



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



MITTELSTAND  
**GLOBAL**  
EXPORTINITIATIVE ENERGIE

---

# Analyse weltweiter Energienmärkte 2019

---



Durchführer

**prognos**

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

### **Text und Redaktion**

Eva Klotz, Jan Limbers, Sebastian Lübbers, Paul Wendring (Prognos AG)

### **Stand**

Juli 2019

### **Gestaltung**

PRpetuum GmbH, 80801 München

### **Bildnachweis**

archimede / Photocase / Titel

Getty images

Feifei Cui-Paoluzzo / S. 26

fotografixx / S. 13

jia yu / S. 34

mbbirdy / S. 8

Photo by Ela2007 / S. 28

Westend61 / S. 30

### **Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:**

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
[www.bmwi.de](http://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

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Über diese Studie</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Anwendungsfeld erneuerbare Energien</b> .....	<b>8</b>
1.1 Solarenergie.....	8
1.2 Bioenergie.....	13
1.3 Windenergie.....	18
1.4 Geothermie.....	24
1.5 Wasserkraft.....	27
<b>2. Anwendungsfeld Energieeffizienz</b> .....	<b>30</b>
2.1 Gebäudeeffizienz.....	30
2.2 Industrieeffizienz.....	32
<b>3. Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze</b> .....	<b>34</b>
3.1 On-Grid-Länder.....	35
3.2 Off-Grid-Länder.....	37
<b>4. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>
<b>5. Anhang</b> .....	<b>42</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>50</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>51</b>

# 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 wird im Auftrag der Exportinitiative Energie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie durchgeführt. In der diesjährigen Marktanalyse zeigt sich weiterhin eine hohe Dynamik insbesondere in vielen asiatischen Ländern. Im Gegensatz zu den letzten Jahren gab es in China, das weiterhin das Land mit den absolut höchsten Investitionen ist, eine Verlangsamung, während in Indien in vielen der betrachteten Bereiche starke Zuwächse erfolgten.

Im Jahr 2018 wurden weltweit 181 GW neue Kapazitäten zur erneuerbaren Stromerzeugung installiert. Der Zubau lag damit nur noch leicht über dem des Vorjahres. Der stetige Wachstumstrend bei den Zubauraten der Jahre 2014–2017 konnte somit nicht fortgeführt werden. Trotzdem konnte die insgesamt installierte Leistung zur erneuerbaren Stromerzeugung um 8 Prozent auf nun rund 2.378 GW gesteigert werden und zum vierten Mal in Folge überstiegen diese neu errichteten Kapazitäten diejenigen fossiler und nuklear betriebener Kraftwerke zusammen. Mit einem Anteil von 55 Prozent am Zubau war die Photovoltaik dabei die größte Einzeltechnologie, gefolgt von Windkraft mit einem Anteil von 28 Prozent und Wasserkraft mit einem Anteil von 11 Prozent.

Angetrieben von weiter sinkenden Kosten ist Photovoltaik derzeit die am schnellsten wachsende Energietechnologie der Welt. Eine starke Dynamik konnte im Jahr 2018 in einigen Ländern Lateinamerikas festgestellt werden. Außerdem wuchs der Markt für schwimmende PV-Systeme wie erwartet kräftig.

Die Windenergiebranche ist durch die Einführung von Ausschreibungen in immer mehr Märkten einem zunehmenden Kostendruck ausgesetzt. Power Purchase Agreements mit privaten Unternehmen spielen eine zunehmend wichtige Rolle bei der Finanzierung und Vermarktung von Strom aus Onshore-Wind. Im Jahr 2018 gab es einen Quantensprung bei der Anzahl der genehmigten Offshore-Windprojekte in China auf 55 Projekte mit einer Gesamtleistung von 31,5 GW. Damit wird sich mittelfristig der Ausbau insbesondere in dieser Region abspielen. Für die Märkte in Europa, USA, Taiwan, Süd-Korea und Indien wird aber ebenfalls eine wachsende Nachfrage erwartet.

Die moderne Nutzung von Bioenergie erfolgt hauptsächlich zur Wärmeerzeugung in Gebäuden und in der Industrie, der restliche Anteil wird im Strom- und Transportsektor verwendet. Bis 2023 wird ein Zuwachs von 37 GW installierter Bioenergiekapazität zur Stromerzeugung mit einem stabilen Zubau von 5-8 GW pro Jahr erwartet. Im Bereich der festen Biomasse herrschte die größte Dynamik in Asien, sowie in Brasilien, während das stärkste Wachstum für Biogasanlagen in Deutschland und Großbritannien stattfand.

Im Jahr 2018 haben sich zwei Trends für Wasserkraft ergeben: Neben der effizienten Systemintegration variabler erneuerbarer Stromerzeugung, mussten auch in 2018 viele bestehende Wasserkraftwerke digitalisiert und modernisiert werden. Der verlangsamende Trend aus den letzten Jahren beim Zubau setzte sich fort.

Bei Geothermie-Projekten zur Stromerzeugung ergaben sich die letzten Jahre teilweise Verzögerungen und Kostensteigerungen. In Regionen mit ausreichendem Potenzial wie z. B. in Indonesien, Kenia oder der Türkei ist für die nächsten Jahre dennoch ein Zuwachs, weltweit auf insgesamt über 4 GW bis 2023, zu erwarten.

Für Effizienz im Gebäudebereich spielen Standards und Regulierungen eine treibende Rolle. Aus dem Jahr 2018 sind z. B. die überarbeitete Europäische Gebäuderichtlinie oder der „Energy Conservation Building Code“ in Indien hervorzuheben. Auch für Kühltechnologien gibt es zunehmend Standards, durch wachsenden Kühlbedarf bieten sich insbesondere in Ländern wie China, Indien und Südostasien gute Marktchancen für effiziente Kühlung. Obwohl sich die Dynamik der Energieeffizienz im Gebäudebereich leicht verringert hat, bieten sich in vielen Regionen gute Potenziale. Auf den vordersten Plätzen sind wie in den letzten beiden Jahren die USA und Teilrepubliken der ehemaligen Sowjetunion. Den höchsten Anteil an verpflichtenden Energieeffizienzprogrammen und -zielen in der Industrie gibt es in China, Indien und Japan. Neben Regulierungen sind die Höhe der Energiepreise und deren Entwicklung entscheidend für Investitionen in Industrieenergieeffizienz. Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises in Regionen und Branchen, die aktuell keine CO<sub>2</sub>-Bepreisung haben, könnte daher zu neuen Investitionen in Effizienz führen. Interessante Märkte für Effizienztechnologien in der Industrie sind daneben Länder aus Regionen mit schnellem Wachstum in Asien, Afrika und im Mittleren Osten.

Für Länder mit einer hohen Elektrifizierungsrate und einem schnellen Ausbau volatiler Stromerzeugung wie z.B. Uruguay und Dänemark steigt die Bedeutung von Flexibilität. Technologien, die diese unterstützen, sind neue, teils digitalisierte, Übertragungs- und Verteilnetze, flexible Verbraucher, Speicher- und Sektorkopplungstechnologien. Für diese Länder, aber auch Länder mit einem steigenden Strombedarf wie Marokko ergeben sich gute Marktchancen in dem Bereich Netz/ Infrastruktur. Im Segment der dezentralen erneuerbaren Energie-Systemen herrscht weiterhin ein starkes Wachstum. Diese Systeme können einen großen Beitrag zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete, insbesondere in Afrika und Südostasien, leisten. Solare Systeme haben mit über 95 Prozent der verkauften Off-Grid-Systeme dabei den allergrößten Anteil. Diese Off-Grid Systeme sind über die Experimentierphase hinaus und immer mehr Investoren interessieren sich dafür. Interessante Länder und Märkte ergeben sich in Afrika, aber auch in Teilen Mittel-amerikas (Nikaragua) und Asien (Philippinen, Myanmar).

# Über diese Studie

## Hintergrund

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

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

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 an 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 ansonsten keine neuen Informationen der Auswertung 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 2017 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 2012 bis 2017, 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 2016, abgekürzt %GWh, um zu beschreiben, wie sehr eine Technologie in dem betrachteten Land etabliert ist
- der Gesamtregulierungsindex der Worldwide Governance Indicators im Jahr 2017, abgekürzt WGI, um die institutionellen Rahmenbedingungen zu bewerten
- die Bevölkerungsanzahl im Jahr 2017, 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. für alle fünf Variablen muss 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 vergleichsweise viele Länder zwischen den Kategorien A und B

**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	126	83	66 %
Solarthermie	51	40	78 %
Feste Biomasse	86	60	70 %
Biogas	79	57	72 %
Onshore-Wind	100	78	78 %
Offshore-Wind	15	11	73 %
Geothermie	25	17	68 %
Wasserkraft	117	68	58 %

Quelle: Prognos AG

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 Stromwendungen (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 Bruttowertschöpfung im Industrie- und Dienstleistungssektor im Jahr 2016, abgekürzt MJ\_VA, um den Stand der Energieeffizienz zu bewerten
- die Veränderung des spezifischen Energieverbrauchs in den Jahren 2011 bis 2016, abgekürzt dMJ\_VA, als Indikator für die Dynamik im Bereich der Energieeffizienz (geglättet mittels eines HP-Filters)
- das Niveau der Wertschöpfung im Jahr 2016, abgekürzt VA, um die Größe des potenziellen Marktes zu bestimmen
- das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf im Jahr 2016, abgekürzt BIPpC, als Indikator dafür, wie einfach Investitionen in Effizienz finanziert werden können („je höher die Wirtschaftsleistung 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. Anschließend werden die einzelnen Variablen gewichtet. Im Anwendungsfeld Industrie- und Gebäudeeffizienz 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 Gesamtpunktzahl 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 Ausbaustandes des Stromleitungsnetzes in zwei Gruppen aufgeteilt: On-Grid- und Off-Grid-Länder. 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 -speicherung, wie z.B. intelligente Übertragungs- oder Verteilnetze, schließen lässt. Für die On-Grid-Länder werden insgesamt sechs Variablen herangezogen:

- der Anteil der fluktuierenden Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik an der gesamten Stromerzeugung im Jahr 2016, abgekürzt %FlukStrom, als Indikator für den Bedarf an Flexibilität, Netzen und Speichern



- die Veränderung des Anteils der fluktuierenden Stromerzeugung in den Jahren 2012 bis 2016, abgekürzt  $d\%FlukStrom$ , um die Dynamik beim Bedarf nach zusätzlicher Infrastruktur 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 2016, abgekürzt BIP, als Indikator für die Wirtschaftskraft
- das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf im Jahr 2016, abgekürzt BIPpC, als Indikator dafür, wie leicht Investitionen in neue Technologien finanziert werden können
- die absolute Anzahl der Bevölkerung ohne leitungsgebundene Stromversorgung im Jahr 2015, abgekürzt PopOffGrid, als Indikator für die absolute Marktgröße
- der absolute, durchschnittliche Dieselpreis im März 2019, 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 2016, 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 zehn 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 Punktwertes werden folgende vier Variablen verwendet:

Die drei erstgenannten Indikatoren werden als relevanter gewichtet und gehen mit jeweils 30 Prozent in die Gesamtpunktzahl ein, das BIP pro Kopf mit zehn 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.



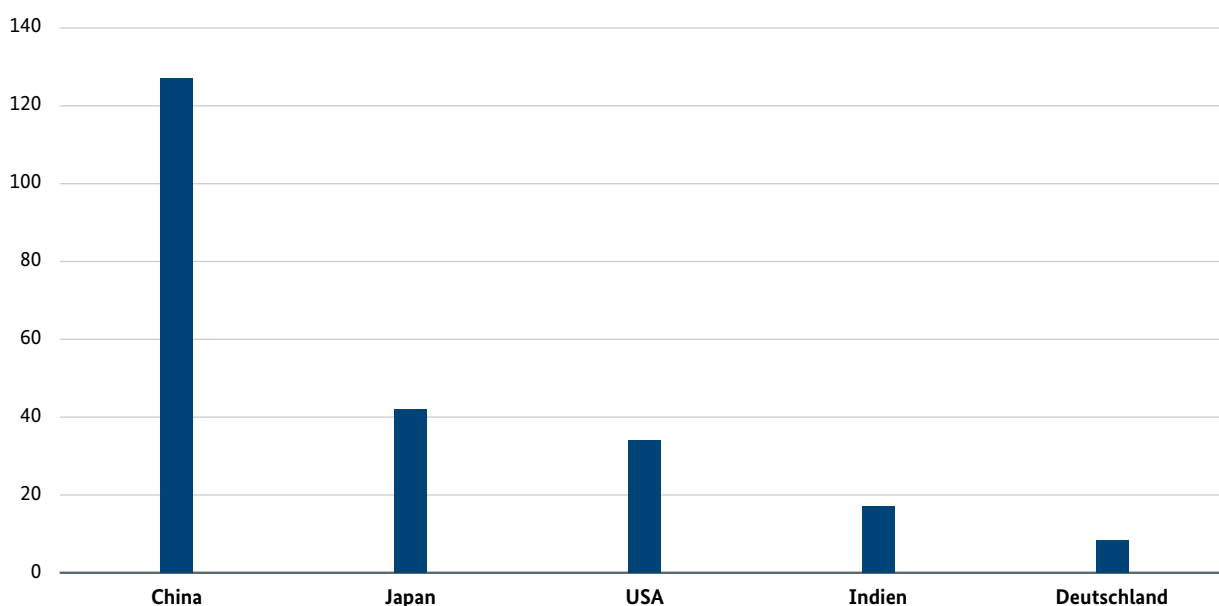
# 1. Anwendungsfeld erneuerbare Energien

Es werden sieben Technologien zur Stromerzeugung (Photovoltaik, feste Biomasse, Biogas, Onshore- und Offshore-Windkraft, Geothermie 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.<sup>1</sup> Die detaillierten Ergebnisse für alle Technologien und betrachteten Länder finden sich im Anhang in Tabellenform.

## 1.1 Solarenergie

Die weltweit installierte Leistung von Photovoltaik (PV)- und Solarthermieanlagen stieg im Jahr 2018 deutlich an, sodass am Ende des Jahres zusammengenommen rund 985 GW erreicht wurden. Die Photovoltaik legte dabei in ihrem Anwendungsbereich der Stromerzeugung deutlich stärker zu. Langfristig stehen Photovoltaik in Kombination mit Wärmepumpen und Kollektortechnologien jedoch auch im Anwendungsfall Warmwasserbereitung mit Niedertemperaturwärme in direkter Konkurrenz zueinander.

**Abbildung 1: Veränderung der installierten Kapazität von Photovoltaik 2011–2017 in GW**



Quelle: Prognos AG nach IRENA 2019

<sup>1</sup> Einheitliche Daten zum Ausbau der erneuerbaren Energien waren zum Zeitpunkt der Erstellung nur für das Jahr 2017 verfügbar. Sind für einige Technologien und Länder bereits neuere Daten zum Ausbau und Stand der Technologie verfügbar, so werden diese in der Beschreibung in diesem Bericht verwendet.

### 1.1.1 Photovoltaik

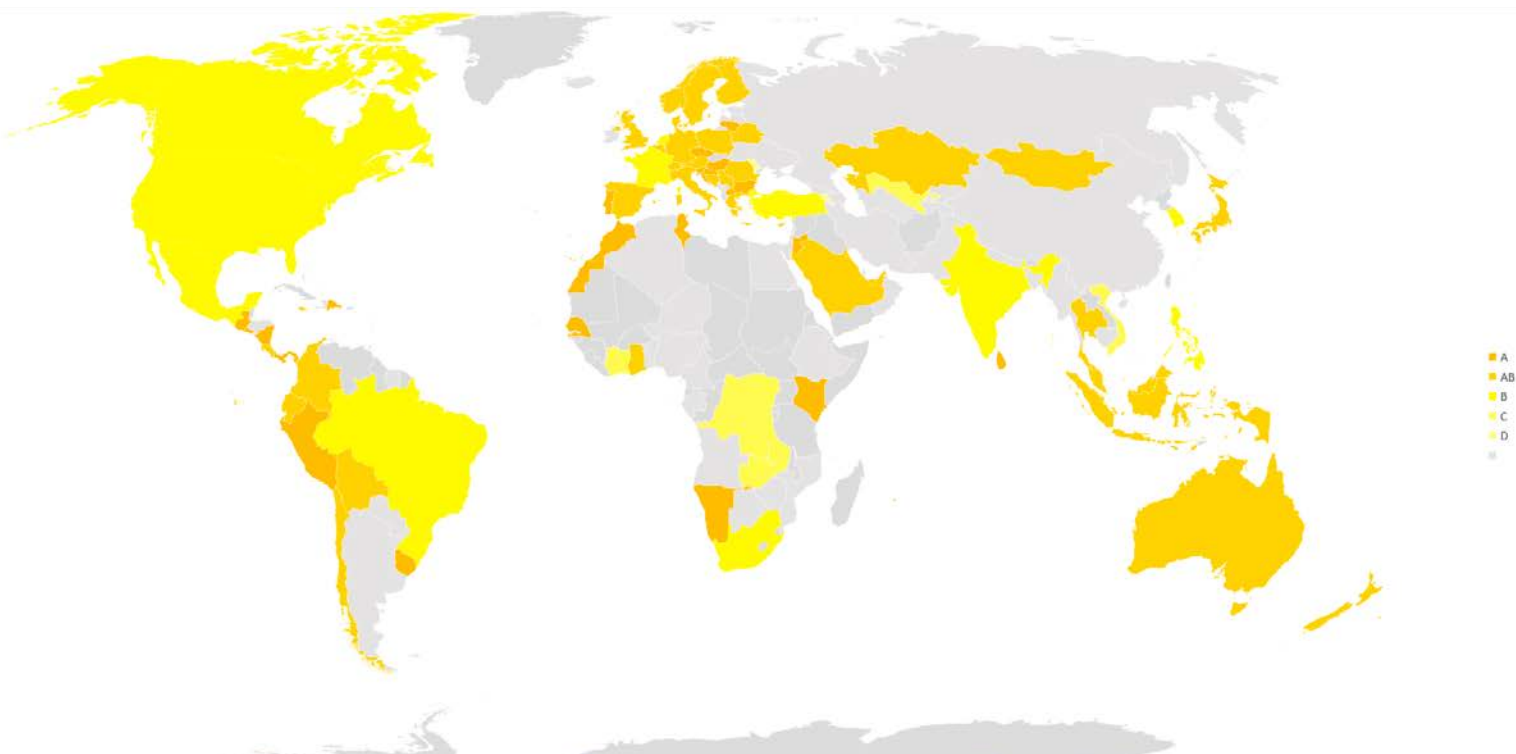
Der stetige Wachstumskurs bei der Installation von Solar PV-Anlagen setzte sich auch im Jahr 2018 weiter fort und der bereits im Vorjahr starke Zubau konnte erneut leicht übertroffen werden. Gleichzeitig wurde im Jahr 2018 erstmals die Marke von 100 GW beim weltweiten Zubau erreicht. Am Ende des Jahres waren somit rund 505 GW Leistung installiert. Der Vergleich zum Wert vor 10 Jahren – im Jahr 2008 waren weltweit insgesamt 15 GW installiert – zeigt den enormen Ausbau, den die Photovoltaik in der letzten Dekade erfahren hat (REN21 2019). Die Länder mit dem größten Zubau waren im Jahr 2018 China (+45 GW), Indien (+10,8 GW), die USA (+10,6 GW), Japan (+6,5 GW) und Deutschland (+ 3 GW). Im Vergleich zum Zubau über die letzten sechs Jahre (siehe Abbildung 1) ist damit Indien auf gutem Wege die USA und Japan zu überholen.

Im Vergleich zum Jahr 2017 gab es einen deutlichen Rückgang des Zubaus in China, dem seit einigen Jahren mit Abstand größten nationalen Markt gemessen am jährlichen Zubau. So ist die neu installierte Leistung im Jahr 2018 auf rund 45 GW zurückgegangen (im Vorjahr wurden in China

rund 53 GW zugebaut). Trotzdem bleibt der asiatische Markt angeführt von seinen drei größten nationalen Märkten China, Japan und Indien, auch im Jahr 2018 der größte regionale Markt für Photovoltaikinstallationen. Dies wird damit im sechsten Jahr in Folge erreicht (IEA 2019a).

Angetrieben von weiter sinkenden Kosten ist Photovoltaik derzeit die am schnellsten wachsende Energie-Technologie der Welt mit einer steigenden Anzahl von Ländern, die den Gigawatt-Bereich erreichen. So waren am Ende des Jahres 2018 in mindestens 32 Ländern 1 GW oder mehr PV-Kapazität installiert und in zehn Ländern wurden mehr als 1 GW Kapazität neu installiert (IEA 2019a), darunter zum ersten Mal auch in Mexiko. Es ist damit zu rechnen, dass sich die Nachfrage nach Solar PV-Technologie auch in Zukunft weiter ausbreitet, da sie in vielen Ländern die günstigste Option zur Stromerzeugung in unterschiedlichen Anwendungsfeldern, wie privaten Haushalten, Industrie und Energieversorgung darstellt (REN 21 2019). Der Zubau in den größten Märkten in China, Indien und den USA ist jedoch weiterhin hauptsächlich von Freiflächenanlagen für die Energieversorgung dominiert.

Abbildung 2: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik



**Tabelle 3: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2019**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	27
AB-Länder	37
B-Länder	11
C-Länder	5
D-Länder	3
Länder mit Daten	126
Erfassungsquote	66 %

Quelle: Prognos AG

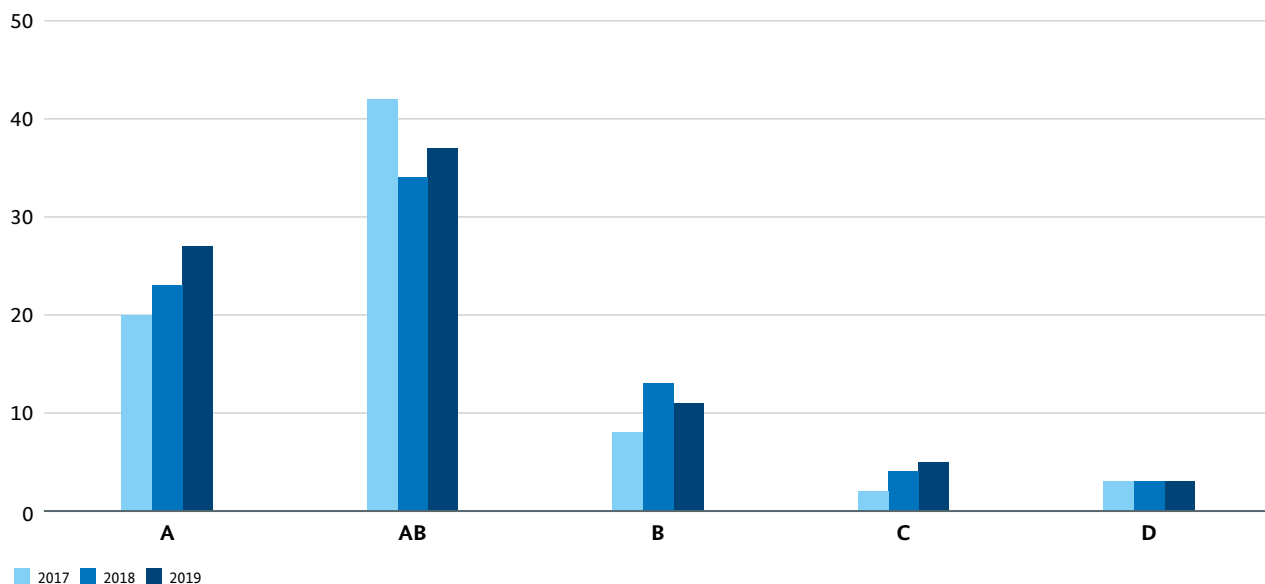
Eine deutliche Steigerung der jährlichen Zubaumengen konnte im Jahr 2018 in Lateinamerika festgestellt werden (Dezem & Chediak 2018). Hier führten Mexiko mit 2,7 GW und Brasilien mit 1,1 GW die Liste der Länder an. Hauptsächlich ist der Zubau jedoch auch in Lateinamerika von großen Projekten bestimmt, die vorwiegend über Power Purchase Agreements (PPA, Stromabnahmeverträge) mit Großunternehmen finanziert werden. In Brasilien ließ sich daneben in 2018 auch eine deutliche Zunahme der Installationen von dezentralen Aufdachanlagen beobachten (REN21 2019).

Wie erwartet ist der Markt für schwimmende PV-Systeme im Jahr 2018 stark gewachsen. Mit 786 MW neuen Installa-

tionen hat sich der Markt im Vergleich zum Vorjahr mehr als verdoppelt und es sind nun etwa 1,3 GW solcher FPV (floating PV) Anlagen installiert. Die Anlagen finden insbesondere in Regionen Anwendung, in denen Landfläche zur Installation von PV-Freiflächenanlagen knapp ist, so auch in städtischen Ballungsräumen in Asien (REN21 2019).

