

WINDSTROM ALS ALTERNATIVE ZU HINKLEY POINT C - EIN KOSTENVERGLEICH

Kurzanalyse im Auftrag von Greenpeace Energy eG
Berlin, 6. Januar 2016

Autoren: Marie-Louise Heddrich, Thorsten Lenck, Carlos Perez Linkenheil

HINKLEY POINT C KANN GÜNSTIGER DURCH WINDSTROM ERSETZT WERDEN

Mit 110,51 EUR₂₀₁₂/MWh liegen die Kosten für ein kombiniertes System aus Windstrom und Windgas als regenerative Alternative zu Hinkley Point C um 8,2 % unter den Förderkosten von 120,30 EUR₂₀₁₂/MWh, die das Kernkraftwerk über eine Dauer von 35 Jahren erhalten soll. Dies ist das Kernergebnis der vorliegenden Kurzstudie.

In der Studie wurde untersucht, zu welchen Kosten das Kernkraftwerk Hinkley Point C (HPC) durch Windenergie- und Windgasanlagen regenerativ ersetzt werden kann. In der untersuchten regenerativen Alternative wird Windstrom entsprechend dem Dargebot soweit möglich direkt genutzt. Die natürlichen Erzeugungsschwankungen des Windstroms werden mit Windgas (Power-to-Gas) so ausgeglichen, dass insgesamt die gleiche Strommenge in der gleichen Erzeugungsstruktur wie durch das Grundlastkraftwerk¹ Hinkley Point C mit einer installierten Leistung von 3,2 Gigawatt erzeugt (Abbildung 1) wird.

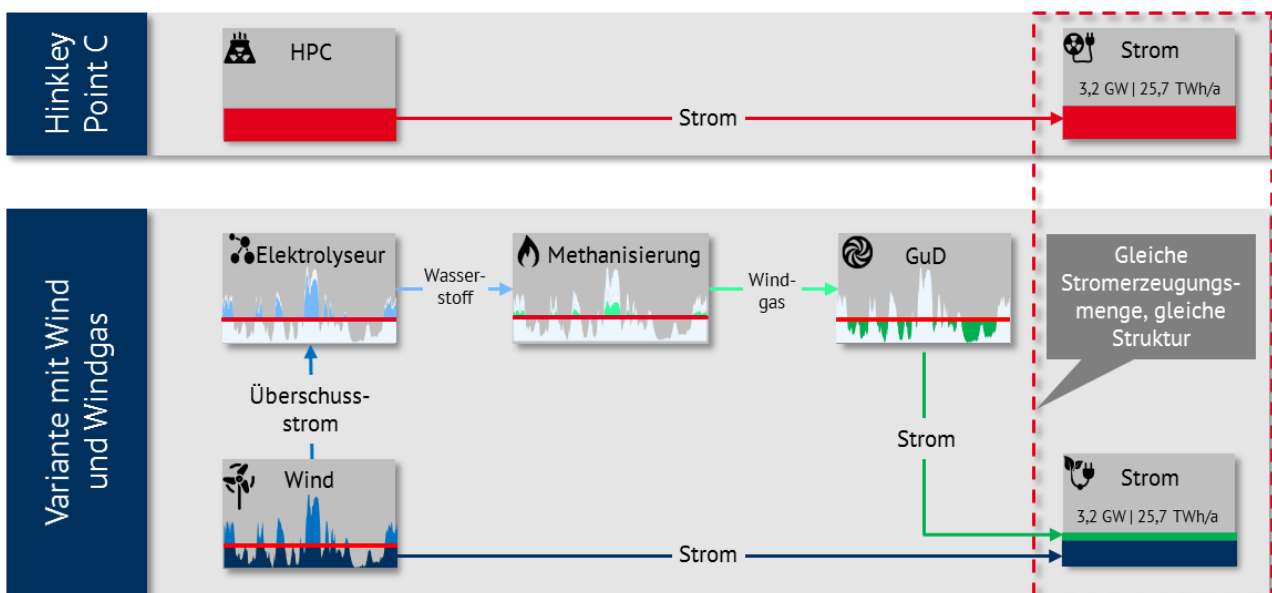


Abbildung 1: Stromerzeugung mit Hinkley Point C sowie mit Wind und Windgas im Vergleich

