

Energie in der Welt

- 2.1 Zahlen und Fakten
- 2.2 Szenarienvergleich des World Energy Councils
- 2.3 Weltweite Entwicklungen in der Offshore-Windenergie
- 2.4 Batterieelektrische Antriebe vs. E-Fuels
- 2.5 Die 24. Klimakonferenz in Kattowitz
- 2.6 Chile, ein Vorreiter im Bereich der erneuerbaren Energien



2.1 Zahlen und Fakten

- **Globale Energienachfrage wächst schwächer als das globale Wirtschaftswachstum und weist vor allem Wachstum bei Erdgas und Strom auf**
- **Die CO₂-Emissionen stiegen weltweit um 1,7 %**
- **Trotz starken Zubaus erneuerbarer Energien hat sich der Anteil fossiler Brennstoffe im Energiemix nicht vermindert**

Weltweite Energietrends in den G20-Staaten im Jahr 2018

Die ökonomische Situation und die Energietrends im Jahr 2018 ähneln denen im Jahr 2017. Der Stromsektor und der Ölsektor bilden hier eine Ausnahme.

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) der G20-Staaten¹ wuchs im Jahr 2018 wie im Jahr 2017 um 3,8 %, wobei Indien und China mit 7,3 % bzw. 6,6 % die höchsten und Südafrika und Argentinien mit 0,8 % bzw. -2,6 % die niedrigsten Wachstumsraten aufwiesen. Der gesamte Energieverbrauch stieg um 2,1 %. Der Kohleverbrauch wuchs nach zwei Jahren des Rückgangs um 0,8 % im Jahr 2017 und 0,7 % im Jahr 2018, vorwiegend getrieben durch China. Der Erdölverbrauch stieg um 1 % und bleibt damit auch über seiner historischen Trendentwicklung. Der Erdgasverbrauch erhöhte sich um fast 5 % im Jahr 2018 und übertrifft damit angetrieben von der US-

Nachfrage und der chinesischen Kohle zu Gas-Politik seinen historischen Trend deutlich. Der Anstieg des Stromverbrauchs um 3,7 % ist auf die höhere Nachfrage in China (+7,7 %) und den USA (+2,2 %) zurückzuführen.

Wirtschaftswachstum

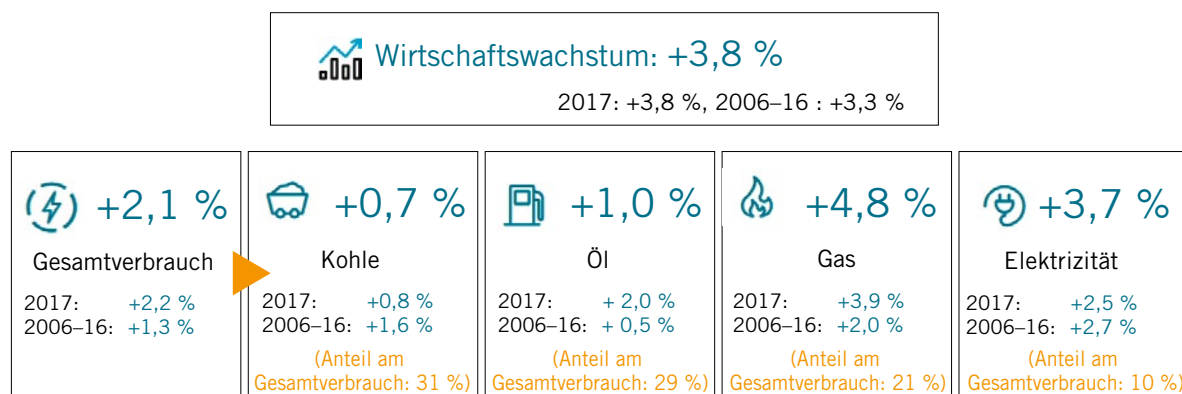
Das Bruttoinlandsprodukt der G20-Staaten wuchs mit 3,8 % mit der gleichen Rate wie im Jahr 2017 und leicht über dem jährlichen Durchschnitt der Jahre 2006 bis 2016.

→ Das Wirtschaftswachstum der G20 blieb im Jahr 2018 konstant und erreichte 3,8 %

Chinas Wirtschaft wuchs mit 6,6 % im Jahr 2018, der geringsten Rate der letzten 28 Jahre. Die US-Bruttoinlandsprodukt erhöhte sich aufgrund höherer Konsumenten- und Staatsausgaben, Investitionen und Exporte um 2,9 % im Jahr 2018. Das Wachstum des indischen

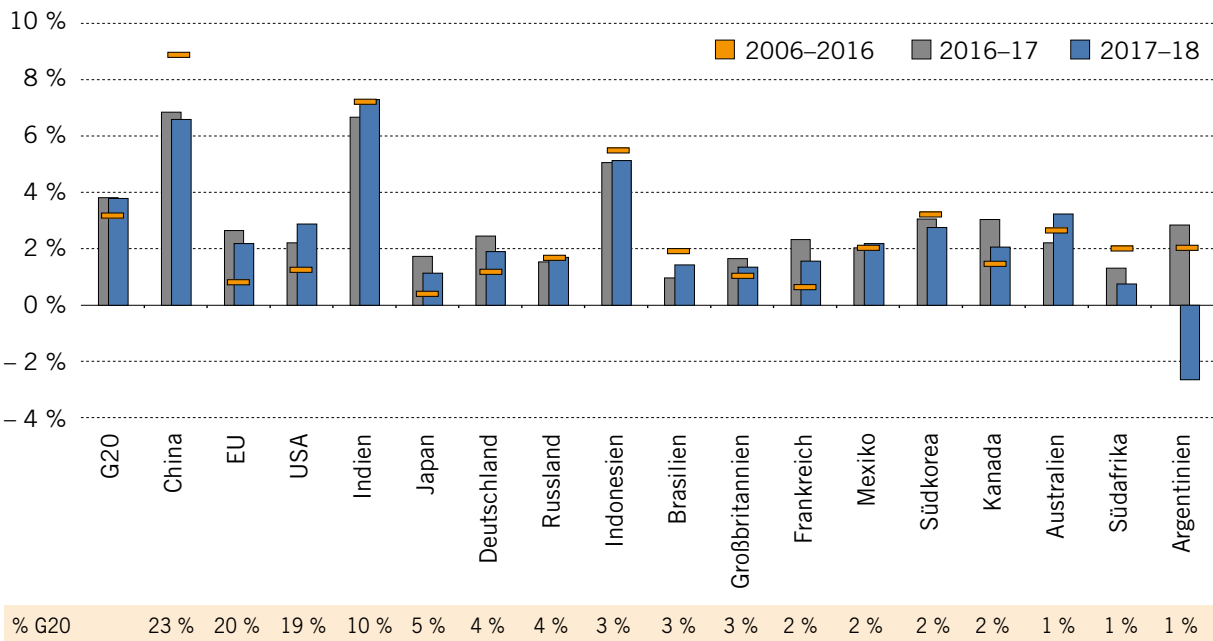
¹ Die G20-Staaten umfassen Argentinien, Australien, Brasilien, Kanada, China inkl. Hong-Kong, die Europäische Union, Frankreich, Deutschland, Indien, Indonesien, Italien, Japan, Mexiko, Russland, Saudi-Arabien, Südafrika, Südkorea, die Türkei, das Vereinigte Königreich, die USA. Sie verbrauchen zusammen fast 80 % der weltweiten Energieproduktion (78 % in 2017).

Abbildung 2.1: 2018 Wesentliche Energiekennziffern der G 20-Staaten



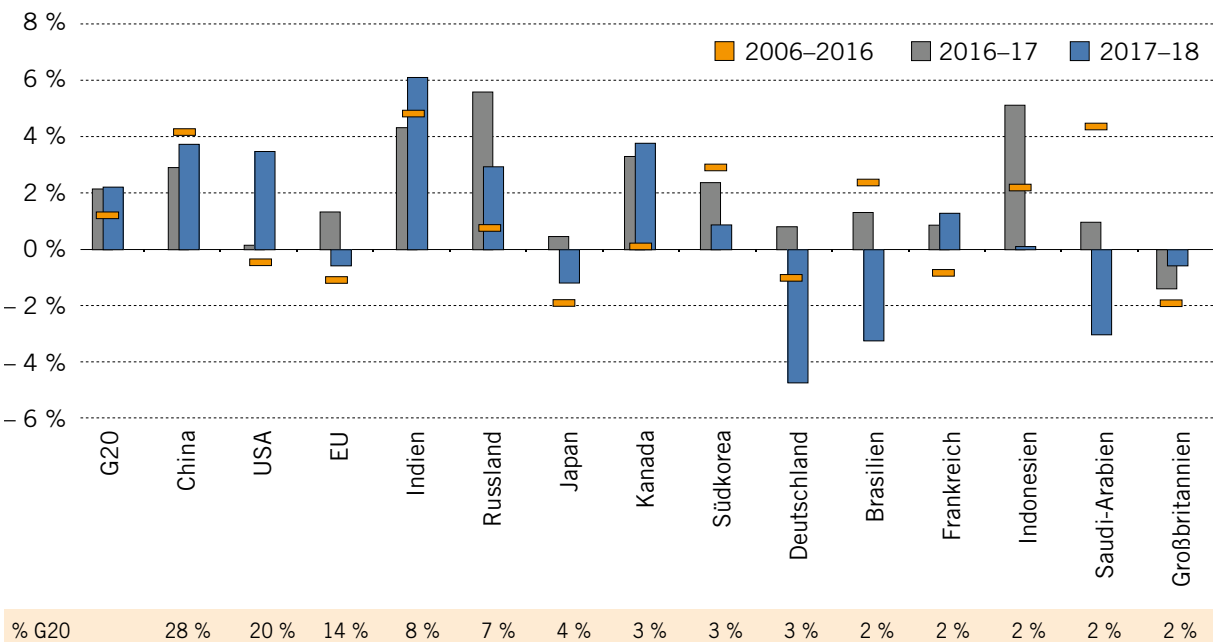
Quelle: Enerdata

Abbildung 2.2: BIP-Wachstum in den G20-Staaten (%/Jahr)



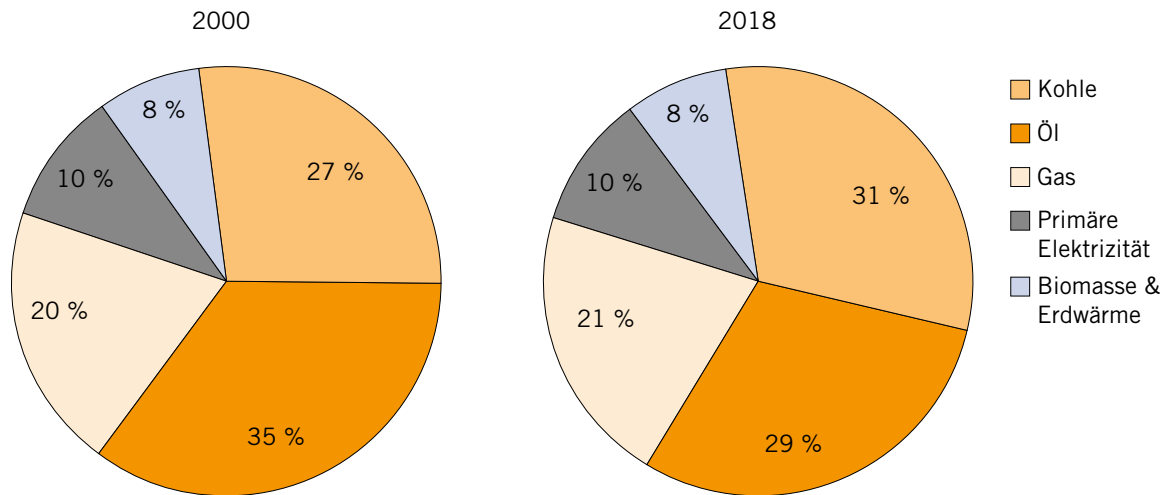
Quelle: Enerdata

Abbildung 2.3: Trendentwicklungen des Gesamtenergieverbrauchs in den G20-Staaten (%/Jahr)



Quelle: Enerdata

Abbildung 2.4: Energiemix der G20-Länder 2000 und 2018



Quelle: Enerdata

Bruttoinlandsprodukts blieb mit 7,3 % hoch. Es wurde von höheren Staatsausgaben vor den Parlamentswahlen und höherer industrieller Aktivität angetrieben.

Im Gegensatz dazu verlangsamte sich das Wachstum angesichts moderater weltweiter Nachfrage und Spannungen in den Handelsbeziehungen in mehreren Staaten, so in der gesamten EU, Japan, Kanada und Südafrika.

Gesamter Energieverbrauch

Der gesamte Energieverbrauch der G20 wuchs im Jahr 2018 mit 2,1 %, nach 2,2 % im Vorjahr, weiter und blieb signifikant höher als der langjährige Durchschnitt der Jahre 2006–2016 mit nur 1,3 %/Jahr (siehe Abbildung 2.3).

Der Großteil des Wachstums ging auf die beiden größten Verbraucher China mit 28 % und den USA mit 20 % des Energieverbrauchs der G20 zurück. Der chinesische Energieverbrauch wuchs mit 3,7 % schneller als im Jahr 2017 (+2,9 %), aber langsamer als in den Jahren 2006–2016 (+4,3 %/Jahr), was ein geringeres aber trotzdem noch dynamisches Wachstum aufzeigt. Verbesserte ökonomische Bedingungen und Wetteränderungen mit Rekorden in den Heiz- und Kältetagen erhöhten auch den US-Energieverbrauch um 3,5 %. Dies steht im Kontrast zum stabilen Energieverbrauch im Jahr 2017 und dem leichten Verbrauchsrückgang der Jahre 2006 bis 2016.

➔ Der Gesamtenergieverbrauch der G20-Staaten erhöhte sich angetrieben von China und den USA um 2,1 % im Jahr 2018

Der Energieverbrauch wuchs auch in Indien um 3,6 % infolge eines höheren Kohle- und Erdölverbrauchs und auch in Russland um 4,2 %. Der Energieverbrauch wuchs in Südkorea um 1,7 % und stabilisierte sich in Indonesien (+0,1 %).

Auf der anderen Seite fiel der Energieverbrauch der Europäischen Union nach 3 Jahren des Zuwachses wegen Rückgängen in der Nachfrage nach Kohle und Erdgas um –1,1 % ab; ebenso in Japan nach zwei Jahren der Erholung mit –1,2 %.

Kohle blieb mit 31 % im Jahr 2018 der am meisten genutzte Energieträger, gefolgt von Erdöl mit 29 %, Erdgas mit 21 %, Atomenergie, Wasserkraft und erneuerbare Energien mit zusammen 10 % sowie Biomasse und andere mit insgesamt 8 %.

Energiebedingte CO₂-Emissionen

Angetrieben von der wachsenden Energienachfrage stiegen auch die energiebedingten CO₂-Emissionen der G20 um 1,7 % gegenüber +2,2 % im Jahr 2017. Die Emissionen gehen zu 49 % auf Kohle, zu 31 % auf Erdöl und zu 20 % auf Erdgas zurück.

