

Agora
Energiewende



AU^{RO}RA
ENERGY RESEARCH



Stromsektor 2030 – Energiewirtschaftliche Auswirkungen von 65% Erneuerbare Energien und einer Reduktion der Kohleverstromung im Einklang mit den Sektorzielen des Klimaschutzplans

Kurzstudie, September 2018

Die Umsetzung des 65%-EE-Ziels gleicht die preissteigernde Wirkung eines langfristigen Kohleausstiegs mehr als aus

Kontext:

- Im Mai diesen Jahres wurde von der Bundesregierung die Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung" eingesetzt. Diese soll bis Ende des Jahres u.a. einen Ausstiegspfad entlang der Sektorziele des Klimaschutzplans 2050 empfehlen
- Darüber hinaus hat die Große Koalition im Koalitionsvertrag das Ausbauziel für Erneuerbare Energien bis 2030 auf 65% des Stromverbrauchs angehoben
- Die vorliegende Kurzstudie untersucht deshalb die energiewirtschaftlichen Effekte einer Umsetzung dieser beiden Vorhaben

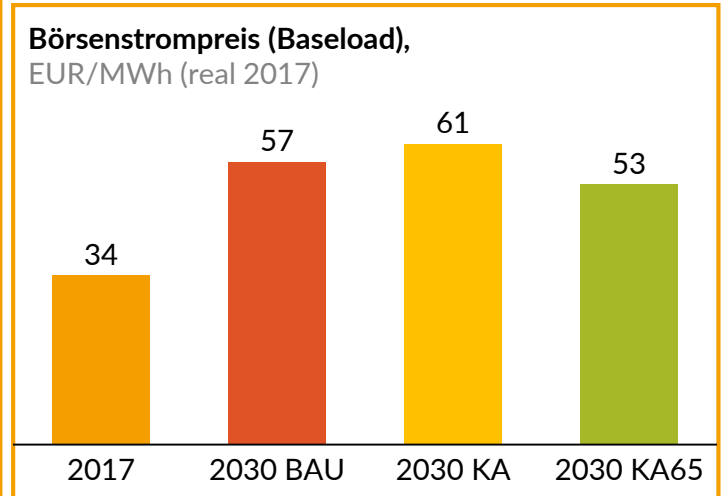
Ansatz:

- In der vorliegenden Kurzstudie vergleichen wir drei Szenarien mit Blick auf 2030:
 - **Business-as-usual (BAU):** Ausbau der Erneuerbaren entlang des EEG 2017 plus Sonderausschreibungen gemäß Koalitionsvertrag, ohne zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen bezüglich Kohlekraftwerken
 - **Kohleausstieg (KA):** Ausbau der Erneuerbaren Energien entlang des EEG 2017 plus Sonderausschreibungen gemäß Koalitionsvertrag plus schrittweiser Kohleausstieg bis 2040 entlang eines Ausstiegspfadplans
 - **Kohleausstieg + 65%-Ziel (KA65):** Ausbau der Erneuerbaren Energien gemäß Koalitionsvertrag auf 65% plus schrittweiser Kohleausstieg bis 2040 entlang eines Ausstiegspfadplans
- Hürden bei der Umsetzung des 65%-Ziels, insbesondere aus Netzsicht, werden nicht bewertet

Kernergebnisse:

- Um das Sektorziel mit Hilfe eines Ausstiegspfadplans zu erreichen, muss die Kapazität von Kohlekraftwerken auf 16 GW reduziert werden und der EE-Ausbau auf 65% gesteigert werden.
- Die Anhebung des Ausbauziels für Erneuerbare Energien von heute rund 52 auf 65% bis 2030 bewirkt, dass:
 - Deutschland weiterhin Netto-Exporteur von Strom bleibt
 - die wegfallende Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken weitestgehend durch Erneuerbare Energien im Inland und nicht durch Atom,- Kohle,- oder Gaskraftwerke im Ausland ersetzt wird
 - die Börsenstrompreise unter dem Niveau bleiben, das ohne die Umsetzung dieser beiden Klimaschutzmaßnahmen zu erwarten wäre

Kernergebnisse für 2030	2017	BAU	KA	KA65
Kohlekapazitäten, GW	46	27	16	16
Anteil Kohle am Strommix, %	36%	24%	16%	14%
Anteil EE am Strommix, %	35%	52%	52%	65%
CO2-Emissionen des Stromsektors, Mio. t	332	248	201	186



Diese Kurzstudie vergleicht drei Szenarien: Business-as-usual, Kohleausstieg und Kohleausstieg mit Umsetzung des 65%-Ziels

	2017	Business-as-usual (BAU 2030: 27 GW Kohle, 52% EE)	Kohleausstieg (KA 2030: 16 GW Kohle, 52% EE)	Kohleausstieg + 65%EE (KA65 2030: 16 GW Kohle, 65% EE)
Entwicklung der Kohlekapazitäten		<ul style="list-style-type: none"> Ökonomisch getriebene Schließungs- und Modernisierungsentscheidungen 	<ul style="list-style-type: none"> Langfristiger Kohleausstieg bis 2040 (Schließung von ca. 2 GW pro Jahr) Schließung der Kraftwerke nach Alter (Braun- und Steinkohle gemischt) 	<ul style="list-style-type: none"> Langfristiger Kohleausstieg bis 2040 (Schließung von ca. 2 GW pro Jahr) Schließung der Kraftwerke nach Alter (Braun- und Steinkohle gemischt)
Kohle-Kapazitäten, GW	46 GW	27 GW	16 GW	16 GW
Entwicklung der EE-Kapazitäten		<ul style="list-style-type: none"> Gemäß EEG 2017 + Sonderausschreibungen 	<ul style="list-style-type: none"> Gemäß EEG 2017 + Sonderausschreibungen 	<ul style="list-style-type: none"> Umsetzung des 65%-Ziels für 2030
EE Anteil, %	33%	52%	52%	65%

