

2.2 Szenarien und Prognosen zur Entwicklung der Weltenergieversorgung

Szenarien und Prognosen sind wichtige Instrumente, um Erkenntnisse über zukünftige Entwicklungen zu gewinnen und entsprechende Maßnahmen heute in die Wege leiten zu können. Alle in jüngster Zeit vorgelegten Studien der relevanten Institutionen gehen von einem künftig steigenden Weltenergieverbrauch aus. Allerdings unterscheiden sich die erwarteten Entwicklungen deutlich von den Trends der Vergangenheit sowie auch von Einschätzungen, die in früheren Jahren gemacht wurden. Wesentliche Punkte sind:

- Die Zuwachsraten im globalen Energieverbrauch fallen deutlich niedriger aus als in den letzten Jahrzehnten.
- Die erneuerbaren Energien werden – ebenfalls anders als in der Vergangenheit – am stärksten zur Deckung des Bedarfszuwachses beitragen.
- Neue Technologien drängen auf den Markt.
- Die Digitalisierung schreitet voran.
- Die ökonomischen und geopolitischen Schwerpunkte verschieben sich.
- Umwelt- und Klimafragen werden ein größeres Gewicht beigemessen.

Wir stehen vor einer Reise in eine neue Energiewelt, in der die genannten Treiber heute bestehende Strukturen verändern werden. Trotzdem wird kein Szenario und keine Prognose, die in diese Synopse einbezogen sind, dem im Pariser Klimagipfel vereinbarten 2-Grad-Ziel gerecht – mit Ausnahme des Sustainable Development Szenarios der IEA und des Even Faster Transition Szenarios von BP. In diesen Szenarien ist das Erreichen des Klimaziels allerdings als Prämisse gesetzt. Die Einhaltung des Pariser Klimaabkommens stellt somit eine gewaltige Herausforderung dar, der die Weltgemeinschaft nur durch eine Verstärkung der internationalen Zusammenarbeit gerecht werden kann.

Zur künftigen weltweiten Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Energiebereich legen verschiedene Institutionen regelmäßig Analysen vor. Dies sind insbesondere der World Energy Council (WEC), die International Energy Agency (IEA), die U.S. Energy Information Administration (EIA) sowie die internationalen Öl- und Gaskonzerne ExxonMobil, Shell und BP. Die Ergebnisse aktuell veröffentlichter Studien werden nachfolgend skizziert.

Berücksichtigt sind der *International Energy Outlook 2017* der EIA, der *World Energy Outlook 2017* der IEA, der *2018 Outlook for Energy: A View to 2040* von ExxonMobil und der *BP Energy Outlook – 2018 Edition*. Die jüngste globale Szenarien-Studie von Shell erschien 2013. Sie war bisher nur durch die Studie *New Lenses*

Städte der Zukunft im Jahr 2014 ergänzt worden. Der WEC wird im September 2019 im Rahmen der Weltenergiekonferenz in Abu Dhabi eine Neuauflage der zuletzt im Oktober 2016 veröffentlichten *World Energy Scenarios* vorstellen.

World Energy Outlook 2017 der IEA

Im November 2017 hat die International Energy Agency den World Energy Outlook 2017 (WEO 2017) vorgelegt. Dem Ausblick mit Zeithorizont 2040 liegen drei Szenarien zugrunde, für die – abhängig von den jeweils getroffenen Annahmen – ein quantifizierter Ausblick zur Entwicklung von Angebot und Nachfrage nach Energieträgern unter Differenzierung nach Weltregionen gegeben wird. Bei den Szenarien handelt es sich ausdrücklich nicht um Prognosen, sondern um – unter den getroffenen Annahmen – mögliche konsistente Zukunftsbilder.

- Das Szenario *New Policies* (NP) zeigt auf, wie sich das Energiesystem bei Zugrundelegung der aktuellen Politik und der angekündigten Pläne entwickeln könnte.
- Das Szenario *Current Policies* (CP) geht von unveränderten energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen aus, berücksichtigt also nur die bis Mitte 2017 rechtlich verbindlich in Kraft gesetzten Regelungen.
- Das Szenario *Sustainable Development* (SD) beschreibt einen integrierten Ansatz zur Verwirklichung der energiebezogenen Aspekte der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung, das heißt entschlossene Klimaschutzmaßnahmen, universeller Zugang zu zeitgemäßer Energie bis 2030 und drastische Reduzierung der Luftverschmutzung. Dies sind die drei Bereiche, in denen die Entwicklung im New Policies Szenario hinter den Erfordernissen zurückbleibt.

Ergänzend wird ein *Low Oil Price Scenario* betrachtet.

Das New Policies Szenario wird von der IEA als das zentrale Szenario klassifiziert. Diese Wahl macht, wie in der Szenario-Technik üblich, keine Aussage über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens oder die Wünschbarkeit dieses Szenarios oder eines der anderen Szenarien. Vielmehr werden die Entwicklungstrends veranschaulicht,

die sich unter den jeweiligen Rahmenbedingungen nach Einschätzung der IEA abzeichnen. Angesichts der Klassifikation des New Policies Scenarios als zentrales Szenario konzentrieren sich die folgenden Aussagen darauf.

→ Der bis 2040 im New Policies Scenario erwartete Zuwachs im globalen Primärenergieverbrauch von 3,8 Mrd. toe entspricht dem heutigen Energieverbrauch von China und Indien

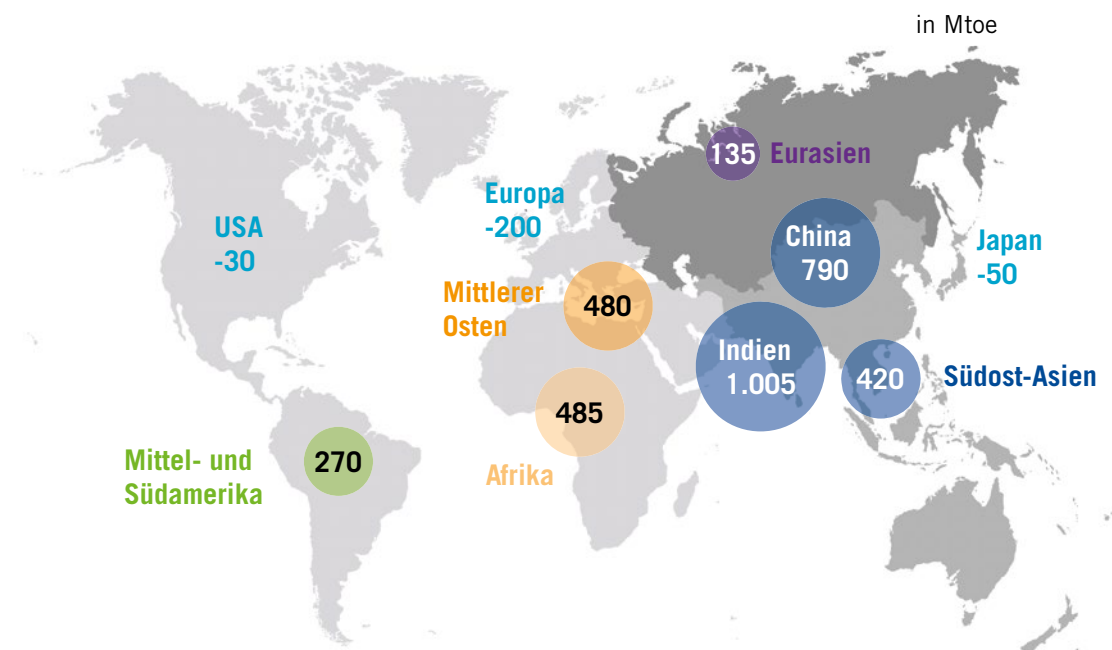
Der weltweite Primärenergieverbrauch nimmt von 13,8 Milliarden Tonnen Öläquivalent (Mrd. toe) im Jahr 2016 um 28 % auf 17,6 Mrd. toe im Jahr 2040 zu. Das ist mit durchschnittlich 1,0 % pro Jahr eine deutlich geringere Zunahme als in der Vergangenheit. Allerdings hat der bis 2040 erwartete Zuwachs trotzdem noch eine Dimension, die dem heutigen Energieverbrauch von China und Indi-

en zusammen entspricht. Ursache ist ausschließlich der Anstieg in den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Vom gesamten Zuwachs im globalen Primärenergieverbrauch werden 60 % durch konventionelle Energien – also Öl, Erdgas, Kohle sowie Kernenergie – und 40 % durch erneuerbare Energien gedeckt. Damit verringert sich der Anteil der konventionellen Energien am Primärenergieverbrauch von 86 % im Jahr 2016 auf 80 % im Jahr 2040. Die einzelnen Energiearten verzeichnen eine unterschiedliche Entwicklung:

