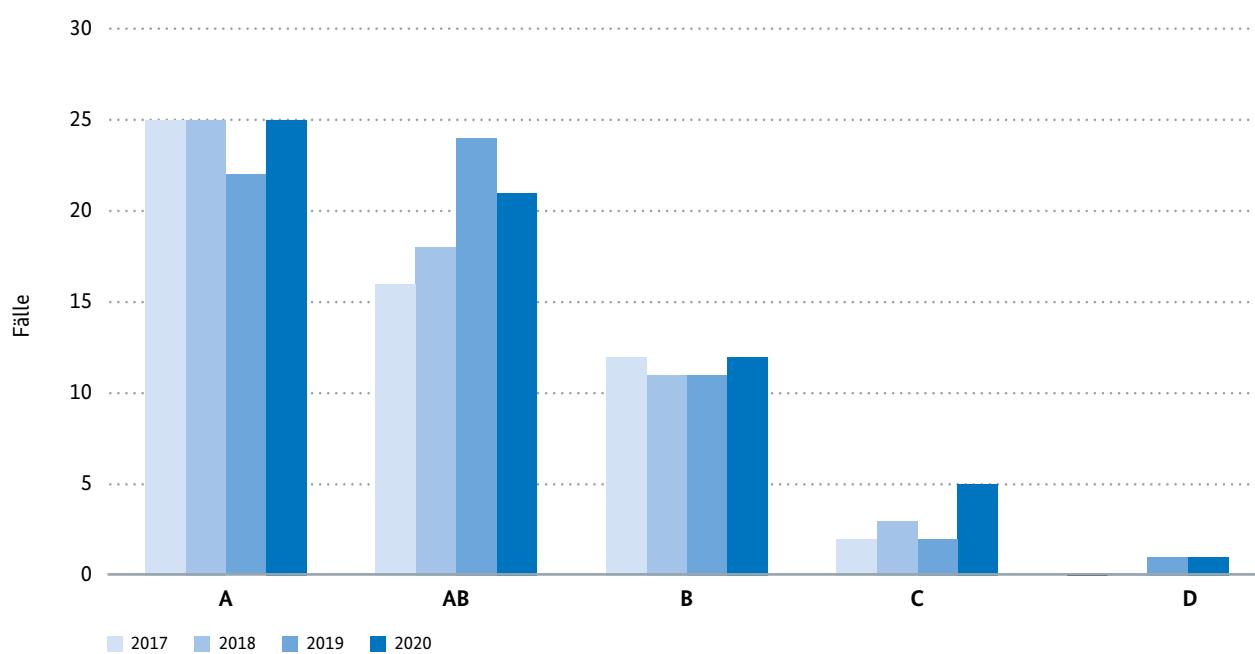
**Tabelle 5: Ergebnisse Marktanalyse
Feste Biomasse 2020**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	25
AB-Länder	21
B-Länder	12
C-Länder	5
D-Länder	1
Länder mit Daten	90
Erfassungsquote	71%

Quelle: Prognos AG

Dynamik im Ausbau von Bioenergie mit fester Biomasse auf. In der Analyse für das Jahr 2020 wurden 71 Prozent erfasst, wobei mit 25 Ländern der Großteil der Länder unter die Marktkategorie A-Länder fallen.

Abbildung 8: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Feste Biomasse im Zeitverlauf, 2017 – 2020



1.2.2 Biogas

Biogas wird durch anaerobe Vergärung aus Rohstoffen wie Gülle, Bioabfällen, Energiepflanzen oder Klärschlamm erzeugt. Außerdem kann Deponiegas, das bei Zersetzungsvorgängen in Mülldeponien entsteht, als Biogas genutzt werden. Das Biogas kann durch das Entfernen von CO₂ und weiteren Stoffen in Biomethan umgewandelt werden. Das entstandene Biomethan kann entweder direkt ins Gasnetz eingespeist werden oder im Transportsektor verbraucht werden (REN21 2020). Die Nutzung von Biogas bei KWK-Anlagen ist im Jahr 2019 angestiegen. Weltweit sind rund 132.000 Biogasanlagen in Betrieb. Davon befinden sich rund 100.000 in China, gefolgt von Europa mit etwa 18.000 Anlagen und den USA mit rund 2.200 Standorten, an denen Biogas produziert wird. Generell ist der Anteil der Stromerzeugung aus Biogas am Bioenergie-Gesamtverbrauch im Vergleich zu fester

Biomasse noch sehr gering. Im Jahr 2018 macht Biogas im Strom- und Wärmesektor nur rund 10 Prozent aus, der Einsatz von fester Biomasse rund 90 Prozent (IEA 2020d).

In Abbildung 9 ist der Zubau von Biogasanlagen von 2013 bis 2018 dargestellt. Der meiste Zubau fand in Deutschland und China statt, gefolgt von Großbritannien, der Türkei und Thailand. In diesen Ländern findet der größte Teil der Stromerzeugung aus Biogasanlagen statt.

In Europa ist Deutschland mit zwei Dritteln der europäischen Biogasanlagenkapazitäten der größte Markt für Biogas und Biomethan. Primär werden Energiepflanzen eingesetzt, aber in letzter Zeit stieg die Nutzung von Ernterückständen, Folgekulturen, tierischen Abfällen und die Abscheidung von Methan aus Deponien. Andere europäische Länder wie Dänemark, Frankreich, Italien und die Niederlande haben die Biogas-

Abbildung 9: Veränderung der installierten Kapazität von Biogasanlagen 2013 – 2018

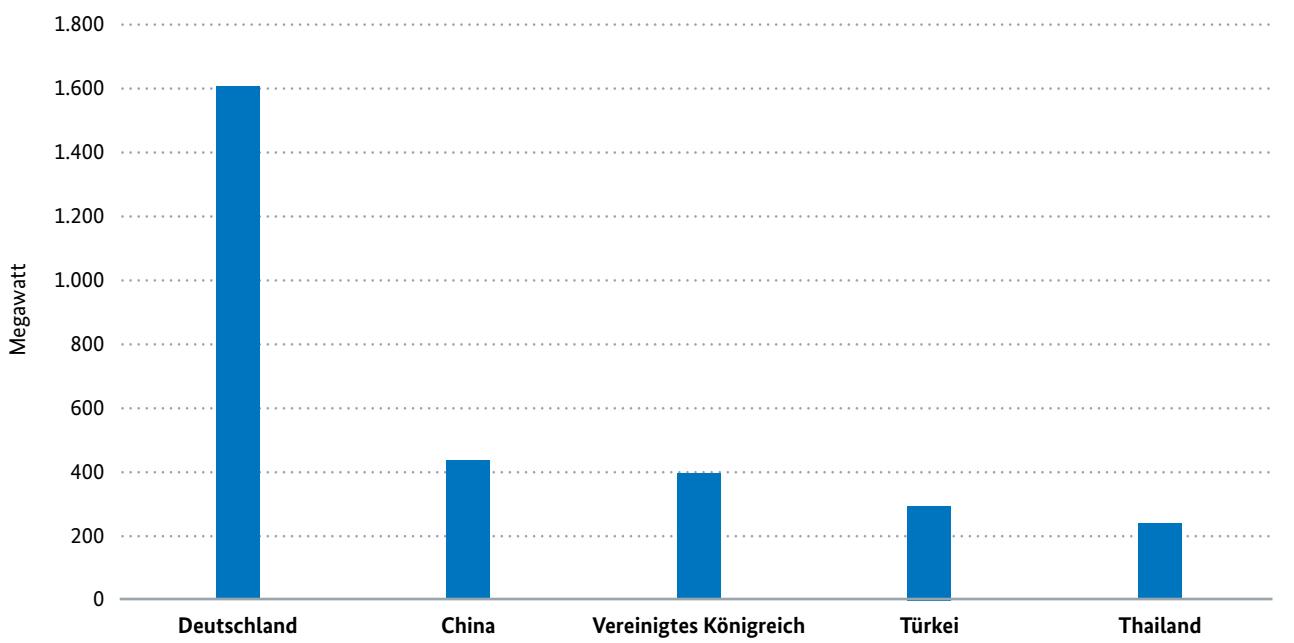
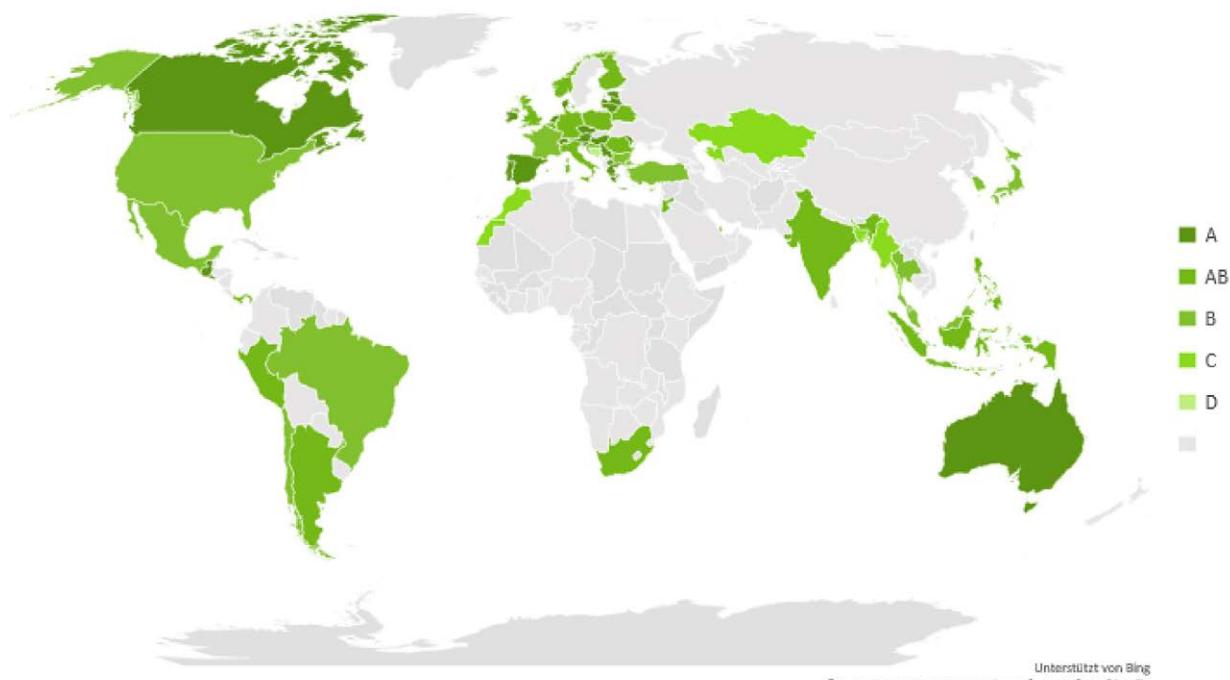


Abbildung 10: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2020



erzeugung aktiv gefördert. Besonders in China wird die Installation von Fermentern im Haushaltsmaßstab in ländlichen Gebieten unterstützt, um den Zugang zu moderner Energie und sauberen Kochbrennstoffen zu verbessern. Diese Fermenter im kleinen Maßstab machen heute etwa 70 Prozent der installierten Biogaskapazität aus. Auch wurden diverse Anreizprogramme angekündigt, um die Installation größerer KWK-Anlagen zu unterstützen (IEA 2020c).

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse der Marktanalyse zu Biogas in Kartenform. Im Jahr 2019 wurde die Stromerzeugung aus Biogas auf weitere Länder und Regionen ausgedehnt. Darunter sind aufstrebende Märkte für die Produktion von Biogas wie Mexiko, Indien, Südafrika und die Türkei.

Im indischen Bundesstaat Maharashtra soll in einer Biogasanlage mit 4 MW Stromerzeugungskapazität eine neue Anlage zur Vergärung von landwirtschaftlichen und kommunalen Abfällen installiert werden. In Mexiko wurde im Bundesstaat Jalisco eine großtechnische Anlage eröffnet, die Geflügelabfälle zur Herstellung von organischem Dünger und Biogas verwendet. Auch die erste Biogasanlage Brasiliens auf der Basis von Schweinegülle ging in Betrieb. Sie verwendet die Abfälle von etwa 18 großen örtlichen Schweineställen zum Betrieb von zwei 240-kW-Motorgeneratoren, die 72 öffentliche Gebäude in der Gemeinde Entre Rios do Oeste mit Strom versorgen werden (REN21 2020).

Tabelle 6 stellt im Überblick die Ergebnisse der Marktanalyse dar. Von den erfassten Ländern fallen die meisten in die Kategorie A. Besonders in Ländern wie Mexiko, den USA, Japan oder der Türkei, die in Kategorie B fallen, sind gewisse Dynamiken im Ausbau der Biogaskapazitäten zu erwarten.

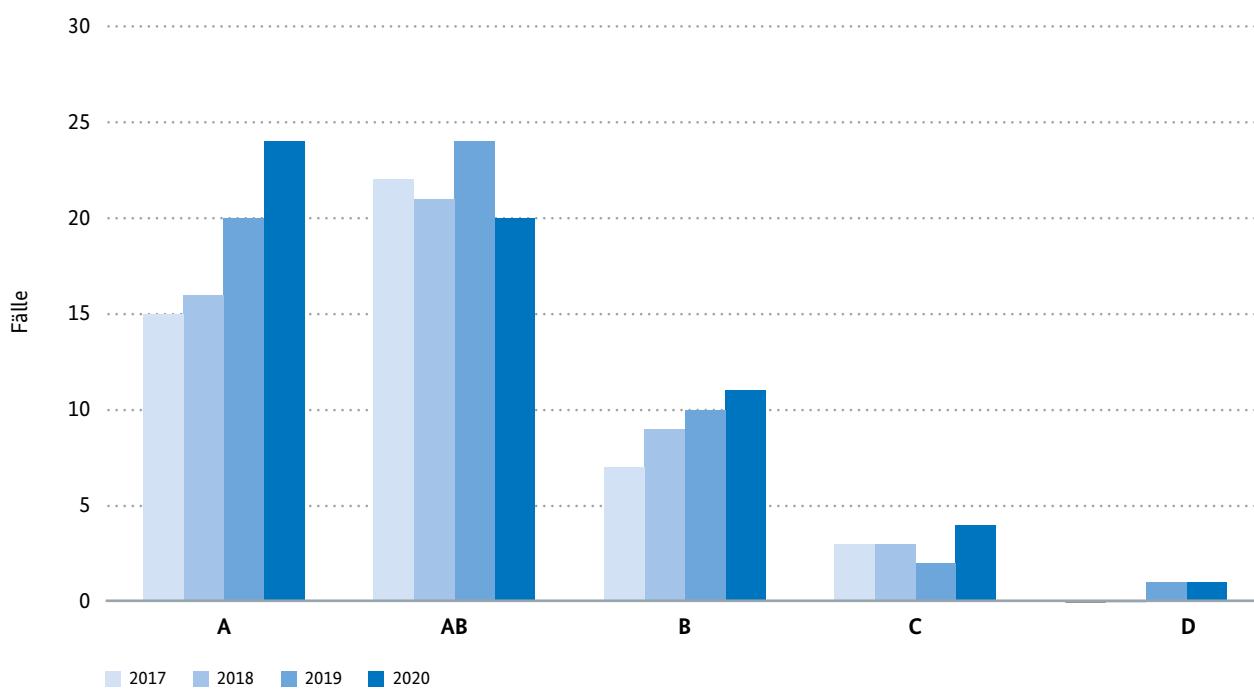
Abbildung 11 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Im Vergleich zum Jahr 2019 ist die Anzahl der Länder in der Kategorie AB von 25 auf 20 Länder im Jahr 2020 gesunken. Demgegenüber ist die Anzahl der Länder mit etablierten großen Märkten in der Kategorie A auf 24 gestiegen. Die Zahl der Länder, die seit kurzem ein starkes Wachstum aufweisen und in denen sich ein neuer Markt etabliert hat (Kategorie B), stieg ebenfalls leicht an.

Tabelle 6: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2020

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	24
AB-Länder	20
B-Länder	11
C-Länder	4
D-Länder	1
Länder mit Daten	83
Erfassungsquote	72 %

Quelle: Prognos AG

Abbildung 11: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Biogas im Zeitverlauf, 2017–2020



1.3 Windenergie

Bereits 102 Staaten hatten zum Ende des Jahres 2019 Windenergieanlagen zur kommerziellen Stromerzeugung in Betrieb. Mit diesen Anlagen konnten etwa 5,9 Prozent der weltweiten Stromerzeugung abgedeckt werden. Mit rund 620 GW ist der größte Teil der Gesamtleistung an Land (onshore) errichtet, während ein kleiner Anteil von rund 30 GW auf See (offshore) errichtet ist. Im Bereich der Offshore-Windenergie konnte im Jahr 2019 wie bereits in den Vorjahren erneut ein starkes Wachstum beim Zubau verzeichnet werden. Im Bereich der Onshore-Windenergie gab es ebenfalls einen Anstieg der neu installierten Leistung im Vergleich zum Vorjahr, allerdings folgt dieser auf mehrere Jahre mit stetig sinkenden Zubauzahlen.

