

27. Fünf Energiepläne für Deutschland



◦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 Deutschland 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 Deutschland 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 Deutschlands 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 Heizöl und 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-Verbrauch in diesem „heutigen vereinfachten Deutschland“ ist 125 kWh/d pro Person.

Gemeinsame Punkte in allen fünf Plänen

In meinem zukünftigen vereinfachten Deutschland 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

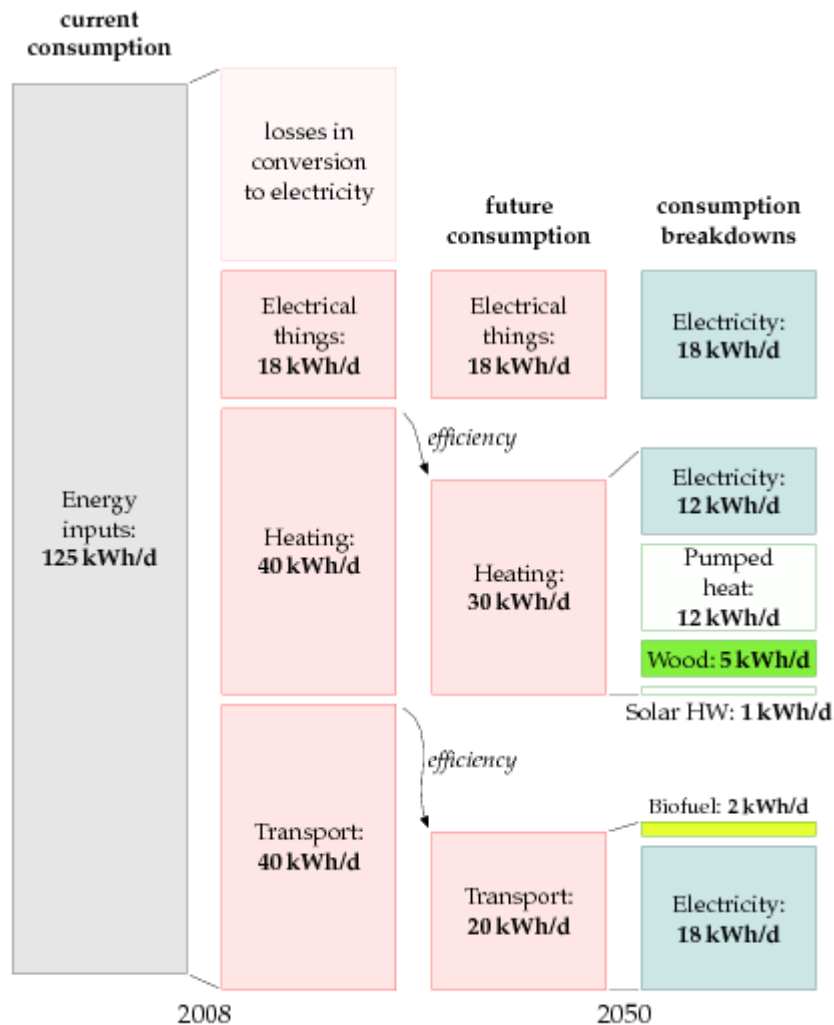


Fig.27.1: Derzeitiger Verbrauch im „vereinfachten Deutschland 2011“ (die linken beiden Spalten) und der geplante zukünftige Verbrauch mit einer Unterteilung nach Brennstoffen (die rechten beiden Spalten). Dieser Plan erfordert, dass die Elektrizitätsversorgung von 18 auf 48 kWh/d/p erhöht wird.

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 Deutschland (500 m² 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 (zweimal die Fläche von Hessen) 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 m² 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 40.000 km² (500 m² pro Person) überziehen. Das sind 22% der gesamten Landwirtschaftsfläche Deutschlands, die 2100 m² pro Person beträgt. Die Energiepflanzen werden hauptsächlich auf minderwertigen Böden angebaut und überlassen höherwertige Böden dem Anbau von Nahrungsmitteln. Jeder 500 m²-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 derzeitigen Strombedarfs. Woher kommt diese Energie?

