

## 27. Fünf Energiepläne für England

Wenn wir von unserer Sucht nach fossilen Brennstoffen loskommen wollen, brauchen wir einen Plan für unser grundsätzliches Vorgehen. Und der Plan muss aufgehen. Ein Plan braucht zudem ein politisches und ein finanzielles Konzept. Politik und Ökonomie sind nicht Bestandteil dieses Buches, deshalb beschreibe ich hier nur, wie die technische Seite eines Plans, der aufgeht, aussehen könnte.

Das sind meine Pläne, die aufgehen. In diesem Kapitel beschreibe ich fünf solche Pläne. Nehmen Sie bitte nicht einen dieser Pläne als „die vom Autor empfohlene Lösung“ heraus. Meine einzige Empfehlung ist

*Stellen Sie sicher, dass Ihre Politik einen Plan enthält, der aufgeht!*

Jeder Plan hat eine Verbrauchsseite und eine Produktionsseite: Wir müssen festlegen, wie viel Energie unser Land verbrauchen wird, und wie diese Energie produziert werden muss. Damit die Pläne nicht so viele Seiten lang werden, lege ich wieder das vereinfachte England zu Grunde, in dem Energie nur auf drei Arten verbraucht wird: Transport, Heizung und Elektrizität. Das ist eine drastische Vereinfachung, die Industrie, Landwirtschaft, Nahrung, Importe usw. vernachlässigt. Doch ich hoffe, es ist eine hilfreiche Vereinfachung, die uns erlaubt, alternative Pläne zu vergleichen und voneinander abzugrenzen innerhalb einer Minute. Beizeiten werden wir einen detaillierteren Plan brauchen, doch heute sind wir so weit von unserem Ziel entfernt, dass ich denke, eine vereinfachte Skizze ist der einfachste Weg, die Angelegenheiten zu erfassen.

Ich werde ein paar Pläne präsentieren, von denen ich denke, sie wären für England bis 2050 technisch machbar. Alle werden dieselbe Verbrauchsseite aufweisen. Ich betone nochmals, dass das nicht bedeutet, ich hielte dies für den korrekten Plan des Verbrauchs, oder für den einzigen Plan. Ich will Sie andererseits nicht mit einer ganzen Serie von Plänen überschütten. Nur auf der Produktionsseite beschreibe ich eine Bandbreite von Plänen, die einen unterschiedlichen Energiemix aus Erneuerbaren, „Clean Coal“ und Kernkraft haben.

### Die derzeitige Situation

Die Ausgangssituation unseres vereinfachten Englands ist die folgende: Transport (von Menschen und Waren) braucht 40 kWh/d pro Person. Das meiste dieser Energie wird derzeit als Benzin, Diesel oder Kerosin konsumiert. Heizen (Luft- und Wassererwärmung) benötigt 40 kWh/d pro Person. Ein Großteil dieser Energie ist durch Erdgas abgedeckt. Die bereitgestellte Elektrizität beträgt 18 kWh/d/p und benutzt Brennstoff (hauptsächlich Kohle, Gas und Atomkraft) mit einem Energiegehalt von 45 kWh/d/p. Die übrigen 27 kWh/d/p gehen über die Kühltürme (25 kWh/d/p) oder bei der Übertragung im Netz (2 kWh/d/p) verloren. Der gesamte Energie-Input in diesem „heutigen vereinfachten England“ ist 125 kWh/d pro Person.

### Gemeinsame Punkte in allen fünf Plänen

In meinem zukünftigen vereinfachten England ist der Energieverbrauch reduziert durch den Einsatz effizienterer Technologien beim Transport und beim Heizen. In allen fünf Plänen für die Zukunft ist der Transport weitgehend elektrifiziert. Elektrische Motoren sind effizienter als Benzinmotoren, deshalb ist die für den Transport benötigte

Energie reduziert. Öffentliche Transportmittel (ebenfalls weitgehend elektrifiziert) sind