- Der Verbrauch an Erdöl erhöht sich global bis 2040 um 10 %. Wichtigster Treiber ist die wachsende Nachfrage des Transportsektors und der Petrochemie.
- Der Verbrauch an Kohle nimmt weltweit bis 2040 noch um 5 % zu. Zunahmen im Kohleverbrauch werden im Wesentlichen nur noch in einer Reihe von Entwicklungs- und Schwellenländern in Asien, vor allem in Indien, erwartet. Im China hat der Kohleverbrauch 2014 den bisher höchsten Stand erreicht. Bis 2040 wird mit einem Rückgang um 13 % gegenüber

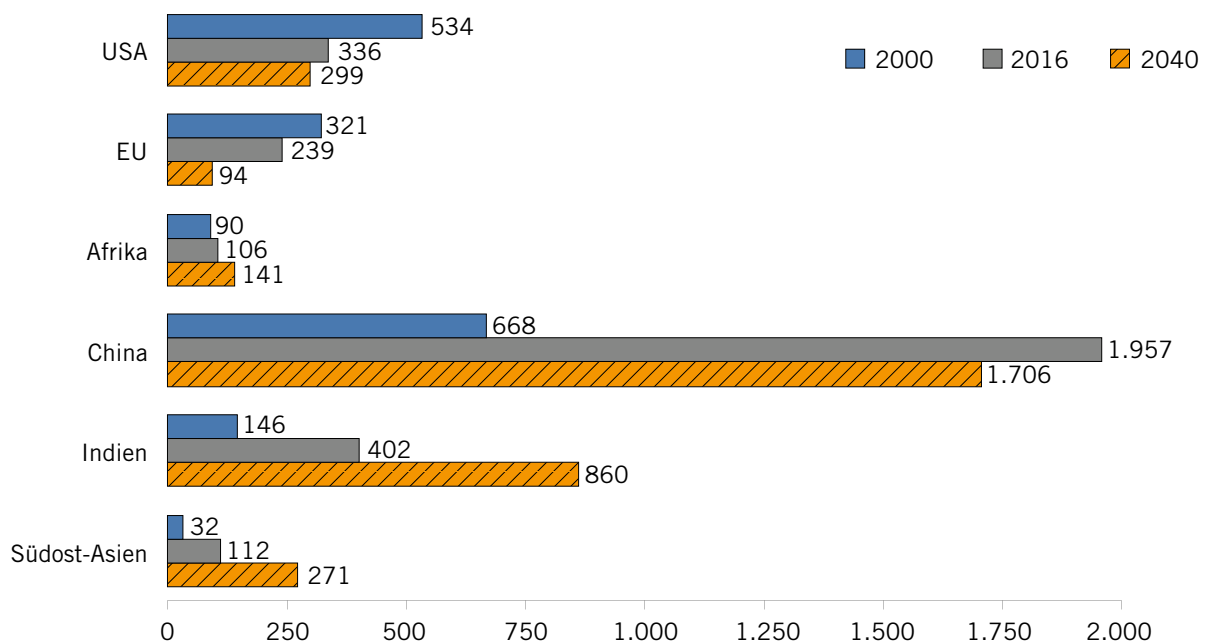
Abbildung 2.12: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Weltregionen bis 2040



Wachstum konzentriert sich auf Südost-Asien, den Mittleren Osten, Afrika und Südamerika. Rückgang in USA, Europa und Japan.

Quelle: IEA, World Energy Outlook 2017

Abbildung 2.13: Entwicklung des Verbrauchs an Kohle nach Staaten/Weltregionen bis 2040, in Mtoe



Quelle: IEA, World Energy Outlook 2017, Paris 2017

2016 gerechnet. Für die EU wird eine Reduktion des Kohle Verbrauchs um 61 %, für die USA um 11 % im Vergleich zu 2016 ausgewiesen.

- Erdgas ist der einzige fossile Energieträger, dessen Anteil am Weltenergieverbrauch bis 2040 zunimmt, und zwar von 22 % auf 25 %. In den 2030er Jahren löst Erdgas damit die Kohle als zweitwichtigsten Energieträger – nach Erdöl – ab.
- Die Perspektiven der Kernenergie haben sich im Vergleich zum World Energy Outlook 2016 eingetrübt. Der bis 2040 erwartete Zuwachs entspricht nur noch 47 %. Im WEO2016 war noch ein Plus von 78 % angesetzt worden.
- Die Produktion erneuerbarer Energien erhöht sich bis 2040 um 80 %; deren Anteil am Primärenergieverbrauch steigt von 14 % im Jahr 2016 auf 20 % im Jahr 2040.

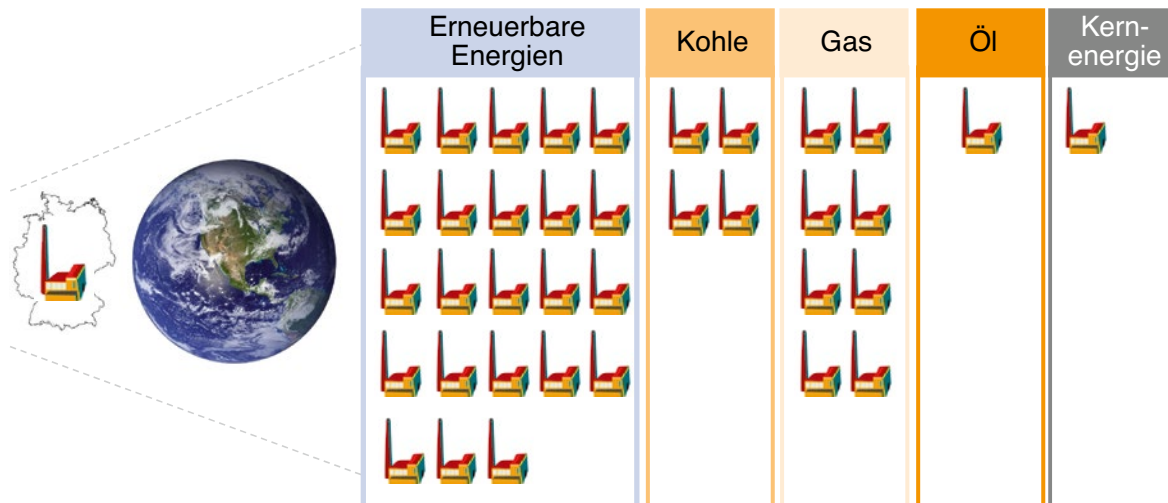
➔ Der weltweite Stromverbrauch wächst doppelt so stark wie der Primärenergieverbrauch.

