

AUSWIRKUNGEN VON PAKS II AUF DEN DEUTSCHEN STROMMARKT



Berlin, 13. Februar 2016

Im Auftrag von:

Greenpeace Energy e.G., Stadtwerke Mainz AG, Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
2.	Aufbau Power2Sim	2
3.	Beschreibung des Szenariorahmens	4
3.1.	Datenquellen	4
3.2.	Grundsätzliche Annahmen zur Entwicklung der betrachteten Strommärkte	5
3.3.	Szenariodefinition	8
4.	Auswirkungen des Zubaus von Kernkraftwerken	9
4.1.	Auswirkungen auf den europäischen Kraftwerkseinsatz am Beispiel Paks II	9
4.2.	Strompreisveränderung	10
4.3.	Marktwertfaktor des deutschen Erneuerbaren Stroms	11
4.4.	Veränderung der EEG-Differenzkosten	13
4.5.	Auswirkungen auf die EEG-Kosten	14
4.6.	Einfluss auf exemplarische erneuerbare-Energien-anlagen	16
5.	Zusammenfassung	18
	Quellenverzeichnis	20
	Kurzportrait Energy Brainpool	21

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Funktionsschema Power2Sim	3
Abbildung 2: Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung und Stromnachfrage Deutschland	6
Abbildung 3: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland.....	7
Abbildung 4: Qualitative Darstellung des Merit-Order-Effekts durch Paks II in Ungarn (Prinzipbild mit überzeichnetem Effekt)	9
Abbildung 5: Absolute und prozentuale Veränderung des Spotmarktpreises in Deutschland	11
Abbildung 6: Veränderung der Marktwertigkeit des deutschen erneuerbaren Stroms in Prozentpunkten durch Paks II.....	12
Abbildung 7: Veränderung der Differenzkosten durch den Bau von Paks II	14
Abbildung 8: Veränderung der jährlichen Erlöse von exemplarischen 1 MW-Erneuerbaren Anlagen in Deutschland durch Paks II.....	16

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Mehrkosten im EEG-Fördersystem durch den Bau von Paks II	15
Tabelle 2: Mehrkosten durch erhöhte EEG-Umlage durch den Bau von Paks II für einen einzelnen Haushalt (3.500 kWh/Jahr)	15

1. EINLEITUNG

In den folgenden Jahren werden zahlreiche Kraftwerkskapazitäten altersbedingt aus dem ungarischen Strommarkt ausscheiden, sodass Kraftwerksneubauten nötig sind, um die Nachfrage nach Strom in Ungarn weiterhin in ausreichendem Maße national zu decken. Der ungarische Staat plant daher den Neubau eines Kernkraftwerks am Standort des existierenden Kernkraftwerks Paks I: die bestehenden Blöcke 1 bis 4 werden um zwei neue Blöcke 5 und 6 ergänzt, die unter dem Namen Paks II zusammengefasst werden. Da ein Kraftwerksneubau unter den derzeitigen Rahmenbedingungen betriebswirtschaftlich nicht darzustellen ist, sollen für den Bau Fördermittel in Form von staatlichen Krediten gewährt werden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist aus diesem Grund, anhand fundamentaler Analysen festzustellen, welchen Einfluss der Neubau des Kernkraftwerks Paks II in Ungarn mit einer Bruttogesamtkapazität von 2,4 Gigawatt auf den deutschen Strommarkt im Allgemeinen und die Marktwertigkeit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Besonderen hat. Die Untersuchung erfolgt mittels verschiedener Energiemarktszenarien im Fundamentalmodell Power2Sim für definierte Stützjahre bis 2040. Dabei nehmen die Erläuterungen und Auswertungen Bezug auf die im Juli 2015 verfasste Studie zu den Auswirkungen des Baus von Hinkley Point C in Großbritannien auf den europäischen Strommarkt.¹

¹ Vgl. Energy Brainpool (2015)

2. AUFBAU POWER2SIM

Für die Berechnung der Szenarien wird das Strommarktmodell Power2Sim eingesetzt. Power2Sim ist eine von Energy Brainpool entwickelte Fundamentalsoftware zur Modellierung von Strompreisentwicklungen. Die Basis bildet eine simulierte Merit-Order-Kurve, anhand derer die Großhandelsstrompreise für die einzelnen europäischen Länder stundenscharf berechnet werden. Im Schnittpunkt von Angebots- und Nachfragekurve ergibt sich der Strompreis. Das am teuersten produzierende Kraftwerk, welches zur Deckung der Nachfrage noch benötigt wird, bestimmt somit den Marktpreis.

Die kurzfristigen Grenzkosten der Stromproduktion von Erzeugungsanlagen, die verfügbare Erzeugungskapazität sowie die Nachfrage sind damit die Haupteinflussfaktoren auf die Strompreise. Im Power2Sim wird dabei unterschieden nach konventionellen und erneuerbaren Erzeugungsanlagen. Bevor die verschiedenen konventionellen Kraftwerke anhand ihrer kurzfristigen Grenzkosten als Merit-Order in die Berechnung eingehen, wird die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien berücksichtigt. Der aus erneuerbaren Energien erzeugte Strom wird von der Gesamtnachfrage abgezogen, die verbleibende Strommenge (Residuallast) muss folglich von konventionellen Kraftwerken produziert werden. Erneuerbare Energien werden im Modell je nach Technologie unterschiedlich berücksichtigt. Grundlage sind dabei stets historische Erzeugungsdaten, um die vorhandene Erzeugungssystematik möglichst genau abzubilden. Der gesamte konventionelle Kraftwerkspark ist im Power2Sim inklusive der jeweiligen Spezifika, d. h. Brennstoff, Effizienz, Verfügbarkeit etc., aus denen ein Merit-Order-Gebotspreis abgeleitet wird, hinterlegt.

Im Lastmodell wird auf Basis von Typtagprofilen, einem Ferien- und Feiertagskalender sowie dem Szenariotrend die Stromnachfrage für jedes einzelne Land stundenscharf für die Zukunft modelliert.

Das Im- und Exportmodell ersetzt feste Zeitreihen des Stromaustauschs und lässt die grenzüberschreitenden Stromflüsse iterativ berechnen. Durch Einbeziehung grenzüberschreitender Lastflüsse in das System können die Strompreise im zusammenhängenden europäischen Stromübertragungsnetz so wesentlich genauer ermittelt werden. Immer beginnend mit der größten Preisdifferenz zwischen zwei Nachbarstaaten wird eine vorher festgelegte Transfermenge in Megawatt pro Stunde ausgetauscht. Dies führt zu einer Preisangleichung zwischen den beiden Ländern, hieraus ergeben sich neue Preisdifferenzen zwischen den Ländern und es wird wieder bei der höchsten Differenz Strom ausgetauscht. Dieser Prozess wird so lange durchgeführt, bis sich alle Preise angeglichen haben oder die Grenzkupplungskapazitäten ausgeschöpft sind.

Die Strompreisbildung auf dem europäischen Energiemarkt wird folglich von zahlreichen Faktoren beeinflusst, welche bei der Entwicklung von Strompreisszenarien zu berücksichtigen sind. Diese Faktoren werden im Power2Sim anhand der bereits erwähnten Untermodelle eingebracht. Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Power2Sim und das Zusammenwirken zwischen den verschiedenen Untermodellen.