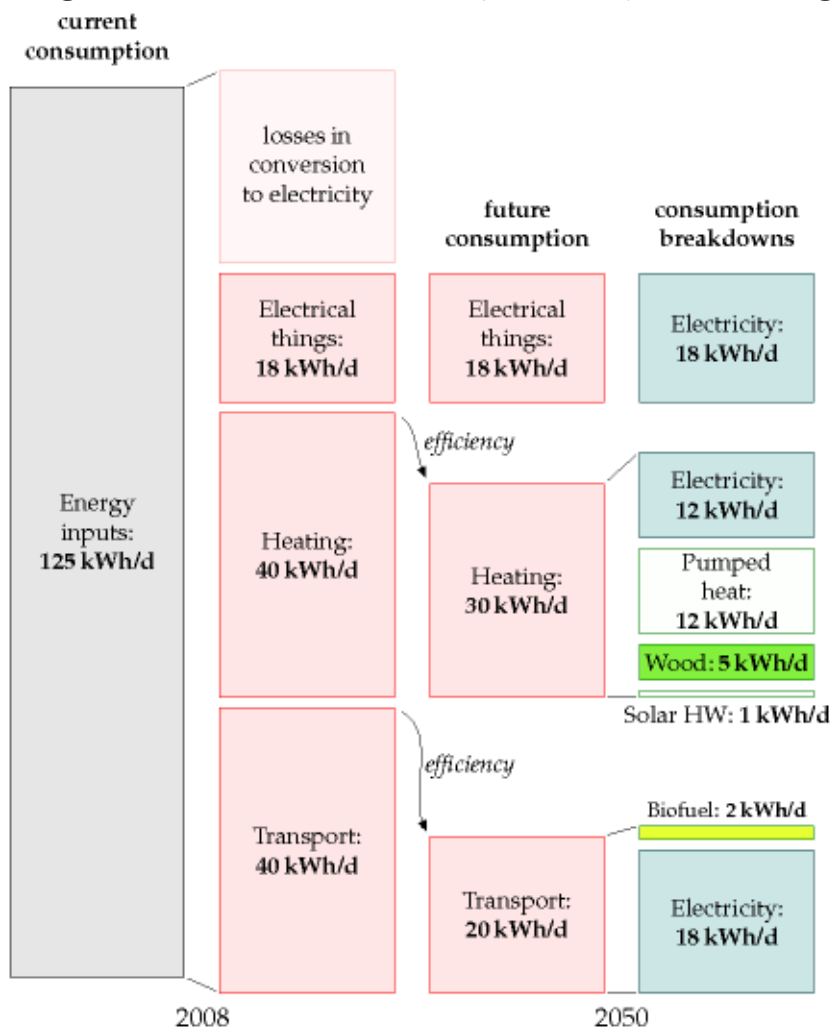


Fig.27.1: Derzeitiger Verbrauch im „vereinfachten England 2008“ (die linken beiden Spalten) und der geplante zukünftige Verbrauch mit einer Unterteilung nach Brennstoffen (die rechten beiden Spalten). Dieser Plan erfordert, dass die Elektrizitätsversorgung von 18 auf 48 kWh/d/p erhöht wird.

besser integriert, besser personalisiert und besser geregelt. Ich habe angenommen, dass die Elektrifizierung den Transport etwa viermal effizienter macht und dass Wachstum einige dieser Einsparungen wieder wettmacht, so dass der Nettoeffekt eine Halbierung des Energieverbrauchs im Transportsektor ist. Es gibt einige essentielle Fahrzeuge, die nicht so einfach elektrifiziert werden können, und für diese machen wir uns unseren eigenen Flüssigtreibstoff (beispielsweise Biodiesel oder Biomethanol oder Zellulose-Bioethanol). Die für den Transport benötigte Energie ist dann 18 kWh/d/p an Elektrizität und 2 kWh/d/p Flüssigtreibstoff. Die Batterien der Elektrofahrzeuge dienen als Energiespeicher um eventuelle Fluktuationen in Versorgung und Verbrauch auszugleichen. Die zur Biotreibstoff-Herstellung erforderliche Landfläche ist etwa 12 % von England (500 m<sup>2</sup> pro Person), unter der Annahme dass der Biotreibstoff von 1%-effizienten Pflanzen kommt und die Treibstoffgewinnung aus den Pflanzen 33% effizient ist. Alternativ könnte Biotreibstoff auch importiert werden, wenn wir andere Länder dazu überreden könnten, die entsprechenden landwirtschaftlichen Flächen (etwa in der Größe von Wales) unseren Biotreibstoffen zu widmen.

In allen fünf Plänen ist der Energieverbrauch für das Heizen reduziert durch Ausbau der Gebäudedämmung und durch intelligentere Kontrolle der Innentemperatur (durch Thermostate, Erziehung, und Promotion durch sexy VIPs, die Rollkragenpullover tragen). Neue Gebäude (ab Baujahr 2010) sind wirklich gut isoliert und benötigen fast keine Raumheizung. Alte Gebäude (die auch 2050 noch in der Überzahl sind) sind

hauptsächlich durch Luft- und Erdwärmepumpen beheizt. Ein Anteil der Wassererwärmung erfolgt mit Solarkollektoren (2,5 m<sup>2</sup> auf jedem Haus), ein Anteil mit Wärmepumpen und ein Anteil mit Strom. Einige Gebäude nahe am Wald oder an Energiepflanzen-Plantagen werden mit Biomasse beheizt. Die zum Heizen erforderliche Energie ist dadurch reduziert von 40 kWh/d/p auf 12 kWh/d/p Elektrizität, 1kWh/d/p Solarthermie und 5 kWh/d/p Brennholz.

Das Holz für die Heizung (oder möglicherweise Kraft-Wärme-Kopplung) kommt aus nahegelegenen Wäldern oder Energiepflanzen (vielleicht Miscanthus, Weide oder Pappel) die eine gesamte Landfläche von 30.000 km<sup>2</sup> (500 m<sup>2</sup> pro Person) überziehen. Das sind 18% der gesamten Landwirtschaftsfläche Englands, die 2800 m<sup>2</sup> pro Person beträgt. Die Energiepflanzen werden hauptsächlich auf minderwertigen Böden angebaut und überlassen höherwertige Böden dem Anbau von Nahrungsmitteln. Jeder 500 m<sup>2</sup>-Anteil liefert jährlich 0,5 Tonnen ofentrockenes Holz, das einen Energiegehalt von etwa 7 kWh/d hat. Von dieser Energie gehen etwa 70% im Prozess der Wärmeerzeugung und - Lieferung verloren. Die letztlich nutzbare Wärme ist 5 kWh/d pro Person.

