

# Kraftwerke kommen, Kraftwerke gehen – erneuerbaren Energien im Kontext des Kernenergieausstiegs

*Sven Bode*

*arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik, Hamburg, [www.arrhenius.de](http://www.arrhenius.de)  
[sven.bode@arrhenius.de](mailto:sven.bode@arrhenius.de)*

erscheint in: energiewirtschaftliche Tagesfragen, 59. Jg., 7/2009, S. 22-24

## **Abstract**

In der Diskussion um den Kernenergieausstieg und dessen mögliche Revision werden regelmäßig auch der Klimaschutz sowie steigende Strompreise als Argumente vorgebracht. Während die Befürworter der Kernenergie argumentieren, ohne diese Energieform würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen, äußern die Gegner häufig, dass die wegfallenden Kapazitäten durch erneuerbare Energien ersetzt werden könnten. Der Beitrag greift diese Diskussion auf und zeigt, dass bei Festhalten am Ausstiegsbeschluss höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen und höhere Preise zu erwarten sind, wenngleich erneuerbare Energien zweifelsohne einen Beitrag zur Erreichung der nationalen Emissionsziele leisten. Bei sonst gleichen Rahmenbedingungen erfolgt deren Ausbau jedoch stets in gleichem Umfang, wie im Folgenden erläutert wird.

Die Rahmenbedingungen sind eindeutig. Bis ca. 2022 gehen die verbliebenen Kernkraftwerke in Deutschland sukzessive vom Netz. Hintergrund ist der Atomkonsens aus dem Jahr 2002 [1]. Das bereits seinerzeit geäußerte Unverständnis von Seiten der Energiewirtschaft ist seitdem nicht verstummt [2]. In jüngster Zeit wird angesichts des Klimawandels und der Notwendigkeit zu massiven Emissionsminderungen insbesondere auf die CO<sub>2</sub>-freie Erzeugung verwiesen. Aber auch geringere Strompreise werden in Aussicht gestellt, sollte der Ausstiegsbeschluss rückgängig gemacht werden. Ziel ist zumindest eine Verlängerung der Restlaufzeiten für die bestehenden Anlagen, ein Neubau von Anlagen wird derzeit nicht diskutiert [3]. Gegner der Revision verweisen auf das Potenzial der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Diese könnten die wegfallenden Kapazitäten der Kernkraftwerke ersetzen.

## **Analyse einer möglichen Strompreisentwicklung**

Die theoretische Betrachtung der möglichen Preiseffekte des Ausstiegs aus der Kernenergie auf dem Strommarkt sei hier nur kurz umrissen [4]. Bei der Analyse muss zwischen einem direkten und einem indirekten Effekt unterschieden werden.

Die direkte Wirkung stellt auf einen alleinstehenden Strommarkt ab. Nach gängigem Verständnis bieten Stromerzeuger auf dem Spotmarkt zu Grenzkosten an, die stark vom verwendeten Brennstoff abhängen. Aber auch innerhalb einer Brennstoffklasse variieren die Grenzkosten in Abhängigkeit des Wirkungsgrades der Anlagen. Der gleichgewichtige Strompreis ergibt sich im Schnittpunkt von aggregierter Angebots- und Nachfragekurve. Die aggregierte Angebotskurve setzt sich aus den individuellen Angebotskurven der Kraftwerksbetreiber zusammen, die wiederum auf den Grenzkosten basieren. Die Strompreisbildung zeigt schematisch Abb. 1 A). Der Preis kann sich durch eine Verschiebung der Nachfrage- oder der Angebotsfunktion ändern. Wenn ein Kernkraftwerk vom Netz geht und kein Ersatzkraftwerk

existiert, das die nun fehlende Stromproduktion zu ähnlichen Grenzkosten ersetzen kann, kommt es zu einer Verschiebung der Angebotsfunktion nach links, in deren Folge sich ein neues Gleichgewicht auf dem Markt einstellt. Wird beispielsweise ein Kraftwerk stillgelegt, so steigt der gleichgewichtige Preis. Die verbleibenden Anbieter profitieren in der Summe vom Preisanstieg; für den ausscheidenden Kernkraftwerksbetreiber fallen die Deckungsbeiträge hingegen weg. Wird die entstehende Lücke durch ein anderes Kraftwerk mit gleicher Kapazität und Grenzkosten unterhalb des Gleichgewichtspreises geschlossen, so ändert sich bei der direkten Betrachtung nichts [5].