1.3.1 Onshore-Wind

Im Bereich Onshore-Windenergie konnte nach drei Jahren mit sinkenden Zubauzahlen im Jahr 2019 wieder ein deutlicher Anstieg der Neuinstalltionen beobachtet werden. Mit 54,2 GW konnte zwar der bisherige Rekordzubau aus dem Jahr 2015 nicht erreicht werden, jedoch fiel das Wachstum im Vergleich zum Vorjahr mit 17 Prozent kräftig aus. Unter den fünf Ländern mit dem größten Zubauvolumen fanden sich im Jahr 2019 zwei Änderungen. Deutschland und Brasilien mussten ihre Positionen an Spanien und Schweden abgeben. China, die USA und Indien konnten sich wie bereits im Vorjahr auf den vordersten Plätzen halten (GWEC 2020).

Treiber für den starken Ausbau der Onshore-Windenergie in den größten nationalen Märkten China (mit 23,8 GW Zubau) und den USA (mit 9,1 GW Zubau) waren unter anderem sogenannte Vorzugseffekte, die häufig bei einer Änderung des Fördersystems zu beobachten sind. In China kam es insbesondere im zweiten Halbjahr 2019 zu einem starken Anwachsen der Zubauzahlen. Hintergrund ist die Ankündigung der Regierung, dass

nur noch Projekte, die bis 2018 genehmigt wurden, einen Einspeisetarif erhalten können. Voraussetzung ist jedoch, dass diese Projekte noch vor dem 1. Januar 2021 ihren Netzanschluss realisieren. Alle danach installierten oder genehmigten Anlagen werden keine feste Einspeisevergütung mehr erhalten, sondern müssen den erzeugten Strom wie andere Erzeugungsarten verkaufen. Der starke Vorzugseffekt beim Onshore-Windausbau in China kann auch für das Jahr 2020 angenommen werden, da noch etwa weitere 30 GW Leistung in diese Kategorie fallen (GWEC 2020). In den USA sorgte das geplante Auslaufen des hauptsächlich auf Steuergutschriften basierenden Fördermodells (Production Tax Credit, PTC) für einen Vorzugseffekt. Um noch den bisher geltenden, vollen Förderbetrag zu erhalten, müssen auch hier die entsprechenden Anlagen bis Ende 2020 in Betrieb genommen werden. Das PTC-Modell wurde zwar bis 2024 verlängert, allerdings mit dann geringeren Fördersätzen (GWEC 2020).

Mit Ausnahme der Märkte in China und den USA, wo derzeit noch regulatorisch festgelegte Einspeisevergütungen oder Steuergutschriften gezahlt werden, wurden im Jahr 2019 weltweit fast ausschließlich marktbaserte Instrumente für die Förderung des Ausbaus der Onshore-Windenergie eingesetzt. Darunter fallen sowohl Ausschreibungsmechanismen, aber auch direkte Stromabnahmeverträge mit Unternehmen (Power Purchase Agreements, PPA). Letztere konnten im Jahr 2019 ihre Bedeutung mit 30 Prozent Wachstum erneut deutlich steigern (REN21 2020). Der fast vollständige Wegfall von regulatorischen Einspeisevergütungen hat dabei auf der einen Seite zu weiter sinkenden Kosten der Stromerzeugung mit Onshore-Windenergie geführt. Im globalen Mittel konnten die mittleren Stromgestehungskosten (Levelized Cost of Energy, LCOE) im Vergleich zum Vorjahr um 10 Prozent gesenkt werden (REN21 2020). Auf der anderen Seite führte der Wettbewerb jedoch auch zu erheblich wachsendem Druck auf die Margen entlang der Wert-

schöpfungsketten. Dieser war zuletzt auch im Bereich Betrieb und Wartung spürbar, in dem zuvor noch mit deutlich höheren Margen als im Bereich des Anlagenbaus gerechnet werden konnte (New Energy Update 2019b). Auch die weltweit größten Hersteller mussten trotz höherer Absatzzahlen Verluste hinnehmen, die zu Fabrikschließungen und Entlassungen führten (REN21 2020). Grund waren unter anderem höhere Kosten für Rohstoffe wie Stahl und Aluminium, welche einen erheblichen Anteil der Herstellungskosten von Windturbinen ausmachen. Die Kosten wurden insbesondere durch die gestiegenen Handelszölle zwischen den USA und China beeinflusst, was sich direkt auf die Margen der Windturbinenhersteller auswirkt (Wind Power Monthly 2020).

Der erhöhte Wettbewerbsdruck hatte auch eine weitere Konsolidierung im Bereich der Hersteller von Windenergieanlagen zur Folge. Im Jahr 2019 lieferten weltweit insgesamt 33 Hersteller neue Windturbinen aus. Im Jahr 2013 waren es noch 63 Hersteller. Von den im Jahr 2019 hergestellten Anlagen konnten die größten vier Unternehmen (MHI Vestas, Siemens Gamesa, Goldwind und GE Renewable Energy) einen Marktanteil von 55 Prozent für sich beanspruchen. Der Marktanteil der zehn größten Unternehmen in der Windturbinenherstellung erhöhte sich auch im Jahr 2019 weiter und erreicht nun 85,5 Prozent im Vergleich zu 85 Prozent 2018 und 75 Prozent im Jahr 2017 (REN21 2020). Einige Hersteller, die besonders von einem schrumpfenden heimischen Markt getroffen wurden, waren beispielsweise Senvion

Abbildung 12: Veränderung der installierten Kapazität von Onshore-Windanlagen 2013 – 2018

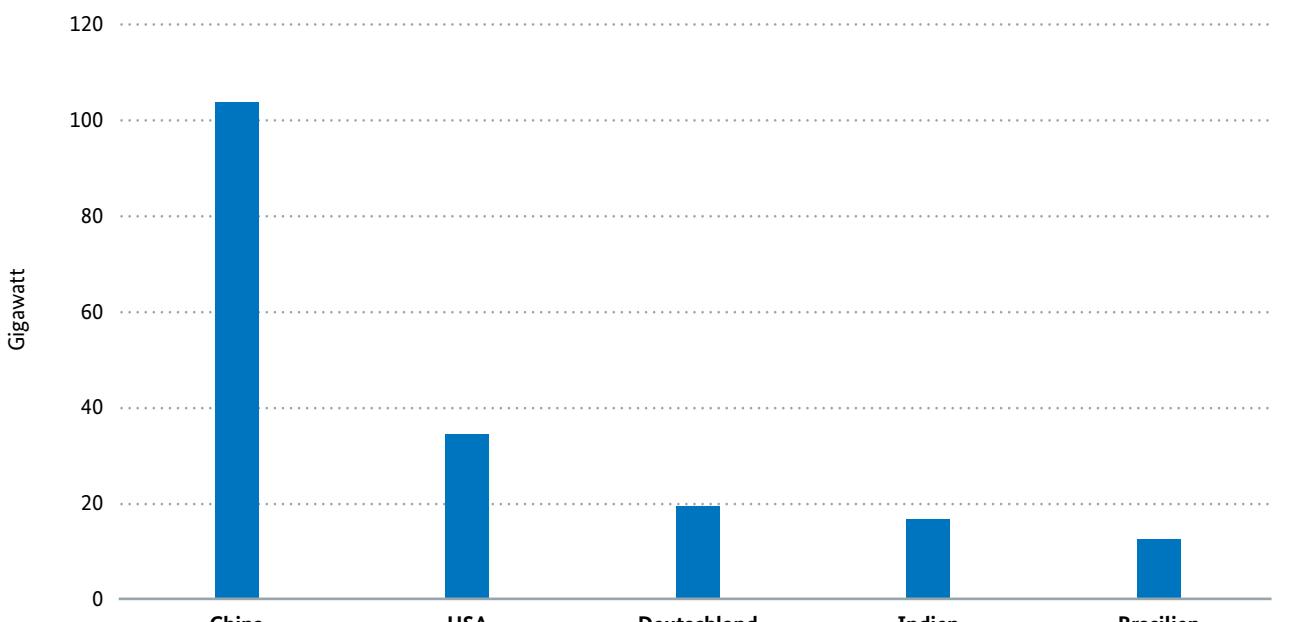
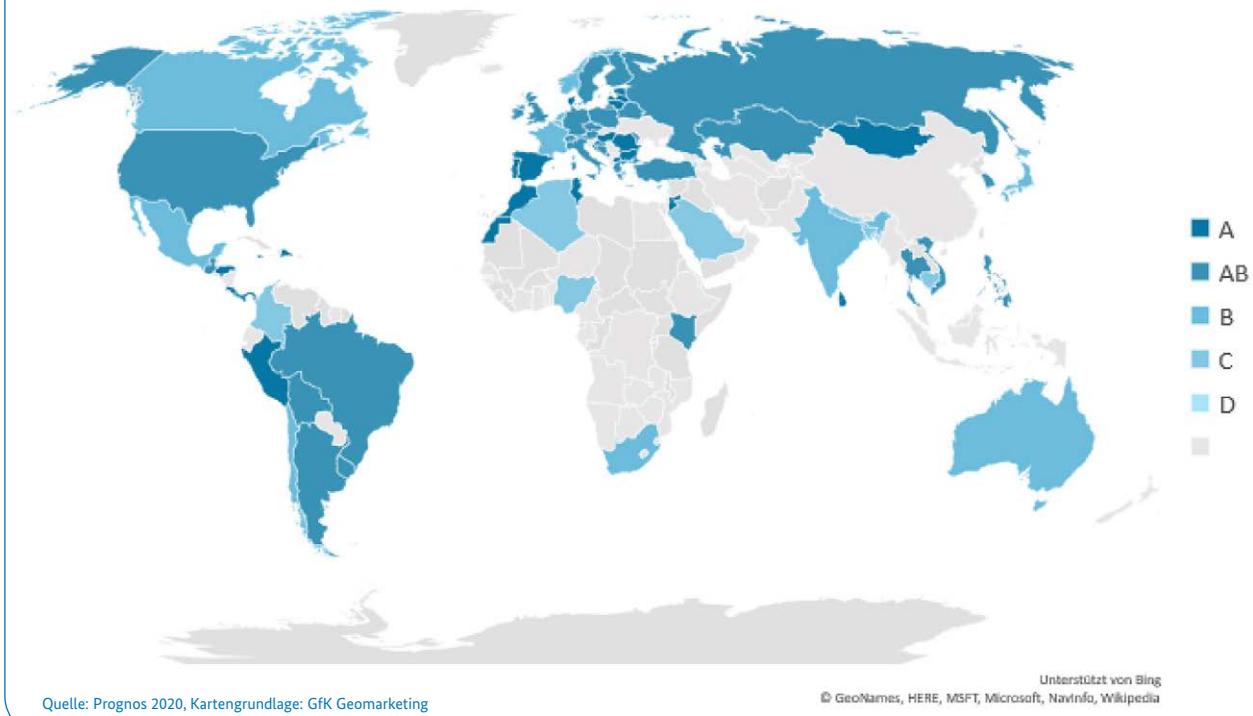


Abbildung 13: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2020



in Deutschland, welches im Jahr 2019 Insolvenz anmeldete, und Suzlon in Indien. Andere Unternehmen in den gleichen Ländern, wie z.B. Enercon, konnten sich durch einen hohen Exportanteil dagegen besser behaupten (REN21 2020).

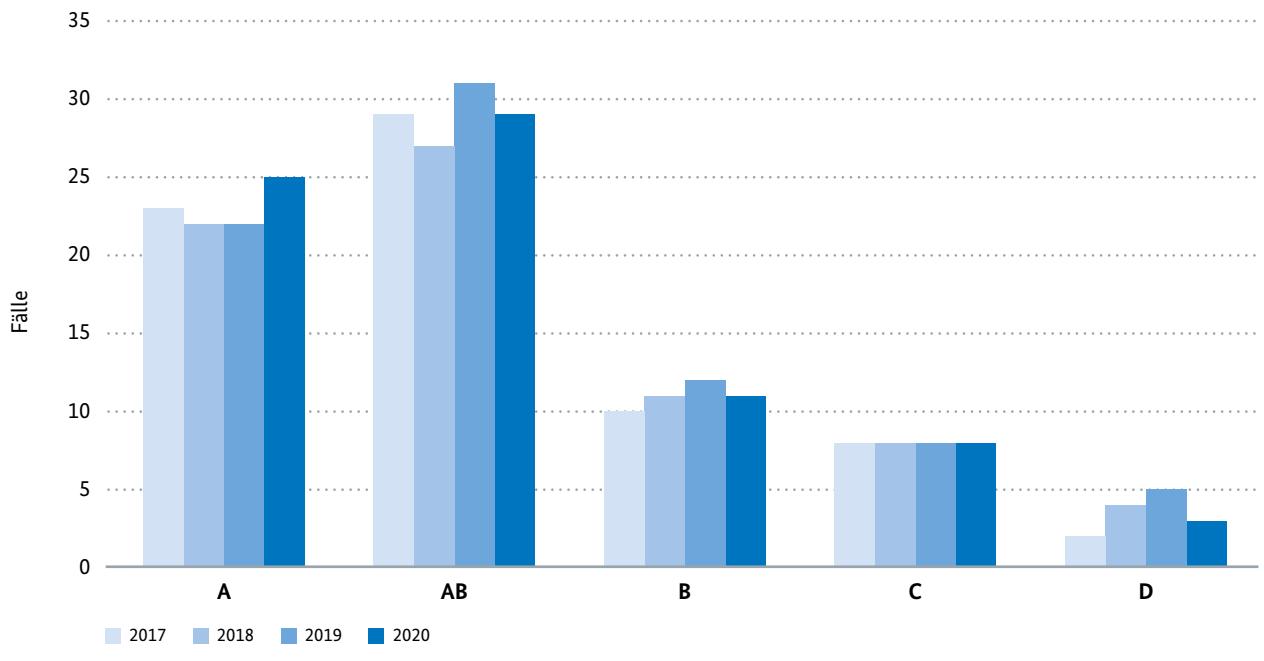
Im Bereich der Onshore-Windenergie gibt es bereits zahlreiche etablierte Märkte: 54 der betrachteten Länder fallen in die A- oder AB-Marktkategorie. Die Ergebnisse der Marktanalyse für Onshore-Wind sind in Tabelle 7 und Abbildung 13 dargestellt. Abbildung 14 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Länder der Kategorie AB und B nahmen leicht ab, die etablierten Märkte (Kategorie A) zu.

Tabelle 7: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2020

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	25
AB-Länder	29
B-Länder	11
C-Länder	8
D-Länder	3
Länder mit Daten	100
Erfassungsquote	76 %

Quelle: Prognos AG

Abbildung 14: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Onshore-Wind im Zeitverlauf, 2017 – 2020



Quelle: Prognos AG

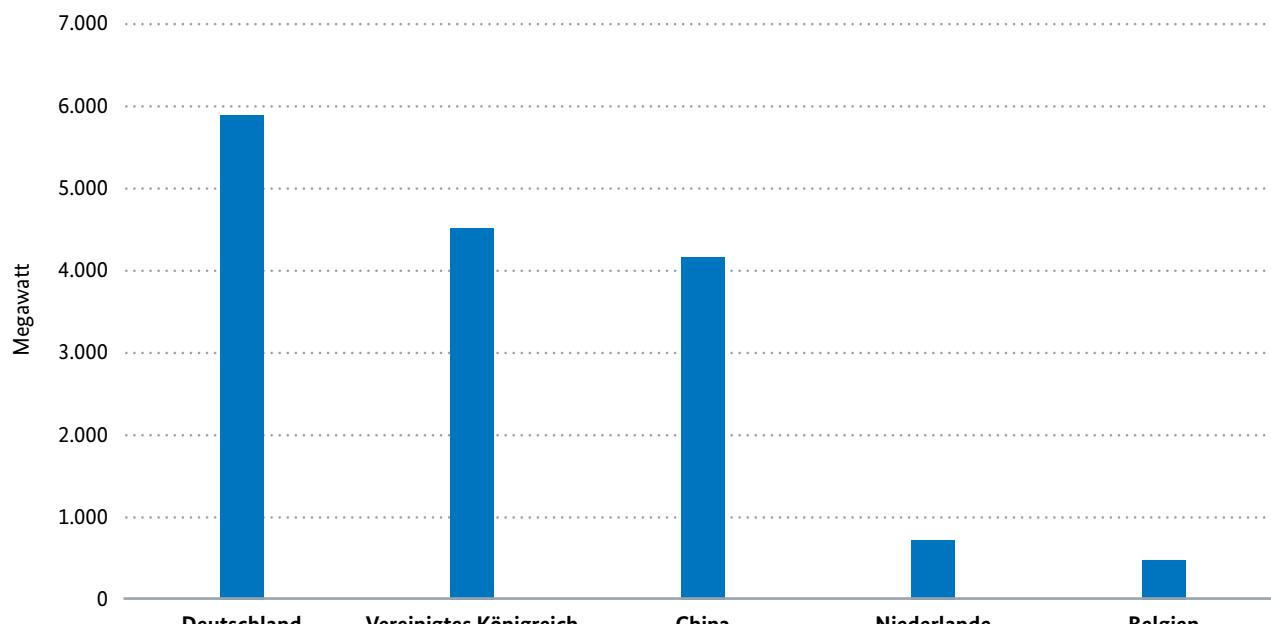
1.3.2 Offshore-Wind

Im Jahr 2019 setzte sich der ansteigende Trend bei den jährlichen Neuinstallationen im Bereich Offshore-Windenergie weiter fort. Mit rund 6,1 GW errichteter Leistung legte der Zubau im Offshore-Bereich im Vergleich zum Vorjahr um 35,5 Prozent zu und machte erstmals 10 Prozent des gesamten Zubaus an Windenergie aus. Der Zubau ist dabei weiterhin auf wenige Regionen verteilt. So wurden 59 Prozent der Neuinstallationen in Europa und dort vorwiegend in den Nordseeanrainerstaaten Großbritannien, Deutschland und Dänemark errichtet. 41 Prozent der Neuinstallationen wurden in Asien und dort fast ausschließlich in China gezählt. Andere Staaten in der Region, in denen sich ein zunehmender Offshore-Ausbau anbahnt, sind Taiwan mit dem nun ersten großen Offshore-Windpark und Japan, wo die Planungen des Offshore-Ausbaus deutlich konkretisiert wurden (GWEC 2020).