Einen Teil der Strommenge erzeugen die Windenergieanlagen direkt. Für einen direkten Vergleich mit der konstanten Stromerzeugung von Hinkley Point C müssen in der regenerativen Variante die natürlichen Schwankungen des Windes ausgeglichen werden. Der Ausgleich erfolgt mit Windgas.

¹ Energy Brainpool (2015a).

Abbildung 2 stellt dieses Prinzip anhand des Beispielmonates August 2025 dar, der durch die wetterbedingt starke Fluktuation beim Windertrag gut zur Veranschaulichung geeignet ist. Aus der Darstellung geht hervor, wie die kontinuierliche Stromerzeugung von Hinkley Point C (Fläche A + B, bzw. 3,2 GW) durch Windstrom (Fläche A + C) ersetzt wird.

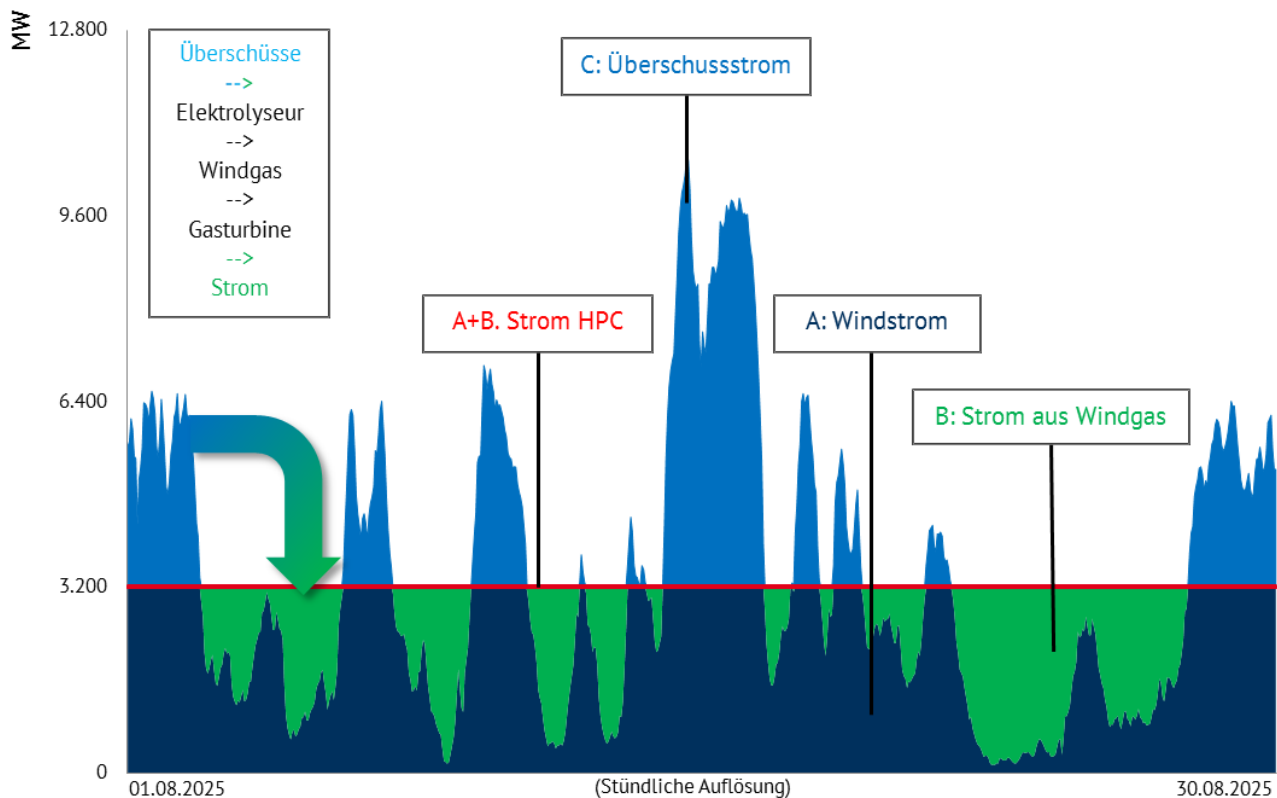


Abbildung 2: Veranschaulichung des Ausgleichs schwankender Windstromerzeugung durch Strom aus Windgas im Beispielmonat August 2025

Dabei werden die Windstromüberschüsse, die über eine vergleichbare Stromproduktion von Hinkley Point C hinausgehen (3,2 GW), mit Windgasanlagen über Wasserstoff (H_2) zu Methangas (CH_4) gewandelt und anschließend z. B. im herkömmlichen Gasnetz transportiert oder in heute schon vorhandenen Gasspeichern gespeichert und mit Gasturbinen (GuD) bei Bedarf rückverstromt (Fläche B). Anhand einer jährlichen Mengengleichung wurden die benötigten installierten Leistungen für Windgasanlagen und Gasturbinen kostenoptimal ermittelt. Häufig lässt sich der durch die Elektrolyse gewonnene Wasserstoff direkt nutzen, ohne methanisiert werden zu müssen. Hier wurde jedoch eine konservative Betrachtung gewählt und mit einer vollständigen Methanisierung der Überschussmengen kalkuliert, da sich das Windgas so in das bereits vorhandene Gasnetz einspeisen lässt.

KOSTENVERGLEICH IM DETAIL

Genau für diesen Prozess wurden mit stundenscharfer Modellierung im Energiemarktmodell Power2Sim die Kosten berechnet und mit den Förderkosten verglichen, die Hinkley Point C im Laufe der 35 Jahre Förderdauer ab Inbetriebnahme erhalten soll.

Das Ergebnis: Hinkley Point C ist nach momentanem Förderungsstand und derzeitiger EEG-Degression kostengünstiger durch Windenergie- und Windgasanlagen zu ersetzen.

In Abbildung 3 werden die Ergebnisse der Kostenanalyse der Windgas-Alternative den Förderkosten von 108,6 Mrd. EUR (nominal), die Hinkley Point C erhalten soll gegenübergestellt. Die Kostenentwicklung von Windgas folgt den Annahmen von FENES in Energy Brainpool (2015).