→ Die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger wuchsen im Jahr 2018 mit 1,7 % weiter an

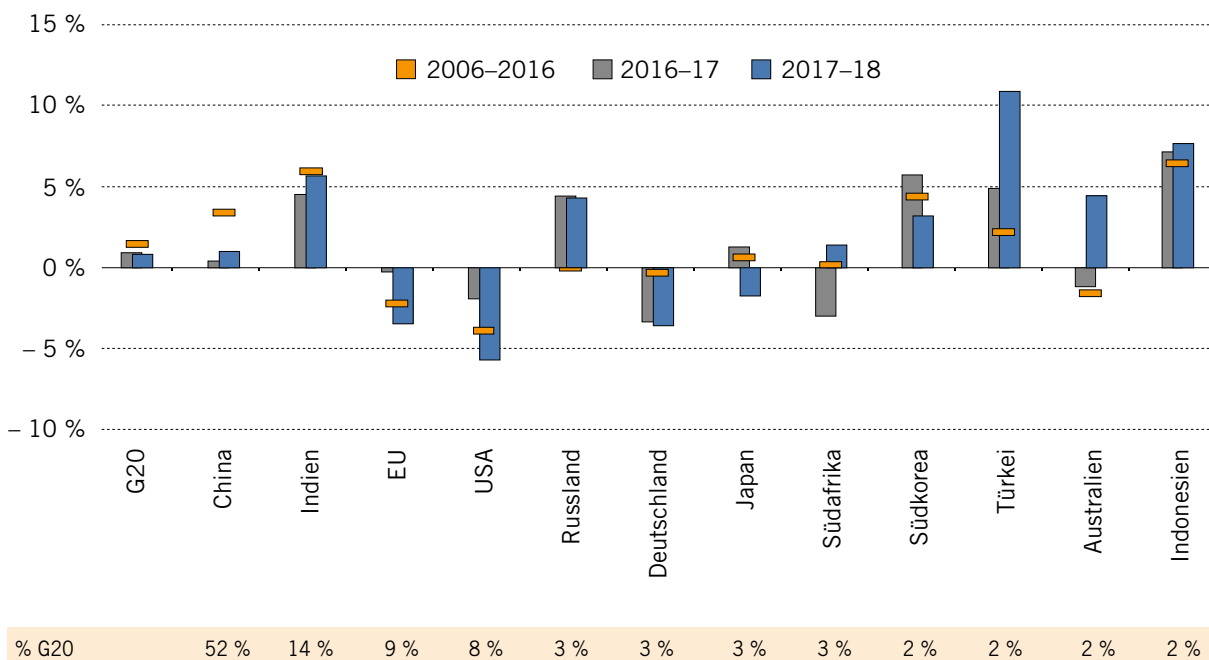
Kohle

Nachdem der gesamte Kohleverbrauch der G20 drei Jahre zurückging und um 0,8 % im Jahr 2017 wuchs, erhöhte er sich im Jahr 2018 weiter um 0,7 % bzw. +25 Mio. t. Trotz unterschiedlicher Trends in den Verbrauchsländern wurde das Verbrauchswachstum in der Stromerzeugung angetrieben (siehe Abbildung 2.5).

→ Der gesamte Kohleverbrauch stieg im Jahr 2018 im zweiten Jahr in Folge trotz abweichender Entwicklungen: Rückgänge in Europa und Nordamerika, starkes Wachstum in Indien und Südostasien

Indien und China sind für den Großteil des steigenden Kohleverbrauchs verantwortlich. Am meisten trug Indien zum wachsenden Kohleverbrauch mit zusätzlichen 19 Mio. t bei, wobei sich der Verbrauch im Zusammenhang mit weiterhin hohem Wirtschaftswachstum (Indiens Strommix wird von Kohle als Energieträger dominiert) um 4,8 % im Jahr 2018 beschleunigte. Der chinesische Kohleverbrauch steigerte sich ebenfalls um 19 Mio. t bzw. 1 % im Jahr 2018, getrieben vom dynamischen Wirtschaftswachstum und höherer Stromnachfrage. Die chinesische Regierung strebt weiterhin eine Reduktion des Kohleanteils im Primärenergiemix zugunsten von erneuerbaren Energien und Erdgas an (61 % im Jahr 2018 im Vergleich zum Regierungsziel von 58 % im Jahr 2020). Der Kohleverbrauchsanstieg verstetigte sich auch stark in

Abbildung 2.5: Trendentwicklungen beim Kohleverbrauch der G20-Staaten (%/Jahr)



Quelle: Enerdata

→ Das Wachstum des Erdölverbrauchs der G20-Staaten verlangsamte sich im Vergleich zu 2017, blieb aber deutlich über der Trendentwicklung der Vergangenheit

Die USA wurden im Jahr 2018 der größte Erdölproduzent vor Saudi-Arabien dank hochschießender unkonventioneller Erdölproduktion, die im Dezember 2018 bereits 60 % des amerikanischen Erdölverbrauchs entsprach. Die Erdölproduktion erhöhte sich auch in Saudi-Arabien, Libyen und Russland, sank aber deutlich im Iran aufgrund der US-amerikanischen Sanktionen und in Venezuela wegen der Wirtschaftskrise im Land. Die weltweite Wachstumsabschwächung und die unsicheren Perspektiven des Erdölverbrauchs wegen des amerikanisch-chinesischen Handelsstreits führten international zu Preisrückgängen auf bis zu 43 US-Dollar pro Barrel Ende 2018.

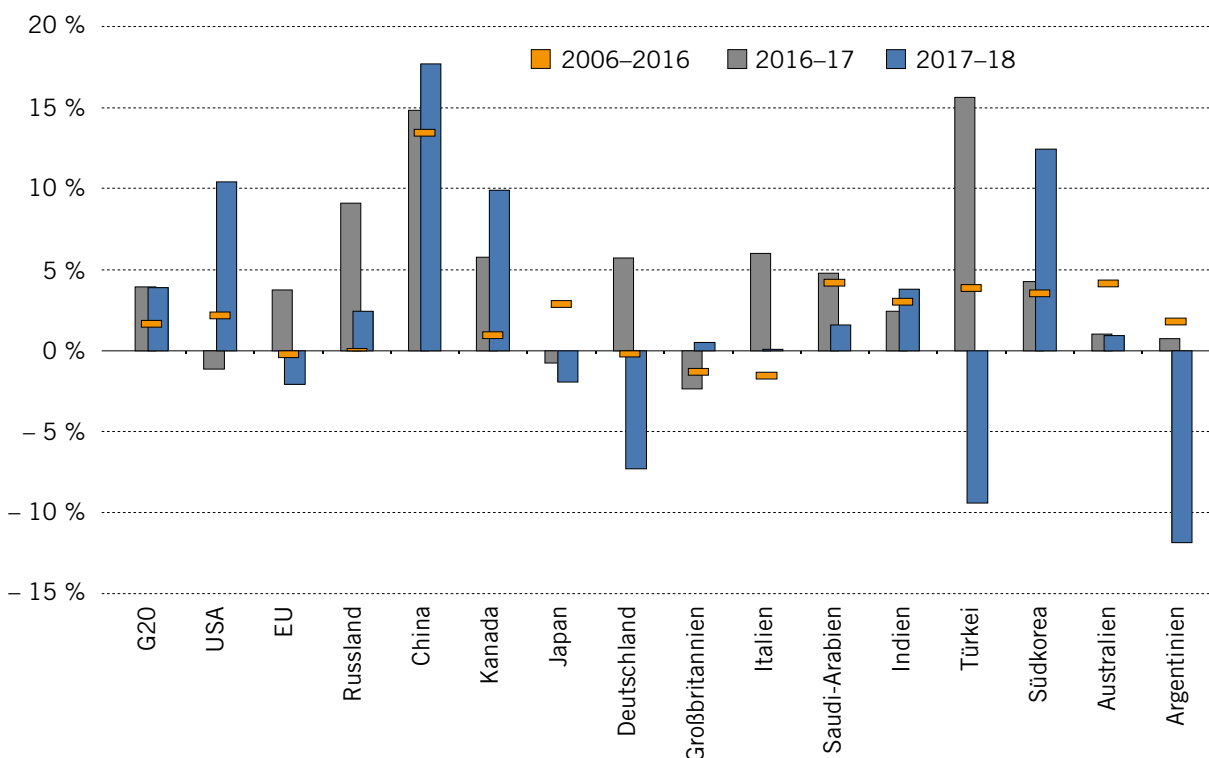
Ende 2017 wurden die weltweiten Erdölreserven auf 1.700 Mrd. Barrel geschätzt. Das entspricht bei konstanter Förderung einer Reichweite von 50 Jahren. Die Reserven der G20 von 900 Mrd. Barrel würden für 33 Jahre ausreichen. Die globalen Erdgasreserven von 209 Billionen Kubikmetern würden in 55 Jahren gefördert sein. Die Erdgasreserven der G20 von 85 Billionen Kubikmetern wären in 36 Jahren aufgebraucht.

Erdgas

Die gesamte Erdgasverbrauch der G20-Staaten wuchs seit 2014 dynamisch und erhöhte sich im Jahr 2018 um 109 Mrd. Kubikmeter oder 4,8 % (Abbildung 2.7).

In den USA – dem mit 30 % größten Erdgasverbraucher der G20 – stieg der Gasverbrauch um 67 Mrd. Kubikmeter oder um 10 % im Jahr 2018, angetrieben von der dynamischen Nachfrage in der Stromerzeugung und dem Haushaltssektor sowie der rekordhohen Erdgasproduktion. Aufgrund seiner Kohle zu Gas-Strategie beschleunigte sich der Erdgasverbrauch in China um

Abbildung 2.7: Trendentwicklung bei der Erdgasnachfrage in den G20-Staaten (%/Jahr)



Quelle: Enerdata

35 Mrd. Kubikmeter oder 18 %. China überflügelte Südkorea als zweitgrößten Flüssiggasimporteure nach Japan bereits im Jahr 2017 und beschleunigte seine Erdgasimporte um fast 32 % im Jahr 2018 (+44 % bei den Flüssiggasimporten). Die Erdgasnachfrage erhöhte sich ebenfalls in Indien um 1,6 % und Südkorea um 12 %, dort wegen der erhöhten Erdgasnachfrage in der Stromerzeugung in der Folge von Nichtverfügbarkeiten der südkoreanischen Atomkraftwerke.

➔ Der Erdgasverbrauch der G20 wuchs im Jahr 2018 weiter, angetrieben von der Rekordproduktion in den USA, Kohle zu Gas-Umstiegspolitiken im Stromsektor und dem Wirtschaftswachstum

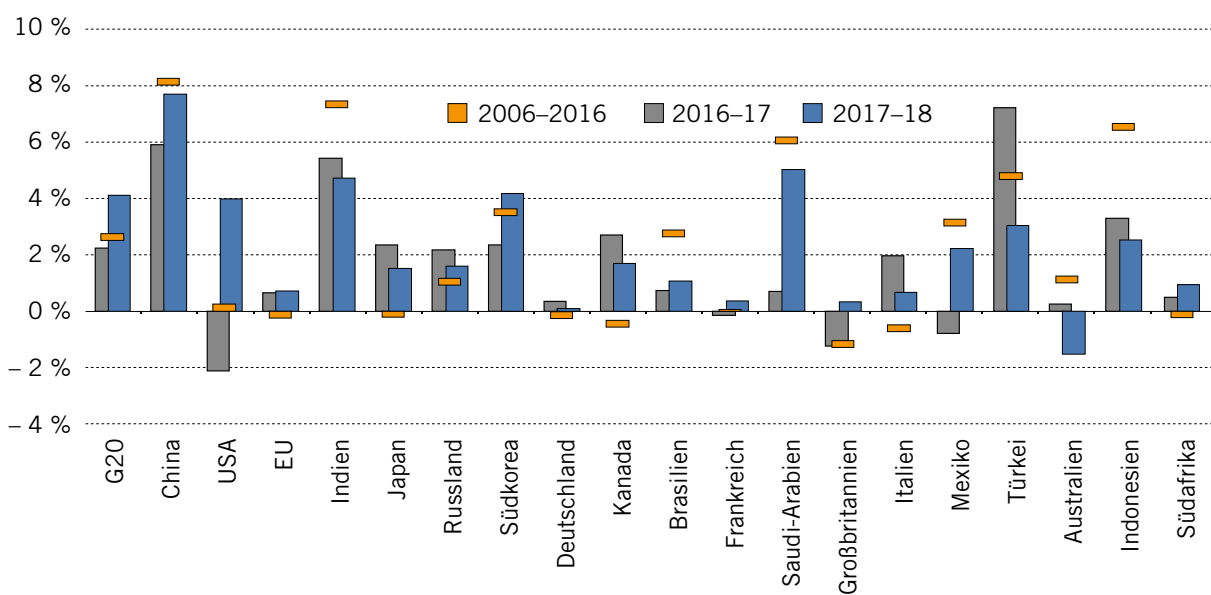
Demgegenüber reduzierte das Wiederaufstarten japanischer Atomkraftwerke die Nachfrage nach erdgasbefeuertem Stromerzeugung im Land und die Erdgasnachfrage Japans ging um 3,7 % zurück. Die europäische Erdgasnachfrage sank um 2,3 % wegen der Wachstumsabschwächung, höherer Wasserkraftverfügbarkeit und milderen Temperaturen.

Strom

Die Stromnachfrage der G20-Staaten stieg im Jahr 2018 um 3,7 % mit unterschiedlichen nationalen Mustern, die sich von den vorhergehenden Jahren unterscheiden (Abbildung 2.8). China und die USA waren die Treiber des Nachfragewachstums: die Stromnachfrage in China wuchs trotz der Wachstumsabschwächung um 7,7 % im Jahr 2018 gegenüber 5,9 % im Jahr 2017 wegen der höheren Industrienachfrage und des massiven Aufbaus der Strominfrastruktur. Die USA verzeichnete ein 2,2 %-Wachstum nach einem 0,8 %-Rückgang im Jahr 2017, als ein Ergebnis der erhöhten Nachfrage des Gewerbesektors und der Haushalte. Unterdessen erfuhren einige Länder wie Frankreich, das Vereinigte Königreich oder Mexiko eine Umkehrung des Trends vom negativen Nachfragewachstum des Jahres 2017.

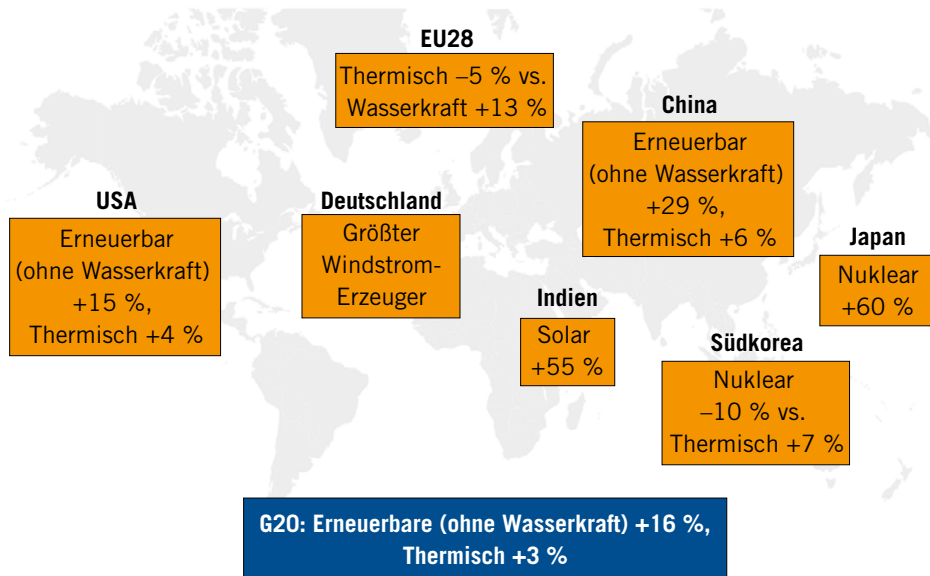
Das Wachstum des Stromverbrauchs in China und den USA trug zu fast 75 % zum Stromverbrauchswachstum der G20-Staaten bei.