Bei der indirekten Wirkung wird darauf abgestellt, mit welcher Art von Kraftwerk die durch die Kernkraftwerksabschaltung fehlende Kapazität ersetzt wird. Konkreter, welche CO<sub>2</sub>-Emissionen dieses Kraftwerk hat. Für den Fall, dass das neue Kraftwerk CO<sub>2</sub>-frei ist (z. B. erneuerbare Energien oder Import) ändert sich an der obigen Betrachtung nichts: CO<sub>2</sub>-freie Stromproduktion wird durch CO<sub>2</sub>-freie Stromproduktion ersetzt. Emittiert das Ersatzkraftwerk dagegen CO<sub>2</sub>-Emissionen, so kann es durch den zurzeit implementierten EU-weiten Emissionshandel zu folgender indirekten Wirkung kommen: Durch die höheren Emissionen der Ersatzkraftwerke steigt die Nachfrage nach und damit der Preis von CO<sub>2</sub>-Berechtigungen. Ein höherer CO<sub>2</sub>-Preis führt wiederum zu einem Anstieg des Strompreises. Die Höhe des Preisanstiegs hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab, wie der CO<sub>2</sub>-Intensität des Grenzkraftwerks und dem Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob es sich bei dem CO<sub>2</sub>-emittierenden Kraftwerk um ein bereits existierendes oder ein neues Kraftwerk handelt [6]. Mit Blick auf den Emissionshandel sei angemerkt, dass hierfür nur die Emissionen aus der Anlage selbst relevant sind. Emissionen aus anderen Stufen des Lebenszyklus (Exploration, Entsorgung) sind für die Angebotserstellung nicht von Bedeutung.

## Mögliche Szenarien

Nachdem die verschiedenen Effekte beschrieben wurden, wird nachfolgend versucht, eine Abschätzung über eine wahrscheinliche Entwicklung zu treffen. Dabei geht es im Kern um die Frage, ob die wegfallenden Kapazitäten der Kernkraftwerke durch den Zubau von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ersetzt werden können.

Die Kapazität der Erneuerbaren wird bis zum Jahr 2020 deutlich weiter ausgebaut werden. Haupttreiber dürften zum einen die politischen Ausbauziele auf EU bzw. nationaler Ebene sein. Hier soll gemäß des integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung der Anteil auf 25-30 % erhöht werden. Das EEG wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Dieses Förderinstrument hat sich in den letzten Jahren als äußerst effektiv erwiesen und wurde inzwischen in zahlreiche andere Länder „exportiert“. Fraglich ist nun, ob und inwieweit deren Ausbau durch den Kernenergieausstieg beeinflusst wird. Zum Zweck des EEG (2008) heißt es in § 1:

*„Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“*

Der Ersatz der Kernkraftwerke wird nicht explizit erwähnt.

## Tatsächliches „Ersatzpotenzial“ der Erneuerbaren

Der Ausbau der Erneuerbaren könnte insbesondere beeinflusst werden, wenn es zu Änderungen bei den Investitionsanreizen kommen sollte. Die Tabelle zeigt hierzu verschiedene Einflussfaktoren für Investi-

tionsentscheidungen für unterschiedliche Typen von Kraftwerken. Eine klare Überschneidung gibt es nur bei den Kapitalkosten.

Zwar ist Kapital grundsätzlich knapp, es scheint aber schwer vorstellbar, dass die Kapitalkosten auf einem globalen Kapitalmarkt durch die Entscheidung für oder gegen einen Kernenergieausstieg beeinflusst werden. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass der Ausbau der Erneuerbaren bei den derzeitigen Rahmenbedingungen bis 2020 unabhängig vom sonstigen Geschehen auf dem Strommarkt erfolgt. Dadurch verschiebt sich die Frage der Wirkung des Kernenergieausstiegs jedoch nur an eine andere Stelle im Markt, da sich mit dem autonomen Ausbau der Erneuerbaren die Angebotskurve entsprechend verschiebt. Abb. 1 macht dies deutlich.