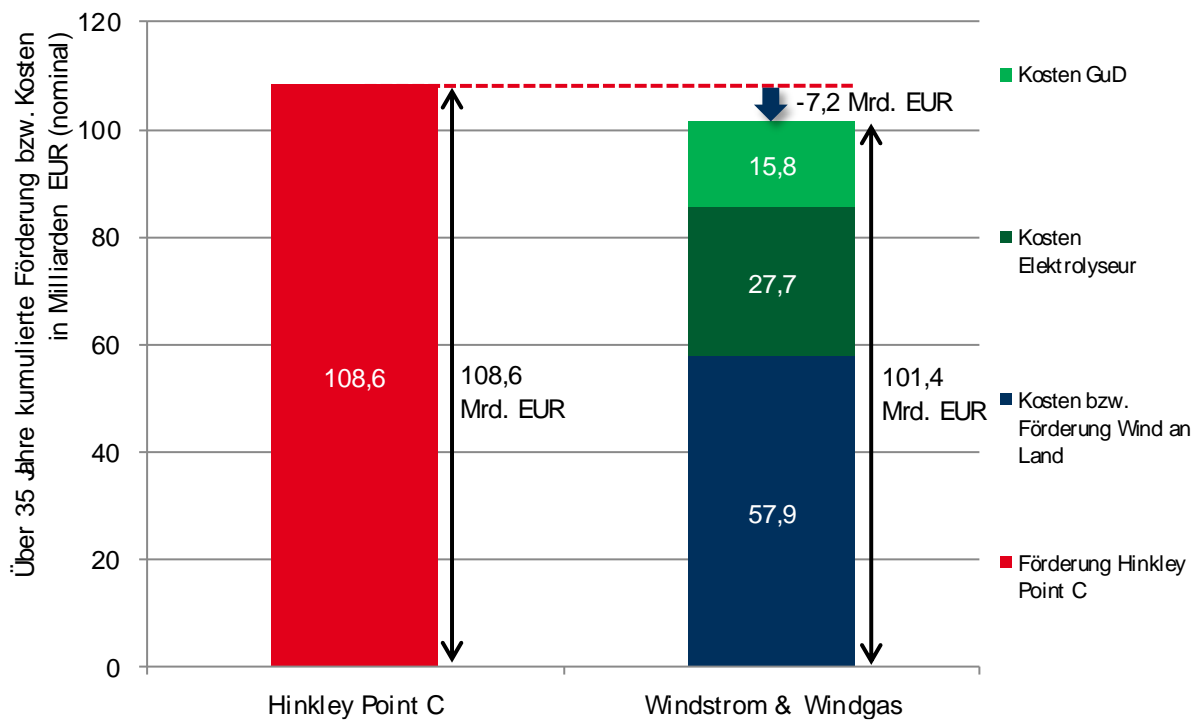


Abbildung 3: Kostenvergleich zwischen Hinkley Point C und der regenerativen Alternative mit Windgas

Die Kosten für die Alternative „Windstrom & Windgas“ von 101,4 Mrd. EUR liegen um 7,2 Mrd. EUR unter den Förderkosten von 108,6 Mrd. EUR², die im selben Zeitraum von 35 Jahren ab 2023 durch Hinkley Point C entstehen.

In der Kostenrechnung der Alternative „Windstrom & Windgas“ sind sowohl der Aufbau wie auch der Betrieb aller Windenergie-Anlagen sowie sämtlicher Elektrolyseure und GuD-Kraftwerke enthalten.

Zieht man außerdem in Betracht, dass Hinkley Point C nicht im Jahr 2023 in Betrieb gehen wird, sondern aufgrund von Zeitverzögerungen beim Bau zu einem späteren Zeitpunkt, so ist davon auszugehen, dass der Kostenvorteil der Windgas-Alternative, durch gesteigerte Effizienz und geringere Kosten in der Windgastechnologie, sowie möglicherweise kostengünstigere Gaskraftwerke, noch größer ausfallen wird. Derzeit wird die Inbetriebnahme nicht wie ursprünglich geplant im Jahr 2017, sondern erst im Jahr 2025 erwartet.³

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die beiden Varianten in dieser Studie idealtypisch (gleiche Stromerzeugungsmenge, gleiche Stromerzeugungsstruktur) miteinander verglichen

² Energy Brainpool (2015b).

³ The Guardian (2015).

wurden. In der regenerativen Alternative ist daher die installierte Leistung der Gaskraftwerke so groß dimensioniert, dass sie bei einer kompletten Flaute genauso viel Strom erzeugen können wie Hinkley Point C. Weht hingegen der Wind, bleiben die im direkten Vergleich mit Hinkley Point C nicht benötigten Gaskraftwerke ungenutzt. Würden sie stattdessen in diesen Zeiten betrieben, könnten zusätzliche Stromerlöse erzielt werden, welche zu einem weiteren Kostenvorteil der regenerativen Alternative beitragen.

In der Realität wären zudem die einzelnen Technologien in den britischen Gesamtstrommarkt eingebunden. Dadurch können Stromüberschüsse und Fehlmengen, die in der Windgas-Alternative betrachtet wurden, effizienter durch weitere Flexibilitätsoptionen im Gesamtstrommarkt ausgeglichen werden, wodurch die Kosten für die regenerative Alternative noch weiter gesenkt werden könnten.