Die weltweite Stromnachfrage nimmt bis 2040 um 59 % und damit doppelt so stark zu wie der Primärenergieverbrauch. 64 % der Steigerung entfallen auf die Region Asien/Pazifik. Dort verdoppelt sich der Stromverbrauch bis 2040. In China beträgt der Zuwachs 68 %, in Indien sogar 200 %. Im Vergleich dazu verzeichnet der Stromverbrauch der EU mit + 8 % bis 2040 gegenüber 2016 nur ein sehr bescheidenes Wachstum. Nach Energieträgern zeichnet sich folgende Entwicklung ab:

- Die weltweite Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien steigt im Zeitraum 2016 bis 2040 um 160 %. Damit decken die erneuerbaren Energien zwei Drittel des gesamten Zuwachses der Stromnachfrage ab. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der globalen Stromerzeugung steigt von 24 % im Jahr 2016 auf 40 % im Jahr 2040.
- Die Stromerzeugung aus Kohle legt demgegenüber nur um 9 % zu. Damit sinkt der Anteil von Kohle an der weltweiten Stromerzeugung von 37 % im Jahr 2016 auf 26 % im Jahr 2040. Kohle wird als Hauptenergieträger für die Stromerzeugung von den erneuerbaren Energien abgelöst.

Abbildung 2.14: Weltweiter Zubau an Stromerzeugungskapazität nach Energieträgern bis 2040

(davon knapp ein Drittel Ersatz bestehender Anlagen) entspricht ...



... **36 x** im Vergleich zur heutigen Stromerzeugungskapazität in Deutschland (210 GW)

Quelle: International Energy Agency, World Energy Outlook 2017, New Policies Scenario

- Die Stromerzeugung aus Erdgas erhöht sich um 57 % in absoluten Größen und damit im Gleichschritt mit der gesamten globalen Stromnachfrage. Entsprechend bleibt der Anteil mit 23 bis 24 % stabil.
- Der Beitrag von Öl zur Stromerzeugung vermindert sich von 4 % auf 1 %.
- Der Zubau von Kernkraftwerken konzentriert sich auf Länder, in denen diese Technologie staatliche Unterstützung erfährt. Dies sind vor allem China, Indien und Russland sowie auch Staaten des Mittleren Ostens. Weltweit verringert sich der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung von 11 % im Jahr 2016 auf 10 % im Jahr 2040.

➔ **Kohle wird als Hauptenergieträger für die Stromerzeugung von den erneuerbaren Energien abgelöst.**

Die globalen energiebedingten CO₂-Emissionen nehmen bis 2040 noch um 11 % im Vergleich zu 2016 zu. Zwar flacht der Emissionsanstieg im Vergleich zur Vergangenheit deutlich ab. Allerdings würde mit einer solchen Entwicklung das Ziel, den Temperaturanstieg auf unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, deutlich verfehlt.

In dem IEA-Szenario *Sustainable Development* wird u. a. aufgezeigt, wie die CO₂-Emissionen verlaufen müssten, um sie in Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen zu bringen – Rückgang um mehr als 40 % bis 2040 im Vergleich zu 2016. Um diesem Zielszenario gerecht zu werden, sind Weichenstellungen mit folgenden Konsequenzen im Vergleich zum Szenario *New Policies* erforderlich:

- Stabilisierung des gesamten Primärenergieverbrauchs in etwa auf heutigem Niveau durch verstärkte Energieeffizienz
- Drastischer Rückgang im Verbrauch von Kohle und Öl
- Verdoppelung des Beitrags der Kernenergie gegenüber dem heutigen Stand

- Verzehnfachung der Nutzung neuer erneuerbarer Energien, insbesondere Wind und Sonne, bei gleichzeitigem Ausbau der Nutzung auch von Wasserkraft und Biomasse.

➔ Im SD-Szenario verzehnfacht sich die Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere von Wind und Sonne, bis 2040.

Der Anteil erneuerbarer Energien erhöht sich bis 2040 im SD-Szenario auf 30 % – gemessen am Primärenergieverbrauch und auf 63 % an der weltweiten Stromerzeugung.

Bewertung

Die Ergebnisse des World Energy Outlooks 2017 der IEA sind geprägt durch die in den Modellrechnungen getroffenen Annahmen. Die unterstellten Kosten für die verschiedenen Energietechnologien haben ebenso einen großen Einfluss auf die Ergebnisse wie die Annahmen zu den künftigen Preisen für CO₂. Das zeigt insbesondere ein Vergleich zwischen dem Szenario New Policies und dem Zielszenario Sustainable Development. Vergleicht man die aktuell von der IEA vorgelegten Ergebnisse mit den Modellrechnungen der Vergangenheit, so wird insbesondere deutlich, dass die Erwartungen zur Kernenergie deutlich herabgesetzt wurden, während die Perspektiven für die erneuerbaren Energien von Jahr zu Jahr positiver eingeschätzt wurden. Trotzdem könnten die Zubauten für Kernkraftwerke auch im WEO 2017 noch zu hoch angesetzt sein.

Auf der anderen Seite dürfte auch für diese Publikation gelten, dass die Aussichten der erneuerbaren Energien immer noch unterschätzt werden, im Szenario CP ohnehin, aber auch im dem zentralen Szenario NP. Anders ist die Situation im Szenario SD. Dabei ist allerdings der besondere Charakter dieses Szenarios zu berücksichtigen, in dem nicht aufgezeigt wird, was künftig zu erwarten ist, sondern was geschehen müsste, damit die ambitionierten Anforderungen der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung eingehalten werden.

International Energy Outlook 2017 der EIA

Die U.S. Energy Information Administration (EIA) veröffentlichte im September 2017 den International Energy Outlook 2017 (IEO 2017). In diesem Ausblick auf die

globale Entwicklung von Energieangebot und -nachfrage bis 2040 handelt es sich nicht um eine Prognose, was geschehen wird, sondern um Szenarien, deren Ergebnisse vor dem Hintergrund der jeweils getroffenen Annahmen zu interpretieren sind. Im Mittelpunkt der Studie steht ein Reference Case (RC) – ergänzt um alternative Szenarien, die durch höheres bzw. niedrigeres Wirtschaftswachstum sowie durch höhere bzw. niedrigere Weltmarktpreise für Öl im Vergleich zum Reference Case gekennzeichnet sind. Die im Folgenden für den IEO 2017 ausgewiesenen Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den RC. Der RC kann als business-as-usual-Szenario charakterisiert werden, die sich auf folgende Vorgaben stützt:

- Globales Wirtschaftswachstum von durchschnittlich 3 % pro Jahr im Zeitraum 2015 bis 2040
- Kontinuierliche Verbesserung bekannter Technologien
- Fortbestand der derzeit gültigen politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie der bestehenden Ziele und Verpflichtungen – etwa zum Klimaschutz – über den gesamten Betrachtungszeitraum.

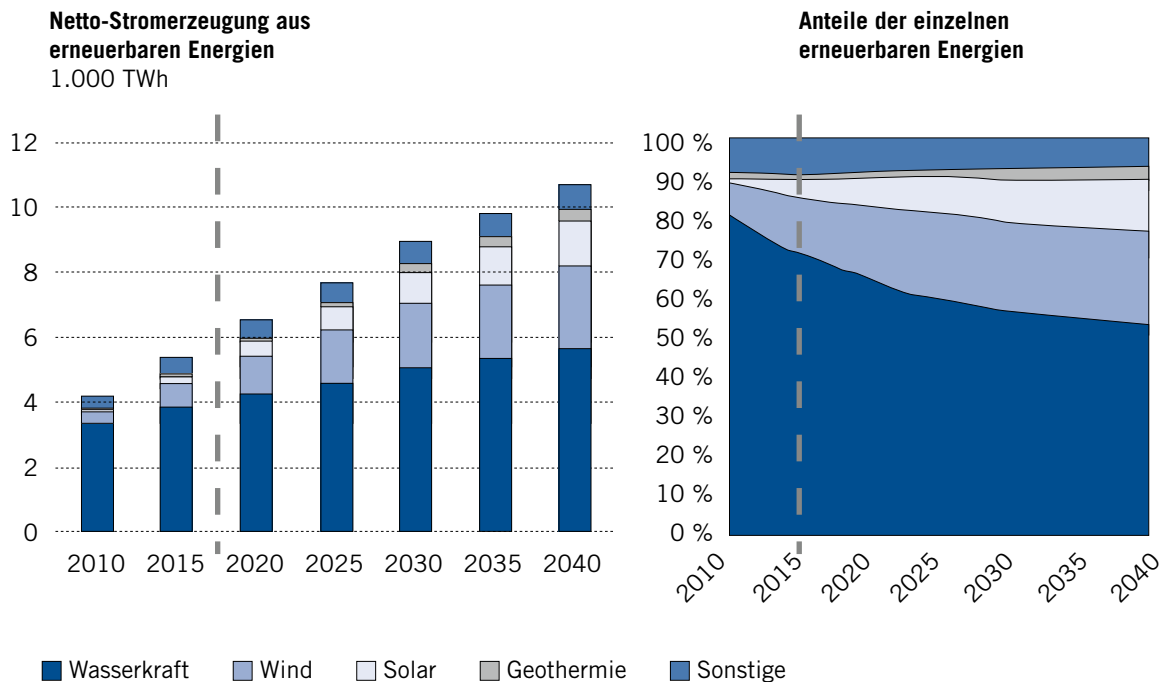
Der Projektion liegt zugrunde, dass sich der Weltmarktpreis für Rohöl von gegenwärtig knapp 50 \$/Barrel auf 109 \$/Barrel bis 2040 – gemessen im Geldwert des Jahres 2016 – erhöht.