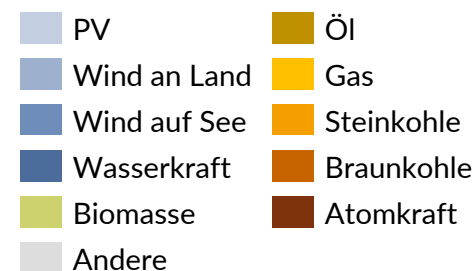
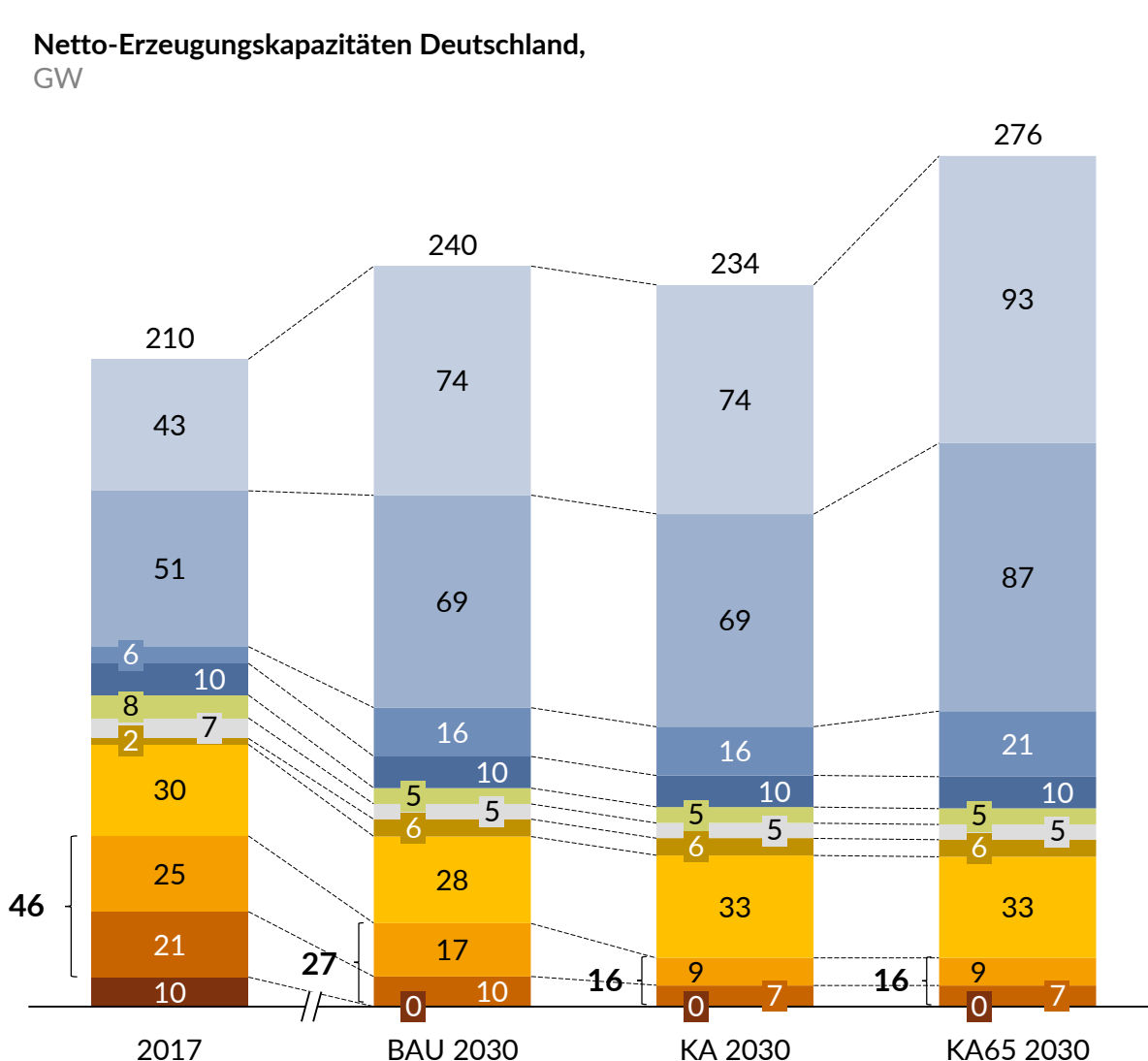
Weitere wesentliche Modellierungsparameter (jeweils 2030, Preise real 2017):

Gaspreis, EUR/MWh	17	27
Steinkohlepreis, EUR/MWh	11	8
CO2-Preis, EUR/t	6	32
Bruttonachfrage, TWh	600	619

Weitere Annahmen: angenommene ökonomische Lebensdauer von 40 Jahren für Steinkohlekraftwerke (KWK 45) und 50 Jahren für Braunkohlekraftwerke. Wetterjahr: 2013. Interkonnectoren: Ausbau gemäß ENTSO-E TYNDP mit niedrigerer Gewichtung von Projekten, die weiter von der Realisierung entfernt sind. Marktdesign: EOM 2.0, kein Kapazitätsmarkt. KWK: Neubau von Gas-KWK-Kraftwerken um Wärmelast stillgelegter Kraftwerke zu decken.

Bei einem schrittweisen Kohleausstieg sinken die Kohlekraftwerkskapazitäten bis 2030 auf dann noch 16 GW ab