Hauptsächliche Treiber des Ausbaus sind Ausschreibungen für staatliche Vergütungssysteme. Zuletzt waren die dabei erzielten Zuschlagswerte stark gefallen. Als Reaktion wurden die Ausschreibungen in den Niederlanden auf ein förderfreies System umgestellt, in dem die Projektrechte nur noch nach qualitativen Kriterien vergeben werden. Außerdem wird erwartet, dass die zuletzt bezuschlagten Projekte in Großbritannien, wo ein Differenzvertrag mit dem Staat geschlossen wird, voraussichtlich während ihrer Betriebszeit sogar Rückzahlungen an den Staat leisten werden, da ihre Erlöse des erzeugten Stroms oberhalb des garantierten Preises liegen werden (Jansen et al. 2020).

Sinkende Zuschläge und Förderkosten haben dazu geführt, dass im Jahr 2019 neben einem Rekordzubau auch viele Staaten in Europa ihre Ausbauziele für die Technologie angehoben haben.

**Abbildung 15: Veränderung der installierten Kapazität von Offshore-Windanlagen
2013 – 2018**



Quelle: Prognos AG nach IRENA 2020

Die mittelfristigen Ziele für die installierte Leistung im Jahr 2030 sind damit von insgesamt 76 GW im Vorjahr auf nun 100 GW deutlich angestiegen (Wind Europe 2020). Im Zuge des starken geplanten Zubaus in Europa wurden im Jahr 2019 auch die Bemühungen verstärkt, die Fördersysteme und regulatorischen Rahmenbedingungen in größeren Seeräumen in Europa, z. B. in der Nordsee, über die jeweiligen nationalen Seegrenzen hinweg zu harmonisieren (Windbranche 2020).

Offshore-Windenergie spielt neben dem Einsatz in der Stromerzeugung auch eine zunehmende Rolle als Erzeugungsquelle für grünen Wasserstoff. Zu beobachten sind seit dem Jahr 2019 verstärkte Ambitionen, eine möglicherweise stark wachsende Branche zur grünen Wasserstofferzeugung mit der Offshore-Windindustrie zu kombinieren, da hier in vielen Fällen „Win-win-Situationen“ möglich erscheinen (GWEC 2020). Offshore-Windenergie bietet sich als Stromquelle für die Erzeugung von grünem Wasserstoff in Elektrolyseuren

aus mehreren Gründen an. Zum einen ist die Technologie stark skalierbar, sodass sich bereits heute große Erzeugungsverbünde mit Gesamtleistungen von bis zu 2 GW oder mehr errichten lassen. Hiervon könnte auch die Elektrolysetechnik profitieren, die zur Realisierung von noch notwendigen Kostensenkungspotenzialen Skaleneffekte benötigt. Zum anderen ist das Erzeugungsprofil der Offshore-Windenergie im Vergleich zu Onshore-Wind und Solar-PV relativ stetig, was der bisher verfügbaren Elektrolysetechnologie eine für die Anlagen vorteilhafte Betriebsführung erlaubt.

Derzeit befindet sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Konzepten zum Einsatz von Offshore-Windenergie zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in der Konzeptionierungsphase. Die Ideen sehen teilweise die Elektrolyse offshore und den Transport von komprimiertem Wasserstoff per Schiff an Land vor oder beinhalten den Stromtransport über eine Kabelanbindung zu Elektrolyseuren an Land. Alternativ zum Schiffs-

transport werden auch Pipelineanbindungen für den offshore erzeugten Wasserstoff angedacht (GWEC 2020), (Tractebel 2020). Bisher ist nicht abzusehen, welche Systeme sich hier in mittlerer Zukunft durchsetzen werden. Jedoch kann bereits heute gezeigt werden, dass der Energietransport über Pipelines in Form von komprimiertem Wasserstoff bei zunehmender Küstenentfernung und steigender Gesamtleistung der angeschlossenen Windparks im Vergleich zur Anbindung per Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung ökonomische Vorteile ausspielen kann (Prognos 2020).

Vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung des Marktsegments war zuletzt auch der vermehrte Einstieg von Öl- und Gasunternehmen in die Entwicklung und den Betrieb von Offshore-Windparks zu beobachten. Im Jahr 2019 zeigten hier insbesondere Saipem aus Italien, ExxonMobile aus den USA sowie Equinor aus Norwegen deutliche Aktivitäten (REN21 2020).

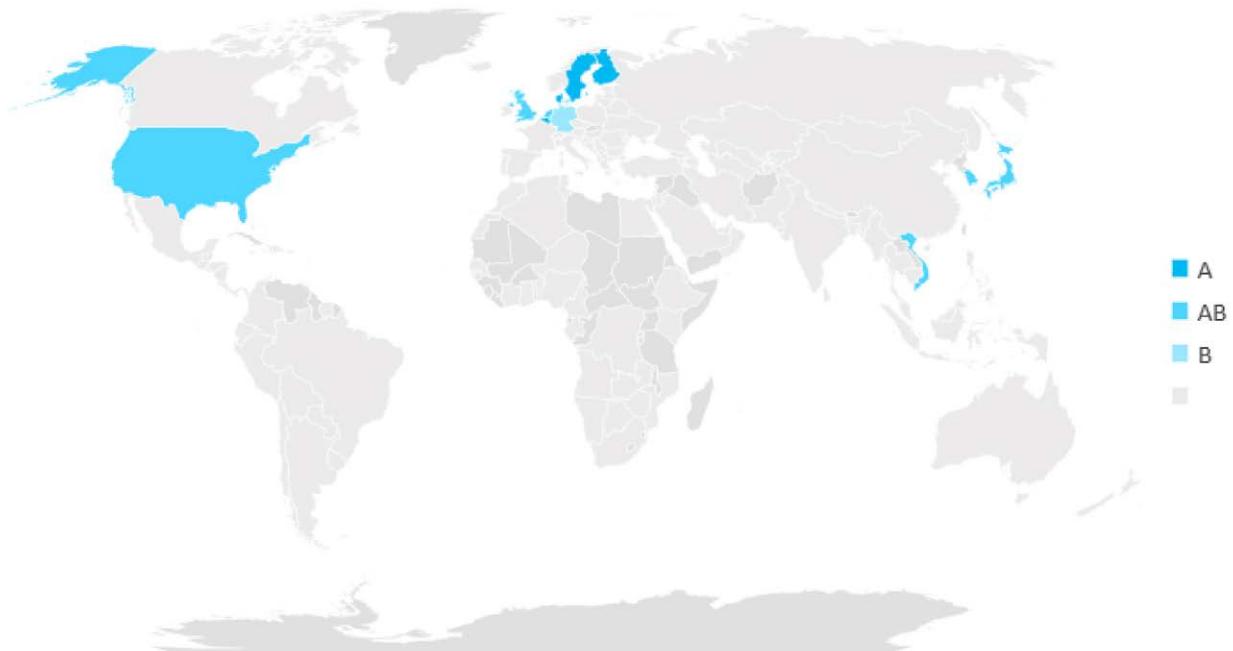
Im Vergleich zur Onshore-Windkraft ist die Offshore-Technologie eine junge Technologie. Damit sind erst für einige Länder Daten vorhanden. Zusätzlich ist die Offshore-Technologie nicht in allen betrachteten Ländern anwendbar.

Tabelle 8: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2020

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	4
AB-Länder	6
B-Länder	1
C-Länder	0
D-Länder	0
Länder mit Daten	15
Erfassungsquote	73 %

Quelle: Prognos AG

Abbildung 16: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2020



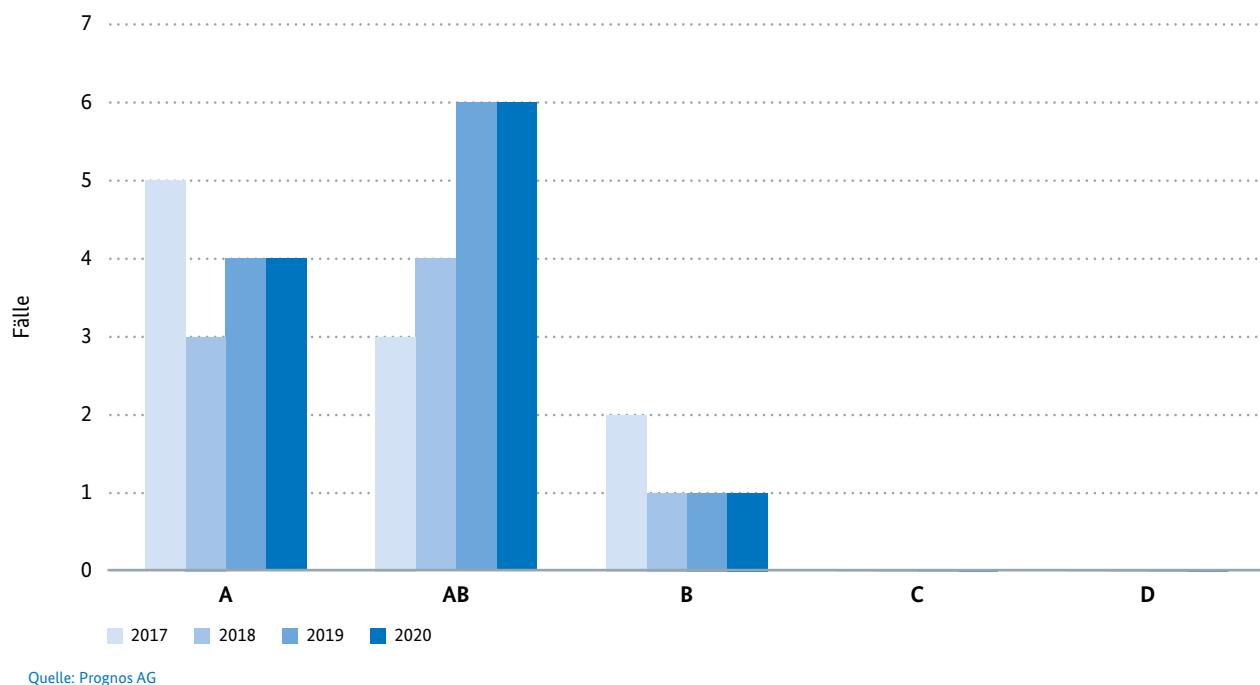
Quelle: Prognos 2020, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Unterstützt von Bing
© GeoNames, HERE, MSFT, Microsoft, Navitia, Wikipedia

Damit lassen sich nur einige Länder in die Marktsegmente einordnen. Die Ergebnisse der Marktanalyse für Offshore-Wind sind in Tabelle 8 und Abbildung 16 dargestellt und zeigen, dass zehn Länder in die Kategorie A oder AB fallen.

Abbildung 17 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Insgesamt werden vergleichsweise wenige Länder erfasst. Die Verteilung auf die Kategorien verändert sich im Vergleich zum letzten Jahr kaum.

Abbildung 17: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Offshore-Wind im Zeitverlauf, 2017–2020



1.4 Wasserkraft

Wasserkraft hat weiterhin mit großem Abstand den höchsten Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung. Dieser nahm mit 58 Prozent Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung und 16 Prozent Anteil an der Gesamtstromerzeugung jedoch im Vergleich zum Vorjahr leicht ab (REN21 2020). Grundsätzlich ist Wasserkraft eine ausgereifte und etablierte Technologie, die bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts zur Stromerzeugung genutzt wird. Vorteile liegen in der Möglichkeit, die Erzeugung zu regulieren, wenn es sich um Speicher- oder Pumpspeicherkraftwerke handelt, und in

der Kombination mit Bewässerungskonzepten. Die weltweite installierte Leistung von Wasserkraftwerken lag Ende 2019 bei 1.150 GW (REN21 2020). In China ist mit 326 GW die mit Abstand meiste Wasserkraft installiert. Weitere Länder mit einer hohen Wasserkraftkapazität sind Brasilien, Kanada, die USA und Russland. Diese Verteilung ist stabil, da eine so große Kapazität nicht kurzfristig zugebaut werden kann. Beim letztjährigen Zubau gab es jedoch das erste Mal eine Verschiebung: Der meiste Zubau erfolgte in Brasilien; hierzu trug in erster Linie die Fertigstellung des Kraftwerks Belo Monte mit jetzt 11,2 GW Leistung bei. China, das beim neuen Zubau die letzten Jahre

an erster Stelle stand, folgt auf dem zweiten Platz. Danach kommen in abnehmender Zubaureihenfolge die weiteren asiatischen Länder Laos, Bhutan und Tadschikistan.

Betrachtet man das Mittel der letzten fünf Jahre bis 2018, bleibt China mit weitem Abstand das Land mit dem höchsten Zubau, gefolgt von Brasilien, der Türkei, Indien und Kanada (s. Abbildung 18). Asien bleibt damit ein Schwerpunkt des Wasserkraftzubaus. Hier bestehen außerdem Pläne für einen weiteren Ausbau in Thailand und Vietnam. Dabei soll der Strom teilweise den inländischen, steigenden Bedarf decken und zu Teilen exportiert werden. In Indien wird seit einer regulatorischen Änderung große Wasserkraft ebenfalls zur erneuerbaren Stromerzeugung gezählt und es wird erwartet, dass damit Anreize zum Bau neuer Kraftwerke geschaffen werden. Auch in Südamerika gibt es neben Brasilien in weiteren Ländern wie Chile, Peru und Bolivien Pläne für neue Wasserkraftwerke. Ebenso gab und gibt

es weitere Planungen in Afrika. Die meisten Projekte wurden bisher in Angola, Äthiopien und Uganda umgesetzt. In Summe wurden in Afrika im Jahr 2019 0,9 GW errichtet (REN21 2020). Oft erfolgen der Bau und die Finanzierung mit Unterstützung chinesischer Firmen und Banken. Die Märkte für Wasserkraft in Japan, Nordamerika und Europa sind dagegen fast vollständig erschlossen. Ein Fokus liegt hier weiterhin auf der Erneuerung und Modernisierung bestehender Anlagen. Potenziale für einen weiteren Ausbau bestehen in Europa in erster Linie in den Balkanstaaten. Hier gibt es, da teilweise noch unberührte Wildflüsse betroffen wären, die zu großen Teilen unter Naturschutz stehen, jedoch Proteste gegen diese Projekte (DW 2019a).

Neben immer weniger unerschlossenen Potenzialen zeigen sich beim Wasserkrafterbau weitere Herausforderungen. Die Stromproduktion in Lauf-, aber auch Speicherkraftwerken ist von den Niederschlägen im jeweiligen Jahr abhängig.