Lassen Sie mich einige Alternativen beschreiben. Nicht alle davon sind „nachhaltig“ nach der Definition dieses Buches, aber alle sind CO₂-neutral.

Große Mengen Elektrizität erzeugen – die Komponenten

Um große Mengen Elektrizität zu erzeugen, benutzt jeder dieser Pläne einen Anteil an Onshore- und Offshore-Windkraft, etwas Photovoltaik, möglicherweise etwas Solarenergie aus der Wüste, Müllverbrennung (Hausmüll und landwirtschaftliche Abfälle), Wasserkraft (in demselben Umfang wie heute), vielleicht Geothermie, Gezeitenkraftwerke (auch Tidenlagunen und Tidenstromgeneratoren), vielleicht Kernenergie, und vielleicht fossile Brennstoffe mit CO₂-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 2009 Deutschland 92 kWh/d/p Brennstoffe importierte – 74% des

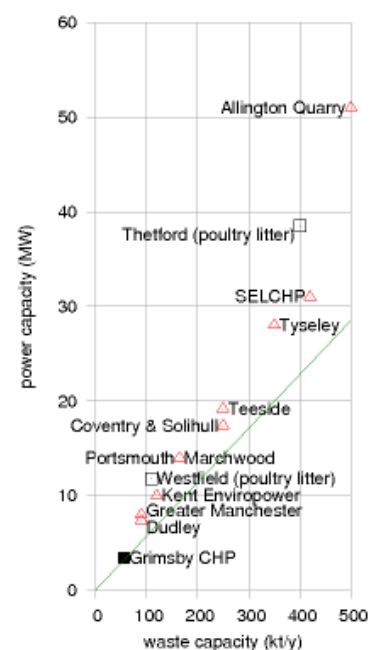


Fig.27.2: Müllverbrennungsanlagen in England. Die Linie zeigt die mittlere Leistung bei Annahme von 1 kg Müll → 0,5 kWh Elektrizität

Primärenergiebedarfs. Diese Importe werden dominiert von Rohöl (45 kWh/d/p), Erdgas (25 kWh/d/p), Nuklearbrennstoff (12 kWh/d/p) und Kohle (9 kWh/d/p).

◦In allen fünf Plänen nehme ich an, dass wir die Müllverbrennung noch ausbauen. 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. ♦Dafür sind etwa 4 GW Müllverbrennungs-Kraftwerksleistung erforderlich, etwa das Doppelte der derzeit in Deutschland installierten Leistung, in unseren Einheiten sind das 1,1 kWh/d/p.

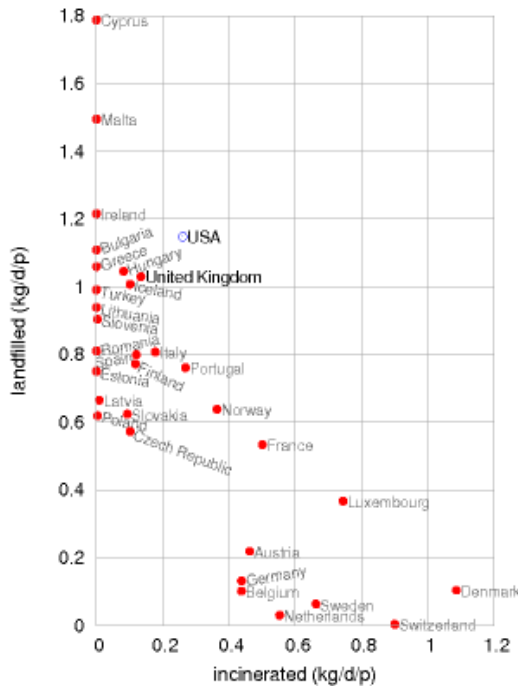
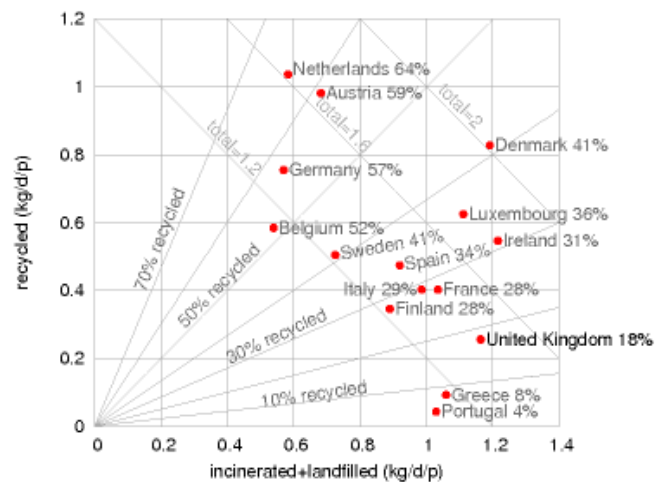