Abbildung 2.8: Trendentwicklung bei der Stromnachfrage in den G20-Staaten (%/Jahr)



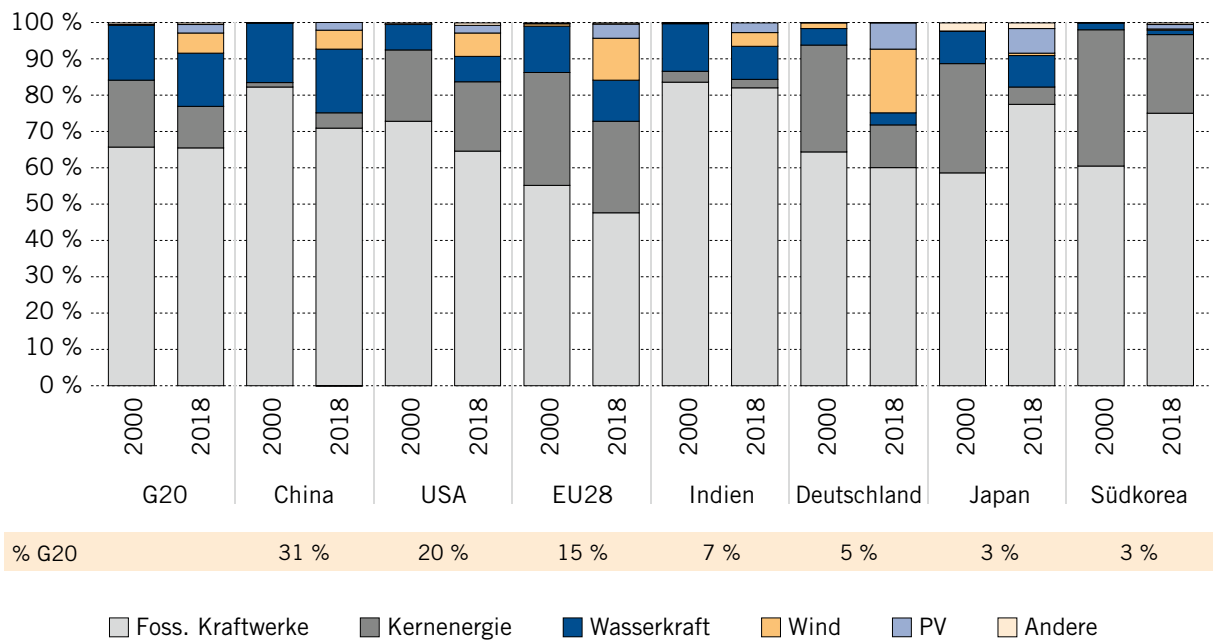
Quelle: Enerdata

Abbildung 2.9: Trendentwicklungen im Jahr 2018 gegenüber dem Jahr 2017 in ausgewählten G20-Staaten



Quelle: Enerdata

Abbildung 2.10: Trendentwicklungen im Jahr 2018 gegenüber dem Jahr 2000 im Stromerzeugungsmix ausgewählter G20-Staaten



Quelle: Enerdata

→ Erneuerbare Energien ohne Wasserkraft erzielten im Jahr 2018 ein Wachstum von 16 %, womit ihr Anteil auf 8 % im Strommix der G20-Staaten wuchs

Fossile Kraftwerke stellen mit 66 % noch immer den Großteil der Stromerzeugung der G20-Staaten im Jahr 2018. Die Wasserkraft folgt mit einem in den letzten Jahren konstanten Anteil von 15 % vor Atomenergie mit 11 % Anteil, der allerdings um 7 %-Punkte seit dem Jahr 2000 gesunken ist.

Der Anteil der erneuerbaren Energien ohne Wasserkraft am Strommix der G20 hat sich seit dem Jahr 2000 verzehnfacht. Der Anteil stieg von weniger als einem Prozent auf 8 % im Strommix des Jahres 2018 dank emporschnellender PV- und Windstromproduktion mit einem Wachstum von 23 % bzw. 13 % im Jahr 2018, allerdings ein wenig verlangsamt gegenüber 2017. China und die USA trieben das PV- und Windwachstum, wobei China für jeweils ein Drittel des Wachstum verantwortlich ist. Insbesondere in China beschleunigte sich der Windkraftausbau gegenüber 2017 von 10 auf 13 %. Indiens Rolle im dynamischen Ausbau ist wachsend, vor allem in der PV-Stromerzeugung (+68 % im Jahr 2018). Während Indiens PV-Kapazität um 57 % wuchs, verzeichneten China und die USA nur Wachstumsraten von 34 % und 12 %. Deutschland bleibt der drittgrößte Windkraftproduzent im Jahr 2018, allerdings mit weniger deutlichem Wachstum von 7 % als in anderen wesentlichen G20-Staaten. Japan bleibt drittgrößter PV-Stromproduzent mit einem starken Wachstum von 22 % (Abbildung 2.10).

Abbildung 2.11: Drei alternative Pfade bis 2060



Modern Jazz

Marktmechanismen, Technologische Innovationen, Energiezugang für alle



Unfinished Symphony

Starke Politik, langfristige Planung, vereinte Klimaaktionen



Hard Rock

Fragmentiertes Szenario, nach innen gerichtete Politik, geringe globale Kooperation

„Prognosen sind schwierig, besonders, wenn sie die Zukunft betreffen“

Dieses bekannte Zitat wird unter anderem Mark Twain zugeschrieben und sollte Ansporn sein, Prognosen weder zu abhängig von ganz bestimmten Rahmenbedingungen zu machen, noch die Zukunft mehr oder weniger nur als Fortschreibung des gerade Erlebten zu beschreiben. Für strategische Erwägungen in Unternehmen genauso wie für die Regierungsarbeit ist es aber wichtig, Studien zur Verfügung zu haben, die eine ausreichende Halbwertszeit besitzen und noch Bestand haben, wenn Veränderungen oder Innovationen sich wechselseitig verstärken. Daher betrachtet das World Energy Council für die eigenen Szenarien zurzeit in übergreifenden und internationalen Workshops nicht nur die zukünftige Entwicklung des Energiesektors, sondern bezieht zum Beispiel unter dem Stichwort „Constellations of Disruption“ auch sich wechselseitig verstärkende Veränderungen und sogar gesellschaftliche Einflüsse außerhalb des Energiesektors in die Überlegungen ein.

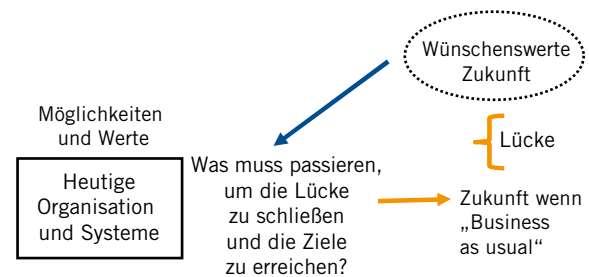
Um die eigene Arbeit aber auch kritisch zu hinterfragen und zu verbessern, hat sich das WEC andere am Markt verfügbare Szenarien angesehen und verglichen. Dies war für die eigene Arbeit aufschlussreich – zugleich hat das World Energy Council damit aber auch geholfen, etwas Licht in den Dschungel der verfügbaren Szenarien zu bringen. Erstmals liegt hier nun eine Untersuchung vor, die unterschiedliche Szenarien systematisch und methodisch vergleicht. Es wurden alle namhaften Studien in den Vergleich einbezogen, sofern sie einen langfristigen Horizont haben und sowohl regional als auch inhaltlich umfassend sind. Dabei zeigte sich, dass alle Arbeiten in drei ganz verschiedene Gruppen/oder Typen unterteilt

werden können. Weiterhin wurden generelle Unterschiede und Ähnlichkeiten dieser Typen herausgearbeitet. Schließlich wurden die Ergebnisse in den jeweiligen Gruppen gegenübergestellt und diese miteinander verglichen.

Einteilung der Studien in drei Gruppen

Normative Szenarien

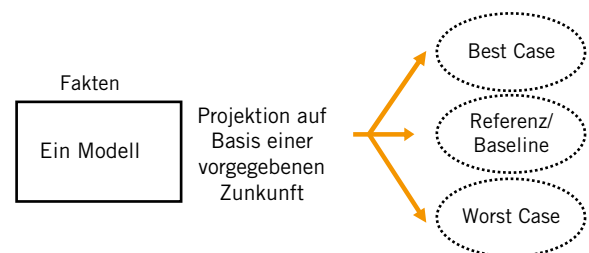
Abbildung 2.12: Normative Szenarien



Es wird eine bestimmte Entwicklung in der Zukunft unterstellt. Diese ist zwar technisch möglich; Ziel ist jedoch, von diesem zukünftigen Ergebnis zurückzurechnen und darzustellen, wann welche Maßnahmen erfolgen und welcher Weg beschritten werden muss, um dorthin zu kommen. Ziel ist oft, in den politischen Entscheidungsprozess konkrete Überlegungen einfließen zu lassen – entweder um die erforderlichen Beschlüsse diskutieren zu können oder auch, um eher abstrakte Ziele hinterfragen zu können (siehe das CO₂-Beispiel oben). Außerdem lässt sich so politisch überprüfen, ob der notwendige Zeitplan zur Zielerreichung einzuhalten ist.

Outlooks/Projektionen

Abbildung 2.13: Outlooks/Projektionen

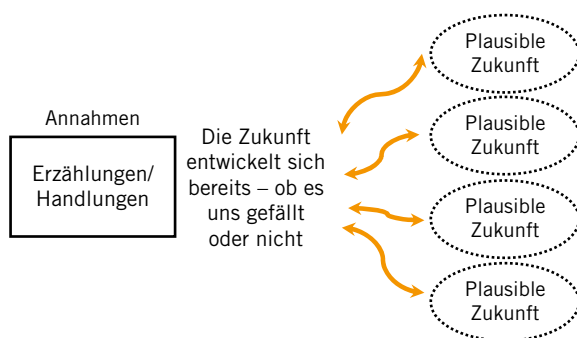


Hier werden meist für konkrete mittelfristige Planungen Fortschreibungen der momentanen Entwicklung (busi-

ness as usual) vorgenommen. Diese können zum Beispiel für Sensitivitätsanalysen verwendet werden. Quantitative Erwägungen stehen im Vordergrund.

Plausible Szenarien (oder exploratorische Szenarien)

Abbildung 2.14: Plausible Szenarien



Diese Szenarien sind qualitative Storylines, die plausible alternative Zukunftspfade beschreiben und durch Modellierung quantitativ unterstützt sind. Bei diesen Untersuchungen können unterschiedliche, auch äußere Einflüsse einbezogen werden und oft werden verschiedene Entwicklungspfade in verschiedenen Szenarien aufgezeigt (wie die Szenarien des World Energy Council – Unfinished Symphony, Modern Jazz und Hard Rock). Qualitative Überlegungen dominieren hier.

Typisch für plausible Szenarien und eine Stärke gegenüber den vorgenannten Gruppen ist es, dass bestimmte globale Trends oder Entwicklungen einbezogen werden.

Eine große Anzahl von Studien und Szenarien wurden in den Vergleich einbezogen. Auswahlkriterium war, dass die Analysen nicht unter einem regionalen Schwerpunkt sondern global erfolgen; weiterhin musste der Betrachtungszeitraum mindestens bis 2030 gehen, die Veröffentlichung nicht mehr als 5 Jahre zurückliegen und das ganze Energiespektrum ohne inhaltliche Begrenzung betrachtet worden sein.

Ähnlichkeiten und Unterschiede der Studien

CO₂-Emission 2015-2040 im Verhältnis zum Wirtschaftswachstum

Die meisten globalen Szenarien erwarten eine positive Korrelation von Emissionen und wirtschaftlichem Wachstum.

Einige Analysen sehen die Welt umweltgetrieben und unterstellen relativ geringe Emissionen – im gleichen Zug aber auch geringeres Wachstum (WEC US, IEEJ Advanced Tech, Statoil Reference).

Andere Szenarien sehen die wirtschaftliche Prosperität im weltweiten Fokus und gehen davon aus, dass die Senkung von Emissionen eine geringere Priorität hat als die wirtschaftliche Entwicklung (dies gilt für die meisten Outlooks).

Schließlich erwarten manche Szenarien, dass sich die Weltwirtschaft schlecht entwickelt und trotzdem die Emissionen steigen (WEC HR, Statoil Rivalry, IEEJ Reference, etc.) – dies kann man schlicht als eine gescheiterte Entwicklung für die Welt bezeichnen.

Normative Szenarien sind generell optimistischer














Demgegenüber sind normative Szenarien generell optimistischer und unterstellen ein erfolgreiches Entkoppeln. Danach wird eine positive wirtschaftliche Entwicklung als möglich angesehen trotz drastischer Maßnahmen zur Senkung der Emissionen (IRENA, Ener Green, IEA SD, Statoil Renewal).

Die meisten normativen Szenarien zeigen einen technisch möglichen Pfad auf, zukünftig gleichzeitig niedrige Emissionen als auch hohes Wirtschaftswachstum zu erreichen. Dabei zeigen sich vor allem folgende Gemeinsamkeiten in den normativen Szenarien:

Niedrige Emissionen und hohes Wachstum ...?

Hohe Investitionen und stark zunehmende Effizienzsteigerung führen zur Dekarbonisierung nicht nur der Produktion, sondern auch des Endverbrauchs (insbesondere wird hier der Transportsektor aufgeführt). Trotz des rasanten Anstiegs der Erneuerbaren spielen Fossile Energien – insbesondere Gas – weiterhin eine große Rolle. Die Digitalisierung führt zu einer deutlich umweltfreundlicheren Wirtschaft – aber auch Carbon Capture & Storage

Abbildung 2.15: Untersuchte Szenarien

Organisation/Studie	Namen der Energievorhersagen		
	Plausible Szenarien	Projektionen	Normative Szenarien
 WEC (2016) World Energy Szenarien bis 2060	<ul style="list-style-type: none"> • Modern Jazz (MJ) • Unfinished Symphony (US) • Hard Rock (HR) 		
 Shell (2013) New Lens Scenarios bis 2100, Mountain, Ocean; SKY	<ul style="list-style-type: none"> • Mountain (M) • Ocean (O) 		<ul style="list-style-type: none"> • Sky (S)
 Statoil (2017) Energy Perspektiven bis 2050	<ul style="list-style-type: none"> • Reform (Rf) • Rivalry (Rv) 		<ul style="list-style-type: none"> • Renewal (Rn)
 EIA (2017) International Energy Outlook bis 2040		<ul style="list-style-type: none"> • Reference 	
 IEA (2017) World Energy Outlook bis 2040		<ul style="list-style-type: none"> • Current policies (CP) • New policies (NP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustainable Development (SD)
 IEEJ (2017) Outlook bis 2050	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced Technology (AT) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reference 	
 BP (2018) Energy Outlook bis 2040		<ul style="list-style-type: none"> • Evolving Transition (ET) 	
 CEPSA (2017) Energy Outlook 2030		<ul style="list-style-type: none"> • Reference 	
 Exxon (2018) Outlook for Energy: Ein Blick auf 2040		<ul style="list-style-type: none"> • Reference 	
 Enerdata (2018) Global Energy Szenarien bis 2040	<ul style="list-style-type: none"> • Ener Brown 	<ul style="list-style-type: none"> • Ener Blue 	<ul style="list-style-type: none"> • Ener Green
 IRENA (2018) Perspektive für Energiewende			<ul style="list-style-type: none"> • 66% chance <2°C (662)
 DNV GL (2018) Energy Transition Outlook		<ul style="list-style-type: none"> • Reference 	
 IPCC (2018) Global Warming von 1.5° C			<ul style="list-style-type: none"> • P1, P2, P3, P4