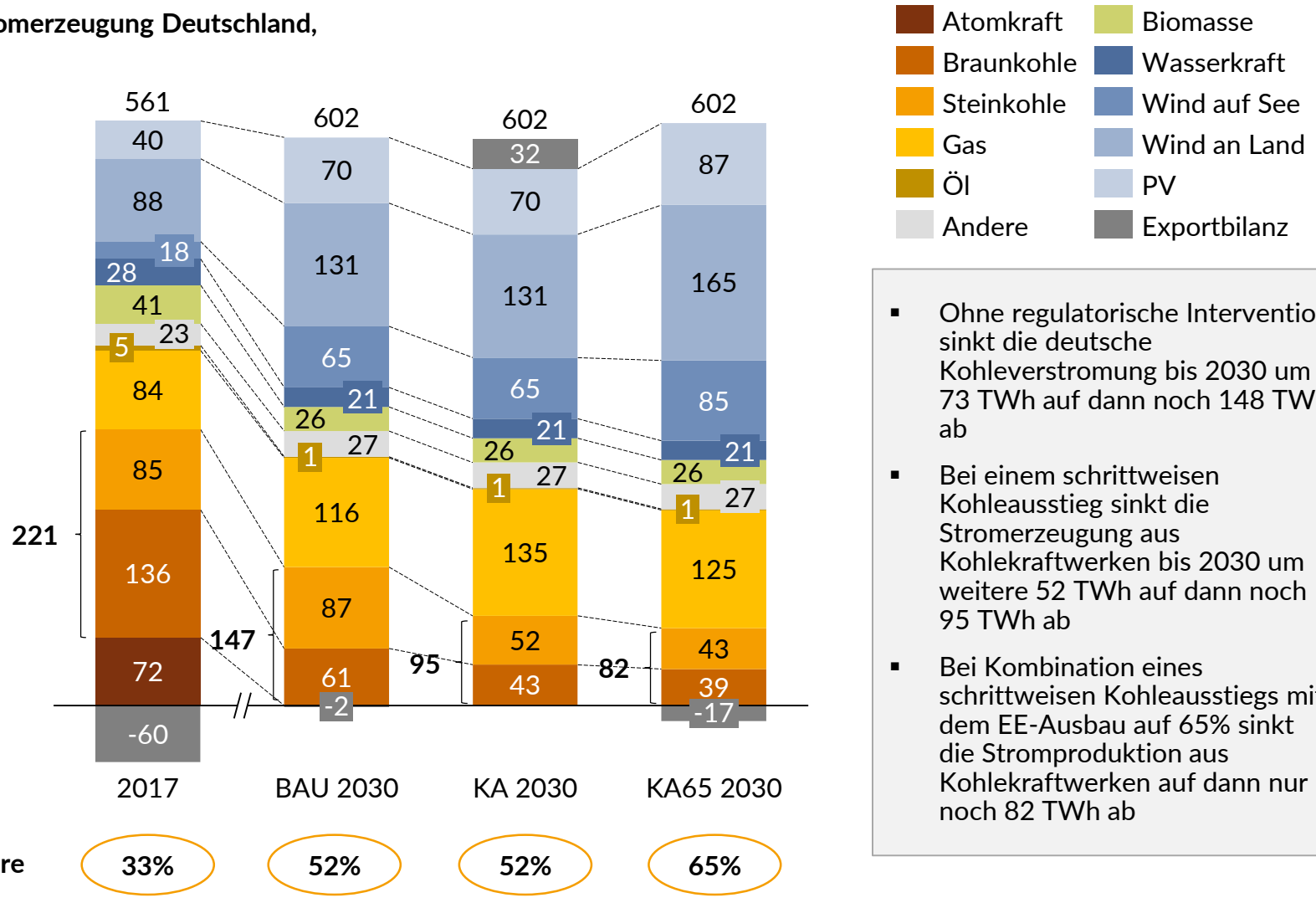
Netto-Erzeugungskapazitäten Deutschland, GW



- Selbst ohne regulatorische Intervention gehen die Kohlekraftwerkskapazitäten bis 2030 aus ökonomischen Gründen und aufgrund von altersbedingten Stilllegungen um 19 GW auf dann noch 27 GW zurück
- Der unterstellte Kohleausstieg im KA-Szenario führt zur Stilllegung weiterer 11 GW Kohlekraftwerksleistung auf dann noch 16 GW
- Im KA65-Szenario sinkt die Kohlekraftwerksleistung entsprechend der Annahme ebenfalls auf 16 GW; gleichzeitig wird der EE-Anteil auf 65% angehoben. Auf die Zusammensetzung des restlichen Kraftwerkparcs hat das keine Auswirkungen
- Unter dem Marktdesign des EOM 2.0 erfolgt keine zwingende Deckung der nationalen Spitzenlast durch Kraftwerke im Inland; in Stunden mit hoher Last und geringer EE-Erzeugung importiert Deutschland Strom aus dem Ausland.

Bei Umsetzung des 65%-Ziels kombiniert mit einem schrittweisen Kohleausstieg sinkt die Kohleverstromung ggü. 2017 um zwei Drittel

