



1

Die Rolle der Kohle für die Weltenergieversorgung

International kommt der Kohle eine große Bedeutung für die Sicherung der Energieversorgung zu. 2013 belief sich die globale Kohlenförderung auf rund 8 Milliarden Tonnen (Mrd. t). Davon entfielen 7,2 Mrd. t auf Steinkohle und rund 1 Mrd. t auf Braunkohle.

In den vergangenen 10 Jahren war Kohle der Energieträger mit dem größten absoluten Verbrauchszuwachs. Rund 44 % des seit 2003 gestiegenen weltweiten Energiebedarfs wurden durch Kohle gedeckt.

Mit einem Anteil von fast 30 % am Primärenergieverbrauch und über 40 % an der Stromerzeugung ist Kohle ein zentraler Eckpfeiler der globalen Energieversorgung. In der Stromerzeugung ist Kohle der mit Abstand bedeutendste Energieträger. Beim Primärenergieverbrauch rangiert nur Öl noch knapp vor Kohle.

Die Internationale Energie-Agentur (IEA) hat im November 2014 den World Energy Outlook (WEO) mit Zeithorizont

2040 vorgelegt. Dem Bericht liegen drei Szenarien zugrunde, für die – abhängig von den jeweils getroffenen Annahmen – ein unterschiedlicher Ausblick zur Entwicklung von Angebot und Nachfrage nach Energieträgern sowie nach Weltregionen gegeben wird. Hierbei handelt es sich ausdrücklich nicht um Prognosen, sondern um Szenarien, mit denen mögliche konsistente Zukunftsbilder dargelegt werden.

- Das **New Policies Scenario** (NPS) berücksichtigt die politischen Zusagen und die angekündigten Vorhaben zur Begrenzung der Emissionen von Treibhausgasen, zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und zur Reduzierung lokaler Umweltbelastungen.
- Im **Current Policies Scenario** (CPS) sind die bis Mitte 2014 bereits umgesetzten energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen zugrunde gelegt (vergleichbar mit dem früher als Reference Scenario bezeichneten Pfad). Für die bis zu diesem Zeitpunkt getroffenen Maßnahmen wird

unterstellt, dass sie für den gesamten Betrachtungszeitraum gelten und politisch nicht revidiert werden.

- Im **450 Szenario** wird eine Begrenzung der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre auf 450 parts per million of CO₂-equivalent angenommen. Bei diesem Szenario handelt es sich – anders als beim NPS und beim CPS – um ein sogenanntes Zielszenario. Es werden nicht Annahmen getroffen und auf dieser Basis ein Entwicklungspfad veranschaulicht, sondern das Ziel (Begrenzung des Temperaturanstiegs um zwei Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau) wird gesetzt, und es werden Maßnahmen ermittelt, die für das Erreichen des Ziels ergriffen werden müssen.

Das New Policies Scenario (NPS) wird von der IEA als Hauptszenario klassifiziert. Diese Wahl präjudiziert, wie in der Szenariotechnik üblich, keine Aussage über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens oder die Wünschbarkeit dieses oder eines der anderen Szenarien. Vielmehr werden die Entwicklungstrends veranschaulicht, die sich unter den jeweils getroffenen politischen Rahmenseetzungen nach Einschätzung der IEA abzeichnen. Angesichts der Klassifikation des NPS als Hauptszenario konzentrieren sich die nachfolgenden Aussagen darauf.

Kernannahmen im New Policies Scenario

Das weltweite Bruttoinlandsprodukt (Grossdomesticproduct = GDP) – Haupttreiber der Energienachfrage – steigt um durchschnittlich 3,4 % pro Jahr im Zeitraum 2012 bis 2040 (EU: 1,6 %/Jahr). Das Wachstum in den Entwicklungs- und Schwellenländern im Zeitraum 2012 bis 2040 fällt deutlich stärker aus als in den OECD-Staaten (Beispiel China 5,0 %/Jahr oder Indien 6,0 %/Jahr) gegenüber 1,9 %/Jahr im Durchschnitt der OECD (Durchschnitt Non-OECD: 4,6 %/Jahr).