WEC MJ (Modern Jazz), WEC US (Unfinished Symphony), WEC HR (Hard Rock), Shell M (Mountain), Shell O (Ocean), Statoil Rf (Reform), Statoil Rv (Rivalry), Ener-Brown, IEEJ AT (Advanced Technology), IEA CP (Current Policies), IEA NP (New Policies), EIA Ref (Reference), IEEJ Ref (Reference), BP ET (Evolving Transition), CEPSA Ref (Reference), Exxon (Reference), Ener-Blue: IEA SD (Sustainable Development), Shell S (Sky), Statoil Rn (Renewal), IRENA 662 (66 % below 2 °C), Ener-Green, IPCC P1 (Low Energy Demand), IPCC P2 (Sustainability), IPCC P3 (Middle of the Road), IPCC P4 (Fossil-Fueled Development)

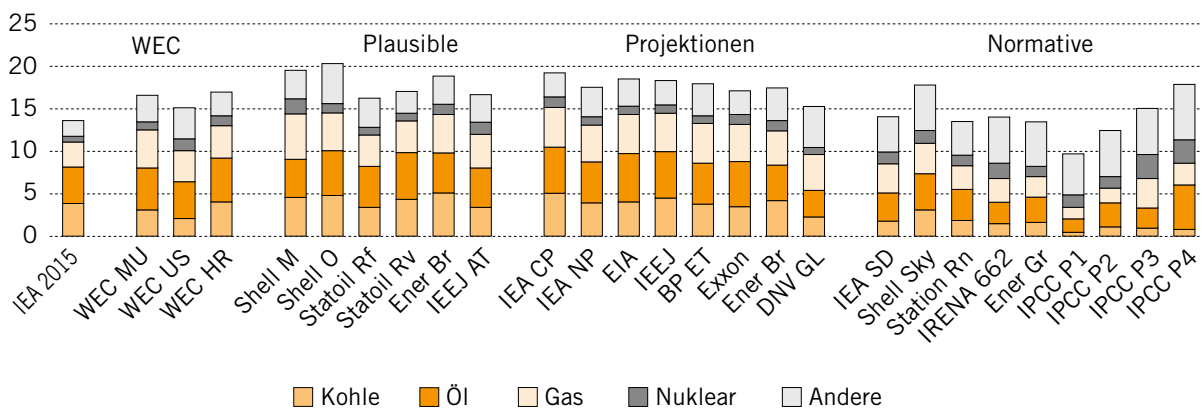
(CCS) wird eine bedeutende Rolle spielen (siehe IRENA und Shell SKY). Die Regierungen der Welt erreichen in gemeinsamen Abkommen erfolgreich eine Kombination von Marktinterventionen, Internationaler Koordination und regionaler Integration. Kernkraft spielt eine wichtige Rolle in den meisten normativen Szenarien, was zu geringeren CO₂-Emissionen führt und gleichzeitig die Systemstabilität sichert. Die Versorgungssicherheit steigt durch besseres Markt-Design, Smarte Energienetze und marktfähige Speicher. In einer systemweiten Betrachtung, hier werden auch andere Sektoren neben der Energiewirtschaft gesehen, nimmt die Anzahl von Elektrofahrzeugen drastisch zu und die Industrie verändert sich in Richtung CCS, Wasserstoff und weitere Elektrifizierung.

Die globale Energienachfrage wird unterschiedlich gesehen

- Die Annahmen der **globalen Energienachfrage** unterscheiden sich erheblich: Die Nachfrage wird generell in den Outlooks höher angenommen – in den normativen Szenarien grundsätzlich geringer (mit höherer Streuung). Die World Energy Szenarien gehen von geringerer Nachfrage aus, als andere plausible Szenarien.
- **Kohle:** Die normativen Szenarien unterstellen einen sofortigen und drastischen Rückgang der Kohlenachfrage, während Outlooks eine konstante Nachfrage unterstellen. Plausible Szenarien sehen unterschiedliche Entwicklungen.

Ergebnisse im Vergleich:

Abbildung 2.16: Hauptannahmen für den globalen Energie-Mix 2040 im Vergleich (Mio. GTOE)



Plausible: WEC MJ (Modern Jazz), WEC US (Unfinished Symphony), WEC HR (Hard Rock)/Shell M (Mountain), Shell O (Ocean), Statoil Rf (Reform), Statoil Rv (Rivalry), Ener-Brown, IEEJ AT (Advanced Technology)

Outlooks: IEA CP (Current Policies), IEA NP (New Policies), EIA Ref (Reference), IEEJ Ref (Reference), BP (Evolving Transition), CEPSA Ref (Reference), Exxon (Reference), Ener-Blue, DNV GL

Normative: IEA SD (Sustainable Development), Shell S (Sky), Statoil Rn (Renewal), IRENA 662 (66 % below 2 °C), Ener-Green, IPCC P1 (Low Energy Demand), IPCC P2 (Sustainability), IPCC P3 (Middle of the Road), IPCC P4 (Fossil-Fuelled Development)

- **Öl:** Die Ölnachfrage wird stabil in den Outlooks und plausiblen Szenarien erwartet; während der Anteil im Energiemix niedriger in den normativen gesehen wird – mit größerer Streuung.
- **Gas:** Die meisten Outlooks sehen ein starkes Wachstum beim Gas, normative Szenarien erwarten recht früh (vor 2040), dass der Scheitelpunkt der Nachfrage erreicht wird. Dieser Zeitpunkt wird in den plausiblen Szenarien sehr unterschiedlich gesehen – teilweise wird auch erwartet, dass Gas zum Rückgrat des Energiesystems wird (Shell Mountains).
- **Nuklear:** Alle Szenarien gehen davon aus, dass die Nachfrage nach Kernkraft steigen wird.
- **Erneuerbare Energien:** Solar und Wind (onshore/off-shore) werden in allen Szenarien und Prognosen als wachsend angesehen; die normativen Szenarien sehen einen deutlich stärkeren Anstieg als dies in den Outlooks erwartet wird. Die plausiblen Szenarien zeigen eine höhere Streuung bei der Wachstumsrate für Erneuerbare – sowohl für PV, als auch für Wind.

Zukünftige Entwicklungen

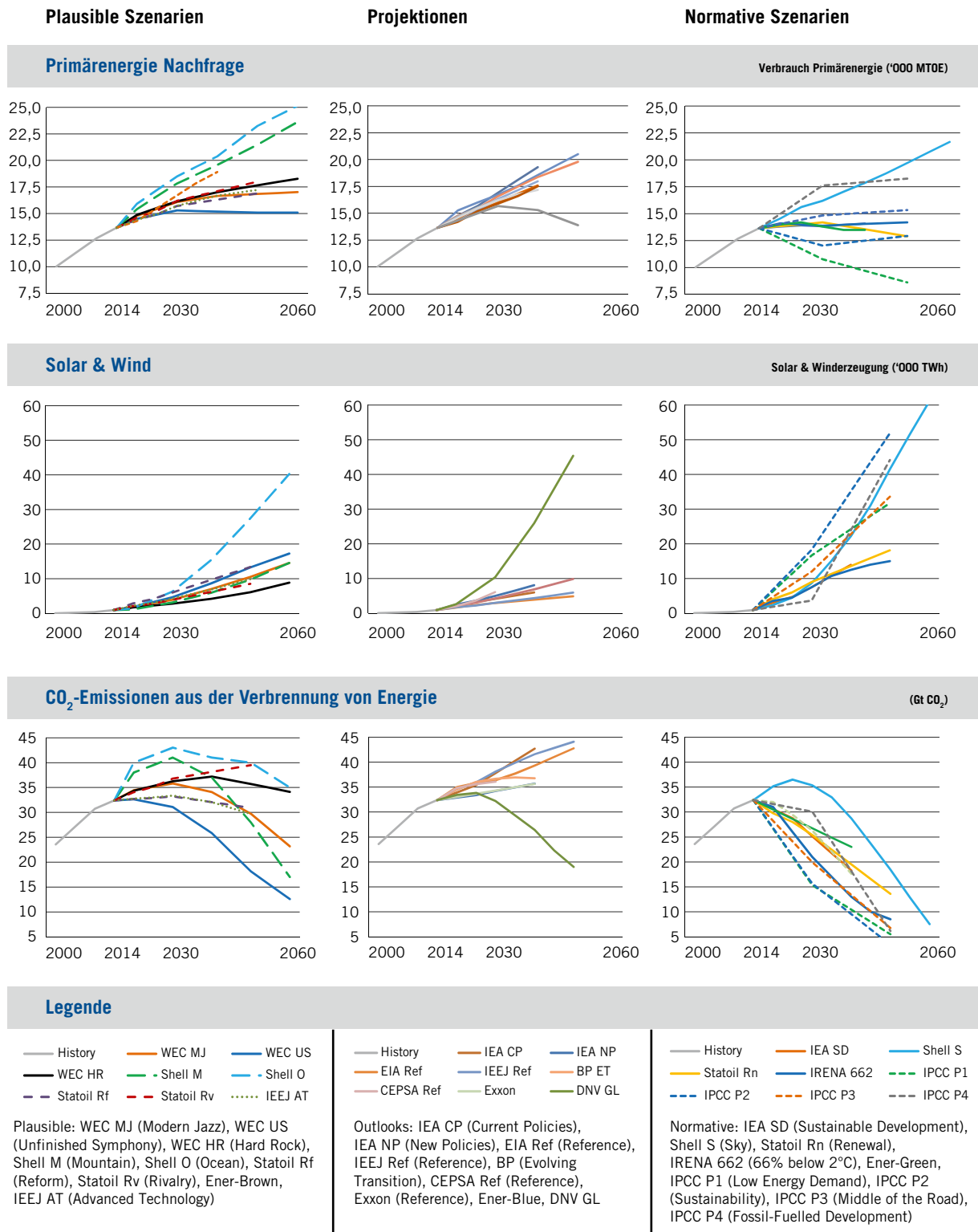
Ungeachtet des starken Anstiegs der erneuerbaren Energien bleiben fossile Energien wichtig. Wachsende Bedeutung erlangen synthetische Kraftstoffe (Power-to-X/e-Fuels). Höhere Energieeffizienz und zunehmende Elektrifizierung sind essentiell für eine CO₂-arme Wirtschaft. Viele Szenarien halten es auch für erforderlich, dass weltweit Protektionismus bekämpft werden muss. Stattdessen muss die internationale Kooperation und regionale Integration gestärkt werden und Klimaschutz in weltweiten Abkommen verfolgt werden. Größere Aufmerksamkeit muss dem veränderten Kundenverhalten und der Dezentralisierung gewidmet werden.

Entwicklungen außerhalb des Energiesektors

In der Analyse hat sich aber auch deutlich gezeigt, dass fast alle Szenarien wichtigen Entwicklungen, die teilweise außerhalb der Energiewirtschaft stattfinden, viel zu wenig Beachtung schenken – teilweise sie sogar ganz ausblenden.

➔ Die meisten verfügbaren Szenarien blenden grundlegende Veränderungen aus

Abbildung 2.17: Unterschiede der Vorhersagen (Auswahl)



Dies gilt zunächst für die demographische Entwicklung: Es wird in der Regel eine konstante Bevölkerung angenommen. Dabei werden regionale Unterschiede in globalen Regionen, aber auch Themen wie eine Alterung industrieller Gesellschaften oder eine weltweite zunehmende Verstädterung mit all ihren Auswirkungen auch auf die Energiewirtschaft, ausgeblendet.

Weiterhin werden die Auswirkungen von Umweltveränderungen gerne übersehen – dabei drehen sich die Studien doch gerade um die dringende Eindämmung des bereits begonnenen Klimawandels. Es finden sich kaum Studien, die auf die Bedeutung zu erwartender Klimafolgen eingehen. Dabei werden zunehmende Wärme, Unwetter und Wasserknappheit erheblichen Einfluss haben.

Das World Energy Council legt mittlerweile einen Fokus auf das Thema Resilienz, forscht zu den verschiedenen Themen und lässt diese auch in die Szenarien einfließen. Dazu gehört auch ein tieferes Verständnis für die Auswirkungen der Digitalisierung: Die Verbindung von Energieverwendung und digitaler Produktivität wird meist positiv gesehen und eine lineare Korrelation erwartet. Cyber Security oder ein stark verändertes Verhalten der Kunden, die zunehmend Prosumer werden und die Dezentralisierung fortschreiten lassen oder Off-Grid Lösungen werden nicht – oder nicht ausreichend – betrachtet.

→ Die neuen WEC-Szenarien berücksichtigen auch nicht unmittelbare Energiethemen – wie mögliche Folgen der Urbanisierung oder Cybersicherheit

Es wird in allen Studien von einer hohen Anzahl von Elektrofahrzeugen und drastisch günstigeren Batterietechnologien ausgegangen. Ob es aber auch einen Paradigmenwechsel durch veränderte Nachfrage geben kann, mit der Möglichkeit alternativer Wege oder Entwicklungen, wird nicht untersucht. Interessant ist: nur Shell erwähnt in seiner Sky Studie, dass soziale Ungleichheit auf der Welt zu Herausforderungen führen kann. 100 GJ werden hier als notwendige Energiemenge pro Einwohner auf der Welt als Grenze für menschenwürdiges Leben genannt.

Schließlich fehlt in den untersuchten Szenarien die Überlegung, welche Implikation eine Veränderung der Energielandschaft auf die geopolitische Entwicklung hat: Wie ist es, wenn sich die Welt nicht mehr ums Öl dreht. Dazu gehört auch die Frage, ob fortschreitende Innovation den

Kalten Krieg zwischen Elektronen und Molekülen verstärken oder beenden wird. Wird eine Sektorkopplung auf eine weitere Beschleunigung der Elektrifizierung setzen oder flüssigen Kraftstoffen eine neue starke Rolle in einer sauberen Zukunft bescheren?

Es ist zu hoffen, dass zukünftig mehr Studien die Komplexität umfassender aufgreifen – und eine klarere Unterscheidung zwischen Projektionen, normativen und plausiblen Szenarien ein besseres Verständnis in der Öffentlichkeit ermöglichen.

2.3 Weltweite Entwicklungen in der Offshore-Windenergie

- **Deutliches Wachstum der Offshore-Windenergie erwartet**
- **Europa und Asien sind die stärksten Wachstumsregionen**
- **Kostensenkungen begünstigen das Wachstum**

Der Ausbau der Offshore-Windenergie schreitet spürbar voran. Waren im Jahr 2010 weltweit noch wenig mehr als 2 Gigawatt (GW) an Offshore-Leistung installiert, so waren es Ende 2018 laut IRENA bereits 23,4 GW. Der globale Offshore-Windmarkt wird bis 2030 weiter deutlich wachsen. Bloomberg erwartet eine jährliche Wachstumsrate von 16 % gegenüber 2017 und eine Gesamtleistung von 115 GW im Jahr 2030. Andere Schätzungen gehen davon aus, dass dieser Wert bereits 2027 erreicht werden wird (Wood Mackenzie). Berücksichtigt man die nationalen Ausbauziele, ist ein Ausbau auf mehr als 150 GW bis 2030 denkbar.