Angenommen die installierte Leistung der Kernkraftwerke betrage  $\alpha$  und die bis 2020 zugebaute Leistung der erneuerbaren Energien ebenfalls, so dass die oben zitierte Aussage, „die Erneuerbaren können die Kernenergie ersetzen“ stimmt. In diesem Fall zeigt Abb. 1 B) den Verlauf der Merit-order Kurve im Falle eines Ausstiegs, Abb. 1 C) bei einer Revision. In beiden Fällen werden die Kapazitäten für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien um die Menge  $\alpha$ , d. h. in Höhe der wegfallenden Kapazitäten der Kernkraftwerke, ausgebaut. Damit wird gegenüber der Situation von heute ein größerer Teil der fossil-befeuerten Erzeugung ersetzt und ein wichtiger Beitrag zu Emissionsminderung geleistet. Wie ferner zu sehen ist, muss die Analyse des Kernenergieausstiegs in der Merit-order Kurve jedoch rechts von den erneuerbaren Energien erfolgen. Im Falle einer Verlängerung der Restlaufzeiten verdrängen Kernkraftwerke zusätzlich fossil-befeuerte Kraftwerke. Entsprechend erfolgt im Fall B) ohne Kernkraftwerke zusätzliche Erzeugung in Kohlekraftwerken. Damit steigen aber in Fall B) verglichen mit Fall C), wie im theoretischen Teil gezeigt, die Emissionen und damit mindestens marginal  $\text{CO}_2$ - und Strompreise.

Im Übrigen erscheint es auch schwierig, die zusätzlichen Kapazitäten an Erneuerbaren ausschließlich als Ersatz für wegfallende Kernkraftwerkskapazitäten zu verstehen. Bis 2020 werden auch zahlreiche andere alte Anlagen die Stromerzeugung einstellen. Auch hier könnten die zusätzlichen Kapazitäten als Ersatz reklamiert werden. Sollten die in den Kernkraftwerken wegfallenden Kapazitäten gegenüber dem jetzt ohnehin zu erwartenden Ausbau der erneuerbaren Energien durch weitere, neue Kapazitäten ersetzt werden, so wären hierfür zusätzliche Anreize notwendig (vgl. o.g. § 1 EEG).

Der im Fall C) geringere Strompreis dürfte zwar die Verbraucher freuen, Investoren erst neu gebauter oder im Bau befindlicher Kohlekraftwerke sollten ggf. alarmiert sein. Sofern sie ihre Investitionsrechnung allein auf Basis der bestehenden Gesetzeslage gemacht haben, könnten mit dem geringeren Strompreis auch ihre Erlöse entsprechend sinken. Ein geringerer Strompreis in der Mitte des nächsten Jahrzehnts könnte ferner auch Anlass für Investoren fossil-befuenerter Anlagen (insb. Kohlekraftwerke) sein, die Verlängerung der jüngst für den Zeitraum 2013 bis 2016 beschlossene Subventionierung von neuen, effizienten Kraftwerken über diese Periode hinaus zu verlangen. An dieser Stelle wird einmal mehr das strukturelle Defizit des derzeitigen Designs des Strommarkts sichtbar [7].

Die Menge der durch eine Verlängerung der Restlaufzeiten vermiedenen Emissionen hängt stark von den Annahmen bei der Berechnung ab, insb. der möglichen Dauer sowie des Emissionsfaktors der verdrängten Kraftwerke. Abb. 2 zeigt hierzu mögliche Entwicklungen. Der Emissionsfaktor von  $500\text{g/kWh}$  stellt einen Mix aus verdrängten Gas- und Kohlekraftwerken dar [8].

