

Kosten des Atomausstiegs

Kein anderes Land hat je einen solchen Versuch mit seiner eigenen Gesellschaft durchgeführt. Ist jedem denkenden Menschen schon qualitativ klar, daß eine so gigantische Kapitalvernichtung nicht ohne Folgen sein kann, so war es bisher der Politik möglich, mit allerlei Esoterik darüber hinweg zu schwafeln. Zumindest konnte man den fürsorglichen Staat geben, der seine Bürger vor der „tödlichen Atomgefahr“ schützt. Es gab zwar bis heute keine Strahlentoten durch das Reaktorunglück in Fukushima, aber es hätte ja vielleicht sein können. Fachleute haben zwar stets das Gegenteil behauptet, aber was sind schon Fachleute gegen „Atomexperten“ von [Bündnis 90 / Die Grünen] oder sonstigen Vertrauen erschleichenden Organisationen wie [Greenpeace] etc.?

Im Ausland sieht man die Sache etwas anders. Vielleicht nur, weil man nicht so viele Öko-Sozialisten in den Parlamenten hat, auf die man für künftige Regierungsbildungen Rücksicht nehmen muß. Nun gut, Deutschland ist ja auch noch nicht so lange Demokratie. Irgendwann verstehen auch die Deutschen den Zusammenhang von Stimmenabgabe, Regierung und daraus folgender Politik. Wir schaffen das. Die unmittelbar aus einer sozialistischen Diktatur beigetretene Angela hat es doch offenbar sofort kapiert. Gelernt ist eben gelernt. Sag mir keiner was gegen die Ausbildung der Politikader in der „DDR“ oder wie die späte Margot Honnecker sagte: Die Saat ist gesät.

Die Auswertung von Phase 1

Langsam hat die Wissenschaft die Einmaligkeit des Experiments „Atomausstieg“ an einer realen Gesellschaft erkannt. Besonders Phase 1 mit der unmittelbaren Abschaltung von 10 der 17 Reaktoren in Deutschland im Zeitraum 2011 bis 2017 ist geradezu ideal zur Gewinnung quantitativer Ergebnisse. Ein Zeitraum von nur sechs Jahren ist kurz genug, um von ziemlich konstanten gesellschaftlichen Randbedingungen (z. B. Industrie und Verbrauchsstruktur) ausgehen zu können. Entscheidend ist, daß über 8 GW_{el} (entsprechend 5% der Gesamtleistung) innerhalb weniger Monate nach dem Beschluss vom Netz genommen wurden und bis 2017 insgesamt 11 GW. Dieser Anteil ist viel mehr, als jemals irgendwo auf der Welt in Betracht gezogen wurde. Eine quantitative Auswertung dieser Phase erlaubt auch die Abschätzung der weiteren wirtschaftlichen und gesundheitlichen Auswirkungen bis zu einem vollen Ausstieg bis 2022 und der Belastungen durch Import von Leistung und Energie, die für unsere Nachbarländer entstehen. Besonders der letzte Punkt wird sich noch zu einer außerordentlichen Belastung für die EU entwickeln. Für die Erkenntnis, daß die Produktion der Kernkraftwerke durch fossile Kraftwerke ersetzt werden muß, braucht man eigentlich nur gesunden Menschenverstand. Die zufällige Wind- und Sonnenenergie kann niemals eine an der Nachfrage orientierte Erzeugung ersetzen. Anschaulich gesagt, will man das Licht einschalten, wenn es dunkel wird oder den Fernseher, wenn die Fußballübertragung beginnt. Ob

dann gerade der Wind weht oder die Sonne scheint, brauchte bisher keinen Menschen zu interessieren. Der Strom kam aus der Steckdose. Das NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH der USA geht nun in einer [Studie](#) den interessanten Weg, einmal auszurechnen, wie stark die Preise und die Schadstoffbelastung angestiegen sind, gegenüber dem Fall, wenn man die Kernkraftwerke weiter in Betrieb gelassen hätte. Dies ist alles andere, als eine einfache Aufgabe.