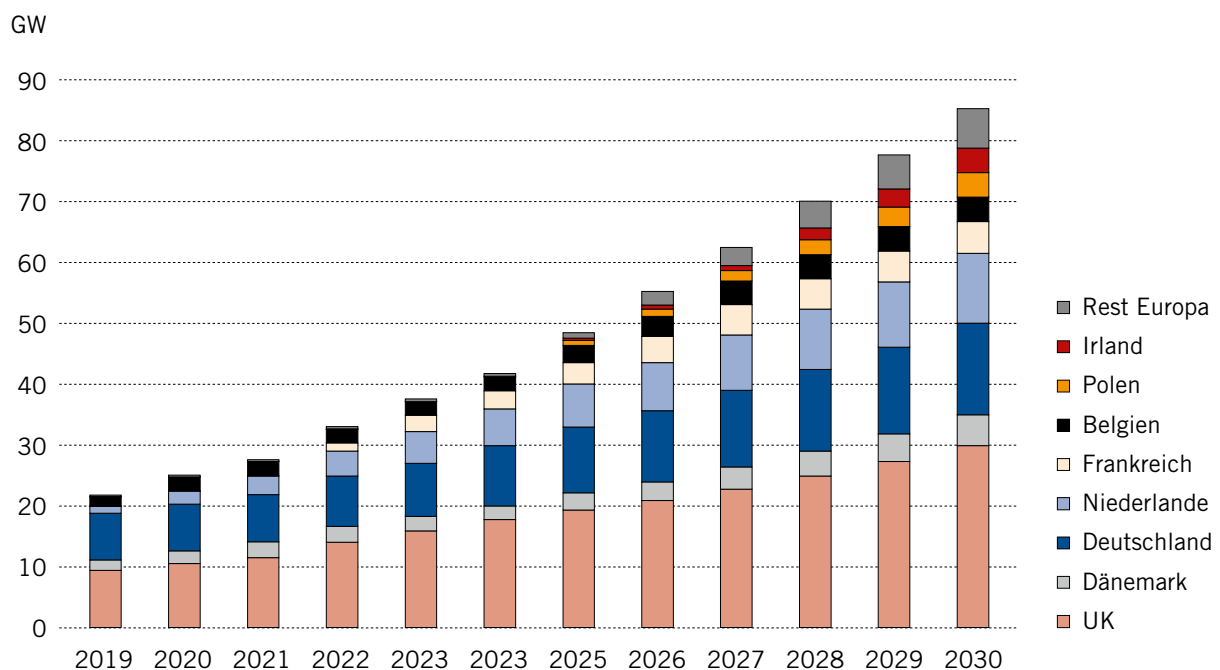
→ Europa bleibt in kommenden Jahren Hauptregion für den Offshore-Ausbau

Der bisherige Ausbau war allerdings kein globales Phänomen, sondern wurde eindeutig von Europa dominiert:

Ende 2018 waren außerhalb Europas lt. IRENA lediglich etwa 4,9 GW an Offshore-Leistung installiert. Innerhalb Europas entfallen knapp vier Fünftel der installierten Leistung auf das Vereinigte Königreich (ca. 45 %) und Deutschland (ca. 35 %), gefolgt von Dänemark, Belgien und den Niederlanden mit etwa 7 %, 6 % und 5 %. Auch im kommenden Jahrzehnt wird in Europa mit einem signifikanten weiteren Ausbau gerechnet. Bereits bis 2020 dürfte die in Europa installierte Gesamtleistung auf mehr als 25 GW wachsen; Ørsted erwartet einen Ausbau auf 43 GW im Jahr 2025. Für das Jahr 2030 divergieren die Schätzungen naturgemäß. Der europäische Windenergieverband WindEurope gibt eine Bandbreite von 49,5 bis über 98 GW an.

Bleibe es bei dem deutschen Ausbauziel von 15 GW im Jahr 2030, würde der Anteil Deutschlands an der installierten europäischen Offshore-Leistung damit auf etwa 20 % sinken. Auch in Zukunft wird ein starker Ausbau im Vereinigten Königreich (informelles Ziel bis 2030: 30 GW), in den Niederlanden (Ziel: 11,5 GW bis 2030,

Abbildung 2.18: Erwarteter Offshore-Zubau in Europa bis 2030 in GW



Quelle: Wood Mackenzie; Japan und Südkorea: politische Ausbauziele; Irland 2030: National Offshore Wind Energy Association of Ireland; Polen 2030: Foundation for Sustainable Energy; Extrapolation 2027 bis 2030 EnBW

aktuell ca. 1,2 GW) sowie in Dänemark erwartet. Die dänische Regierung hat drei Ausschreibungen mit jeweils 800 MW angekündigt, so dass ein Zuwachs von heute 1,3 GW auf etwa 4 GW im Jahr 2030 realistisch ist.

Als „Offshore-Land“ neu hinzukommen dürfte insbes. Frankreich; auch in Polen gibt es neue Entwicklungen. Der Ausbau in Frankreich läuft etwas verzögert an, aber die maßgebliche „programmation pluriannuelle de l'énergie“ (PPE) sieht bis 2028 eine Gesamtleistung von 4,7 bis 5,2 GW vor. Polen verfügt derzeit noch über keine installierte Offshore-Leistung, doch erwartet der polnische Übertragungsnetzbetreiber PNE einen Ausbau von 4 GW bis 2027. In Irland, das bisher erst 25 MW installiert hat, wird mit einem Ausbau von 1,2 bis 2 GW bis 2030 gerechnet.

Dynamisch wachsende Offshore-Märkte künftig vor allem in Asien

Die europäische Dominanz wird noch einige Jahre anhalten: Noch im Jahr 2022 dürften von den dann weltweit zu erwartenden 46 GW etwa 34 GW in Europa installiert sein. Allerdings blicken Marktbeobachter in jüngerer Zeit zunehmend nach Asien und Nordamerika, wo in den kommenden Jahren ebenfalls ein dynamisches Wachstum erwartet wird. In den asiatischen Ländern waren Ende 2016 lediglich etwa 1,7 GW (Ende 2018: 4,8 GW) installiert. Allerdings wird die installierte Leistung voraussichtlich bis Ende 2022 auf 11,3 GW wachsen. Kernmärkte sind China, Japan, Korea und Taiwan. In diesen Ländern sind die industriellen und infrastrukturellen Voraussetzungen größtenteils noch zu schaffen, insbes. der Aufbau einer Hafen-Infrastruktur sowie der Aufbau von Industrien zu Herstellung von Spezialschiffen, großen Windgeneratoren und Tragstrukturen. Weiterhin müssen netzseitige Voraussetzungen für die Aufnahme von Offshore-Windenergie geschaffen werden. Allerdings sind die Bedingungen für die Schaffung einer Offshore-Industrie in den genannten Ländern sehr gut. So haben China, Japan und Südkorea über langjährige Erfahrungen bei der Produktion von Windkraftanlagen und damit über eine entsprechende Lieferkette. Insbesondere Japan und Südkorea verfügen über eine gut ausgebaute maritime Industrie. In Japan, Südkorea und Taiwan werden zudem Marktreformen (insbes. Unbundling integrierter Staatsunternehmen) durchgeführt. Auch muss die verwendete Technologie an die spezifischen Bedingungen der Region

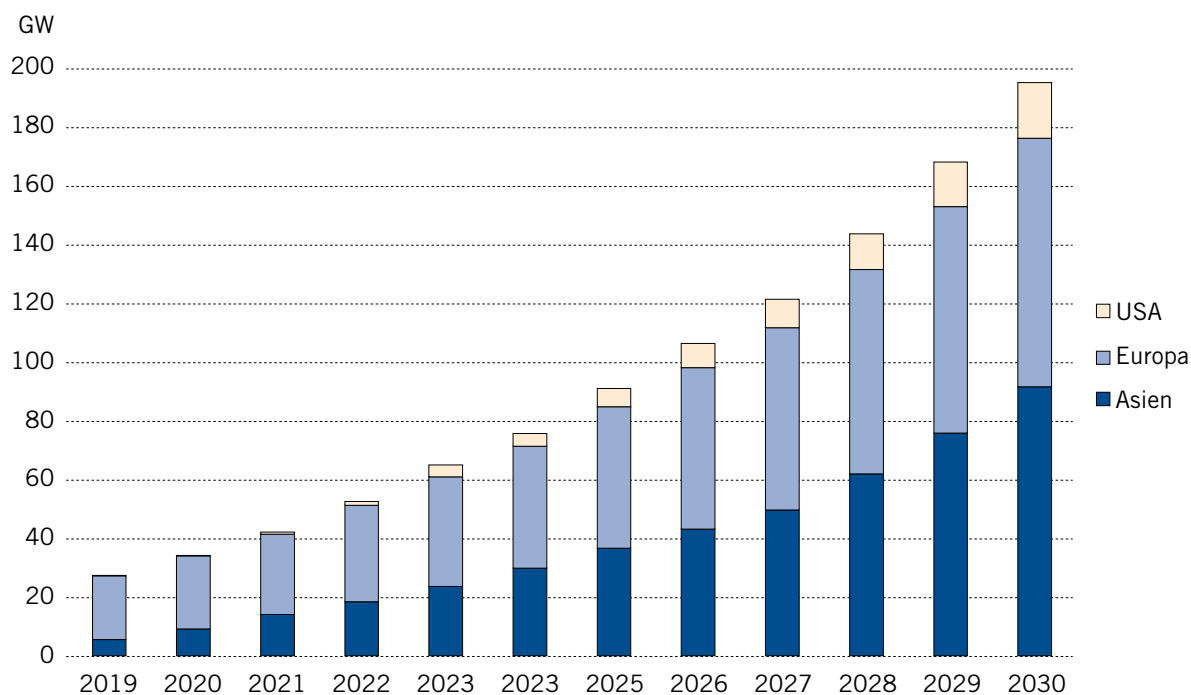
(Taifune, Sedimentierungen in Flussdelta-Meeresböden, große Wassertiefen) angepasst werden.

Sind diese Voraussetzungen gegeben, wird mit einem dynamischen Wachstum gerechnet. In Japan, Taiwan und Südkorea setzt man aufgrund begrenzter Flächenverfügbarkeit an Land auf die Offshore-Technologie, um die jeweils nationalen Dekarbonisierungsziele erreichen zu können. China plant den Aufbau von 5 GW bis 2020, die mit großer Sicherheit überschritten werden dürften. Marktbeobachter rechnen damit, dass China bis Ende des kommenden Jahrzehnts mehr als 30 GW Offshore-Windleistung aufbauen kann. Damit würde 2030 jedes vierte bis fünfte weltweit installierte Offshore-GW vor der chinesischen Küste stehen. Aller Voraussicht nach wird China Mitte des kommenden Jahrzehnts das Vereinigte Königreich als Land mit der größten installierten Offshore-Leistung ablösen. In Taiwan wurden bereits Ausschreibungen durchgeführt, die bis 2025 zu einem Ausbau auf 5,5 GW führen sollen. Taiwan wird mit einem Ausbau auf etwa 10 GW bis 2030 an zweiter Stelle hinter China in Asien sein. Japan hat jüngst die gesetzliche Grundlage für den Offshore-Ausbau geschaffen und wird nun die Phase kleinerer Demonstrationsprojekte hinter sich lassen. Da Japan keine offiziellen Ausbauziele hat, sind Schätzungen hinsichtlich des künftigen Zubaus schwierig und divergieren erheblich. Ein Ausbau auf etwa 10 GW bis 2030 scheint politisch gewünscht zu sein. In Südkorea werden 13 GW bis 2030 angepeilt. Analysteneinschätzungen sehen für beide Länder derzeit allerdings einen geringeren Ausbau voraus.

Für die nächsten Jahre ist aufgrund der klimatischen und naturräumlichen Bedingungen sowie aufgrund des Aufbaus der erforderlichen Infrastruktur noch mit – im Vergleich zu Europa – eher kleineren Projekten und etwas höheren Stromgestehungskosten zu rechnen.

Auf wachsendes Interesse stößt auch der nordamerikanische Markt. Die USA hatten Ende 2017 lediglich eine installierte Leistung von 30 MW, bis Ende 2022 sollen es rund 1,2 GW sein. Einschätzungen zum weiteren Ausbau divergieren allerdings. Bloomberg prognostiziert, dass bis 2030 3 bis 4 GW in den USA insgesamt installiert sein werden; BVG Associates liefern eine optimistischere Prognose, bei der die jährliche installierte Kapazität im Jahr 2026 über 1 GW liegt und eine Gesamtleistung von 8,4 GW Ende 2030 erreicht wird; noch optimistischer ist Wood Mackenzie mit deutlich über 9 GW bereits 2027. In den USA gibt es kein Ausbauziel für Offshore auf der Bundesebene; vielmehr treiben einzelne Bundesstaaten den Ausbau voran. Gründe hierfür sind insbesondere die

Abbildung 2.19: Erwarteter Offshore-Zubau weltweit bis 2030 in GW



Quelle: Wood Mackenzie; Japan und Südkorea: politische Ausbauziele; Irland 2030: National Offshore Wind Energy Association of Ireland; Polen 2030: Foundation for Sustainable Energy; Extrapolation 2027 bis 2030 EnBW

eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für andere Erneuerbaren-Technologien im Nordosten der USA und die Hoffnung, dass sich die zunehmende Erneuerbaren-Produktion dämpfend auf den örtlichen Strompreis auswirken wird. Der Ausbauswerpunkt wird zunächst an der Ostküste sein. Besonders aktiv sind derzeit Maryland (Ziel: mehr als 480 MW bis 2022), Massachusetts (1,6 GW bis 2027), New York (2,4 GW bis 2030), New Jersey (3,5 GW bis 2030), Maine (5 GW bis 2030) und Connecticut (825 GWh pro Jahr im Jahr 2025). Auch in Kalifornien ist ein substanzieller Ausbau geplant, allerdings wird hier wegen der Wassertiefen vor allem auf schwimmende Fundamente zurückgegriffen werden müssen. Entsprechende Projekte dürften erst nach 2025 realisiert werden. Ähnlich wie in Asien muss auch in den USA erst eine Lieferkette sowie eine Offshore-Infrastruktur aufgebaut werden.

**➔ Deutliche Kostensenkungen
stützen den weltweiten
Ausbau von Offshore**

Ein wesentlicher Grund für das globale Wachstum der Offshore-Technologie ist – neben Faktoren wie begrenzter Flächenverfügbarkeit für Onshore-Technologien – die Kostenentwicklung. Die Stromgestehungskosten, also die Gesamtkosten, umgelegt auf die produzierte Megawattstunde, werden sich bis 2030 gegenüber 2015 um etwa zwei Drittel vermindert haben (von etwa 150 EUR/MWh auf etwa 50 EUR/MWh). Hauptgründe auf der technischen Ebene sind größere und effizientere Generatoren, optimierte Tragstrukturen, technische Fortschritte bei der Verkabelung und beim Netzanschluss (Erhöhung der Kapazität und der Spannung der Exportkabel). Wesentliche Kostenreduzierungen haben sich zudem durch Verbesserungen bei Installation und Logistik (Reduzierung von Installationszeiten, Logistikoptimierung) sowie durch Optimierungen bei Betrieb, Wartung und Instandhaltung ergeben.

Der größte Kostensenkungseffekt hat sich bislang bei den Generatoren ergeben, bei denen ein deutliches Größenwachstum zu verzeichnen war. Größere Generatoren vermindern naturgemäß die Anzahl der zu errichtenden Windenergieanlagen und reduzieren den Wartungs- und Instandsetzungsaufwand. Die Kapazität der Generatoren

ist allein in den letzten zehn Jahren um etwa 100 % gestiegen (pwc). In Europa betrug die durchschnittliche Größe der installierten Offshore-Windkraftanlagen im Jahr 2017 5,9 MW, was allein gegenüber 2016 einem Anstieg von 23 % entspricht. Die Anlagengrößen werden in den kommenden Jahren noch deutlich weiter zunehmen. So wird damit gerechnet, dass bis 2024 Generatoren mit einer Leistung von bis zu 15 MW im Markt zur Verfügung stehen werden (WindEurope).

Schwimmende Fundamente (Floating Offshore) sind derzeit noch in der Entwicklung begriffen. Aktuell sind weltweit lediglich etwa 20 MW installiert; ca. 300 MW Demonstrationsanlagen und 7 GW in Großprojekten sind angekündigt (Norwegian Energy Partners/BVG). Die genaue Entwicklung ist aktuell noch schwer abzuschätzen, da sich bisher keines der derzeit in Entwicklung befindlichen technischen Konzepte für die schwimmende Tragstruktur durchgesetzt hat.