Fig.27.3: Links: Auf Deponien entsorgter Hausmüll vs. Müllverbrennung, in kg pro Tag pro Person, nach Ländern. Rechts: Recycleter Müll vs. verbrannter oder deponierter Müll. Die Recyclingquote in % ist neben jedem Landesnamen angegeben.



In allen fünf Plänen trägt Wasserkraft mindestens 1 kWh/d/p bei, genau wie heute. Manche Pläne bauen dies bis auf das Doppelte aus: 2 kWh/d/p.

◦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 Schwankungen im Verbrauch von 10 GW über 8 Stunden Dauer ausgeglichen werden können, sehen alle fünf Pläne den Bau von zehn neuen Pumpspeicherwerken vergleichbar mit Goldisthal vor (oder den äquivalenten Ausbau bestehender Wasserkraftwerke auf Pumpspeicherbetrieb). 80 GWh Speicherkapazität entspricht zehn Goldisthal-Werken, jedes mit einer Nennleistung von 1GW. Einige der folgenden Pläne werden darüber hinaus noch weitere Pumpspeicherwerke erforderlich machen.

Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan H

◦Plan H (H steht für heimische Vielfalt) benutzt eine Menge von jeder im Lande verfügbaren Elektrizitätsressource, und hängt relativ wenig von der Unterstützung aus anderen Ländern ab.

♦Und so kommt nach Plan H die Elektrizität von 50 kWh/d/p zusammen. Wind: 13 kWh/d/p (44 GW im Mittel, 130 GW Spitze) (dazu etwa 800 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 10 kWh/d/p. Müllverbrennung: 1,1 kWh/d/p. Wasserkraft: 2 kWh/d/p. Geothermie: 1 kWh/d/p. Gezeiten: 1 kWh/d/p. Kernkraft: 5 kWh/d/p (15 GW). „Clean Coal“: 15 kWh/d/p (50 GW).

Die 13 kWh/d/p Wind sind das Fünffache der heute installierten Leistung. Planen wir sie je zur Hälfte in On- und Offshore. Den Offshore-Anteil in einem Zeitraum von 10 Jahren zu installieren erfordert etwa 30 Jackup-Bargen.

10 kWh/d/p von PV-Modulen zu beziehen ist etwas mehr als die dreifache heute installierte Leistung. Maximal 3 kWh/d/p könnten Solardächer beitragen, wenn alle verfügbaren Dachflächen genutzt werden, den Rest erzeugen Freiflächenanlagen, die wir vorrangig im sonnigen Süden Deutschlands aufstellen werden. (Fig.6.7, Seite 44).

◦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); zudem erhalten wir 1,9 kWh/d/p aus Biogasanlagen, das sind 50% mehr als 2010 realisiert war.

♦Auch die Geothermie bauen wir intensiv aus. 700 Erdwärme-Kraftwerke mit je 5 MW an den vielversprechendsten Standorten Deutschlands liefern uns 3,5 GW. Das sind 1 kWh/d/p.

Die Wasserkraft verdoppeln wir gegenüber ihrem derzeitigen Umfang auf 2 kWh/d/p. Alle großen und kleineren Flussläufe sind damit weitestgehend energetisch genutzt.

Die Gezeitenkraft kommt aus den Gezeitensperrwerken am Jadebusen und an der Eider, zwei großen 1GW-Tidenlagunen in der Nähe unserer Offshore-Windparks sowie einer ganzen Reihe von Tidenstromgeneratoren in der Nordsee. Das liefert uns insgesamt 3,5 GW, also 1 kWh/d/p.