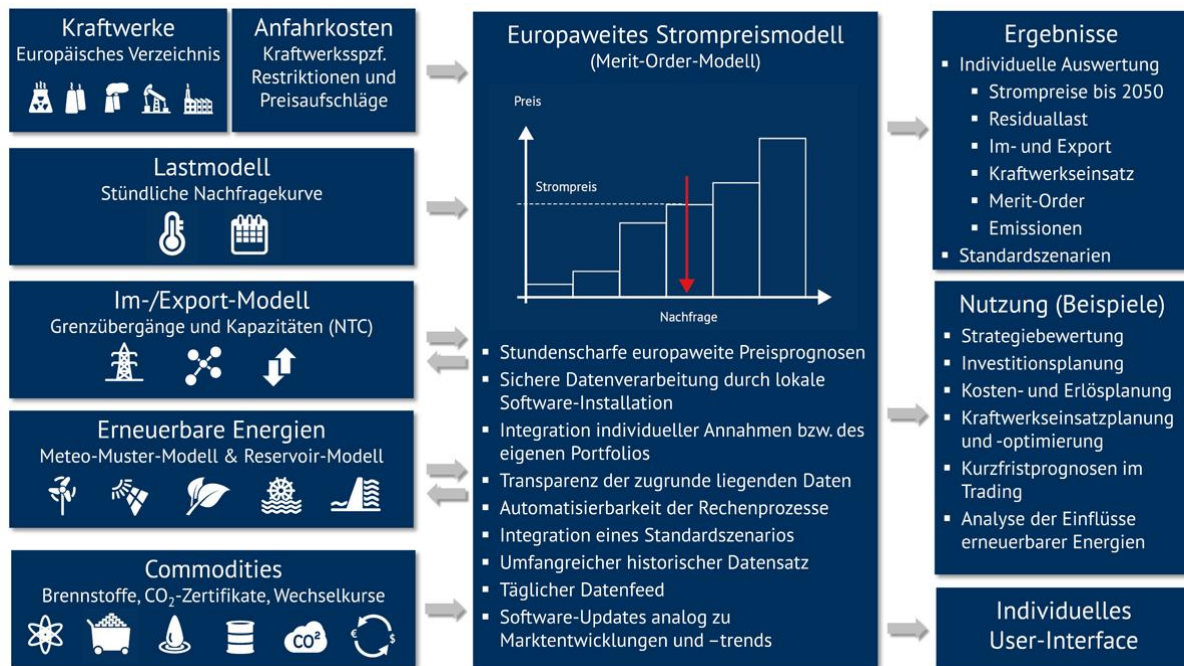


Abbildung 1: Funktionsschema Power2Sim

Die grundlegende historische Datenbasis ergibt sich aus öffentlich verfügbaren Quellen, wie z. B. Eurostat und ENTSO-E. Anhand der historischen Strompreise, Erzeugungs- und Stromaustauschmengen sowie Emissionen wird das Modell kalibriert.

3. BESCHREIBUNG DES SZENARIORAHMENS

3.1. DATENQUELLEN

Das Energy Brainpool Standard-Szenario, welches den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildet, wurde auf Basis zweier Studien erstellt:

- World Energy Outlook von 2015² und
- EU energy, transport and GHG emissions – trends to 2050³
(im Folgenden „EU Energy Trends“)

Der World Energy Outlook (WEO) ist eine jährlich erscheinende Trendprognose bis 2040 für den Weltenergiemarkt, publiziert von der Internationalen Energieagentur (IEA). Die verschiedenen Szenarien ermöglichen die Analyse zukünftiger Trends bei unterschiedlichen Preisentwicklungen der untersuchten Energieträger. Für die vorliegende Untersuchung werden die Entwicklungstrends des „450“-Szenarios verwendet. Die Preisentwicklungen für die folgenden Energieträger wurden für die Erstellung des Standard-Szenarios dem WEO entnommen:

- Erdgas
- Steinkohle
- Rohöl
- CO₂-Zertifikate des EU ETS

Die Studie „EU Energy Trends“ wurde im Auftrag der Europäischen Kommission erstellt und präsentiert einen konsistenten Datensatz über die energiespezifische Entwicklung der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Jedes Land der EU 28 hat im „Reference Szenario“ einen auf das Land und auf die Europäische Union abgestimmten Trendpfad bis 2050 unter Berücksichtigung der spezifischen Ausgangsbedingungen und nationalen Pläne. Das Ergebnis ist ein konsistentes Szenario, welches einen Entwicklungspfad für alle diese Länder aufzeigt.

Die Trends beinhalten:

- Installierte Kapazitäten für Kern-, Kohle-, Erdgas-, Öl- sowie Wind- und Solarkraftwerke
- Stromnachfrage, Netzverluste und Eigenverbräuche
- Stromerzeugung aus fossilen und erneuerbaren Energiequellen

² IEA (2015)

³ EC (2013)

- Emissionen der nicht stromerzeugenden Sektoren

Da für die Modellierung von Strompreisen die Entwicklung der Im- und Exportsituation des betrachteten Landes von entscheidender Bedeutung ist, stellt die Situation an den Strommärkten der Nachbarländer einen großen Einflussfaktor auf die inländischen Strompreise dar und muss entsprechend berücksichtigt werden. Aus diesem Grund ist die beschriebene Konsistenz der europäischen Entwicklungen eine wichtige Voraussetzung. Dies gilt vor allem auch für Deutschland, welches einen regen Stromaustausch mit seinen Nachbarländern pflegt. Bei einer Zunahme der Erzeugung aus erneuerbaren Energien kann zudem davon ausgegangen werden, dass sich der Stromaustausch intensivieren wird.

Für das Energy Brainpool Standardszenario wird das „Reference Scenario“ der „EU Energy Trends“ verwendet.

3.2. GRUNDSÄTZLICHE ANNAHMEN ZUR ENTWICKLUNG DER BETRACHTETEN STROMMÄRKTE

Die in Kapitel 3.1 beschriebenen Quellen liefern die Grundlage zur Modellierung der europäischen Strommärkte bis ins Jahr 2040. Die wesentlichen Parameter, die die betrachteten Strommärkte, d. h. Deutschland und Ungarn, in der Zukunft bestimmen, sollen hier kurz skizziert werden.

Angemerkt sei hierzu, dass die Grundannahmen des Szenarios jenen der Studie zu Hinkley Point C entsprechen. Jedoch wird das Fundamentalmodell Power2Sim kontinuierlich weiterentwickelt und für Berechnungen stets die neuesten verfügbaren Daten eingesetzt, sodass beide Studien nicht ohne Einschränkung miteinander zu vergleichen sind.

DEUTSCHLAND

Die Studie „EU Energy Trends“ gibt für Deutschland langfristig eine leicht steigende Stromnachfrage sowie eine rückläufige Erzeugung aus konventionellen Kraftwerkstechnologien vor. Gemessen an der installierten Leistung wird nach dem Ausstieg aus der Kernenergieerzeugung Gas neben Steinkohle zunehmend die vorherrschende konventionelle Technologie. Die Veränderung in der konventionellen Kraftwerksparkzusammensetzung ist in Abbildung 2 dargestellt. Zugleich ist die Entwicklung der Stromnachfrage abgetragen, die zunächst leicht rückläufig ist, um dann bis 2040 wieder leicht anzusteigen.