Ein wesentlicher Vorteil der Floating-Technologie ist, dass sie bei größeren Küstenentfernungen in größerer Wassertiefe, d.h. mit noch besserer Windausbeute eingesetzt werden kann. Aufgrund der hohen Windausbeute erwarten einzelne Marktbeobachter sogar, dass die Stromgestehungskosten bei Anlagen mit schwimmenden Fundamenten noch schneller sinken könnten als bei der fest installierten Offshore-Windenergie. Von heute 180 bis 200 €/MWh wird bis 2030 mit einem Rückgang der Kosten auf 40 bis 60 €/MWh gerechnet (WindEurope). Derzeit ist eine solche Entwicklung aber sehr schwierig zu prognostizieren, weil sich die Technologie noch in einem frühen Stadium befindet.

Vor allem Japan und Korea sowie die Westküste der USA dürften aufgrund der großen Wassertiefen wesentliche Testmärkte für schwimmende Fundamente werden. Allerdings ist das Potenzial für Anlagen mit festen Fundamenten sowohl an der US-Ostküste als auch in Asien in den kommenden Jahren noch ausreichend.

Die absehbar deutlichen Kostensenkungen und auch die für eine Erneuerbaren-Erzeugungsart hohe Volllaststundenzahl dürften dafür sorgen, dass Offshore-Windenergie immer wettbewerbsfähiger auch gegenüber neu zu installierenden fossilen oder nuklearen Anlagen wird und der Ausbau global dauerhaft anhält. Zur Umsetzung ihrer Dekarbonisierungsziele setzen einige Länder außerdem auf diese Technologie, um räumlichen Beschränkungen oder an Land auftretenden Akzeptanzproblemen zu entgegen.

2.4 Batterieelektrische Antriebe vs. E-Fuels

- **Elektromobilität und E-Fuels ergänzen sich komplementär in unterschiedlichen Mobilitätsanwendungen**
- **Die ambitionierten deutschen Klimaziele sind nur im Zusammenspiel beider Technologien zu erreichen**
- **Neben dem initiierten Hochlauf der Elektromobilität wird auch ein zeitiger Markthochlauf von E-Fuels benötigt**

Was sind E-Fuels?

E-Fuels sind synthetische, strombasierte Kraftstoffe, die mit heutigen Diesel und Benzin nahezu vollständig identisch sind, aber nicht aus fossilen Quellen stammen sondern aus erneuerbarem Strom, Wasser und CO₂ hergestellt wurden. Während ihres Produktionsprozesses wird CO₂ gebunden, das während der Nutzungsphase in gleicher Menge wieder emittiert wird – sodass der gesamte Kreislauf von Produktion bis Nutzung klimaneutral ist.

Bisher hat die deutsche Industrie zu Forschungszwecken, dem Bau von Pilotanlagen und der Finanzierung von Start-ups ca. 200 Mio. Euro in E-Fuels-Technologien investiert. Damit ist Deutschland führend bei der Entwicklung und Herstellung von Elektrolyseuren und Umwandlungstechnologien (Methanisierung, Methanolsynthese oder Fischer-Tropsch-Reaktoren). Viele Technologien haben einen hohen technischen Reifegrad erreicht. In den letzten 2 Jahren wurde eine Vielzahl von Studien in Auftrag gegeben, die mögliche Produktionskosten von E-Fuels im Zeitablauf bis 2050 untersucht haben, sie kommen je nach regionaler Verankerung der Produktion, Markthochlaufannahmen und Verzinsungsannahmen auf Produktionskosten im Jahr 2030 um 1-2 €/l Dieseläquivalent. Parallel zu diesen Effekten entwickeln sich die Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien weltweit positiv für die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der E-Fuels-Produktion.

Die Studien kommen auch einvernehmlich zu dem Schluss, dass E-Fuels zum Erreichen der Klimaziele faktisch alternativlos sind. Flüssige synthetische Kraftstoffe werden mittel- bis langfristig mindestens in der Luft- und Schifffahrt unverzichtbar sein, abhängig von der Betrachtungsweise auch im Straßenverkehr. Ein Markthochlauf dieser Technologien ist somit gesellschaftlich gefordert, was Investitions- und Planungssicherheit durch langfristige und stabile Rahmenbedingungen benötigt.

Elektromobilität heute

Im Jahr 2017 wies Deutschland mit 54.617 Neuzulassungen, weltweit prozentual die höchste Wachstumsrate von 117 Prozent auf. 2018 konnte die Zahl der verkauften Elektroautos noch einmal um 24 Prozent gesteigert werden. Am 1.1.2019 lag der Bestand in Deutschland

bei ca. 150.000 Elektro-Pkw. Das erfolgreichste Elektromodell in Deutschland 2018 (Batterieelektrisch [BEV] und Plug-In-Hybrid [PHEV]) ist der VW Golf. Dahinter folgen der Renault Zoe und der BMW i3. Der Marktanteil der deutschen Hersteller ist in den meisten großen Märkten außer China in etwa so groß wie bei Pkw insgesamt. In den USA ist er mit 11 % sogar klar höher als der Gesamtmarktanteil.

Im größten Markt China schwächt sich das Wachstum im Jahresverlauf etwas ab. Trotzdem werden in China inzwischen mehr Elektro-Pkw neu zugelassen als in Westeuropa, den USA und Japan zusammengenommen. In Westeuropa beträgt die Wachstumsrate der Pkw-Elektroneuzulassungen 33 Prozent. In den Volumenmärkten sind die Zuwächse bescheidener. In Norwegen sind es 21 Prozent, in Großbritannien und Frankreich 19 Prozent. Beim Anteil bleibt Norwegen mit 52,9 Prozent an der Spitze, Schweden erreicht 12,6 Prozent, die Niederlande 7,4 Prozent und China 4,2 Prozent. Deutschland liegt bei 2,6 Prozent und damit gleichauf mit den USA.

Die Aufteilung des Elektro-Pkw Marktes auf BEV und PHEV ist oft in etwa pari. In China allerdings entfallen 73 % aller Elektro-Neuzulassungen auf rein elektrische Fahrzeuge. In Westeuropa beherrschen die Plug-In Hybride mit 51 % das Geschäft, in den USA kommen sie sogar auf 53 %.

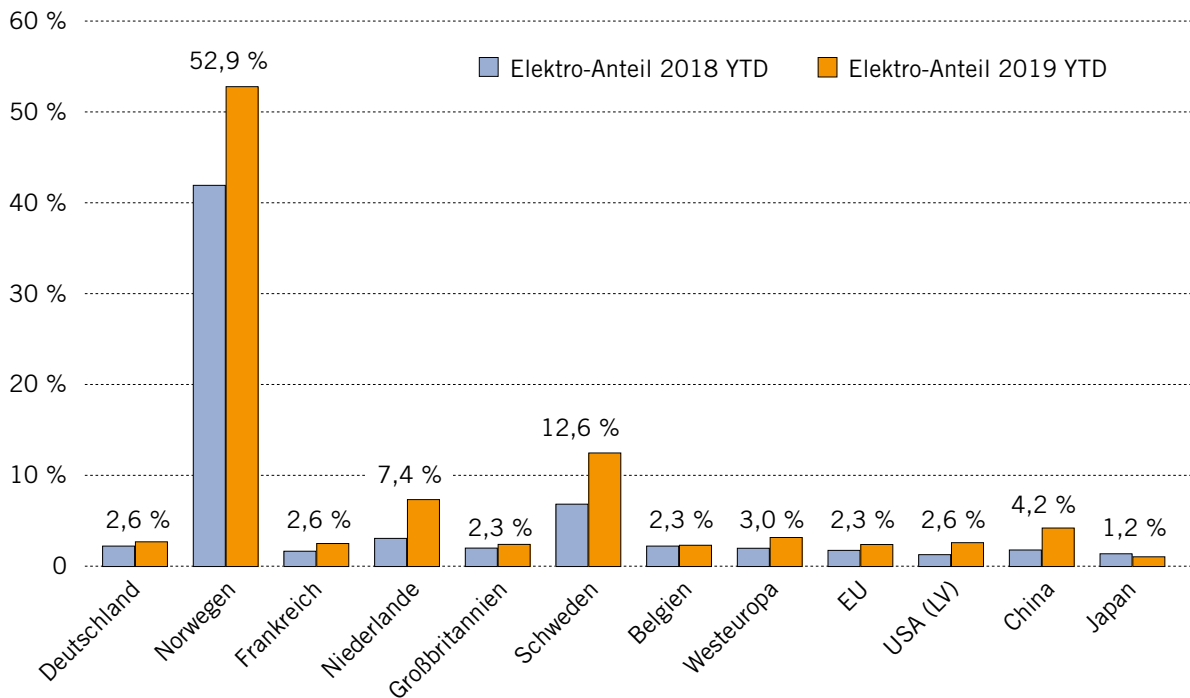
Bei Brennstoffzellefahrzeugen wurden 2017 weltweit 3.471 Neuzulassungen registriert – nach 2.290 im Jahr 2016. Zweidrittel der Neuzulassungen entfallen auf den US-Markt, 24 % auf Japan und nur 9 % auf Europa.

Stärken und Schwächen Elektromobilität und E-Fuels

Es existieren unterschiedliche Vor- und Nachteile von Elektromobilität und E-Fuels. Elektrofahrzeuge emittieren bei der Fahrt keine Treibhausgase. E-Fuels hingegen emittieren zwar bei der Verbrennung CO₂, aber nur in genau der Menge, die zuvor der Atmosphäre entnommen wurde, sind also ebenfalls klimaneutral.

Elektromobilität ist nahezu marktreif. Auch das Ladeinfrastrukturnetz wird zunehmend dichter. Rund 13.500 öffentlich zugängliche Ladepunkte stehen bundesweit

Abbildung 2.20: Elektro-Anteil am Pkw-Gesamtmarkt – 2019: Jan.-Feb.

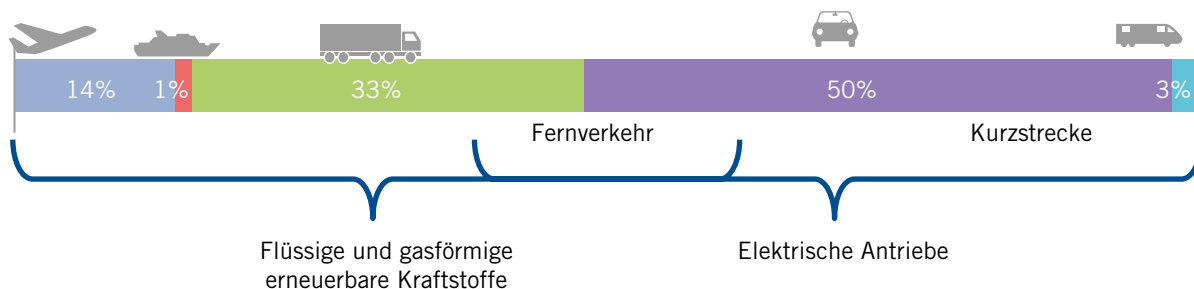


Quelle: KBA, WardsAuto, Fourin, IHS driven by Polk,VDA, 2018

zur Verfügung, vor allem in Ballungsgebieten. Ländliche Gebiete sind noch wenig erschlossen. Auch im europäischen Rahmen sind deutliche Ungleichheiten zu sehen, die Verteilung der Ladepunkte konzentriert sich hier deutlich auf wenige west- und nordeuropäische Länder. Für Deutschland bedeutet Elektromobilität die Herausforderung, seine Spitzenposition als Industrie-, Wissenschafts- und Technologiestandort zu sichern und neue Geschäftsfelder zu erschließen. Chancen ergeben sich in den Industriesegmente, die entsprechendes Wissen über die künftigen Schlüsseltechnologien wie zum Beispiel Batterieentwicklung, Fahrzeugbau oder innovative Werkstofftechnologien im Unternehmen verankern. So tragen zum Beispiel Verbundwerkstoffe im Leichtbau zur Gewichtsreduzierung – sei es bei der Fahrzeugkarosserie, Felgen oder im Interieur – und somit zu effizienteren Fahrzeugen sowohl bei Verbrennern als auch BEVs bei.

Die Einstellung der Nutzerinnen und Nutzer gegenüber Elektromobilität wird wesentlich durch die Passgenauigkeit zu den eigenen persönlichen Mobilitätsbedürfnissen beeinflusst – dies zeigen unter anderem das Nutzungsverhalten aus den Regionen des Schaufensterprogramms Elektromobilität, der Nationalen Plattform Elektromobilität und das Feedback von Kundinnen und Kunden an die

Hersteller. Die subjektive Einschätzung, ob gewohnte Wege und bestimmte Ziele auch mit einem Elektrofahrzeug bewältigt werden könnten, ist in hohem Maße entscheidend für die Kaufbereitschaft. Eine Rolle spielt hierbei sicherlich, dass sich die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel, nach den Ergebnissen einer im Frühjahr 2017 veröffentlichten ADAC-Umfrage zur zukünftigen Mobilität auch in den nächsten Jahren kaum ändern wird. Das heißt, es muss davon ausgegangen werden, dass die Wahl der gegenwärtig präferierten Verkehrsmittel mittelfristig so bestehen bleibt und auch der motorisierte Individualverkehr in den nächsten Jahren nicht an Bedeutung verlieren wird. Elektrofahrzeuge müssen folglich die gewohnten Mobilitätsbedarfe der Nutzer befriedigen können, um von Kunden als Alternative bei der Kaufentscheidung zu gelten. Als größte Kaufhindernisse gelten weiterhin der erhöhte Anschaffungspreis gegenüber einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und eine im Vergleich zu diesem geringe Reichweite, die den Erwartungen noch nicht entsprechen. Realistische Reichweitenangaben und Investitionssicherheit durch eine nachvollziehbare Batterielebensdauer sind ebenso zentral. Als weiteres Hindernis gilt die schon genannte Verfügbarkeit der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur.

Abbildung 2.21: Aufteilung des Energiebedarfs im Verkehrssektor 2030 – Einsatzbereiche erneuerbarer Antriebe


Quelle: VDA, nach der Aufteilung der Verkehrssektoren nach Energiebedarf: Eurostat, European Commission, DG Energy and Transport; European Energy and Transport, Trends to 2030

Diese Herausforderungen aus Kundensicht sind es gerade, die die Vorteile synthetischer Kraftstoffe (E-Fuels) deutlich werden lassen. Neue effiziente PKW mit Verbrennungsmotoren mit einem Verbrauch von 4-5 l/100 km haben Reichweiten um 800-1200 km, sind günstiger in der Anschaffung, können auf eine europaweit verfügbare Betankungs-Infrastruktur zurückgreifen und enthalten kein Risiko bzgl. Batterielebensdauer oder Restwerten. Das heißt, E-Fuels sind bestandskompatibel, können also auch als Beimischung in bestehende Kraftstoffe für sofortige, nachweisbare Klimaeffekte sorgen und ermöglichen ein identisches Nutzungsverhaltens analog zu heutigen konventionellen Energieträgern. Dies erhöht auch die gesellschaftliche Akzeptanz erneuerbarer Energien und führt zu Know-how- und Arbeitsplatzsicherung bei industriepolitischen Kerntechnologien Europas wie Motoren und Getrieben sowie in der Energie- und Gaswirtschaft.