Die Datenlage

Die Stromwirtschaft ist außerordentlich genau dokumentiert. In jedem Kraftwerk wird die produzierte elektrische Energie kontinuierlich aufgezeichnet, ebenso die eingesetzten Brennstoffe, die produzierten Schadstoffe usw. Man kann also nicht nur das Geschehen im gesamten Netz zu jedem Zeitpunkt nachvollziehen, sondern die Daten sind auch sehr zuverlässig, da zahlreiche Plausibilitätskontrollen möglich sind. In dieser Studie wurden z. B. alle Kraftwerke mit einer Leistung ab 100 MW_{el} in ganz Europa verwendet. Dies ist notwendig, um die Stromexporte und Importe entsprechend abbilden zu können.

Die Preise für „Strom“ sind über die Strombörsen (elektrische Energie) und die Netzbetreiber (Regelenergie etc.) dokumentiert. Ebenso sind in verschiedenen Quellen die Brennstoffkosten aufgezeichnet. Hinzu kommen noch die Randbedingungen des Netzes (z. B. Transportkapazitäten der einzelnen Hochspannungsstrecken) oder der Grenzkuppelstellen zu unseren Nachbarn. Ebenso noch die Wetterdaten (Tag/Nacht, Windgeschwindigkeiten, Außentemperaturen etc.), die Kalenderdaten (Sonn- und Feiertage) und die regional gemessenen Schadstoffbelastungen (NO_x , Feinstäube etc.).

Die Modellbildung

Die Erschaffung eines allumfassenden analytischen Modells für die Stromwirtschaft ist wegen der riesigen Zahl von Variablen und den nahezu unendlichen Kombinationsmöglichkeiten praktisch nicht möglich. Man muß immer vereinfachen und kann immer nur gegebene Situationen „nachrechnen“. So hilft einem der „Merit-Order-Ansatz“ in der Praxis nicht viel weiter, wenn sich das Kraftwerk mit den aktuell geringsten Grenzkosten z. B. am falschen Standort befindet (Leitungskapazitäten) oder dessen Leistungsänderungsgeschwindigkeit nicht ausreicht um die durch z. B. Bewölkung oder Windböen erzeugten Rampen der „Erneuerbaren“ abzufangen. Produktionskosten sind in der realen Welt eben nicht die einzige Randbedingung. Zum Glück ist die hier gestellte Frage wesentlich einfacher: Man hat über den Betrachtungszeitraum von (nur) sechs Jahren einen sehr gut dokumentierten Datensatz der realen Verhältnisse (ca. 4,5 Millionen Daten). Wichtig ist, daß hier die Berechnung nur in eine (definierte) Richtung verläuft. Man muß nur die „richtigen“ fossilen Kraftwerke „abschalten“ und erhält dann die Geld- und Schadstoffmenge als Differenz beider Rechnungen. Hier ist der Gedankengang also umgekehrt: Man gibt nicht den Zahlenwert für eine Variable **vor** um ein Gesamtergebnis zu erhalten, sondern erhält aus der Kenntnis über die Gesamtsituation die Zahlenwerte der Variablen. In diesem Falle sind die Zahlenwerte für die geringeren Schadstoffmengen und die geringeren Kosten durch einen (fiktiven)

Weiterbetrieb der Kernkraftwerke gewünscht.