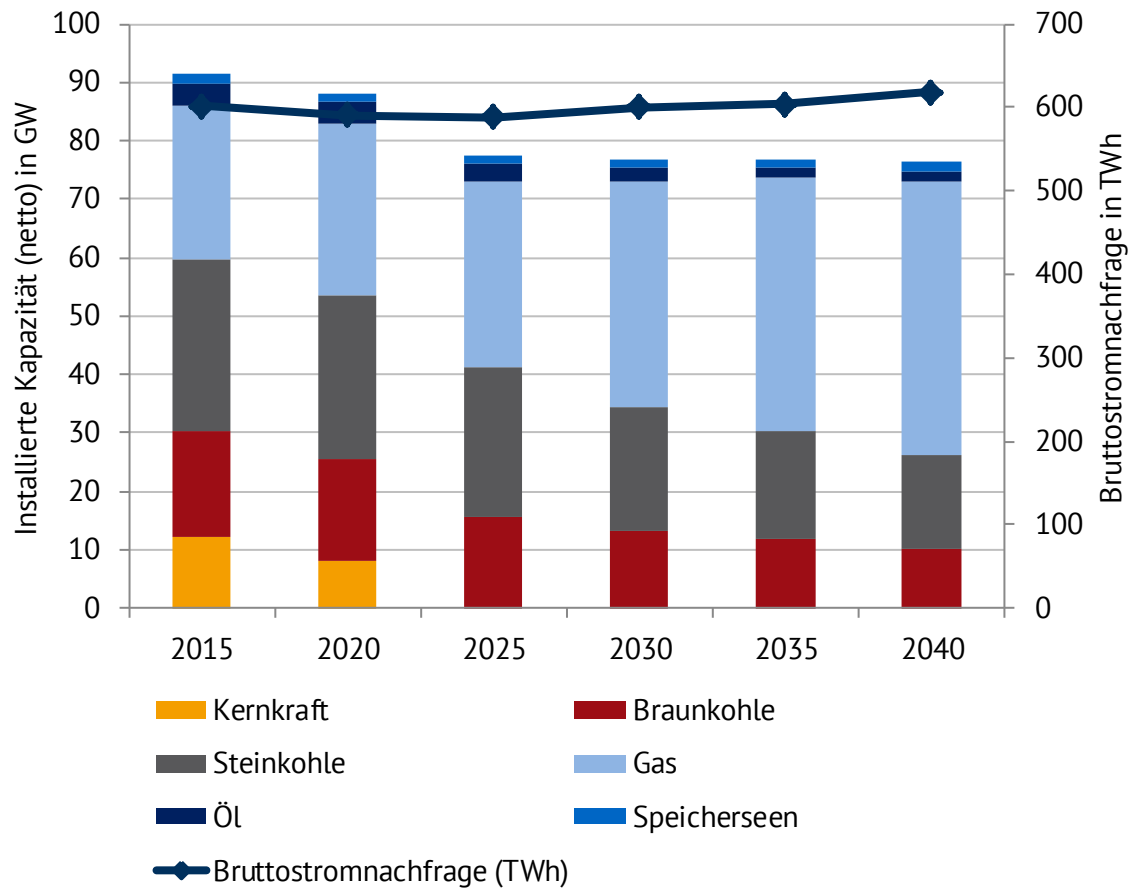


Abbildung 2: Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung und Stromnachfrage Deutschland

Der Anteil erneuerbarer Energien steigt in den folgenden Jahren stark an. Hier sind vor allem Wind- und Solarerzeugung hervorzuheben. Ausgehend von den energiepolitischen Zielen der Bundesregierung und den Vorgaben des EEG 2014 hat Energy Brainpool ein Erneuerbaren-Ausbau-Szenario definiert, das der Berechnung zugrunde liegt. Mit Hilfe von historischen Erzeugungsschwankungen und deren Effekte auf den Markt abgebildet werden können. In Abbildung 3 kann die Zunahme der erneuerbaren Erzeugung verteilt auf die einzelnen Technologien nachvollzogen werden.

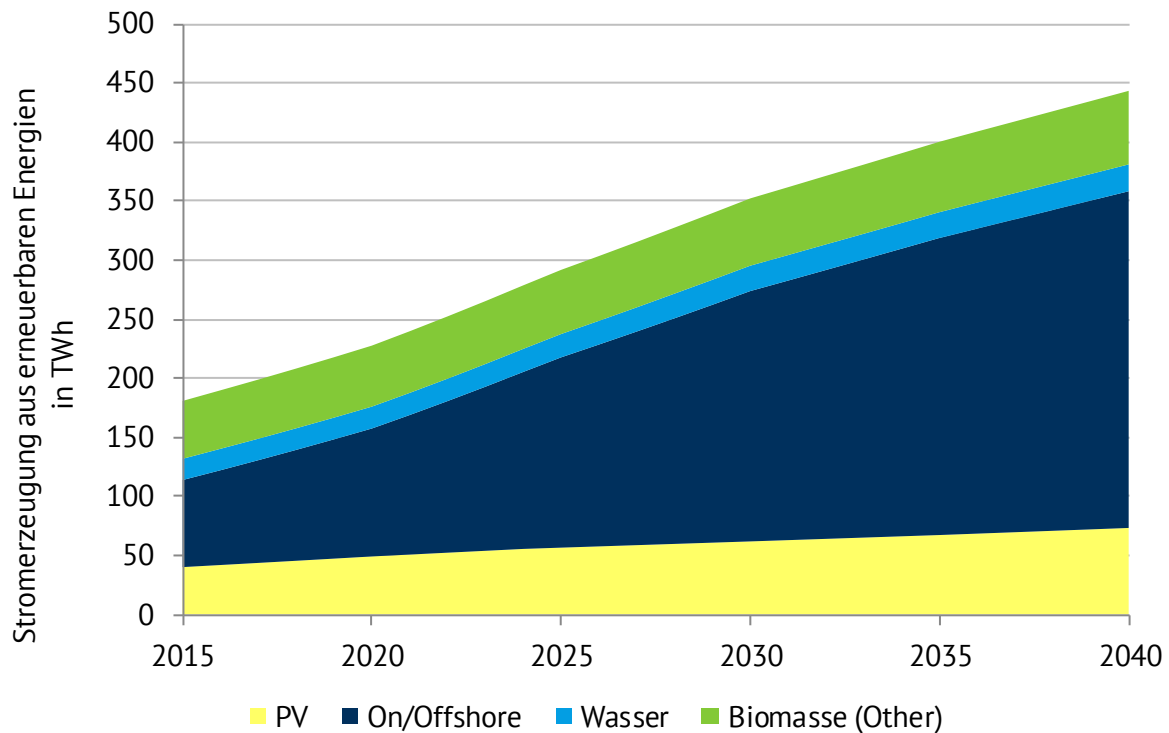


Abbildung 3: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

Die jährlichen Erzeugungsmengen aus erneuerbaren Energien steigen bis ins Jahr 2040 auf rund 450 TWh und decken damit rund 70 Prozent der Stromnachfrage Deutschlands.

UNGARN

Der ungarische Strommarkt wird aktuell dominiert von Gas-, Braunkohle- sowie Kernkraftwerken. Die Zusammensetzung der Technologien wird sich laut „EU Energy Trends“ in den folgenden Jahren nur langsam ändern. Die installierte Kapazität der Braunkohle sinkt und auch Gaskapazitäten stagnieren. Ein geringer Ausbau erneuerbarer Energien ist für die kommenden Jahre vorgesehen. Mit Ausnahme von Slowenien ist der ungarische Strommarkt über Grenzkuppelleitungen mit allen Nachbarländern verknüpft. Als Nettoimporteur bezieht Ungarn einen Teil seiner Strommengen aus den Nachbarländern. Durch den Rückgang der Kohlekapazitäten wird diese Importabhängigkeit ohne Investitionen in neue Kraftwerke in den Folgejahren weiter steigen. Zudem verfügt Ungarn über ein Kernkraftwerk am Standort Paks, welches aus vier Blöcken mit einer elektrischen Bruttoleistung von 2 GW besteht. Diese werden ab dem Jahr 2032 bis zum Jahr 2036 aufgrund ihres Alters nach und nach aus dem Markt ausscheiden. Gleichzeitig wird in Ungarn mit einer leicht steigenden Stromnachfrage gerechnet, wodurch insgesamt die Notwendigkeit nach neuen Erzeugungstechnologien steigt.

3.3. SZENARIODEFINITION

Zur Ermittlung der Auswirkungen des Zubaus von Paks II in Europa werden zwei Szenarien definiert. In den betrachteten Szenarien findet ein Vergleich zwischen einem Markt ohne und einem identisch definierten Markt mit den entsprechenden Kernkraftwerken statt. Somit wird also ausschließlich der Effekt des Kernkraftwerkszubaus von Paks II, d. h. die Auswirkungen auf das Marktgeschehen, dargestellt. Für die Berechnung der Im- und Exportströme zwischen den Ländern werden heutige Übertragungsnetzstrukturen zugrunde gelegt.