Mit Hilfe von Windgas ist die Alternative „Windstrom & Windgas“ also auch dann in der Lage, Strom in Menge und Verfügbarkeit identisch zu Hinkley Point C zu erzeugen, wenn Windstrom nicht zur Verfügung steht. Neben Windgasanlagen existieren technologisch weitere sogenannte Flexibilitätsoptionen für den Ausgleich des Windstroms wie z. B. Photovoltaik-Anlagen, Wasserkraftwerke, hocheffiziente KWK-Anlagen, Batteriespeicher, Pumpspeicherkraftwerke oder Lastverschiebung. Sie besitzen zwar in der Regel hinsichtlich Menge und Dauer eine geringere Ausgleichswirkung als Windgas, können dafür allerdings zumeist kostengünstiger und effizienter eingesetzt werden. Ein alternatives regeneratives System zu Hinkley Point C, welches die verfügbaren Flexibilitätsoptionen nutzt, kann entsprechend weitere Kostensenkungspotentiale erschließen.

METHODIK

Grundlage:

- Um die Versorgungssicherheit Großbritanniens auch in Zukunft garantieren zu können, sieht der britische Staat den Neubau eines Kernkraftwerks am Standort des bereits heute existierenden Kernkraftwerks Hinkley Point vor. Dieser Bau erhält eine staatliche Förderung in Höhe des „Strike Prices“ von 120,30 EUR₂₀₁₂/MWh. Dies ergibt über die Laufzeit der Förderung von 35 Jahren eine Gesamtförderung von 55,18 Mrd. EUR₂₀₁₂. Unter Berücksichtigung der bei der Förderberechnung angesetzten Inflationsrate von jährlich 2,43 Prozent⁴ ergeben sich Förderkosten von insgesamt 108,6 Mrd. EUR (nominal).
- Hinkley Point C wird demnach bis auf jährliche Wartungsarbeiten (jeweils angenommen für den September jeden Jahres) durchgängig Strom produzieren. Dies liegt vor allem an der hohen Förderung, die auf der eingespeisten Strommenge basiert. Aus diesem Grund wird Hinkley Point C eher andere Kraftwerke aus dem Markt drängen, als selbst abzuschalten und auf die Förderung zu verzichten.
- Die Modellierung erfolgte in stundenscharfer Auflösung mit dem Energiemarktmodell Power2Sim.⁵

Power-to-gas:

- Da sowohl der Prozess der Elektrolyse und Methanisierung als auch die Rückverstromung des Windgases durch GuD-Kraftwerke mit Verlusten behaftet sind, müssen dementsprechend mehr Überschussstrommengen als Fehlmengen vorhanden sein. Überschussstrom sind alle Windstrommengen, welche über die Produktion von Hinkley Point C von 3,2 GW hinausgehen. Fehlmengen sind demnach alle Mengen, die der Windstromerzeugung zu 3,2 GW fehlen. Die Stromproduktion der Windenergieanlagen basiert auf den veröffentlichten Windprofilen für Großbritannien des Internetportals ELEXON. Der Wirkungsgrad der Elektrolyseure & Methanisierung wurde zusammen mit 71 Prozent und der Wirkungsgrad der GuD-Kraftwerke mit 60 Prozent angesetzt, so dass gilt:⁶

$$\text{Überschussstrom} \times 60 \% \times 71 \% = \text{Fehlmenge.}$$

Daraus ergibt sich die benötigte Windstromerzeugung von 33,3 TWh/Jahr.

Ausreichende Gasspeicherkapazitäten vorausgesetzt, kann die Kombination aus Windstrom und Windgas jederzeit dieselbe Leistung zur Verfügung stellen wie Hinkley Point C.

⁴ Europäische Kommission (2014).

⁵ Energy Brainpool (2015c).

⁶ Energy Brainpool (2015d).