Die Kernkraft erhalten wir uns – dieses Planspiel ignoriert fürs erste den Atomausstiegsbeschluss – auf dem Niveau von 2010, also bei 5 kWh/d/p.

Um 15 kWh/d/p an „Clean Coal“ (50 GW) zu erhalten, müssten wir unsere bestehenden Kohlekraftwerke nehmen, die derzeit etwa 35 GW liefern, sie mit CO₂-Abscheidern nachrüsten, was ihre Leistung auf 25 GW reduziert, und dazu 20 neue „Clean“-Kohlekraftwerke bauen. Dieser Anteil an Kohleenergie erfordert einen Energie-Input von etwa 53 kWh/d/p Kohle, fast das Doppelte dessen, was wir derzeit an Kohle in Kraftwerken verstromen, und weit über dem, was wir in Kapitel 23 als „nachhaltig“ abgeschätzt hatten. Bereits heute werden 35% der verstromten Kohle importiert. Wenn wir nicht unseren Kohlebergbau erheblich ausweiten, wären in diesem Plan 20% der Stromproduktion von Importen abhängig.

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

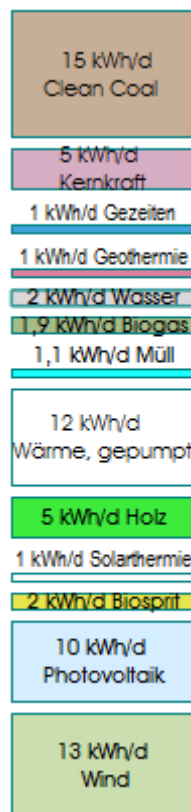


Fig.27.4: Plan H

Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan N

°Plan N ist der „NIMBY“-Plan – NIMBY steht für Not In My BackYard, nicht in meinem Hinterhof. Speziell designed für Leute, die die freie Landschaft und die Natur 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 H. ♦Wind 3 kWh/d/p (10 GW im Mittel und 100% Zubau gegenüber 2010), Photovoltaik: 3 (50 % über 2010), Geothermie: 1, Gezeiten: 0,5 kWh/d/p. Müllverbrennung, Biogas und Wasserkraft belassen wir auf den 2010-Werten zu 0,5 / 1,2 / 1,0 kWh/d/p.

Wir verlieren so 20 kWh/d/p (66 GW national) gegenüber Plan H. Verstehen wir uns nicht falsch: Wir haben immer noch einen enormen Zubau an Erneuerbaren, doch könnten wir – über einen längeren Zeitraum betrachtet – wohl Standorte und Lösungen finden, gegen die (außer vielleicht die wohl unvermeidbaren Gegen-Alles-Initiativen) niemand etwas einzuwenden hat.

Den Clean-Coal Anteil belasse ich bei 15 kWh/d/p (50 GW), dem Wert aus Plan H, ebenso bleiben Wasserkraft und Müllverbrennung auf dem Wert aus Plan H, auch der Anteil der Kernenergie.

Wo können wir die fehlenden 66 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 (66 GW).

Dieser Plan erfordert die Errichtung von 6 Blobs (jeder mit 44 km Durchmesser, dreimal größer als das Innere des Münchner Autobahnringes A99), in der nordafrikanischen Wüste, ausgefüllt mit Solarkraftwerken. Er erfordert zudem Übertragungssysteme, um eine elektrische Leistung von 66 GW von dort nach Europa zu schaffen. Zum Vergleich: Die heutige Hochspannungsleitung von Frankreich nach England kann 2 GW liefern. Der Plan erfordert also eine 33fach höhere Kapazität als diese Stromverbindung. (Oder eine äquivalente Lösung des Energietransports – vielleicht Schiffe gefüllt mit Methanol oder Bor, die zwischen der Wüstenküste und Europa verkehren.)

Weil es weniger Windkraft gibt, braucht Deutschland auch nicht die zusätzlichen Pumpspeicher bauen, die in Plan H 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.

Dieser Plan enthält einen Importanteil von 60% für die deutsche Elektrizität.