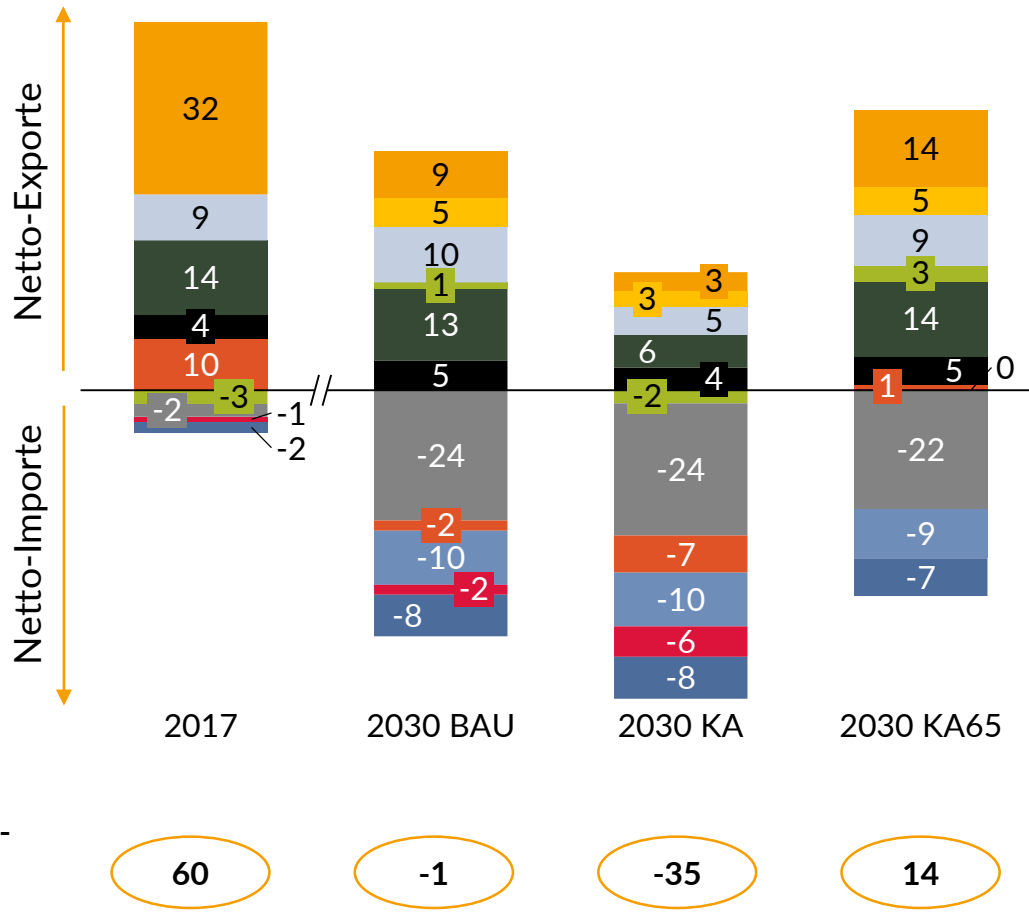
Netto-Stromerzeugung Deutschland, TWh



- Ohne regulatorische Intervention sinkt die deutsche Kohleverstromung bis 2030 um 73 TWh auf dann noch 148 TWh ab
- Bei einem schrittweisen Kohleausstieg sinkt die Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken bis 2030 um weitere 52 TWh auf dann noch 95 TWh ab
- Bei Kombination eines schrittweisen Kohleausstiegs mit dem EE-Ausbau auf 65% sinkt die Stromproduktion aus Kohlekraftwerken auf dann nur noch 82 TWh ab

Bei einer Kombination aus 65% EE und Reduktion der Kohle- verstromung bleibt Deutschland weiterhin Netto-Exporteur

Stromhandelsbilanz, Deutschland,
TWh

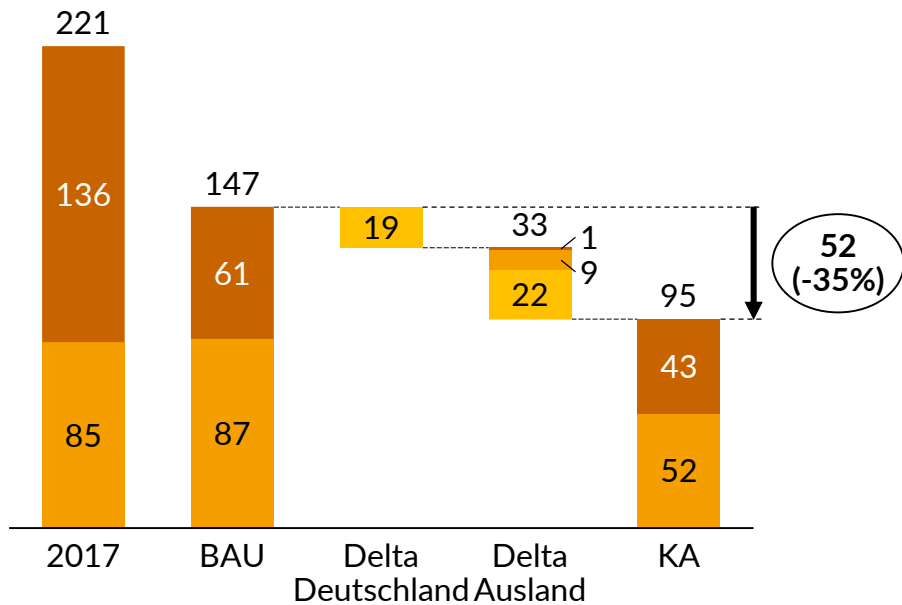


- Ohne regulatorische Intervention gleicht sich die deutsche Stromhandelsbilanz durch Stilllegung thermischer Kapazitäten in Deutschland und EE-Ausbau in Nachbarländern aus
- Ein Kohleausstieg ohne Erhöhung des EE-Ausbau macht Deutschland zum Netto-Importeur von ca. 35 TWh
- Eine Steigerung des EE-Zubaus, wie etwa bei Umsetzung des 65%-EE-Ziels, kann dem entgegenwirken; Deutschland exportiert 15 TWh mehr Strom als im BAU-Szenario

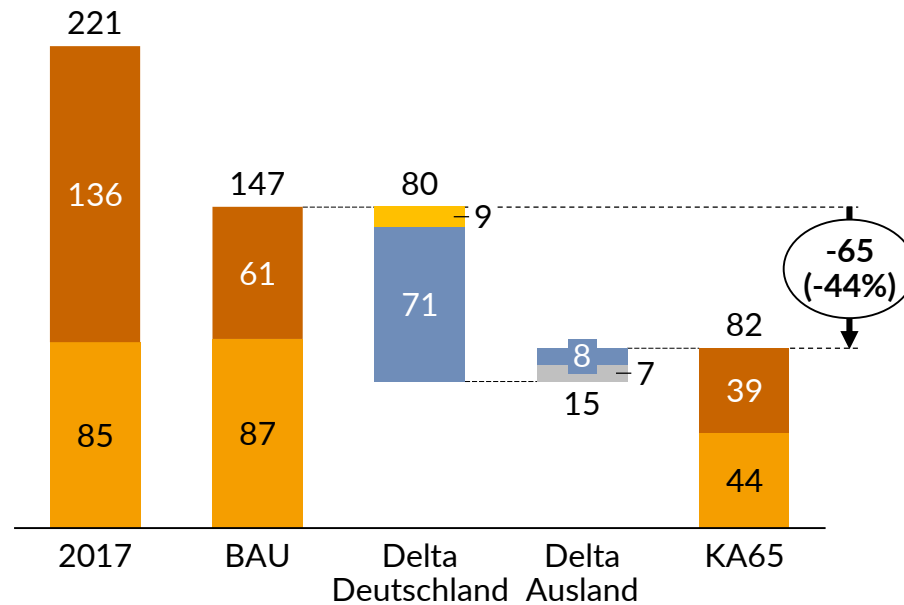
Die Anhebung des EE-Ziels auf 65% bewirkt, dass die wegfallende Stromerzeugung v.a. durch Erneuerbare Energien und nicht durch Gas ersetzt wird