In diesen Plänen nehme ich an, dass der gegenwärtige Elektrizitätsbedarf für Geräte, Licht etc. bestehen bleibt. Wir brauchen dafür also weiterhin 18 kWh(el)/d/p als Strom. Ja, die Beleuchtungs-Effizienz ist durch die Umstellung auf Leuchtdioden verbessert, und auch viele andere Apparate werden effizienter werden, doch dank der Segnungen des Wirtschaftswachstums werden wir eine wachsende Anzahl von Geräten in unserem täglichen Leben haben - vielleicht Videokonferenz-Systeme, die uns helfen, weniger zu reisen.

Der gesamte Elektrizitätsbedarf geht nach diesen Plänen *hoch* (wegen der 18 kWh/d/p für Transport und der 12 kWh/d/p für Wärmepumpen), auf 48 kWh/d/p (oder 120 GW national). Das ist nahezu eine Verdreifachung des britischen Strombedarfs. Woher kommt diese Energie?

Lassen Sie mich einige Alternativen beschreiben. Nicht alle davon sind „nachhaltig“ nach der Definition dieses Buches, aber alle sind CO<sub>2</sub>-neutral.

## **Große Mengen Elektrizität erzeugen – die Komponenten**

Um große Mengen Elektrizität zu erzeugen, benutzt jeder dieser Pläne einen Anteil an on-shore und off-shore Windkraft, etwas Photovoltaik, möglicherweise etwas Solarenergie aus der Wüste, Müllverbrennung (Hausmüll und landwirtschaftliche Abfälle), Wasserkraft (in demselben Umfang wie heute), vielleicht Wellenenergie, Gezeitenkraftwerke (auch Tidenlagunen und Tidenstromgeneratoren), vielleicht Kernenergie, und vielleicht fossile Brennstoffe mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung. Jeder Plan zielt auf eine mittlere Produktion von 50 kWh/d/p ab – diesen Wert erhalte ich durch Aufrunden des Bedarfs von 48 kWh/d/p und erlaube damit auch Verluste im Verteilernetz.

Einige der folgenden Pläne werden Energie aus andern Ländern importieren. Zum Vergleich ist es hilfreich, unsere derzeitigen Importquoten zu kennen. Die Antwort ist, dass im Jahr 2006 Großbritannien 28 kWh/d/p Brennstoffe importierte – 23% des Primärenergiebedarfs. Diese Importe werden dominiert von Kohle (18 kWh/d/p), Rohöl (18 kWh/d/p) und Erdgas (6 kWh/d/p). Nuklearbrennstoff (Uran) wird gewöhnlich nicht als Energieimport gewertet, weil er leicht lagerbar ist.

In allen fünf Plänen nehme ich an, dass wir die Müllverbrennung so hochskalieren, dass fast der gesamte brennbare Abfall recycled statt deponiert wird. Verbrennen von 1 kg Müll pro Tag pro Person erzeugt grob 0,5 kWh/d/p Elektrizität. Ich werde annehmen, dass eine ähnliche Menge landwirtschaftlicher Abfall ebenfalls verbrannt werden kann und 0,6 kWh/d/p liefert. Diesen Müll zu verbrennen erfordert etwa 3 GW

Müllverbrennungs-Kraftwerksleistung, eine Verzehnfachung der installierten Leistung von 2008 (Fig.27.2). London (7 Millionen Einwohner) hätte dann zwölf 30-MW-Müllverbrennungsanlagen wie das SELCHP-Kraftwerk in Süd-London (siehe Seite 307). Birmingham (1 Million) hätte zwei davon. Jede Stadt mit 200.000 Einwohnern hätte eine 10-MW-Müllverbrennungsanlage. Etwaige Ängste, dass Müllverbrennung in dieser Größenordnung schwierig, schmutzig oder gefährlich wäre, sollten durch Fig.27.3 ausgeräumt werden, die zeigt, dass viele Länder Europas viel mehr Müll pro Person verbrennen als England; diese verbrennungsliebenden Länder schließen Deutschland, Schweden, Dänemark, Holland und die Schweiz ein – keine Länder, die man gemeinhin mit Hygiene-problemen in Verbindung bringt. Ein positiver Nebeneffekt der Müllverbrennung ist, dass sie zukünftige Methanfreisetzungen aus Mülldeponien vermeidet.

In allen fünf Plänen trägt Wasserkraft 0,2 kWh/d/p bei, genau wie heute.

Elektrofahrzeuge werden als dynamisch anpassungsfähige Last im Stromnetz benutzt. Die mittlere zum Laden der Elektroautos erforderliche Leistung ist 45 GW (18 kWh/d/p). Fluktuationen in den Erneuerbaren (Solar und Wind) können ausgeglichen werden, indem man diese Last entsprechend hoch- und runterdreht, so lange die Fluktuationen nicht zu groß oder zu langanhaltend sind. Die täglichen Schwankungen des Bedarfs werden höher sein als heute, weil Elektrizität das Gas beim Kochen und Heizen ersetzt (siehe Fig.26.6). Um sicherzustellen, dass Wellen im Verbrauch von 10 GW über 5 Stunden Dauer ausgeglichen werden können, sehen alle fünf Pläne den Bau von fünf neuen Pumpspeicherwerken vergleichbar mit Dinorwig vor