Event Study Regressions

Ziel der Regressionsanalyse ist hier für jeden Brennstoff in jeder Stunde die durch ihn erzeugte Elektroenergie als Funktion des restlichen Nettobedarfs zu ermitteln. Eingabedaten sind hierfür die in jeder Stunde gemessenen tatsächlichen Produktionsmengen aus den „regenerativen Energien“, Braunkohle, Steinkohle, Erdgas usw. Dem steht die in dieser Stunde (gleich hohe) Stromnachfrage gegenüber. Definitionsgemäß ergibt sich nun der \square restliche Nettobedarf \square durch Abzug aller nicht fossilen Quellen. Durch umfangreiche Rechnungen kann man für jeden Brennstoff eine Funktion der produzierten elektrischen Energie als Funktion des im Netz anliegenden \square restlichen Nettobedarfes \square ermitteln. Eine Nachrechnung der gemessenen Zustände im Netz mittels der gefundenen Funktionen und ihrer Konstanten ergibt eine recht hohe Genauigkeit. Dies ist jedoch nur für die betrachtete Periode von sechs Jahren gültig.

Machine Learning Approach

Eine weitere hier verwendete Methode verwendet maschinelles Lernen – in Deutschland auch „künstliche Intelligenz“ genannt – zur Simulation. Voraussetzung ist eine möglichst große Datenmenge. Vorteil dieser Methode ist, daß man selbstständig (verborgene) Muster erkennen kann und nicht Gleichungen vorgeben muß, die ja bereits ein möglichst vollständiges Verständnis aller Zusammenhänge erforderlich machen würden. Ein Beispiel ist die Berechnung der Schadstoffe. So stoßen beispielsweise nicht alle Kohlekraftwerke die gleichen spezifischen Schadstoffmengen aus. Sie hängen vom Typ, der Abgasnachbehandlung und vom Betriebszustand ab. Ebenso sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen über den Betrachtungszeitraum nicht konstant. So verändern sich die Relationen von Kohlepreis zu Erdgaspreis. Dies koppelt auf die Einsatzplanung zurück. Zusammenfassend kann man sagen, daß \square maschinelles Lernen \square zu wesentlich besseren Ergebnissen bei der Widerspiegelung des Marktgeschehens (Strombörse) führt, als klassische statistische Methoden und ökonomische Modelle. Freilich steht diese Methode erst am Anfang von Forschung und Entwicklung.

Kosten des Teilausstiegs

Mit dem durch maschinelles Lernen gewonnenen Programm wurde nun ein Weiterbetrieb der Kernkraftwerke im Zeitraum 2011–2017 berechnet und dem tatsächlichen Verlauf mit politischer Zwangsabschaltung gegenübergestellt. Die in diesem Schritt der Studie interessierenden Größen sind die geringere fossile Produktion, die veränderten Stromimporte und Exporte von und zu unseren Nachbarländern und die Stromproduktion der weiterlaufenden Kernkraftwerke. Die Rechnung ergab gegenüber dem Weiterbetrieb eine um 3–5 TWh monatlich verringerte Stromproduktion aus den Kernkraftwerken. Die Bandbreite ergibt sich aus der beim Weiterbetrieb notwendigen Stillstandszeiten infolge des Brennelementwechsels. Um diesen Ausfall durch Zwangsabschaltung zu kompensieren ist die Produktion aus fossilen Kraftwerken um 2–3 TWh monatlich angestiegen. Der Rest wäre durch die Nettoimporte

abgedeckt worden. Der Ausbau der „regenerativen“ Energien in der Periode ist dabei berücksichtigt worden.