Bei der Fertigung von Solarzellen liegt das globale Zentrum weiterhin in China, wo auch im Jahr 2018 rund 65 Prozent der Solarmodule hergestellt wurden. Dementsprechend haben Vorgänge in der Region globale Auswirkungen auf die Modulpreise, deren durchschnittliche Höhe im Jahr 2018 um etwa 29 Prozent sank (Martin 2018). Ein Teil dieser enormen Kostensenkung ist vermutlich auf die Entscheidung der chinesischen Regierung im Jahr 2018 zurückzuführen, den lokalen Ausbau zunächst zu reduzieren, was zu einer Überschwemmung des weltweiten Marktes mit den nun in China nicht mehr benötigten PV-Modulen führte (Mints 2018) (REN21 2019).

Mit Blick auf Europa war die Entscheidung der europäischen Kommission im August 2018, die Anti-Dumping Maßnahmen in Form von Minimalpreisen auf Importe chinesischer Solarmodule zu beenden, bemerkenswert. Diese Maßnahmen waren 2013 in Kraft getreten und endeten schnell nach der Entscheidung, die Anti-Dumping-Maßnahmen zu beenden, am 3. September 2018 (Beetz 2018).

**Abbildung 3: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Photovoltaik im Zeitverlauf, 2017-2019**

Quelle: Prognos AG

In der Marktanalyse fallen sehr viele Länder in die Kategorie A oder AB, die Datenlage bei Photovoltaik ist in den meisten betrachteten Ländern gut. In Tabelle 3 und in Abbildung 2 sind die Ergebnisse im Überblick und kartografisch dargestellt. Abbildung 3 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Insgesamt acht Länder konnten 2019 zusätzlich gegenüber 2017 einer der fünf Marktkategorien zugeordnet werden und die relativ größten Zuwächse erfolgten in der Marktkategorie A (reife Länder).

### 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 größte Teil der weltweit installierten Leistung von Niedertemperatur-Solarthermieanlagen befindet sich in China. Dort waren am Ende des Jahres 2018 rund 338 GWth und

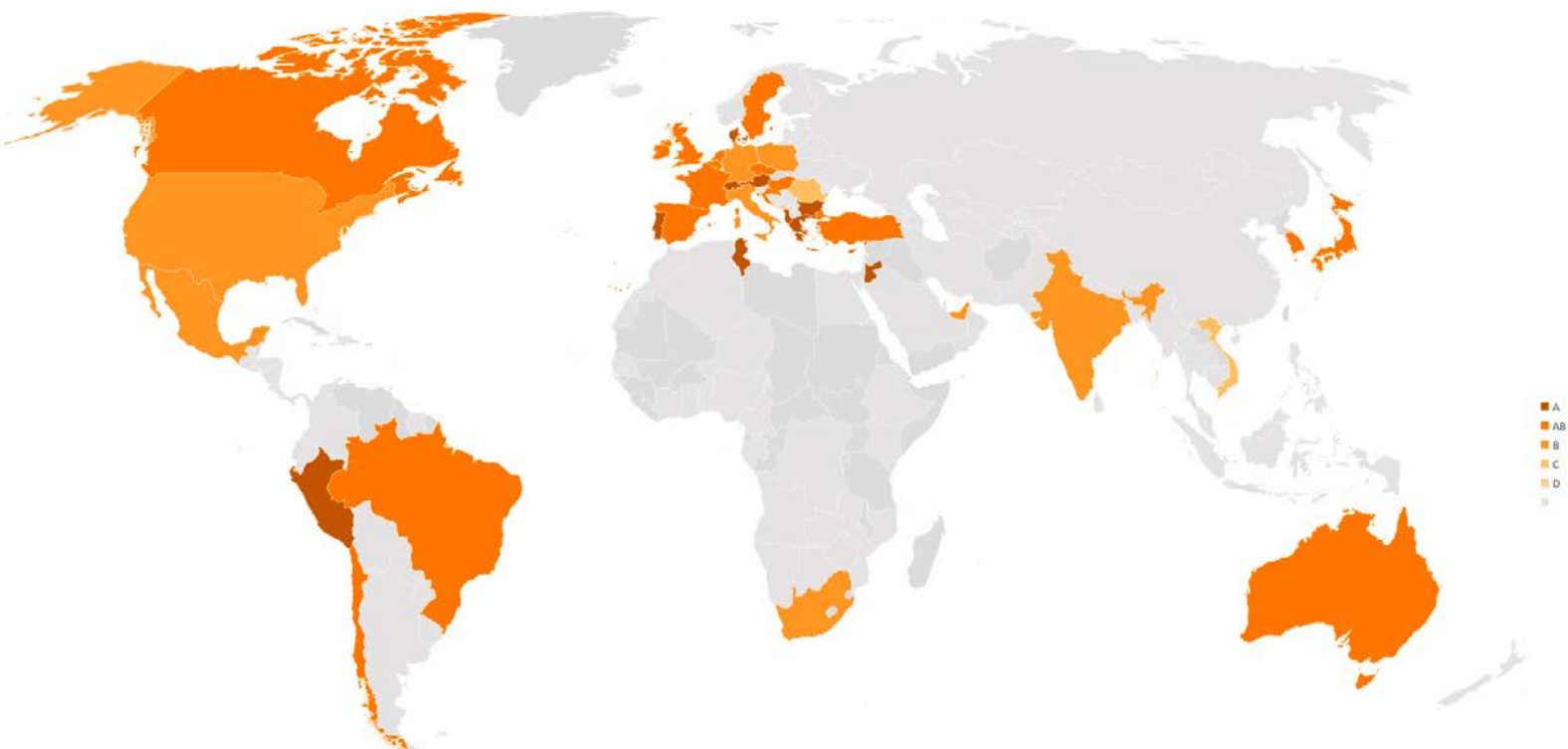
**Tabelle 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2018**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	12
AB-Länder	17
B-Länder	8
C-Länder	2
D-Länder	1
Länder mit Daten	51
Erfassungsquote	78 %

Quelle: Prognos AG

damit 70 Prozent der weltweit installierten Leistung von 480 GWth installiert. Allerdings ging die neu installierte Leistung in diesem größten nationalen Markt erneut zurück von 26,1 GWth im Vorjahr auf 24,8 GWth in 2018. Dies ist jedoch weiterhin mit deutlichem Abstand der stärkste Zubau, der in einem Land erzielt wurde. Gemessen an der zugebauten Leistung folgten auf den Plätzen zwei und drei die Türkei und Indien mit jeweils 1,3 GWth zugebauter Leistung (REN21 2019).

**Abbildung 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2019**



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Bemerkenswerte Zuwächse bei den Installationszahlen im Vergleich zum Vorjahr gab es insbesondere in Indien (mit einem Zuwachs von 17 Prozent), vor allem aber in Polen und Dänemark. So stiegen in Polen die Neuinstallationen um knapp 180 Prozent auf 217 MWth an. Treiber des Ausbaus ist hier – ähnlich wie in China – die Verringerung der lokalen Emissionen bei der Raumbeheizung. Auch in Dänemark konnte bei den Neuinstallationen ein Zuwachs von rund 128 Prozent verzeichnet werden. Das Land konnte damit in die Top 20 der Länder gemessen am Zubau aufsteigen. Allerdings bleibt die absolute Größe des Marktes mit rund 150 MWth vergleichsweise klein.

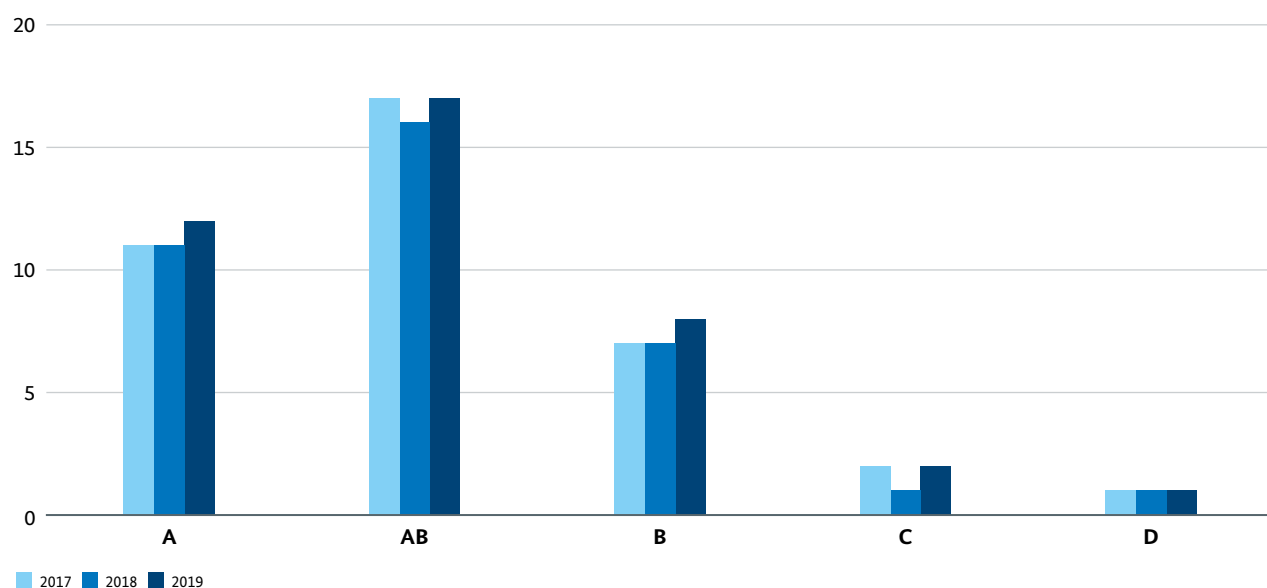
Im Bereich der Solarthermie gibt es weiterhin drei etablierte Technologien: Vakuumröhrenkollektoren, verglaste sowie unverglaste Flachkollektoren. Die regionalen Märkte haben hier unterschiedliche Ausrichtungen. In China wurden beispielsweise rund 72 Prozent der zugebauten thermischen Leistung in Form von Vakuumröhrenkollektoren realisiert. Während diese Technologie in den drei größten Märkten China, der Türkei und Indien einen signifikanten Anteil des Zubaus ausmachte, spielte sie in den 17 weiteren der 20 Märkte mit dem größten nationalen Zubau nur eine untergeordnete Rolle. Hier kamen vorwiegend verglaste Flachkollektoren zum Einsatz (vgl. Eicker 2012). Unverglaste Kollektoren wurden, da sie relativ kostengünstig sind, insbesondere zur Schwimmbadbeheizung eingesetzt

und in den letzten Jahren v.a. in Brasilien, den USA, Südafrika und Australien errichtet (REN21 2019).

Allerdings zeichnete sich in China im Jahr 2018 eine leichte Verschiebung weg von der Installation von Vakuumröhrenkollektoren (minus 7 Prozent im Vergleich zum Vorjahr) hin zu der Installation von verglasten Flachkollektoren (plus 3 Prozent im Vergleich zum Vorjahr) ab. Dieser Trend ist vor allem dadurch ausgelöst, dass durch Vorschriften zur Luftreinhaltung vermehrt Installationen an Fassaden oder Balkonen gefordert werden. In diesem Einsatzgebiet haben sich Flachkollektoren als vorteilhafte Lösung gegenüber Vakuumröhrenkollektoren erwiesen (Epp 2019).

Hauptanwendungsfeld für die Solarthermie ist die dezentrale Warmwasserbereitung in Gebäudeanwendungen. Wie bereits im letzten Jahr nahm jedoch auch 2018 der Bau von großen Solarthermieanlagen (> 500 m<sup>2</sup> Kollektorfläche), insbesondere zur solarthermischen Fernwärmeerzeugung, weiter an Fahrt auf. Im Jahr 2018 wurden insgesamt mindestens 37 neue Großanlagen zur Anwendung in Fernwärmesystemen errichtet, davon rund die Hälfte außerhalb Europas. Dies ist im Vergleich zum Vorjahr mit 17 neu installierten Systemen nochmals eine deutliche Zunahme. Somit waren Ende 2018 weltweit 339 Großanlagen mit einer Gesamtleistung von 1,35 GWth installiert (REN21 2019).

Abbildung 5: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Solarthermie im Zeitverlauf, 2017–2019





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

Abbildung 5 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Die Zahl der erfassten Länder und die jeweiligen Zuordnungen sind vergleichsweise stabil im Zeitverlauf.

## 1.2 Bioenergie

Die weltweite installierte Kapazität an Bioenergie ist um 6,5 Prozent von 121 GW im Jahr 2017 auf 130 GW im Jahr 2018 gewachsen. Die Stromerzeugung durch Bioenergie stieg damit um 9 Prozent von 532 TWh im Jahr 2017 auf 581 TWh im Jahr 2018 (REN21 2019). Man unterscheidet zwischen „traditioneller“ und „moderner“ Nutzung von Bioenergie. Bei der traditionellen Nutzung von Biomasse werden Holz, Holzkohle, land- und forstwirtschaftlichen Reststoffe und Dung zum Kochen und zur Wärmeerzeugung verwendet. Dies geschieht vor allem in einfachen und ineffizienten Geräten in Entwicklungs- und Schwellenländern (UBA 2019). Die moderne Nutzung von Bioenergie erfolgt hauptsächlich zur Wärmeerzeugung in Gebäuden und in der Industrie, der restliche Anteil wird im Strom- und Transportsektor verwendet. Weltweit ist im Jahr 2017 der Anteil der traditionellen Nutzung von Biomasse mit 7,4 Prozent vom Endenergieverbrauch immer noch größer als der Anteil der modernen Nutzung von Biomasse mit 5,0 Prozent. Dabei steigt der Anteil von moderner Bioenergie im Stromsektor mit 9 Prozent pro Jahr am stärksten an, im Vergleich zum

Transportsektor mit 7 Prozent und zum Wärmesektor mit ungefähr 1,8 Prozent pro Jahr (REN21 2019).

Bis 2023 wird ein Zuwachs von 37 GW installierter Bioenergiekapazität zur Stromerzeugung mit einem stabilen Zubau von 5–8 GW pro Jahr erwartet (IEA 2018a). Im Vergleich zu der Entwicklung zwischen den Jahren 2012–2017 wäre das ein 10 Prozent geringerer Zuwachs. Allein in China soll die Kapazität an Bioenergie bis 2023 um ungefähr 14 GW ansteigen. Im Jahr 2018 ist die Produktion von Bioenergie in China weltweit um 14 Prozent am stärksten angewachsen, während in Nordamerika der Zubau installierter Kapazität an Bioenergie im letzten Jahr konstant blieb. Obwohl für Europa ein eher stagnierender Zubau an Bioenergie erwartet wird, besteht derzeit in Europa noch der größte Anteil an installierter Kapazität weltweit. Im Jahr 2018 ist dieser Anteil von 39 GW im Jahr 2017 auf 42 GW gestiegen, die Stromproduktion ist mit 6 Prozent auf 196 TWh angewachsen (IEA 2018a).

Ein wichtiges Thema bei der modernen Biomassenutzung ist die Nachhaltigkeit der Biomassegewinnung. Die steigende Nachfrage nach Anbaubiomasse verändert dabei 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 2019).

Eine wichtige Rolle kann die energetische Nutzung von Biomasse beim Erreichen der Klimaziele spielen. Durch die Technologie Bio Energy with Carbon Capture and Storage

(BECCS) kann der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entzogen werden und somit werden negative Emissionen möglich (IPCC 2014). Dabei wird die CO<sub>2</sub>-neutrale Biomasse etwa in Kraftwerken verbrannt und das bei der Verbrennung entstehende CO<sub>2</sub> umgehend abgeschieden und in geologischen Tiefenlagern gespeichert. Die Technik liefert Energie, hat aber aufgrund der unterirdischen Speicherung noch große Akzeptanzprobleme bei der Bevölkerung und es entstehen weitere Landnutzungskonflikte aufgrund des hohen Flächenbedarfs (MCC 2016).

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, Sägewerknebenprodukte und industriell hergestellte Pellets), Reststoffe aus der Landwirtschaft und biogene Siedlungsabfälle. Siedlungs- und landwirtschaftliche Abfälle werden zumeist direkt in der Nähe der Orte, an denen sie anfallen, zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Die Verbrennung von lokalen Holzprodukten hat auch im Jahr 2018 zugenommen. Wie zum Beispiel In La Coruna Spanien, wo gerade ein neues Biomassekraftwerke mit einer Leistung

von 50 MW geplant wird. In Südafrika sind vier Biomasseprojekte in Planung. Im Gegensatz dazu werden Holzpellets auf dem Weltmarkt gehandelt. Die USA sind mit einer Produktion von 7,3 Millionen Tonnen der größte Produzent von Holzpellets und gleichzeitig größter Exporteur mit einer Menge von 5,4 Millionen Tonnen im Jahr 2018. Russland ist ein weiterer sehr großer Produzent, mit einer Produktion von 3,6 Millionen Tonnen im Jahr 2018. Gefolgt von Kanada mit einer Menge von 2,7 Millionen Tonnen. Die größten Abnehmer sind unter anderem Großbritannien, Niederlande und auch Japan. Im Jahr 2018 wurden weltweit ungefähr 35 Millionen Tonnen Holzpellets produziert. Holzpellets werden vor allem zur Mitverbrennung in konventionellen Kraftwerken und zum kleinen Teil zur Wärmeproduktion in Gebäuden genutzt (REN21 2019).

Der Zubau der Kapazitäten von festen Biomasseanlagen 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, sowie in Brasilien (siehe auch Abbildung 2). Brasilien ist der drittgrößte Stromproduzent durch Bioenergie und der größte in Südamerika mit einer installierten Kapazität von 14,7 GW. Der Großteil der Bioenergie wird durch das Verbrennen von Bagasse (den faserigen Überresten der Zuckerfabrikation aus Zuckerrohr) gewonnen (IEA 2018a).

**Abbildung 6: Veränderung der installierten Kapazität von feste Biomasseanlagen 2012–2017 in MW**

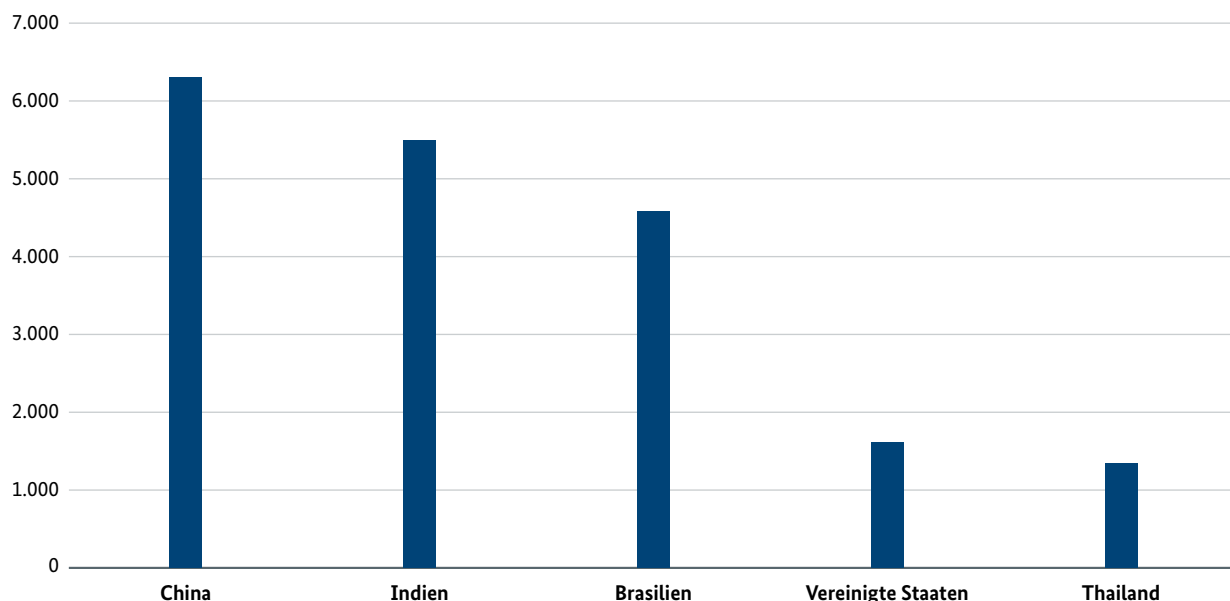
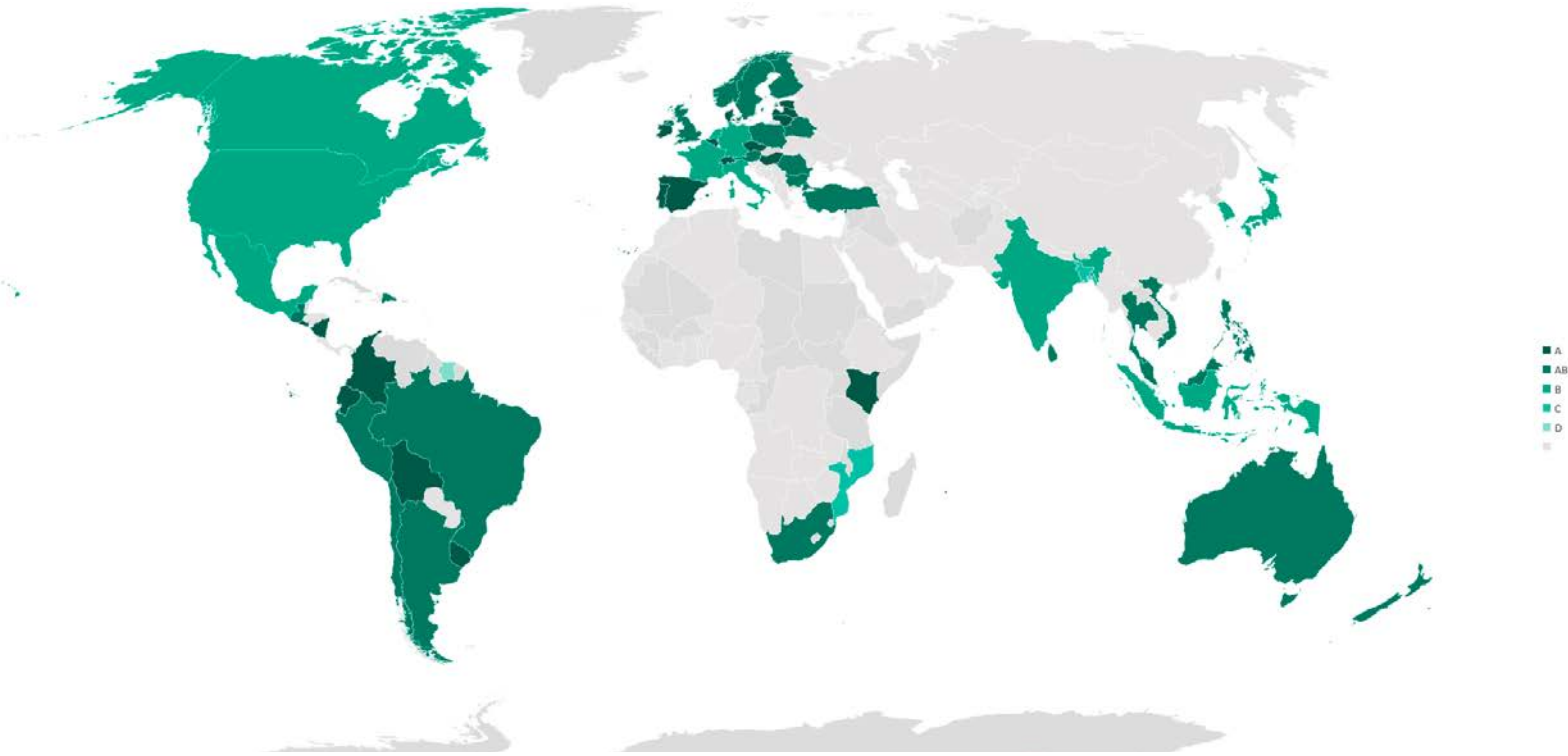




Abbildung 7: Ergebnisse Marktanalyse feste Biomasse 2019



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Wie in Abbildung 3 gut zu erkennen ist, hat die energetische Nutzung des biogenen Abfalls, die in Europa und Japan bereits etabliert ist, in den letzten Jahren in Afrika und Asien als Alternative zur Deponierung des Abfalls zugenommen. So wurden z. B. in China, Äthiopien oder Thailand Müllverbrennungsanlagen errichtet. Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse der Marktanalyse in der Kartendarstellung.