Das Szenario wird im Wesentlichen durch die Annahmen der in Kapitel 3.1 genannten Quellen konstituiert.

ANNAHMEN DES SZENARIOS

Im untersuchten Szenario werden die beiden Blöcke des Kraftwerks Paks II mit einer installierten Leistung von je 1,2 GW fristgerecht im Jahr 2025 bzw. 2030 errichtet und die Veränderung, d. h. der Einfluss dieser Zubauten, auf den deutschen Strommarkt analysiert.

Dabei werden die heute vorhandenen Grenzkuppelleitungen für einen Stromaustausch zwischen Ungarn und den umliegenden Ländern sowie zwischen allen anderen europäischen Staaten zugrunde gelegt. Diese konservative Annahme dient einer Abschätzung der Effekte von Paks II bei Fortschreiben heutiger Rahmenbedingungen. Im Zuge einer verstärkten Europäisierung der Strommärkte ist jedoch von einem Ausbau der Grenzleitungskapazitäten auszugehen, womit sich die Effekte von Paks II auf Deutschland ggf. verstärken.

Ein Stromtransport zwischen den Ländern findet dabei immer dann statt, wenn vor der Berücksichtigung von grenzüberschreitendem Handel Preisdifferenzen an den Strommärkten existieren und die Grenzleitungen für den Transport zur Verfügung stehen. Für den deutschen Im- und Export ist dabei relevant, welchen Preiseinfluss der ungarische Markt insbesondere auf Österreich sowie die umliegenden Märkte der Slowakei, Tschechien und Polen ausübt. Erst über die Veränderungen, die sich hier ergeben, wird ein Preiseinfluss in Deutschland spürbar.

4. AUSWIRKUNGEN DES ZUBAUS VON KERNKRAFTWERKEN

4.1. AUSWIRKUNGEN AUF DEN EUROPÄISCHEN KRAFTWERKSEINSATZ AM BEISPIEL PAKS II

Im Folgenden wird qualitativ beschrieben, wie die Einsatzplanung für Kraftwerke im liberalisierten Strommarkt erfolgt und welchen Einfluss Paks II – exemplarisch für alle Kernkraftwerke – als neues Kraftwerk durch die europäische Marktkopplung auf die deutschen Strompreise hat. Diese Effekte sind fundamentaler Natur und sind am Strommarkt vorhanden, auch wenn sie von anderen Einflüssen überlagert werden können.

Der Einsatz verschiedener Kraftwerkstechnologien erfolgt in liberalisierten Strommärkten in aufsteigender Reihenfolge nach ihren kurzfristigen Stromerzeugungskosten d. h. ihren Grenzkosten: Eine geringe Stromnachfrage wird von Kraftwerken mit vergleichsweise geringen Grenzkosten gedeckt, bei einer höheren Stromnachfrage kommen hingegen zusätzlich Kraftwerke mit höheren Grenzkosten zum Einsatz, wodurch der Strompreis steigt. Die Reihenfolge, nach der die Kraftwerke nachfrageabhängig zum Einsatz kommen, wird als Merit-Order bezeichnet und ist beispielhaft in Abbildung 4 dargestellt.⁴

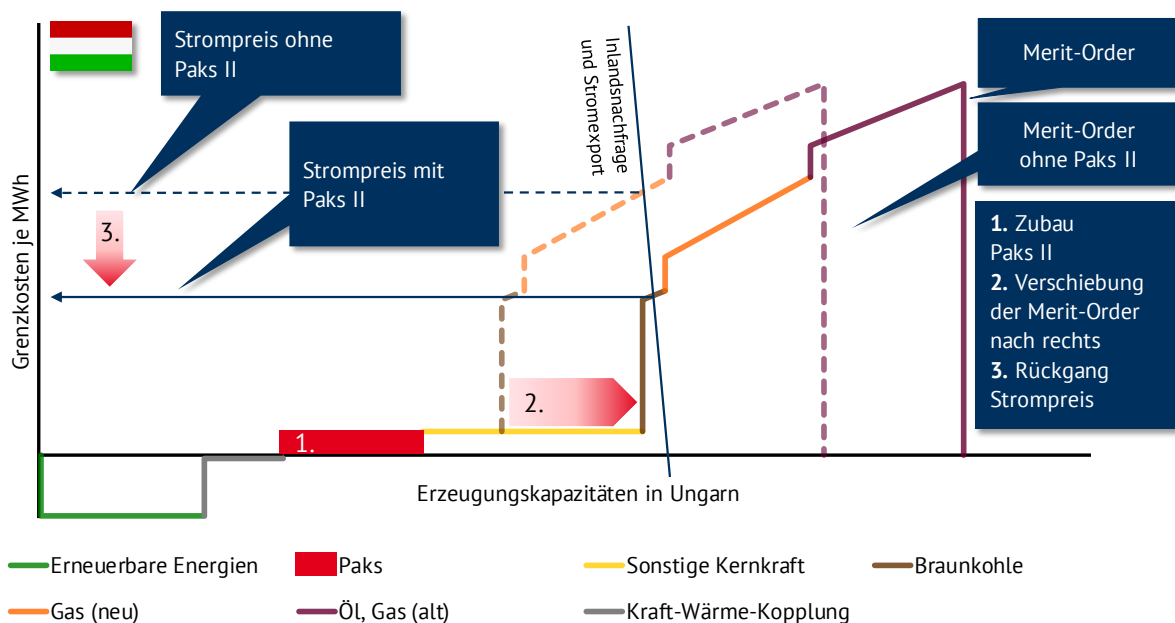


Abbildung 4: Qualitative Darstellung des Merit-Order-Effekts durch Paks II in Ungarn (Prinzipbild mit überzeichnetem Effekt)

⁴ Erläuterungen zu weitergehender Auswirkungen auf den deutschen Strommarkt können der Studie Energy Brainpool (2015) entnommen werden.

Von links nach rechts sind in den beiden Abbildungen die verfügbaren Kraftwerkskapazitäten je Energieträger aufgetragen. Sie sind nach steigenden Grenzkosten sortiert. Zu den Grenzkosten zählen die Kosten für Brennstoffe und ggf. Kosten für den Erwerb von CO₂-Emissionsberechtigungen.

Der Strompreis ergibt sich aus dem Schnittpunkt von Angebots- und Nachfragekurve. Alle Kraftwerke links vom Schnittpunkt kommen zum Einsatz, um die Nachfrage links vom Schnittpunkt zu decken. Da die für den Kraftwerkseinsatz relevante Day-Ahead-Auktion eine Einheitspreisauktion darstellt, werden die Erzeugungs- und Nachfragemengen links vom Schnittpunkt unabhängig von ihren jeweiligen Gebotspreisen zum einheitlichen markträumenden Preis abgerechnet. Dadurch entsteht für die Marktteilnehmer ein Anreiz, möglichst Preise links vom Schnittpunkt zu bieten. Anbieter bieten somit eher niedrigere Preise und Nachfrager eher höhere Preise, um in der Auktion einen Zuschlag zu erhalten. Fällt der markträumende Preis, sinken damit einhergehend auch die Erlöse der Anbieter bzw. die Kosten der Nachfrager in der Auktion, die einen Zuschlag erhalten haben.

Da Kernkraftwerke vergleichsweise geringe Brennstoffkosten aufweisen, können sie zu niedrigen Grenzkosten bieten und stehen somit sehr weit links in der Merit-Order. Daher kommen Kernkraftwerke sehr häufig zum Einsatz. Sie verdrängen somit Technologien mit höheren Grenzkosten wie beispielsweise Gaskraftwerke aus dem Markt und senken je nach Marktsituation den Schnittpunkt von Angebots- und Nachfragekurve ab.