Abbildung 18: Veränderung der installierten Kapazität von Wasserkraft 2013 – 2018

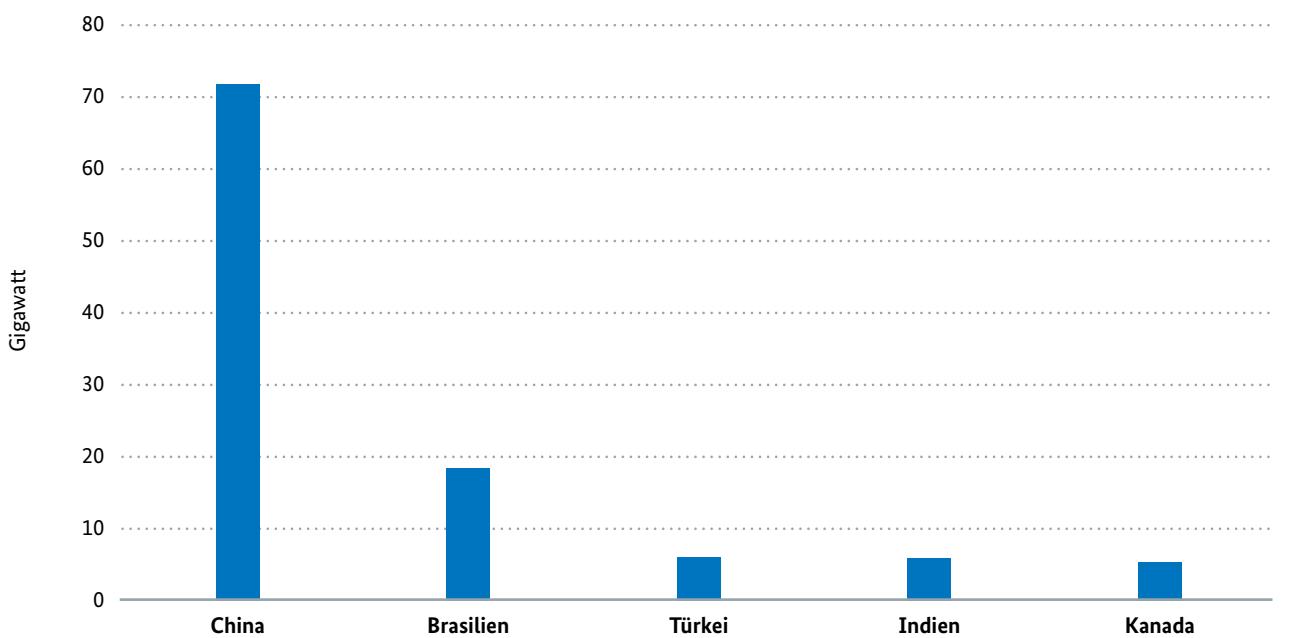
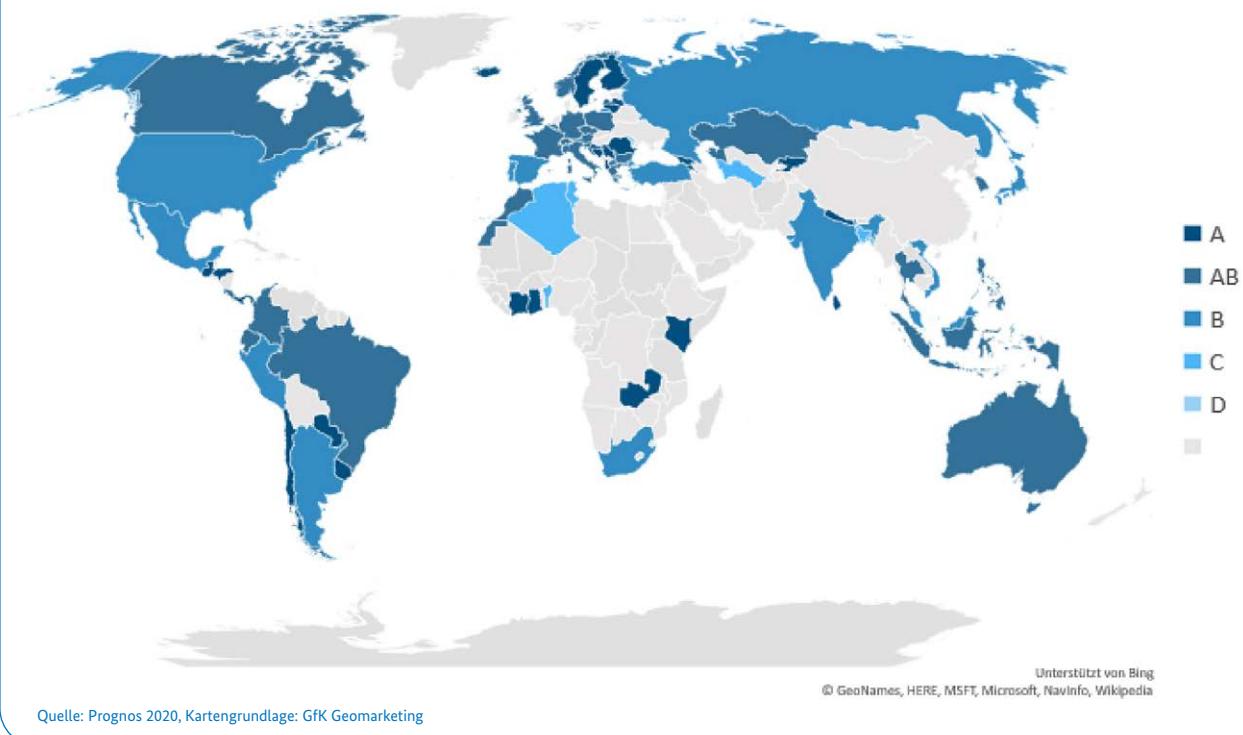


Abbildung 19: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2020



Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels schwanken die Niederschläge und damit die Produktion jedoch immer stärker. Durch das Stauen von Flüssen können sich außerdem gravierende Veränderungen im Flussverlauf ergeben, da sich Sedimente absetzen und sich der Wasserhaushalt ändert. Dies ist zum Beispiel im Mekongdelta bereits der Fall, in dem ein kritisch niedriger Wasserstand festgestellt wurde (DW 2019b). Werden alle dort geplanten Staudammprojekte verwirklicht, wird sich die Situation voraussichtlich deutlich verschlimmern. Weitere Auswirkungen von Wasserkraftwerken auf die Umwelt und die lokale Bevölkerung sind die Abtrennung der Lebensräume von Fischen und anderer Fauna und nötige Umsiedlungen. Teilweise emittieren Speicherwasserkraftwerke außerdem nicht unerhebliche Mengen an Treibhausgas, insbesondere Methan (Deemer et al. 2016, Almeida et al. 2019). Um all diese negativen Auswirkungen zu mini-

mieren, wurde von der Industrievereinigung IHA (International Hydropower Association) ein Leitfaden entwickelt, um die THG-Emissionen möglichst niedrig zu halten und hohe ökologische und soziale Nachhaltigkeitsstandards zu erreichen (IHA 2019).

Im Gegensatz zu erneuerbaren Energien wie Wind und Solar, bei denen die Stromgestehungskosten (Levelized Cost of Electricity, LCOE) die letzten Jahre stark gesunken sind, haben sich die Kosten für Strom aus Wasserkraft über die letzten Jahre leicht erhöht. Die durchschnittlichen LCOE für Wasserkraft lagen 2019 bei 0,047 USD/kWh, eine Steigerung um 6 Prozent zum Vorjahr und von 27 Prozent im Vergleich zu 2010 (IRENA 2020a). Trotzdem sind knapp 90 Prozent aller neuen Projekte günstiger als durchschnittliche neue fossile Kraftwerke. Gründe für die höheren Kosten liegen in den oben beschriebenen Herausforderungen

und in der Umsetzung von vielen Projekten in Ländern mit höheren Kosten. Die durchschnittlichen Kapitalkosten für neue Wasserkraftwerke liegen bei 1.704 USD/kW, wobei es je nach Projekt und Region sehr große Unterschiede gibt: Günstige Projekte liegen bei 600 USD/kW, teurere bei bis zu 4.500 USD/kW (IRENA 2020a). Die Technologie ist aufgrund der Bauarbeiten, die durchschnittlich 45 Prozent der Investitionskosten ausmachen, sehr kapitalintensiv. Dies könnte dazu führen, dass – wenn im Zuge der Corona-Pandemie weniger Kredite vergeben werden – weniger neue Projekte genehmigt werden (IEA 2020e). Insgesamt zeigt auch die diesjährige Marktanalyse mit sehr vielen Ländern in der Kategorie A und AB, dass die Wasserkraft eine sehr ausgereifte Technologie ist (Tabelle 9). Dieser Trend verstärkt sich leicht: Im Vergleich mit den letzten Jahren hat die Anzahl der Kategorie A- und AB-Länder weiter zugenommen (Abbildung 20).

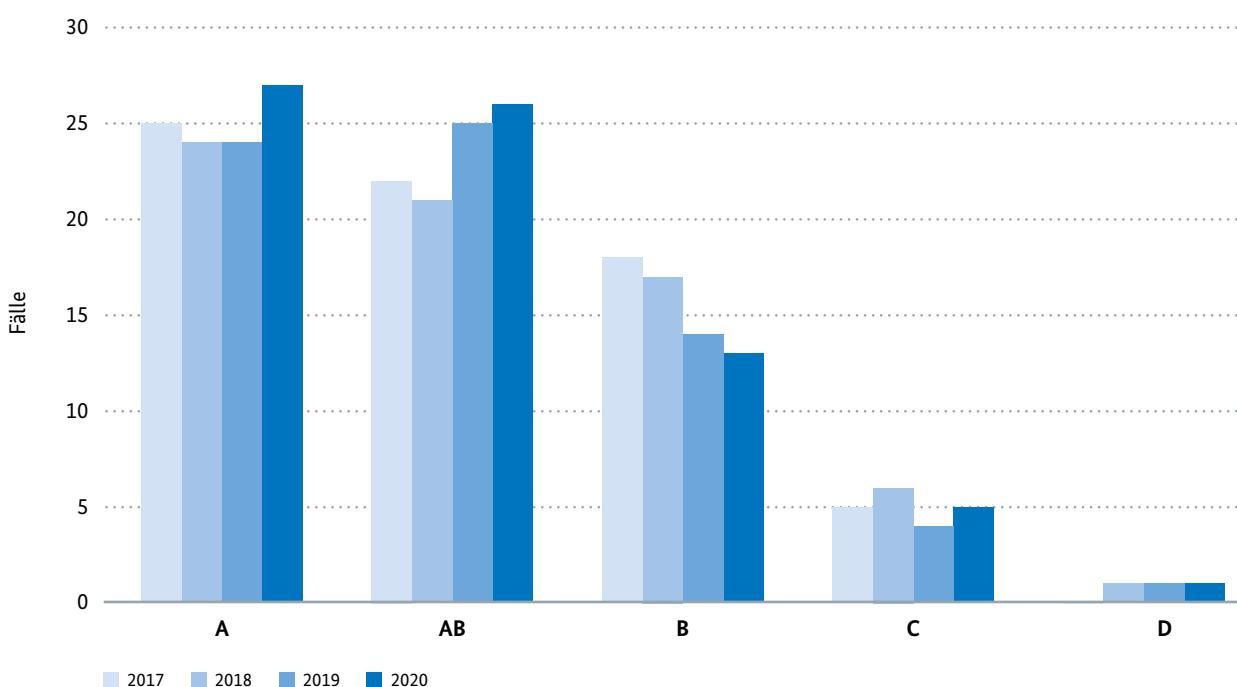
**Tabelle 9: Ergebnisse Marktanalyse
Wasserkraft 2020**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	27
AB-Länder	26
B-Länder	13
C-Länder	5
D-Länder	1
Länder mit Daten	117
Erfassungsquote	62 %

Quelle: Prognos AG

Dynamik herrscht in einigen Ländern in Südamerika und Asien. Die Ergebnisse der Marktanalyse sind grafisch in der Karte in Abbildung 19 dargestellt.

Abbildung 20: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Wasserkraft im Zeitverlauf, 2017–2020



Quelle: Prognos AG

2. Anwendungsfeld

Energieeffizienz



Um eine nachhaltige Energieversorgung zu gestalten und die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, ist eine ergänzende Kombination von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz entscheidend (REN21 2020). So reduziert bereits der Einsatz erneuerbarer Energien den Primärenergieverbrauch. Auch sind viele Erneuerbare-Energien-Technologien bei einem reduzierten Energieverbrauch einfacher und kostengünstiger zu implementieren. Im Jahr 2019 lag der Primärenergieverbrauch bei 14.400 Mtoe, das entspricht einer Steigerung um 0,9 Prozent zum Vorjahr (IEA 2020f). Die weltweite Energieintensität, gemessen in Energieeinsatz pro Wertschöpfung, verbesserte sich zwar um 2 Prozent, wobei 0,4 Prozent davon auf ein mildereres Wetter zurückzuführen sind. Im Vergleich zu den Vorjahren ist dies jedoch eine Verlangsamung: Die durchschnittliche Verbesserung der Energieintensität lag zwischen 2010 und 2017 noch bei 3,6 Prozent (IEA 2019a) (IEA 2020f). Laut *Sustainable Development Scenario (SDS)* der IEA wären dagegen bis zu dreimal so hohe Steigerungen notwendig. Die gesamten Investitionen in Energieeffizienz lagen im Jahr 2019 bei 250 Milliarden US-Dollar (IEA 2020e). Mit knapp 60 Prozent haben, wie bereits in den letzten drei Jahren, Investitionen in Gebäudeeffizienz den größten Anteil, gefolgt von Investitionen in effiziente Transportmöglichkeiten (knapp 25 Prozent) und Industrieeffizienz. Im Jahr 2020 werden die Investitionen durch die Corona-Krise vermutlich deutlich geringer ausfallen (IEA 2020e). Zur Erreichung der Ziele des SDS wären in den nächsten zehn Jahren durchschnittliche Investitionen in Höhe von 625 Milliarden US-Dollar nötig (IEA 2019b).

Wie in den letzten Jahren ist das Thema Digitalisierung als Querschnittsthema über alle Anwendungsfelder besonders für Energieeffizienz und Infrastruktur/Netze ein bedeutender Treiber für neue Entwicklungen. Dabei rückt verstärkt die Energieeffizienz der Digitalisierung selbst in den Vordergrund (IEA 2019a). Weltweit nahm der Gebrauch digitaler Geräte, deren mobile Nutzung

und die Zahl der Datenzentren in den letzten zehn Jahren sehr stark zu. Gleichzeitig stieg die Energieeffizienz ebenfalls sehr stark, sodass der absolute Energieverbrauch für IKT mit circa 800 TWh nahezu konstant blieb (IEA 2019a). Gleichzeitig kann die Digitalisierung zur Reduzierung des Energieverbrauchs in anderen Bereichen führen, wenn z.B. Dienstreisen durch Videokonferenzen ersetzt werden oder verstärkt im Home-office gearbeitet werden kann. Diese Effekte waren im ersten Halbjahr 2020 aufgrund der Corona-Krise bereits verstärkt zu beobachten. Ob durch die Digitalisierung langfristig der Energieverbrauch gesenkt werden kann oder ansteigt, ist aktuell noch unklar. Eine weitere Erhöhung der Energieeffizienz wird hier entscheidend sein.

Änderungen der Energieintensität können sich neben Effizienzmaßnahmen auch durch strukturelle Änderungen ergeben. Ebenso können Änderungen auf der Nachfrageseite, z.B. durch veränderte Konsum- und Verhaltensmuster, den absoluten Energieverbrauch senken (Creutzig et al. 2018). In dieser Marktanalyse liegt der Schwerpunkt jedoch auf technischer Energieeffizienz. Zwischen 2015 und 2018 führte technische Energieeffizienz zu einer Einsparung von 3,5 Milliarden Tonnen zusätzlichem CO₂ (IEA 2019a). Die Ergebnisse der Analysen der weltweiten Marktpotenziale für Gebäude- und Industrieefizienz, also für die zwei Anwendungsfelder der Energieeffizienz, werden in diesem Kapitel detailliert dargestellt.

2.1 Gebäudeeffizienz

Die weltweiten Investitionen in Energieeffizienz im Gebäudebereich stiegen im Jahr 2019 um 2 Prozent und lagen wie oben beschrieben bei 151 Milliarden US-Dollar (IEA 2020e). Im Vergleich zur gesamten weltweiten Bauwirtschaft mit Investitionen von 5,9 Billionen US-Dollar und einem Wachstum von 5 Prozent im Jahr 2019 ist der Anteil an Effizienzinvestitionen aber weiterhin

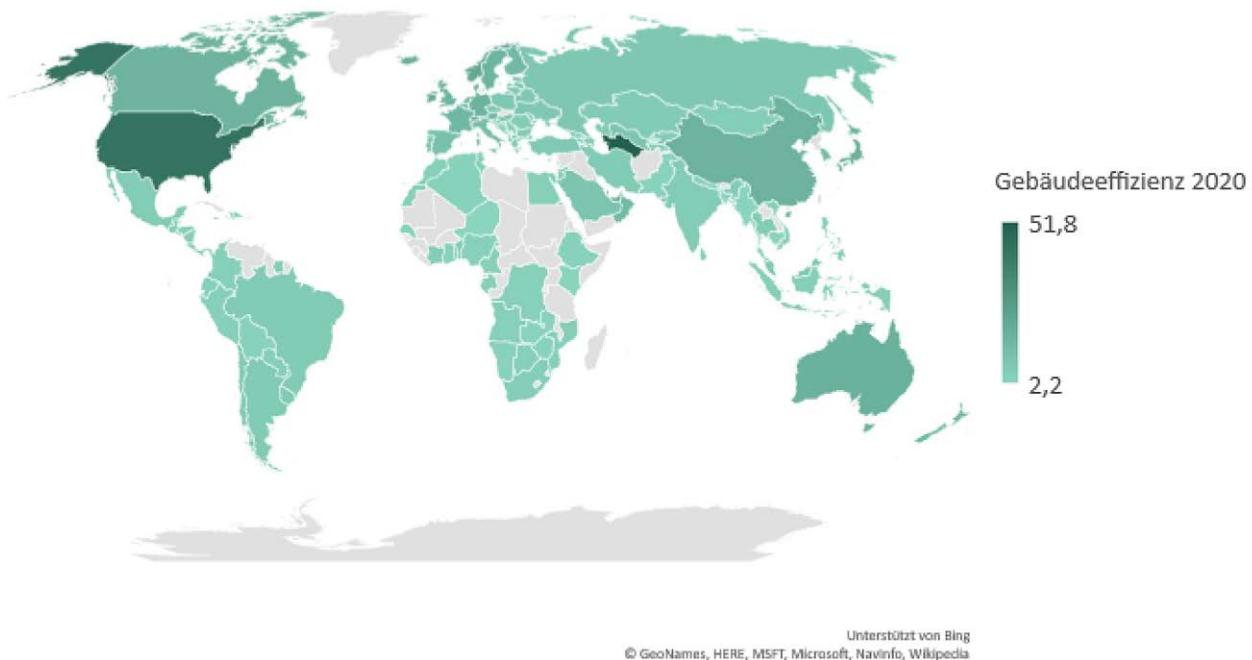
eher gering. Insgesamt ist die Dynamik, sowohl was allgemeine Bautätigkeiten als auch Energieeffizienz angeht, in Schwellenländern deutlich höher als in Europa und Nordamerika. Der Endenergieverbrauch in Gebäuden stieg im Jahr 2018 auf 125 EJ und hat damit einen Anteil von 36 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch (Global-ABC 2019). 70 Prozent davon werden in Wohngebäuden verbraucht. Den größten Anteil am Energieverbrauch in Gebäuden hat weiter die Heizenergie mit fossilen und biogenen Brennstoffen. Der Anteil von Strom, aktuell bei 25 Prozent, steigt seit einigen Jahren jedoch deutlich an, insbesondere in Nicht-OECD-Ländern (REN21 2020). Genutzt wird Strom in Gebäuden hauptsächlich zur Klimatisierung, für Geräte und zur Warmwassererzeugung. Im Zuge der Sektorkopplung gewinnen auch die Wärmeerzeugung über direktelektrische Heizungen sowie Wärmepumpen an Bedeutung. Die größten Fortschritte bei der Energieeffizienz gab es in OECD-Ländern und dort insbesondere in den Bereichen Heizen/Dämmen und Beleuchtung (REN21 2020).