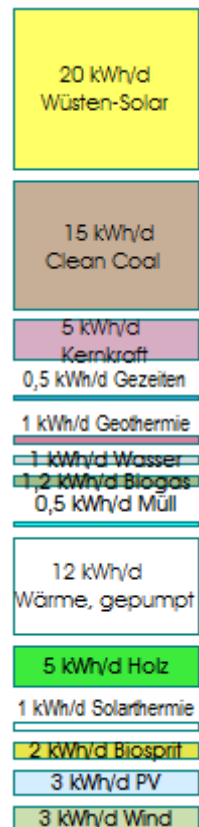


Fig.27.5: Plan N

Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan A

◦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. ♦In Plan H oder N könnten wir die Kernenergie 1:1 ersetzen durch Atomstromimporte aus unseren Nachbarländern wie Frankreich, Polen oder Tschechien, die dann ihren ohnehin geplanten AKW-Zubau schneller oder umfangreicher umsetzen müssten, doch wird das die Atomkraftgegner zufrieden stellen?

◦Wir können einen kernenergiefreien Plan, der auch den AKW-Zubau jenseits unserer nationalen Grenzen nicht zusätzlich beflügelt, dadurch erhalten, dass wir aus Plan H all die Erneuerbaren übernehmen und die Kernkraft eins-zu-eins durch Wüsten-Solarstrom ersetzen. Wieder erfordert das einen riesigen Zuwachs an Leitungskapazität zwischen Nordafrika und Europa, ♦allerdings 75% weniger als in Plan N.

Hier die Übersicht, woher Plan A (A wie Atomausstieg) die 50 kWh/d/p Elektrizität bezieht. Wind: 13 kWh/d/p (40 GW im Mittel, 130 GW Spitze) (dazu etwa 800 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 10 kWh/d/p. Müllverbrennung: 1,1 kWh/d/p. Wasserkraft: 2 kWh/d/p. Geothermie: 1 kWh/d/p. Gezeiten: 1 kWh/d/p. „Clean Coal“: 15 kWh/d/p (50 GW). Solarkraft aus Wüstengebieten: 5 kWh/d/p (17 GW).

In der Tat könnte unser Plan A weitgehend die aktuellen Pläne der Bundesregierung abbilden. Dieser Plan importiert 30% der deutschen Elektrizität – direkt als Strom oder indirekt durch Einfuhr des Brennstoffes – aus anderen Ländern.

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 Grünen weder Atom noch Kohle wollen, 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 H heraus, ♦erhöhe den Geothermieanteil um 2 kWh/d/p (indem ich Geld in die Geothermieforschung pumpe und Geothermiestrom über das EEG subventioniere) und blase die Windkraft auf um einen Faktor 2 (relativ zu Plan H) auf 26 kWh/d/p, so dass Windkraft 52% der benötigten Elektrizität liefern kann. Das ist eine 20fache Erhöhung der deutschen Windkraft über den momentanen Level. Unter diesem Plan wird die weltweite Windkraft verdreifacht und all der Zuwachs in Deutschland und seinen Küstengewässern stationiert.

◦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

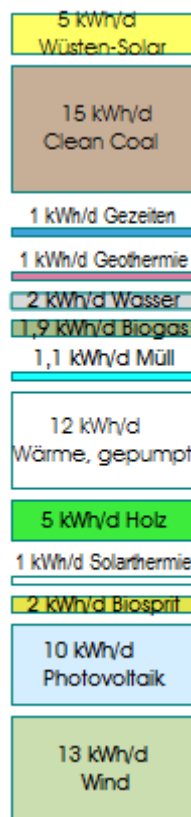


Fig.27.6: Plan A

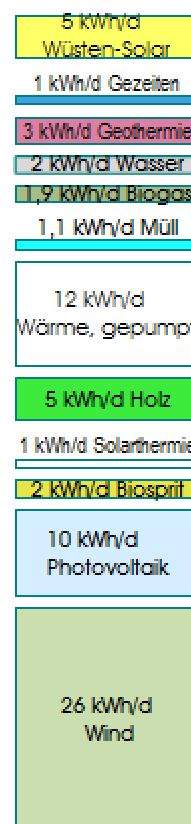


Fig.27.7: Plan G

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-Potential hunderter Goldisthals könnte die gesamte Windenergie im Falle einer landesweiten Flaute von 2 Tagen substituieren. Ein großer Teil der deutschen Seen und Flusstäler wären für das erforderliche Speichervolumen nötig. Alternativ oder zusätzlich müssten wir Wind-Methan im nationalen Gasnetz speichern. Die dabei entstehenden Speicherverluste würden den erforderlichen Windanlagen-Park zusätzlich vergrößern.