Die auf dieser Basis durchgeführten Modellrechnungen kommen zu dem Ergebnis, dass sich der globale Primärenergieverbrauch bis 2040 im Vergleich zu 2015 um 28 % erhöht. Dieser Zuwachs geht vor allem auf den zunehmenden Energiebedarf der Entwicklungs- und Schwellenländer zurück (+ 41 %). Im Unterschied dazu wird für die Industriestaaten ein Anstieg von lediglich 9 % erwartet.

➔ Zur Deckung des künftig noch wachsenden Energieverbrauchs tragen alle Energieträger – mit Ausnahme der Kohle – bei.

Zur Deckung des wachsenden Bedarfs tragen alle Energieträger – mit Ausnahme der Kohle – bei. Das stärkste Wachstum unter den fossilen Energieträgern wird mit 1,4 % pro Jahr für Erdgas ausgewiesen – verglichen mit + 0,7 % pro Jahr für Öl. Der größte Teil der zunehmen-

Abbildung 2.15: Entwicklung der weltweiten Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2040



Quelle: EIA, International Energy Outlook 2017

den Ölnachfrage wird durch eine steigende Förderung im Mittleren Osten gedeckt. Die Produktion an Erdgas weist ebenfalls im Mittleren Osten die stärkste Dynamik auf. Zusätzliche Erdgasmengen werden außerdem insbesondere in den USA und in China bereitgestellt, dort vor allem in Form von Schiefergas.

➔ **Ab 2018 werden die USA Nettoexporteur von Erdgas.**

Für den weltweiten Handel mit LNG wird bis 2040 fast mit einer Verdreifachung gerechnet. Auch die Pipeline-Infrastruktur wird weiter ausgebaut. 2040 dürften damit die internationalen Gasflüsse jeweils zur Hälfte über Pipelines und in Form von LNG erfolgen. Ab 2018 werden die USA Nettoexporteur von Erdgas.

70 % des weltweiten Kohleverbrauchs entfallen auf drei Länder: China, Indien und USA. In Indien verdoppelt sich der Kohleverbrauch bis 2040 nahezu im Vergleich zu heute. Demgegenüber geht die Kohlenachfrage in China und in den USA zurück. China wird die erwartete deutliche Zunahme der Elektrizitätsnachfrage durch wachsen-

de Beiträge von Erdgas, Kernenergie und erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung decken. Allerdings wird für 2040 noch ein Kohleanteil an der Stromerzeugung in China von 47 % errechnet – gegenüber dem heutigen Anteil von mehr als zwei Drittel.

Am Primärenergieverbrauch sind fossile Energien 2040 weltweit mit 77 % beteiligt – gegenüber 83 % im Jahr 2015. Auf Kernenergie entfallen konstant 5 %.

➔ **Von dem bis 2040 erwarteten Ausbau der Kernenergie entfallen mehr als zwei Drittel auf China.**

Der globale Anteil der Kernenergie an der Deckung der bis 2040 um 45 % steigenden Stromnachfrage bleibt mit knapp 11 % unverändert. Von dem bis 2040 erwarteten Ausbau der Kernenergie entfallen mehr als zwei Drittel auf China. Daneben wird insbesondere in Indien, in Russland, im Mittleren Osten und in Japan mit einer Erhöhung der Stromerzeugung aus Kernenergie im Vergleich zum Stand des Jahres 2015 gerechnet. In Nord-

amerika und in Europa geht die Stromerzeugung aus Kernenergie dagegen zurück.

Den erneuerbaren Energien wird das stärkste Wachstum zugeschrieben. Deren Anteil an der weltweiten Stromerzeugung vergrößert sich von 23 % im Jahr 2015 auf 31 % im Jahr 2040. Das heißt aber gleichzeitig, dass gemäß RC der EIA auch 2040 noch 58 % der Stromerzeugung auf fossilen Energien basieren. Dazu tragen Kohle mit 31 % und Erdgas mit 26 % bei.

Die CO₂-Emissionen erhöhen sich von 33,9 Milliarden Tonnen im Jahr 2015 um 16 % auf 39,3 Milliarden Tonnen im Jahr 2040. Eine Trendwende zeichnet sich somit in den bevorstehenden Jahrzehnten laut dem Reference Case der U.S. Energy Information Administration nicht ab, auch wenn sich die jährlichen Zuwachsraten gegenüber 1,3 % im Zeitraum 1990 bis 2015 künftig auf 0,6 % halbieren.

Bewertung

In dem Bericht der EIA wird explizit darauf hingewiesen, dass die vorgelegte Projektion keine Prognose darstellt, was künftig geschehen könnte, sondern dass es sich um Ergebnisse von Modellrechnungen handelt, die ausweisen, wie sich die Entwicklung unter den getroffenen Annahmen darstellen könnte. Die Annahmen insbesondere zur politischen Rahmensetzung unterstellen ein Festhalten am Status Quo. Tatsächlich zu erwarten sind allerdings deutlich veränderte Weichenstellungen, die sich signifikant auf die künftige Energieversorgung auswirken. Entsprechend ist insbesondere mit einem deutlich stärkeren Wachstum der erneuerbaren Energien zu rechnen, als im RC der EIA zum Ausdruck kommt. Dies gilt vor allem für die Wind- und die Solarenergie, deren tatsächliche Perspektiven durch die Modellrechnungen der EIA nicht abgebildet werden.

Global Energy Outlook 2018 von ExxonMobil


In der Publikation *2018 Outlook for Energy: A View to 2040* wird für den Zeitraum 2016 bis 2040 ein Anstieg der weltweiten Energienachfrage um 23 % prognostiziert. Die zusätzliche Nachfrage entspricht der Summe des heutigen Energieverbrauchs der USA und Indiens.

Die Erhöhung des globalen Energieverbrauchs geht ausschließlich auf die zunehmende Nachfrage in den Entwicklungs- und Schwellenländern zurück. Dort steigt der Energieverbrauch bis 2040 um 40 %, während für die

OECD-Staaten mit einem Rückgang um 3 % gerechnet wird.

Treiber sind das Wachstum der Weltbevölkerung von 7,4 Milliarden im Jahr 2016 auf 9,2 Milliarden im Jahr 2040. In derselben Zeit verdoppelt sich die weltweite Wirtschaftsleistung. Die Energieintensität, ausgedrückt als Energieverbrauch pro Einheit GDP, sinkt in dem genannten Zeitraum um 37 %. Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch steigt von 14,5 % im Jahr 2016 auf 16,4 % im Jahr 2040. Der Beitrag der Kernenergie nimmt von 4,9 % auf 6,7 % zu. Entsprechend verringert sich der Beitrag der fossilen Energien von 80,6 % auf 76,9 %.