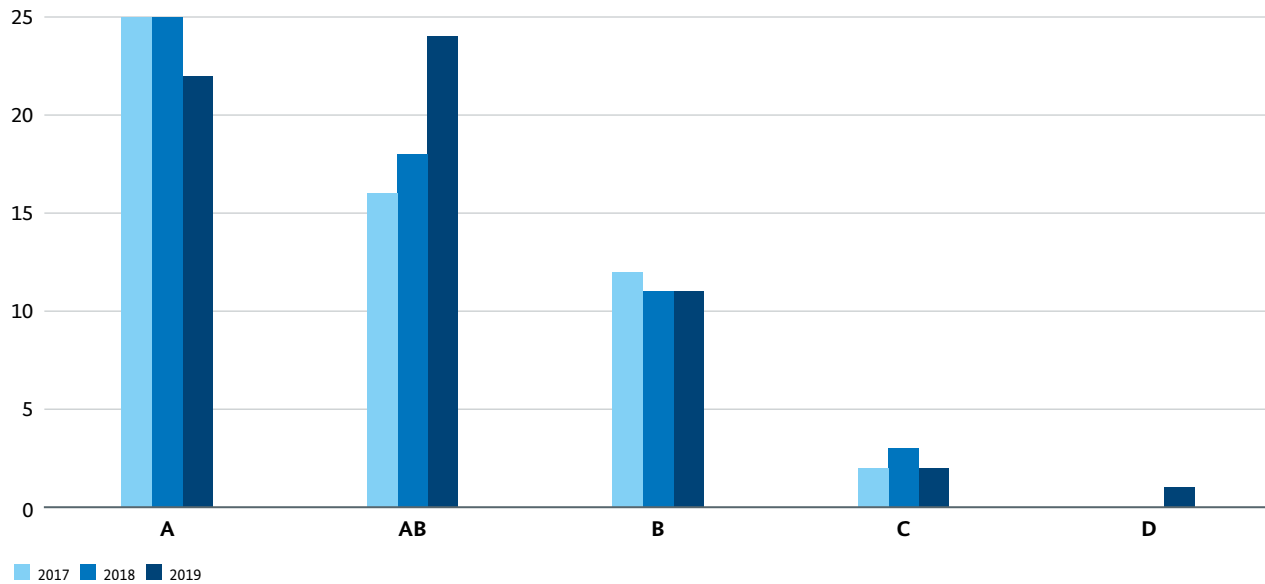
In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Marktanalyse für feste Biomasse im Überblick dargestellt. Mit 22 A- und 24 AB-Ländern in Europa, Südamerika und Asien zeigt sich eine bereits etablierte Technologie. In diesen drei Regionen finden sich jedoch auch insgesamt 11 B-Länder, die Dynamik aufweisen.

Tabelle 5: Ergebnisse Marktanalyse Feste Biomasse 2019

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	22
AB-Länder	24
B-Länder	11
C-Länder	2
D-Länder	1
Länder mit Daten	86
Erfassungsquote	70 %

Quelle: Prognos AG

Abbildung 8: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich feste Biomasse im Zeitverlauf, 2017-2019



Quelle: Prognos AG

Abbildung 8 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Die Zahl der erfassten Länder stieg um insgesamt acht und der größte Zuwachs erfolgte in der Kategorie AB (Hybrid aus reifen und aufstrebenden Märkten).

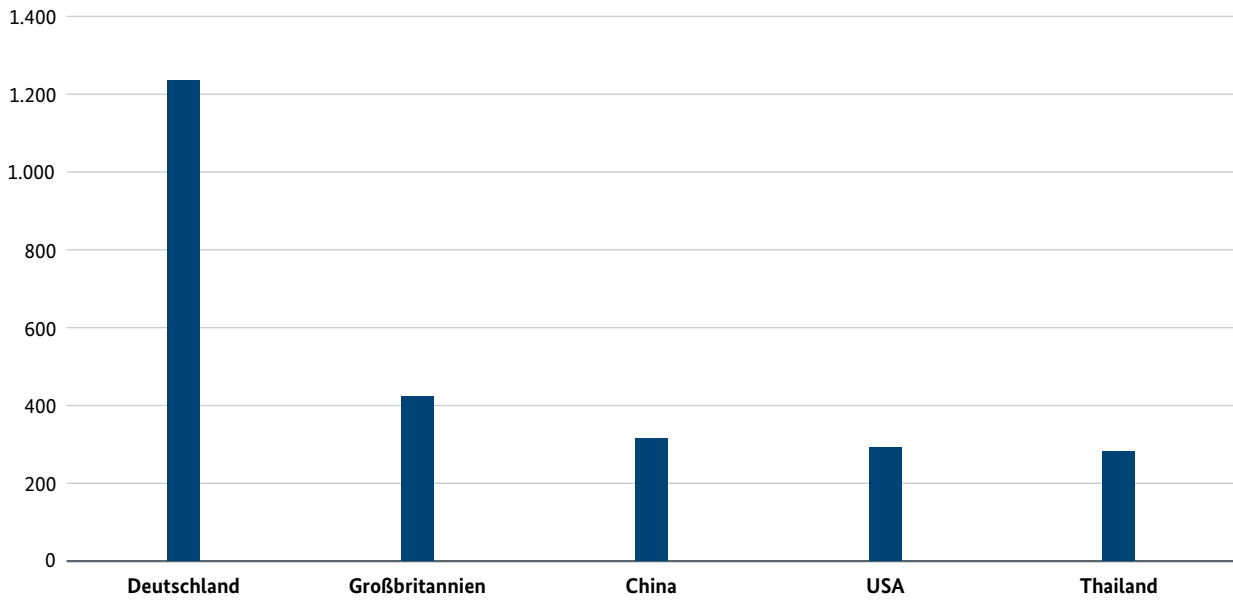
### 1.2.2 Biogas

Biogas wird durch anaerobe Vergärung aus Rohstoffen wie Gülle, Bioabfällen, Energiepflanzen oder Klärschlamm erzeugt. Außerdem kann Deponiegas, das bei Zersetzungsprozessen in Mülldeponien entsteht, als Biogas genutzt werden. Das Biogas kann durch Entfernen von CO<sub>2</sub> und weiteren Stoffen in Biomethan umgewandelt werden. Das entstandene Biomethan kann entweder direkt ins Gasnetz eingespeist werden oder weiter im Transportsektor verbraucht werden (REN21 2019).

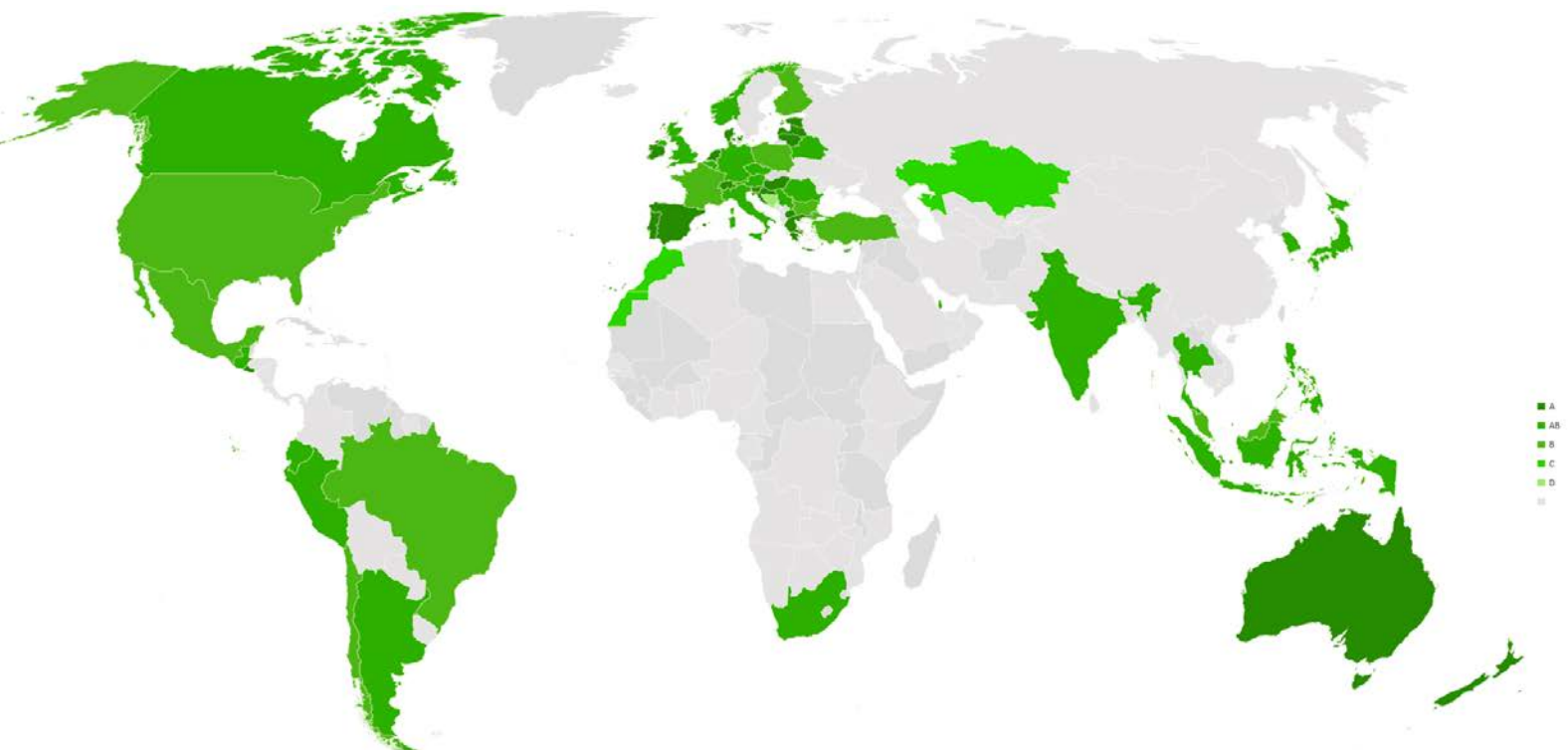
Die Nutzung von Biogas und Biomethan für die Strom- und Wärmeproduktion ist in den letzten Jahren angestiegen. In Europa sind mehr als 10.000 Biogasanlagen in Gebrauch, in den USA produzieren mehr als 2.200 Biogasanlagen Biogas und in Teilen Asiens wird diese Technologie stetig ausgebaut. In Abbildung 9 ist der Zubau von Biogasanlagen von 2012 bis 2017 dargestellt. Der meiste Zubau fand in Deutschland und China statt, gefolgt von USA, Thailand und Türkei. In diesen Ländern findet auch der

größte Teil der Stromerzeugung aus Biogasanlagen statt.

In China gab es in den letzten Jahren einen Aufwärtstrend im Zubau installierter Biogaskapazitäten, im Jahr 2018 waren ungefähr 140 Biogasanlagen im Einsatz. Wohingegen Deutschland, der größte Stromproduzent durch Biogasanlagen in Europa, seit 2014 eine sehr langsame bis stagnierende Entwicklung erfährt. Die installierten Kapazitäten in Großbritannien sind im Jahr 2018 um 30 Prozent auf 7,7 GW angestiegen, vor allem durch den kontinuierlichen Ausstieg aus der Kohleverstromung (IEA 2018a). Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse in Kartenform. Aufstrebende Märkte für die Produktion von Bioenergie sind Länder wie Mexiko und die Türkei. Tabelle 6 stellt im Überblick die Ergebnisse der Marktanalyse dar. Von den erfassten Ländern fallen die meisten in die Kategorie AB. Da in die relevante Länderkategorie B einige der bevölkerungsreichen Länder wie Indien oder die USA fallen, ist in Summe eine gewisse Dynamik zu erwarten.

**Abbildung 9: Veränderung der installierten Kapazität von Biogasanlagen 2011–2017 in MW**

Quelle: Prognos AG nach IRENA 2019

**Abbildung 10: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2019**

Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

**Tabelle 6: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2019**

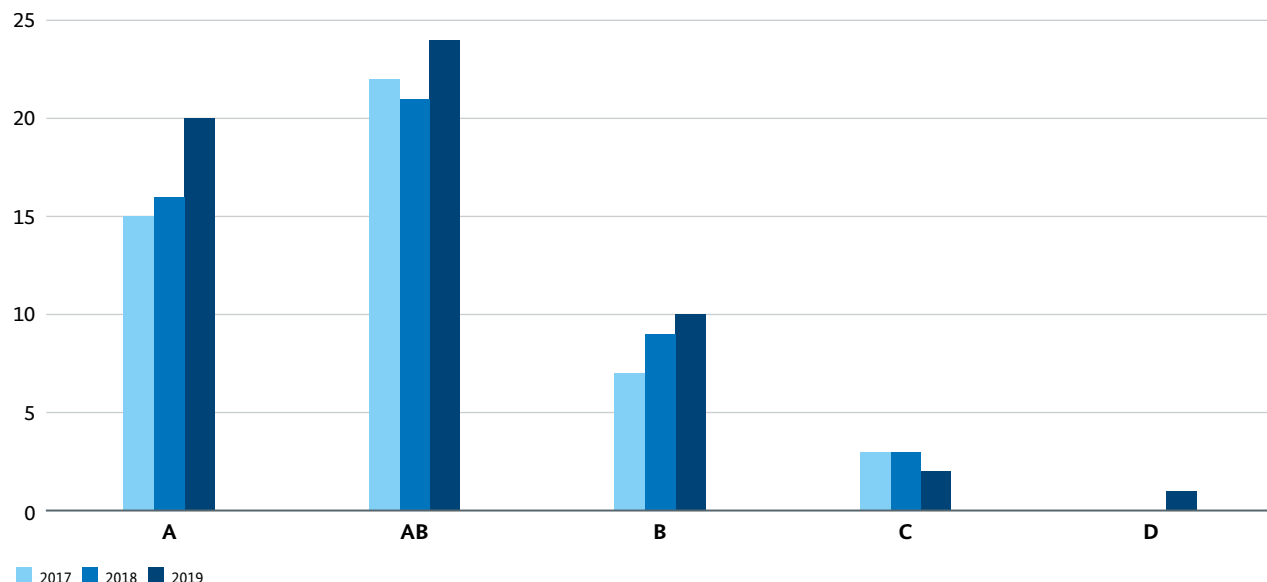
Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	20
AB-Länder	24
B-Länder	10
C-Länder	2
D-Länder	1
Länder mit Daten	79
Erfassungsquote	72%

Quelle: Prognos AG

Abbildung 11 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Die Zahl der erfassten Länder stieg um insgesamt zehn und die größten Zuwächse erfolgten in den Kategorien A (reifen Märkte) und B (aufstrebende neue Märkte).

### 1.3 Windenergie

Windenergie steht in immer mehr Ländern der Welt für einen substanziellen Anteil an der Stromerzeugung. Weltweit werden in mindestens 10 Staaten bereits jetzt mehr als 10 Prozent des nationalen Stromverbrauchs durch Windenergie gedeckt. In der Europäischen Union wurden im Jahr 2018 etwa 14 Prozent des Stromverbrauchs durch Windenergie gedeckt (WindEurope 2019). Einzelne Länder erreichen allerdings bereits einen deutlich höheren Anteil. So machte in Dänemark der Anteil von Windkraft am nationalen Stromverbrauch bereits rund 41 Prozent aus. Die Windindustrie ist jedoch gleichzeitig einem wachsenden Kostendruck ausgesetzt. Insgesamt wurden im Jahr 2018 Lizenzen für knapp 18 GW Windenergie im Rahmen von wettbewerblichen Ausschreibungen vergeben (REN 21 2019).

**Abbildung 11: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Biogase im Zeitverlauf, 2017–2019**

Quelle: Prognos AG

### 1.3.1 Onshore-Wind

Ende des Jahres 2018 waren weltweit insgesamt rund 568 GW Erzeugungskapazität installiert, 36 Prozent davon in China, gefolgt von den USA mit 17 Prozent und Deutschland mit 9 Prozent (GWEC 2019a). Die weltweit installierte Leistung an Onshore-Windenergieanlagen zeigte auch 2018 ein stabiles Wachstum. Allerdings musste mit einer neu installierten Leistung von knapp 47 GW erneut ein Rückgang im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet werden. Die neu installierte Leistung sank im Vergleich zu 2017 um rund 4 Prozent (GWEC 2019a). Damit wurde nach dem Rekordzubau im Jahr 2015 bereits im dritten Jahr in Folge ein Rückgang bei den Zubauzahlen festgestellt.

Die fünf Länder mit dem stärksten Zubau sind weiterhin die gleichen Länder, in denen auch in den Jahren seit 2012 die meisten Neuinstallationen beobachtet wurden, nämlich China, die USA, Deutschland, Indien und Brasilien (siehe Abbildung 4). Hier zeichnet sich kein genereller Trendwechsel ab. Zieht man jedoch die jüngsten Ergebnisse in Ausschreibungen für Onshore-Windprojekte in Betracht so ergibt sich ein anderes Bild: In vielen aufstrebenden Märkten, darunter Brasilien, Indien und Saudi-Arabien zeigen sich weiterhin stark fallende Förderhöhen während in Deutschland und Frankreich eine deutliche Unterzeich-

nung der ausgeschriebenen Mengen beobachtet wird (REN 21 2019). Gründe hierfür sind insbesondere die problematische Situation bei den Genehmigungsverfahren neuer Projekte. Sollte sich der Trend fortsetzen, könnte dies in den nächsten zwei Jahren zu einem veränderten Bild bei der weltweiten Verteilung des Zubaus führen.

In den etablierten Märkten, insbesondere Nord-Europa und den USA, spielen Power Purchase Agreements mit privaten Unternehmen eine zunehmend wichtige Rolle bei der Finanzierung und Vermarktung von Strom aus Onshore-Windenergie Anlagen. Die gesamte neu installierte Leistung, für die ein solcher Vertrag abgeschlossen wurde, wuchs im Vergleich zum Vorjahr um 64 Prozent auf 6,4 GW an (GWEC 2019a).

Repowering bleibt ein wachsendes Marktsegment, in dem fast alle großen Turbinenhersteller aktiv sind. Dabei beschränkt sich der Markt nicht mehr nur auf Europa, wo viele Turbinen der ersten Generation das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben, sondern es werden auch zunehmend relativ neue Turbinen einer Erneuerung unterzogen, um damit ihre Leistungsfähigkeit zu steigern. Bei diesem sogenannten „partial repowering“ werden einzelne Komponenten, wie zum Beispiel Rotorblätter oder elektronische Bauteile ausgetauscht oder überarbeitet (Gilpin 2018).

**Abbildung 12: Veränderung der installierten Kapazität von Onshore Windanlagen 2012-2017 in GW**

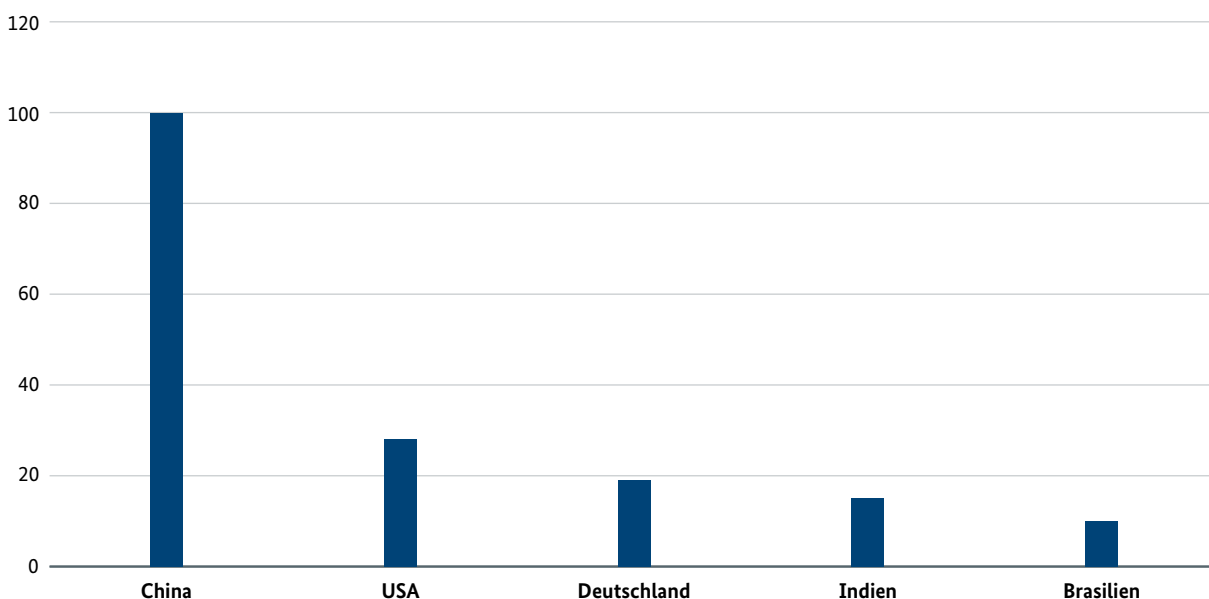
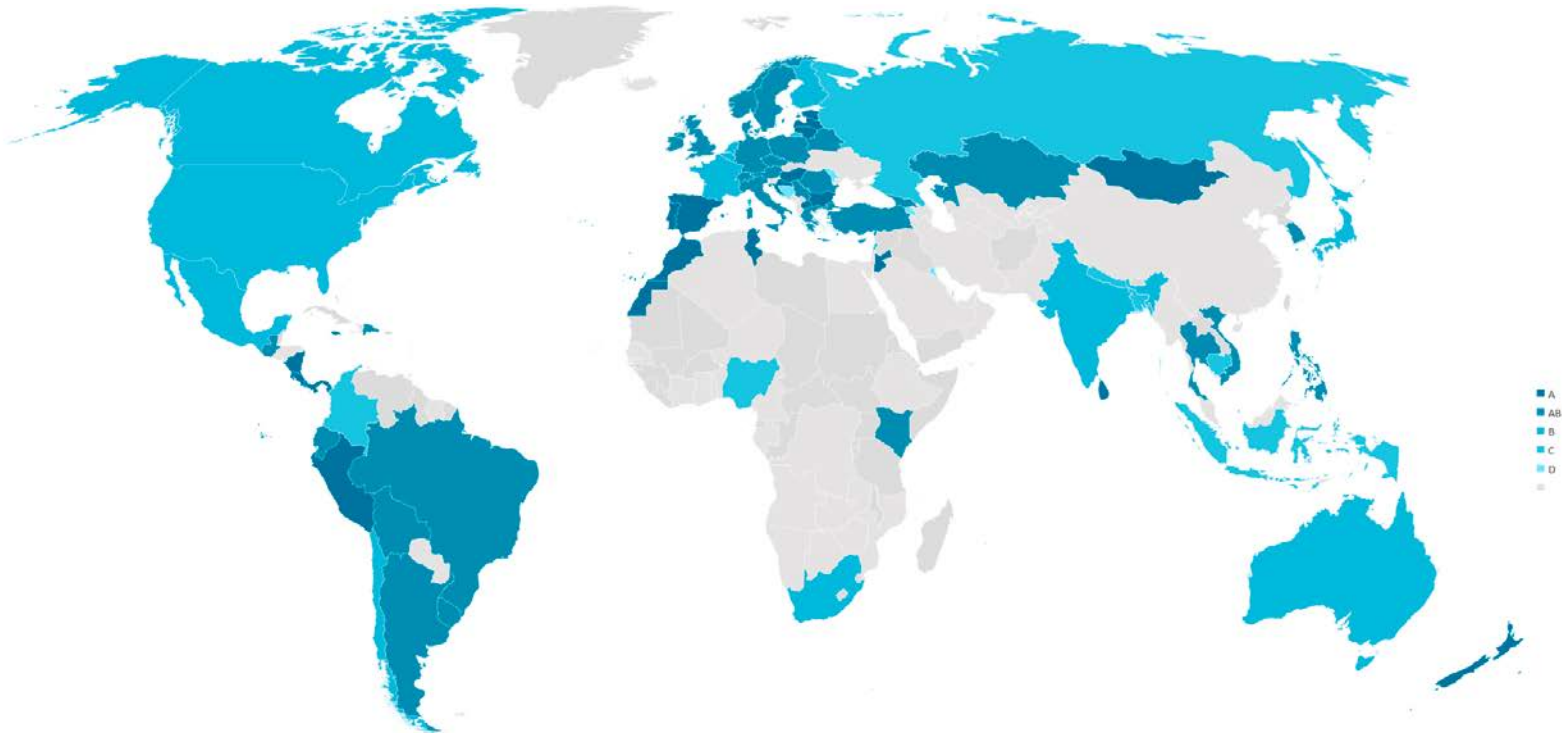


Abbildung 13: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2019



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Durch den weltweiten Trend, die Förderung von Onshore-Windenergie auf Ausschreibungen umzustellen, findet auf der Seite der Komponentenhersteller weiterhin ein harter Preiskampf statt. Dies führt einerseits dazu, dass Gewinnmargen deutlich zurückgehen und insbesondere Turbinenhersteller neue Geschäftsfelder erschließen müssen. Neben dem bereits erwähnten Repowering zählen dazu der Wartungsmarkt und teilweise sogar neue Geschäftsfelder wie Ladeinfrastruktur für elektrifizierte Fahrzeuge (REN 21 2019). Im Zuge dieses Preisdrucks setzt sich auch die erwartete Marktkonsolidierung weiter fort. Die zehn größten Turbinenhersteller der Welt konnten ihren Marktanteil im Jahr 2018 weiter auf 85 Prozent ausbauen. Dies ist nochmal ein deutlicher Zuwachs im Vergleich zu den vergangenen Jahren (2016: 75 Prozent, 2017: 80 Prozent). (GWEC 2019b).

Bereits die Hälfte der zehn größten Turbinenhersteller haben ihren Sitz in China. Derzeit sind jedoch Hersteller in China größtenteils auf ihren Heimatmarkt beschränkt und noch wenig im Export vertreten (GWEC 2019b).