Ersatz der Kohleverstromung nach Energieträgern, 2030, TWh

BAU vs. KA, 2030



BAU vs. KA65, 2030



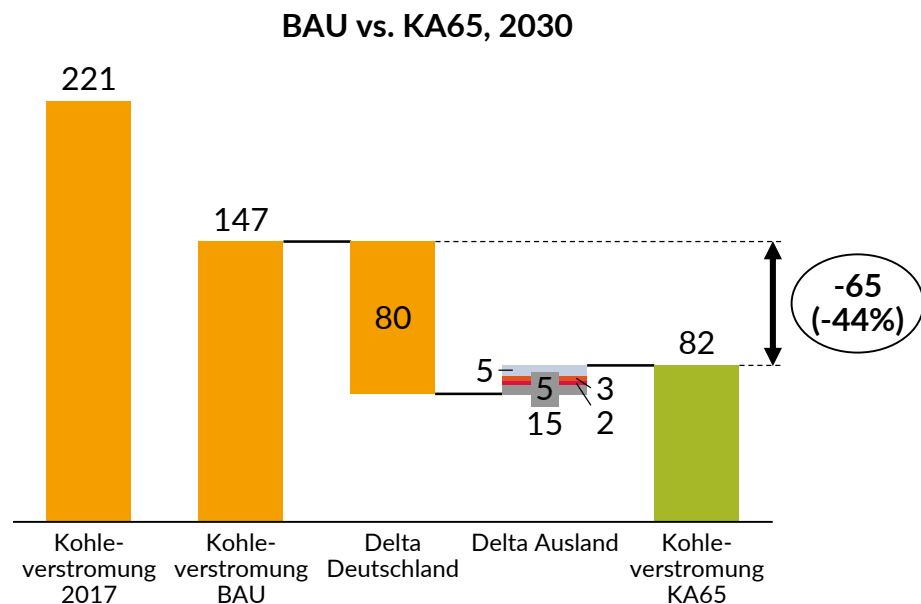
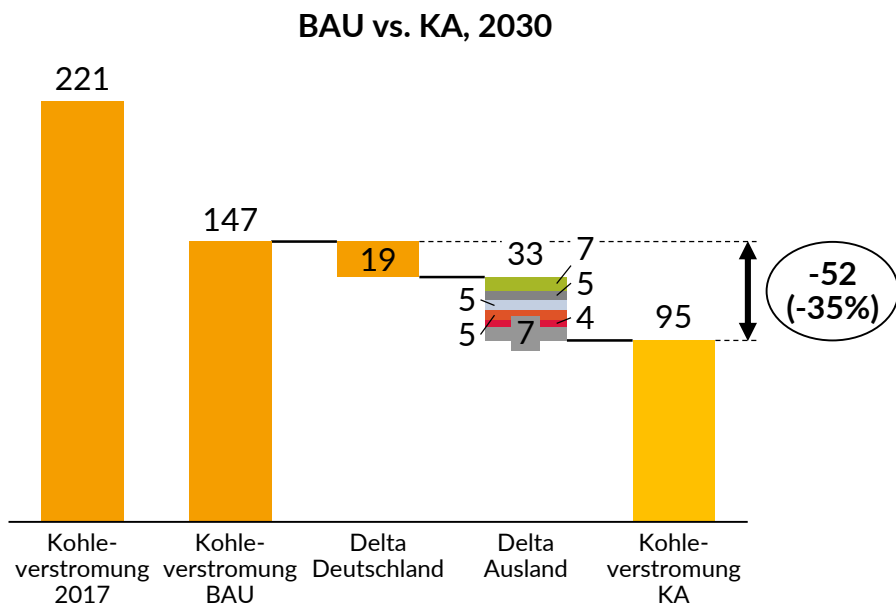
- Ca. 80%/40 TWh der Reduktion der deutschen Kohleverstromung werden durch Gaskraftwerke im In- und Ausland ersetzt
- Nur 20%/10 TWh werden durch Kohlekraftwerke im Ausland ersetzt; in Summe ist also ein negativer Effekt auf die Gesamtemissionen zu erwarten

- Bei Umsetzung des 65%-Ziels in Kombination mit einem schrittweisen Kohleausstieg wird ein Großteil der Kohleverstromung durch EE ersetzt
- Die zusätzlichen deutschen EE verdrängen zusätzlich ca. 7 TWh konventionelle Erzeugung im Ausland

■ Braunkohle
 ■ Steinkohle
 ■ Gas
 ■ EE
 ■ Konventionelle

Die Anhebung des EE-Ziels auf 65% bewirkt, dass sich der schrittweise Kohleausstieg deutlich weniger stark auf die Nachbarländer auswirkt