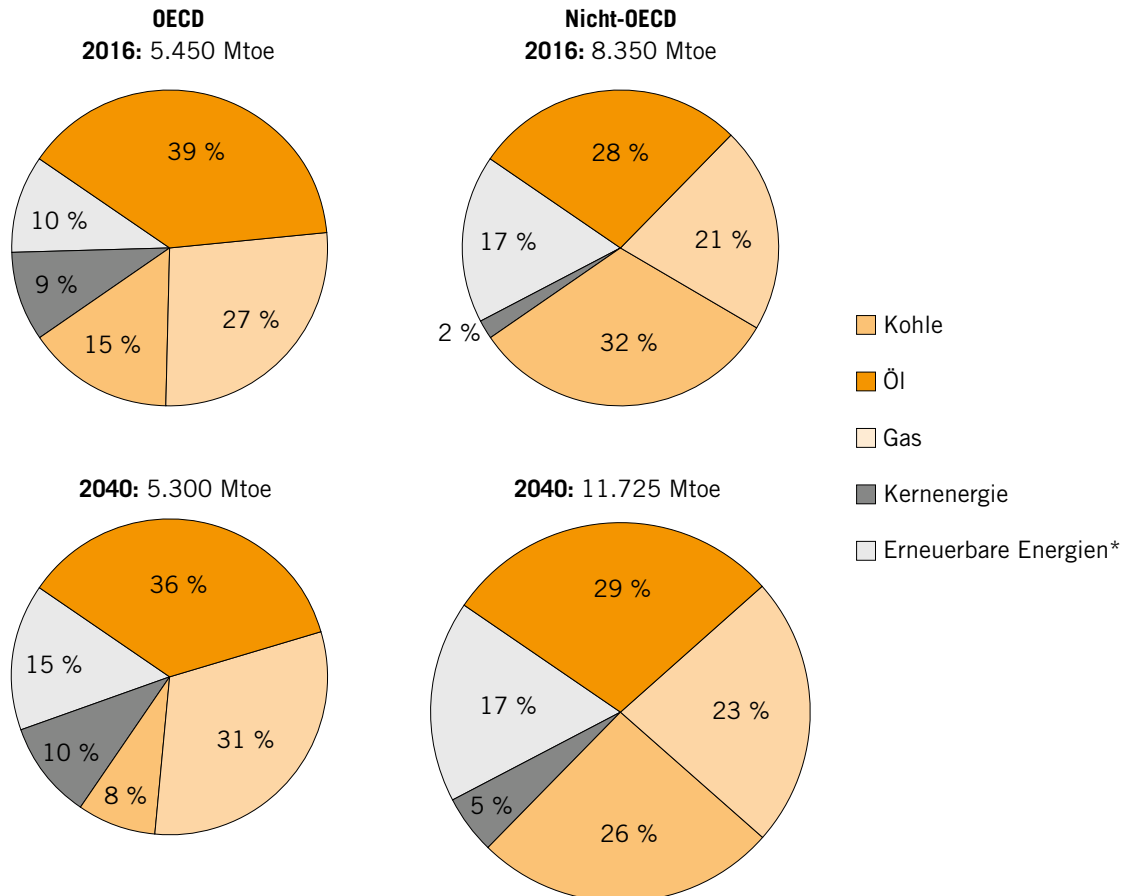
Die Verringerung der Energieintensität, der von 19,4 % auf 23,1 % wachsende Beitrag CO₂-freier Energien sowie der sich ändernde Mix der fossilen Energien zulasten von Kohle und zugunsten von Erdgas sorgen dafür, dass die Zunahme der weltweiten energiebezogenen CO₂-Emissionen bis 2040 auf 11 % begrenzt bleibt. So werden 36,3 Milliarden Tonnen CO₂-Emissionen für 2040 erwartet – gegenüber 32,7 Milliarden Tonnen im Jahr 2016.

 **Erdgas und Erdöl leisten mit rund 60 % den größten Beitrag zur Deckung der bis 2040 erwarteten zusätzlichen Energienachfrage.**

Zwar verringert sich künftig der Anteil der fossilen Energien am globalen Energieverbrauch; gleichwohl leisten Erdgas und Erdöl mit rund 60 % den größten Beitrag zur Deckung der bis 2040 erwarteten zusätzlichen Energienachfrage. Kernenergie ist zu 15 % beteiligt, und die erneuerbaren Energien decken 25 % des Bedarfszuwachses ab.

- Erdöl bleibt weltweit wichtigster Energieträger. Der Verbrauch steigt um 19 %. Damit sinkt dessen Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch von 32 % im Jahr 2016 auf 31 % im Jahr 2040.
- Erdgas löst die Kohle als zweitwichtigsten Energieträger in der ersten Hälfte der 2020er Jahre ab. Der Verbrauchszuwachs von Erdgas ist mit 38 % doppelt so groß wie die Steigerung bei Erdöl. Damit nimmt der Anteil von Erdgas am Primärenergieverbrauch von 23 % im Jahr 2016 auf 26 % im Jahr 2040 zu.
- Der Kohleverbrauch stagniert weltweit. Konsequenz ist ein Rückgang im Anteil dieses Energieträgers am Pri-

Abbildung 2.16: Entwicklung des Energieverbrauchs – differenziert nach OECD- und Nicht-OECD-Staaten bis 2040



* einschließlich Biomasse/Abfall

Quelle: ExxonMobil, 2018 Outlook for Energy: A View to 2040

märenergieverbrauch von 25 % im Jahr 2016 auf 20 % im Jahr 2040.

➔ **Mineralölprodukte bleiben nach Einschätzung von ExxonMobil die bei weitem wichtigste Energieform im Transportsektor.**


Im **Transportsektor** wird von einer um 29 % global steigenden Energienachfrage ausgegangen. Milliarden Menschen werden künftig zur Mittelschicht gehören – mit der Konsequenz steigender Mobilität, welche verbunden ist mit mehr Pkw auf den Straßen, einem zunehmenden

Schwerlastverkehr und einem stark wachsenden Flugverkehr. Mineralölprodukte bleiben nach Einschätzung von ExxonMobil die bei weitem wichtigste Energieform im Transportsektor. So wird mit einem Anstieg im Ölverbrauch von 22 % im Zeitraum 2016 bis 2040 gerechnet, vor allem bedingt durch die wachsende Nachfrage im Straßen-Gütertransport und im Flugverkehr. Dennoch sinkt der Anteil von Öl im Verkehrssektor von 95 % im Jahr 2016 auf 89 % im Jahr 2040, wenn auch nur leicht. Biokraftstoffe, Gas und Strom werden zunehmende Anteile gewinnen, aber in Summe auf einen Beitrag von 11 % zur Deckung der Energienachfrage des Transportsektors begrenzt bleiben.

Im Sektor **Private Haushalte** sowie **Gewerbe/Handel/Dienstleistungen** wird von einem Anstieg der Energienachfrage um 22 % im Zeitraum 2016 bis 2040 ausge-

gangen. Die Zunahme der Bevölkerung und der wachsende Wohlstand führen zu einer Erhöhung der Energienachfrage für Wohngebäude, Büros, Schulen, Geschäftshäuser und Krankenhäuser. Rund 90 % des Nachfragewachstums in diesem Sektor werden durch Strom gedeckt.

Ein Anstieg des Energieverbrauchs von ebenfalls 22 % wird für die **Industrie** prognostiziert. Das größte Wachstumspotenzial wird der Chemischen Industrie zugeschrieben. Die steigende Nachfrage nach Kunststoffen und anderen petrochemischen Produkten sind hier die entscheidenden Treiber. Zusätzliche Anteile an der Bedarfsdeckung werden vor allem für Erdgas und für Strom, daneben in geringerem Umfang auch für Öl, erwartet. 2040 decken diese drei Energieträger rund drei Viertel des Energiebedarfs der Industrie – gegenüber gut zwei Drittel im Jahr 2016. Der Rest entfällt auf Kohle und andere Energien.