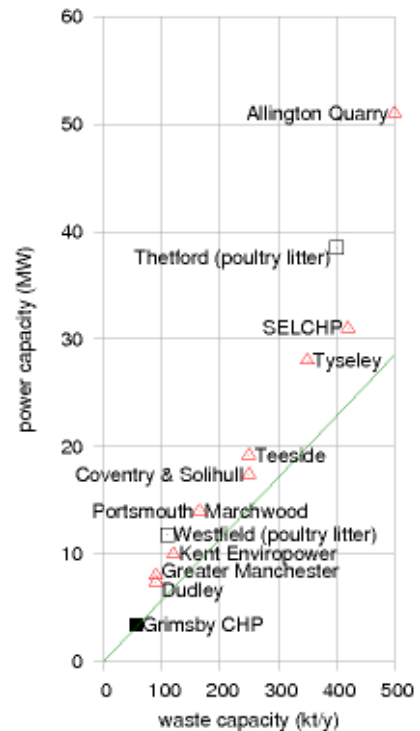


Fig.27.2: Müllverbrennungsanlagen in England. Die Linie zeigt die mittlere Leistung bei Annahme von 1 kg Müll → 0,5 kWh Elektrizität

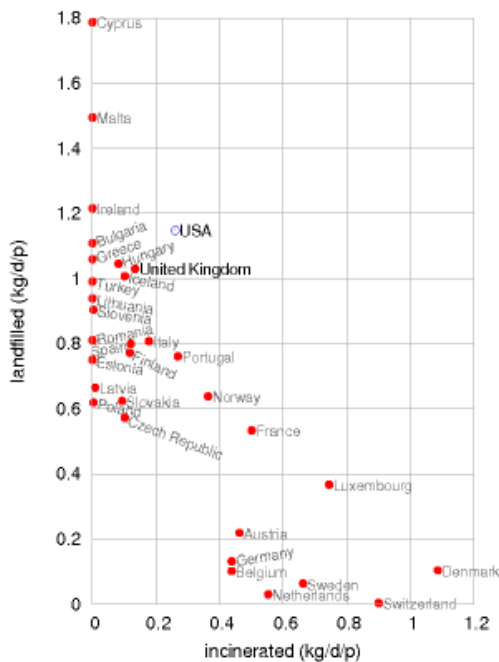
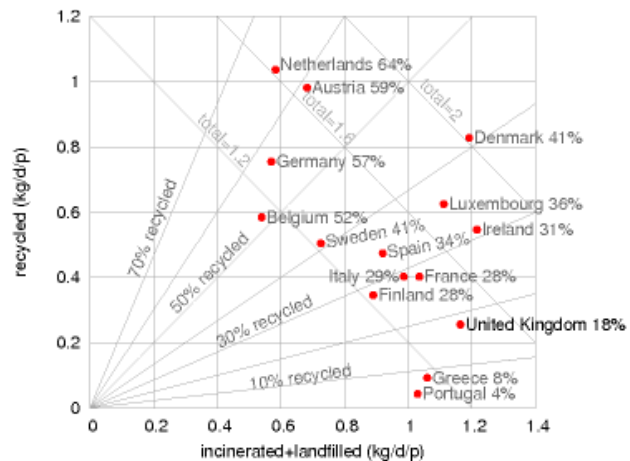


Fig.27.3: Links: Auf Deponien entsorgter Hausmüll vs. Müllverbrennung, in kg pro Tag pro Person, nach Ländern. Rechts: Recycelter Müll vs. verbrannter oder deponierter Müll. Die Recyclingquote in % ist neben jedem Landesnamen angegeben.



(oder den äquivalenten Ausbau bestehender Wasserkraftwerke auf Pumpspeicherbetrieb). 50 GWh Speicherkapazität entspricht fünf Dinorwigs, jedes mit einer Nennleistung von 2GW. Einige der folgenden Pläne werden darüber hinaus noch weitere Pumpspeicherwerke erforderlich machen. Für zusätzliche Netzsicherheit würde jeder Plan eine Verbindungsleitung nach Norwegen mit 2 GW Kapazität vorsehen.

## Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan D

Plan D (D steht für „domestic diversity“ – heimische Vielfalt) benutzt eine Menge von jeder heimisch verfügbaren Elektrizitätsressource, und hängt relativ wenig von der Unterstützung aus anderen Ländern ab.

Und so kommt nach Plan D die Elektrizität von 50 kWh/d/p zusammen. Wind: 8kWh/d/p (20 GW im Mittel, 66 GW Spitze) (dazu etwa 400 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 3 kWh/d/p. Müllverbrennung: 1,3 kWh/d/p<sup>35</sup>. Wasserkraft: 0,2 kWh/d/p. Wellen: 2 kWh/d/p. Gezeiten: 3,7 kWh/d/p. Kernkraft: 16 kWh/d/p (40 GW). „Clean Coal“: 16 kWh/d/p (40 GW).

Für die 8 kWh/d/p Wind braucht man 30mal mehr als die in 2008 installierte Leistung. England hätte dann nahezu dreimal mehr Windkraft als Deutschland heute hat. Diese Windleistung off-shore in einem Zeitraum von 10 Jahren zu installieren erfordert etwa 50 Jackup-Bargen.

3 kWh/d/p von PV-Modulen zu beziehen benötigt 6 m<sup>2</sup> 20%-effiziente Module pro Person. Die meisten Süddächer wären damit komplett mit Modulen bedeckt; alternativ könnte es ökonomischer sein und weniger Stress mit dem „Verein zur Erhaltung alter Häuser“ geben, viele dieser Module auf die traditionelle bayrische Art in die Landschaft zu setzen (Fig.6.7, Seite 45).