Ersatz der Kohleverstromung nach Ländern, 2030, TWh



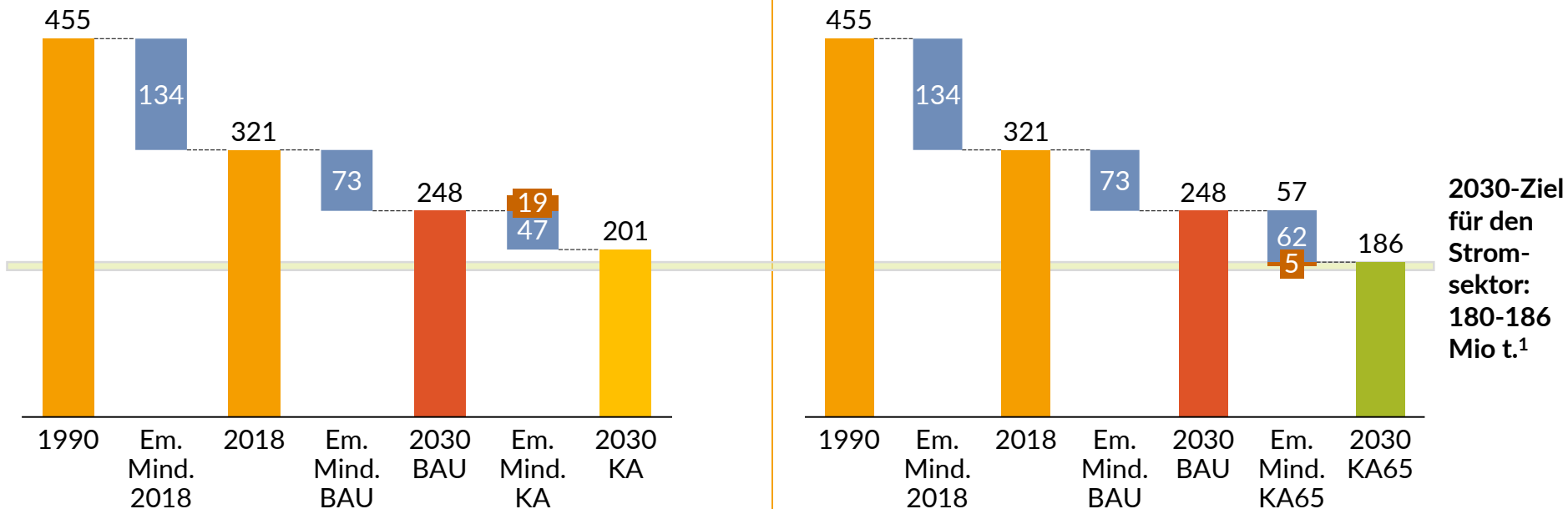
- Der größte Teil der reduzierten Kohleverstromung wird durch Kraftwerke in Deutschland bzw. in direkten Nachbarländern ersetzt
- Der Einfluss auf Frankreich, die Schweiz, Österreich, die Niederlande und Polen ist dabei am größten

- Der zusätzliche EE-Strom im 65%-Szenario verdrängt Erzeugung in europäischen Ausland
- Besonders betroffen sind Österreich, die Niederlande und Polen

■ DEU
 ■ FRA
 ■ CHE
 ■ AUT
 ■ NLD
 ■ POL
 ■ Sonstige

Um das Sektorziel 2030 zu erreichen, ist eine Kombination aus schrittweisem Kohleausstieg und 65% Erneuerbaren notwendig

CO₂-Emissionen des Stromsektors,
Mio t. CO₂



- Im BAU-Szenario sinken die CO₂-Emissionen des Stromsektors auf 248 Mio. t; d.h. ohne regulatorische Eingriffe werden die 2030 Ziele um 62 Mio. t. verfehlt
- Im KA-Szenario werden die Emissionen um weitere 47 Mio. t reduziert, allerdings laufen ausländische Kraftwerke mehr, dadurch entstehen 19 Mio. t zusätzliche Emissionen

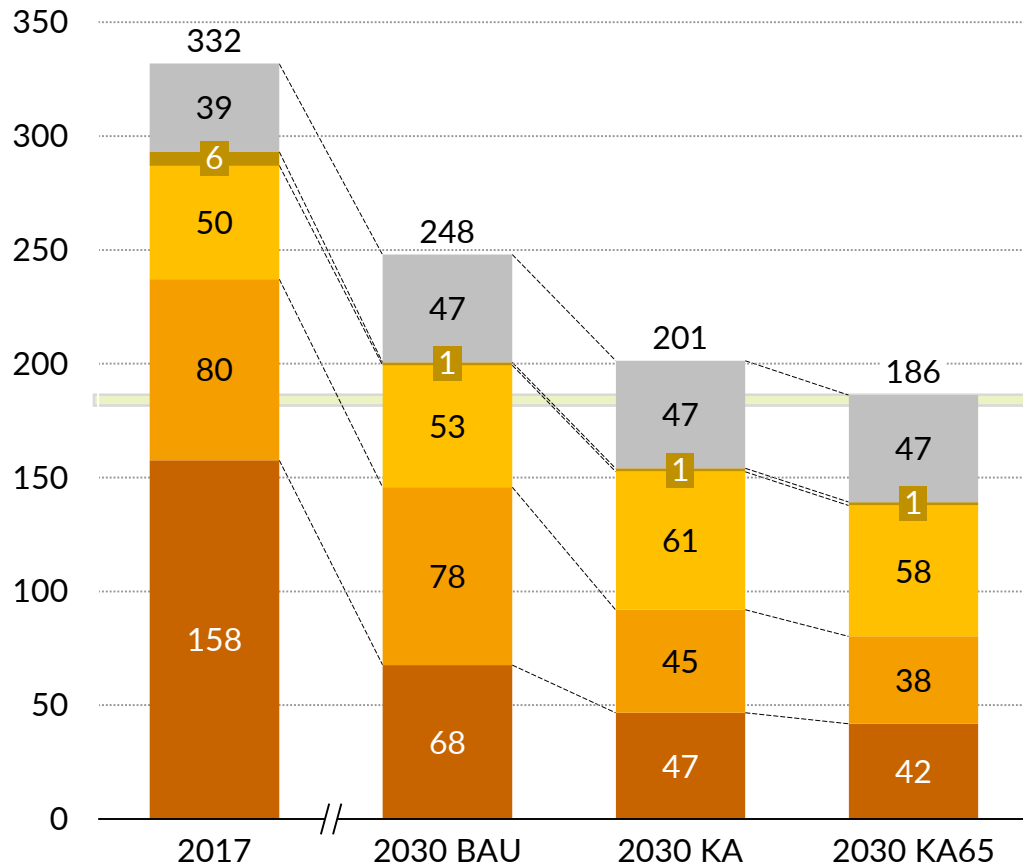
- Bei Umsetzung eines schrittweisen Kohleausstiegs in Kombination mit 65% Erneuerbarer Energien bis 2030 erreicht der Stromsektor sein Klimaschutzziel
- Darüber hinaus werden im Ausland weitere 5 Mio. t CO₂ eingespart