Ein anderer Aspekt neben den Wirkungen auf Emissionen und Preise ist die Verteilungsfrage. Bei einer möglichen Vergrößerung der Reststrommengen über die derzeit genehmigten Mengen hinaus würden die Betreiber der Kernkraftwerke entsprechende zusätzliche Deckungsbeiträge (siehe schraffierte Fläche in Abb. 1 C) bzw. Gewinne erwirtschaften können. Je nach Annahmen können sich diese auf größere

zweistellige Milliardenbeträge (nominal) belaufen. Matthes [9] geht bei einer Verlängerung der Laufzeiten um acht Jahre von einem Barwert der zusätzlichen Gewinne von 8 bis 14 Mrd. € aus. Sofern es diese zusätzlichen Gewinne sein sollten, die gegen eine mögliche Vergrößerung der Reststrommengen sprächen, so ließe sich dieses Problem vermutlich leicht lösen. Vorschläge zur (Teil-) Abschöpfung der Gewinne liegen bereits seit langem vor [10]. Während die zusätzlichen Gewinne für die Betreiber von Kernkraftwerken offensichtlich sind, macht Abb. 2 auch deutlich, wer gegenüber einem Ausstieg zu den möglichen Verlierern gehört: die Betreiber von anderen konventionellen Kraftwerken. Zum einen wird ein Teil von ihnen aus dem Markt gedrängt, zum anderen sinken mit dem geringeren Strompreis auch deren Erlöse. Während große Stromerzeuger über die Kernkraftwerke zusätzliche Gewinne erwirtschaften können, gehören bspw. Stadtwerke mit eigener fossil basierter Erzeugung zu den potenziellen Verlierern.

## Argumente überdenken

Ein Festhalten am Kernenergieausstieg führt bei sonst gleichen Rahmenbedingungen zu höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen als im Vergleichsfall der Revision des Ausstiegsbeschlusses. Damit steigen zumindest in der Grenzbetrachtung auch die CO<sub>2</sub>- und schließlich die Strompreise. Ursächlich hierfür ist die Tatsache, dass die Entscheidung über die Produktion in einem liberalisierten Strommarkt auf Basis der Grenzkosten erfolgt. Diese sind für Kernkraftwerke geringer als für Kohlekraftwerke und für wesentliche Teile der erneuerbaren Energien kleiner als für die beiden erstgenannten. Da die Anreizstrukturen für Investitionen in Erneuerbare von der Entscheidung über eine mögliche Revision des Ausstiegs unabhängig sind, verschiebt sich die Wirkung eines Ausstiegs in der Merit-order Kurve lediglich nach rechts von den zweifellos zunehmenden Kapazitäten der erneuerbaren Energien. Die Frage der mit einer möglichen Revision des Ausstiegs verbundenen Gewinne und deren möglicher Abschöpfung ist ausgehend von den zuvor genannten Effekten separat zu beantworten. Die obigen Ausführungen richten sich nicht per se für oder gegen eine Verlängerung der Restlaufzeiten, sie zeigen vielmehr auf, dass bestimmte Argumente weniger geeignet sind als andere.

## Anmerkungen

[1] Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität vom 22.4.2002.

[2] Schon im Juni 2001 äußerte beispielsweise der Vorstandsvorsitzende der RWE Power AG auf die Frage, ob das Ausgangsszenario umkehrbar sei, dass in einer demokratischen Gesellschaft nichts unumkehrbar sei (...) „Der Atomausstieg tut uns weh“, Interview in: Welt am Sonntag, 10. 6. 2001, Seite 50.

[3] Siehe „Zustimmung zur Kernkraft wächst“ in: Handelsblatt online, 07.04.2009 <http://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/zustimmung-fuer-kernkraft-waechst;2229614>

[4] Eine umfassende Darstellung findet sich in Bode, S.: Kernenergieausstieg und Strompreis, in: Wirtschaftsdienst 4 (2007), S. 258–263.

[5] Vom Strompreis sind die durchschnittlichen Kosten der Stromproduktion zu unterscheiden. Letztere können auch bei konstantem Preis steigen. Siehe hierzu auch EWI et al.: Ökonomische Auswirkungen alternativer Laufzeiten von Kernkraftwerken in Deutschland. Gutachten, Köln u. a., Oktober 2005.