Die Müllverbrennung entspricht 1 kg pro Tag pro Person an Hausmüll (0,5 kWh/d/p) und eine ähnliche Menge von landwirtschaftlichem Abfall (0,6 kWh/d/p); die Wasserkraft liegt mit 0,2 kWh/d/p auf demselben Wert wie heute.

Die Wellenenergie erfordert 16.000 Pelamis Hochsee-Wellengeneratoren, die 830 km der Atlantikküste besetzen (siehe die Karte in Fig.12.1 auf Seite 82)

Die Gezeitenkraft kommt von 5 GW Tidenstromgeneratoren, einem 2 GW Severn-Wehr und 2,5 GW Tidenlagunen, die wir auch als Pumpspeicher benutzen können.

Um 16 kWh/d/p Kernkraft zu erzeugen, ist 40 GW AKW-Leistung erforderlich, was etwa eine Vervielfachung des Anlagenbestandes von 2007 bedeutet. Würden wir 16 kWh/d/p Atomstrom produzieren, lägen wir zwischen Belgien, Finnland, Frankreich und Schweden, nach pro-Kopf-Produktion gemessen: Belgien und Finnland liegen bei 12 kWh/d/p, Frankreich und Schweden bei 19 kWh/d/p bzw. 20 kWh/d/p.

Um 16 kWh/d/p an „Clean Coal“ (40 GW) zu erhalten, müssten wir unsere bestehenden Kohlekraftwerke nehmen, die derzeit etwa 30 GW liefern, sie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidern nachrüsten, was ihre Leistung auf 22 GW reduziert, und dazu 18 neue „Clean“-Kohlekraftwerke bauen. Dieser Anteil an Kohleenergie erfordert einen Energie-Input von etwa 53 kWh/d/p Kohle, der etwas über dem liegt, was wir derzeit an *allen* fossilen Brennstoffen in Kraftwerken verstromen, und weit über dem, was wir in Kapitel 23 als „nachhaltig“ abgeschätzt hatten. Diese Rate des Kohleverbrauchs ist etwa dreimal



Fig.27.4: Plan D

<sup>35</sup> Tippfehler: 1,1 kWh ??

die Rate des gegenwärtigen Kohleimports (18 kWh/d/p). Wenn wir nicht britische Kohlebergwerke wiedereröffnen, wären in diesem Plan 32% der britischen Elektrizität<sup>36</sup> von importierter Kohle abhängig. Wiedereröffnete britische Kohleminen könnten etwa 8 kWh/d/p beitragen, also wäre in jedem Fall England nicht autark in Sachen Kohle.

Kommen Ihnen irgendwelche Punkte dieses Plans unvernünftig oder unzulässig vor? Wenn ja, findet vielleicht einer der nächsten Pläne Ihre Zustimmung.

## Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan N

Plan N ist der „NIMBY“-Plan<sup>37</sup>, für Leute, die die englische Landschaft nicht mit Erneuerbare-Energie-Anlagen industrialisieren wollen und auch keine neuen Atomkraftwerke wollen.

Zuerst drehen wir alle Stellschrauben für Erneuerbare zurück von den hohen Einstellungen aus Plan D. Wind 2 kWh/d/p (5 GW im Mittel), Photovoltaik: 0, Wellen: 0, Gezeiten: 1 kWh/d/p.

Wir verlieren so 14 kWh/d/p (35 GW national) gegenüber Plan D. (Verstehen wir uns nicht falsch: Wind ist immer noch achtmal über dem Niveau von 2008.)

Im NIMBY-Plan reduzieren wir auch den nuklearen Anteil auf 10 kWh/d/p (25 GW) – eine Reduktion von 15 GW gegenüber Plan D, doch immer noch eine substantielle Erhöhung gegenüber dem heutigen Niveau. Diese 25 GW Atomkraft könnte man, vermute ich, in die bestehenden Anlagenflächen quetschen, um Neubauten in irgendjemandes Hinterhöfen zu vermeiden. Den Clean-Coal Anteil belasse ich bei 15 kWh/d/p (40 GW), dem Wert aus Plan D, ebenso bleiben Wasserkraft und Müllverbrennung auf dem Wert aus Plan D.

Wo können wir die fehlenden 50 GW heranschaffen? Der NIMBY sagt „Nicht in meinem Hinterhof, sondern in dem eines anderen.“ Darum bezahlt der NIMBY Plan andere Länder für den Import von Solarenergie aus ihren Wüsten im Umfang von 20 kWh/d/p (50 GW).

Dieser Plan erfordert die Errichtung von 5 Blobs, jeder so groß wie London (44 km Durchmesser), in der nordafrikanischen Wüste, ausgefüllt mit Solarkraftwerken. Er erfordert zudem Übertragungssysteme, um eine elektrische Leistung von 50 GW von dort nach England zu schaffen. Die heutige Hochspannungsleitung nach Frankreich kann 2 GW liefern. Der Plan erfordert also eine 25fach höhere Kapazität dieser Stromverbindung. (Oder eine äquivalente Lösung des Energietransports – vielleicht Schiffe gefüllt mit Methanol oder Boron, die zwischen der Wüstenküste und England verkehren.)

Weil es weniger Windkraft gibt, braucht England auch nicht die zusätzlichen Pumpspeicher bauen, die in Plan D erwähnt wurden. Doch wegen der Abhängigkeit vom Sonnenschein braucht es dennoch Speichersysteme, um die Schwankungen der Sonneneinstrahlung auszugleichen. Flüssigsalzspeicher an den Solarkraftwerken sind eine Option. Auch bei Pumpspeicherwerken in den Alpen könnte man anfragen. Eine andere Option ist die Umwandlung der Energie in speicherbaren Treibstoff wie etwa Methanol, wobei die Umwandlung Verluste beinhaltet und daher entsprechend mehr Solarkraftwerke erfordert.