■ Emissionsdelta Rest-EU ■ Hist. Emissionen DE ■ Emissionsminderung DE

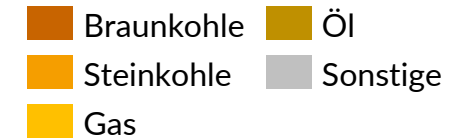
1) Anteilige Umlegung der 2030-Sektorziele im Klimaschutzplan 2050 auf Kraftwerke der allgemeinen Stromversorgung bzw. der Industriekraftwerke

Um das Strom-Sektorziel zu erreichen, müssen die CO₂-Emissionen der Kohleverstromung bis 2030 auf rund 80 Mio. t zurückgehen

CO₂-Emissionen des Stromsektors nach Brennstoff, Deutschland,
Mio t. CO₂



2030-Ziel für den Stromsektor: 180-186 Mio t¹



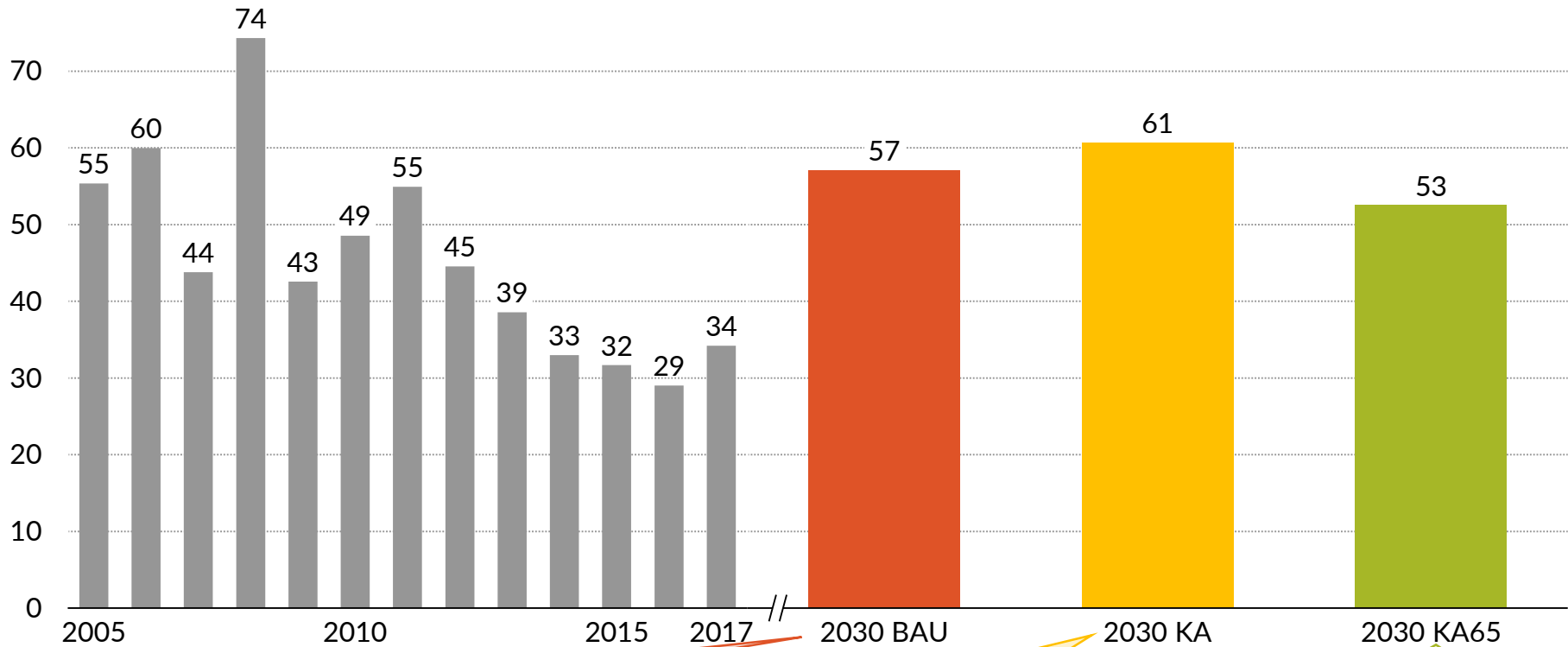
- Ohne regulatorische Intervention sinken die Emissionen der Kohleverstromung um 90 Mio. t auf dann noch 146 Mio. t CO₂ ab
- Im Szenario KA (Schrittweiser Kohleausstieg) sinken die Emissionen schließlich auf 92 Mio. t CO₂ ab
- Durch die Anhebung der Erneuerbaren Energien von 52% auf 65% sinken die Emissionen der Kohleverstromung schließlich auf 80 Mio. t ab

1) Anteilige Umlegung der 2030-Sektorziele im Klimaschutzplan 2050 auf Kraftwerke der allgemeinen Versorgung bzw. der Industriekraftwerke.

2) Aufgrund von Rundungen der Emissionswerte einzelner Brennstoffkategorien, kann deren Summe leicht von der angezeigten jährlichen Gesamtsumme abweichen.

Bei Umsetzung von KA65 in Verbindung mit einem langfristigen Kohleausstieg sind niedrigere Börsenstrompreise zu erwarten

Börsenstrompreise, DE (Baseload)¹,
EUR/MWh (real 2017)



Selbst ohne regulatorische Intervention steigt das Strompreisniveau aufgrund höherer Gas- und CO2-Preise

Der Kohleausstieg führt dazu, dass teurere Gaskraftwerke und Importe häufiger den Preis setzen