 **Am stärksten wächst die Stromerzeugung auf Basis von Wind und Sonne, zusammen um etwa 400 % bis 2040 im Vergleich zu 2016.**

Die gesamte weltweite **Stromnachfrage** steigt von 21.300 TWh im Jahr 2016 um 60 % auf 33.985 TWh im Jahr 2040. In den Entwicklungs- und Schwellenländern wird annähernd mit einer Verdoppelung des Stromverbrauchs gerechnet. Demgegenüber bleibt der Anstieg in den OECD-Staaten auf 20 % begrenzt. Der Mix der Einsatzenergien zur Stromerzeugung verschiebt sich. Am stärksten wächst die Stromerzeugung auf Basis von Wind und Sonne – zusammen um etwa 400 % bis 2040 im Vergleich zu 2016. Der Anteil von Wind und Sonne an der globalen Stromversorgung wird mehr als verdreifacht und steigt von 5 % im Jahr 2016 auf etwa 17 % im Jahr 2040.

Zum Wachstum der anderen erneuerbaren Energien trägt die Wasserkraft zu 80 % bei. Daneben werden stärkere Zuwächse für Erdgas erwartet. Auch die Kernenergie legt zu. Mehr als 50 % des Zubaus an Kernkraftwerkskapazität erfolgt in China. Der Anteil von Kohle sinkt von etwa 40 % im Jahr 2016 auf weniger als 30 % – gemessen an der globalen Stromerzeugung.

In einer *Special Section* positioniert sich ExxonMobil zu dem im **Pariser Klimaabkommen** verabredeten Ziel, den globalen Temperaturanstieg unter 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Es wird

festgestellt, dass zwischen dem Ergebnis der Prognose und dem 2-Grad-Pfad eine Lücke klafft. Statt des erwarteten Anstiegs müssten die CO₂-Emissionen bis 2040 auf den Stand des Jahres 1980 zurückfallen. Das wird als eine enorme Herausforderung gesehen angesichts der Tatsache, dass 2040 die Weltbevölkerung doppelt so groß und die Wirtschaftsleistung fünf Mal so hoch sein wird wie 1980.

Um die Emissionen an Treibhausgasen zügig zu reduzieren, bedarf es nach Auffassung von ExxonMobil verstärkter politischer Interventionen, verbunden mit massiven Auswirkungen auf die wirtschaftliche Aktivität und den Lebensstil der Bevölkerung. Eine Politik, die Innovation fördert und Flexibilität durch Wettbewerb und freie Märkte ermöglicht, wird als entscheidend angesehen, damit die kosteneffizientesten Möglichkeiten zur Senkung der Emissionen an Treibhausgasen ausgeschöpft werden. Die hierzu erforderlichen Technologien schließen die Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus Kohle, Erdgas und Biomasse sowie fortentwickelte Biokraftstoffe und Batterietechnologien ein. Ohne eine robuste Entwicklung dieser Technologie-Optionen wird die Gesellschaft durch die mit dem Klimaschutz verbundenen Kosten deutlich stärker belastet.

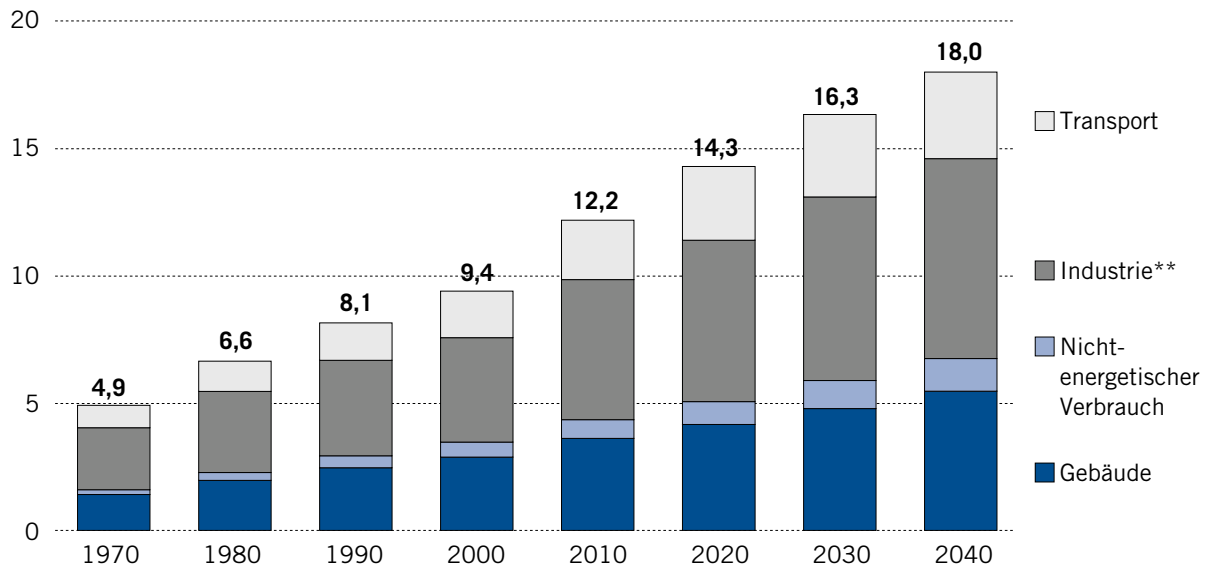
Bewertung

Die Einschätzung zur Entwicklung der erneuerbaren Energien ist von ExxonMobil im Vergleich zu letztjährigen Prognosen schrittweise heraufgesetzt worden. Allerdings dürfte die Dynamik der Entwicklung immer noch unterschätzt sein. In Deutschland hat der Anteil von Wind und Sonne an der Stromerzeugung mit 19 % bereits 2016 den Anteilswert übertroffen, den ExxonMobil global für 2040 vorausschätzt. 2017 hat sich der Beitrag dieser beiden erneuerbaren Energiequellen in Deutschland weiter deutlich erhöht, und zwar auf 23 % der Stromerzeugung. Zwar ist nicht davon auszugehen, dass die erneuerbaren Energien global eine mit Deutschland vergleichbare finanzielle Unterstützung erfahren. Allerdings hat sich die Attraktivität des Ausbaus erneuerbarer Energien aufgrund der erreichten Kostensenkungen generell erhöht und damit Investitionen in den Ausbau dieser Energien begünstigt.

Auch die Rolle, die dem Energieträger Strom künftig zukommt, dürfte zu restriktiv veranschlagt worden sein. Durch Sektorenkopplung können auch außerhalb der Stromerzeugung deutlich größere Potenziale zur CO₂-Emissionsminderung mobilisiert werden als dies von dem Konzern gesehen wird. Verstärkte Fortschritte etwa im

Abbildung 2.17: Primärenergieverbrauch nach Endverbrauchssektoren bis 2040

in Milliarden Tonnen Öläquivalent (Mrd. toe)



* Der Primärenergieverbrauch zur Stromerzeugung ist den Endverbrauchssektoren gemäß deren Stromverbrauch zugeordnet.

** Industrie ohne nichtenergetischen Verbrauch

Quelle: 2018 BP EnergyOutlook

Bereich der Elektromobilität wären mit einem niedrigeren Beitrag von Mineralölprodukten im Verkehrssektor verbunden. Aber auch in diesem Fall bliebe Öl im Transportsektor unverändert die dominierende Energiequelle. Für das Erreichen ambitionierter Klimaschutzziele befürwortet ExxonMobil Technologie-Offenheit unter Verzicht auf Diskriminierung einzelner Technologien. Dieser Ansatz wird zu Recht als wirksamer Schlüssel zur Verminderung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen gesehen.