Die **Bevölkerung** – als weitere Schlüsselgröße für die Energienachfrage – nimmt von 7,0 Milliarden auf 9,0 Milliarden im Jahr 2040 zu; dazu tragen die Entwicklungs- und Schwellenländer mit 93 % bei.

Die **Weltmarktpreise für Energie** haben einen erheblichen Einfluss auf Energieangebot und -nachfrage. Für jedes Szenario wird ein unterschiedlicher Energiepreispfad angenommen; dabei handelt es sich nicht um Preisprognosen. Die IEA legt dem NPS im Jahr 2040 einen Ölpreis von 244 USD/Barrel bzw. – ausgedrückt im Geldwert des Jahres 2013 – von 132 USD/Barrel zugrunde. Im CPS wird ein stärkerer, im 450 Szenario ein schwächerer Preisanstieg unterstellt.

Entwicklung der globalen Stromerzeugung bis 2040

	Kohle	Öl	Gas	Kernenergie	Wasserkraft	Sonstige Erneuerbare/ Biomasse	Insgesamt
	%						TWh
1990	37	11	15	17	18	2	11.825
2012	41	5	22	11	16	5	22.721
New Policies Szenario für 2040	31	1	24	11	16	17	40.104
Current Policies Szenario für 2040	40	1	25	9	13	12	44.003
450 Szenario für 2040	13	1	16	18	20	32	35.043

Quelle: IEA, World Energy Outlook 2014

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs weltweit bis 2040

	Kohle	Öl	Gas	Kernenergie	Wasserkraft	Biomasse	Sonstige Erneuerbare	Insgesamt
	%							Mtoe
1990	25	37	19	6	2	10	1	8.782
2012	29	31	21	5	2	10	1	13.361
New Policies Szenario für 2040	24	26	24	7	3	11	5	18.293
Current Policies Szenario für 2040	29	27	24	5	3	10	3	20.039
450 Szenario für 2040	17	21	22	11	4	16	10	15.629

Quelle: IEA, World Energy Outlook 2014

Die Erdgaspreise nehmen in realen Größen in den USA stark und in Europa leicht zu. Die Divergenz zwischen den niedrigeren US-Erdgaspreisen und den deutlich höheren Notierungen in Europa und in Asien wird fortbestehen, auch wenn sich der Preisspread zwischen den wichtigsten Märkten verringert. Für 2040 werden die Erdgaspreise in der EU nach Einschätzung der IEA um 55 % höher als in den USA angenommen (in Japan 86 % höher als in den USA). Die Preise für Kesselkohlen legen – in realen Größen – leicht zu, bleiben aber bei Umrechnung auf einen einheitlichen Heizwert auch künftig deutlich niedriger als die Gaspreise.

Starke Relevanz für die Ergebnisse der Szenario-Berechnungen haben auch die **CO₂-Preise**. Im NPS wird unterstellt, dass auch bis 2040 außerhalb der EU nur wenige Länder CO₂ bepreisen (Chile, Südafrika, Korea und China) und dies zudem in unterschiedlicher Höhe. Für die EU und für Korea wird ein Anstieg auf real 50 USD/t (nominal: 92 USD/t), für Südafrika und Chile auf real 24 USD/t und für China auf real 35 USD/t angenommen. Für die USA, Kanada und Japan ist ein „shadow“ carbon price für Neu-Investitionen in der Stromerzeugung (nicht für die Industrie) in den Modellrechnungen berücksichtigt, der sich aus Regulierungsaufgaben ergibt und von heute 13 USD/t auf 40 USD/t im Jahr 2040 ansteigt.

Zentrale Ergebnisse auf der Nachfrageseite im New Policies Scenario

Der weltweite **Primärenergieverbrauch** nimmt von 13,4 Mrd. t Öläquivalent im Jahr 2012 um 37 % auf 18,3 Mrd. t Öläquivalent im Jahr 2040 zu. Dies entspricht einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 1,1 %. Auf Nicht-OECD-Staaten entfallen über 90 % des erwarteten Anstiegs des globalen Energieverbrauchs; der Energiebedarf der OECD-Staaten nimmt nur in geringem Umfang zu (3 %).