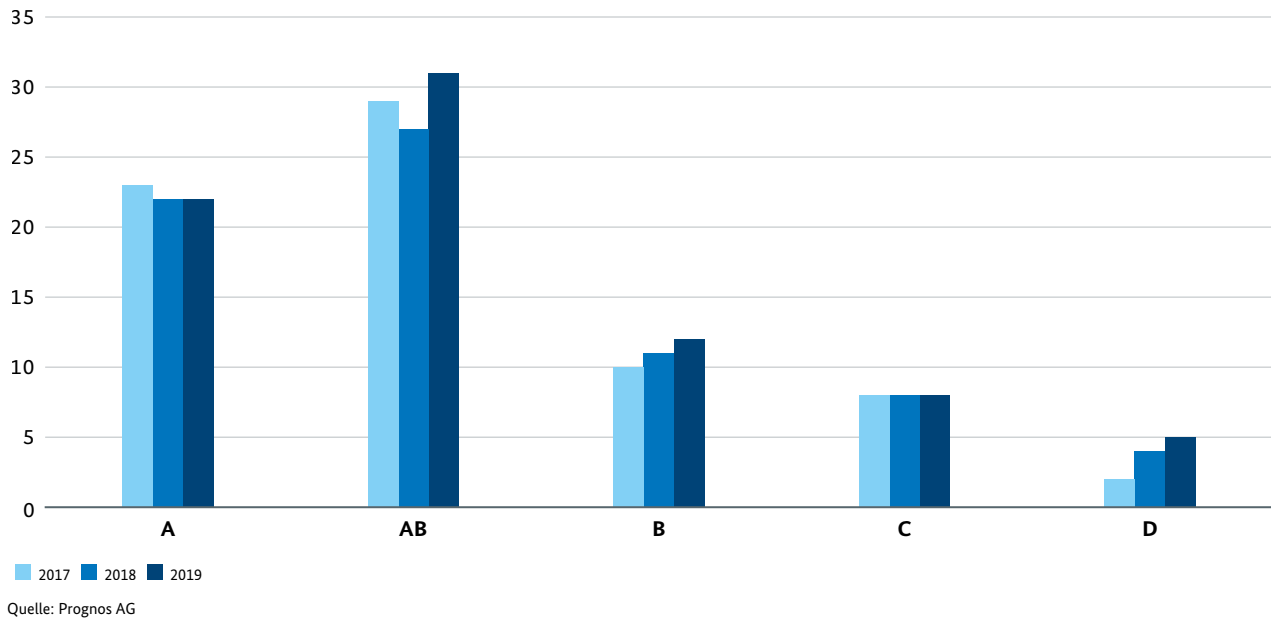
Tabelle 7: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2019

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	22
AB-Länder	31
B-Länder	12
C-Länder	8
D-Länder	5
Länder mit Daten	100
Erfassungsquote	78 %

Quelle: Prognos AG

Im Bereich der Onshore-Windenergie gibt es bereits zahlreiche etablierte Märkte: 53 der betrachteten Länder fallen in die A- oder AB-Marktkategorie. Die Ergebnisse der Marktanalyse für Onshore-Wind sind in Tabelle 7 und in Abbildung 13 dargestellt. Abbildung 14 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Die Zahl der erfassten Länder stieg geringfügig um insgesamt sechs.

Abbildung 14: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Onshore Wind im Zeitverlauf, 2017–2019



### 1.3.2 Offshore-Wind

Derzeit (Stand Juli 2019) sind weltweit Offshore-Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 26 GW installiert, davon etwa 81 Prozent in Europa (4cOffshore 2019). Daneben befinden sich aktuell 15,6 GW im Bau, davon 88 Prozent in China (7,2 GW), Großbritannien (3,9 GW), den Niederlanden (1,6 GW) und Deutschland (1 GW). Während die jährlich neu installierte Leistung bei der onshore-Windenergie seit drei Jahren rückläufig ist, wächst sie im offshore-Bereich kontinuierlich an, so auch im Jahr 2018 auf rund 4,5 GW (REN21 2019).

Im Jahr 2018 gab es einen Quantensprung bei der Anzahl der genehmigten Offshore-Windprojekte in China. Im Zeitraum von Januar bis Dezember 2018 wurden 55 Projekte mit einer Gesamtleistung von 31,5 GW genehmigt, was mehr als der derzeit weltweit insgesamt installierten Leistung entspricht. Hauptsächlich verteilen sich diese Projekte auf die Provinzen Jiangsu, Guangdong und Fujian. Während in Jiangsu derzeit noch die meiste Kapazität in China installiert ist verfügt die Provinz Guangdong über das größte Potenzial. Mit insgesamt mehr als 30 GW an genehmigten Projekten wird sich der Ausbau der Offshore-Windenergie mittelfristig insbesondere in dieser Region abspielen (4cOffshore 2019).

Bis zum Jahr 2030 ist davon auszugehen, dass China Deutschland und Großbritannien deutlich von den ersten beiden Plätzen der insgesamt installierten Leistung verdrängen wird (vgl. auch Abbildung 15). Basierend auf aktuellen Projektgenehmigungen wird im Jahr 2030 knapp die Hälfte der weltweit installierten Leistung von Offshore-Windenergie (Rund 210 GW) in chinesischen Gewässern stehen. Auch der europäische Markt wird weiterhin wachsen, angeführt von Großbritannien, Deutschland und den Niederlanden. Daneben wird eine wachsende Nachfrage mittelfristig in den Märkten USA, Taiwan, Süd-Korea und Indien erwartet (4cOffshore 2019).

Offshore-Windenergieprojekte sind im Vergleich zu vielen anderen Technologien in der erneuerbaren Stromerzeugung davon gekennzeichnet, dass für Einzelprojekte enorme Investitionssummen bewegt werden. Auch in den Ausschreibungen im Jahr 2018 zeichnete sich ein weltweiter Trend zu immer größeren Einzelprojekten ab. So erhielt beispielsweise der dänische Energiekonzern Ørsted einen Zuschlag für das Projekt Hornsea two mit einer Gesamtkapazität von 1,4 GW. Vor diesem Hintergrund wird der Bereich Offshore-Windenergie vermutlich auch in Zukunft durch finanzstarke Unternehmen, wie große Energieversorger, dominiert werden.

Auf der Seite der Windturbinen zeigt sich ein ähnliches Bild. Betreiber von Offshore-Windparks greifen zu größeren Turbinen, sobald diese verfügbar werden. Die Entwicklung neuer Turbinen mit größeren Leistungsklassen kann dabei fast ausschließlich von großen Herstellern finanziert werden. (GE 2018).

Die elektrische Netzanbindung von Offshore-Windparks über Seekabel ist weiterhin sehr kostenintensiv und stellt einen nicht unwesentlichen Anteil an den Erzeugungskosten des so gewonnenen Stroms dar. Insbesondere bei weiter von der Küste entfernt liegenden Windparks steigt dieser Kostenanteil weiter. Vor diesem Hintergrund wird derzeit in Europa die Suche nach alternativen Anbindungskonzepten (und Umwandlungskonzepten) für offshore erzeugten Windkraftstrom deutlich intensiviert. Eine Möglichkeit besteht darin, die Offshore-Windparks mittels der Technologie Power-to-Gas (PtG, P2G) energetisch anzubinden. So hat aktuell (März 2019) zum Beispiel Ørsted bei der Entwicklung der Offshore-Windparks Hollandse Kust Zuid III und IV auch eine Option zur Nutzung des Offshore-Windkraftstroms über „grünen“ - mittels Elektrolyse offshore erzeugten - Wasserstoff vorgeschlagen (Windbranche 2019).

**Tabelle 8: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2019**

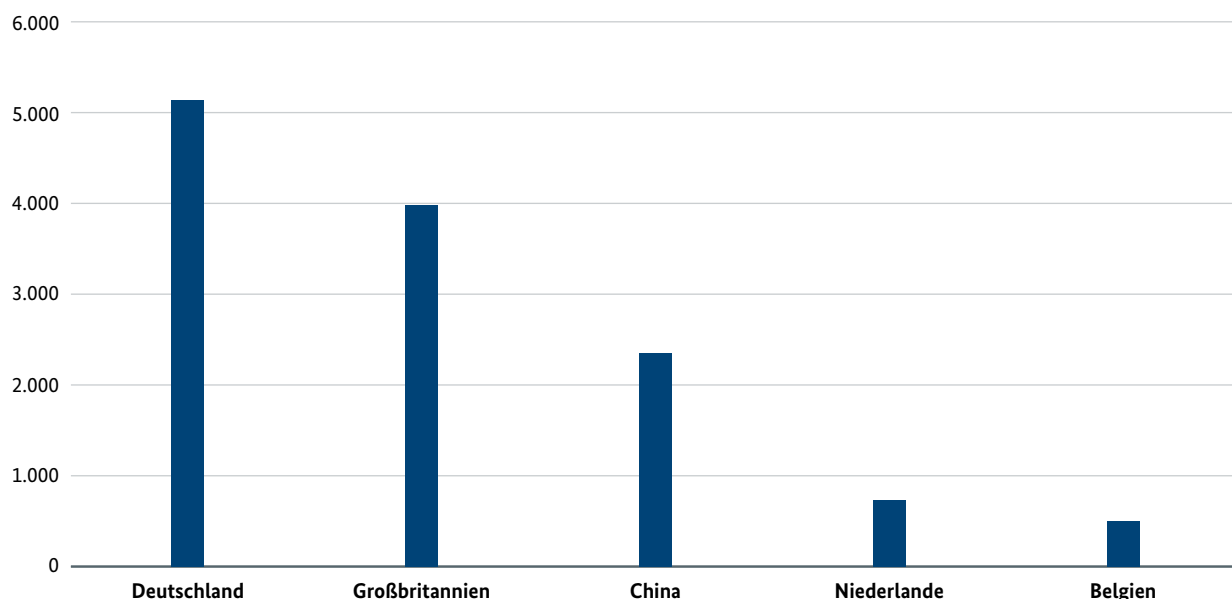
Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	4
AB-Länder	6
B-Länder	1
C-Länder	0
D-Länder	0
Länder mit Daten	15
Erfassungsquote	73%

Quelle: Prognos AG

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

Abbildung 17 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Insgesamt werden vergleichsweise wenig Länder erfasst.

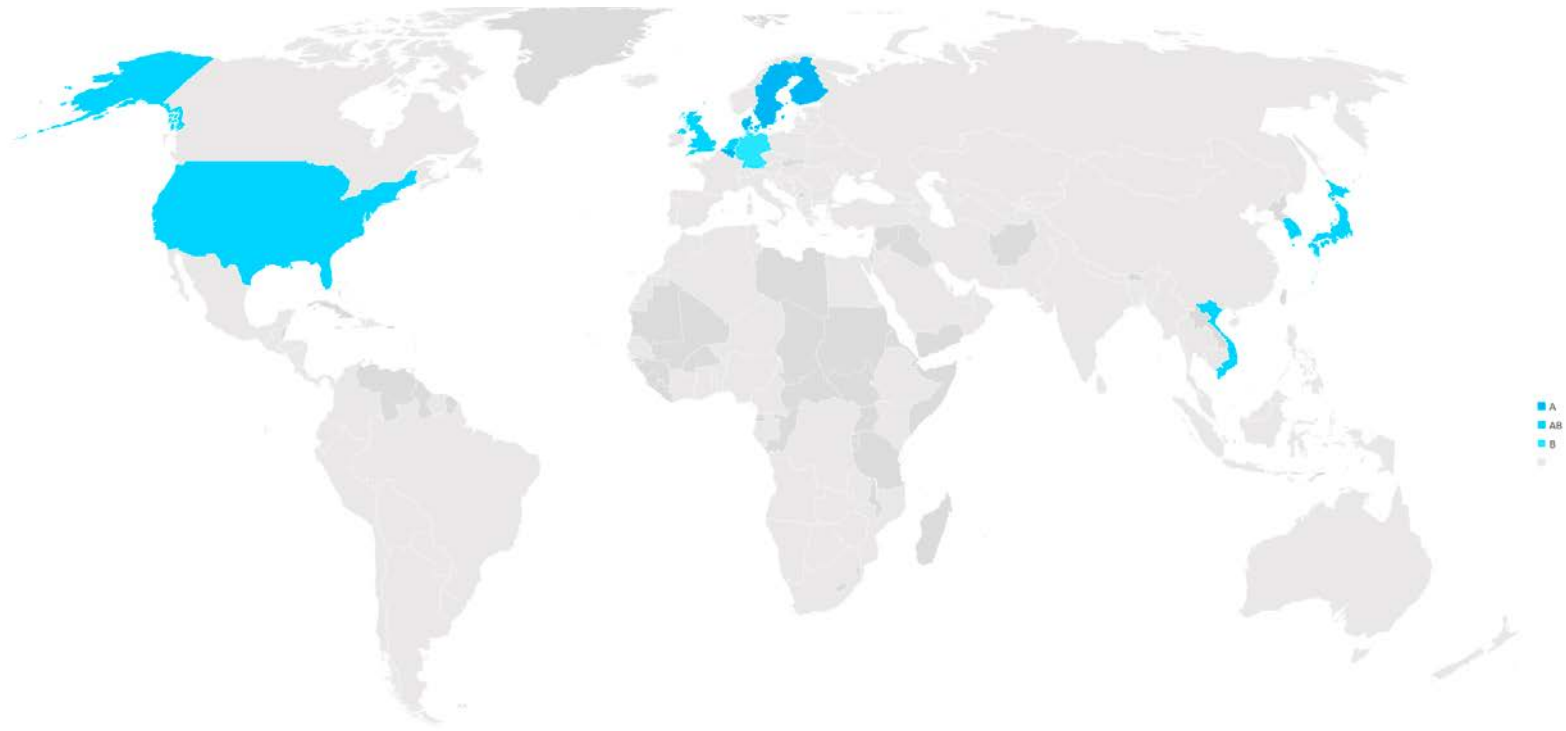
**Abbildung 15: Veränderung der installierten Kapazität von Offshore Windanlagen 2012–2017 in MW**



Quelle: Prognos AG nach IRENA 2019

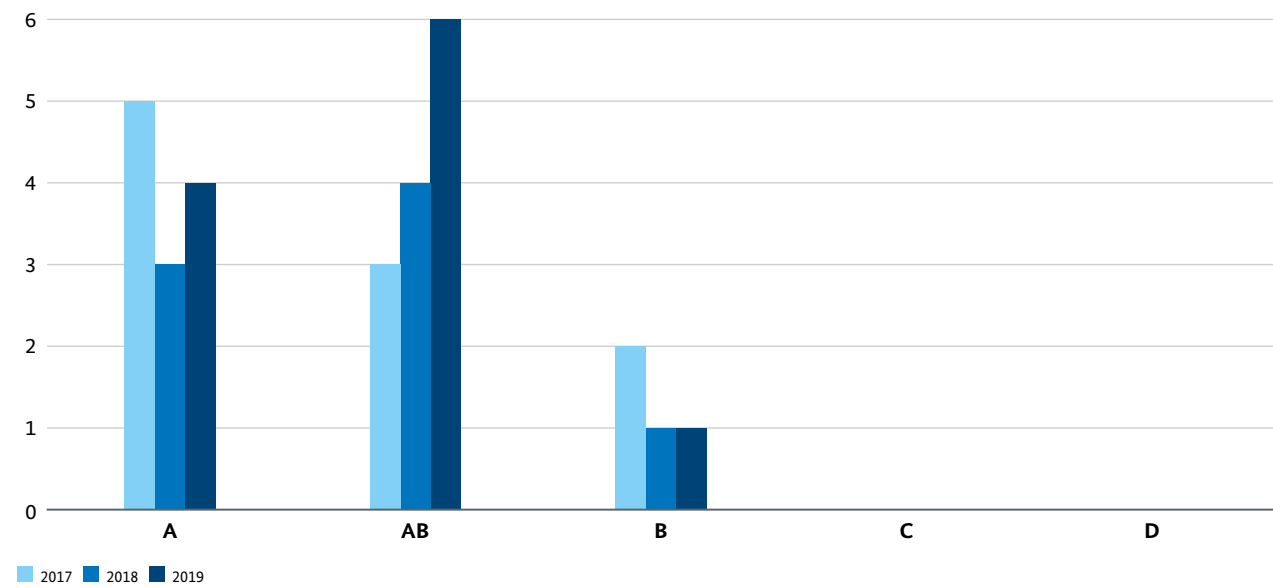


Abbildung 16: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2019



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

Abbildung 17: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Offshore Wind im Zeitverlauf, 2017–2019



Quelle: Prognos AG

## 1.4 Geothermie

Energie aus Geothermie kann zur Strom-, sowie zur Nieder- temperatur- und Prozesswärmeerzeugung genutzt werden. In dieser Analyse werden nur Märkte für die geothermische Stromerzeugung betrachtet. Aktuell werden weltweit 90 TWh Strom aus Geothermie gewonnen, das entspricht circa der Hälfte der gesamten geothermischen Nutzung von 175 TWh. Die installierte elektrische Leistung beträgt 13 GW, davon wurden 500 MW im Jahr 2018 neu installiert (REN 21 2019). Damit ist der Anteil der geothermischen Stromerzeugung im Vergleich zu Wind, Solar und Wasserkraft mit knapp 0,3 Prozent deutlich geringer. Im „Sustainable Development Scenario“ der IEA steigt dieser Wert im Jahr 2040 auf knapp 1,5 Prozent der Stromerzeugung (IEA 2018b). Zur geothermischen Stromerzeugung ist geeignetes tiefegeothermisches Potenzial notwendig, das nur in einigen Regionen gegeben ist und damit den Ausbau auf geeignete Regionen limitiert. In Südafrika ist zum Beispiel eine solche Zone der Ostafrikanische Graben mit guten geothermischen Bedingungen, die bereits in Kenia genutzt werden. Ebenso gibt es sehr gute Potenziale in der Türkei und Südostasien, insbesondere in Indonesien. Dementsprechend sind die Länder mit dem größten Zuwachs an installierter Leistung in den letzten 5 Jahren die Türkei, Indonesien und Kenia. (S. auch Abbildung 18). In Kenia machte geothermische Stromerzeugung die letzten Jahre sogar den größten

Zuwachs bei der erneuerbaren Stromerzeugung aus. Mit 2,5 GW befindet sich die größte installierte Kapazität aber weiterhin in den USA (REN 21 2019).

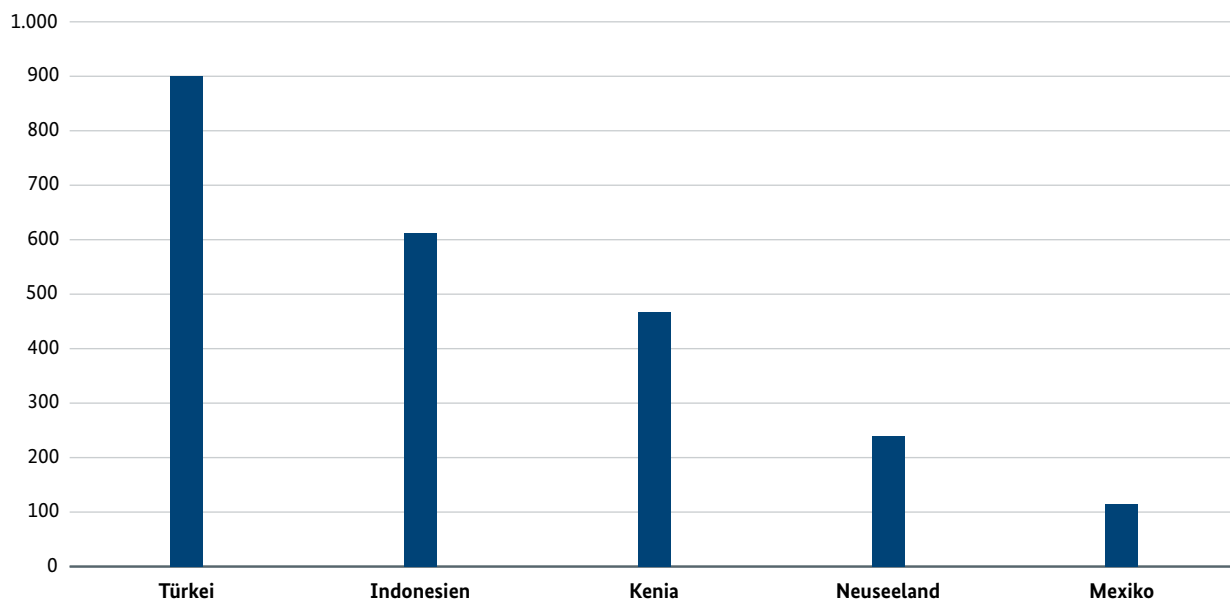
Ist die Temperatur der geothermischen Fluide ausreichend hoch (ab circa 180 °C) kann sie direkt zur Stromerzeugung genutzt werden. Die ist sowohl bei dem „direct steam“-Verfahren, bei dem, wenn es sich um sehr trockenen Dampf handelt, dieser direkt in einer Turbine genutzt werden kann, als auch bei dem sogenannten „Flash-Verfahren“ der Fall. Bei letzterem wird das Wasser mit Temperaturen von 180° bis 300° Celsius durch Druckminderung ein- oder mehrstufig verdampft („flashing“) und treibt anschließend

**Tabelle 9: Ergebnisse Marktanalyse Geothermie 2019**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	6
AB-Länder	5
B-Länder	5
C-Länder	1
D-Länder	0
Länder mit Daten	25
Erfassungsquote	68%

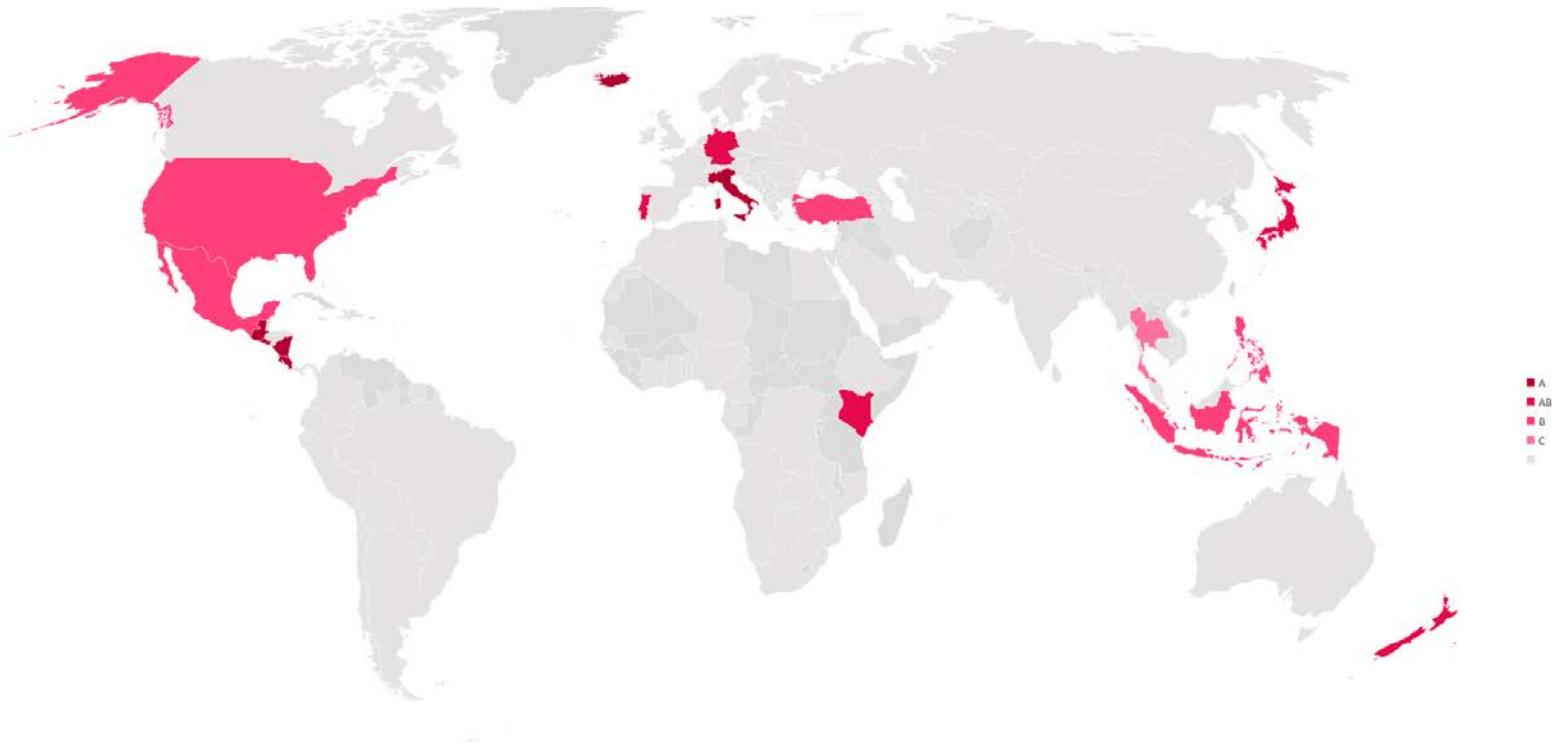
Quelle: Prognos AG

**Abbildung 18: Veränderung der installierten Kapazität von Geothermieanlagen 2012–2017 in MW**



Quelle: Prognos AG nach IRENA 2019

Abbildung 19: Ergebnisse Marktanalyse Geothermie 2019



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

eine Dampfturbine an (Bundesverband Geothermie 2019). Diese Technologie ist am weitesten entwickelt und wurde bis jetzt am meisten eingesetzt. Inzwischen gibt es aber einen Trend, auch Quellen mit niedrigeren Temperaturen zu nutzen. Dazu werden binäre Kreisläufe verwendet, indem das Thermalwasser über einen Wärmetauscher ein zweites Wärmeträgermedium in einem eigenen, geschlossenen Kreislauf erhitzt. Das zweite Medium treibt damit dann eine spezielle Turbine an (IRENA 2019a). Die zuletzt errichteten Anlagen in der Türkei waren zum Beispiel alles binäre Anlagen (REN 21 2019). Einige Anlagen werden darüber hinaus zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme genutzt. Die Wärme kann dabei entweder direkt genutzt oder in ein Fernwärmenetz eingespeist werden. In Deutschland wird dies aktuell für die Fernwärmeversorgung der Stadt München geplant. Ähnliche Pläne gibt es in China, wo so Kohle betriebene Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen aus Klimaschutzgründen und zur Reduzierung von Luftschadstoffen ersetzt werden sollen.