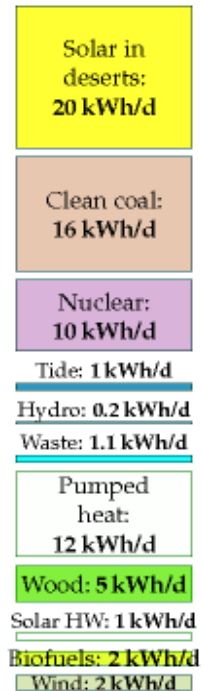


Fig.27.5: Plan N

<sup>36</sup> Wobei hier als Vergleichsbasis nur die Haushalts-Elektrizität, nicht die zusätzlich für Heizen und Transport geplante angenommen worden sein dürfte ??!

<sup>37</sup> NIMBY steht für Not In My BackYard, nicht in meinem Hinterhof

Dieser Plan enthält einen Importanteil von  $32\% + 40\% = 72\%$  für die englische Elektrizität.

## Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan L

Manche sagen: „Wir wollen keine Atomkraft!“ Wie können wir die zufrieden stellen? Vielleicht sollte es der Job der Atomkraftgegner-Liga sein, die NIMBY-Liga davon zu überzeugen, sich schlussendlich doch die Erneuerbaren in ihrem Hinterhof zu wünschen.

Wir können einen kernenergiefreien Plan erhalten, indem wir aus Plan D all die Erneuerbaren übernehmen und die Kernkraft eins-zu-eins durch Wüsten-Solarstrom ersetzen. Wie in Plan N erfordert das einen riesigen Zuwachs an Leitungskapazität zwischen Nordafrika und England, die Festlandverbindung Englands müsste von 2GW auf mindestens 40GW ausgebaut werden.

Hier die Übersicht, woher Plan L die 50 kWh/d/p Elektrizität bezieht. Wind: 8kWh/d/p (20 GW im Mittel) (dazu etwa 400 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 3 kWh/d/p. Müllverbrennung und Wasserkraft: 1,3 kWh/d/p. Wellen: 2 kWh/d/p. Gezeiten: 3,7 kWh/d/p. „Clean Coal“: 16 kWh/d/p (40 GW). Solarkraft aus Wüstengebieten: 16 kWh/d/p (40 GW).

Dieser Plan importiert 64% der englischen Elektrizität aus anderen Ländern.

Ich nenne diesen Plan „L“, weil er ziemlich gut mit der Politik der Liberalen Demokraten in England übereinstimmt – zumindest als ich dieses Kapitel ursprünglich schrieb, Mitte 2007. Aktuell reden sie über „reale Energie-Unabhängigkeit für England“, und haben eine CO<sub>2</sub>-Vermeidungspolitik ausgegeben, unter der England ein Netto-Energie-Exporteur sein soll; ihre Politik geht nicht im Einzelnen darauf ein, wie diese Ziele erreicht werden sollen.

## Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan G

Einige Menschen sagen: „Wir wollen keine Atomkraft *und* wir wollen keine Kohlekraftwerke mehr!“ Das klingt nach einem erstrebenswerten Ziel, doch brauchen wir einen Plan, der das leisten kann. Ich nenne ihn Plan „G“, weil ich vermute, dass die Grüne Partei Englands weder Atom noch Kohle will, obwohl ich annehme, dass nicht alle Grünen dem Rest meines Planes zustimmen würden. Auch Greenpeace liebt, wie ich weiß, Wind, darum ist dieser Plan auch ihnen gewidmet, denn er hat eine Menge Wind.

Ich forme Plan G wiederum aus dem Anfangsszenario des Plan D heraus, erhöhe den Wellenanteil um 1 kWh/d/p (indem ich Geld in die Wellenforschung pumpe und die Effizienz des Pelamis Konverters erhöhe) und blase die Windkraft um einen Faktor 4 auf (relativ zu Plan D) auf 32 kWh/d/p, so dass Windkraft 64% der benötigten Elektrizität liefern kann. Das ist eine 120fache Erhöhung der britischen Windkraft über den momentanen Level. Unter diesem Plan wird die weltweite Windkraft vervierfacht und all der Zuwachs auf und um die britischen Inseln stationiert.



Fig.27.6: Plan L

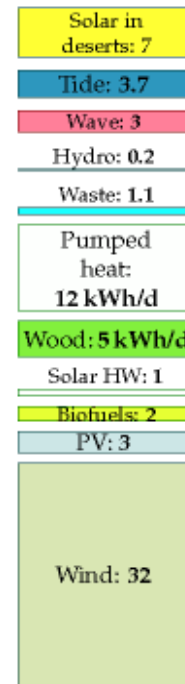


Fig.27.7: Plan G

Diese immense Abhängigkeit des Plans G von Erneuerbaren, insbesondere von Wind, führt zu Schwierigkeiten für unsere geplante Methode, das Stromnetz stabil zu halten, nämlich die Laderate für Millionen von Akkus für Elektrofahrzeuge anzupassen. In Plan G müssen wir deshalb umfangreiche zusätzliche Pumpspeicherwerke einschließen, die Windschwankungen auf einer Zeitskala von Tagen überbrücken können. Pumpspeicher-Potenzial im Umfang von 400 Dinorwigs könnte die gesamte Windenergie im Falle einer landesweiten Flaute von 2 Tagen substituieren. Etwa hundert der größten britischen Seen und Lochs wären für das erforderliche Speichervolumen nötig.