Fazit: Durch die vergleichsweise niedrigen Grenzkosten von Kernkraftwerken kommt Paks II vor anderen Kraftwerken zum Einsatz, die z. B. mit Kohle oder Gas befeuert werden. Somit verdrängt Paks II Kraftwerke mit höheren Grenzkosten aus dem Markt und reduziert dadurch den Großhandelsstrompreis in Ungarn. Dies gilt soweit für die ungarische Merit-Order. Durch Exporte aus Ungarn wird dieser niedrigere Strompreis an die verbundenen Staaten weitergegeben. Somit kann das für Ungarn dargestellte Prinzip auf die europäische Merit-Order übertragen werden. In der Folge sinkt dadurch ebenfalls der Strompreis in Deutschland.

4.2. STROMPREISVERÄNDERUNG

Im Folgenden wird untersucht, welche konkreten Auswirkungen der Bau von Paks II auf die Base- und Peak-Preise in Deutschland hat. Exemplarisch werden die Stützjahre 2025, 2030 und 2040 dargestellt.

Da Kernkraftwerke durch geringe Erzeugungskosten zu einem sehr geringen Preis Strom am Markt anbieten können, ordnen sie sich im vorderen Bereich in der Merit-Order ein. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sie einen Zuschlag erhalten und Strom produzieren. Das Kernkraftwerk Paks II selbst ist dabei zumeist nicht das preissetzende Kraftwerk, sorgt aber dafür, dass sich Angebots- und Nachfragekurve bei einem niedrigeren Marktpreis schneiden und der Preis somit sinkt. Über den internationalen Stromaustausch wird ein niedrigerer Marktpreis auch in andere Märkte übertragen.

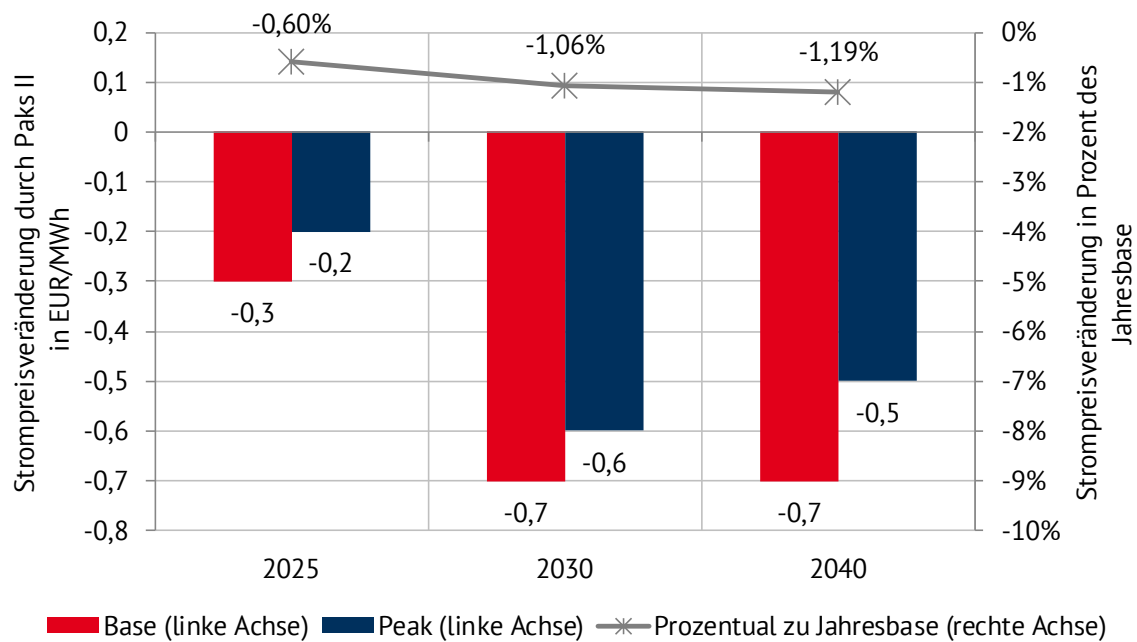


Abbildung 5: Absolute und prozentuale Veränderung des Spotmarktpreises in Deutschland

Für den deutschen Markt ist der in Abbildung 5 dargestellte Preiseffekt auszumachen. Abbildung 5 zeigt sowohl die absolute als auch die relative Veränderung der Marktpreise in Deutschland für die untersuchten Jahre. Paks II zeigt einen eindeutig preissenkenden Effekt auf den deutschen Markt, der am stärksten in 2040 mit einer durchschnittlichen Preissenkung um 1,19 Prozent bzw. von 0,7 EUR/MWh deutlich wird.

4.3. MARKTWERTFAKTOR DES DEUTSCHEN ERNEUERBAREN STROMS

Der Marktwertfaktor der erzeugten Strommenge aus erneuerbaren Energien errechnet sich anhand des mengengewichteten, durchschnittlichen Spotmarktpreises, zu dem diese Strom verkaufen. Dieser Durchschnittspreis wird ins Verhältnis zum durchschnittlichen, mengenungewichteten Durchschnitt aller Spotmarktpreise des betrachteten Jahres gesetzt. Der Prozentwert, der sich ergibt, spiegelt folglich wider, ob die betrachtete Technologie tendenziell eher in Hoch- oder in

Niedrigpreisstunden Strom erzeugt hat. Aufgrund einer hohen Gleichzeitigkeit der Erzeugung aus Wind und Solar senken diese in den Stunden, in denen sie Strom einspeisen, den Spotmarktpreis. Deshalb ist zu erwarten, dass ihr Marktwertfaktor vor allem bei fortschreitendem Ausbau kleiner ist als 1 bzw. 100 Prozent.

Der Bau von Paks II hat in den betrachteten Jahren keine eindeutigen Auswirkungen auf den Marktwertfaktor des deutschen erneuerbaren Stroms, wie Abbildung 6 zu entnehmen ist.

Da sich der Marktwert der erneuerbaren Energien (d. h. der durchschnittliche Strompreis, zu dem erneuerbaren Anlagen Strom erzeugen) nicht linear zum durchschnittlichen Börsenpreis verhält, überlagern sich hier teils verschiedene Effekte, sodass nicht generell eine Wirkrichtung von Paks II auf die Marktwertfaktoren beschrieben werden kann. Fällt der Marktwertfaktor durch den Bau von Paks II, bedeutet dies, dass der Börsenpreis weniger als der durchschnittliche Markterlös der Erzeugungstechnologie im Vergleich zu einem Szenario ohne Paks II gefallen ist. Steigt der Marktwertfaktor durch den Bau von Paks II, so liegt dies daran, dass der durchschnittliche Börsenpreis im Vergleich zum Szenario ohne Paks II stärker fällt als die durchschnittlichen Markterlöse aus erneuerbaren Energien.

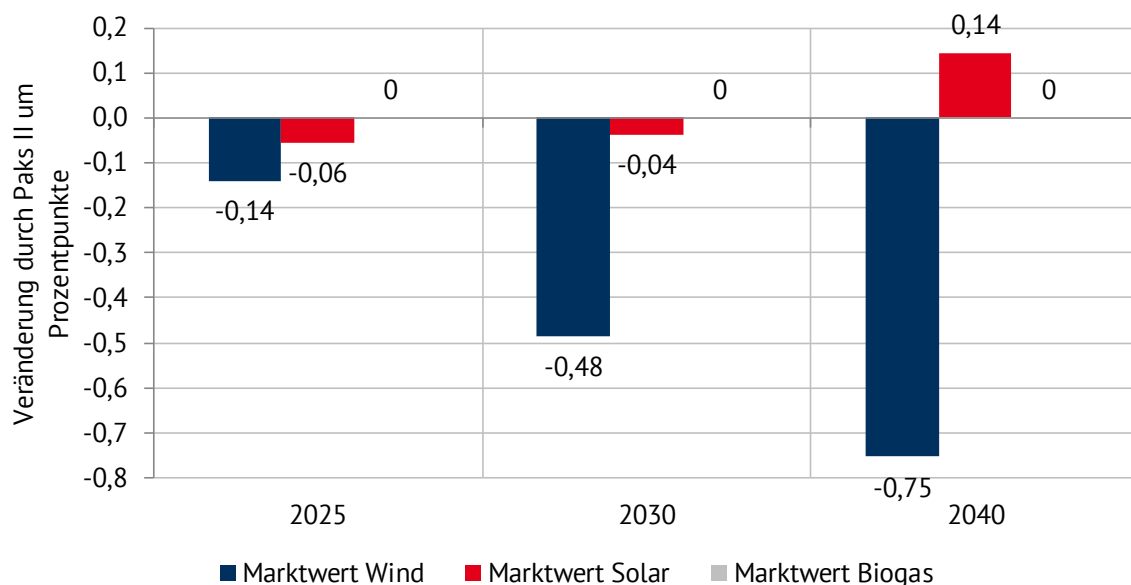


Abbildung 6: Veränderung der Marktwertigkeit des deutschen erneuerbaren Stroms in Prozentpunkten durch Paks II