Der **Schwerpunkt der Energienachfrage** verschiebt sich maßgeblich in Richtung der aufstrebenden Wirtschaftsregionen, insbesondere nach China, Indien und in die Länder des Nahen Ostens. Im NPS dominiert zunächst China das Bild in Asien, bevor Indien ab 2025/30 die Rolle des Hauptwachstumsmotors übernimmt. Ähnlich entwickelt sich auch Südostasien zu einem wachsenden Nachfragezentrum.

Wichtigste Aussagen zur Angebotsseite im New Policies Scenario

Alle Energieträger werden künftig verstärkt nachgefragt. Fossile Energieträger müssen 55 % des Nachfragezuwachses abdecken. Erdöl bleibt der wichtigste fossile Energieträger im globalen Primärenergiemix, obwohl sein Anteil von 31 % im Jahr 2012 auf 26 % im Jahr 2040 sinkt. Die Nachfrage nach Kohle steigt bis etwa Mitte des nächsten Jahrzehnts; danach flacht die Nachfragekurve ab. 2040 werden weltweit 25 % mehr Kohle verbraucht als 2012. Der globale

Kohlenverbrauch erhöht sich mit jahresdurchschnittlichen Raten von 0,5 %, während in den vergangenen 30 Jahren durchschnittlich 2,5 % Wachstum pro Jahr für Kohle verzeichnet worden waren. Für den verbleibenden Anstieg des Kohlenverbrauchs sind fast allein China und andere asiatische Staaten verantwortlich. In der OECD wird dagegen mit einem Rückgang des Kohlenverbrauchs um ein Drittel gerechnet. Der Verbrauch an Erdgas erhöht sich unter allen fossilen Energien am stärksten. Fast 60 % des bis 2040 erwarteten Anstiegs der globalen Gasförderung entfallen auf nicht-konventionelles Gas. Für OECD Europa wird allerdings erst um 2030 wieder ein Erdgasverbrauch in Höhe des 2010 erreichten Niveaus erwartet, für die EU ab 2035, bevor die Nachfrage nach Erdgas wieder einem Wachstumspfad folgt. Der Einsatz erneuerbarer Energien, einschließlich Wasserkraft, erhöht sich um 92 %. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergiemix steigt von 13 % im Jahr 2012 auf 19 % im Jahr 2040 (unter Einbeziehung traditioneller Biomasse in Entwicklungsländern sowie großer Wasserkraftwerks-Projekte).

Die gesamte globale **Erzeugung von Elektrizität** nimmt bis 2040 um 78 % im Vergleich zu 2012 zu. 84 % dieses Zuwachses entfallen auf Nicht-OECD-Staaten. Für China wird ein Anstieg der Stromerzeugung um 119 % prognostiziert. Damit wäre China 2040 mit 27 % an der globalen Stromerzeugung beteiligt.

Die weltweite **Kapazität an Stromerzeugungsanlagen** steigt von 5.683 GW im Jahr 2012 um 89 % auf 10.716 GW an. Der Brutto-Zubau wird auf 7.207 GW veranschlagt, wobei rund ein Drittel davon dem Ersatz von 2.442 GW stillzulegender Kapazität dient. 52 % des Brutto-Zubaus entfallen mit rund 3.734 GW auf erneuerbare Energien (davon 1.429 GW Wind sowie 853 GW Wasser und 1.020 GW PV). Der Zubau auf Basis Gas und Kohle wird mit 1.363 GW bzw. 1.621 GW beziffert. Bei der Kernenergie wird mit einem Brutto-Zubau von 379 GW gerechnet.