BP Energy Outlook – 2018 Edition

Am 20. Februar 2018 hat BP einen Ausblick auf die **weltweite Entwicklung von Energieangebot und -nachfrage bis 2040** vorgelegt. Bei der Studie handelt es sich nicht um eine Prognose. Vielmehr werden in verschiedenen Szenarien die möglichen Auswirkungen unterschiedlich gesetzter Annahmen, insbesondere bezüglich der politischen Rahmensezung, dargelegt. Schwerpunkt ist das **Szenario Evolving Transition** (ET). In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass sich die Politiken der Regierungen, technologische Innovationen sowie die Präferenzstrukturen der Gesellschaft in gleicher Geschwindigkeit weiterentwickeln, wie dies für die jüngste Vergangen-

heit zu beobachten war. Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf dieses – auch von BP in den Vordergrund gestellte – Szenario.

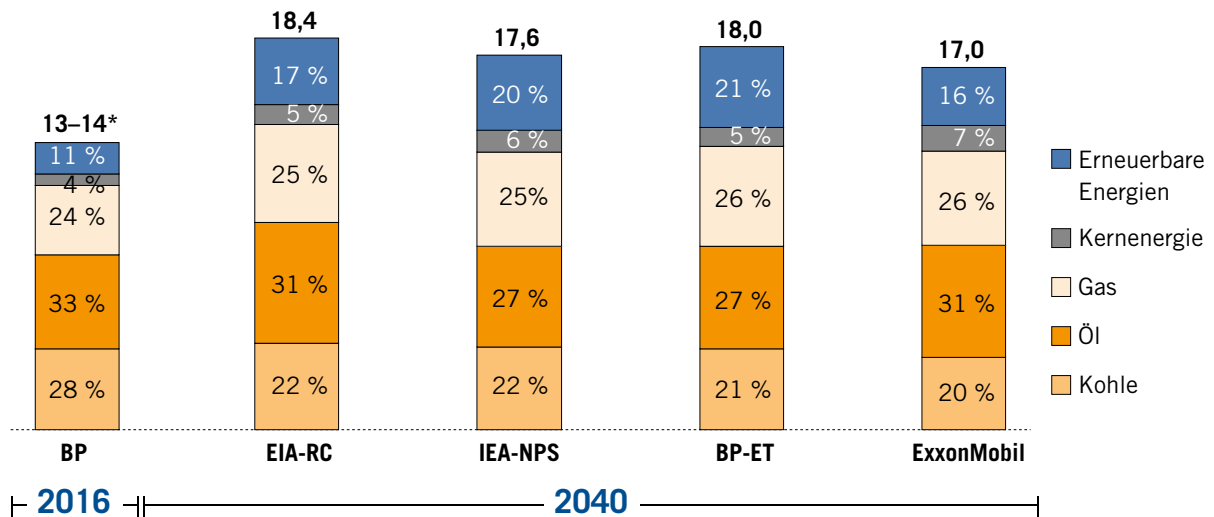
Zu den **Grundannahmen** gehört, dass die Weltbevölkerung von 7,5 Milliarden im Jahr 2016 auf 9,2 Milliarden im Jahr 2040 wächst. Bezüglich der globalen Wirtschaftsleistung (GDP) wird von einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 3,2 % ausgegangen. Das bedeutet mehr als eine Verdopplung des GDP – verbunden mit einem steigenden Wohlstand vor allem in den schnell wachsenden Schwellenländern.

Zentrale Ergebnisse sind: Der globale Primärenergieverbrauch erhöht sich im Betrachtungszeitraum um 35 %. Der Stromverbrauch nimmt um 69 % zu. Damit entkoppeln sich das Energie- und auch das Stromverbrauchs-wachstum aufgrund der erwarteten Effizienzverbesserungen von der Entwicklung der Wirtschaftsleistung. Der Energiemix verändert sich zugunsten der erneuerbaren Energien, und zwar deutlich stärker als BP das noch vor einem Jahr erwartet hatte.

Für den **Primärenergieverbrauch** werden insbesondere folgende Trends aufgezeigt:

Abbildung 2.18: Synopse von Ergebnissen der EIA, IEA, BP und ExxonMobil zum weltweiten Primärenergieverbrauch bis 2040

in Milliarden Tonnen Öläquivalent (Mrd. toe)



* Spanne der in den einbezogenen Studien für 2016 angegebenen Werte liegt zwischen 13 und 14 Mrd. toe.

Quelle: EIA, International Energy Outlook 2017; IEA, World Energy Outlook 2017; BP Energy Outlook – 2018 Edition; ExxonMobil, 2018 Outlook for Energy: A View to 2040.

- Der Anteil fossiler Energien verringert sich von 85 % im Jahr 2016 auf 74 % im Jahr 2040, wobei Erdgas stark und Erdöl moderat wachsen, während der Kohleverbrauch weltweit konstant bleibt. In den Industriestaaten halbiert sich der Kohleverbrauch, in China wird ab 2030 mit einem Rückgang gerechnet. Diese Entwicklung wird durch Zuwächse in Indien und anderen asiatischen Schwellenländern kompensiert.
- Der Anteil der Kernenergie steigt von gut 4 % auf 5 %.
- Der Anteil erneuerbarer Energien (einschließlich Wasserkraft) erhöht sich von 11 % auf 21 %.

50 % des Anstiegs im Primärenergieverbrauch werden durch erneuerbare Energien, insbesondere Sonne und Wind, gedeckt. Aber auch fossile Energien tragen mit 43 % zur Deckung des wachsenden Bedarfs bei, Kernenergie mit 7 %.

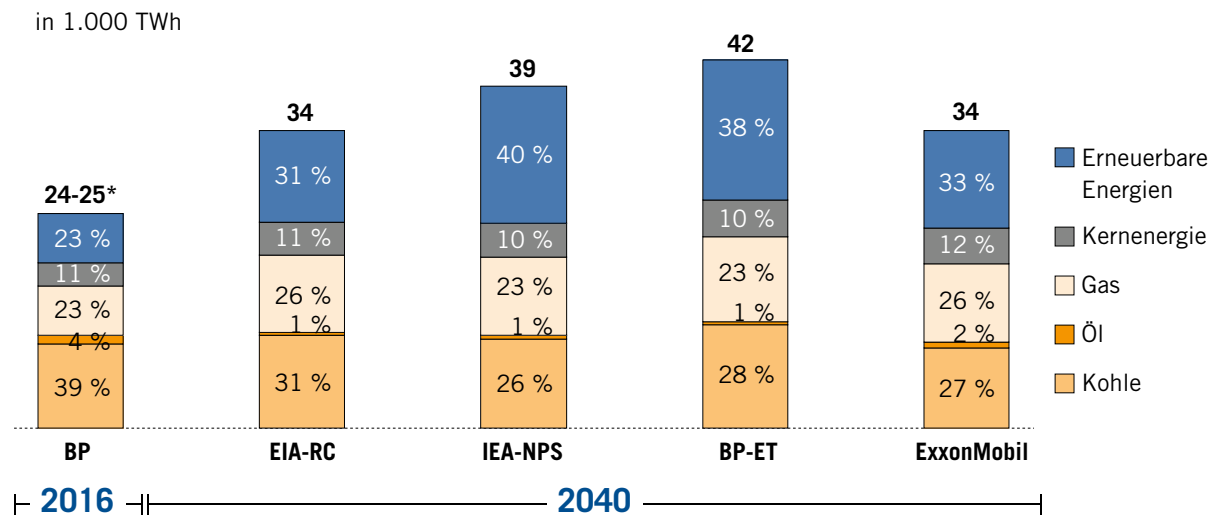
➔ **70 % des Anstiegs im Primärenergieverbrauch sind durch den Stromsektor bedingt.**

Die Welt wird elektrischer. 70 % des Anstiegs im Primärenergieverbrauch sind durch den Stromsektor bedingt. Strom gewinnt in allen Verbrauchssektoren an Bedeutung. Für das Wachstum des Primärenergieverbrauchs sind die Industrie zu 50 %, der Gebäudebereich für ein Drittel und der Transportsektor für etwa 17 % verantwortlich. Im Gebäudebereich ist Strom fast die alleinige Wachstumsenergie; Air Conditioning und verbesserte Ausstattung mit elektrischen Geräten in den Schwellenländern sind die entscheidenden Treiber.