Gründe für den Anstieg des Energieverbrauchs in Gebäuden liegen zum einen in dem außergewöhnlichen Wetter im Jahr 2018, das überdurchschnittlich warm war. Damit reduzierte sich zwar der Heizbedarf in einigen Ländern. Der Bedarf zur Kühlung nahm jedoch stark zu (IEA 2019a). Daneben ist der Anstieg hauptsächlich auf strukturelle Effekte zurückzuführen, die von der Zunahme der technischen Effizienz im Gebäudebereich nicht kompensiert werden konnten. So stiegen, ausgehend von einem im Vergleich zu Industrieländern niedrigeren Niveau, die Wohnungsfläche pro Person und die Raten an Geräteausstattung in Schwellenländern deutlich an. Gründe liegen in einem steigenden Einkommen in diesen Ländern sowie einer Abnahme der durchschnittlichen Haushaltsgröße. In Industrieländern stieg die Wohnfläche pro Kopf, die in den USA durchschnittlich bei 70 m²/Person, in der EU bei durchschnittlich 40 m²/Person liegt, ebenfalls weiter an (IEA 2019a). Eine Erhöhung der techni-

schen Energieeffizienz ist daher entscheidend. Dies betrifft besonders Geräte zur Klimatisierung. Aktuell ist die Ausstattung mit Klimageräten in industrialisierten Ländern, die teilweise ein weniger heißes Klima als andere Länder haben, noch höher als in heißeren Ländern. Perspektivisch, verstärkt durch einen fortschreitenden Klimawandel, ist daher eine starke Zunahme des Energiebedarfs für Kühlung in Schwellen- und Entwicklungsländern, wie z. B. Indien, zu erwarten. Auch ist bei der Planung neuer Gebäude eine ausreichende Gebäudeisolierung und Verschattung notwendig, um den Energiebedarf der Gebäude Nutzung bereits bei der Konstruktion möglichst niedrig zu halten.

Entscheidend für die nötige Erhöhung der Energieeffizienz sind die richtigen Rahmenbedingungen. Bei den aktuell niedrigen fossilen Energiepreisen für Heizöl und Erdgas lohnen sich viele Investitionen in Energieeffizienz nicht. Daher sind langfristig festgelegte Gebäudestandards zum maximalen Energieverbrauch, die oft mit verpflichtenden Mindestanteilen erneuerbarer Energien verbunden werden, sehr wichtig. In der EU trat z. B. im Jahr 2018 die überarbeitete Europäische Gebäuderichtlinie in Kraft, mit dem Ziel eines treibhausgasneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050 (EU 2018). Auch in Australien und Kanada wurden Programm für Null-Energie (Nicht)-Wohngebäude verabschiedet. Das Thema Klimatisierung wird ebenfalls adressiert, z. B. in Ruanda mit dem „National Cooling Plan“ oder im Mittleren Osten mit dem Plan COOL_ME (IEA 2019a, REN21 2020). Neben Ordnungsrecht, Zuschüssen und der Förderung technischer Energieeffizienz nutzen inzwischen circa 50 Länder, darunter Frankreich und Italien, marktbasierter Instrumente wie Zertifikatesysteme, über die Energieversorgungsunternehmen zur Energieeinsparung verpflichtet werden. Ähnlich wie in Deutschland, wo ab 2021 abhängig vom CO₂-Gehalt eine nationale Abgabe auf fossile Brennstoffe erhoben wird (BMU 2020), gewinnt das Thema CO₂-Bepreisung in vielen Ländern und

Abbildung 21: Ergebnisse Marktanalyse Gebäudeeffizienz 2020



Quelle: Prognos 2020, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Regionen als Politikinstrument zur Bekämpfung des Klimawandels an Bedeutung. So wurde z. B. in Südafrika 2019 eine CO₂-Steuer eingeführt (IEA 2019a). Eine Bepreisung des CO₂-Ausstoßes kann die Anreize für Energieeffizienz deutlich steigern und negative Effekte niedriger fossiler Energiepreise kompensieren.

Effizienztechnologien, die in vielen Ländern nachgefragt werden, sind weiterhin effiziente Beleuchtung (LEDs), Gebäudeisolierung, Verschattung, Geräteeffizienzen und Klimageräte. Neben dem Energieverbrauch während der Lebenszeit von Gebäuden rückt das Thema Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen durch Bau und Abriss von Gebäuden in den Vordergrund. Dies liegt daran, dass bei der Zement- und Stahl-

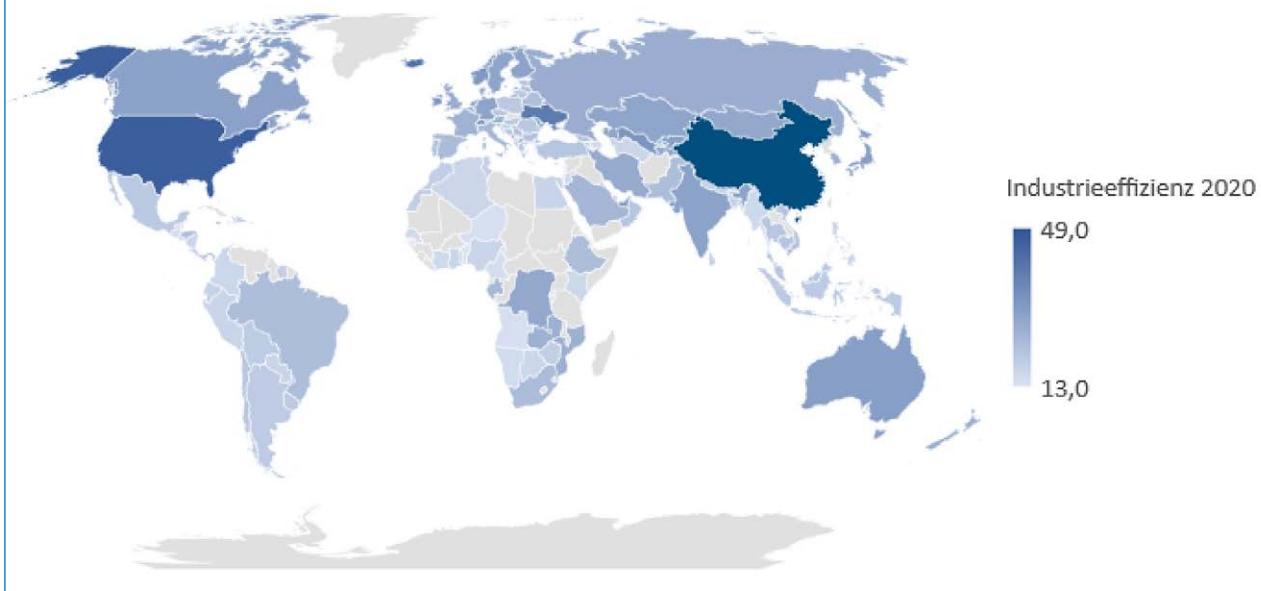
produktion hohe Treibhausgasemissionen entstehen, die zur Erreichung von Klimaneutralität vermieden werden müssen (s. dazu auch das nächste Kapitel Industrieeffizienz). In der diesjährigen Marktanalyse für Gebäudeeffizienz ergeben sich wie in den letzten Jahren hohe Punktzahlen für Länder in Europa und Nordamerika sowie für Teilrepubliken der ehemaligen Sowjetunion. Daneben finden sich verstärkt Länder aus dem Mittleren Osten, wie z. B. Katar, auf vorderen Plätzen. Wie beschrieben bieten sich in Ländern mit einem hohen Klimatisierungsbedarf gute Chancen für Energieeffizienztechnologien. In Abbildung 21 sind die Ergebnisse der diesjährigen Marktanalyse in Kartenform dargestellt, die Details finden sich in tabellarischer Form im Anhang.

2.2 Industrieeffizienz

In der Industrie gewinnt das Thema Dekarbonisierung der Industrie eine immer stärkere Bedeutung (AGORA 2019). Dies beinhaltet den Einsatz von Wasserstoff zur Senkung der energie- und prozessbedingten Emissionen, Carbon Capture and Storage bzw. Use (CCUS) für verbleibende Treibhausgasemissionen sowie eine möglichst zirkuläre Wirtschaft (Circular Economy) mit einer hohen Materialeffizienz. Zur Erreichung der Dekarbonisierung ist vor allem ein geringerer Energieverbrauch in der Industrie durch den Einsatz von Effizienztechnologien entscheidend.

Noch weist der aktuelle Trend in eine andere Richtung: Insbesondere durch eine Verlangsamung oder teilweise Umkehrung des Strukturwandels in großen produzierenden Nationen stieg der Energieverbrauch in der Industrie an und verlangsamte sich die Steigerung der Energieeffizienz. So wuchsen in China in den letzten Jahren energieintensive Industrien wie die Stahlerzeugung stark an. Ein Grund war das noch vor der Corona-Pandemie aufgelegte Konjunkturprogramm, unter dem vormals ineffiziente Anlagen wieder wirtschaftlich wurden (IEA 2019a). Auch in den USA wuchs die energieintensive Industrie, besonders die Petrochemie, und führte im Jahr 2018 sogar zu einer Verschlechterung der

Abbildung 22: Ergebnisse Marktanalyse Industrieeffizienz 2020



Energieintensität im Vergleich mit den Vorjahren (IEA 2019a). Diese Entwicklungen zeigen, dass eine Erhöhung der Energieeffizienz der Industrie, die einen Anteil von 35 Prozent am weltweiten Energieverbrauch hat, dringend notwendig ist (REN21 2020).

Die Technologien dazu sind verfügbar und bei entsprechend hohen Energiepreisen, begleitenden Politiken oder einem ausreichend hohen CO₂-Preis (s. auch Kapitel zu Gebäudeeffizienz) auch wirtschaftlich. Dies betrifft besonders Querschnittstechnologien mit elektrischen Antrieben, die in vielen Branchen genutzt werden. Hier weisen Pumpen, Beleuchtung, Druckluftsysteme sowie Lüftungs- und Kühlsysteme die höchsten Potenziale für Effizienzmaßnahmen auf (UBA 2020b). Durch die Nutzung der neuesten Verfahren und Materialien, insbesondere in energieintensiven Industriebereichen, lassen sich Strom und Brennstoffe einsparen. Elektrifizierung von Prozessen kann nicht nur helfen, CO₂ einzusparen, sondern auch die Wirkungsgrade und damit die Effizienz erhöhen. Oft kann auch über eine Optimierung und richtige Einstellung von Prozessen sowie durch die Nutzung von Abwärme Energie eingespart werden (BMWi 2020). Barrieren zur Umsetzung sind Informationsmängel, die hohen Anforderungen an Amortisationszeiten, die oft nur wenige Jahre betragen dürfen, und nicht eingeplante Budgets (GETEC 2020).

Daher sind verpflichtende Effizienzstandards und Einsparprogramme entscheidend zur Hebung der Effizienzpotenziale. Besonders in China konnte darüber in den letzten zehn bis 15 Jahren eine

schnelle und starke Verbesserung der Energieeffizienz in der Industrie erreicht werden. Wie oben beschrieben, stand dies im letzten Jahr nicht mehr so stark im Vordergrund. Es ist zu erwarten, dass nach der Corona-Pandemie der Fokus stärker auf der Stützung der Konjunktur als auf neuen Effizienzanforderungen liegen wird. Dabei können durch eine sinnvolle Effizienzpolitik Arbeitsplätze entstehen und Wettbewerbsvorteile geschaffen werden (GETEC 2020). Dies empfiehlt auch die Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) in ihrem Papier zur Erholung der Wirtschaft nach der Corona-Pandemie (IRENA 2020b). Unterstützend bei Energieeinsparungen können Energiemanagementsysteme mit der dafür nötigen Elektro-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (EMSR) sein. Darüber hinaus nehmen, ähnlich wie im Gebädebereich, Energiedienstleistungen in der Industrie zu. Damit können einige der Hemmnisse, wie fehlendes Kapital für Effizienzmaßnahmen, umgangen werden.

Obwohl sich die Energieeffizienzverbesserungen in China und den USA abgeschwächt haben, erreichen beide Länder wie in den letzten Jahren die vorderen Ränge in der diesjährigen Marktanalyse für Energieeffizienz in der Industrie. Dies liegt v.a. an der jeweils hohen Industrieproduktion und dem damit insgesamt großen Markt. Daneben liegen interessante Märkte für Energieeffizienz in Europa, gefolgt von Regionen mit schnell wachsenden Volkswirtschaften in Schwellenländern. Die Ergebnisse der diesjährigen Marktanalyse sind in Abbildung 22 dargestellt; Länder mit einer hohen Punktzahl sind dunkelblau eingefärbt.

3. Anwendungsfeld Infrastruktur/Netz

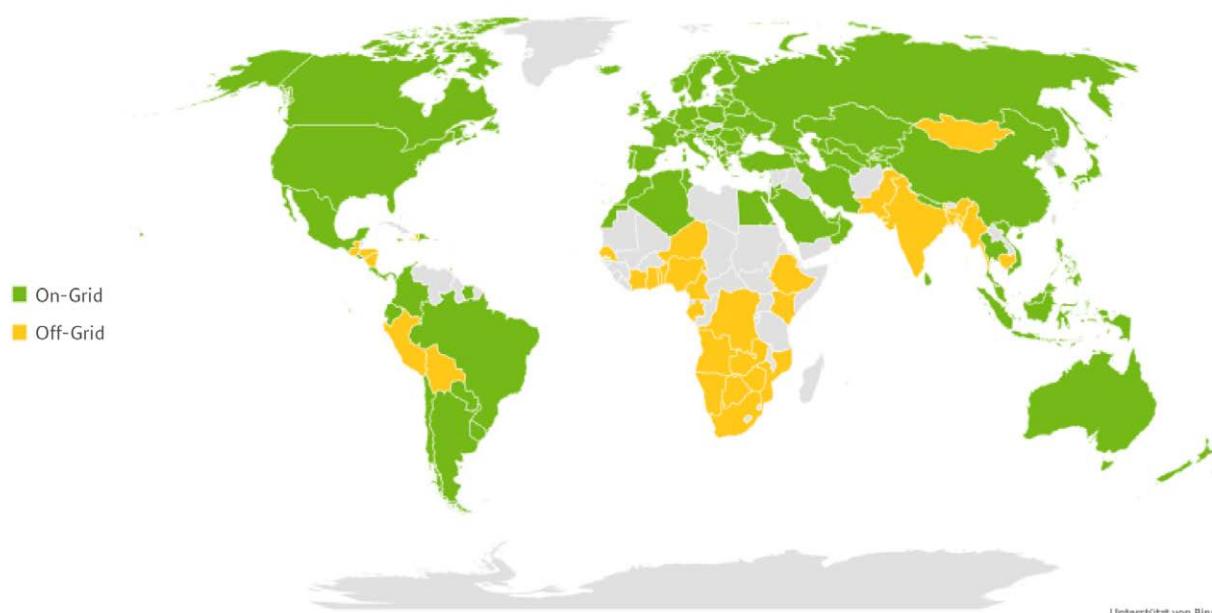


Die weltweite Elektrifizierung schreitet weiter voran. 2018 erhielten zusätzliche 150 Millionen Menschen Zugang zu Strom. Trotzdem haben weiterhin 860 Millionen Menschen (Stand Ende 2018) keinen Zugang zu Elektrizität. Im Vergleich haben jedoch deutlich mehr Menschen (2,65 Milliarden) keine Möglichkeit saubere Kochmöglichkeiten zu nutzen (REN21 2020). Ein Großteil der Elektrifizierung fand in Asien statt, sodass der größte Teil der Menschen ohne Zugang zu Strom in Subsahara-Afrika lebt. In Ostafrika (Kenia, Äthiopien, Tansania) gab es größere Fortschritte, die niedrigste Elektrifizierungsrate haben der Süd-Sudan, die Zentralafrikanische Republik, der Tschad und der Kongo. Die Zunahme der Elektrifizierung zeigt sich auch in der diesjährigen Marktanalyse. Wie in den letzten Jahren wird nach sogenannten On-Grid- und Off-Grid-

Ländern unterschieden. Die Unterteilung richtet sich nach der ländlichen Elektrifizierungsrate. On-Grid-Länder haben eine ländliche Elektrifizierungsrate von mindestens 90 Prozent, Off-Grid-Länder eine geringere ländliche Elektrifizierungsrate. Vier Länder, insbesondere aus Südostasien, sind dieses Jahr von Off-Grid- zu On-Grid-Ländern geworden. Damit werden dieses Jahr 95 On-Grid-Länder und 32 Off-Grid-Länder betrachtet. Die Aufteilung der Länder ist in Abbildung 23 dargestellt.