Beeinflussung der Strombörse

Durch den Teilausstieg waren die Strompreise an der Börse um 0,5 bis 8 Dollar pro MWh höher. Ferner gab es durch die Zwangsabschaltung z. B. im Februar 2017 infolge eines Kälteeinbruches und Dunkelflaute sehr viel höhere Spitzenpreise. Dies zeigt deutlich, daß eine rein energetische Betrachtung (Stromproduktion aus „regenerativen“ ersetzt Energie aus Kernkraft) zu völlig falschen Ergebnissen führen kann. Steigt der Stromverbrauch an (z. B. Kälteeinbruch), aber der Wind weht nicht stark genug, explodieren die Strompreise an der Börse, weil die gesamte fehlende Leistung ausschließlich durch die (noch) vorhandenen fossilen Kraftwerke kompensiert werden muß. Zumeist über Erdgaskraftwerke, dessen Brennstoffpreise selbst durch die Kälte übermäßig ansteigen. Ein sich gegenseitig aufschaukelnder Preisanstieg in der schönen neuen Welt der Windmühlen und Sonnenkollektoren. Im Betrachtungszeitraum 2011–2017 waren die Großhandelspreise inflationsbereinigt um 1,8 \$/MWh – entsprechend 3,9 % – höher durch den (damals noch teilweisen) „Atomausstieg“. Die Stromproduktion aus den deutschen Kernkraftwerken ging in dieser Periode um 38,2% (-53,2 TWh/a) zurück. Die Produktion aus Steinkohle nahm um 31,7% (28,5 TWh/a) zu, die Produktion aus Erdgas um 26,2% (8,3 TWh/a) und die Stromimporte (netto) um 37,1% (10,2 TWh/a). Hier wird der ganze Wahnsinn eines nahezu gleichzeitigen Ausstiegs aus Kernkraft (2017 noch 86,2 TWh/a) und Kohle (Braunkohle 160,4 und Steinkohle 118,3 TWh/a) deutlich. Dies müßte nahezu alles durch Erdgas und Stromimporte abgedeckt werden. Weder können die „regenerativen“ (2017 noch 175,8 TWh/a) die Lücke füllen, noch unsere Nachbarn ihre Kapazitäten für die Dunkelflaute bzw. Entsorgung unseres Stromabfalls ausbauen. Die entstehenden Kosten aus unserer Nachfrage und dem geringen Angebot aus Erdgaskraftwerken und Stromimporten werden uns eine Preisexplosion bescheren. Danke Frau Merkel, wir schaffen das.

Auswirkungen auf Produzenten

Einen noch tieferen Einblick erhält man, wenn man die mittleren jährlichen Umsätze, Kosten und Gewinne für die Varianten Weiterbetrieb und Ausstieg vergleicht. Als Umsatz jedes Kraftwerks wird das Produkt aus dessen Stromproduktion und zeitgleichen Börsenpreisen angesetzt. Etwaige Zusatzeinnahmen werden nicht berücksichtigt. Bei den Kosten wird das Produkt aus Stromproduktion und Grenzkosten (Brennstoffkosten + Verschleiß; Kapital und Personalkosten fallen ohnehin an) angesetzt. Der entgangene Gewinn ergibt sich aus der Differenz beider Varianten. Der Umsatz der Kernkraftwerke ging um 2,2 Milliarden Dollar jährlich zurück. Parallel stieg der Umsatz der fossilen Kraftwerke um 2,6 Milliarden \$/a an. Die Kosten verringerten sich bei den Kernkraftwerken um -0,6 Milliarden \$/a (kein Brennstoff und keine zusätzlichen Endlagerkosten mehr), stiegen aber bei den fossilen Kraftwerken um 1,7 Milliarden \$/a an. An dieser Stelle sei angemerkt, daß diese Kosten durch die CO₂ Abgaben zukünftig noch wesentlich höher ausfallen werden. Damit ergibt die Vergleichsrechnung einen Rückgang der Gewinne der Kernkraftwerke um 1,6 Milliarden \$/a bei einem gleichzeitigen Anstieg der fossilen