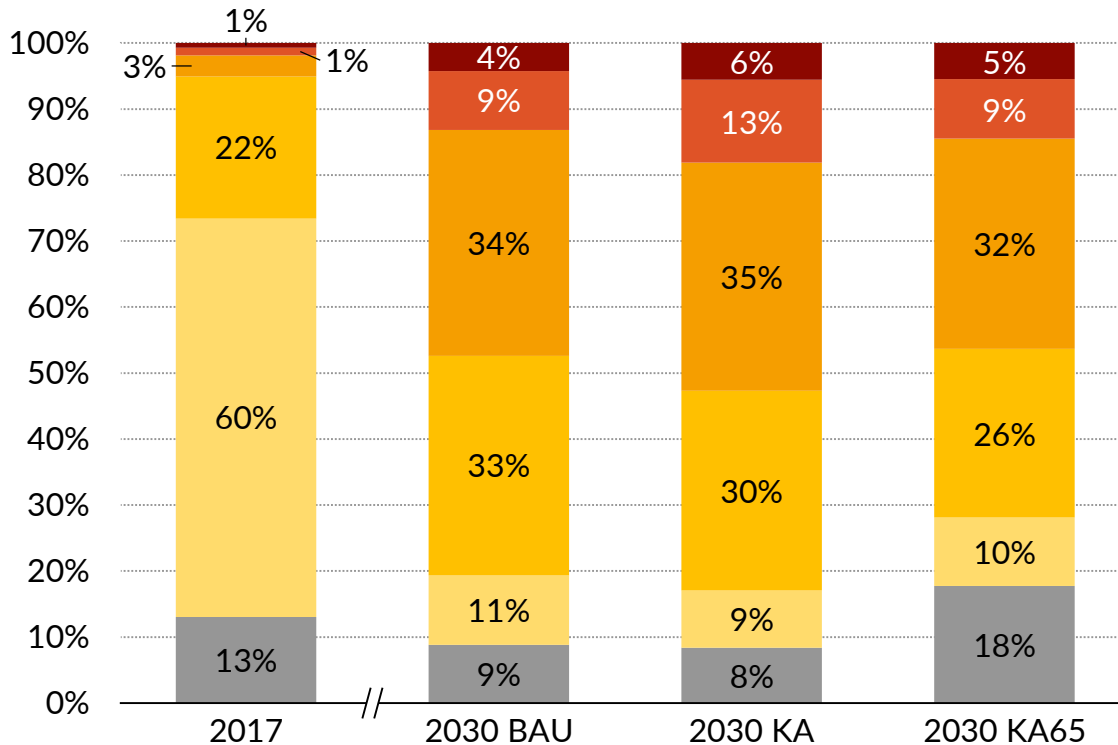
Die Umsetzung des 65%-Ziels verdrängt teure Kraftwerke und senkt die Strompreise

1) Die Betrachtung der Börsenstrompreise ignoriert die Auswirkungen des 65%-Ziels auf die EEG-Umlage, von der die Strommengen der energieintensiven Industrie jedoch größtenteils befreit sind.

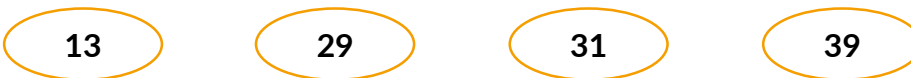
Die Umsetzung des 65%-Ziels würde zu höherer Volatilität und damit größeren Flexibilisierungsanreizen führen

Häufigkeitsverteilung des Strompreises, %

■ >100 ■ 60-80 ■ 20-40 EUR/MWh
■ 80-100 ■ 40-60 ■ <20 (real 2017)



Standardabweichung



- Selbst ohne Kohleausstieg ist durch steigende EE-Kapazitäten eine Verdopplung der Volatilität der Strompreise zu erwarten
- Ein Kohleausstieg allein hätte moderate Auswirkungen auf die Preisvolatilität
- Das 65%-Szenario führt zu größerer Preisvolatilität, was zusätzliche Anreize schafft, in flexible Erzeugungskapazitäten und die Flexibilisierung der Nachfrage zu investieren
- Eine effektive Maßnahme zur Begrenzung der Preisvolatilität wäre eine Abgaben und Umlagenreform zur Förderung flexibler Kraftwerks- und Nachfragekapazitäten

Details und Haftungsausschluss

Publikation	Erstellt durch	Freigegeben durch
Stromsektor 2030 – Energiewirtschaftliche Auswirkungen von 65% Erneuerbare Energien und einer Reduktion der Kohleverstromung im Einklang mit den Sektorzielen des Klimaschutzplans	Hanns Koenig (hanns.koenig@auroraer.com) Johanna Schiele (johanna.schiele@auroraer.com) Linus Beer (linus.beer@auroraer.com)	Dr. Manuel Köhler (manuel.koehler@auroraer.com)

General Disclaimer

This document is provided “as is” for your information only and no representation or warranty, express or implied, is given by Aurora Energy Research Limited (“**Aurora**”), its directors, employees, agents or affiliates (together its “**Associates**”) as to its accuracy, reliability or completeness. Aurora and its Associates assume no responsibility, and accept no liability for, any loss arising out of your use of this document. This document is not to be relied upon for any purpose or used in substitution for your own independent investigations and sound judgment. The information contained in this document reflects our beliefs, assumptions, intentions and expectations as of the date of this document and is subject to change. Aurora assumes no obligation, and does not intend, to update this information.

Forward-looking statements

This document contains forward-looking statements and information, which reflect Aurora’s current view with respect to future events and financial performance. When used in this document, the words “believes”, “expects”, “plans”, “may”, “will”, “would”, “could”, “should”, “anticipates”, “estimates”, “project”, “intend” or “outlook” or other variations of these words or other similar expressions are intended to identify forward-looking statements and information. Actual results may differ materially from the expectations expressed or implied in the forward-looking statements as a result of known and unknown risks and uncertainties. Known risks and uncertainties include but are not limited to: risks associated with political events in Europe and elsewhere, contractual risks, creditworthiness of customers, performance of suppliers and management of plant and personnel; risk associated with financial factors such as volatility in exchange rates, increases in interest rates, restrictions on access to capital, and swings in global financial markets; risks associated with domestic and foreign government regulation, including export controls and economic sanctions; and other risks, including litigation. The foregoing list of important factors is not exhaustive.

Copyright

This document and its content (including, but not limited to, the text, images, graphics and illustrations) is the copyright material of Aurora[, unless otherwise stated]. No part of this document may be copied, reproduced, distributed or in any way used for commercial purposes without the prior written consent of Aurora.