Nach Plan G spaltet sich die Energieproduktion folgendermaßen auf: Wind 32 kWh/d/p (80 GW im Mittel) (dazu etwa 4000 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 3 kWh/d/p. Müllverbrennung und Wasserkraft: 1,3 kWh/d/p. Wellen: 3 kWh/d/p. Gezeiten: 3,7 kWh/d/p. Solarkraft aus Wüstengebieten: 7 kWh/d/p (17 GW).

Dieser Plan erhält 14% seiner Elektrizität aus anderen Ländern.

## Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan E

E steht für „Economy“ – Wirtschaftlichkeit. Dieser fünfte Plan ist eine grobe Abschätzung, wie die Dinge sich in einem liberalisierten Energiemarkt mit hohen CO<sub>2</sub>-Abgaben entwickeln werden. Wird um die Preisökonomie gespielt, mit einem starken Preissignal, CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu vermeiden, erwarten wir keine breitgefächerte Lösungsvielfalt mit einem weiten Bereich von Energiekosten, sondern eine gewinnoptimale Lösung, die die erforderliche Energie zum niedrigsten Preis bereitstellt. Und wenn „Clean Coal“ und Kernkraft Kopf an Kopf als Preiskonkurrenten antreten, gewinnt die Kernkraft. (Ingenieure an einem englischen „schmutzigen“ Kohlekraftwerk erklärten mir, dass dort die Kapitalkosten bei etwa 1 Milliarde € pro GW lägen, etwa so wie bei AKWs; doch die Kapitalkosten für „Clean Coal“ einschließlich der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung bei etwa 2 Milliarden €.) Ich nahm an, dass die Solarenergie in der Wüste den Kostenwettbewerb wegen der erforderlichen 2000 km Leitungslänge ebenfalls verliert (obwohl van Voorthuysen (2008) berechnete, dass nobelpreiswürdige Entwicklungen im Bereich der solarbetriebenen Herstellung von chemischen Brennstoffen die Solarkraftwerke in den Wüsten ökonomisch mit Kernkraft gleichziehen lassen könnten). Off-Shore Wind verliert ebenfalls gegen Kernkraft, doch nahm ich an, dass on-shore Wind kostenmäßig mit der Kernkraft mithalten kann.



Fig.27.4: Plan D

Und so erhält man nach Plan E die erforderlichen 50 kWh/d/p: Wind: 4 kWh/d/p (10 GW im Mittel). Photovoltaik: 0. Müllverbrennung und Wasserkraft: 1,3 kWh/d/p. Wellen: 0. Gezeiten: 0,7 kWh/d/p. Und Kernkraft: 44 kWh/d/p (110 GW).

Dieser Plan beinhaltet eine Verzehnfachung unserer AKW-Leistung gegenüber 2007. England hätte dann 110 GW, etwa das doppelte des in Frankreich bestehenden Potenzials. Ich habe etwas Gezeitenkraft eingeschlossen, weil ich denke, dass eine gut geplante Tidenlagune mit Kernkraft konkurrenzfähig sein könnte.

Im Rahmen dieses Plans hat England keine Energieimporte (mit Ausnahme von Uran, das, wie oben erläutert, normalerweise nicht zu den Importen gerechnet wird.)

Fig:27.9 zeigt alle fünf Pläne im Vergleich.