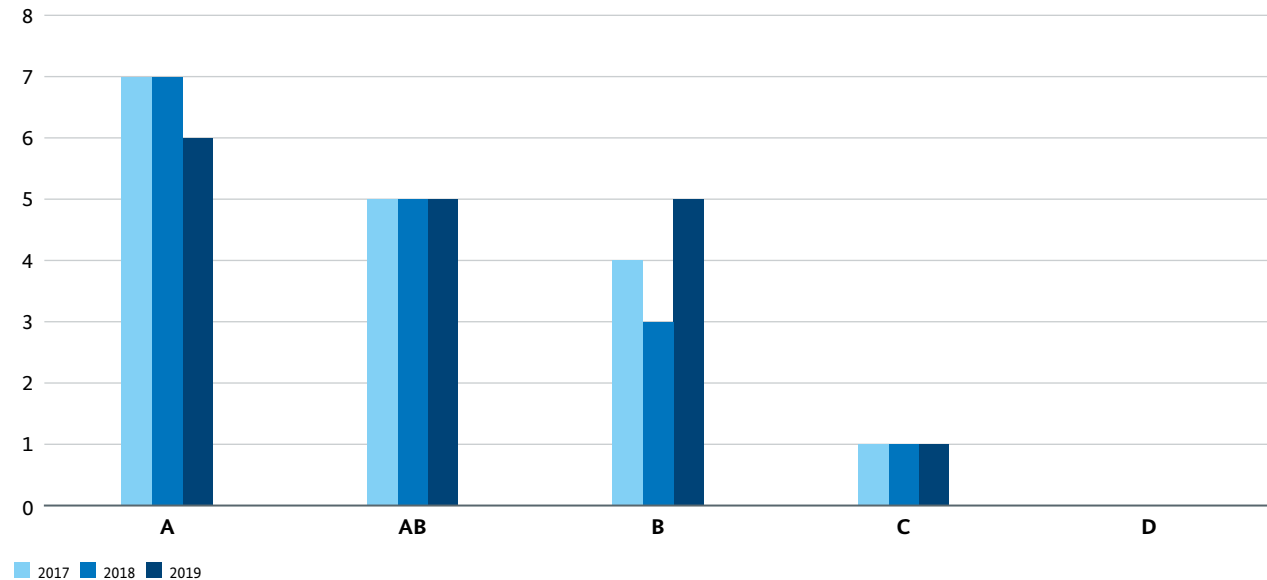
Herausforderungen bei dem Ausbau der Geothermie ergeben sich durch die anfangs sehr hohen Explorationskosten. Dabei besteht darüber hinaus das Risiko, dass die untersuchte Quelle keine ausreichende Temperatur oder Volumenströme zur energetischen Nutzung bietet. Daher wurde für Voruntersuchungen mit Hilfe der Weltbank das UNFC Geothermal Specification gegründet, um geothermische Ressourcen in einzelnen Ländern zu identifizieren (REN 21 2019). Daneben sind die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für geothermischen Strom in einigen Ländern nicht ausreichend oder es fehlen qualifizierte Fachkräfte, um Projekte umzusetzen. So ergaben sich in letzter Zeit für Projekte in Indonesien Verzögerungen und hohe Installationskosten. Auch gibt es immer wieder Umweltbedenken gegen neue Projekte und die dazugehörigen Bohrungen. Einige Projekte mussten aufgrund hoher Erdbebenrisiken bereits abgebrochen werden. Insgesamt ergeben sich damit hohe Gesamtkosten, die sich in relativ hohen Stromgestehungskosten niederschlagen. Diese sind aber sehr abhängig von einzelnen Standorten und Ländern. Die aktuelle Durchschnittsgestehungskosten von 72 USD/MWh sind daher nur bedingt aussagekräftig (REN 21 2019).

Die IEA schätzt das Wachstum der weltweite Geothermie-Kapazität bis 2023 auf über 4 GW, davon über 70 Prozent in Schwellenländern (IEA 2018a). Der größte Anteil davon liegt in Indonesien, welches weiterhin, auch durch unterstützende Politiken, einen interessanten Markt für Geothermie darstellt. Weitere interessante Länder finden sich in der Südostasien-Pazifik Region, wie zum Beispiel die Philippinen oder Japan und wie bereits beschrieben mit Kenia in Ostafrika. Außerdem gibt es unter anderem auch in bereits etablierten Märkten wie Island, den USA und der Türkei sowie in Ländern Zentralamerikas (El Salvador, Costa Rica, Nicaragua) weiterhin Ausbaupotenzial. Abbildung 19 stellt die Ergebnisse der Marktanalyse grafisch dar, Tabelle 9 die Ergebnisse im Überblick.



Abbildung 20 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Insgesamt werden im Bereich der Geothermie vergleichsweise wenige Länder erfasst und die Struktur der Kategorienzuordnungen ist änderte sich kaum.

**Abbildung 20: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Geothermie im Zeitverlauf, 2017–2019**



Quelle: Prognos AG

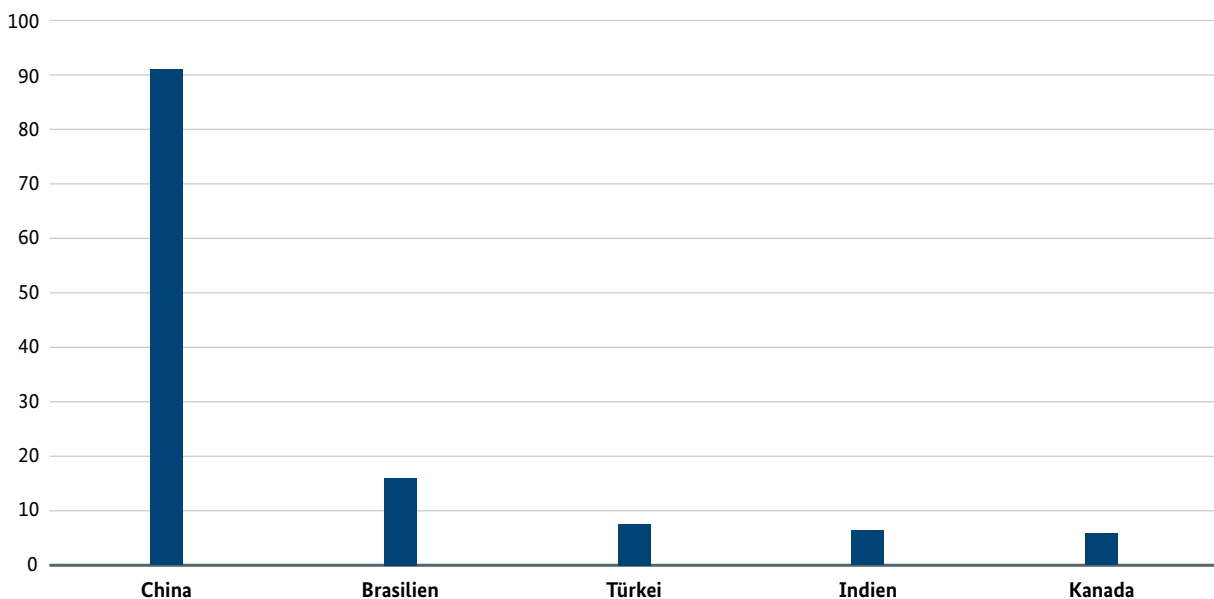
## 1.5 Wasserkraft

Weltweit hat die Wasserkraft mit ungefähr 62 Prozent den größten Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung, die weltweite installierte Kapazität an Wasserkraft betrug 1.132 GW im Jahr 2018 (IEA et al 2019). Im Vergleich zu den vorherigen Jahren wurde 2018 mit circa 20 GW etwas weniger zugebaut (Zubau von 25 GW in 2017 und von 36 GW in 2016) (IEA 2018b). Die installierte Pumpspeicherkapazität stieg im Jahr 2018 um circa ein Prozent um 1.9 GW an, womit sich eine Gesamtpumpspeicherkapazität weltweit von 160 GW ergibt. Die weltweite Stromproduktion durch Wasserkraft liegt bei 4.210 TWh (REN 21 2019).

Abbildung 21 zeigt die Veränderung der installierten Kapazität von Wasserkraft von 2012–2017. Wie in den letzten Jahren steht China wieder an erster Stelle mit circa 90 GW neuer installierter Kapazität. Gefolgt von Brasilien mit circa 15 GW Zubau. Damit liegt Brasilien sowohl in der gesamten installierten Kapazität als auch in der Stromproduktion durch Wasserkraft auf Platz zwei. Beide Länder zusammen stehen für mehr als 50 Prozent der neu installierten Kapazitäten an Wasserkraft weltweit. Die Türkei, Indien und Kanada folgen dahinter mit einem Zuwachs von 5-10 GW in den Jahren 2012-2017 und bleiben weiterhin ein interessanter Markt für Wasserkrafttechnologie.

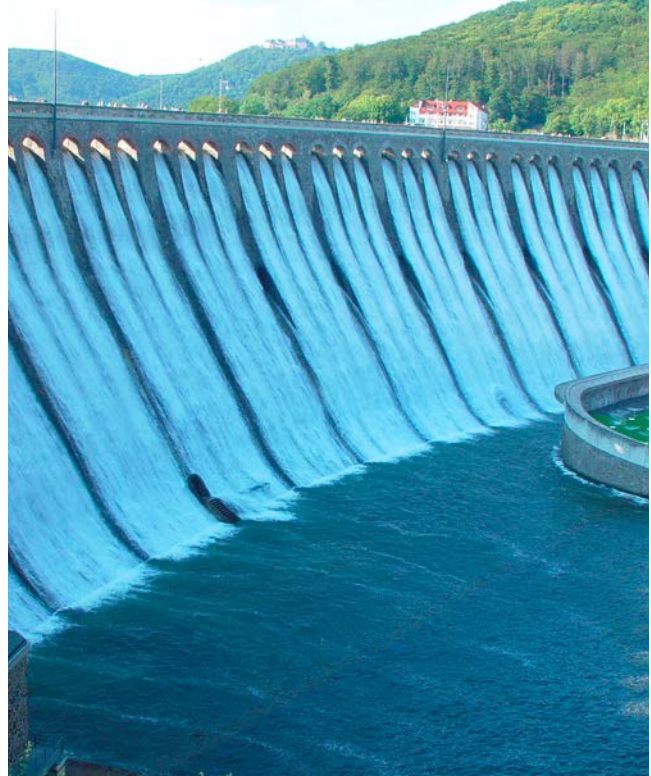
Insgesamt hat sich der Zubau an neu installierter Wasserkraft in den Jahren von 2012–2017 verlangsamt. Dies liegt vor allem daran, dass in zuvor stark wachsenden Ländern wie Brasilien und China sich der Zubau von Wasserkraftwerken verringert hat. Wasserkraftwerke mit Staumauern verursachen die größten sozialen und ökologischen Eingriffe und sind, trotz Vorteilen beim Hochwasserschutzes und Möglichkeiten zur Bewässerung, daher oft politisch umstritten. Darüber hinaus können durch Wasserrückhaltebecken Treibhausgase entstehen und durch die Veränderung des Flusslaufs Umsiedlungen nötig werden. Chinas jährlicher Zubau hat über die letzten Jahre seit dem Hoch im Jahr 2014 stetig abgenommen. Im Jahr 2017 kamen 17 GW neuer Kapazität hinzu. Die Wasserkraftkapazität in China lag im Jahr 2017 bei 344 GW. Angestrebt sind im 5-Jahresplan eine installierte Kapazität von 391 GW im Jahr 2023. Dafür befindet sich zurzeit das weltweit zweitgrößte Wasserkraftwerk, die Baihetan-Talsperre, am Jinsha Jiang im Südwesten Chinas im Bau. Geplant sind in China 16 GW neu installierter Kapazität ab dem Jahr 2023. Auch in Indien ist eine positive Entwicklung im Ausbau der Wasserkraft zu verzeichnen. Bis 2023 sind 9 GW neu installierter Kapazität geplant. Dabei kommt der größte Anteil vor allem durch den Bau großer Wasserkraftwerke, aber auch durch den vermehrten Zubau von kleinen Wasserkraftwerken (IEA 2018a).

**Abbildung 21: Veränderung der installierten Kapazität von Wasserkraft 2012–2017 in GW**

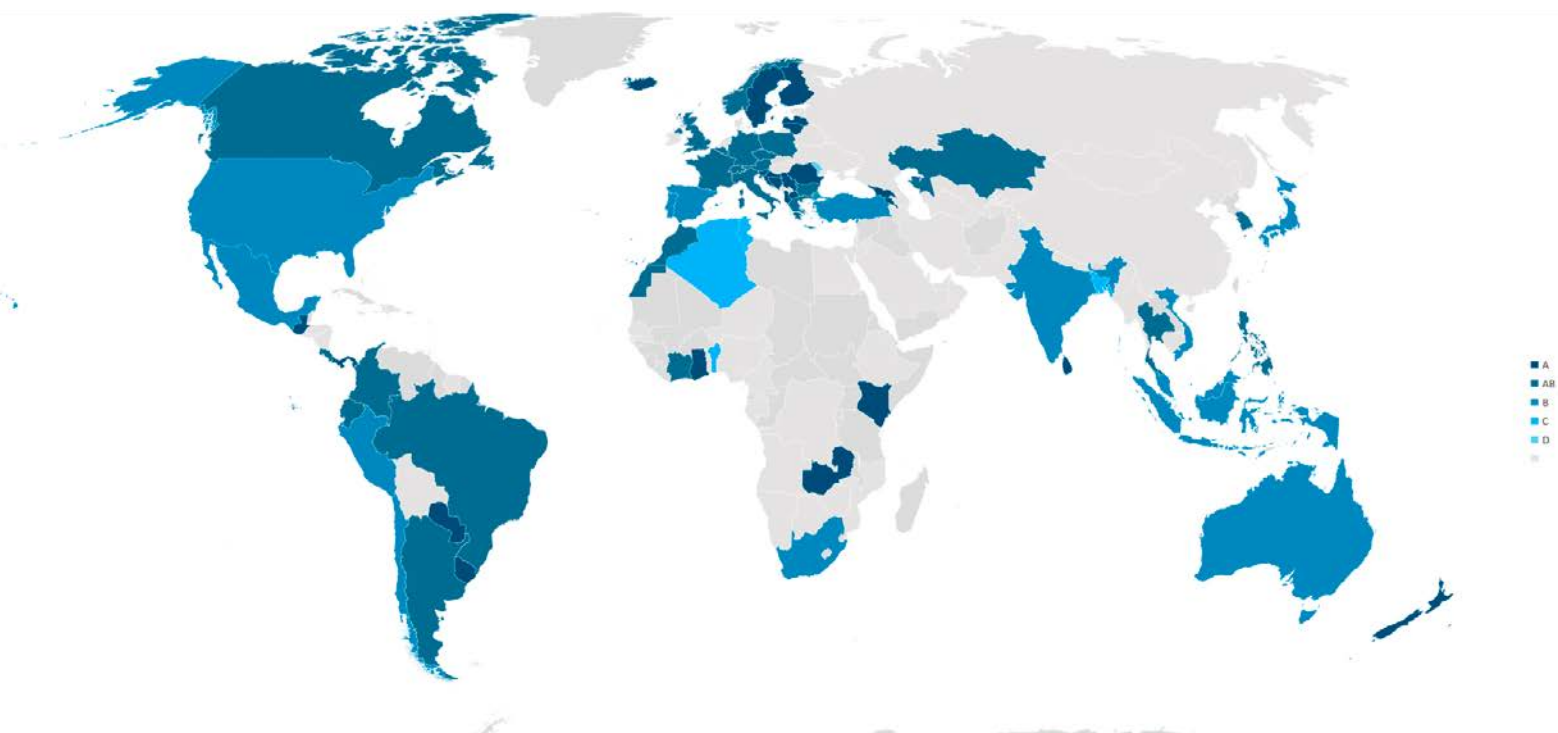


Ein wichtiger Unterschied bei Wasserkraftwerken besteht darin, ob sie mit Staumauer (Speicherwasserkraft) oder ohne Staumauer (Laufwasserkraft) errichtet werden. Erstere bieten die Möglichkeit, Strom flexibel zu erzeugen (solange die Speicherseen genügend gefüllt sind), zweitere liefern eine variable Stromerzeugung bei einem etwas geringeren Eingriff in den Flusslauf. Je nach installierter Leistung werden „mini“ (100 kW–1 MW), kleine (1–10 MW) und große Wasserkraftwerke (> 10 MW) unterschieden (IRENA 2015). In dieser Studie wird aufgrund der schlechten Datenverfügbarkeit keine Unterteilung in große und kleine Wasserkraft vorgenommen. Daneben gibt es Pumpspeicherkraftwerke, die neben einer Staumauer zusätzlich über strombetriebene Pumpen verfügen, über die das Wasserreservoir aufgefüllt werden kann. Diese Anlagen sind eher Speicher als Energieerzeugungsanlagen.

Im Jahr 2018 haben sich zwei Trends für Wasserkraft ergeben. Durch den stetig steigenden Zubau von Solar- und Windenergie weltweit können Wasserkraftwerke und besonders Pumpspeicherkraftwerke zur effizienten Systemintegration der variablen erneuerbaren Energien dienen. Ziel ist dabei oft eine höhere Flexibilität der Wasserkraft-



**Abbildung 22: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2019**



**Tabelle 10: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2018**

Marktkategorien	Anzahl Länder
A-Länder	24
AB-Länder	25
B-Länder	14
C-Länder	4
D-Länder	1
Länder mit Daten	117
Erfassungsquote	58 %

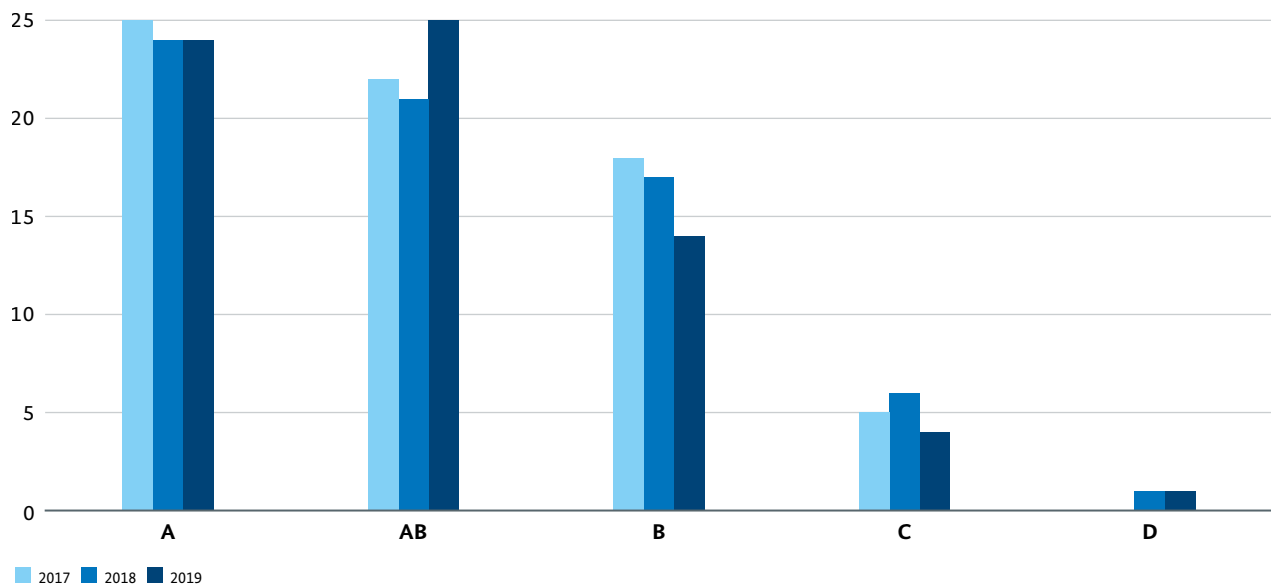
Quelle: Prognos AG

werke zu erreichen. Der zweite Trend besteht darin, dass neben der Berücksichtigung von Gewässerschutz-Richtlinien beim Bau neuer Wasserkraftwerke viele bestehende Wasserkraftwerke modernisiert und digitalisiert werden müssen. Über die Hälfte der existierenden Wasserkraft-

werke weltweit wurden schon repariert oder stehen Überarbeitungen und Modernisierungen bevor (REN21 2019).

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Marktanalyse für Wasserkraft 2019 im Überblick dargestellt. An dem hohen Anteil von A- und AB-Ländern zeigt sich ebenfalls, dass diese Technologie in vielen Ländern bereits ausgereift ist. Besonders in Europa und Nordamerika sind die Potenziale zu großen Teilen erschlossen. Wachstumsmärkte finden sich vor allem in Asien, Südamerika sowie in Afrika. Die steigende Nachfrage nach Energie in diesen Regionen kann durch ungenutztes Potential von Wasserkraft gedeckt werden (IEA 2018a). Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse der Marktanalyse für Wasserkraft in Kartendarstellung.

Abbildung 23 gibt die Ergebnisse der Marktanalyse im Zeitverlauf wieder. Die Zahl der insgesamt erfassten Länder sank geringfügig um zwei und die Struktur der Marktkategorien veränderte sich im Untersuchungszeitraum kaum.

**Abbildung 23: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Wasserkraft im Zeitverlauf, 2017–2019**

Quelle: Prognos AG



## 2. Anwendungsfeld Energieeffizienz

Die gesamten Investitionen in Energieeffizienz lagen laut im Jahr 2018 bei knapp 240 Milliarden US Dollar (IEA 2019b). Damit liegen sie auf einem ähnlichen Niveau wie im vorherigen Jahr. Mit knapp 60 Prozent haben Investitionen in Gebäudeeffizienz den größten Anteil, gefolgt von Investitionen in effiziente Transportmöglichkeiten (knapp 25 Prozent) und Industrieeffizienz. Die Ergebnisse der weltweiten Marktpotentiale für Gebäude- und Industrieeffizienz, also für das zweite Anwendungsfeld Energieeffizienz, werden in diesem Kapitel detailliert dargestellt.

Die weltweite Energieintensität, gemessen in Energieeinsatz pro Wertschöpfung, lag im Jahr 2017 bei 110 toe/1000 US Dollar und ist mit 1.7 Prozent langsamer gesunken als in den vorhergegangenen Jahren (IEA 2018c). Die Bedeutung von Energieeffizienz zur Erreichung der Pariser Klimaziele, zur Verringerung von Luftschadstoffen und zur kostengünstigen Bereitstellung von ausreichenden Energiedienstleistungen ist sehr hoch. Weitere Vorteile des Einsatzes von Energieeffizienz liegen in der Verringerung von fossilen Energieträgern und damit einer Erhöhung der Energiesicherheit und Kostenersparnissen bei Energieimporten und Infrastrukturmaßnahmen. Dabei sind kosteneffiziente Effizienzpotentiale noch lange nicht ausreichend ausgeschöpft. Das wird zum Beispiel auch in dem „Efficient World Scenario“ (EWS) der IEA deutlich (IEA 2018c). Nach diesem Szenario könnten jährliche durchschnittliche Investitionen bei knapp 550 Milliarden US Dollar liegen, also mehr als doppelt so hoch wie aktuell (IEA 2018c).

Zur Erschließung dieser Potentiale sind weitere begleitende Politikmaßnahmen und strikte Effizienzstandards nötig. Daneben liegt oft eine Schwierigkeit in der Finanzierung, die weiter vereinfacht werden müsste. Ansätze gibt es mit der Beteiligung von „grünen Banken“, ein Beispiel dafür ist die australische „Clean Energy Finance Corporation“. Auch steigt die Bedeutung von Energiedienstleistungsunternehmen, die erfolgreich Investitionen in Energieeffizienz als Geschäftsmodell tätigen. Zusätzliche Informationen und ausreichend ausgebildetes Fachpersonal sind darüber hinaus nötig.

Energieeffizienz sollte aber nicht isoliert betrachtet werden. Eine Stärke, auch für neue Marktchancen, ergibt sich aus dem gemeinsamen Einsatz von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien (IRENA 2017). Daneben muss der Reboundeffekt von Effizienzmaßnahmen eingefangen werden, um eine wirkliche Reduktion des Energieverbrauchs und damit die Einhaltung der Pariser Klimaziele zu sichern.