ANNAHMEN

	HPC	WIND AN LAND	GUD KRAFTWERK	WINDGASANLAGE
Installierte Leistung in GW	3,2	11,2	3,2	8
Stromproduktion pro Jahr in TWh	25,7	33,3	5,7	13,3
Jährliche Volllaststunden	8.040	2.700	1.773	1.288
Höhe der Vergütung (real 2012) in EUR/MWh	120,3	74,4		
Kosten (real 2014) in EUR/kW			803 ⁷	850 ⁸
Mittlere Kosten annualisiert (nominal) in EUR/kW			69,5	82,8
Vergütungsdauer in Jahren	35	15		
Lebenszeit in Jahren	60	25	22,5	20
Inflationsrate in %	0,02	0,02	0,02	0,02

- Die **grundsätzlichen Annahmen** folgen der Windgas-Studie⁸.

- Förderung von Hinkley Point C:** 92,5 GBP/MWh.

Hinkley Point C erhält nach dem gleichen System wie die Windenergieanlagen, dem CfD, seine Förderung. Der sogenannte „Strike Price“ der HPC-Förderung liegt aber im Gegensatz zu den Windenergieanlagen dauerhaft bei 92,5 GBP/MWh und wird mit der Inflation angepasst. Hinkley Point C bekommt somit stets die Differenz zwischen dem Strompreis am Markt und dem Strike Price. Mit diesem Prinzip (Strike Price – Strompreis) wurden die Förderkosten für HPC berechnet.⁹

- Förderung für Windenergieanlagen:** CfD-Strike-Price von letzter Auktion (79,23 GBP/MW¹⁰) mit EEG-Degression (0,04 % viertel-jährlich) für die Jahre 2023 und 2048 berechnet, dadurch ergibt sich folgender neuer mittlerer Förderpreis: 74,41 €/MWh.

Diese Vorgehensweise erwies sich als die wahrscheinlichste bezüglich der Kostenrechnung der Windenergieanlagen in Großbritannien. Das Contract-for-Difference-(CfD)-Verfahren soll bis 2018 das momentane Förderungsverfahren der Windenergie in Großbritannien abgelöst haben¹¹. Die erste Auktion der CfD fand im Januar 2015 statt. Anhand dieses Preises, multipliziert mit der EEG-Degression wurden die Förderpreise für die Jahre 2023 - 2058 bestimmt. Auch hier wurde mit derselben Inflationsrate von 2,43 Prozent gerechnet.

⁷ Eigene Recherche (diverse Quellen).

⁸ Energy Brainpool (2015d).

⁹ Energy Brainpool (2015b).

¹⁰ Department of Energy & Climate Change UK (2015).

¹¹ Department of Energy & Climate Change UK (2013a).

- Die **Dauer der CfD-Förderung für Windenergieanlagen** beträgt 15 Jahre¹², danach laufen die Anlagen 10 Jahre weiter ohne Förderung.

Die Förderung nach dem CfD-Verfahren sieht eine Förderdauer von 15 Jahren vor, bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von Windenergieanlagen an Land von 25 Jahren ergibt sich somit ein Zeitraum von 10 Jahren, innerhalb dessen die Anlagen keine Förderung erhalten.

- Die **Strompreise für die Erlösrechnung** von Hinkley Point C sowie für die Erlösrechnung der Windenergieanlagen wurden in stundenscharfer Auflösung mit dem Energiemarktmodell Power2Sim ermittelt.

Die Methode der Erlösrechnung der Windenergieanlagen ist dieselbe wie die für Hinkley Point C, da beide nach dem Prinzip des CfD gefördert werden. Dabei wird berücksichtigt, dass die Windenergieanlagen für gewöhnlich geringere Strompreise erwirtschaften als Grundlastkraftwerke. Denn zu Zeiten hoher Windstromeinspeisung fallen die Preise aufgrund des Merit-Order-Prinzips.

- **Windprofil** für Großbritannien erstellt auf Basis von ELEXON Portal¹³.

Das ELEXON Portal liefert Windprofile für Großbritannien, diese wurden auf die benötigte installierte Leistung von 11,2 GW hochgerechnet.

- Die **Windstromerzeugung** pro Jahr beträgt 33,28 TWh.