E-Fuels können zur Speicherung von Strommengen und Nutzung in Bereichen, in denen die Elektrifizierung ökonomische, ökologische oder gesellschaftliche Nachteile aufweist, wie beispielsweise im Langstrecken- und Straßengütertransport sowie in der Schiff- oder Luftfahrt eingesetzt werden. Außerdem können E-Fuels eine Grundlage für den Hochlauf einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft bieten. Sie erhöhen die Flexibilität im Hochlauf der Elektrifizierung und ermöglichen eine Absicherung durch Diversifizierung beim Eintreten von Risiken bzgl. des Ausbaus des Stromnetzes und der Ladeinfrastruktur, der Ressourcenverfügbarkeit, Kundenakzeptanz und Batteriepreisentwicklung oder -recycling.

Die oben erwähnte deutsche Technologieführerschaft bei Elektrolyse- und Umwandlungstechnologien birgt Exportpotenzial und eine langfristige Diversifizierung des Im-

ports von Energiemengen durch E-Fuels aus Regionen mit Überschüssen an erneuerbarer Energie bzw. geringen Stromkosten von diesen.

Diverse Studien zeigen, dass zur Erreichung der Klimaziele E-Fuels in einem erneuerbaren Energiesystem unverzichtbar sind. Deshalb ist die Schaffung von politischen Rahmenbedingungen zur Skalierung nun von besonderer Bedeutung und prioritär zu verfolgen, um eine signifikante und zeitnahe Reduktion von CO₂-Emissionen im Verkehrssektor zu ermöglichen.

E-Fuels haben auf Grund von Umwandlungsverlusten Nachteile in der Energie-Effizienz. Ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und E-Fuels benötigt im Vergleich zum rein elektrisch angetriebenen Fahrzeug je nach Betrachtungsweise die drei- bis fünffache Energiemenge. Die geringere Effizienz von E-Fuels spielt im Kontext der globalen Herstellungsmöglichkeiten mit sehr geringen Stromkosten und unter Betrachtung der ganzheitlichen CO₂-Vermeidung jedoch keine entscheidende Rolle. An vielen geeigneten und developmentspolitisch interessanten Standorten lassen sich E-Fuels günstig herstellen und gut in die Verbraucherländer exportieren.

Beide genannten Technologien können sich ergänzen und Hand in Hand gehen, um das Klima zu schützen, Mobilität bezahlbar und für Verbraucherinnen und Verbraucher passend zu gestalten. Des Weiteren können Industriepotenziale ausgeschöpft und nachhaltig gestaltet werden. Unterschiedliche Mobilitätsanwendungen benötigen unterschiedliche, nachhaltige Lösungen. Der Energiebedarf des Verkehrssektors ist groß genug und die Klimaziele ambitioniert genug für E-Fuels UND Elektrofahrzeuge.

2.5 Die 24. Klimakonferenz in Kattowitz

- **Beschluss eines Regelwerks zur Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens**
- **Ab 2024 weltweiter Mindeststandard für Berichte von Treibhausgasemissionen**
- **Marktmechanismen im Klimaschutz sollen im Detail auf der COP 25 diskutiert werden**

Das Ziel der 24. Klimakonferenz in Kattowitz war die Schaffung eines detaillierten Regelwerks zur weltweiten Umsetzung des Klimaübereinkommens von Paris. In Paris einigte man sich darauf, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Das Regelwerk zur Umsetzung des Paris-Ziels beschäftigt sich vor allem damit, die Beiträge der Staaten zur Treibhausgasminde rung transparent und vergleichbar zu machen, sowie mit der Finanzierung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen.

Die Klimakonferenz begann dabei recht holprig, da der Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zur Machbarkeit des Parisabkommens nur zur Kenntnis genommen und nicht begrüßt wurde. Treibende Kräfte waren hierbei die USA, Russland, Saudi-Arabien und Kuwait. Auf internationaler Ebene scheint daher das Interesse an dem ambitionierteren 1,5 °C-Ziel verhalten zu sein.

Ergebnisse der COP 24

Transparenz der Berichte

Globaler Klimaschutz kann nur umgesetzt werden, wenn die Ziele der Länder zu Treibhausgasemissionen einen weltweitem Mindeststandard genügen, damit zu festgelegten Zeitpunkten vergleichbare Informationen vorhanden sind. In Paris wurde 2015 festgelegt, dass spätestens 2020 jeder Vertragspartner Klimaschutzbeiträge einreichen wird (sogenannte NDC = Nationally Determined Contributions). Alle fünf Jahre können die NDCs aktualisiert werden. Sofern für die folgende 5-Jahresperiode kein Klimaziel besteht, muss ein neues Ziel angegeben werden. Die Klimaziele dürfen dabei nur verschärft werden. In den NDCs benennen die Staaten auch ihre Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen. Entwicklungsländer sollen Details zur finanziellen Unterstützung darlegen. Die COP 24 in Kattowitz einigte sich nun auf Mindeststandards für die NDCs. Dadurch sollen nationale Reduktionssziele quantifizierbar, nachvollziehbar und vergleichbar werden.

→ Die COP-24 erreichte erste Schritte hin zu globaler Vergleichbarkeit beim Klimaschutz

Ebenso einigte man sich auf einheitliche Regeln zur Berichterstattung der nationalen Emissionen an das UNFCCC. Ab 2024 gibt es nun für alle Staaten einen Mindeststandard zu Berichterstattung der Staaten über ihre Emissionen und zu erfolgten Klimaschutzmaßnahmen. Für Industrieländer gilt der Mindeststandard bereits ab 2022.

Zudem soll ab 2023 im Fünf-Jahre-Turnus eine globale Bestandsaufnahme zum Klimaschutz erfolgen. Auch dafür werden die einheitlichen Regeln benötigt, wobei offensichtlich im ersten Bericht auf Informationen aus Nicht-Industrieländern nur bedingt zugegriffen werden kann. Der Bericht dürfte dann zunehmend zur Grundlage weiteren Handelns dienen.

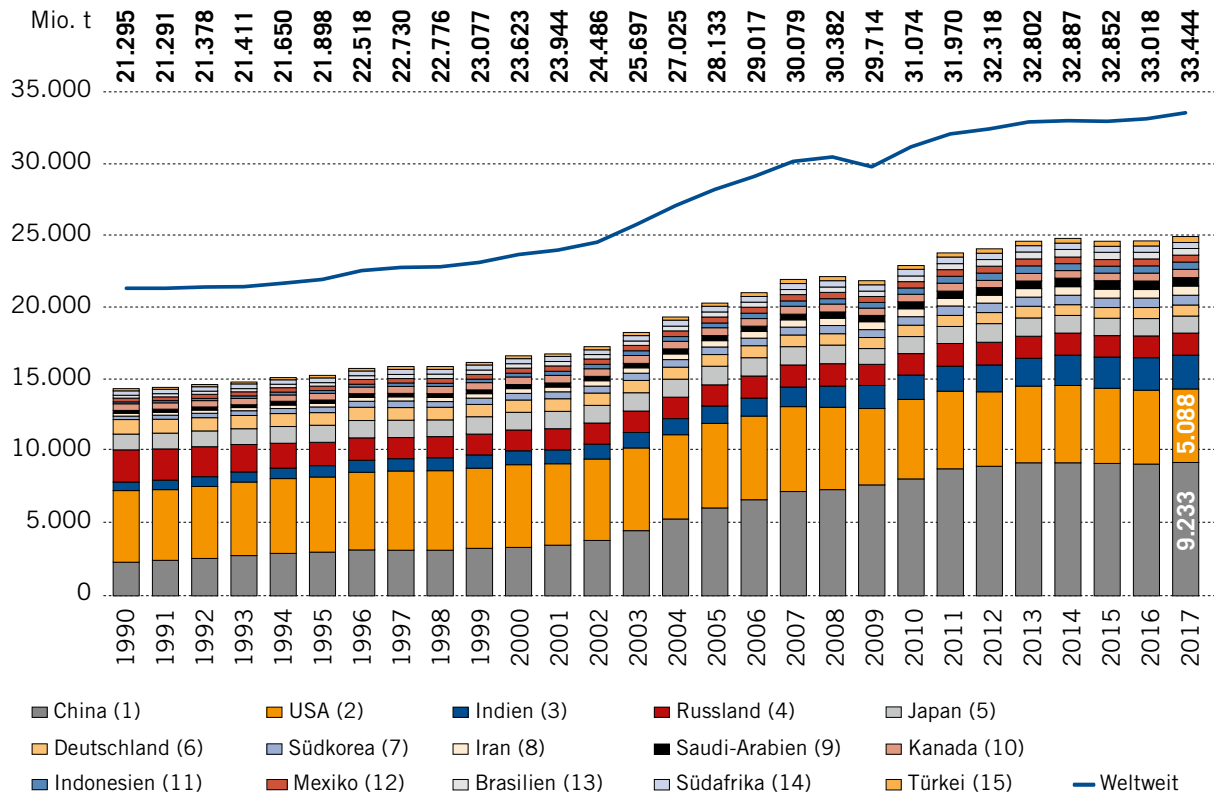
Marktmechanismen: Anrechnung von Emissionsminderungen

Artikel 6 des Parisabkommens beschreibt die Kooperation von Ländern bei Maßnahmen zur Implementierung der NDCs. Die Kooperation kann dann zum Transfer sogenannter Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMOs) führen, welche dann in den Klimazielen eingerechnet werden können. Damit soll der bereits bekannte und etablierte Clean Development Mechanism (CDM) ersetzt werden und die Möglichkeit eröffnet werden, regionale Emissionsmärkte miteinander zu verknüpfen.

Wesentlicher Streitpunkt in Kattowitz waren die damit verknüpften Bilanzierungsregeln, die eine Doppelzählung von Emissionsvermeidungen unterbinden sollen. Insbesondere bei der Anrechnung auf nationale Emissionsinventare konnte keine Einigung erzielt werden. Brasilien z. B. plädierte sehr stark dafür, bisherige unter dem Kyoto-Protokoll erreichte und zertifizierte Minderungsleistungen (sogenannte CERs = certified emission reductions) auch im Parisabkommen anzuerkennen.

Für das europäische Emissionshandelssystem EU ETS ist beginnend mit 2021 keine Anerkennung von Treibhausgasvermeidungen aus internationalen Projekten mehr vorgesehen. Insofern betrifft die Diskussion die EU zunächst gar nicht. Es werden jedoch Spekulationen geäußert, dass ein schärferes 2030-Klimaziel der EU nur in Kombination mit der Anerkennung internationaler kos-

Abbildung 2.22: Die fünfzehn größten CO₂-Emittenten im Jahr 2017



Australien ist nicht mehr vertreten, dafür kam die Türkei neu hinzu. Die 15 größten CO₂-Emittenten haben einen Anteil von knapp 75 % an den globalen CO₂-Emissionen.

Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2018

teneffizienter Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen werden könnte.

Finanzierung von Maßnahmen in Entwicklungsländern

Auf der Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 sagten die Industrieländer zu, ab 2020 jährlich 100 Mrd. US-\$ aus öffentlichen und privaten Quellen für Klimaprojekte in Entwicklungsländern zur Verfügung zu stellen. Das UN Standing Committee on Finance (SCF) berichtet über den Status alle zwei Jahre. Kurz vor der COP 24 erschien der dritte Bericht, der die Jahre 2015 und 2016 abdeckt. Für 2016 wurden 71,4 Mrd. US-\$ genannt (2013: 52,7 Mrd. US-\$).

Die EU zusammen mit den Mitgliedsstaaten und der Europäischen Investitionsbank haben 2017 für 20,4 Mrd. €

(entspricht 23,4 Mrd. US-\$) Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern finanziert. Multilaterale Entwicklungsbanken standen 2017 für 35,2 Mrd. US-\$. Die Weltbank kündigte Investitionen von 200 Mrd. US-\$ zwischen 2021 und 2025 an. Insofern scheint man hier auf gutem Wege zu sein, auch ohne die USA das 100-Mrd.-US-\$-Ziel zu erreichen.

In Kattowitz wurde ein Prozess beschlossen, mit dem neue Finanzierungsziele ab 2025 gesetzt werden können. Dabei sollen die 100 Mrd. US-\$ jährlich als untere Grenze dienen.

Weitere Initiativen

Die „High Ambition Coalition“ wurde erstmalig 2015 bei der COP-21 in Paris wahrgenommen, damals war die USA auch noch Mitglied. In einer Erklärung zur COP-24

warb die Coalition für ehrgeizigere Klimaziele und das 1,5 °C-Ziel. Unterschrieben wurde die Erklärung u.a. auch von Ministerin Svenja Schulze, allerdings persönlich und nicht im Namen der Bundesregierung.

Klimaschutz in der EU: Die nächsten Meilensteine

Langfristig, d. h. bis 2050 will die EU und mit ihr Deutschland als Vertragspartner des Pariser Klimaabkommens klimaneutral werden. Bis 2020 sollen die Emissionen EU-weit um 20 % gesenkt werden, wobei die EU aus heutiger Sicht das Ziel sogar übertreffen wird.

In dem bereits für Paris eingereichten NDC sollten die EU-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40 % gegenüber 1990 vermindert werden. Die EU will ggf. bis 2020 einen aktualisierten NDC für 2030 beim UNFCCC einreichen, obwohl ein neuer NDC eigentlich erst 2025 für das Jahr 2035 notwendig wäre. Die Umsetzung erfolgt dabei mit der EU-Klima- und Energiepolitik bis 2030. Ein aktualisierter NDC liefe deshalb auf eine weitere Verschärfung des Minderungsziels im EU-Emissionshandel unter -43 % und im deutschen Nicht-Emissionshandelsbereich unter -38 % jeweils gegenüber 2005 hinaus.

Die EU wird zudem 2021 die Marktstabilitätsreserve überprüfen und den EU-Bericht als Beitrag für den globalen 2023-Bericht vorbereiten.

Bewertung

Die COP-24 war als Arbeitstreffen im Wesentlichen erfolgreich mit der Verabschiedung eines Regelwerks zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens. Lediglich die Entscheidung zu den Kooperationsmechanismen wurde auf die COP-25 verschoben. Wie immer bei internationalen Verträgen, kann man davon ausgehen, dass Mindeststandards in verschiedenen Ländern zunächst unterschiedlich interpretiert und damit auch unterschiedlich implementiert werden. Die globalen Berichte zur Lage des Klimas ab 2023 dürften daher auch am Beginn einer Lernkurve stehen und im Laufe der Zeit noch einige Veränderungen erfahren.


Die COP-24 gab keine Impulse in Richtung ambitionierterer globaler Klimaziele. Insofern kann sie als Begründung für ambitioniertere EU-Klimaschutzbeiträge (NDC) nur schwerlich dienen.

Der Weltenergieerat ist seit 1953 bei den Vereinten Nationen akkreditiert und beteiligte sich daher auch an der COP 24. Neben dem offiziellen side event 'Pathways to Paris – Policy, environmental & technological innovations to balance the energy Trilemma' in Kooperation mit dem MIT, nahmen WEC-Vertreter auch in zwei Diskussionsrunden zum Thema nachhaltiger Innovation teil. Ebenso wurde die PtX-Studie des Weltenergieerats Deutschland vorgestellt. Auf dem 24. World Energy Congress 2019 in Abu Dhabi wird das Thema Klimaschutz und die COP-25 ein wesentliches Thema sein.

Die COP-25 wird vom 2.–13. Dezember 2019 in Santiago, Chile stattfinden. Ein wesentliches Thema wird die Diskussion um die Marktmechanismen sein.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen weltweit

Die Steigerungsrate der CO₂-Emissionen nahm zu: von 2016 auf 2017 stiegen die weltweiten CO₂-Emissionen um 426 Mio. t, von 2015 auf 2016 um 166 Mio. t. Allerdings ist diese Steigerung kleiner als in der Dekade 2001–2010, in der Steigerungsraten von bis über +1.300 Mio. t CO₂/a beobachtet wurden. Das globale Bruttoinlandsprodukt stieg 2017 um 2,9 %. Damit sehen wir weiterhin eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums und des CO₂-Anstiegs auf globaler Ebene, denn die globalen CO₂-Emissionen stiegen nur um 1,3 %.