### 2.1 Gebäudeeffizienz

Die Energienachfrage im Gebäudebereich lag mit 120 EJ im Jahr 2017 auf demselben Niveau wie im vorherigen Jahr. (IEA 2018c). Seit 2000 ist der Energieverbrauch im Gebäudebereich um 20 Prozent gestiegen. Dabei besteht ein sehr starker Zusammenhang zwischen der durchschnittlich zunehmenden Wohnfläche und dem Energieverbrauch,

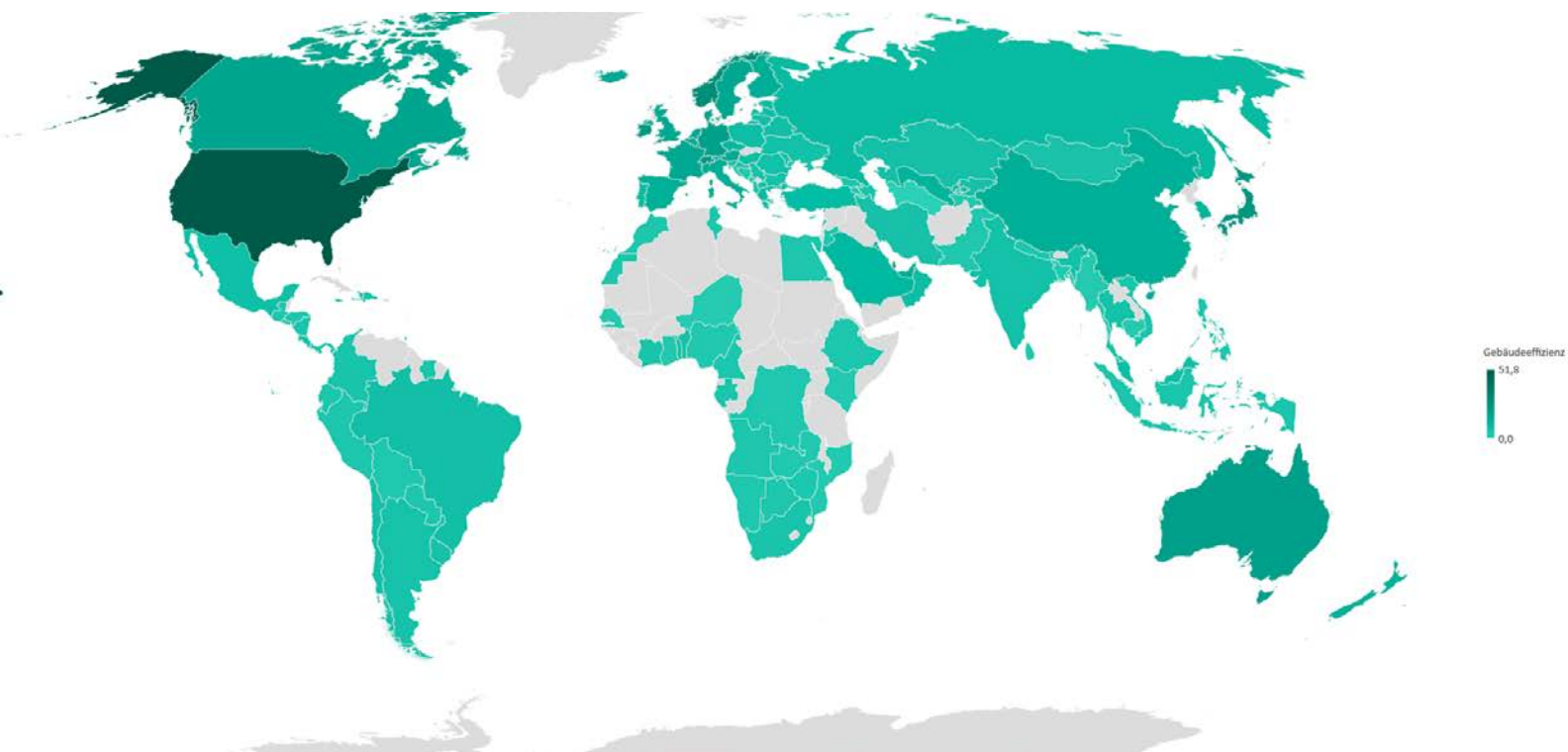


beide in erster Linie getrieben durch eine positive wirtschaftliche Entwicklung und eine wachsende Bevölkerung, insbesondere in Schwellenländern wie Brasilien, China, Indien, Indonesien und Malaysia. Ohne Effizienzmaßnahmen wäre der Anstieg des Energiebedarfs noch deutlich höher ausgefallen, nach Schätzungen der IEA um zusätzliche 12 Prozent (IEA 2018c).

Weiterhin wird der größte Anteil der Energie zu Heizzwecken, Kälteerzeugung und zur Warmwasserbereitung genutzt. Daneben wird Energie -größtenteils Strom- zum Kochen, für weitere Anwendungen wie Elektrogeräte und zur Beleuchtung gebraucht. In Folge des Klimawandels sowie einer Zunahme von klimatisierten Gebäuden wird der Anteil von Energie, der zur Kühlung genutzt wird, steigen (IEA 2018c). In diesem Bereich ist es daher besonders bedeutend effiziente Technologien einzusetzen. Zunehmend werden daher Standards für Kühltechnologien gesetzt und von weiteren Politikmaßnahmen begleitet. Technische Lösungen umfassen neben passivem Kühlen und intelligenter Verschattung Klimaanlage und Ventilatoren mit besseren Effizienzstandards. Für diese Technologien bieten sich, insbesondere in Ländern wie China, Indien und Südostasien, gute Marktchancen.

In nördlichen Ländern wie Norwegen, der Schweiz oder Kanada, für die sich bei der diesjährigen Analyse wiederum sehr hohe Punkte ergeben, bestehen dagegen weiterhin gute Marktchancen im Bereich der Gebäudedämmung und effizienter Beheizung. Diese Länder, die aufgrund vieler Heizgradtage einen hohen Energieverbrauch fürs Heizen aufweisen, haben gleichzeitig bereits starke Effizienzstandards, die weiter verstärkt werden. So hat zum Beispiel der Energieverbrauch in Gebäuden in der EU mit 40 Prozent einen im Vergleich mit anderen Regionen großen Anteil am Gesamtenergieverbrauch (IEA 2018b). 80 Prozent dieses Verbrauchs entfällt auf Heizzwecke. Daher trat im Jahr 2018 die überarbeitete Europäische Gebäuderichtlinie (EPBD 2018) in Kraft. Das Ziel der Richtlinie ist, einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand im Jahr 2050 zu erreichen. Dazu sollen Neugebäude ab 2021 einen „fast-Null-Standard“ („nearly zero-energy buildings“ (NZEB)) erreichen, Renovierungszyklen beschleunigt werden, Gebäude intelligent gesteuert und vernetzt und Heizsysteme aus erneuerbaren Energien oder erneuerbarer Fernwärme genutzt werden (EU 2018).

Abbildung 24: Ergebnisse Marktanalyse Gebäudeeffizienz 2019



In diesem Zusammenhang gewinnen „Smart Buildings“, intelligent vernetzte und gesteuerte Gebäude sowohl in Europa also auch in vielen anderen Regionen weiter an Bedeutung. Die Nutzung von Informationstechnologie kann dabei helfen, Heiz- und Kühlbedarf auf Anwender anzupassen und zu minimieren. Auch elektrische Anwendungen können automatisch eingestellt oder ferngesteuert werden und so zum Beispiel auf das Angebot erneuerbaren Energien wie Wind oder Solarstrom angepasst (Demand-Side-Management) oder effizienter betrieben werden. Einige der Effizienzgewinne in diesem Bereich werden jedoch durch die zusätzlichen Stromverbraucher oder über Reboundeffekte wieder verringert (IEA 2018c).

Insgesamt wird der Markt für Gebäudeeffizienz stark von Regelungen und Effizienzstandards bestimmt. Diese gewinnen weiter an Bedeutung. Ein Beispiel ist der „Energy Conservation Building Code“ aus dem Jahr 2018 in Indien (IEA 2018c). Auch der Markt für Energiedienstleistungen wächst stetig. Obwohl sich die Dynamik der Energieeffizienz im Gebäudebereich leicht verringert hat, bieten sich in vielen Regionen gute Marktchancen. Auf den vordersten Plätzen sind wie in den letzten beiden Jahren die USA und Teilrepubliken der ehemaligen Sowjetunion. Die Ergebnisse der diesjährigen Marktanalyse sind in der Abbildung 24 dargestellt, die Details finden sich in tabellarischer Form im Anhang.

## 2.2 Industrieeffizienz

Der Energieverbrauch der Industrie stieg mit 2 Prozent im Jahr 2017 leicht an. Die Energieintensität der Industrie, als Indikator für Energieeffizienz, hier gemessen als Endenergieverbrauch pro Bruttowertschöpfung, lag im selben Jahr weltweit durchschnittlich bei 0,13 toe/ 1000 Value Added (Bruttowertschöpfung) (IEA 2018b). Damit nahm die Energieintensität die letzten 20 Jahre kontinuierlich ab, um durchschnittlich 2,7 Prozent zwischen 2012 und 2017 (REN 21 2019). Ähnlich wie im Gebäudebereich hat sich die Verringerung der Energieintensität die letzten Jahre aber verlangsamt. Besonders schnell, mit durchschnittlich etwas über 4 Prozent sank die Energieintensität in Asien, in Afrika gab es als einzige Region eine leichte Zunahme um plus 0,2 Prozent im Mittel (REN 21 2019). Die übrigen Regionen lagen zwischen diesen Werten. Die Wichtigkeit von Industrieeffizienz zeigt der Anteil der Industrie am weltweiten Endenergieverbrauch. Dieser lag 2017 bei knapp 30 Prozent und nahm über die letzten Jahre kontinuierlich zu. Dies wurde in erster Linie durch den steigenden Verbrauch im Industrie-

sektor in Asien getrieben, insbesondere durch den steigenden Energieverbrauch in Indien, gefolgt von China (REN 21 2019). In Europa und Süd- und Nordamerika ist dieser Anteil dagegen rückläufig.

Den absolut höchsten Anteil am Energieverbrauch im Industriebereich haben nach wie vor China und Nordamerika, die damit weiterhin interessante Märkte darstellen. China, Indien und Japan sind daneben die Länder mit dem höchsten Anteil an verpflichtenden Energieeffizienzprogrammen und -zielen (IEA 2018c). Insbesondere in China wurde die Umsetzung verpflichtender Politiken stark vorangetrieben. Das zeigen auch die Zahlen zum Investment in Industrieeffizienz im Jahr 2018. Das weltweite Investment in Industrieeffizienz lag etwas unter 40 Milliarden US Dollar, wobei der größte Anteil mit 37 Prozent auf China entfällt. Der Anteil der USA sank dabei weiter und lag im Jahr 2018 nur noch bei etwas weniger als einem Zehntel. Investitionen in Indien, wie im gesamten Asien Pazifik Raum, nahmen dagegen zu (IEA 2019b). Die gesamten Investitionen in Industrieeffizienz sind seit 2015 recht stabil, auch wenn es im Jahr 2017 einen leichten Rückgang gab, der in 2018 wieder ausgeglichen wurde (IEA 2019b).

Die Investitionen werden hauptsächlich von den Unternehmen selbst getätigt. Entscheidend ist dabei der sogenannte „Return on Investment“ (ROI), die Rendite des eingesetzten Kapitals. Dies kann auch über die Zeit, nach der sich eine Investition in Effizienz refinanziert, ausgedrückt werden. Ja nach Branche ist die Voraussetzung für die Investition in eine Maßnahme, dass sich die Investitionen nach drei bis spätestens fünf Jahren refinanziert, da diese in Konkurrenz mit anderen Firmeninvestitionen stehen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Höhe der Energiepreise und die Erwartung über deren zukünftige Höhe, da sich die Investitionen bei hohen Preisen sich deutlich schneller refinanzieren. Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises in Regionen und Branchen, die aktuell keine CO<sub>2</sub>-Bepreisung haben, kann daher zusätzliche Investitionen in Effizienz anregen. Daneben spielen konkrete Politiken ebenfalls eine wichtige Rolle, wenn auch etwas weniger als im Gebäudebereich.

Historisch wurden die größten Effizienzgewinne in den Sektoren Zement und Papiers erreicht, perspektivisch sieht das „Efficient World Scenario“ der IEA in den Bereichen Eisen und Stahl, Papier und Aluminium weiter hohe Potenziale für Energieeffizienz (IEA 2018c). Für die Gesamtenergieintensität in der Industrie sind neben der Effizienzentwicklung in einzelnen Branchen die jeweiligen Anteile von energieintensiven und nicht energieintensiven Branchen

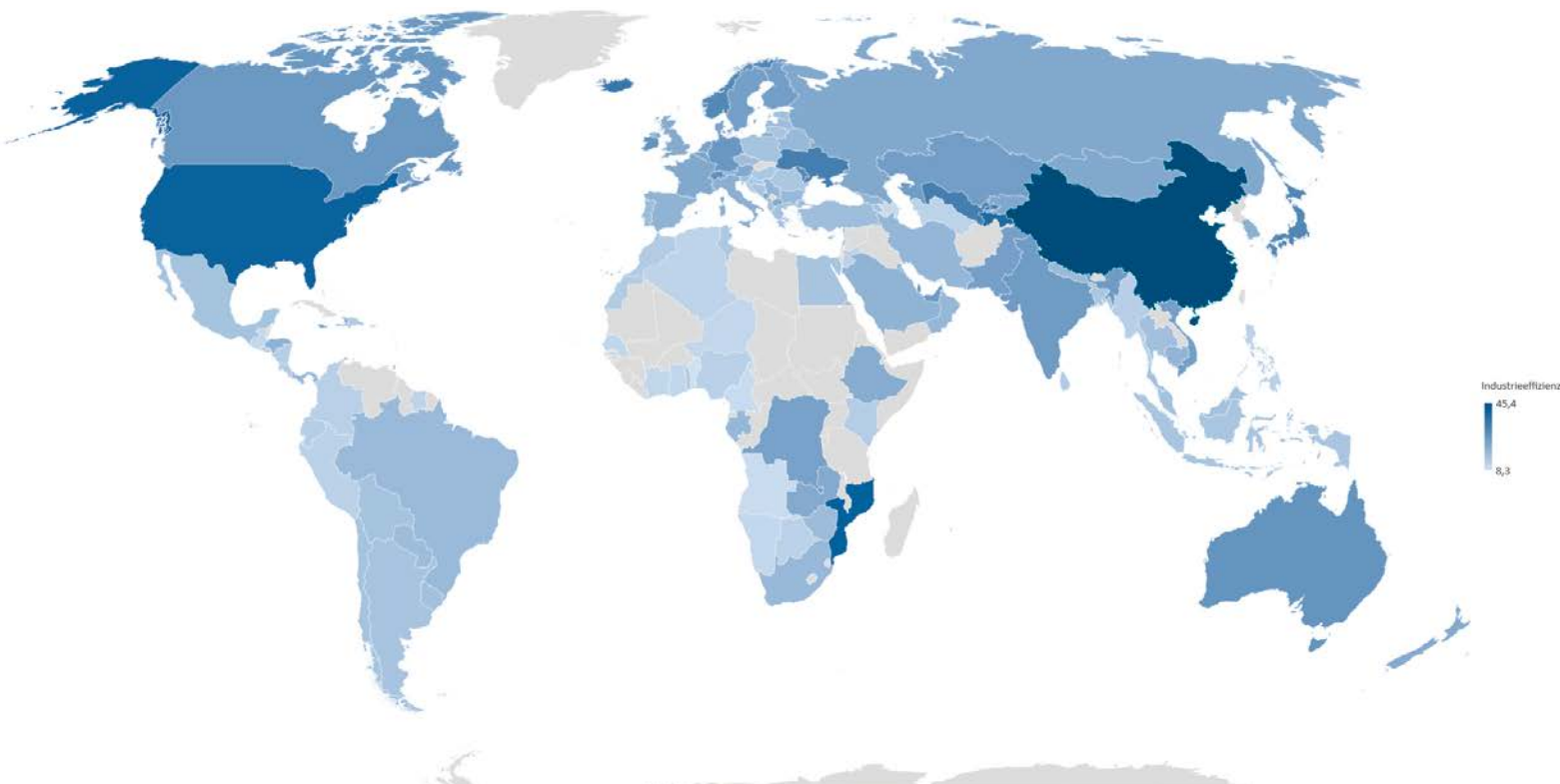
ausschlaggebend. So führen strukturelle Effekte ebenfalls zu einer Veränderung der Energieintensität der gesamten Wirtschaft. Dies ist seit längerer Zeit in Industrien in Europa und Nordamerika zu beobachten und seit einigen Jahren ebenfalls im asiatischen Raum, zum Beispiel in China.

Als Querschnittstechnologie, die in vielen Branchen eingesetzt werden, sind effiziente Motoren weiter sehr relevant, um die Energieeffizienz der Industrie zu steigern. 2017 hatten Motoren bereits einen Anteil von 27 Prozent am weltweiten Energieverbrauch der Industrie (IEA 2018c). Auch effiziente Erzeugungstechnologien wie Wärmepumpen spielen zukünftig eine bedeutende Rolle. Daneben können sich Effizienzverbesserungen in der Produktion durch den Einsatz von Recyclingprodukten, die in der Herstellung deutlich weniger Energie als Primärstoffe benötigen, ergeben. Dies spart neben Energie- auch Ressourcen ein, im Sinne einer „Circular-Economy“, einer Kreislaufwirtschaft. Zertifizierungen für Energiemanagementprogramme wie zum Beispiel die ISO 50001 und ihre Weiterentwicklung ISO 50003, sind daneben ein weiteres Mittel um Effizienzsteigerungen zu erreichen. Auch eher weiche Maßnahmen,

wie die Schulung von Angestellten zu mehr Aufmerksamkeit auf potenzielle Energieverschwendung und Energieeffizienznetzwerke in der Industrie, sind Werkzeuge, um Effizienzgewinne zu erzielen. Helfen können dabei verbesserte Messstellen und die Digitalisierung der Produktion um Maschinen effizienter zu betreiben.

Um alle Effizienzpotentiale in der Industrie zu heben, sind jedoch deutlich mehr Politikmaßnahmen, nicht nur freiwillige Verpflichtungen, notwendig (IEA 2018c). Ähnlich wie in den letzten beiden Jahren, ergeben sich in der diesjährigen Marktanalyse hohe Punktezahlen und damit vordere Plätze für China und die USA. Es zeigt sich aber im Vergleich zu den Jahren zuvor niedrigeren Punkten, dass die Dynamik in den USA deutlich abgenommen hat. Außerdem ergeben sich hohe Punkte und damit interessante Märkte für Länder aus Regionen mit schnellem Wachstum in Asien, Afrika und im Mittleren Osten sowie für Länder der ehemaligen Sowjetrepubliken mit einer hohen Energieintensität. Die Ergebnisse sind graphisch in der Abbildung 25 dargestellt, Länder mit hohen Punktezahlen in dunkelblau eingefärbt.

**Abbildung 25: Ergebnisse Marktanalyse Industrieeffizienz 2019**





### 3. Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze

Im Jahr 2017 gewannen weltweit 122 Millionen Menschen neu Zugang zu Elektrizität. Damit sank zwar die Zahl der Menschen, die keinen Zugang zu Elektrizität haben auf unter eine Milliarde (REN 21 2019, IRENA 2019 a). Diese Zahl, circa 13 Prozent der weltweiten Bevölkerung, ist aber immer noch sehr hoch. Da in erster Linie Menschen in ländlichen Gebieten betroffen sind, sind dezentrale Lösungen mit erneuerbaren Energien gut geeignet, um mehr Menschen einen sicheren Zugang zu Energie zu ermöglichen. Dieses Ziel ist ebenfalls Bestandteil der Sustainable Development Goals (kurz SDG): Ziel Nummer sieben adressiert den sicheren, bezahlbaren und sauberen Zugang zu Energie für alle (BMZ 2019).

Im Vergleich zu den Untersuchungen der Vorjahre zeigt sich ebenfalls, dass die Anzahl der Länder, die in dieser Studie als „On-Grid“-Länder bezeichnet werden, gestiegen ist, die Anzahl der hier sogenannten „Off-Grid“-Länder damit abgenommen hat. 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. In der Abbildung 26 ist die Unterteilung der untersuchten Länder grafisch dargestellt. In Mittelamerika und Südostasien (z.B. Indonesien) gab es deutliche Steigerungen der Elektrifizierungsraten. Ebenso in Indien, hier liegt die Elektrifizierungsrate zwar erst bei 83 Prozent, im Jahr 2010 lag sie jedoch noch bei 74 Prozent.

Während Off-Grid-Länder für dezentrale erneuerbare Energien und Insellösungen interessant sind, insbesondere wenn die alternative Versorgung über Dieselgeneratoren teuer ist, ist ein Hauptthema in On-Grid Ländern die Transformation der Stromversorgung zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien. Der Ausbau volatiler Stromerzeugung aus Wind und PV erfordert meist einen Ausbau der Stromnetze sowie eine weitere Flexibilisierung durch Speicher und Sektorkopplungstechnologien. Die Märkte für Infrastruktur und Netze werden daher für On- und Off-Grid-Länder separat untersucht und im Folgenden beschrieben.

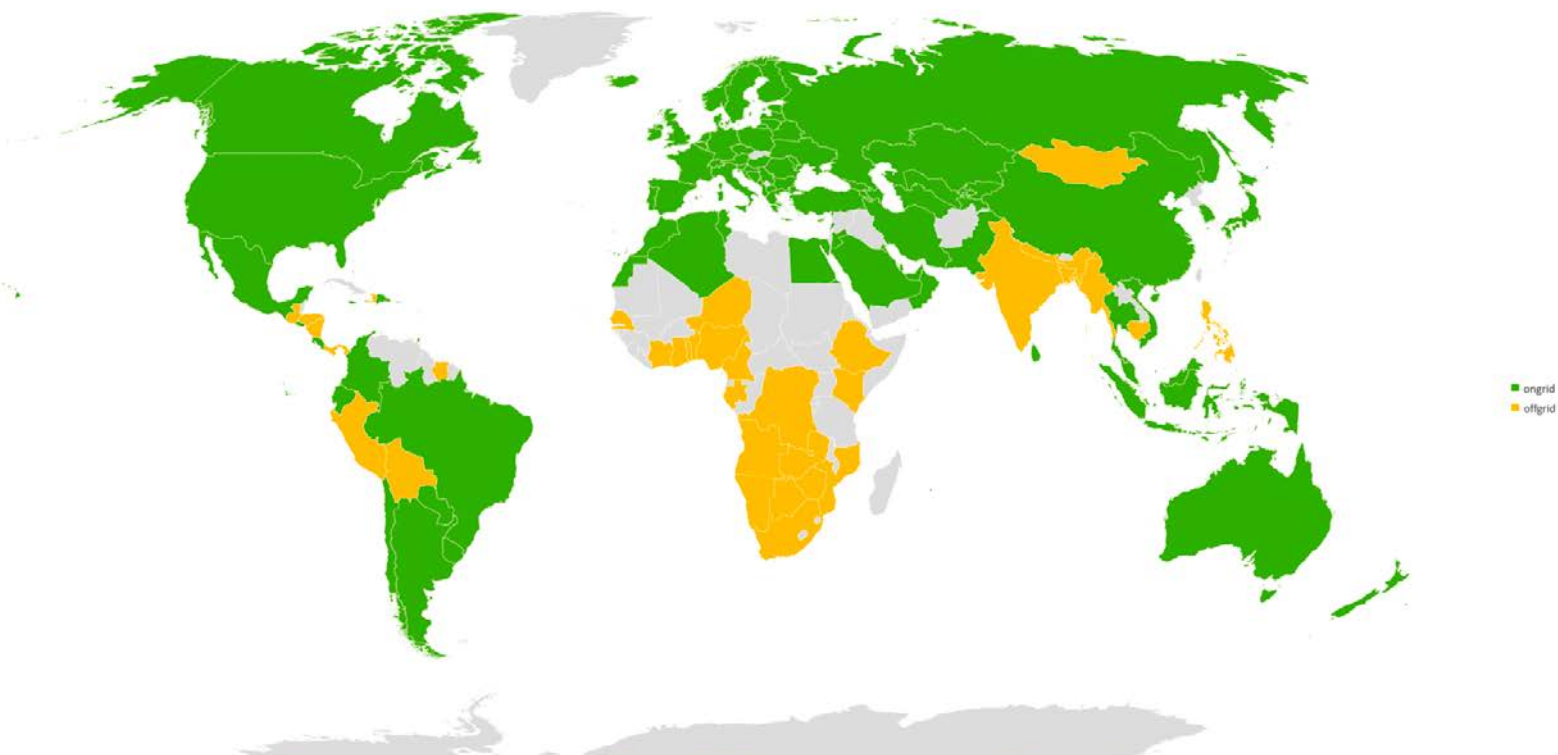
### 3.1 On-Grid-Länder

Ein spezielles Thema in On-Grid-Ländern, das an Bedeutung gewinnt, ist - im Gegensatz zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete mit Off-Grid Lösungen- erneuerbare Stromerzeugung und deren Integration in Städten (REN 21 2019). Ein Grund dafür ist, dass der Anteil der Bevölkerung, der in Städten lebt, kontinuierlich ansteigt, aktuell bereits auf über die Hälfte der weltweiten Bevölkerung. Erzeugung in direkter Nähe des Verbrauchs kann in Teilen den nötigen Netzausbau reduzieren. Dabei hilft intelligente Steuerungstechnik, Erzeugung und Verbrauch, oft neue Verbraucher wie E-Autos, aufeinander abzustimmen. Technik für Smart Cities ist damit weltweit ein wachsender Markt im Anwendungsfeld Infrastruktur REN 21 2019).