Dieser Fall trifft für die Solarerzeugung bspw. dann zu, wenn durch den Bau von Paks II der durchschnittliche Börsenpreis in der Nacht stärker fällt als in den Mittagsstunden.

Da die Windenergieerzeugung generell eine hohe Korrelation zum Strompreis aufweist, d. h. in Stunden hoher Windeinspeisung der Strompreis meist sehr gering ist, zeigen sich die Effekte eines Kernkraftwerksneubaus hier noch stärker als bei Solaranlagen.

Biogasanlagen sind im Gegensatz zu Wind- und Solaranlagen in der Lage, das ganze Jahr hindurch gleichmäßig Strom zu erzeugen. Damit speisen sie im Jahresdurchschnitt genau zum durchschnittlichen Börsenpreis Strom ein und erreichen einen Marktwertfaktor von rund 100 Prozent. Paks II senkt über die Verringerung der Strompreise in Deutschland somit zwar die absoluten Erlöse der Biogasanlagen, ihr Marktwertfaktor bleibt jedoch bei 100 Prozent bestehen. Aus diesem Grund ist in Abbildung 6 für Biogas keine Änderung zu verzeichnen.

Bei Betrachtung der absoluten Marktwerte in EUR/MWh für Wind und Solar fallen diese durch den Bau von Paks II in jedem betrachteten Stützjahr.

Fazit: Der Marktwert einer Stromerzeugungstechnologie gibt in Prozent an, welche Erlöse unter Berücksichtigung der jeweiligen Einspeisecharakteristik aus einer bestimmten Stromerzeugungstechnologie im Verhältnis zu einer konstanten Grundlastherzeugung gleicher Menge erzielt werden können.

Durch Paks II sinken die stündlichen Erlöse der erzeugten Wind-, Solar- und Biogasstrommengen (vgl. Kapitel 4.6) und darüber hinaus sinken auch die durchschnittlichen Strompreise (vgl. Kapitel 4.3). Die Marktwertfaktoren werden dadurch beeinflusst, jedoch ist aufgrund der Überlagerung der beiden Einflüsse keine eindeutige Reaktion der Marktwerte von Solarstrom in eine Richtung feststellbar. Windenergieanlagen hingegen zeigen eine eindeutige Reaktion hin zu abnehmenden Marktwertfaktoren durch den Bau von Paks II.

Der Marktwertfaktor fällt insgesamt für Windenergieanlagen deutlich stärker als für Solaranlagen, für Biogasanlagen bleibt der Marktwertfaktor bei 100 Prozent bestehen.

4.4. VERÄNDERUNG DER EEG-DIFFERENZKOSTEN

Die Differenzkosten, die im EEG-Vergütungssystem anfallen, ergeben sich aus der Förderung je erzeugter Kilowattstunde Strom, die EEG-geförderte, Erneuerbare-Energien-Anlagen erhalten, abzüglich der Erlöse, die sie durch Verkauf ihres Stroms am Markt erzielen. Dabei bestehen folgende Zusammenhänge: Je niedriger die Marktpreise, zu denen eine EEG-Anlage ihren Strom vermarkten kann und je höher ihr spezifischer Vergütungssatz ist, desto mehr erhöhen sich die Differenzkosten, die auf die Letztverbraucher umgelegt werden und durch diese zu tragen sind.

In Abbildung 7 ist abzulesen, in welcher Größenordnung die Differenzkosten in den betrachteten Jahren durch den Bau von Paks II ansteigen.

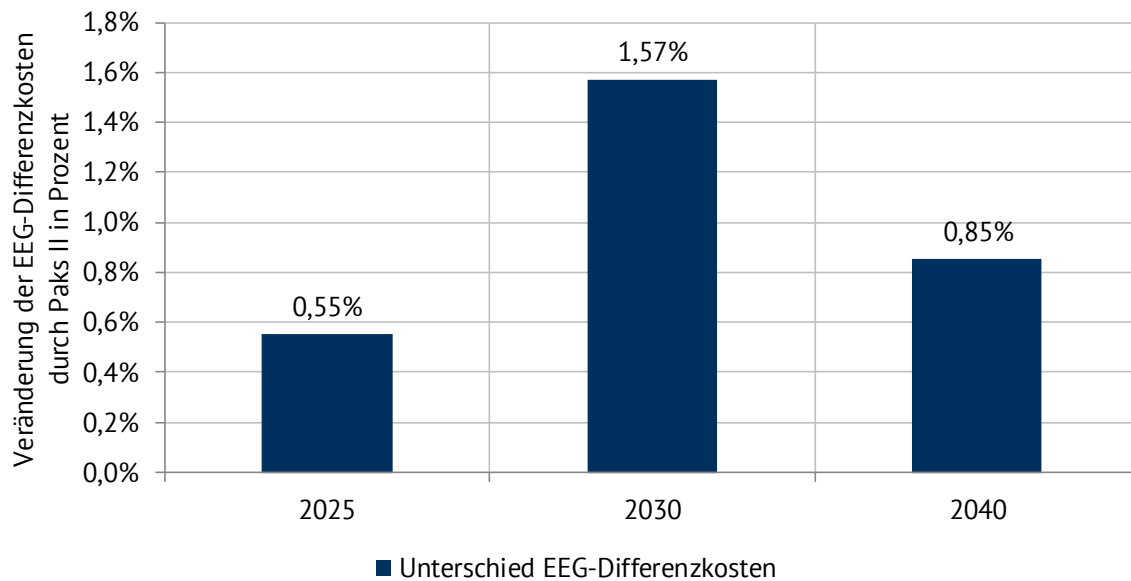


Abbildung 7: Veränderung der Differenzkosten durch den Bau von Paks II

Damit ist ein eindeutiger "Paks-Effekt" identifizierbar. In der Realität können andere Effekte wie die Schwankung der Winderzeugung und des Letztverbrauchs diesen „Paks-Effekt“ überlagern. Prinzipiell besteht jedoch der dargestellte Zusammenhang, der sich im Modell bei Konstanthalten aller übrigen Parameter (*ceteris paribus*) ergibt.

Fazit: Die Erlössituation für Strom aus nach dem EEG geförderten Anlagen verschlechtert sich durch Paks II. Die Differenzkosten zwischen Förderung und Markterlösen erhöhen sich damit um 0,6 Prozent bis 1,6 Prozent. Hier schlägt sich ein eindeutiger „Paks-Effekt“ nieder.

4.5. AUSWIRKUNGEN AUF DIE EEG-KOSTEN

Unter EEG-Kosten werden im Folgenden alle Ausgaben verstanden, die sich im Rahmen der EEG-Förderung als Differenz zwischen fixer Vergütung und dem am Markt erzielten Preis der Erzeugungsanlagen ergeben. Eine Senkung des Strompreises in Deutschland durch den Bau von Paks II hat, wie bereits in vorangegangenen Kapiteln erläutert, Auswirkungen auf die Erlöse und damit die Förderung von Erneuerbare-Energien-Anlagen. Können geringere Erlöse am Markt erzielt werden, steigt zugleich die Belastung der EEG-Förderinstrumente. In Tabelle 1 ist dargestellt, wie hoch die Mindereinnahmen sind, die EEG-geförderte Anlagen durch fallende Marktpreise in Summe zu verzeichnen haben. Diese stellen zugleich die zusätzlichen Kosten der EEG-Förderung dar.