[6] Die Änderung der CO<sub>2</sub>-Preise kann Änderungen bei der Einsatzreihenfolge der Kraftwerke (Merit-order) mit sich bringen, die wiederum das Investitionsverhalten bzw. den Brennstoffverbrauch und -import beeinflussen können. Siehe hierzu auch Fn. [5].

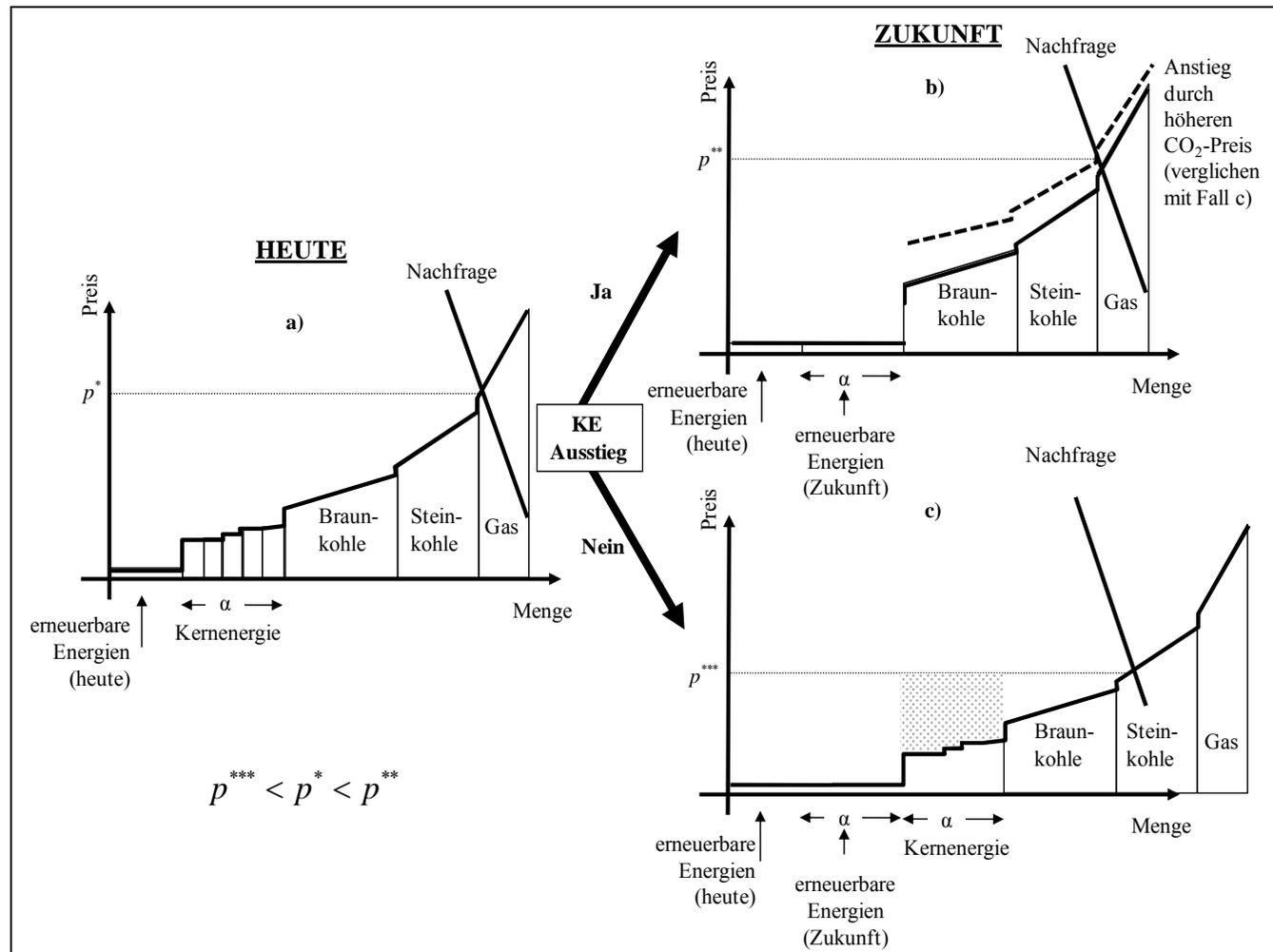
[7] Bode, S.; Groscurth, H.-M.: Liberalisierter Strommarkt: Naht das Ende? In: Wirtschaftsdienst 89, 4 (2009), S. 274-280.