Große Bedeutung für dieses Anwendungsfeld haben daneben weiterhin Länder mit einem hohen Anteil volatiler Stromerzeugung. IRENA greift dieses Thema für das diesjährige G20 Treffen in Japan mit einer eigenen Veröffentlichung, "Solutions to integrating high shares of variables" (IRENA 2019b), auf. Darin wird besonders Flexibilität über alle Sek-

toren als Voraussetzung hervorgehoben. Die Flexibilisierung betrifft dabei alle Bereiche, angefangen mit Erzeugung, Verteilung und Übertragung bis hin zu flexiblen Verbrauchern (Demand-Side-Management), Speicherung und zu Sektorkopplungstechnologien. Diese beinhalten Power-to-Heat über Elektroheizer und Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und die chemische Speicherung über PtX in Gasen (Wasserstoff, erneuerbares Methan) und flüssigen Energieträgern (PtL). Zur Beurteilung der Flexibilität in Stromsystemen wurde von IRENA ein Flex Tool entwickelt mit dem Ziel eine deutlich geringere Abregelung erneuerbarer Stromerzeugung zu erreichen. (IRENA). Für einige Länder (Uruguay, Panama, Kolumbien und Thailand) wurden damit bereits Fallbeispiele durchgeführt und potenzielle Maßnahmen getestet. In Uruguay stieg zum Beispiel der Anteil von Wind und PV an der Stromerzeugung in den letzten Jahren sehr stark an, auf deutlich über 30 Prozent in 2018 (REN 21 2019). Ähnlich wie auch in Irland ist dies hauptsächlich auf den Ausbau der Windenergieerzeugung zurückzuführen. Für Uruguay ergeben sich in der diesjährigen Marktanalyse daher mit knapp 40 Punkten eine relativ hohe Punktezahl, das Land ist damit interessant für Infrastruktur- und Netzanwendungen.

Abbildung 26: Aufteilung der untersuchten Länder in On-Grid- und Off-Grid-Länder



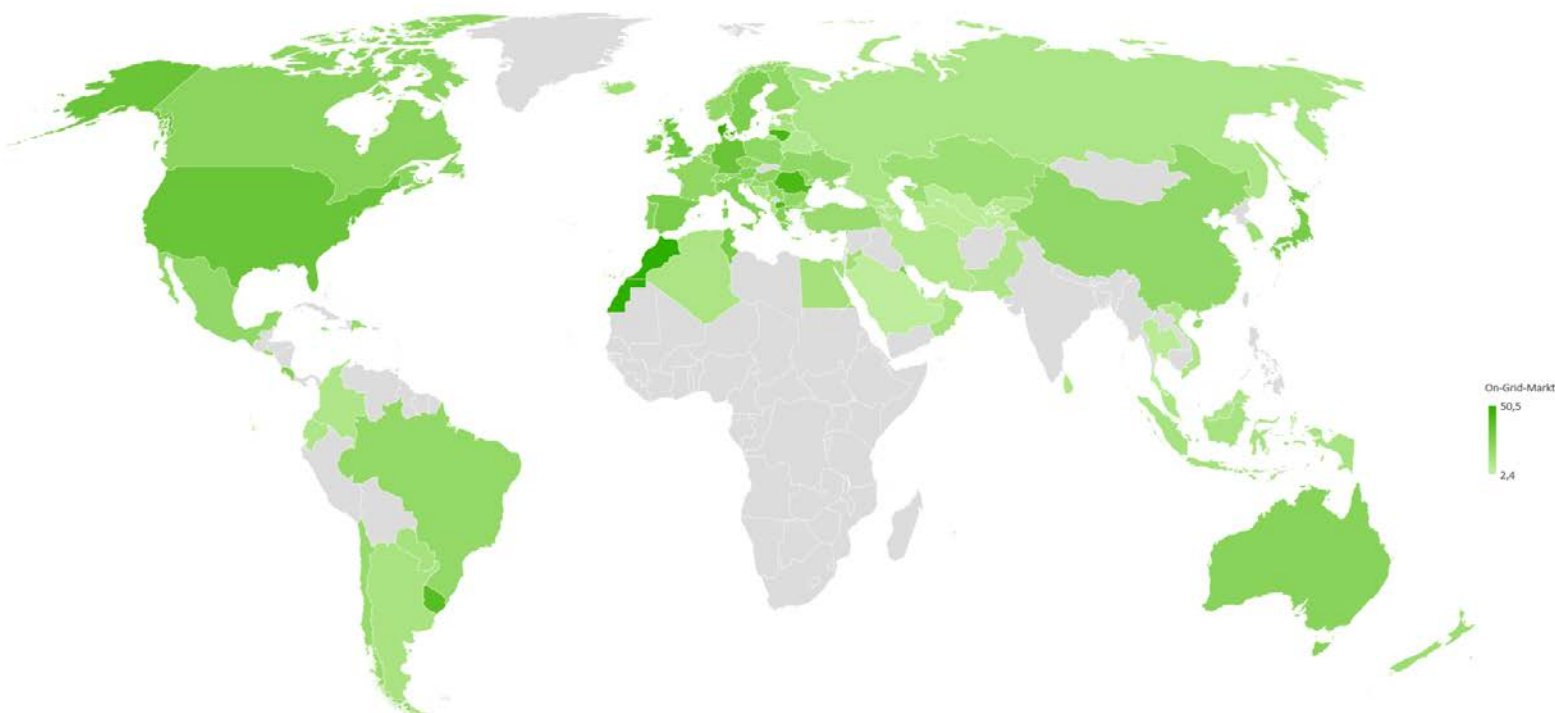
Eine mögliche technische Lösung, um Übertragungs- und Verteilnetze auf schwankende oder auch steigende Strom-einspeisungen vorzubereiten, ist die dynamische Lastübertragung (IRENA 2019b). Insgesamt ist Digitalisierung, nicht nur in Städten, weiterhin ein starker Trend, u. a. für ein verbessertes Monitoring, Bedarfs- und Ertragsprognosen. In Pilotprojekten in Texas und Australien ist es damit bereits möglich Vorhersagen der Einspeisung in 5-Minuten-Intervallen zu treffen (REN 21 2019). Weitere Lösungen liegen im Ausbau von Übertragungsnetzen zum Ausgleich schwankender Erzeugung in unterschiedlichen Regionen oder Ländern.

Auch Speichertechnologien gewinnen weiterhin an Bedeutung. Noch haben Pumpspeicherkraftwerke (s. a. Kapitel zu Wasserkraft) den mit Abstand größten Anteil an der Speicherkapazität und mit 1,9 GW den größten Anteil am Zuwachs (REN 21 2019). Daneben steigt aber auch die Bedeutung von Batterien. Das zeigt sich einerseits in Großbatteriespeicherprojekten im mehrstelligen MW Bereich, die von Versorgungsunternehmen betrieben werden, sowie in der direkten Kopplung von Batterien mit PV oder anderen Erzeugungsanlagen. Beispiele dafür finden sich jeweils zum Beispiel

in Australien, Südkorea und den USA (REN 21 2019). Weitere Speichermöglichkeiten sind Wärmespeicher, die in Kombination mit Power-to-Heat betrieben werden, zum Beispiel in Dänemark, wo saisonale Langzeitwärmespeicher im Einsatz sind. Weltweit ist diese Option aber eine Nischenanwendung. Die langfristige Umwandlung erneuerbare Stromerzeugung über Elektrolyse zu Wasserstoff und in weiteren Verfahrensschritten mit zusätzlichem Kohlenstoff zu Methan und flüssigen Energieträgern wird ebenfalls weiter erforscht. Die so erzeugten Energieträger lassen sich gut speichern, die Verfahren sind aber deutlich ineffizienter als die direkte Speicherung des Stroms und weisen hohe Kosten auf (IEA 2018b, REN 21 2019). Die größten Marktchancen ergeben sich vermutlich für die Wasserstoffherzeugung.

Insgesamt ist für eine erfolgreiche Integration und Anpassung der Stromsysteme das Zusammenspiel von Technologien, Businessmodellen, Regulierung, Marktdesign und Steuerung („System Operation) nötig (IRENA 2019b). Länder, in denen dieses Zusammenspiel gut funktioniert, bieten daher interessante Märkte. Dazu gehört zum Beispiel Dänemark,

**Abbildung 27: Ergebnisse Marktanalyse On-Grid-Länder 2019**



für das sich wie in den Analysen der vorherigen Jahre, sehr hohe Punktezahlen ergeben. Auch Länder mit einem steigenden Strombedarf durch eine wachsende Bevölkerung und/oder wachsende Wirtschaft, wie in Marokko, sind interessante Märkte. Die absolut größten Märkte für Netze und Infrastrukturen waren im Jahr 2018 weiterhin die USA und China (IEA 2019b). In Summe lagen die Investitionen in Stromnetze in den letzten fünf Jahre jeweils bei jährlich circa 300 Milliarden US Dollar, davon flossen zwei Drittel in Verteil- und ein Drittel in Übertragungsnetze. 2018 gingen die Investitionen um ein Prozent leicht zurück. Es ergeben sich neben den bereits genannten Ländern hohe Punktezahlen in den baltischen Staaten. Mittelfristige Potenziale ergeben sich daneben in südamerikanischen Märkten wie Nicaragua, Honduras, Costa Rica und der iberischen Halbinsel. Die Ergebnisse der Marktanalyse sind graphisch in der Abbildung 27 dargestellt. Länder mit hohen Punktezahlen sind dunkelgrün eingefärbt.

### 3.2 Off-Grid-Länder

Im Segment der dezentralen erneuerbaren Energie-Systemen, den sogenannten „Distributed-Renewable-Energy-Systems“ (abgekürzt DREA) herrscht weiterhin ein starkes Wachstum. Im Jahr 2018 wurden fast 24 Millionen dieser Systeme verkauft. Insgesamt haben bereits 150 Millionen Menschen über dezentrale Lösungen Zugang zu Elektrizität erhalten können, 5 Prozent der afrikanischen und 2 Prozent der asiatischen Bevölkerung (REN 21 2019). Den höchsten Anteil an dezentralen Lösungen gibt es in Bangladesch. Dabei werden Off-Grid Systeme nicht nur in Gegenden ohne Netzzugang errichtet, sondern sind als günstige und zuverlässige Alternative oder zur Absicherung zum herkömmlichen Netzzugang zunehmend gefragt. In abgelegenen Gebieten bieten dezentrale Lösungen die Möglichkeit, die Abhängigkeit von umweltschädlichen und oft sehr teuren fossilen Brennstoffen zu beenden oder erst einen Zugang zu Elektrizität und den damit verbundenen Vorteilen zu ermöglichen. Zu diesen zählen eine bessere Schulbildung, bessere medizinische Versorgung und eine allgemeine bessere Gesundheit sowie ökonomische Chancen (REN 21 2019). Insgesamt wurden im Jahr 2018 weltweit 500 Millionen US Dollar in Firmen aus dem Bereich Off-Grid, davon in viele Start-ups, investiert.

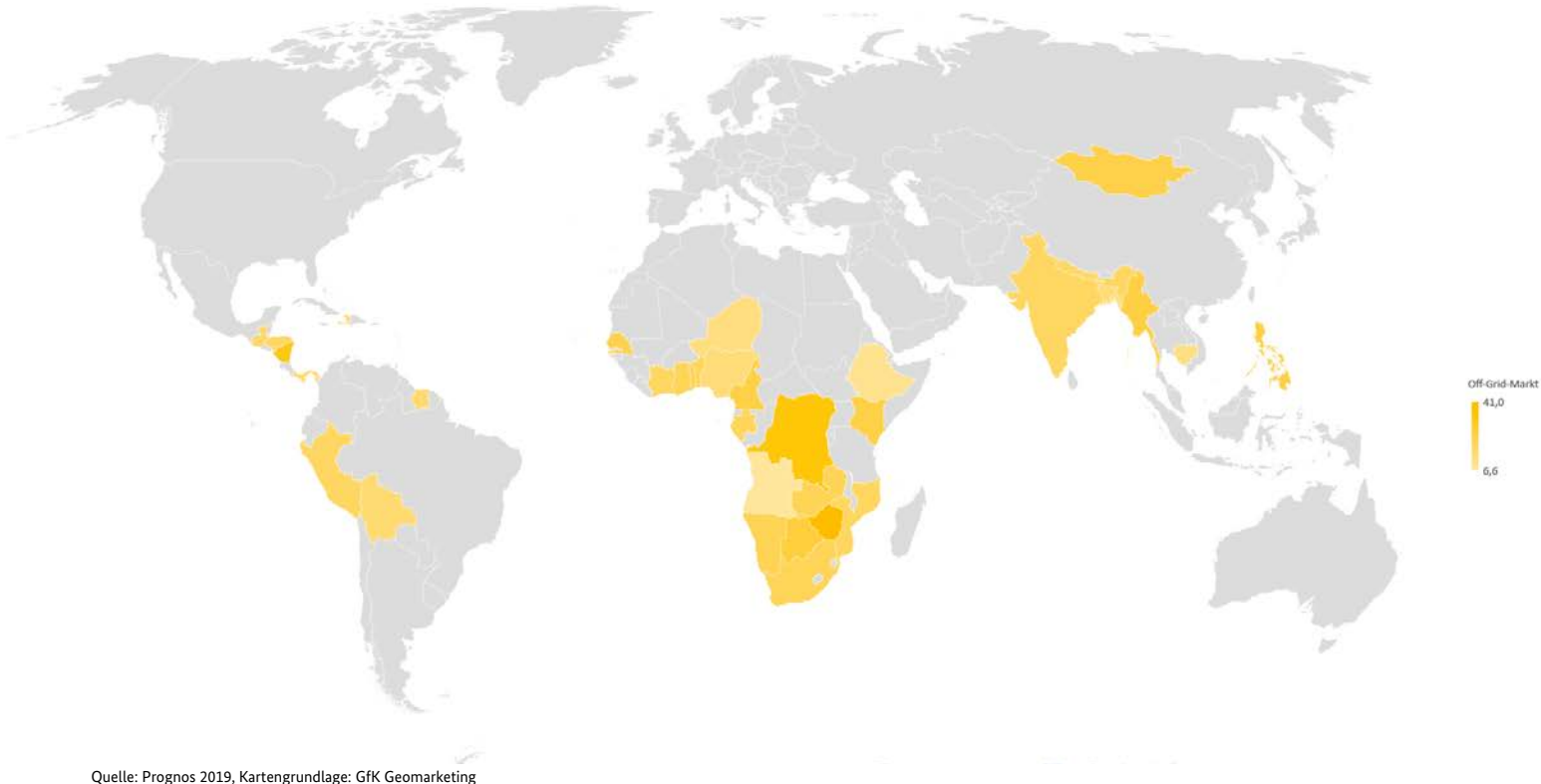
Solare Systeme haben mit über 95 Prozent der verkauften Off-Grid-Systeme den allergrößten Anteil. Davon sind wiederum der allergrößte Anteil ganz kleine (Pico) Systeme, die bis zu 10 Watt und bis zu 12 Volt erzeugen und zum

alleinigen Betrieb von Lampen oder zum Laden von Mobilfunkgeräten eingesetzt werden. Der Anteil von etwas größeren Solar Home Systems mit über 11 Watt steigt aber stark an, um plus 77 Prozent im Jahr 2018. Solar Home Systems sind Stand-Alone-Lösungen aus PV-Modulen, Batterien und Wechselrichtern, die kleinere elektrische Anwendungen wie Lampen, Ladegeräte, Fernseher oder Kühlschränke betreiben. Der Kauf der Großteil der Anlagen, v.a. der Pico Systeme, wird bar bezahlt. In Ostafrika sind daneben sogenannte Pay-as-you-go- (PAYG) Systeme verbreitet. Insgesamt haben PAYG einen Anteil von etwas über 20 Prozent an der Finanzierung der Anlagen. Bei PAYG wird neben einem Anfangspreis das Basissystem, bestehend aus Solarmodulen, Batterien, Steuerung und Stromanwendungen wie Lampen oder Ladegeräten kontinuierlich in kleinen Beträgen abbezahlt, oft direkt über das Mobiltelefon. Die Module sind dabei fernsteuerbar. Bei technischen Problemen kann eine Reparatur gestellt werden, fällt die Abbezahlung aus, kann die Stromerzeugung bis zur nächsten Zahlung gestoppt werden. Dieses Prinzip ist erfolgreich, da anfangs keine zu hohen Investitionen anfallen und eine möglicherweise nötige Reparatur gewährleistet ist. Inzwischen gibt es in Uganda dazu bereits in Pilotprojekten Kooperationen mit Mastercard Quick Response und PAYG Systemen (PV Tech 2018). Das zeigt, dass solare Off-Grid Systeme über die Experimentierphase hinaus sind. Immer mehr Investoren interessieren sich ebenfalls dafür (GOGLA 2019). Auch im World Energy Outlook sind Off-Grid-Lösungen oft die günstigsten Möglichkeiten zur Elektrifizierung (IEA 2018b) und stellen eine ernsthafte Alternative zum Aufbau eines zentralen Netzes dar.

Daher setzen auch Regierungen verstärkt auf Off-Grid-Lösungen als Strategie zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete und verabschieden zunehmend unterstützende Politiken. So sind zum Beispiel dezentrale Lösungen Teil des kenianischen Plans bis 2022 allen Einwohnern universellen Zugang zu Elektrizität zu ermöglichen. Andere Maßnahmen sehen Ausschreibungen für dezentrale Mini-Grids, die Anpassung von technischen Regelwerken und Ausnahmen bei Zöllen auf entsprechende Off-Grid-Technik vor.

Wie in allen Energie-Anwendungsfeldern ergeben sich auch im dezentralen Bereich Innovationen über Digitalisierung, zum Beispiel in der Abwicklung der Geschäfte über Automatisierung, oder bei der automatischen Messung der Erzeugungsdaten. Ähnlich wie in On-Grid Ländern ist daneben teilweise ein Wechsel vom Verkauf reiner Anlagentechnik zum Verkauf von Energiedienstleistungen zu beobachten (REN 21 2019). Daneben liegt der Fokus nicht nur auf der Bereitstellung von Strom für Haushaltsanwendungen,

Abbildung 28: Ergebnisse Marktanalyse Off-Grid Länder 2019



Quelle: Prognos 2019, Kartengrundlage: GfK Geomarketing

sondern auch für kleine Geschäftsmodelle und Gewerbebetriebe. Off-Grid Systeme können zum Beispiel kleine Geschäfte und Restaurants mit Strom versorgen, den Betrieb von Pumpen zur Wasserversorgung, von Trocknungsanlagen, Mühlen und Maschinen zur Holzbearbeitung ermöglichen. Darauf spezialisierte Unternehmen liefern beim Verkauf der Anlagen mögliche Anwendungen für Gewerbebetriebe, wie zum Beispiel effiziente Kühlschränke, direkt mit (REN 21 2019).

Inselstromnetze (Mini-Grids) wurden bis jetzt eher in Asien errichtet, aktuell sind bereits 2.000 installiert, in Afrika gibt es aber Pläne für den Ausbau, so sind zum Beispiel in 10.000 Mini-Grids in Nigeria geplant. Nicht solar betriebene Off-

Grid-Projekte sind oft Biogas-Projekte, insbesondere in Asien und teilweise in Südamerika. Solare dezentrale Lösungen stellen wie oben beschrieben jedoch weiterhin die mit Abstand größten Märkte dar. Interessante Länder und Märkte ergeben sich in Afrika (zum Beispiel in Zimbabwe, Kongo), aber auch in Teilen Süd- und v.a. Mittelamerikas (Nikaragua) und Asien (Philippinen, Myanmar). Indien ist zwar aufgrund seiner Größe ebenfalls weiterhin ein interessanter Markt für Off-Grid Anwendungen. Aufgrund der bereits erzielten Erfolge bei der Elektrifizierung ergeben sich hier in der diesjährigen Analyse aber deutlich weniger Punkte als im letzten Jahr. Die Ergebnisse für Off-Grid-Märkte sind in der folgenden Abbildung dargestellt, Länder mit hohen Punktezahlen dunkelgelb eingefärbt.



## 4. Literaturverzeichnis

- 4COffshore 2019** 4C Offshore Limited; Offshore Windfarm Subscription – Market Overview Report March 2019; Lowestoft 2019
- Beetz 2018** Becky Beetz; EU Officially Ends MIP for Chinese Solar Imports; PV Magazine 2018; abgerufen am 04.07.2019 unter: <https://www.pv-magazine.com/2018/08/31/eu-ends-mip-against-chinese/>
- BMZ 2019** Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); Die globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung; Ziel 7, Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und zeitgemäßer Energie für alle sichern; 2019, abgerufen am 05.07.2019 unter [http://www.bmz.de/de/themen/2030\\_agenda/17\\_ziele/ziel\\_007\\_energie/index.html](http://www.bmz.de/de/themen/2030_agenda/17_ziele/ziel_007_energie/index.html)
- Bundesverband Geothermie 2019** Bundesverband Geothermie; Lexikon der Geothermie; abgerufen am 08.07.2019 unter <http://www.geothermie.de/wissenswelt/lexikon-der-geothermie/g/geothermiekraftwerk.html>
- Dezem & Chediak 2018** Vanessa Dezem und Mark Chediak; World’ Energy Giants Flock to Latin American Renewables Market; Renewable Energy World 2018; abgerufen am 04.07.2019 unter: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2018/03/world-s-energy-giants-flock-to-latin-american-renewables-market.html>
- Eicker 2012** Prof. Dr. Ursula Eicker; Solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung; aus: Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik, Oldenbourg Industrieverlag GmbH; [https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Publikationen/publikationen/download/2011/Eicker\\_Solarthermische\\_Anlagen\\_Recknagel\\_2011.pdf](https://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Publikationen/publikationen/download/2011/Eicker_Solarthermische_Anlagen_Recknagel_2011.pdf)
- Epp 2019** Baerbel Epp; China: Flat Plate Collector Sales up Despite Shrinking Market; Global Solar Thermal Energy Council 2019; abgerufen am 05.07.2019 unter: <https://www.solarthermalworld.org/content/china-flat-plate-collector-sales-despite-shrinking-market>
- 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>
- GE 2018** General Electric (GE); GE announces Haliade-X, the world’s most powerful offshore wind turbine; Pressemitteilung; Paris 2018; <https://www.genewsroom.com/press-releases/ge-announces-haliade-x-worlds-most-powerful-offshore-wind-turbine-284260>
- Gilpin 2018** Lindsey Gilpin; Aging Wind Farms Are Repowering With Longer Blades, More Efficient Turbines; Inside Climate News; 2019
- GOGLA 2019** Global association for the off-grid solar energy industry (GOGLA); Investing in the off-grid solar sector: What you need to know; Utrecht 2019; [https://www.gogla.org/sites/default/files/resource\\_docs/gogla\\_investment-guide\\_def-web\\_opt.pdf](https://www.gogla.org/sites/default/files/resource_docs/gogla_investment-guide_def-web_opt.pdf)
- GWEC 2019a** Global Wind Energy Council (GWEC); Global Wind Report 2018; Brüssel 2019; <https://gwec.net/wp-content/uploads/2019/04/GWEC-Global-Wind-Report-2018.pdf>
- GWEC 2019b** Global Wind Energy Council (GWEC); Global Wind Market Development – Supply Side Data 2018; Brüssel 2019

- IEA 2018a** Internationale Energieagentur; Renewables 2018 – Analysis and Forecasts to 2023; 2018: <https://www.iea.org/renewables2018/data/>
- IEA 2018b** Internationale Energieagentur; World Energy Outlook 2018; Paris 2018: <https://www.iea.org/weo2018/>
- IEA 2018c** Internationale Energieagentur (IEA); Energy Efficiency 2018; Paris 2018; <https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2018>
- IEA 2019a** International Energy Agency (IEA); PVPS 2019 Snapshot of Global PV Markets; Paris 2019
- IEA 2019b** International Energy Agency (IEA); World Energy Investment 2019; <https://webstore.iea.org/world-energy-investment-2019>
- IEA et al 2019** IEA, IRENA, UNSD, WB, WHO (2019), Tracking SDG 7: The Energy Progress Report; Washington DC 2019: [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2019\\_Tracking\\_SDG7\\_Report.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2019_Tracking_SDG7_Report.pdf)
- IPCC 2014** Intergovernmental Panel on climate change (IPCC); Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]; IPCC; Geneva, Switzerland; 151 pp.
- IRENA 2015** Internationale Erneuerbaren Energieagentur; Hydropower: Technology Brief; Abu Dhabi 2015; <http://www.irena.org/publications/2015/Feb/Hydropower>
- IRENA 2017** Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); Synergies between renewable energies and energy efficiency; working paper; Abu Dhabi 2017; [http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA\\_REmap\\_Synergies\\_REEE\\_2017.pdf](http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA_REmap_Synergies_REEE_2017.pdf)
- IRENA 2019a** Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); Geothermal energy, abgerufen am 10.07.2019 unter <https://www.irena.org/geothermal>
- IRENA 2019b** Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); Solutions to integrating high shares of variables, Report to the G20 Energy Transitions Working Group (ETWG); Abu Dhabi 2019; [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA\\_G20\\_grid\\_integration\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_G20_grid_integration_2019.pdf)
- IRENA 2019c** Internationale Erneuerbaren Energieagentur (IRENA); IRENA Flex Tool, abgerufen am 01.07.2019 unter <https://www.irena.org/energytransition/Energy-System-Models-and-Data/IRENA-FlexTool>
- Martin 2018** Chris Martin; China's Solar Bailout Won't Counter Global Glut: Credit Suisse; Bloomberg 2018; Abgerufen ab 04.07.2019 unter: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-11-06/china-s-solar-bailout-won-t-counter-global-glut-credit-suisse>
- MCC 2016** Mercator Research Institute of Global Commons and Climate Change; MCC-Kurzdossier Nr. 2; Berlin 2016: [https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3\\_Publications/Kurzdossiers/Negative\\_Emissionen/Policy\\_Brief\\_NET\\_DE.pdf](https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Kurzdossiers/Negative_Emissionen/Policy_Brief_NET_DE.pdf)