Kraftwerke um 0,7 Milliarden \$/a. Man kann also feststellen, daß die Belastung für die Verbraucher weit überproportional angestiegen ist. Die Stromverbraucher müssen über die EEG-Umlage und die Netzentgelte die vollen Kosten tragen, während man für die Produzenten salopp sagen könnte: Ist uns doch egal wie wir den Strom produzieren, wir verdienen immer. Ein klassisches Geschäft zu Lasten Dritter – uns Bürgern. Bei diesem Vergleich wurde unterstellt, daß die Strombörsen unserer Nachbarländer durch unseren „Atomausstieg“ nicht beeinflußt werden. Man sollte aber tunlichst im Auge behalten, daß Preise immer durch Angebot und Nachfrage gebildet werden. Wie lange werden unsere Nachbarn es hinnehmen, daß ihre Preise durch erhöhte Nachfrage aus Deutschland weiter nach oben gezogen werden und gleichzeitig durch die Entsorgung unseres Abfallstroms zu Dumpingpreisen (Preis unter Herstellungskosten) ihre Energieversorger geschädigt werden? Spätestens nach erfolgtem „Atom-“ und Kohleausstieg sind gewaltige politische Konflikte absehbar, die man nur mit dem Geld des deutschen Steuerzahlers glätten können wird. Auch an dieser Stelle ein herzliches „Danke Frau Merkel“ für ihre tolle Europapolitik.

Externe Kosten

Sind Kosten, die in betriebswirtschaftlichen Rechnungen gar nicht oder nur indirekt erfaßt werden: In diesem Falle z. B. die Schäden durch Stickoxide und Feinstäube. Eigentlich ist das Geschwafel von der „Internalisierung der externen Kosten“ lediglich ein Versuch die Planwirtschaft durch einen vermeintlich wissenschaftlichen Ansatz zu legitimieren. Aber Angelsachsen sind für ihren schwarzen Humor bekannt, also warum nicht einmal den Spieß umdrehen und die bekannte Zahlenakrobatik über Todesfälle durch Diesellabgase, Strahlenbelastung (durch Kernkraftwerke) etc. einmal umdrehen? Flugs wird hier nicht nur ausgerechnet, wie viele zusätzliche Todesfälle die Abschaltung der Kernkraftwerke gefordert hat, sondern auch was das gekostet haben soll.

Abschätzung der Emissionen

Die Freisetzung des CO₂ wird für jedes Kraftwerk mit seinem spezifischen Wirkungsgrad und seines verwendeten Brennstoffs ermittelt. Wären in Phase 1 die Kernkraftwerke nicht abgeschaltet worden, wären 36,3 Millionen to jährlich weniger abgegeben worden. Für die Berechnung der Emissionen von SO₂, NO_x und Feinstaub werden für jedes Kraftwerk die Daten aus den Brennstoffen, der Bauart (Entstickung, Entstaubung und Rauchgaswäsche) und des Betriebszustandes (Leistung) ermittelt. Hätte es nur in der Phase 1 des „Atomausstiegs“ keine Abschaltungen gegeben, wären 15900 to SO₂ jährlich, 23700 to NO_x jährlich und 600 to Feinstaub jährlich weniger in die Umwelt abgegeben worden. Mittels dieser Daten wurde die Anzahl der zusätzlichen Toten durch den „Atomausstieg“ mit 1142 Toten pro Jahr nur zwischen 2011 bis 2017 ermittelt. Man mag das glauben oder nicht, aber es ist die gleiche Zahlenakrobatik, die uns sonst im Zusammenhang z. B. mit Dieseln aufgetischt wird. Dort jedenfalls wird sie von Politikern und Medien für bare Münze gehalten.

Abschätzung der Immissionen

Um die Aussagen zu verbessern, werden noch die Immissionen im Umfeld jedes Kraftwerks berechnet. Basis sind die Meßstationen im Umkreis von 20 km um das Kraftwerk. Aus ihnen können die lokalen Ausbreitungsverhältnisse abgeleitet werden. Es ergab sich ein Anstieg von (im Mittel) Toten pro Jahr: 124,9 durch Braunkohle-, 315,7 durch Steinkohle-, 20,2 durch Erdgas- und 32,3 durch Ölkraftwerke. Die Gesamtzahl der Toten pro Jahr ist nach dieser Methode nur rund halb so hoch. Prinzipiell ist sie genauer, da sie die örtliche Bevölkerungsdichte, die Wetterverhältnisse und die schon vorhandene Belastung berücksichtigt.