Mehrkosten durch Paks II in Millionen Euro	
2025	61,3
2030	206,5
2040	213,2

Tabelle 1: Mehrkosten im EEG-Fördersystem durch den Bau von Paks II

Diese Mehrkosten werden auf den gesamten voll umlagepflichtigen Letztverbrauch verteilt. Für einen einzelnen Haushalt mit einem Stromverbrauch von 3.500 kWh/Jahr bedeutet dies eine jährliche Mehrbelastung von maximal 1,59 EUR/Jahr im Jahr 2040. In Tabelle 2 sind die absoluten Werte über die Zeit dargestellt.

Mehrkosten durch Paks II pro Haushalt in Euro	
2025	0,48
2030	1,58
2040	1,59

Tabelle 2: Mehrkosten durch erhöhte EEG-Umlage durch den Bau von Paks II für einen einzelnen Haushalt (3.500 kWh/Jahr)

Unter Berücksichtigung der Erläuterungen in Kapitel 4.2 wirken auf den letztlichen Endkundenpreis zwei Effekte des Kernkraftwerksneubaus ein, die gegenteilige Preiseinflüsse zeigen. Einerseits steigt, wie in Tabelle 2 abzulesen, die Belastung für den Haushalt durch eine Erhöhung der EEG-Umlage. Der Kernkraftwerkszubau senkt jedoch auch die Beschaffungskosten des Stromlieferanten. Gibt dieser eine Preissenkung an die Kunden weiter, können sich beide Effekte zum Teil kompensieren. In welcher Höhe dies geschieht und welcher Effekt im Endkundenpreis überwiegt, hängt vom Verbrauchsverhalten des Kunden und der Preispolitik des Stromlieferanten ab.

Fazit: Durch Paks II ergibt sich eine Erhöhung der EEG-Umlage. Die finanzielle Mehrbelastung durch diese Umlageerhöhung für einen durchschnittlichen Haushalt mit einem Jahresstromverbrauch von 3.500 kWh beträgt maximal 1,59 EUR im Jahr 2040.

4.6. EINFLUSS AUF EXEMPLARISCHE ERNEUERBARE-ENERGIEN-ANLAGEN

Der preissenkende Effekt des Baus von Paks II beeinflusst die Erlössituation der Erneuerbaren-Energien-Anlagen in Deutschland, die ihren Strom selbst vermarkten. Durch eine Verringerung des Preisniveaus sinken auch die spezifischen Erlöse der einzelnen Anlagen. Exemplarisch wurde deshalb untersucht, wie sich die Erlössituation durch den Bau von Paks II für eine Windenergieanlage, eine Solaranlage und eine Biogasanlage verändert. Die angegebenen Beträge beziehen sich auf eine installierte Leistung von je 1 MW.

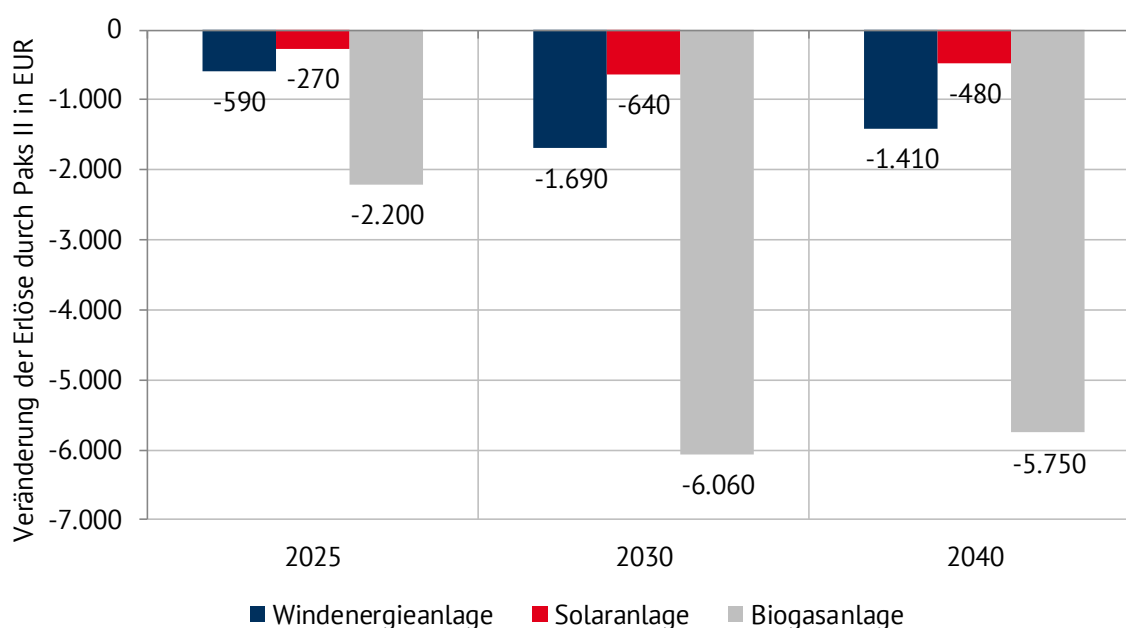


Abbildung 8: Veränderung der jährlichen Erlöse von exemplarischen 1 MW-Erneuerbaren Anlagen in Deutschland durch Paks II

Wie in Abbildung 8 dargestellt sinken die Erlöse der Anlagen in Deutschland in allen Stützjahren durch den Bau von Paks II. Am deutlichsten verringern sich die absoluten Einnahmen der Biogasanlage, da diese die höchste Volllaststundenzahl aufweist und folglich deutlich mehr Strom erzeugt, als Wind- und Solaranlagen. Die Einnahmen der Solaranlage verringern sich absolut am wenigsten, diese veräußert bei gleicher installierter Leistung jedoch auch die geringste Menge Strom am Markt.

Betreiber von Erneuerbare-Energien-Anlagen, die eine Förderung im Rahmen des EEG erhalten, sind zunächst nicht direkt durch eine Veränderung der Marktpreise betroffen. Hier erhöhen die Mindererlöse die Kosten des Umlagesystems. Jedoch wird ein Einfluss auf Anlagen in der sonstigen Direktvermarktung und auf jene Anlagen ausgeübt, die nach der Förderdauer (in der Regel

sind dies 20 Jahre zuzüglich dem Jahr der Inbetriebnahme) aus der EEG-Vergütung fallen und sich zu Marktpreisen finanzieren müssen. Zudem sind auch Anlagen im EEG-Förderregime betroffen, falls die Förderung von gleitender auf eine fixe Marktprämie umgestellt wird, was aktuell in der Politik diskutiert wird.

Fazit: Im EEG-Umlagesystem tragen Letztverbraucher die berechneten Erlöseinbußen von EEG-Anlagen bei gleichbleibender Förderhöhe in Form einer höheren EEG-Umlage (vgl. Kapitel 4.5). Solche Anlagenbetreiber jedoch, die aus dem Vergütungssystem herausoptieren oder nach Ablauf der Förderdauer ausscheiden, solche, die nach dem aktuell diskutierten neuen Förderregime der fixen Marktprämie vergütet werden und Anlagen in der sonstigen Direktvermarktung, sind direkt von den Mindereinnahmen durch Kernkraftwerksneubauten betroffen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Auswirkungen des Baus von Paks II in Ungarn wurden in den vorangehenden Kapiteln ausführlich beschrieben. Die Analyse erfolgte dabei im Rahmen eines Vergleichsszenarios zwischen einem Markt ohne und einem Markt mit Paks II und knüpft thematisch an eine Untersuchung des geförderten Kernkraftwerksneubaus Hinkley Point C in Großbritannien an.

Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, dass der Bau von Paks II sich auf den deutschen Strommarkt auswirken wird. Unter Annahme der heutigen Netzinfrastruktur ist durch Paks II eine **Strompreissenkung** in Höhe von bis 0,7 EUR/MWh im Jahresdurchschnitt des Jahres 2040 festzustellen.

Die Strompreissenkung, hervorgerufen durch die Stromeinspeisung aus Paks II, hat weitere Konsequenzen für den deutschen Markt. So ergeben sich nicht nur Änderungen bei der **Entwicklung des Marktwertes von Wind- und Solarstrom**, welcher um bis zu 0,75 Prozentpunkte für Windanlagen fällt. Die Marktwertveränderung spiegelt sich in einem Erlösrückgang wider, den diese Anlagen am Großhandelsmarkt verzeichnen. So erhalten **EE-Anlagen**, die keine Förderung erhalten oder sich in der sonstigen Direktvermarktung befinden, geringere Markterlöse als zuvor; gleiches gilt für Anlagen, deren Förderung ausläuft. Die Erlöse der betrachteten Wind-, Solar- und Biogasanlagen sinken um bis zu 6.060 EUR im Jahr 2030 pro 1 MW installierter Leistung.

Stromvertriebe, die Strom aus Erneuerbare-Energien-Anlagen zu festen Konditionen einkaufen, sind durch fallende Strompreise gegenüber einer Situation ohne Kernkraftwerksneubauten benachteiligt. Betreiber **konventioneller Anlagen** können ebenfalls nur geringere Einnahmen realisieren.

Verbraucher können zunächst von den niedrigeren Strompreisen profitieren, sofern ihre Lieferanten die Preise am Großhandelsmarkt an sie weitergeben. Jedoch sind auch strompreiserhöhende Effekte auszumachen: Die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird in Deutschland durch die EEG-umlagepflichtigen Letztverbraucher getragen. Da eine Förderung (Marktprämienförderung) als Differenz aus fixem Vergütungssatz und Marktpreis ausgezahlt wird, steigen die Förderkosten (Differenzkosten) mit fallenden Marktpreisen und belasten somit das EEG-Konto und die Verbraucher bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien stärker, als in einer Situation mit hohen Marktpreisen für Strom. Die Mehrkosten für einen durchschnittlichen Haushalt mit 3.500 kWh Jahresverbrauch betragen im Jahr 2040 bis zu 1,59 EUR im Jahr.

Der Bau von Paks II wirkt sich im europäischen Kontext auch auf die Zusammensetzung von **Stromimporten und -exporten** aus, welche sich aus dem geänderten Kraftwerkseinsatz durch den

Kernkraftwerkszubau und dem veränderten Preisniveau in Ungarn ergeben. Somit sind insgesamt nicht nur der deutsche Markt, sondern auch die Märkte in vielen anderen europäischen Ländern von einer Strompreisänderung betroffen.

QUELLENVERZEICHNIS

Energy Brainpool (2013)

Energy Brainpool: Studie „Negative Strompreise“ im Auftrag von Agora Energiewende, Juni 2014, http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/Agora_Studie_Stromboersen-Endkundenpreise_EnergyBrainpool_V1-1-28032013.pdf, zuletzt geprüft am 04.02.2015.

Energy Brainpool (2015)

Energy Brainpool: Studie „Auswirkungen von Hinkley Point C auf den deutschen Strommarkt“ im Auftrag von Greenpeace Energy eG, Juli 2015, http://www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/2015-07-06_GreenpeaceEnergy_Studie-HinkleyPoint_EnergyBrainpool.pdf, zuletzt geprüft am 10.02.2015.

EC (2013)

Europäische Kommission: EU Energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050, Dezember 2013. Online verfügbar unter: <http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf>, zuletzt geprüft am 30.06.2015.

IEA (2015)

International Energy Agency: “World Energy Outlook 2015”, November 2015.

KURZPORTRAIT ENERGY BRAINPOOL

Energy Brainpool ist der unabhängige Marktspezialist für die Energiebranche mit Fokus auf den Strom- und Energiehandel in Europa. Unsere Expertise umfasst die **Analyse**, Prognose und Modellierung der Energiemärkte und -preise, wissenschaftliche und praxisnahe Studien, **individuelle Beratungsangebote** sowie **Training** und Experten-Schulungen für die Energiebranche.

Seit mehr als zehn Jahren verbinden wir Wissen und Kompetenz mit Praxiserfahrung im Bereich der regelbaren und fluktuierenden Energien.

UNSERE PHILOSOPHIE

Neutralität und Verlässlichkeit sowie unser tiefes Verständnis der Energiebranche und Energiemärkte bilden die Grundlage für die Lösung Ihrer Herausforderungen. Als kompetenter Partner vereinen wir Dienstleistungen für alle Themen des Strom- und Energiehandels aus einer Hand.

Unser Ziel ist es, gemeinsam mit Ihnen die Weichen für Ihre Zukunft zu stellen. Unsere Dienstleistungen sind individuell auf Ihre Bedürfnisse abgestimmt und unterstützen Sie bei der

- Effizienzsteigerung durch die Optimierung bestehender und die Erschließung neuer Geschäftsmodelle,
- Planungssicherheit zur Durchführung Ihrer Projekte,
- Erlössteigerung und Reduzierung von Risiken sowie bei
- Eintritt und Positionierung in einem sich wandelnden Marktumfeld.

INDIVIDUELLE PRODUKTE UND DIENSTLEISTUNGEN

Unsere Vorgehensweise, Modelle und Tools haben sich während unserer langjährigen Tätigkeit am Markt etabliert.

Im Bereich der **Analyse** bieten wir mit unserem fundamentalen Energiemarktmodell Power2Sim langfristige Strompreisprognosen und -szenarien bis 2050. Unsere Spotpreisprognose dient zur Kurzfristprognose des Spotmarkts für die Kraftwerkseinsatzplanung. Stetige Marktbeobachtung sowie wirtschaftliches und politisches Know-how helfen uns, unsere Analysemodelle zu optimieren und dabei stets aktuelle Trends abzubilden.

Als Marktspezialisten liefern wir strategische und operative **Beratung** mit klarem Fokus auf die Energiebranche. Unsere Stärken liegen in Themen der Markttransformation mit steigendem Ausbau der erneuerbaren Energien und der individuellen Entwicklung Ihres optimalen Handels-, Beschaffungs- und Risikomanagements. Mit unserer langjährigen Fach- und Methodenkompetenz begleiten wir Sie sicher beim Wandel des Energiemarktes. Eine unabhängige Herangehensweise bildet dabei die Grundlage für unser Arbeiten, denn so können wir die für Sie besten Lösungen finden, um sich langfristig am Markt zu etablieren.

Als Experten der Energiebranche geben wir unser Wissen durch **Trainings- und Schulungsangebote** an Sie weiter. Mit individuell abgestimmten Seminaren, Trainings, praxisnahen Planspielen und Veranstaltungen unterstützen wir das Management, Experten, Neu- und Quereinsteiger der Branche.

IMPRESSUM

Autoren:

Philipp Götz

Marie-Louise Heddrich

Thorsten Lenck

Herausgeber:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87

10713 Berlin

<http://www.energybrainpool.com>

kontakt@energybrainpool.com

Tel.: +49 (30) 76 76 54 - 10

Fax: +49 (30) 76 76 54 - 20

Februar 2016

© Energy Brainpool GmbH & Co. KG, Berlin

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte findet eine Haftung ohne Rücksicht auf die Rechtsnatur des Anspruchs nicht statt. Sämtliche Entscheidungen, die auf Grund der bereitgestellten Informationen durch den Leser getroffen werden, fallen in seinen Verantwortungsbereich.