Nach Plan G spaltet sich die Energieproduktion folgendermaßen auf: ♦Wind 26 kWh/d/p (88 GW im Mittel)) (dazu etwa 4000 GWh verbundener Pumpspeicherwerke). Photovoltaik: 10 kWh/d/p. Müllverbrennung und Biogas 3 kWh/d/p. Geothermie 3 kWh/d/p, Wasserkraft 2 kWh/d/p. Gezeiten: 1 kWh/d/p. Solarkraft aus Wüstengebieten: 5 kWh/d/p (17 GW).

Dieser Plan erhält 10% 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 europäischen liberalisierten Energiemarkt mit hohen CO₂-Abgaben entwickeln werden. Wird um die Preisökonomie gespielt, mit einem starken Preissignal, CO₂-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 CO₂-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). Offshore-Wind verliert ebenfalls gegen Kernkraft, doch nahm ich an, dass Onshore-Wind kostenmäßig mit der Kernkraft mithalten kann. ♦Alle „zu teuren“ Technologien stagnieren bei ihren aktuellen Werten, denn das Weiterbetreiben bestehender Anlagen ist konkurrenzfähig mit dem AKW-Neubau.

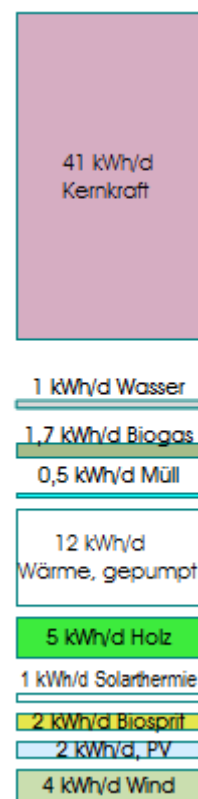


Fig.27.4: Plan D

Und so erhält man nach Plan E die erforderlichen 50 kWh/d/p: Wind: 4 kWh/d/p (13 GW im Mittel), Photovoltaik: 2, Müllverbrennung und Biogas: 0,5 bzw. 1,7, Geothermie: 0, Wasserkraft: 1, Gezeiten: 0. Und Kernkraft: 41 kWh/d/p (135 GW).

Dieser Plan beinhaltet sechsmal mehr Reaktorleistung als der gesamte Kernkraftwerkspark Deutschlands von 2010, oder dreimal die AKW-Leistung Frankreichs. Ich vermute, dass auch der nationale Atomausstiegsbeschluss nicht den Strommix dieses Planes E beeinflussen kann, sondern höchstens die geografische Position der dazu notwendigen Reaktoren verschiebt. Werden alle erforderlichen Reaktoren außerhalb der deutschen Grenzen errichtet, liegt die Importquote bei 82% des deutschen Strombedarfs.

Fig:27.9 zeigt alle fünf Pläne im Vergleich.