 **Die OECD-Länder waren 2017 für 37 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich (1990 für 55 %)**

Von den fünfzehn größten CO₂-Emittentenländern schafften es seit 1990 nur zwei, ihre CO₂-Emissionen zu senken: Russland (-709 Mio. t) und Deutschland (-239 Mio. t). Herausgefallen aus der Liste der fünfzehn größten Emittenten ist Australien, neu hinzugekommen ist die Türkei.

Global nahmen die Emissionen seit 1990 jedoch um etwas mehr als 12.000 Mio. t zu, d. h. um rund 57 %. Zugleich verschoben sich die Schwerpunkte: Waren die OECD-Länder 1990 für rund 55 % der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich, liegt ihr Anteil 2017 nur noch bei 37 %.

2.6 Chile, ein Vorreiter im Bereich der erneuerbaren Energien

- **Chile veranstaltet COP 25 im Dezember 2019**
- **Größtes Solarpotenzial der Welt**
- **Export erneuerbarer Energien geplant, u. a. mit grünem Wasserstoff**

Chile veranstaltet in diesem Jahr die UN-Klimakonferenz 2019 (Santiago Climate Change Conference, COP 25) vom 2.–13. Dezember 2019 und nutzt diese Gelegenheit, sich als Vorreiter im Klimaschutz zu positionieren. Ein Beispiel dafür ist Chiles Ziel, bis 2050 die Energieerzeugung auf 70 % erneuerbare Energien umzustellen.

Die neueste Version des Climatescope Berichts, der von Bloomberg New Energy Finance¹ erstellt wurde, bewertet Chile im Jahr 2018 als führend im Bereich der erneuerbaren Energien – eine internationale Anerkennung, die auf die Bemühungen des ganzen Landes (dem öffentlichen und privaten Sektor) hin zur Energiewende zurückzuführen ist.

➔ **Rund 13 GW erneuerbare Energien bereits implementiert oder im Bau**

Laut der chilenischen Nationalen Energiekommission (CNE)² waren im Januar diesen Jahres bereits 11.282 MW erneuerbare Energien in Betrieb. Mehr als 1.800 MW sind nach Angaben des Energieministeriums im Bau.

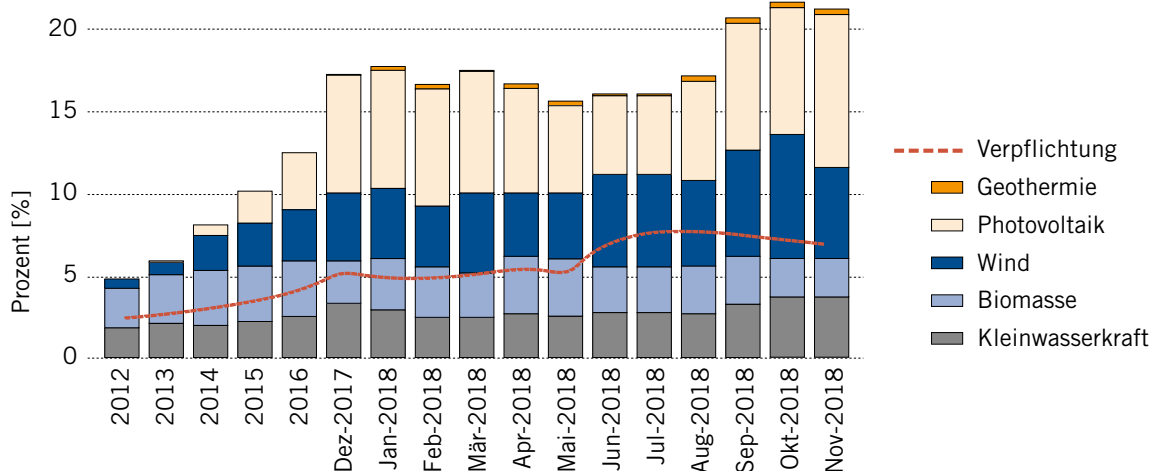
Chile war eines der ersten Länder Lateinamerikas, das sich klare lang- und mittelfristige Ziele für die Verbreitung erneuerbarer Energien gesetzt hat. Dank des Erfolgs der erneuerbaren Energien sind nun Elektromobilität und Energiespeicherung in der Planung und Umsetzung. In der Elektromobilität zum Beispiel war Santiago die erste Stadt Lateinamerikas und die zweite Stadt der Welt, die nach Shenzhen in China Elektrobusse auf der Straße hatte.

Derzeit wird das erste Solarkraftwerk (CSP) in Lateinamerika mit 110 MW und 17,7 Stunden Speicherzeit gebaut und es existieren Projekte zur Erzeugung von grünem Wasserstoff. Im Jahr 2018 erreichte das Land 46 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

1 <http://global-climatescope.org/about>

2 <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>

Abbildung 2.23: Nicht-konventionelle, erneuerbare Energien in Chile, in Prozent



Quelle: CNE

Dies sind nur die herausragendsten Beispiele, die zeigen, warum Chile bei der Entwicklung erneuerbarer Energien ein Vorreiter in der Region und der ganzen Welt ist.

Geschichte der Entwicklung erneuerbarer Energien in Chile

Die Gesetzesnovelle 20.257, die Änderungen am Allgemeinen Gesetz über elektrische Dienstleistungen einführte, war der Schlüssel zu der explosionsartigen Entwicklung von erneuerbaren Technologien in Chile. Das Wachstum, das bis 1995 weniger als 50 % betrug, stieg seit 2012 auf 340 %.

Im Zeitraum 2006–2009 der Regierung von Michelle Bachelet wurden 10.004 MW Projekte zur Stromerzeugung genehmigt, davon waren 66 % der installierten Leistung thermische Kraftwerke und 34 % erneuerbare Energien (16 % nicht-konventionelle und 18 % konventionelle erneuerbare Energien).

Zwischen 2010–2013, während der ersten Regierung von Sebastián Piñera, änderte sich das Verhältnis: 74 % der genehmigten Projekte waren erneuerbare Energien (68 % nicht-konventionelle und 6 % konventionelle erneuerbare Energien).

Chile hat sich auf dem Pariser Gipfel 2015 verpflichtet, seine Emissionsintensität bis 2030 um 30 % im Verhältnis zum BIP zu reduzieren. Das Land verfolgt mit großer Überzeugung seinen Weg, die Energiematrix entsprechend zu ändern. Das Engagement wird nicht kontrovers diskutiert. Öffentlicher und privater Sektor, Parteien unterschiedlicher politischer Tendenzen, Wissenschaft, Unternehmer, alle Bürger sind sich einig über dieses Ziel.

Tabelle 2.1: Brutto-Stromerzeugung in GWh

Quelle	Summe 2018
Erneuerbare	30.558
Wasserkraft	20.800
Solar	4.465
Windkraft	3.527
Biomasse	1.594
Geothermie	193
Fossilbefeuerte Kraftwerke	39.245
Gesamt	69.803

Quelle: Coordinaro Eléctrico Nacional

→ Rund 30,5 TWh bzw. knapp 44 % Erzeugung aus erneuerbaren Energien

Zur Zeit jedoch dominieren noch die konventionellen, thermischen Kraftwerke, gefolgt von Wasserkraftwerken, wie die folgenden Grafiken zeigen, die der Handelsverband Generadoras de Chile monatlich liefert.

Mit der Absicht, die nationale Stromerzeugung schrittweise zu dekarbonisieren, stehen der öffentliche und private Sektor im ständigen Dialog in gemeinsamen Arbeitsgruppen, um einen Weg zur Reduzierung von fossilen Kraftwerkskapazitäten zu finden und zunehmend die Entwicklung erneuerbarer Energien zu fördern.

Eindrucksvoller Beweis dafür ist, dass bis November 2018 30 Anlagen mit 1.894 MW im Bau waren, hiervon 92,3 % erneuerbar: Bezogen auf die insgesamt im Bau befindliche Menge waren 43,1 % Wasserkraftwerke mit einer Leistung von mehr als 20 MW sowie 1,4 % Kleinwasserkraftwerke, 30,9 % Windkraftanlagen und 16,8 % Solaranlagen.

National Electricity System (SEN)

Das SEN verbindet Chile von Arica bis Chiloé. Es besteht aus einer Reihe von Anlagen von Kraftwerken, Übertragungsleitungen, Umspannwerken und Verteilungsleitungen, die untereinander verbunden sind und die die Erzeugung, den Transport und die Verteilung elektrischer Energie ermöglichen. Es entstand im Jahr 2017, als die Systeme des Nordens mit dem Süden des Landes vereint wurden.

Aufgrund der nationalen Geographie ist es ein einzigartiges System im Hinblick auf die Länge: Auf 3.100 km wird fast das gesamte Staatsgebiet umfasst, von der Stadt Arica im Norden bis zur Insel Chiloé im Süden. Es verfügt über eine installierte Leistung von 23.140 MW und bedient eine Spitzenlast von 11.000 MW.

Zukünftige Herausforderungen für erneuerbare Energien in Chile

Chile hat verinnerlicht, dass unsere Zukunft von der Elektrifizierung abhängt. Und Chile ist davon überzeugt, dass die Energiewende eine Pflicht aller Bürger dieses Planeten ist, mit dem Klimawandel als treibende Kraft.

Deshalb spielen die erneuerbaren Energien eine führende Rolle und sind die Energiequellen, die den zukünftigen elektrischen Erzeugungsmix ausmachen sollen. Dies geht einher mit Veränderungen im individuellen und kollektiven Verhalten im Hinblick auf Energieeffizienz. Nicht nur die beste Sonneneinstrahlung der Welt und der Ausbau der erneuerbaren Energien sind ein Garant für die Senkung der Emissionen Chiles: Chile muss auch lernen, wie man mit den Energieressourcen effizienter umgeht.

Chile hat mit der sog. Ruta Energética³ 2018–2022 in jüngster Zeit konkrete Optionen entwickelt, um sauberere und nachhaltigere Energie zu liefern. Darin hat sich Chile konkrete Ziele gesetzt, um noch weiter in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung zu gehen und unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden.

Energie Roadmap 2018–2022 wurde mit Bürgerbeteiligung entwickelt

Die Ruta Energética ist eine Roadmap, die mit Beteiligung von 2.200 Bürgern entwickelt wurde. Teilnehmer waren Vertreter des öffentlichen Sektors, des Privatsektors, der Wissenschaft, von NGOs, Umweltgruppen, Nachbarschaftsräten, Gewerkschaften und indigenen Gemeinschaften aus allen Regionen des Landes.

Die sieben Säulen der Ruta Energética 2018–2022 sind:

1. Energie-Modernisierung
2. Energie mit einem sozialen Siegel
3. Energieentwicklung
4. Emissionsarme Energieversorgung
5. Effizienter Transport
6. Energieeffizienz
7. Ausbildung und Training

³ <http://www.energia.gov.cl/ruta>

Zusammenfassung der Energien in Chile

Solarenergie

Chile gehört zu den Ländern mit der höchsten Sonneneinstrahlung der Welt und zu den Nationen im sogenannten Sonnengürtel, die ein hohes Leistungspotenzial für Photovoltaik und solare Wärmekraftwerke aufweisen.

Die Geographie im Norden des Landes lässt Chile ein Brutto-Solarpotenzial von 1,8 TW (d.h. 1,8 Millionen MW) aufweisen, so eine Studie des chilenischen Energieministeriums in Zusammenarbeit mit der deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Derzeit entspricht die installierte Solarleistung im Norden des Landes 2.400 MW, d.h. etwas mehr als 0,1 % des Potenzials.

Laut den statistischen Jahrbüchern der Nationalen Energiekommission (CNE) erschien die photovoltaische Solarenergie 2005 noch nicht unter den Stromerzeugern des Landes, lag aber 2014 bereits bei 1 % und macht heute fast 10 % der gesamten Stromerzeugung in Chile aus.

Nach Angaben des Energieministeriums sind die Solarenergieprojekte von einem Projekt im Jahr 2012 auf 21 Projekte im Jahr 2016 gestiegen. Die nationale Energiepolitik zielt darauf ab, bis 2050 70 % der Erzeugung aus erneuerbaren Energien zu erreichen. Eines der Ziele ist, dass Chile bis 2035 zu einem Exporteur von Technologien und Dienstleistungen für die Solarindustrie wird.

Windenergie

Im Gegensatz zur Solarenergie befindet sich das größte Windkraftpotenzial im Süden des Landes, an der chilenischen Küste mit Blick auf den Pazifik. Das macht das Land zu einem attraktiven Terrain für die Windkraftentwicklung, aber im Vergleich zu Solaranlagen sind die Investitionskosten etwas höher und die Erzeugung stärker intermittierend. Windkraft ist trotzdem eine gute Alternative in den Gebieten, in denen die Windverfügbarkeit sie

Tabelle 2.2: Nicht-konventionelle, erneuerbare Energien in Chile, im Oktober 2018 in MW

Solar	2.278
Windkraft	1.538
Kleinwasserkraft	508
Biomasse	471
Geothermie	24
Gesamt	4.819

Quelle: Generadoras de Chile

wettbewerbsfähig macht. Derzeit ist im Land eine Leistung von 1.600 MW an Windparks installiert.

Energie auf Biomassebasis

Chile produziert Energie mit Biomasse, die hauptsächlich auf Waldabfällen und Biogas basiert, da es im Süden ein Forst- und Viehzuchtland ist. Es gibt auch Initiativen, die auf der Grundlage von Abfällen aus Molkereien und aus der Weinproduktion arbeiten. Die bisher in Chile installierten Biomasseanlagen haben eine Leistung von 446 MW.

Geothermische Energie

Chile hat eine Geographie mit hoher vulkanischer Aktivität, die eine wichtige Ressource für die Stromerzeugung darstellen kann. Es wird geschätzt, dass das Bruttopotenzial 3.000 MW⁴ beträgt. Allerdings gibt es hinderliche Faktoren wie u. a. hohe Investitionskosten, großen Distanzen zu Ballungsgebieten und Probleme bei der technischen Umsetzung. Deshalb gibt es derzeit nur ein Pilotprojekt mit 55 MW.

Wasserkraft Energie

Wasserkraft ist heute die wichtigste Quelle für erneuerbare Energien in Chile und erzeugte 2018 30,4 % der Ener-

giemenge, mit 3.390 MW Stauwasserkraftwerken und 3.364 MW Laufwasserkraftwerken. Wiederum dank der geografischen Situation im Südens des Landes ist dieses System erfolgreich entwickelt.

Meeresenergie

Es besteht kein Zweifel daran, dass Chile ein großes Potenzial für Meeresenergie hat, denn das Land verfügt über eine 4.000 Kilometer lange Küste mit dem Pazifischen Ozean und da es sich um ein schmales Land handelt, befinden sich viele der wichtigsten Städte in der Küstenzone. Die Hauptstadt Santiago liegt 500 Meter über dem Meeresspiegel und nur 100 Kilometer von der Küste entfernt.

Laut Meric⁵ (Marine Energy Research & Innovation Center) wurde Chile als eines der Länder mit der höchsten Verfügbarkeit von Gezeiten- und Wellenenergie eingestuft. Diese Energie ist derzeit ein Thema der nationalen und internationalen technologischen Entwicklung. Allerdings hat die Technologie immer noch hohe Investitionskosten. Aber Meric garantiert, dass diese Energie in naher Zukunft verfügbar sein wird.

4 <http://www.minenergia.cl/mesa-geotermita/>

5 <http://www.meric.cl/>