Diese Summe ergibt sich aus einer kostenoptimalen Mengenbilanz-Rechnung unter der Annahme, dass zu jeder Zeit genug Überschussstrom bzw. Windgas zur Verfügung steht, um die Leistung stets bei 3,2 GW zu halten.

- Die **Fehlmenge** wird über den gesamten Zeitraum durch Methanisierung der Überschussmengen und anschließender Rückverstromung des Windgases durch GuD-Kraftwerke ausgeglichen. Unter Berücksichtigung der Umwandlungsverluste müssen daher jährlich 33,28 TWh Windstrom erzeugt werden. Zum Vergleich: Die Jahresstromproduktion von Hinkley Point C beträgt 25,7 TWh.

- Der **Wirkungsgrad** Strom zu Methan wurde im Mittel mit 71 Prozent angenommen (2023: 64 Prozent bis 2043: 78 Prozent)¹⁴.

Diese Zahlen sind zusammen mit dem Wirkungsgrad der GuD (60 %) Grundlage für die Rechnung der Mengenbilanz, denn der Überschussstrom muss multipliziert mit den Wirkungsgraden genauso groß sein wie die Fehlmengen.

- Die **Inflationsrate** wurde übernommen aus den Angaben der Europäischen Kommission zur Förderung von Hinkley Point C.

¹² Department of Energy & Climate Change UK (2013b).

¹³ ELEXON Portal (2015).

¹⁴ Energy Brainpool (2015d).

QUELLEN

- Department of Energy & Climate Change UK (2013a): EMR Delivery Plan, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/268221/181213_2013_EMR_Delivery_Plan_Final.pdf, 23.10.2015
- Department of Energy and Climate Change (2013b): Förderdauer und CfD-Methodik, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/267610/Annex_B_-_Strike_Price_Methodology.pdf, 20.10.2015
- Department of Energy & Climate Change UK (2015): Auction Results, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/407465/Breakdown_information_on_CFD_auctions.pdf, 10.12.2015
- ELEXON Portal (2015): Windprofile für Großbritannien, <https://downloads.elexonportal.co.uk/file/download/LATESTFUELHHFILE?key=w81h6d6oi7bpala>, 23.10.2015
- Energy Brainpool (2015a): Auswirkungen von Hinkley Point C auf den deutschen Strommarkt, http://www.greenpeaceenergy.de/fileadmin/docs/pressematerial/Hinkley_Point/Studie_EnergyBrainpool_Hinkley.pdf, 25.10.2015
- Energy Brainpool (2015b): Kurzanalyse, Höhe der Staatlichen Förderung von HPC, https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20150609_greenpeaceenergy_kurzanalyse-hinkleypoint.pdf, 26.10.2015
- Energy Brainpool (2015c): Fundamentalmodell Power2Sim <http://www.energybrainpool.com/analyse/fundamentalmodell-power2sim.html>, 20.10.2015
- Energy Brainpool (2015d): Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für die Energiewende in Deutschland, http://www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/2015_08_EBP_GPE_Windgas-Studie.pdf, 23.10.2015
- Europäische Kommission (2014): Official Journal of the European Union, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2014:069:0060:0098:EN:PDF>, 20.10.2015
- The Guardian (2015): Verschiebung der Fertigstellung von HPC, <http://www.theguardian.com/environment/2015/oct/21/hinkley-point-reactor-costs-rise-by-2bn-as-deal-confirmed>, 14.12.2015

ÜBER 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 Fundamentalmodellierung der Strompreise, individuelle Beratungsangebote und Studien sowie Expertenschulungen und Trainings für die Energiebranche.

Wir verbinden Wissen und Kompetenz mit Praxiserfahrung im Bereich der konventionellen und erneuerbaren Energien.

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87
10713 Berlin
Tel.: +49 30 76 76 54-10
Fax: + 49 30 76 76 54-20
www.energybrainpool.com

Projektleitung:
Thorsten Lenck
Senior Manager
Tel.: +49 30 76 76 54-10
E-Mail: thorsten.lenck@energybrainpool.com