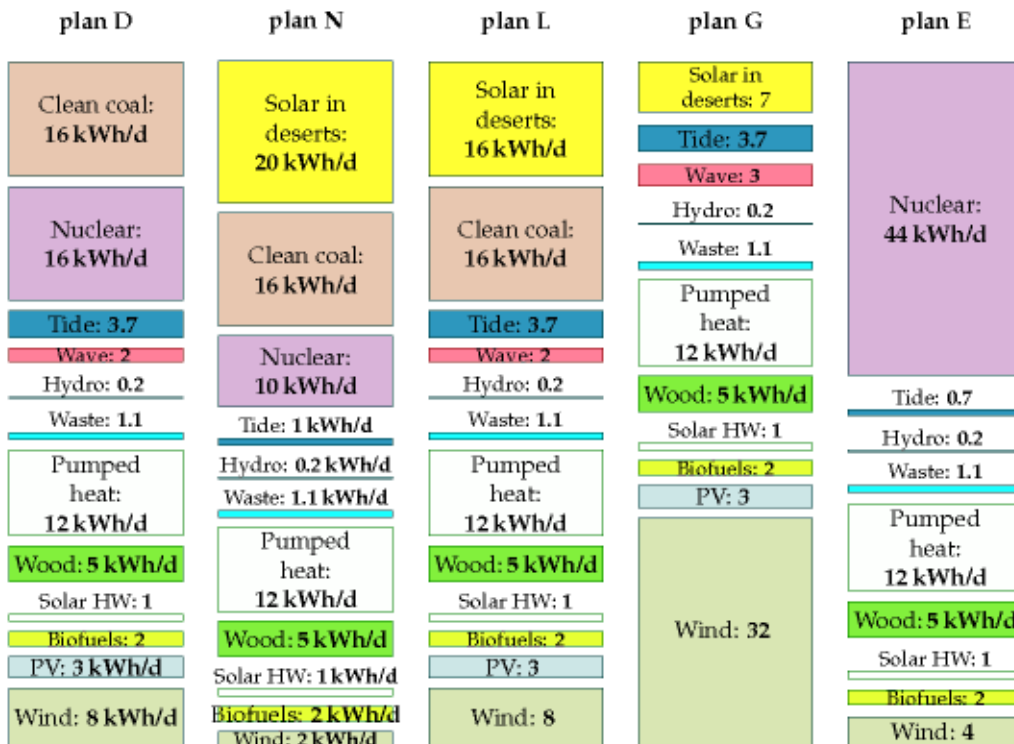


Fig.27.9: Alle fünf Pläne

## Wie diese Pläne zu CO<sub>2</sub>-Saugen und Flugverkehr stehen

In einer zukünftigen Welt, in der CO<sub>2</sub>-Verschmutzung genügend teuer ist, um katastrophale Klimaveränderungen zu verhindern, wird es Interesse an Anlagen geben, die zu niedrigen Kosten CO<sub>2</sub> aus der Luft saugen und in einem Loch im Boden speichern können. Solche CO<sub>2</sub>-Neutralisierungsanlagen könnten uns erlauben, im Umfang von 2004 mit weiterhin erdölbetriebenen Flugzeugen zu fliegen. Im Jahr 2004 waren die britischen Emissionen an CO<sub>2</sub> aus dem Flugverkehr 0,5 t CO<sub>2</sub> pro Jahr pro Person. Wenn man den gesamten Treibhauseffekt berücksichtigt, entspricht das vielleicht 1 t CO<sub>2</sub>e pro Jahr pro Person (1 t CO<sub>2</sub>e steht – wir erinnern uns – für Treibhausgas-Emissionen äquivalent zu einer Tonne CO<sub>2</sub>). In allen fünf Plänen habe ich angenommen, dass ein Achtel Englands der Produktion von Energiepflanzen gewidmet wäre, die dann zum Heizen oder in KWK-Anlagen benutzt werden. Würden wir diese Pflanzen statt dessen in Kraftwerke mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung umleiten – die „Clean Coal“ Kraftwerke, die wir schon in dreien der Pläne erwähnten – würde das dadurch zusätzlich eingefangene CO<sub>2</sub> etwa 1 t CO<sub>2</sub> pro Jahr pro Person betragen. Wenn auch die Müllverbrennungsanlagen (für Hausmüll und landwirtschaftlichen Müll) bei den „Clean Coal“-Kraftwerken platziert werden, so dass sie deren CO<sub>2</sub>-Abscheider mitbenutzen können, könnte der Einfang auf etwa 2 t CO<sub>2</sub> pro Jahr pro Person gesteigert werden. Diese Anordnung hätte zusätzliche Kosten: Die Biomasse und der Müll müssten weiter transportiert werden, der CO<sub>2</sub>-Abscheidungsprozess würde einen signifikanten Anteil der Energie aus den Pflanzen verbrauchen und die Gebäudeheizung müsste durch noch mehr Luftwärmepumpen gewährleistet werden. Doch wenn CO<sub>2</sub>-Neutralität unser Ziel ist, sollte man vielleicht vorausplanen und versuchen, neue „Clean Coal“ Kraftwerke mit Müllverbrennungsanlagen in Gegenden zu platzieren, die nahe an potenziellen Biomasse-Plantagen liegen.

### „All diese Pläne sind absurd!“

Wenn Sie diese Pläne nicht mögen, überrascht mich das nicht. Ich stimme Ihnen zu, dass in jedem etwas Ungenießbares enthalten ist. Nehmen Sie sich die Freiheit, einen anderen Plan zu machen, der Ihren Wünschen besser entspricht. Stellen Sie aber sicher, dass er auch aufgeht!

Vielleicht ist Ihre Schlussfolgerung, dass ein gangbarer Plan einen geringeren Pro-Kopf-Verbrauch beinhalten soll. Ich könnte dem zustimmen, doch ist das schwer zu verkaufen – erinnern Sie sich an Tony Blairs Antwort (Seite 249) als ihm jemand nahe legte, er solle weniger oft nach Übersee in die Ferien fliegen.

Alternativ könnten Sie folgern, dass wir eine zu hohe Bevölkerungsdichte haben, und dass ein gangbarer Plan weniger Menschen erfordert. Wieder eine Politik, die schwer zu verkaufen sein wird.

### Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

225 **Verbrennen von 1 kg Müll pro Tag pro Person erzeugt grob 0,5 kWh/d/p Elektrizität**  
206 *Incinerating 1 kg of waste yields roughly 0.5 kWh of electricity.* The calorific value of municipal solid waste is about 2.6 kWh per kg; power stations burning waste produce electricity with an efficiency of about 20%. Quelle: SELCHP tour guide.

226 **Fig. 27.3 :** 207 *Figure 27.3.* Daten von Eurostat, [www.epa.gov](http://www.epa.gov), und [www.esrcsocietytoday.ac.uk/ESRCInfoCentre/](http://www.esrcsocietytoday.ac.uk/ESRCInfoCentre/).

229 **Politik der Liberalen Demokraten in England** 210 *The policies of the Liberal Democrats.* Siehe [www.libdems.org.uk](http://www.libdems.org.uk): [5os7dy], [yrw2oo].