- Mints 2018** Paula Mints; China's Domination of the PV Industry: Veni, Vidi, Vici; Renewable Energy World 2018; Abgerufen am 04.07.2019 unter: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2018/06/chinas-domination-of-the-pv-industry-veni-vidi-vici.html>
- Prognos 2018** Prognos AG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie; Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz – Teilvorhaben IIf. Windenergie auf See; Berlin 2018; [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi\\_de/bericht-eeg-7-wind-auf-see.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-7-wind-auf-see.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- PROMOTioN 2018** EU Horizon 2020; Projekt PROgress on Meshed HVDC Offshore Transmission Networks; <https://www.promotion-offshore.net>
- PV Tech 2018** PV Tech; Mastercard and M-KOPA piloting pay-as-you-go mechanism for African solar, abgerufen am 09.07.2019 unter <https://www.pv-tech.org/news/mastercard-and-m-kopa-piloting-pay-as-you-go-mechanism-for-african-solar>
- REN 21 2019** Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21); Renewables 2019 – Global Status Report; Paris 2019; [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)
- UBA 2019** Umweltbundesamt (UBA); Bioenergie; 2019; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#textpart-1>
- Windbranche 2019** Windbranche.de; Offshore-Wind: Ørsted beteiligt sich auch an Ausschreibung in den Niederlanden; abgerufen am 02.07.2019 unter: <https://www.windbranche.de/news/ticker/offshore-wind-ørsted-beteiligt-sich-auch-an-ausschreibung-in-den-niederlanden-artikel1376>
- WindEurope 2019** Windeurope; Wind Energy in Europe in 2018; 2019; <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf>

## 5. Anhang

**Tabelle 11: Variablenübersicht Anwendungsfeld erneuerbare Energien**

Variable	Beschreibung	Quelle	Zeitraum/Jahr
MW	Installierte Leistung	IRENA – Renewable Energy Statistics	2017
dMW	Veränderung der installierten Leistung	s. o.	2012–2017
%GWh	Anteil der Technologie an der gesamten Strom-/Wärmeerzeugung	IRENA – Renewable Energy Statistics	2016
WGI	World Governance Indicators	Worldbank	2017
Pop	Bevölkerungsstand	United Nations – Population Division	2017

**Tabelle 12: 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	2016
dMJ_VA	Veränderung des Energieverbrauchs je Wertschöpfung	25%	s. o.	2011–2016
VA	Wertschöpfung Industrie / Dienstleistungen	25%	United Nations – National Accounts	2016
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	25%	IEA – World Indicators	2016

**Tabelle 13: 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	2015
d%FlukStrom	Veränderung des Erzeugungsanteils Windkraft & Photovoltaik	20%	s. o.	2011–2015
%Imp	Anteil der Güter der Elektrizitätsverteilung an den Gesamtimporten des Landes	20%	United Nations – Comtrade World Trade Database	2016
d%Imp	Veränderung des Importanteils der Güter der Elektrizitätsverteilung	20%	s. o.	2011–2016
BIP	Bruttoinlandsprodukt real	10%	IEA – World Indicators	2015
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	10%	s. o.	2015

**Tabelle 14: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (Off-Grid-Länder)**

Variable	Beschreibung	Gewicht	Quelle	Zeitraum/Jahr
PopOffGrid	Bevölkerungszahl ohne leitungsgebundene Elektrizitätsversorgung	30%	Worldbank – World Development Indicators	2014
PDiesel	Dieselpreis	30%	<a href="http://www.globalpetrolprices.com">www.globalpetrolprices.com</a>	2018
d%Imp	Veränderung des Importanteils der Güter der Elektrizitätsverteilung	30%	United Nations – Comtrade World Trade Database	2011–2016
BIPpC	Bruttoinlandsprodukt real je Einwohner	10%	IEA – World Indicators 2016	2015

Tabelle 15: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Geothermie	Wasserkraft
ALB	Albanien	–	A	kA	kA	kA	kA	kA	A
DZA	Algerien	–	kA	–	kA	kA	kA	kA	C
AGO	Angola	–	kA	kA	kA	–	kA	kA	–
ARG	Argentinien	–	kA	AB	kA	AB	AB	kA	AB
ARM	Armenien	D	kA	D	kA	kA	kA	kA	A
AUS	Australien	AB	AB	B	kA	AB	A	–	B
AUT	Österreich	AB	A	AB	kA	AB	AB	–	AB
AZE	Aserbaidschan	–	kA	–	kA	–	–	kA	–
BHR	Bahrain	D	kA	D	kA	kA	kA	kA	kA
BGD	Bangladesch	–	kA	C	kA	C	–	kA	C
BLR	Belarus	AB	kA	AB	kA	AB	AB	kA	–
BEL	Belgien	AB	AB	B	A	A	AB	kA	AB
BEN	Benin	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	C
BOL	Bolivien	AB	kA	AB	kA	A	kA	kA	–
BIH	Bosnien-Herzegowina	AB	kA	D	kA	–	D	kA	A
BWA	Botswana	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
BRA	Brasilien	B	AB	AB	kA	AB	B	kA	AB
BRN	Brunei	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
BGR	Bulgarien	A	A	A	kA	AB	B	kA	AB
KHM	Kambodscha	–	kA	C	kA	–	–	kA	–
CMR	Kamerun	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	–
CAN	Kanada	B	AB	B	kA	B	AB	kA	AB
CHL	Chile	AB	AB	B	kA	AB	B	kA	B
CHN	China	–	–	–	–	–	–	–	–
COL	Kolumbien	AB	kA	C	kA	A	–	kA	AB
COG	Kongo	C	kA	kA	kA	kA	kA	kA	–
CRI	Costa Rica	AB	kA	A	kA	–	–	A	AB
CIV	Elfenbeinküste	C	kA	kA	kA	kA	kA	kA	AB
HRV	Kroatien	A	AB	A	kA	–	A	kA	A
CYP	Zypern	A	A	A	kA	kA	A	kA	kA
CZE	Tschechien	A	AB	AB	kA	A	AB	kA	AB
DNK	Dänemark	AB	A	AB	A	A	A	kA	–
DOM	Dominikanische Republik	A	–	AB	kA	AB	–	kA	–
ECU	Ecuador	AB	kA	AB	kA	A	AB	kA	AB
EGY	Ägypten	–	kA	–	kA	–	kA	kA	–
SLV	El Salvador	A	kA	kA	kA	A	A	A	–
EST	Estland	–	kA	A	kA	A	A	kA	–
ETH	Äthiopien	–	kA	–	kA	–	kA	–	–
FIN	Finnland	AB	–	B	A	AB	B	kA	A
FRA	Frankreich	B	AB	B	–	B	B	–	AB



Tabelle 15: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Geothermie	Wasserkraft
GAB	Gabun	-	kA	kA	kA	kA	kA	kA	-
GEO	Georgien	kA	-	AB	kA	kA	kA	kA	A
DEU	Deutschland	AB	B	AB	B	B	AB	AB	AB
GHA	Ghana	AB	kA	kA	kA	-	-	kA	A
GRC	Griechenland	AB	A	AB	kA	-	A	kA	AB
GTM	Guatemala	A	kA	AB	kA	AB	AB	A	A
HTI	Haiti	-	kA	kA	kA	kA	kA	kA	-
HND	Honduras	-	kA	-	kA	-	kA	-	-
HUN	Ungarn	A	AB	A	kA	A	A	-	-
ISL	Island	kA	kA	-	kA	kA	kA	A	A
IND	Indien	B	B	B	kA	B	AB	kA	B
IDN	Indonesien	AB	kA	C	kA	B	AB	B	B
IRN	Iran	-	kA	-	kA	kA	-	kA	-
IRL	Irland	-	AB	AB	-	A	A	kA	-
ISR	Israel	AB	A	AB	kA	-	A	kA	-
ITA	Italien	AB	B	AB	kA	B	AB	A	AB
JAM	Jamaika	AB	kA	A	kA	-	kA	kA	-
JPN	Japan	AB	AB	B	AB	B	AB	AB	B
JOR	Jordanien	A	A	A	kA	kA	-	kA	-
KAZ	Kasachstan	AB	kA	AB	kA	kA	C	kA	AB
KEN	Kenia	A	kA	AB	kA	A	-	AB	A
KOR	Südkorea	B	AB	AB	AB	B	AB	kA	AB
KWT	Kuwait	AB	kA	D	kA	kA	kA	kA	kA
KGZ	Kirgisistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	-
LVA	Lettland	-	kA	A	kA	A	A	kA	A
LBN	Libanon	-	-	C	kA	kA	-	kA	-
LTU	Litauen	A	kA	A	kA	A	A	kA	A
LUX	Luxemburg	A	-	A	kA	-	A	kA	A
MYS	Malaysia	AB	kA	kA	kA	AB	B	kA	B
MLT	Malta	A	-	-	kA	kA	-	kA	kA
MUS	Mauritius	A	kA	-	kA	A	-	kA	-
MEX	Mexiko	B	B	B	kA	B	B	B	B
MNG	Mongolei	AB	kA	A	kA	kA	kA	kA	-
MNE	Montenegro	-	D	-	kA	kA	kA	kA	-
MAR	Marokko	A	kA	A	kA	kA	C	kA	AB
MOZ	Mosambik	-	kA	kA	kA	C	kA	kA	-
MMR	Myanmar	-	kA	kA	kA	-	kA	kA	-
NAM	Namibia	A	-	-	kA	-	kA	kA	-
NPL	Nepal	-	kA	C	kA	kA	kA	kA	-
NLD	Niederlande	B	AB	B	AB	B	A	kA	-



Tabelle 15: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Geothermie	Wasserkraft
NZL	Neuseeland	AB	–	A	kA	AB	A	AB	A
NIC	Nicaragua	A	kA	A	kA	A	kA	A	–
NER	Niger	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
NGA	Nigeria	–	kA	C	kA	kA	kA	kA	–
NOR	Norwegen	AB	kA	AB	–	AB	AB	kA	AB
OMN	Oman	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
PAK	Pakistan	–	kA	–	kA	–	–	kA	–
PAN	Panama	A	kA	A	kA	–	–	kA	A
PRY	Paraguay	kA	kA	kA	kA	–	kA	kA	A
PER	Peru	A	A	A	kA	AB	AB	kA	B
PHL	Philippinen	B	kA	AB	kA	AB	AB	B	AB
POL	Polen	AB	B	AB	kA	AB	B	kA	AB
PRT	Portugal	A	A	A	kA	A	A	AB	B
QAT	Katar	–	kA	kA	kA	–	AB	kA	kA
MDA	Moldawien	D	kA	D	kA	kA	–	kA	D
ROU	Rumänien	AB	C	AB	kA	AB	AB	–	A
RUS	Russland	–	kA	C	kA	–	kA	–	–
SAU	Saudi-Arabien	AB	kA	–	kA	kA	kA	kA	kA
SEN	Senegal	A	kA	kA	kA	–	kA	kA	–
SRB	Serbien	AB	kA	AB	kA	kA	AB	kA	A
SGP	Singapur	AB	kA	–	kA	A	kA	kA	kA
SVK	Slowakei	A	–	–	kA	A	AB	kA	AB
SVN	Slowenien	A	–	–	kA	–	A	kA	A
ZAF	Südafrika	B	B	B	kA	AB	AB	kA	B
ESP	Spanien	AB	AB	A	–	A	A	kA	B
LKA	Sri Lanka	A	kA	A	kA	AB	kA	kA	A
SUR	Suriname	–	kA	kA	kA	D	kA	kA	–
SWE	Schweden	AB	AB	AB	A	AB	–	kA	A
CHE	Schweiz	AB	A	AB	kA	A	A	kA	AB
TJK	Tadschikistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	–
MKD	Mazedonien	A	kA	A	kA	kA	A	kA	A
THA	Thailand	AB	kA	AB	kA	AB	AB	C	AB
TGO	Togo	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	–
TTO	Trinidad und Tobago	–	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
TUN	Tunesien	A	A	A	kA	kA	kA	kA	C
TUR	Türkei	B	AB	AB	kA	AB	B	B	B
TKM	Turkmenistan	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
TZA	Tansania	–	kA	kA	kA	A	–	kA	–
UKR	Ukraine	–	kA	–	kA	–	–	kA	–
ARE	Vereinigte Arab. Emirate	AB	B	–	kA	kA	–	kA	kA



Tabelle 15: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien (Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Photo-voltaik	Solar-thermie	Wind Onshore	Wind Offshore	Biomasse	Biogas	Geothermie	Wasserkraft
GBR	Vereinigtes Königreich	AB	AB	AB	AB	AB	AB	kA	AB
USA	Vereinigte Staaten	B	B	B	AB	B	B	B	B
URY	Uruguay	A	kA	AB	kA	A	–	kA	A
UZB	Usbekistan	C	kA	–	kA	kA	kA	kA	–
VNM	Vietnam	C	C	AB	AB	AB	kA	kA	B
ZMB	Sambia	C	kA	kA	kA	–	kA	kA	A
ZWE	Simbabwe	–	kA	kA	kA	–	kA	kA	–

Legende: „–“ = keine Erfassung, „x“ = keine Daten vorhanden

Tabelle 16: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid)

ISO3	Ländername	Industrieffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
ALB	Albanien	15,8	4,5	12,3	–
DZA	Algerien	11,3	–	11,7	–
AGO	Angola	9,3	4,1	–	6,6
ARG	Argentinien	15,3	5,4	12,7	–
ARM	Armenien	15,3	4,3	9,6	–
AUS	Australien	27,1	19,6	23,9	–
AUT	Österreich	22,0	14,4	26,4	–
AZE	Aserbaidzhan	9,8	4,9	10,4	–
BHR	Bahrain	17,0	8,9	2,4	–
BGD	Bangladesch	14,6	2,7	–	14,6
BLR	Belarus	18,1	7,0	9,4	–
BEL	Belgien	22,6	13,9	23,1	–
BEN	Benin	8,3	6,2	–	19,8
BOL	Bolivien	15,4	3,4	–	15,3
BIH	Bosnien-Herzegowina	15,2	3,1	13,1	–
BWA	Botswana	11,8	4,2	–	25,3
BRA	Brasilien	17,7	7,1	20,4	–
BRN	Brunei	16,1	11,6	14,9	–
BGR	Bulgarien	17,8	5,4	21,9	–
KHM	Kambodscha	18,8	2,7	–	11,8
CMR	Kamerun	9,3	3,8	–	23,7
CAN	Kanada	26,1	17,8	23,1	–
CHL	Chile	15,4	6,4	18,7	–
CHN	China	45,4	13,3	20,5	–
COL	Kolumbien	12,2	4,6	10,8	–
COG	Kongo	23,7	3,3	–	31,8
CRI	Costa Rica	13,3	5,0	26,4	–





Tabelle 16: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid)  
(Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Industrieffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
CIV	Elfenbeinküste	10,6	5,1	-	18,7
HRV	Kroatien	14,4	6,3	22,1	-
CYP	Zypern	17,8	9,4	17,4	-
CZE	Tschechien	16,6	8,8	22,7	-
DNK	Dänemark	22,9	16,8	49,6	-
DOM	Dominikanische Republik	13,4	4,2	18,3	-
ECU	Ecuador	12,7	4,2	10,6	-
EGY	Ägypten	15,0	4,1	14,1	-
SLV	El Salvador	11,8	3,4	19,6	-
EST	Estland	16,2	7,8	15,0	-
ETH	Äthiopien	21,2	3,7	-	9,5
FIN	Finnland	24,6	13,7	21,2	-
FRA	Frankreich	21,9	16,2	21,7	-
GAB	Gabun	18,3	4,5	-	19,5
GEO	Georgien	18,9	4,1	10,5	-
DEU	Deutschland	26,2	18,0	34,1	-
GHA	Ghana	10,7	3,2	-	20,5
GRC	Griechenland	15,9	7,9	26,1	-
GTM	Guatemala	10,3	3,4	-	16,9
HTI	Haiti	18,2	2,9	-	14,9
HND	Honduras	19,6	3,4	-	18,2
HUN	Ungarn	14,3	7,3	23,3	-
ISL	Island	34,9	15,4	14,9	-
IND	Indien	25,2	5,8	-	18,7
IDN	Indonesien	14,8	4,5	12,9	-
IRN	Iran	18,4	6,0	9,8	-
IRL	Irland	27,4	20,8	29,4	-
ISR	Israel	16,9	11,1	15,9	-
ITA	Italien	20,3	13,5	26,9	-
JAM	Jamaika	23,8	4,2	15,7	-
JPN	Japan	30,4	22,6	29,2	-
JOR	Jordanien	11,9	3,8	15,6	-
KAZ	Kasachstan	24,9	6,6	16,4	-
KEN	Kenia	12,9	2,5	-	23,6
KOR	Südkorea	20,1	10,9	15,7	-
KWT	Kuwait	19,0	12,8	30,3	-
KGZ	Kirgisistan	22,2	6,1	9,9	-
LVA	Lettland	16,8	7,1	12,3	-
LBN	Libanon	13,2	4,0	6,5	-
LTU	Litauen	15,0	7,0	43,7	-



Tabelle 16: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid)  
(Fortsetzung)

ISO3	Ländername	Industrieffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
LUX	Luxemburg	39,2	27,6	28,4	-
MYS	Malaysia	15,6	6,7	11,0	-
MLT	Malta	14,9	9,3	26,9	-
MUS	Mauritius	13,6	4,9	12,0	-
MEX	Mexiko	15,4	6,2	20,5	-
MNG	Mongolei	22,0	5,6	-	23,0
MNE	Montenegro	24,3	3,8	15,2	-
MAR	Marokko	13,4	3,9	50,5	-
MOZ	Mosambik	41,0	2,2	-	18,7
MMR	Myanmar	12,5	2,7	-	24,2
NAM	Namibia	10,4	3,4	-	21,3
NPL	Nepal	17,6	3,3	-	17,6
NLD	Niederlande	23,9	16,3	22,0	-
NZL	Neuseeland	21,6	11,8	16,5	-
NIC	Nicaragua	12,6	4,5	-	30,7
NER	Niger	10,5	2,0	-	12,6
NGA	Nigeria	12,0	3,7	-	14,0
NOR	Norwegen	30,3	23,9	20,4	-
OMN	Oman	18,2	7,5	13,0	-
PAK	Pakistan	24,1	3,5	10,9	-
PAN	Panama	18,3	5,6	-	14,7
PRY	Paraguay	17,0	4,1	13,6	-
PER	Peru	11,8	4,2	-	18,4
PHL	Philippinen	11,9	4,1	-	23,8
POL	Polen	15,4	7,5	21,5	-
PRT	Portugal	17,3	8,1	25,8	-
QAT	Katar	26,8	19,9	13,3	-
MDA	Moldawien	30,2	5,9	24,2	-
ROU	Rumänien	14,4	5,7	42,7	-
RUS	Russland	22,0	8,2	11,5	-
SAU	Saudi-Arabien	19,3	9,0	5,3	-
SEN	Senegal	10,6	2,7	-	22,0
SRB	Serbien	18,7	5,4	21,4	-
SGP	Singapur	23,9	16,1	15,1	-
SVK	Slowakei	16,7	8,1	23,4	-
SVN	Slowenien	16,8	8,6	17,2	-
ZAF	Südafrika	18,0	5,1	-	20,5
ESP	Spanien	19,3	12,0	28,9	-
LKA	Sri Lanka	13,2	3,5	10,8	-
SUR	Suriname	11,3	4,5	-	16,1



**Tabelle 16: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid) (Fortsetzung)**

ISO3	Ländername	Industrieffizienz	Gebäudeeffizienz	Infrastruktur/Netze On-Grid	Infrastruktur/Netze Off-Grid
SWE	Schweden	24,3	16,4	27,6	-
CHE	Schweiz	28,0	22,3	19,5	-
TJK	Tadschikistan	38,5	3,0	6,3	-
MKD	Mazedonien	21,4	5,1	41,6	-
THA	Thailand	16,0	5,4	6,5	-
TGO	Togo	13,1	6,8	-	22,2
TTO	Trinidad und Tobago	17,6	6,3	6,2	-
TUN	Tunesien	14,1	4,1	29,9	-
TUR	Türkei	16,8	7,6	18,1	-
TKM	Turkmenistan	11,6	51,8	7,0	-
TZA	Tansania	26,6	2,5	-	16,8
UKR	Ukraine	32,9	5,8	20,6	-
ARE	Vereinigte Arab. Emirate	25,4	13,8	7,4	-
GBR	Vereinigtes Königreich	21,4	15,9	32,1	-
USA	Vereinigte Staaten	40,6	41,4	34,1	-
URY	Uruguay	15,9	5,9	39,9	-
UZB	Usbekistan	32,8	9,6	6,5	-
VNM	Vietnam	24,3	4,3	10,4	-
ZMB	Sambia	21,5	2,7	-	20,8
ZWE	Simbabwe	17,2	3,2	-	41,0

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung der installierten Kapazität von Photovoltaik 2011–2017 in GW	8
Abbildung 2: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik	9
Abbildung 3: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Photovoltaik im Zeitverlauf, 2017–2019	10
Abbildung 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2019	11
Abbildung 5: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Solarthermie im Zeitverlauf, 2017–2019	12
Abbildung 6: Veränderung der installierten Kapazität von feste Biomasseanlagen 2012–2017 in MW	14
Abbildung 7: Ergebnisse Marktanalyse feste Biomasse 2019	15
Abbildung 8: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich feste Biomasse im Zeitverlauf, 2017–2019	16
Abbildung 9: Veränderung der installierten Kapazität von Biogasanlagen 2011–2017 in MW	17
Abbildung 10: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2019	17
Abbildung 11: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Biogase im Zeitverlauf, 2017–2019	18
Abbildung 12: Veränderung der installierten Kapazität von Onshore Windanlagen 2012–2017 in GW	19
Abbildung 13: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2019	20
Abbildung 14: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Onshore Wind im Zeitverlauf, 2017–2019	21
Abbildung 15: Veränderung der installierten Kapazität von Offshore Windanlagen 2012–2017 in MW	22
Abbildung 16: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2019	23
Abbildung 17: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Offshore Wind im Zeitverlauf, 2017–2019	23
Abbildung 18: Veränderung der installierten Kapazität von Geothermieanlagen 2012–2017 in MW	24
Abbildung 19: Ergebnisse Marktanalyse Geothermie 2019	25
Abbildung 20: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Geothermie im Zeitverlauf, 2017–2019	26
Abbildung 21: Veränderung der installierten Kapazität von Wasserkraft 2012–2017 in GW	27
Abbildung 22: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2019	28
Abbildung 23: Ergebnisse der Marktanalyse im Bereich Wasserkraft im Zeitverlauf, 2017–2019	29
Abbildung 24: Ergebnisse Marktanalyse Gebäudeeffizienz 2019	31
Abbildung 25: Ergebnisse Marktanalyse Industrieeffizienz 2019	33
Abbildung 26: Aufteilung der untersuchten Länder in On-Grid- und Off-Grid-Länder	35
Abbildung 27: Ergebnisse Marktanalyse On-Grid-Länder 2019	36
Abbildung 28: Ergebnisse Marktanalyse Off-Grid Länder 2019	38

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Perzentile für Länderzuordnungen .....	5
Tabelle 2: Datenverfügbarkeit und Erfassungsquote erneuerbare Energien .....	5
Tabelle 3: Ergebnisse Marktanalyse Photovoltaik 2019 .....	10
Tabelle 4: Ergebnisse Marktanalyse Solarthermie 2018 .....	11
Tabelle 5: Ergebnisse Marktanalyse Feste Biomasse 2019 .....	15
Tabelle 6: Ergebnisse Marktanalyse Biogas 2019 .....	18
Tabelle 7: Ergebnisse Marktanalyse Onshore-Wind 2019 .....	20
Tabelle 8: Ergebnisse Marktanalyse Offshore-Wind 2019 .....	22
Tabelle 9: Ergebnisse Marktanalyse Geothermie 2019 .....	24
Tabelle 10: Ergebnisse Marktanalyse Wasserkraft 2018 .....	29
Tabelle 11: Variablenübersicht Anwendungsfeld erneuerbare Energien .....	42
Tabelle 12: Variablenübersicht Anwendungsfeld Industrie-/Gebäudeeffizienz .....	42
Tabelle 13: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (On-Grid-Länder) .....	42
Tabelle 14: Variablenübersicht Anwendungsfeld Infrastruktur/Netze (Off-Grid-Länder) .....	42
Tabelle 15: Ergebnisse Marktanalyse erneuerbare Energien .....	43
Tabelle 16: Ergebnisse Anwendungsfelder Industrie-/Gebäudeeffizienz und Infrastruktur/Netze (On-Grid und Off-Grid) .....	46