Kosten für Risiko und Abfall der Kernenergie

Durch die Abschaltung der Kernkraftwerke wurde das Risiko eines Störfalls eliminiert und kein zusätzlicher „Atommüll“ mehr erzeugt. Je nach Risiko für einen Störfall (Eintrittswahrscheinlichkeit mal Schadenhöhe) und Endlagerung ergeben sich in der Literatur als externe Kosten 1 bis 4 \$/MWh. Setzt man 3 \$/MWh an, wären durch die Abschaltung 200 Millionen Dollar pro Jahr eingespart worden. Selbst wenn man für die externen Kosten das Zehnfache ansetzen würde – 30 \$/MWh sind absurd hoch – wäre die Ersparnis mit 2 Milliarden Dollar pro Jahr immer noch erheblich geringer als die zusätzlichen externen Kosten durch den Mehreinsatz fossiler Energien.

Gesamtbilanz

Hier werden noch einmal die Differenzen der internen und externen Kosten des simulierten Weiterbetriebs zu der (tatsächlichen) Abschaltung der Kernkraftwerke in der Periode 2011 bis 2017 zusammengefaßt. Die Großhandelspreise für elektrische Energie waren im Mittel um 1,6 Milliarden Dollar (alle Preise zum Wechselkurs von 2017) pro Jahr höher, entsprechend 12,7%.

Für das freigesetzte CO₂ wurde ein Preis von 50\$ pro t angesetzt. Damit ergaben sich zusätzliche externe Kosten von 1,8 Milliarden pro Jahr, entsprechend 13%. Die höchsten externen Kosten sind durch die höhere Luftbelastung entstanden. Der Geldwerte Betrag für die Verkürzung der Lebensdauer wurde mit 8,7 Milliarden Dollar pro Jahr ermittelt. Siehe jedoch weiter oben die Einschätzung solcher Berechnungen über „virtuelle Tote“. Allerdings ist dies nichts anderes, als uns sonst durch „Umweltschützer“, Politiker und Medien vorgesetzt wird. Nach dieser Rechnung ergibt sich ein Schaden von über 12 Milliarden Dollar jährlich durch die Zwangsabschaltungen (nur) der Phase 1 des „Atomausstiegs“. Was die Leistung der verbliebenen (größeren) Kernkraftwerke bis 2022 betrifft, wird der Gesamtschaden mehr als doppelt so groß sein. Etwaige Kosten für den „Netzausbau“, Ersatzinvestitionen etc. sind dabei noch gar nicht berücksichtigt.

Anmerkung

Diese Studie hat zumindest immense politische Bedeutung. Seit Jahren ertragen wird die irrsinnigsten Zahlen über die „wahren“ Kosten der Kernenergie.

Obwohl überall auf der Welt Kernenergie die geringsten Kosten der Stromerzeugung vorweist – und deshalb auch weiterhin in Kernkraftwerke investiert wird – lassen wir uns durch neomarxistische Ansätze über „externe Kosten“ ins Bockshorn jagen. Schön, wenn man einmal den Spieß umdreht. Es wird eine Freude sein, zu sehen wie die einschlägigen Verfechter der „Großen Transformation“ von DIW, Ökoinstitut, Fraunhofer, Agora, Umwelthilfe etc. diese 12 Milliarden jährlich allein durch die erste Phase des „Atomausstiegs“ in Frage stellen werden. Mögen sie ihre Excel-Tabellen zum rauchen bringen. Es wird sie nicht von ihrem Dilemma erlösen: Entweder sind die Zahlen hier falsch, dann sind aber auch alle ihre Studien zur „Energiewende“ falsch oder sie verteidigen ihre Methoden als richtig, dann geben sie damit endlich zu, daß der „Atomausstieg“ ein schwerer Fehler war.

Der Beitrag erschien zuerst bei NUKEKLAUS [hier](#)