Der **Energiemix in der Stromerzeugung** ändert sich zulasten der fossilen Brennstoffe. Trotzdem dominieren die fossilen Energien mit einem Anteil von 57 % im Jahr 2040 (2012: 68 %). Der Beitrag von Kohle geht von heute 41 % auf 31 % zurück. Der Anteil von Erdgas zur Weltstromerzeugung erhöht sich von 22 % auf 24 %. Die Stromerzeugung aus Kernenergie nimmt im Projektionszeitraum bis 2040 um 89 % zu, wobei China, Korea, Indien und Russland führend sind. Das Gewicht der Kernenergie bleibt mit rund 11 % – gemessen an der Stromerzeugungsmenge – praktisch unverändert.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verdreifacht sich zwischen 2012 und 2040. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Weltstromerzeugung erhöht sich in diesem Zeitraum von 21 % auf 33 %. Sie verdrängen damit die Kohle auf den zweiten Rang. Das stärkste absolute Wachstum unter den erneuerbaren Energien wird bei Wind und Wasser erwartet – mehr als Versechsfachung der Stromerzeugung

auf Basis Wind bis 2040 gegenüber 2012. Damit erreicht Wind 2040 an der weltweiten Stromerzeugung einen Anteil von 8,3 %. Photovoltaik trägt 2040 mit 3,2 % zur weltweiten Stromerzeugung bei. Der Anteil von Wasser wird auf 15,5 % beziffert.

Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die globalen energiebedingten CO₂-Emissionen erhöhen sich von 31,6 Mrd. t im Jahr 2012 um 20 % auf 38,0 Mrd. t im Jahr 2040. Dieser Pfad wird mit der Annahme eines langfristigen Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur um 3,6 Grad Celsius verknüpft.

Das prognostizierte Wachstum der globalen CO₂-Emissionen ist allein den Nicht-OECD-Staaten zuzuschreiben; dort wird ein Anstieg der CO₂-Emissionen um 46 % erwartet. Demgegenüber gehen die Emissionen in den OECD-Staaten bis 2040 um 21 % im Vergleich zum Stand des Jahres 2012 zurück. Damit verringert sich der Anteil der OECD-Staaten an den globalen CO₂-Emissionen von 38 % im Jahr 2012 auf 25 % im Jahr 2040. China allein ist 2040 für 26 % der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich.

In der EU verringern sich die CO₂-Emissionen bis 2040 um rund 1,1 Mrd. t entsprechend 32 % gegenüber dem Niveau im Jahr 2012. Im Vergleich zum Jahr 1990 macht der Rückgang 33 % bis 2030 und 42 % bis 2040 aus. Damit wäre die EU 2040 noch mit 6 % an den globalen CO₂-Emissionen beteiligt – gegenüber 11 % im Jahr 2012.

Weitere Erkenntnisse aus dem WEO 2014

Eine Entwicklung entsprechend dem 450 ppm-Pfad ist nur schwer realisierbar. Die IEA unterstellt in diesem Zielszenario für das Jahr 2040 einen CO₂-Preis für die Stromerzeugung und die Industrie für die OECD-Staaten von 140 USD/t und für die Nicht-OECD-Staaten von 125 USD/t (jeweils ausgedrückt im Geldwert des Jahres 2013). In nominalen Größen wären das 260 USD/t beziehungsweise 230 USD/t.

Gerade dort, wo noch mit einem Wachstum der CO₂-Emissionen zu rechnen ist, rangiert der Klimaschutz in der Prioritätenskala deutlich hinter den Zielen Wirtschaftswachstum, Arbeitsplätze und Begrenzung von Schadstoffemissionen zur Verbesserung der lokalen Umweltsituation. Das am 12. November 2014 seitens China verkündete Ziel, die CO₂-Emissionen ab 2030 nicht weiter zu erhöhen, entspricht dem Ergebnis des NPS der IEA, dürfte also – anders als das aktuelle EU-Ziel für 2030 – ohne einschneidende weitergehende Maßnahmen erreichbar sein.

Die IEA erwartet, dass auch in anderen Weltregionen als Europa verstärkt in den Ausbau erneuerbarer Energien investiert wird. Die Transformation wird sich international jedoch bei weitem nicht mit der Geschwindigkeit vollziehen, wie dies in Deutschland diskutiert wird. Der WEO unterstellt für diesen Ausbau, dass erneuerbare Energien durchschnittlich mit 200 Mrd. USD pro Jahr (in realen Größen) subventioniert werden, insgesamt also mit rund 5,4 Billionen USD bis 2040.

Der Steigerung der Energieeffizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien wird die größte Relevanz beim Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung beigemessen.