In On-Grid-Ländern mit einer bereits sehr hohen Elektrifizierung ist der Umbau der Stromversorgung bei hohen Anteilen volatiler erneuerbarer Erzeugung die Hauptherausforderung. In einigen Ländern steigt außerdem aufgrund einer wachsenden Bevölkerung oder einer wachsenden

Abbildung 23: Aufteilung der untersuchten Länder in On-Grid- und Off-Grid-Länder



Wirtschaft der Stromverbrauch. In diesen Ländern sind neue digitale Netze sowie Technologien zum Ausgleich oder Speichern der schwankenden Stromproduktion relevant. In Off-Grid-Ländern werden dagegen in erster Linie dezentrale Lösungen zur Stromversorgung wie Inselnetze oder einzelne Anlagen und Systeme gebraucht. In diesen Märkten zeigt sich weiterhin eine große Dynamik. Im Folgenden werden die Märkte für Infrastruktur und Netze für On- und Off-Grid-Länder separat untersucht und beschrieben.

3.1 On-Grid-Länder

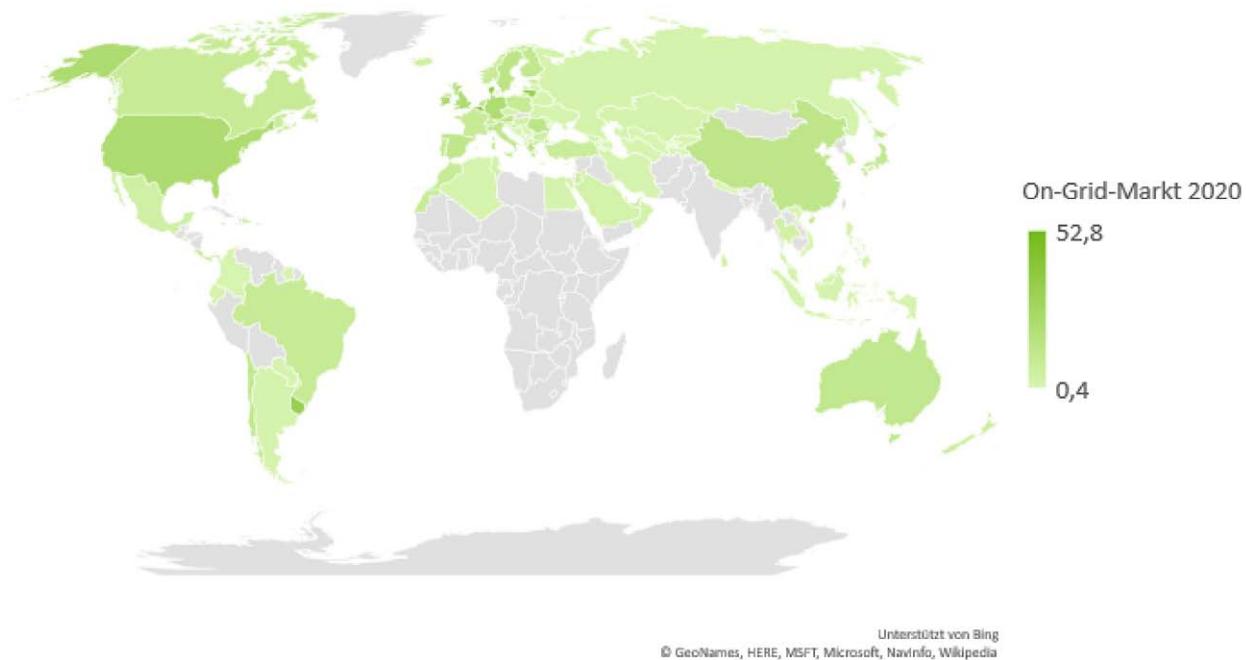
Durch den starken Ausbau von Wind- und PV-Anlagen steigt der Anteil der volatilen Stromerzeugung. In vier Ländern – Uruguay, Irland, Deutschland und Portugal – liegt die Stromerzeugung aus Wind und PV bereits bei um die 30 Prozent, in Dänemark sogar bei knapp 60 Prozent (REN21 2020). Diese Anteile haben sich durch die Corona-Krise vermutlich noch weiter erhöht, da der Stromverbrauch bei gleichbleibender oder steigender erneuerbarer Erzeugung sank. Über die letzten Jahre sind die Erfahrungen mit diesen hohen Anteilen an Wind- und PV-Erzeugung sowie die Flexibilität im System deutlich gestiegen, sodass weiterhin eine hohe Netzstabilität gesichert werden kann. Zusätzlich sind weitere Maßnahmen nötig, um eine Steigerung auf eine 100-prozentige erneuerbare Stromversorgung ermöglichen zu können.

Dabei spielen Übertragungs- und Verteilnetze eine wichtige Rolle. Über neue Leitungen können Zentren der Produktion und des Verbrauchs verbunden werden. Auch kann eine bessere Ausbalancierung erreicht werden, wenn großräumig unterschiedliche Stromproduktion in verbundene Stromnetze fließt. Aus diesen Gründen werden aktuell weltweit viele Projekte umgesetzt. Beispiele sind ein Seekabel zwischen Irland und Großbritannien sowie Netzausbauprojekte in Australien, den USA und Indien, wo 1,8 Milliar-

den US-Dollar in neue Übertragungsnetze investiert werden, um 25 GW Wind- und Solarstrom anzubinden (REN21 2020). Daneben werden durch eine zunehmende Automatisierung und Digitalisierung ein sicherer Netzbetrieb und eine höhere Flexibilität erreicht. Dadurch wird außerdem ermöglicht, die Netze näher an der technischen Grenze zu betreiben, was kurzfristig Netzausbau einsparen kann. Bedeutend wird bei einer zunehmenden Automatisierung der Netze die Daten- und Cybersicherheit (VDE 2020). Insgesamt lassen sich so Kostenreduktionen und Effizienzsteigerungen erreichen (VDE 2020). Weitere Erleichterungen bringen genauere Vorhersagen der Erzeugung mit Hilfe von KI.

Über die Anpassung des Verbrauchs kann ebenfalls eine leichtere Integration volatiler Stromerzeugung erreicht werden. Sektorkopplungs-technologien, wie der Einsatz von Strom im Wärmemarkt über Wärmepumpen oder E-Mobilität im Verkehrsbereich, helfen neben der Integration erneuerbarer Energien bei der Dekarbonisierung dieser beiden Sektoren. Mit sogenanntem Demand-Side-Management können Signale an Verbraucher gegeben werden, um in Zeiten hoher Stromproduktion den Verbrauch zu erhöhen bzw. bei niedrigem Angebot zu reduzieren. So gibt es im Vereinigten Königreich ein Pilotprojekt, bei dem Verbraucher bezahlt werden, wenn sie in Überschusszeiten Strom konsumieren (REN21 2020). Auch werden immer mehr Strommärkte so angepasst, dass die Teilnahme von Konsumenten bzw. Endverbrauchern erleichtert wird. Dabei hilft ein Strommarktdesign mit kürzeren und flexibleren Handelszeiten, wie es z.B. in Italien und Singapur umgesetzt wurde. Zusätzlich können so vermehrt Systemdienstleistungen durch erneuerbare Energien erbracht werden. Dies kann zum Beispiel durch virtuelle Kraftwerke erfolgen. So wurden in Australien 50.000 dezentrale PV-Anlagen auf Dächern mit Speichern zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen, das Regelleistung zur Verfügung stellt (REN21 2020).

Abbildung 24: Ergebnisse Marktanalyse On-Grid-Länder 2020



Quelle: Prognos 2020, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Mittelfristig werden darüber hinaus Speichermöglichkeiten gebraucht. Zum einen für einen kurzfristigen Ausgleich zur Stabilisierung der Stromnetze, zum anderen saisonale Speicher. Nach wie vor mit Abstand den größten Anteil am Speichermarkt haben Pumpspeicherkraftwerke, im Jahr 2019 mit einem Anteil von 158 GW, wobei die weltweite Gesamtspeicherkapazität 183 GW betrug (REN21 2020). Die weiteren Potenziale für Pumpspeicherkraftwerke sind jedoch begrenzt. Zuletzt gab es große Fortschritte bei Batterien, die kontinuierlich leistungsfähiger und günstiger werden. So sanken die Kosten für Batterien zwischen 2012 und 2018 um 45 Prozent (IEA 2019b). Die IEA sieht in ihrem *Sustainable Development Scenario* einen Zuwachs der Batteriekapazität auf 550 GW im Jahr 2040; ein Großteil davon in Indien, gefolgt von China, den USA und Europa (IEA 2019b). Durch die Entwicklung der E-Mobi-

lität gibt es einen weiteren Schub bei der Entwicklung und Nutzung von Batterien. Im letzten Jahr wurden in den USA bereits 523 MW und in China 520 MW an neuen Batteriekapazitäten installiert. Dabei werden in den USA, zum Beispiel in Hawaii, Massachusetts und Texas, oft große, zentrale Batterien betrieben. Weltweit nehmen daneben dezentrale Batteriespeicher, die mit PV-Anlagen gekoppelt werden, stark zu, sowohl in On-Grid- als auch in Off-Grid-Ländern (s. dazu auch Kapitel zur Solarenergie und nächstes Unterkapitel). Eine langfristige, saisonale Speicherung wird vermutlich nur über eine chemische Umwandlung in Wasserstoff oder synthetische Gase/Kraftstoffe möglich sein. Besonders das Thema Wasserstoff gewinnt in den letzten Jahren stark an Bedeutung. In Deutschland und Europa wurden im ersten Halbjahr 2020 jeweils Wasserstoffstrategien veröffentlicht, in Australien Ende 2019. Auch in

China und den USA ist grüner Wasserstoff ein Zukunftsthema. Wasserstoff ist dabei nicht nur zur Speicherung geeignet, sondern kann auch zur Dekarbonisierung der Industrie und des Schwerlastverkehrs sowie weiterer Bereiche eingesetzt werden.

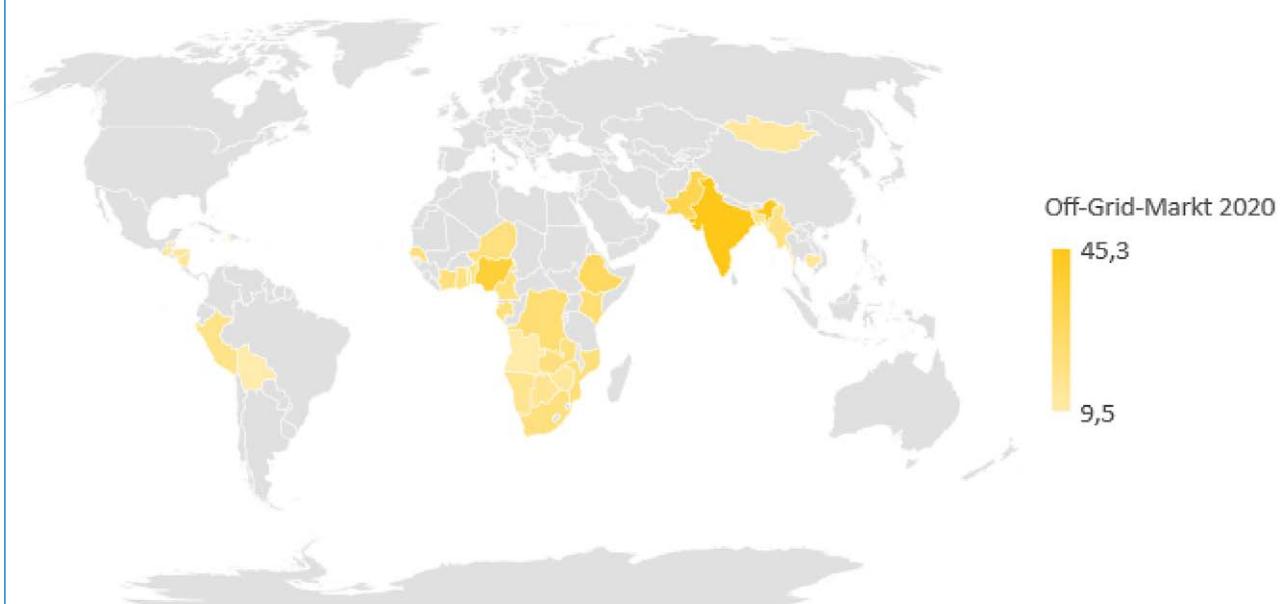
Wie auch im Anwendungsfeld Energieeffizienz sind die richtigen Politiken zur Unterstützung der Systemintegration erforderlich. Dies betrifft neue Marktregeln, die Anpassung von Umlagen und Abgaben auf den Stromverbrauch oder die Unterstützung neuer Technologien wie Batterien oder grüne Wasserstofferzeugung. Ein förderliches Umfeld findet sich bereits in Australien, China, Europa und Nordamerika oder auch in Indien. Insgesamt ist der Marktausblick für Infrastruktur und Netze in On-Grid-Ländern damit sehr positiv. Die Ergebnisse der diesjährigen Marktanalyse

sind in Abbildung 24 dargestellt. Je dunkler eingefärbt ein Land ist, eine umso höhere Punktzahl ergab sich bei der Analyse und umso attraktiver ist der entsprechende Markt. Neben großen Märkten in den USA, China und Indien ergeben sich gute Marktchancen in kleineren Ländern mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien wie Dänemark, Uruguay oder Belgien.

3.2 Off-Grid-Länder

Als Strategie zur Elektrifizierung in ländlichen Regionen werden dezentrale Erneuerbare-Energien-Systeme, sogenannte „Distributed-Renewable-Energy-Systems“ (abgekürzt DREA), ausgeführt als Off-Grid-Lösungen oder als Insellnetze, sogenannte Mini-Grids, immer wichtiger. Zukünftig gilt das insbesondere für Länder in

Abbildung 25: Ergebnisse Marktanalyse Off-Grid-Länder 2020



Subsahara-Afrika, in denen der Anteil der Menschen, die keinen Zugang zu Elektrizität haben, noch am höchsten ist. Die zukünftige Bedeutung Afrikas im Energiebereich wird durch einen Sonderbeitrag im aktuellen World Energy Outlook zu Afrika sichtbar (IEA 2019b). Darin wird ein zusätzliches Szenario, der „Afrika-Fall“ (Africa Case), betrachtet, das auf der Agenda 2063 der Afrikanischen Union aufbaut (IEA 2019b). Diese Agenda 2063 aus dem Jahr 2013 beschreibt eine gemeinsame Vision der afrikanischen Staaten für die nächsten 50 Jahre (BMZ 2020). In diesem Afrika-Szenario vervierfacht sich der Strombedarf in Subsahara-Afrika (ohne Südafrika) bis 2040. Einige Länder wie Kenia, Äthiopien und Ruanda erreichen teilweise deutlich vor 2030 eine Elektrifizierung der kompletten Bevölkerung. Bei diesem stark steigenden Stromverbrauch, der trotzdem noch unter dem vieler anderer Weltregionen liegt, ist es wichtig, dass die Deckung nachhaltig erfolgt und dass hauptsächlich energieeffiziente Geräte zum Einsatz kommen. Das gilt in besonderer Weise für Kühlgeräte, aber auch für andere Haushaltsgeräte und für Anwendungen in der Industrie und im Gewerbe (s. dazu auch das Kapitel zu Energieeffizienz).

Der Großteil des steigenden Strombedarfs in Afrika wird über den Aufbau einer zentralen Versorgung gedeckt werden. Aber auch dezentrale Lösungen werden für die Elektrifizierung von 530 Millionen Menschen eine wichtige Rolle spielen (IEA 2019b). Neben afrikanischen Ländern sind DREA bedeutend für die Elektrifizierung in Südasien, schlecht erreichbaren Regionen in Süd- und Mittelamerika und für Inseln. Die letzten Jahre zeichneten sich durch einen dynamischen Markt für dezentrale Erneuerbare-Energien-Lösungen aus: 2019 wurden insgesamt 35 Millionen Off-Grid-Solaranlagen verkauft, ein Zuwachs von 13 Prozent (REN21 2020). Off-Grid-Solaranlagen haben mit 85 Prozent weiterhin den höchsten Anteil an DREA. Der Zuwachs liegt v.a. an weiter sinkenden Preisen bei hoher

Zuverlässigkeit. Die fünf besten Märkte im Jahr 2019 waren Äthiopien, Kenia, Indien, Uganda und Nigeria, mit der größten Dynamik in Äthiopien und Kenia, wo jeweils ein passender regulatorischer Rahmen geschaffen wurde. In Indien nahm der Verkauf im Vergleich zum Vorjahr dagegen um 30 Prozent ab (REN21 2020). Insgesamt liegt die gesamte installierte Kapazität von Off-Grid-Solarprodukten bei 94 MW (Stand 2019). Die Finanzierung erfolgt zumeist entweder über Barzahlungen (Pico-Systeme bis 10 Wp) oder über sogenannte Pay-as-you-go (PAYG)-Systeme, die sich als sehr erfolgreich erwiesen haben und immer populärer werden. Dabei wird das Solarsystem neben einem Anfangspreis in kleinen Raten, oft über Mobiltelefone, abbezahlt. In Uganda gibt es z.B. bereits Kooperationen mit Mastercard zu PAYG-Systemen (PV Tech 2018). Auch gehen einige PAYG-Unternehmen Kooperationen mit Mobilfunk-Unternehmen ein, um neue Kunden und Märkte zu erschließen.