➔ **Erneuerbare Energien lösen Kohle als wichtigsten Energieträger zur Stromerzeugung ab.**

Die weltweite **Stromerzeugung** steigt von 24.816 TWh im Jahr 2016 mit durchschnittlich 2,2 %/Jahr auf 41.819 TWh im Jahr 2040. In absoluten Größen nimmt die Stromerzeugung auf Basis aller Energieträger, außer Öl, zu. Dies geschieht allerdings in sehr unterschiedlicher Intensität.

Abbildung 2.19: Synopse von Ergebnissen der EIA, IEA, BP und ExxonMobil zur weltweiten Stromerzeugung bis 2040



*Spanne der in den einbezogenen Studien für 2016 angegebenen Werte zur Stromerzeugung liegt zwischen 24.000 und 25.000 TWh; ExxonMobil stellt auf die Stromnachfrage ab, die für 2016 mit 21.300 TWh beziffert wird.

Quelle: EIA, International EnergyOutlook 2017; IEA, World EnergyOutlook 2017; BP EnergyOutlook – 2018 Edition; ExxonMobil, 2018 Outlook for Energy: A View to 2040.

- **Erneuerbare Energien** lösen Kohle als wichtigsten Energieträger zur Stromerzeugung ab. Der Anteil erneuerbarer Energien (einschließlich Wasserkraft) steigt von 23 % im Jahr 2016 auf 38 % im Jahr 2040. Das stärkste Wachstum vollzieht sich in China. Ab 2030 rückt Indien an die zweite Position.
- Der Anteil der **Kohle** sinkt von 39 % im Jahr 2016 auf 28 % im Jahr 2040.
- Der Anteil von **Erdgas** bleibt mit 23 % konstant.
- Der Anteil von **Kernenergie** vermindert sich von 11 % auf 10 %
- **Öl** hält 2040 nur noch unbedeutende 1 % gegenüber 4 % im Jahr 2016.

Erneuerbare Energien decken 60 % des Wachstums des Stromverbrauchs. Fossile Energien tragen mit 32 % dazu bei – vor allem Erdgas, aber auch Kohle. Kohle spielt eine wachsende Rolle in Indien und anderen asiatischen Schwellenländern, während für die Industriestaaten mit einem Rückgang des Kohleeinsatzes zur Stromerzeugung gerechnet wird. Kernenergie deckt 8 % des Verbrauchsanstiegs ab. 90 % des Wachstums der Kernenergie

vollziehen sich in China, während die Nutzung der Kernenergie in den USA und in Europa an Bedeutung verliert.

Die **Elektromobilität** nimmt künftig Fahrt auf. Der gesamte Pkw-Bestand verdoppelt sich laut BP bis 2040 auf rund 2 Milliarden. Davon entfallen 323 Millionen auf Elektroautos (169 Millionen Plug-In-Hybrid und 154 Millionen Battery Electric). Das entspricht 16 % des Gesamtbestandes. Der Bestand an Pkw mit Verbrennungsmotoren wird 2040 bei 1.648 Millionen liegen. Öl bleibt der mit Abstand wichtigste Brennstoff im Transportsektor. Der Anteil von Öl im gesamten Transportsegment sinkt von 94 % im Jahr 2016 auf 85 % im Jahr 2040.

Die **CO₂-Emissionen** erhöhen sich im Szenario ET noch um rund 10 % bis 2040 gegenüber 2016. Das verbindet BP mit der Aussage, dass ein umfassendes Bündel zusätzlicher Maßnahmen notwendig ist, um eine Entwicklung zu bewirken, die im Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen steht. Dazu gehören insbesondere auch eine globale Bepreisung von CO₂.

Bewertung

Im Vergleich zu seinen letztjährigen Outlooks hat BP die erneuerbaren Energien deutlich hochgestuft und den Beitrag von Kernenergie runtergesetzt. Damit haben die getroffenen Einschätzungen deutlich an Plausibilität gewonnen. Ferner wird ein stärkerer Fuel Switch zugunsten von Gas und zulasten von Kohle angenommen, als in Vorjahren. Insbesondere für Solar- und Windenergie werden jetzt Zuwachsraten von jährlich 7 % erwartet, die deutlich über die in der Vergangenheit getroffenen Annahmen hinausgehen.

Aber auch nach dieser Neueinschätzung müssen fossile Energien vergrößerte absolute Beiträge zur Bedarfsdeckung leisten. Allein durch die Zuwächse bei erneuerbaren Energien lässt sich der wachsende Bedarf im Szenario ET nicht decken. Ergänzend hat BP in einem der Zusatzszenarien, dem **Even Faster Transition** (EFT-Szenario) ermittelt, was passieren müsste, um dem 2-Grad-Ziel gerecht zu werden. Dazu müssten die CO₂-Emissionen bis 2040 um 40 % gegenüber dem Stand des Jahres 2016 sinken. Die größte Anpassungslast wird in diesem Szenario dem Stromerzeugungssektor zugeschrieben. Der wäre bis 2040 fast vollständig zu dekarbonisieren, unter anderem auch durch beschleunigte Implementierung der Technologie der CO₂-Abscheidung und -Nutzung bzw. -Speicherung.

Fazit

Der Zeithorizont aller vier in den Vergleich einbezogenen Studien reicht bis 2040. Dies erlaubt einen Vergleich der zentralen Erkenntnisse, die für diesen Zeitraum benannt werden. Gemeinsame Ergebnisse der in die Synopse einbezogenen Zukunftspfade sind:

- Der weltweite Primärenergieverbrauch steigt auch künftig weiter an – getrieben durch den wachsenden Wohlstand der Schwellenländer.
- Die Zuwachsraten des Primärenergieverbrauchs sind allerdings deutlich niedriger als in der Vergangenheit.
- Der Stromverbrauch nimmt etwa doppelt so stark zu wie der Primärenergieverbrauch.
- Der Energiemix ändert sich. Insbesondere Solar- und Windenergie verzeichnen hohe Wachstumsraten. Erneuerbare Energien entwickeln sich zur wichtigsten Säule der Stromerzeugung.

- Fossile Energien behalten auch künftig eine zentrale Rolle für das globale Energieversorgungssystem.
- Die wachsende Nachfrage nach fossilen Energien richtet sich vor allem auf Erdgas, während der Kohleverbrauch praktisch stagniert. Öl bleibt im Transportbereich die dominierende Energiequelle – trotz der zunehmenden Elektrifizierung.

Unterschiede zeigen sich insbesondere hinsichtlich der Einschätzung zum künftigen Energiemix. Dies gilt vor allem für die Rolle der neuen erneuerbaren Energien, wie Sonne und Wind. Dafür weisen die IEA im NP Szenario und BP im ET Szenario für den Zeitraum 2016 bis 2040 mit durchschnittlich 7,0 % pro Jahr die höchsten Wachstumsraten auf, während die EIA im RC und ExxonMobil nur auf 4,6 % pro Jahr kommen. Mit diesem unteren Wert dürfte die tatsächlich zu erwartende Entwicklung deutlich unterschätzt werden.

Größte Herausforderung bleibt der Klimaschutz. Bei allen in den Vergleich einbezogenen Zukunftspfaden wird das in Paris vereinbarte Klimaziel deutlich verfehlt. Nur im SD-Szenario der IEA und im EFT-Szenario von BP wird das 2-Grad-Ziel erreicht, dies aber per Definition. In diesen beiden Zielszenarien wird deutlich, dass global verstärkte politische Rahmensetzungen zugunsten des Klimaschutzes unter Nutzung aller verfügbaren Optionen notwendig sind, also neben verstärkter Effizienzsteigerung, der gesteigerten Ausbau erneuerbarer Energien, die Nutzung der Kernenergie und die breite Implementierung der Technologie der Abscheidung und Nutzung bzw. Speicherung von CO₂.