[8] Bode (siehe FN [4]) verweist in diesem Zusammenhang auf die Auswirkungen der nationalen Entscheidung zur Kernenergie auf den europäischen und weltweiten Markt für Emissionsrechte. Der Kernenergieausstieg ist damit mitnichten eine rein nationale Angelegenheit.

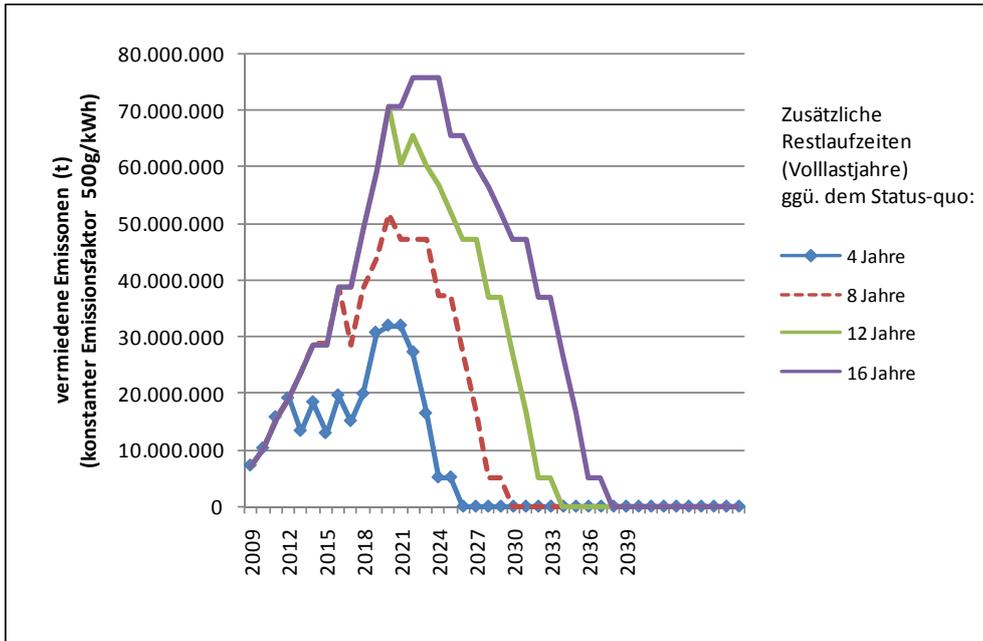
[9] Matthes, F.: Modelle für Laufzeitverlängerungen der deutschen Kernkraftwerke und Strompreissenkungen. Kurzanalyse, Freiburg/Darmstadt/Berlin 2005, erhältlich unter [www.oeko.de](http://www.oeko.de)

[10] Bode, S.: Kernenergieausstieg: Versteigerung zusätzlicher „Restlaufzeiten“ für bestehende Anlagen? In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 55 Jg. (2005), Heft 5, S. 325-326; und Matthes (siehe FN [9]).

Abb. 1: Auswirkungen einer möglichen Verlängerung der Restlaufzeiten für Kernkraftwerke auf die Merit-order Kurve



**Abb. 2: Beispielhafte Emissionsvermeidung bei Verlängerung der Restlaufzeiten**



**Tab.: Einflussfaktoren für Investitionsentscheidungen**

		<b>Erneuerbare</b>	<b>Kernkraftwerke</b>
<b>Kosten</b>	fix	Kapitalkosten	Kapitalkosten
	variabel	Null (Wind, PV)	Uranpreis
<b>Erlöse</b>		EEG Vergütung	Strompreis
<b>Standort</b>		Windgeschwindigkeit/ Einstrahlung	z. B. Kühlwasser