DREA bieten sozio-ökonomische Vorteile auf vielen Ebenen zur Verbesserung der Lebensqualität und Erhöhung der Einkommen (IRENA 2018). Zum einen entstehen direkt im DREA-Sektor Arbeitsplätze. Insgesamt arbeiten bereits 370.000 Menschen in diesem Bereich. Davon entfallen 95.000 reguläre Stellen auf Indien, 10.000 auf Kenia und 4.000 auf Nigeria. Mindestens ebenso bedeutend sind die indirekten Effekte durch die Elektrifizierung. Dadurch können ländliche Gesundheitszentren betrieben werden und der Strom kann kommerziell genutzt werden. Dies geschieht z.B. über Wasserpumpen in der Landwirtschaft, kleine Handwerksbetriebe wie Nähtereien und Läden, die den Strom zur Kühlung nutzen. Trotz der Vorteile und den Zuwächsen in den letzten Jahren ist das Investment in dezentrale Lösungen noch zu niedrig für eine Erreichung der SDG-Ziele. In den *Sustainable Development Goals (SDG)* ist Ziel Nummer 7 der Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle (UNRIC 2020).

Für einen weiteren Ausbau ist daher auch der politische Rahmen entscheidend. Dies wurde in vielen Ländern erkannt und dezentrale erneuerbare Energien sind in mehreren Ländern Bestandteil integrierter Pläne zur Elektrifizierung, da sie als ergänzende oder gleichwertige Lösung zu einem zentralen Stromnetz gesehen werden. Daneben werden konkrete Ziele zum Ausbau von DREA festgelegt. Dies ist zum Beispiel in Indien, Nigeria, Angola und Ruanda der Fall (REN21 2020). Um diese zu erreichen, werden Qualitätskontrollen, Standardisierungen, reduzierte Zölle und ein Abbau hemmender Regulatorien genutzt. Außerdem gibt es Förderungen in Form von Zuschüssen, verbilligten Krediten oder Ausschreibungen. Ein Beispiel dafür ist Peru, wo es Ausschreibungen für Off-Grid-Solar gibt (IRENA 2018). Auch aus der internationalen Gemeinschaft gibt es Unterstützung. So haben die Weltbank und die Afrikanische Entwicklungsbank Programme zum Aufbau von Off-Grid-Lösungen aufgesetzt und unterstützen den Austausch und das gegenseitige Lernen in den Ländern. Internationale Hilfsprogramme, Stiftungen und NGOs setzen sich ebenfalls für den Ausbau von DREA ein, u.a.

für den Einsatz dezentraler erneuerbarer Energien in Flüchtlingscamps (REN21 2020).

Weltweit gab es daneben Ende 2019 circa 19.000 Inselnetze (REN21 2020). Ungefähr die Hälfte davon wird mit erneuerbaren Energien betrieben, der andere Teil größtenteils mit Dieselpartikulatoren. Von den erneuerbaren Energien hat Kleinwasserkraft den größten Anteil. Der größte Teil der Inselnetze liegt in Asien und wird oft zusätzlich mit Biogas betrieben. In den letzten Jahren wurden aber immer mehr solarbetriebene Inselnetze zugebaut und auch der afrikanische Markt, insbesondere in Nigeria und im Senegal, gewinnt an Bedeutung. Insgesamt ergeben sich sowohl für Inselnetze als auch für alleinstehende Systeme, besonders für solarbetriebene, sehr gute Marktchancen. Diese sind besonders in bevölkerungsreichen Ländern wie Indien oder Nigeria sehr hoch. Aber auch Pakistan, Äthiopien, der Kongo und ostafrikanische Staaten erzielen in der diesjährigen Marktanalyse hohe Punktzahlen. Die Ergebnisse für Off-Grid-Märkte sind in Abbildung 25 dargestellt. Länder, die eine hohe Punktzahl erreichen, sind dunkelgelb eingefärbt.

4. Literaturverzeichnis

Agora 2019

Agora Energiewende und Wuppertal Institut; *Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement*. Berlin, November 2019. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf

Almeida et al. 2019

Almeida, R.M., Shi, Q., Gomes-Selman, J.M. et al. *Reducing greenhouse gas emissions of Amazon hydro-power with strategic dam planning*. Nat Commun 10, 4281 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12179-5>

BMU 2020

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020, *Durchführungsverordnungen zum Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)*, <https://www.bmu.de/gesetz/durchfuehrungsverordnungen-zum-brennstoffemissionshandelsgesetz-behg/>

BMWi 2020

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2020, *Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-industrie.html>

BMZ 2020

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); *Afrikanische Union*, abgerufen am 13.08.2020 unter: http://www.bmz.de/de/laender_regionen/afrikanische_union/

BSW 2020

Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW); „*Nearly 100.000 new PV prosumers in Germany*“; Pressemitteilung Berlin 2020, abgerufen am 17.07.2020 unter: <https://www.solarwirtschaft.de/en/2020/03/30/nearly-100-000-new-pv-prosumers-in-germany/>

Creutzig et al. 2018

Creutzig, F., Roy, J., Lamb, W.F. et al. *Towards demand-side solutions for mitigating climate change*. Nature Clim Change 8, 260–263 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0121-1>

Deemer et al. 2016

Bridget R. Deemer, John A. Harrison, Siyue Li, Jake J. Beaulieu, Tonya DelSontro, Nathan Barros, José F. Bezerra-Neto, Stephen M. Powers, Marco A. dos Santos, J. Arie Vonk, *Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis*, BioScience, Volume 66, Issue 11, 1 November 2016, Pages 949–964, <https://doi.org/10.1093/biosci/biw117>

Deutsche Welle (DW) 2019a

„In the Balkans, locals fight to save their wild flowing rivers from hydropower“, abgerufen am 13.08.2020 unter: <https://www.dw.com/en/in-the-balkans-locals-fight-to-save-their-wild-flowing-rivers-from-hydropower/a-50852789>

Deutsche Welle (DW) 2019b

„A dam-building race threatens the Mekong River“, abgerufen am 13.08.2020 unter: <https://www.dw.com/en/a-dam-building-race-threatens-the-mekong-river/a-50049206>

EU 2018

Europäische Union; *RICHTLINIE (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rats vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz*; Brüssel 2018; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>

GETEC 2020

GETEC, Gesellschaft für Energietechnik und -management, 2020, *Energieeffizienz Industrie – Konzepte & Realisierung*, <https://www.getec-energyservices.com/Start/Technologien/Energieeffizienz-Industrie?&La=1>

GlobalABC 2019

Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC), International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019): *2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*.

GWEC 2020

Global Wind Energy Council (GWEC); *Global Wind Report 2019*; Brüssel 2020; <https://gwec.net/global-wind-report-2019/>

IEA 2019a

International Energy Agency (IEA); 2019; *Market Report Series: Energy Efficiency 2019*; <https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2019>

IEA 2019b

International Energy Agency (IEA); 2019; *World Energy Outlook 2019*; <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2019>

IEA 2020a

International Energy Agency (IEA); *PVPS Snapshot of Global PV Markets 2020*; https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA_PVPS_Snapshot_2020.pdf

IEA 2020b

International Energy Agency (IEA); *Renewables 2020 – Bioenergy*; <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy>

IEA 2020c

International Energy Agency (IEA); *Bioenergy Power Generation*:
<https://www.iea.org/reports/bioenergy-power-generation>

IEA 2020d

International Energy Agency (IEA); *Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth*:
<https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/introduction-to-biogas-and-biomethane#abstract>

IEA 2020e

International Energy Agency (IEA); *World Energy Investment 2020*:
<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020>

IHA 2020f

International Energy Agency (IEA); 2020, *Global Energy Review 2019*:
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2019>

IHA 2019

International Hydropower Association (IHA), *Hydropower Sector Climate Resilience Guide*:
<https://www.hydropower.org/publications/hydropower-sector-climate-resilience-guide>

IPCC 2018

IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IRENA 2018

Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); 2018, *Off-grid renewable energy solutions: Global and regional status and trends*'. IRENA, Abu Dhabi.

IRENA 2020a

Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); *Renewable Power Generation Costs in 2019*, Abu Dhabi 2020; <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>

IRENA 2020b

Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); 2020, *The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi,
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Post-COVID_Recovery_2020.pdf

Jansen et al. 2020

Jansen, M., Staffell, I., Kitzing, L. et al., *Offshore wind competitiveness in mature markets without subsidy*; Nature Energy 2020; veröffentlicht am 27. Juli 2020.

New Energy Update 2019a

Neil Ford; *Pan-European contract template unlocks financing for solar, wind*; New Energy Update 2019; abgerufen am 17.07.2020 unter: <https://analysis.newenergyupdate.com/pv-insider/pan-european-contract-template-unlocks-financing-solar-wind>

New Energy Update 2019b

Wind margin pressures shift from turbines to service market; New Energy Update 2019; abgerufen am 28.07.2020 unter: <https://analysis.newenergyupdate.com/wind-energy-update/wind-margin-pressure-shift-turbines-service-market>

Prognos 2020

Hans Dambeck, Paul Wending (Prognos AG), Dr. Jürgen Wilms (B E T GmbH); *Wirtschaftlichkeitsbe- trachtung der Wasserstofferzeugung aus Offshore-Windstrom – Auswertung im Rahmen des Projekts Zukünftige Rahmenbedingungen für die Auslegung von Offshore-Windparks und deren Netzanbindungs- systemen im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie*; Berlin 2020.

PV Magazine 2019

Emiliano Bellini; *Ambitious 1 GW agrivoltaic livestock farming project announced in Malaysia*; PV Magazine 2019; abgerufen am 17.07.2020 unter: <https://www.pv-magazine.com/2019/12/06/ambitious-1-gw-agrivoltaic-livestock-farming-project-announced-in-malaysia/>

PV Tech 2018

PV Tech; *Mastercard and M-KOPA piloting pay-as-you-go mechanism for African solar*, abgerufen am 17.08.2020 unter: <https://www.pv-tech.org/news/mastercard-and-m-kopa-piloting-pay-as-you-go-mechanism-for-african-solar>

REN21 2020

Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21); Renewables 2020 – Global Status Report; Paris 2020; https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf

Renewables Now 2019

Tsvetomira Tsanova; *German agro PV trial shows up to 186 % land use efficiency*; in Renewables Now 2019; abgerufen am 17.07.2020 unter: <https://renewablesnow.com/news/german-agro-pv-trial-shows-up-to-186-land-use-efficiency-650768/>

Solarthermalworld 2019a

Baerbel Epp; *1 GW – Danish SDH market reaches new milestone*; solarthermalworld.org 2019; abgerufen am 22.07.2020 unter: <https://www.solarthermalworld.org/news/danish-sdh-market-reaches-new-milestone>

Solarthermalworld 2019b

Baerbel Epp; *Green heat policies in China benefit heat pumps*; solarthermalworld.org 2019; abgerufen am 23.07.2020 unter: <https://www.solarthermalworld.org/news/green-heat-policies-china-benefit-heat-pumps>

Tractebel 2020

Tractebel Engie; *Offshore-Wasserstoff-Produktion mit 400 MW in neuer Dimension*; abgerufen am 29.07.2020 unter: <https://tractebel-engie.de/de/nachrichten/2019/offshore-wasserstoff-produktion-mit-400-mw-in-neuer-dimension>

UBA 2020a

Umweltbundesamt (UBA); *Bioenergie*; 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#textpart-1>

UBA 2020b

Umweltbundesamt (UBA); *Energiesparen in Industrie und Gewerbe*, 2020,
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparen-in-industriegewerbe#energieinsparpotenziale>

UNRIC 2020

UNRIC – Regionales Informationszentrum der Vereinten Nationen, 2020, SDG 7 Bezahlbare und saubere Energie, <https://unric.org/de/17ziele/sdg-7/>

VDE 2020

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE), 2020, *Systematisierung der Autonomiestufen in der Netzbetriebsführung*, Impulspapier, <https://www.vde.com/resource/blob/1979462/a73eec5f684abdc94ba63b03232b00d5/impuls-papier-automatisierung-stromnetzbetrieb-data.pdf>

Wind Power Monthly 2020

Ros Davidson; *China trade deal no help for rising US wind costs*; abgerufen am 28.07.2020 unter: <https://www.windpowernonthly.com/article/1671264/china-trade-deal-no-help-rising-us-wind-costs>

Windbranche 2020

Windbranche.de; *Nordsee-Anrainerstaaten wollen Offshore Windenergie gemeinsam nutzen*; abgerufen am 29.07.2020 unter: <https://www.windbranche.de/news/nachrichten/artikel-36829-nordsee-anrainerstaaten-wollen-offshore-windenergie-gemeinsam-nutzen>

WindEurope 2020

Europe installs a record 3.6 GW of offshore wind in 2019; WindEurope 2020; Pressemitteilung abgerufen am 29.07.2020 unter: <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/europe-installs-a-record-3-6-gw-of-offshore-wind-in-2019/>

5. Anhang

Tabelle 10: Variablenübersicht Anwendungsfeld erneuerbare Energien

Variable	Beschreibung	Quelle	Zeitraum/Jahr
MW	Installierte Leistung	IRENA – Renewable Energy Statistics	2018
dMW	Veränderung der installierten Leistung	s.o.	2013 – 2018
%GWh	Anteil der Technologie an der gesamten Strom-/ Wärmeerzeugung	IRENA – Renewable Energy Statistics	2017
WGI	World Governance Indicators	Worldbank	2018
Pop	Bevölkerungsstand	United Nations – Population Division	2018

Tabelle 11: Variablenübersicht Anwendungsfeld Industrie-/Gebäudeeffizienz

Variable	Beschreibung	Gewicht	Quelle	Zeitraum/Jahr
MJ_VA	Energieverbrauch je Wertschöpfung Industrie/Dienstleistungen	25 %	IEA – World Indicators United Nations – National Accounts	2017
dMJ_VA	Veränderung des Energieverbrauchs je Wert- schöpfung	25 %	s.o.	2012 – 2017
VA	Wertschöpfung Industrie/Dienstleistungen	25 %	United Nations – National Accounts	2017
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	25 %	IEA – World Indicators	2017

Tabelle 12: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (On-Grid-Länder)

Variable	Beschreibung	Gewicht	Quelle	Zeitraum/Jahr
%FlukStrom	Anteil der Windkraft & Photovoltaik an der gesamten Stromerzeugung	20 %	IEA – World Energy Statistics	2017
d%FlukStrom	Veränderung des Erzeugungsanteils Windkraft & Photovoltaik	20 %	s.o.	2012 – 2017
%Imp	Anteil der Güter der Elektrizitätsverteilung an den Gesamtimporten des Landes	20 %	United Nations – Comtrade World Trade Database	2017
d%Imp	Veränderung des Importanteils der Güter der Elektrizitätsverteilung	20 %	s.o.	2012 – 2017
BIP	Bruttoinlandsprodukt real	10 %	IEA – World Indicators	2018
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	10 %	s.o.	2018

Tabelle 13: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (Off-Grid-Länder)

Variable	Beschreibung	Gewicht	Quelle	Zeitraum/Jahr
PopOffGrid	Bevölkerungszahl ohne leitungsgebundene Elektrizitätsversorgung	30 %	Worldbank – World Development Indicators	2017
PDiesel	Dieselpreis	30 %	www.globalpetrolprices.com	2020
d%Imp	Veränderung des Importanteils der Güter der Elektrizitätsverteilung	30 %	United Nations – Comtrade World Trade Database	2012 – 2017
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	10 %	IEA – World Indicators	2018

Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Wasser-kraft
ALB	Albanien	–	A	kA	kA	–	kA	A
DZA	Algerien	–	kA	C	kA	kA	kA	C
AGO	Angola	–	kA	kA	kA	–	kA	–
ARG	Argentinien	AB	kA	AB	kA	AB	AB	B
ARM	Armenien	–	kA	D	kA	kA	kA	A
AUS	Australien	AB	AB	B	kA	AB	A	AB
AUT	Österreich	AB	A	AB	kA	AB	A	AB
AZE	Aserbaidschan	–	kA	–	kA	–	–	–
BHR	Bahrain	D	kA	D	kA	kA	kA	kA
BGD	Bangladesch	–	kA	C	kA	C	C	C
BLR	Belarus	AB	kA	AB	kA	AB	AB	–
BEL	Belgien	AB	AB	B	A	A	AB	AB
BEN	Benin	–	kA	kA	kA	kA	kA	C
BOL	Bolivien	AB	kA	AB	kA	A	kA	A
BIH	Bosnien-Herzegowina	–	kA	AB	kA	–	D	A
BWA	Botswana	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA
BRA	Brasilien	B	AB	AB	kA	AB	B	AB
BRN	Brunei	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA
BGR	Bulgarien	A	A	A	kA	AB	B	AB
KHM	Kambodscha	–	kA	C	kA	–	–	–
CMR	Kamerun	–	kA	kA	kA	kA	kA	–
CAN	Kanada	B	AB	B	kA	B	A	AB



Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Wasser-kraft
CHL	Chile	AB	A	B	kA	AB	B	A
CHN	China	-	-	-	-	-	-	-
COL	Kolumbien	AB	kA	C	kA	A	-	AB
COG	Kongo	C	kA	kA	kA	kA	kA	-
CRI	Costa Rica	AB	kA	A	kA	AB	-	AB
CIV	Elfenbeinküste	C	kA	kA	kA	kA	kA	A
HRV	Kroatien	A	AB	A	kA	A	AB	A
CYP	Zypern	A	A	A	kA	kA	A	kA
CZE	Tschechien	A	AB	AB	kA	A	A	AB
DNK	Dänemark	A	A	A	A	AB	A	-
DOM	Dominikanische Republik	A	-	A	kA	AB	-	-
ECU	Ecuador	AB	kA	-	kA	A	-	AB
EGY	Ägypten	-	kA	-	kA	-	kA	-
SLV	El Salvador	A	kA	kA	kA	A	A	-
EST	Estland	AB	kA	A	kA	A	A	-
ETH	Äthiopien	-	kA	-	kA	-	kA	-
FIN	Finnland	AB	-	AB	A	AB	AB	A
FRA	Frankreich	B	AB	B	-	B	B	AB
GAB	Gabun	-	kA	kA	kA	kA	-	-
GEO	Georgien	-	-	-	kA	kA	kA	A
DEU	Deutschland	AB	B	AB	B	A	AB	AB
GHA	Ghana	AB	kA	kA	kA	-	-	A
GRC	Griechenland	A	AB	AB	kA	-	A	AB
GTM	Guatemala	A	kA	AB	kA	AB	A	A
HTI	Haiti	-	kA	kA	kA	kA	kA	-
HND	Honduras	AB	kA	A	kA	A	kA	A
HUN	Ungarn	B	AB	A	kA	A	A	-
ISL	Island	kA	kA	-	kA	kA	kA	A
IND	Indien	B	B	B	kA	B	AB	B
IDN	Indonesien	AB	kA	-	kA	A	AB	AB
IRN	Iran	-	kA	-	kA	kA	-	-



Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Wasser-kraft
IRL	Irland	AB	AB	AB	-	-	A	-
ISR	Israel	AB	AB	AB	kA	-	A	-
ITA	Italien	AB	AB	AB	kA	A	AB	AB
JAM	Jamaika	A	kA	A	kA	-	kA	-
JPN	Japan	AB	AB	B	AB	B	B	B
JOR	Jordanien	AB	A	A	kA	kA	AB	-
KAZ	Kasachstan	AB	kA	AB	kA	kA	C	AB
KEN	Kenia	A	kA	AB	kA	A	-	A
KOR	Südkorea	B	AB	AB	AB	B	B	AB
KWT	Kuwait	AB	kA	D	kA	kA	kA	kA
KGZ	Kirgisistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	A
LVA	Lettland	-	kA	A	kA	A	A	A
LBN	Libanon	-	-	C	kA	kA	-	-
LTU	Litauen	A	kA	A	kA	A	A	A
LUX	Luxemburg	A	-	A	kA	-	A	A
MYS	Malaysia	AB	kA	kA	kA	B	B	B
MLT	Malta	A	-	-	kA	kA	-	kA
MUS	Mauritius	A	kA	-	kA	A	-	-
MEX	Mexiko	B	B	B	kA	B	B	B
MNG	Mongolei	A	kA	A	kA	kA	kA	-
MNE	Montenegro	-	D	A	kA	kA	kA	-
MAR	Marokko	AB	B	A	kA	kA	C	AB
MOZ	Mosambik	C	kA	kA	kA	C	kA	-
MMR	Myanmar	-	kA	kA	kA	C	C	-
NAM	Namibia	A	-	-	kA	-	kA	-
NPL	Nepal	A	kA	C	kA	kA	kA	A
NLD	Niederlande	AB	AB	B	AB	A	A	-
NZL	Neuseeland	-	-	-	kA	-	-	-
NIC	Nicaragua	-	kA	-	kA	-	kA	-
NER	Niger	-	kA	kA	kA	kA	kA	kA
NGA	Nigeria	-	kA	C	kA	C	kA	-



Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Wasser-kraft
NOR	Norwegen	AB	kA	B	-	A	AB	AB
OMN	Oman	-	kA	kA	kA	kA	kA	kA
PAK	Pakistan	-	kA	-	kA	-	-	-
PAN	Panama	A	kA	A	kA	-	AB	A
PRY	Paraguay	-	kA	kA	kA	C	kA	A
PER	Peru	A	AB	A	kA	AB	AB	B
PHL	Philippinen	B	kA	AB	kA	B	AB	AB
POL	Polen	B	AB	AB	kA	B	AB	AB
PRT	Portugal	A	A	A	kA	AB	A	B
QAT	Katar	-	kA	kA	kA	-	AB	kA
MDA	Moldawien	D	kA	AB	kA	kA	A	D
ROU	Rumänien	AB	C	A	kA	AB	AB	A
RUS	Russland	B	kA	AB	kA	B	kA	B
SAU	Saudi-Arabien	AB	kA	C	kA	kA	kA	kA
SEN	Senegal	A	kA	kA	kA	-	kA	kA
SRB	Serbien	-	kA	-	kA	kA	A	A
SGP	Singapur	AB	kA	-	kA	A	kA	kA
SVK	Slowakei	A	-	-	kA	A	AB	AB
SVN	Slowenien	A	-	-	kA	-	A	A
ZAF	Südafrika	B	B	B	kA	AB	AB	B
ESP	Spanien	A	AB	A	-	A	A	B
LKA	Sri Lanka	A	kA	A	kA	AB	-	A
SUR	Suriname	-	kA	kA	kA	D	kA	-
SWE	Schweden	AB	AB	AB	A	AB	-	A
CHE	Schweiz	AB	A	AB	kA	A	A	AB
TJK	Tadschikistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	-
MKD	Mazedonien	AB	kA	A	kA	-	A	AB
THA	Thailand	AB	-	AB	kA	AB	B	AB
TGO	Togo	-	kA	kA	kA	kA	kA	-
TTO	Trinidad und Tobago	-	kA	kA	kA	kA	kA	kA
TUN	Tunesien	A	A	A	kA	kA	kA	C



Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Wasser-kraft
TUR	Türkei	B	AB	AB	kA	AB	B	B
TKM	Turkmenistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	C
TZA	Tansania	A	kA	kA	kA	A	-	-
UKR	Ukraine	-	C	-	kA	-	-	-
ARE	Vereinigte Arab. Emirate	B	B	-	kA	kA	-	kA
GBR	Vereinigtes Königreich	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
USA	Vereinigte Staaten	B	B	AB	AB	B	B	B
URY	Uruguay	A	kA	AB	kA	A	-	A
UZB	Usbekistan	C	kA	-	kA	kA	kA	-
VNM	Vietnam	AB	C	AB	AB	B	-	B
ZMB	Sambia	C	kA	kA	kA	-	kA	A
ZWE	Simbabwe	-	kA	kA	kA	-	kA	-

„-“ = keine Erfassung; „kA“ = keine Daten vorhanden

Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid)

ISO3	Ländername	Industrieeffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
ALB	Albanien	18,1	4,9	12,3	-
DZA	Algerien	16,2	3,6	11,7	-
AGO	Angola	13,9	4,2	-	6,6
ARG	Argentinien	19,0	6,4	12,7	-
ARM	Armenien	20,7	4,6	9,6	-
AUS	Australien	30,3	17,4	23,9	-
AUT	Österreich	26,1	13,9	26,4	-
AZE	Aserbaidschan	15,0	5,1	10,4	-
BHR	Bahrain	21,6	9,1	2,4	-
BGD	Bangladesch	17,7	3,0	-	14,6
BLR	Belarus	22,1	7,5	9,4	-
BEL	Belgien	26,6	13,4	23,1	-



**Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze
(On-Grid und Off-Grid) (Fortsetzung)**

ISO3	Ländername	Industrieeffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
BEN	Benin	13,0	6,6	–	19,8
BOL	Bolivien	18,8	3,5	–	15,3
BIH	Bosnien-Herzegowina	19,7	3,5	13,1	–
BWA	Botswana	16,0	4,4	–	25,3
BRA	Brasilien	22,4	6,4	20,4	–
BRN	Brunei	20,6	11,6	14,9	–
BGR	Bulgarien	21,6	5,7	21,9	–
KHM	Kambodscha	20,3	2,8	–	11,8
CMR	Kamerun	14,3	4,0	–	23,7
CAN	Kanada	29,5	16,2	23,1	–
CHL	Chile	20,0	6,3	18,7	–
CHN	China	49,0	16,6	20,5	–
COL	Kolumbien	16,2	4,5	10,8	–
COG	Kongo	27,8	4,1	–	31,8
CRI	Costa Rica	17,6	5,8	26,4	–
CIV	Elfenbeinküste	15,2	5,7	–	18,7
HRV	Kroatien	18,6	6,3	22,1	–
CYP	Zypern	21,7	9,1	17,4	–
CZE	Tschechien	20,5	8,5	22,7	–
DNK	Dänemark	26,4	16,0	49,6	–
DOM	Dominikanische Republik	18,0	4,6	18,3	–
ECU	Ecuador	17,4	4,5	10,6	–
EGY	Ägypten	16,9	4,4	14,1	–
SLV	El Salvador	15,5	3,8	19,6	–
EST	Estland	21,5	8,3	15,0	–
ETH	Äthiopien	22,4	3,4	–	9,5
FIN	Finnland	29,3	13,8	21,2	–
FRA	Frankreich	25,1	14,7	21,7	–
GAB	Gabun	23,6	4,6	–	19,5
GEO	Georgien	21,5	4,7	10,5	–



**Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze
(On-Grid und Off-Grid) (Fortsetzung)**

ISO3	Ländername	Industrieeffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
DEU	Deutschland	28,8	16,7	34,1	-
GHA	Ghana	16,2	3,4	-	20,5
GRC	Griechenland	19,3	7,5	26,1	-
GTM	Guatemala	14,4	3,7	-	16,9
HTI	Haiti	19,9	3,1	-	14,9
HND	Honduras	21,7	3,5	-	18,2
HUN	Ungarn	18,7	7,3	23,3	-
ISL	Island	42,0	18,0	14,9	-
IND	Indien	29,2	5,8	-	18,7
IDN	Indonesien	19,0	4,6	12,9	-
IRN	Iran	27,1	6,3	9,8	-
IRL	Irland	32,0	20,8	29,4	-
ISR	Israel	22,8	12,3	15,9	-
ITA	Italien	23,7	12,3	26,9	-
JAM	Jamaika	26,6	4,4	15,7	-
JPN	Japan	30,0	17,3	29,2	-
JOR	Jordanien	15,4	4,0	15,6	-
KAZ	Kasachstan	28,5	6,5	16,4	-
KEN	Kenia	15,7	2,8	-	23,6
KOR	Südkorea	25,3	12,4	15,7	-
KWT	Kuwait	22,1	11,7	30,3	-
KGZ	Kirgisistan	29,8	6,0	9,9	-
LVA	Lettland	21,6	7,6	12,3	-
LBN	Libanon	16,2	4,4	6,5	-
LTU	Litauen	19,8	7,4	43,7	-
LUX	Luxemburg	43,7	27,8	28,4	-
MYS	Malaysia	20,0	6,9	11,0	-
MLT	Malta	19,6	9,7	26,9	-
MUS	Mauritius	17,8	5,2	12,0	-
MEX	Mexiko	19,4	6,1	20,5	-



**Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze
(On-Grid und Off-Grid) (Fortsetzung)**

ISO3	Ländername	Industrieeffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
MNG	Mongolei	27,9	5,5	–	23,0
MNE	Montenegro	28,4	4,0	15,2	–
MAR	Marokko	18,0	4,2	50,5	–
MOZ	Mosambik	25,6	4,6	–	18,7
MMR	Myanmar	15,6	2,7	–	24,2
NAM	Namibia	14,9	3,4	–	21,3
NPL	Nepal	17,0	3,4	–	17,6
NLD	Niederlande	27,3	15,2	22,0	–
NZL	Neuseeland	26,0	12,8	16,5	–
NIC	Nicaragua	16,3	4,7	–	30,7
NER	Niger	14,1	2,2	–	12,6
NGA	Nigeria	16,6	3,9	–	14,0
NOR	Norwegen	31,8	20,9	20,4	–
OMN	Oman	20,4	13,4	13,0	–
PAK	Pakistan	22,5	3,6	10,9	–
PAN	Panama	22,7	6,6	–	14,7
PRY	Paraguay	16,8	4,4	13,6	–
PER	Peru	16,5	4,5	–	18,4
PHL	Philippinen	16,0	4,3	–	23,8
POL	Polen	19,6	7,6	21,5	–
PRT	Portugal	21,1	7,9	25,8	–
QAT	Katar	31,2	19,4	13,3	–
MDA	Moldawien	29,5	6,1	24,2	–
ROU	Rumänien	19,7	5,8	42,7	–
RUS	Russland	26,4	8,0	11,5	–
SAU	Saudi-Arabien	24,2	9,0	5,3	–
SEN	Senegal	15,0	2,9	–	22,0
SRB	Serbien	22,3	5,7	21,4	–
SGP	Singapur	29,2	17,5	15,1	–
SVK	Slowakei	21,7	8,0	23,4	–



**Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze
(On-Grid und Off-Grid) (Fortsetzung)**

ISO3	Ländername	Industrieeffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
SVN	Slowenien	20,8	8,5	17,2	–
ZAF	Südafrika	22,9	5,0	–	20,5
ESP	Spanien	22,9	10,8	28,9	–
LKA	Sri Lanka	17,2	3,8	10,8	–
SUR	Suriname	17,7	4,8	–	16,1
SWE	Schweden	28,8	16,1	27,6	–
CHE	Schweiz	35,0	24,8	19,5	–
TJK	Tadschikistan	27,3	3,5	6,3	–
MKD	Mazedonien	26,3	5,5	41,6	–
THA	Thailand	20,1	5,6	6,5	–
TGO	Togo	16,9	8,0	–	22,2
TTO	Trinidad und Tobago	25,2	6,7	6,2	–
TUN	Tunesien	17,6	4,4	29,9	–
TUR	Türkei	20,5	7,1	18,1	–
TKM	Turkmenistan	16,2	51,8	7,0	–
TZA	Tansania	20,9	2,8	–	16,8
UKR	Ukraine	39,2	7,6	20,6	–
ARE	Vereinigte Arab. Emirate	30,6	13,6	7,4	–
GBR	Vereinigtes Königreich	26,6	16,8	32,1	–
USA	Vereinigte Staaten	46,4	43,6	34,1	–
URY	Uruguay	19,2	6,6	39,9	–
UZB	Usbekistan	32,5	9,1	6,5	–
VNM	Vietnam	21,0	4,3	10,4	–
ZMB	Sambia	25,6	3,0	–	20,8
ZWE	Simbabwe	18,1	3,2	–	41,0

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung der installierten Kapazität von Photovoltaik 2013 – 2018 in GW	14
Abbildung 2: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2020	15
Abbildung 3: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Photovoltaik im Zeitverlauf, 2017 – 2020	16
Abbildung 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2020	18
Abbildung 5: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Solarthermie im Zeitverlauf, 2017 – 2020	19
Abbildung 6: Veränderung der installierten Kapazität von festen Biomasseanlagen 2013 – 2018	21
Abbildung 7: Ergebnisse Marktanalyse Feste Biomasse 2020	22
Abbildung 8: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Feste Biomasse im Zeitverlauf, 2017 – 2020	23
Abbildung 9: Veränderung der installierten Kapazität von Biogasanlagen 2013 – 2018	24
Abbildung 10: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2020	25
Abbildung 11: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Biogase im Zeitverlauf, 2017 – 2020	26
Abbildung 12: Veränderung der installierten Kapazität von Onshore-Windanlagen 2013 – 2018	28
Abbildung 13: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2020	29
Abbildung 14: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Onshore-Wind im Zeitverlauf, 2017 – 2020	30
Abbildung 15: Veränderung der installierten Kapazität von Offshore-Windanlagen 2013 – 2018	31
Abbildung 16: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2020	32
Abbildung 17: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Offshore-Wind im Zeitverlauf, 2017 – 2020	33
Abbildung 18: Veränderung der installierten Kapazität von Wasserkraft 2013 – 2018	34
Abbildung 19: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2020	35
Abbildung 20: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Wasserkraft im Zeitverlauf, 2017 – 2020	36
Abbildung 21: Ergebnisse Marktanalyse Gebäudeeffizienz 2020	40

Abbildung 22: Ergebnisse Marktanalyse Industrieeffizienz 2020	41
Abbildung 23: Aufteilung der untersuchten Länder in On-Grid- und Off-Grid-Länder	44
Abbildung 24: Ergebnisse Marktanalyse On-Grid-Länder 2020	46
Abbildung 25: Ergebnisse Marktanalyse Off-Grid-Länder 2020	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Perzentile für Länderzuordnungen	9
Tabelle 2: Datenverfügbarkeit und Erfassungsquote erneuerbare Energien	9
Tabelle 3: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2020	15
Tabelle 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2020	17
Tabelle 5: Ergebnisse Marktanalyse Feste Biomasse 2020	23
Tabelle 6: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2020	26
Tabelle 7: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2020	29
Tabelle 8: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2020	32
Tabelle 9: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2020	36
Tabelle 10: Variablenübersicht Anwendungsfeld erneuerbare Energien	55
Tabelle 11: Variablenübersicht Anwendungsfeld Industrie-/Gebäudeeffizienz	55
Tabelle 12: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (On-Grid-Länder)	55
Tabelle 13: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (Off-Grid-Länder)	56
Tabelle 14: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien	56
Tabelle 15: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid)	60