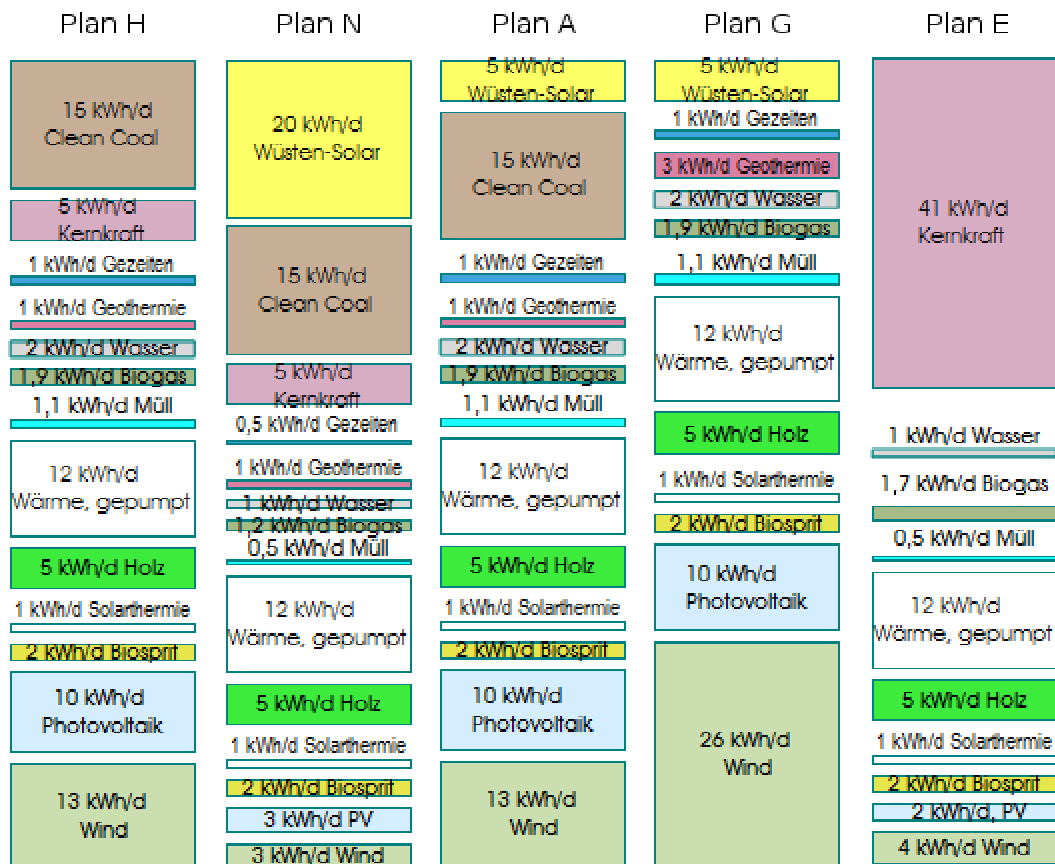


Fig.27.9: Alle fünf Pläne

Wie diese Pläne zu CO₂-Saugen und Flugverkehr stehen

◦In einer zukünftigen Welt, in der CO₂-Verschmutzung genügend teuer ist, um katastrophale Klimaveränderungen zu verhindern, wird es Interesse an Anlagen geben, die zu niedrigen Kosten CO₂ aus der Luft saugen und in einem Loch im Boden speichern können. Solche CO₂-Neutralisierungsanlagen könnten uns erlauben, im Umfang von 2004 mit weiterhin erdölbetriebenen Flugzeugen zu fliegen. Im Jahr 2004 waren die Emissionen an CO₂ aus dem Flugverkehr 0,5 t CO₂ pro Jahr pro Person. Wenn man den gesamten Treibhauseffekt berücksichtigt, entspricht das vielleicht 1 t CO₂e pro Jahr pro Person (1 t CO₂e steht – wir erinnern uns – für Treibhausgas-Emissionen äquivalent zu einer Tonne CO₂). In allen fünf Plänen habe ich angenommen, dass ein Achtel Deutschlands 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 CO₂-Abscheidung und -Speicherung umleiten – die „Clean Coal“ Kraftwerke, die wir schon in dreien der Pläne erwähnten – würde das dadurch zusätzlich eingefangene CO₂ etwa 1 t CO₂ 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 CO₂-Abscheider mitbenutzen können, könnte der Einfang auf etwa 2 t CO₂ pro Jahr pro Person gesteigert werden. Diese Anordnung hätte zusätzliche Kosten: Die Biomasse und der Müll müssten weiter transportiert werden, der CO₂-Abscheidungsprozess würde einen signifikanten Anteil der Energie aus den Pflanzen verbrauchen und die Gebäudeheizung müsste durch noch mehr Luftwärmepumpen gewährleistet werden. Doch wenn CO₂-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!

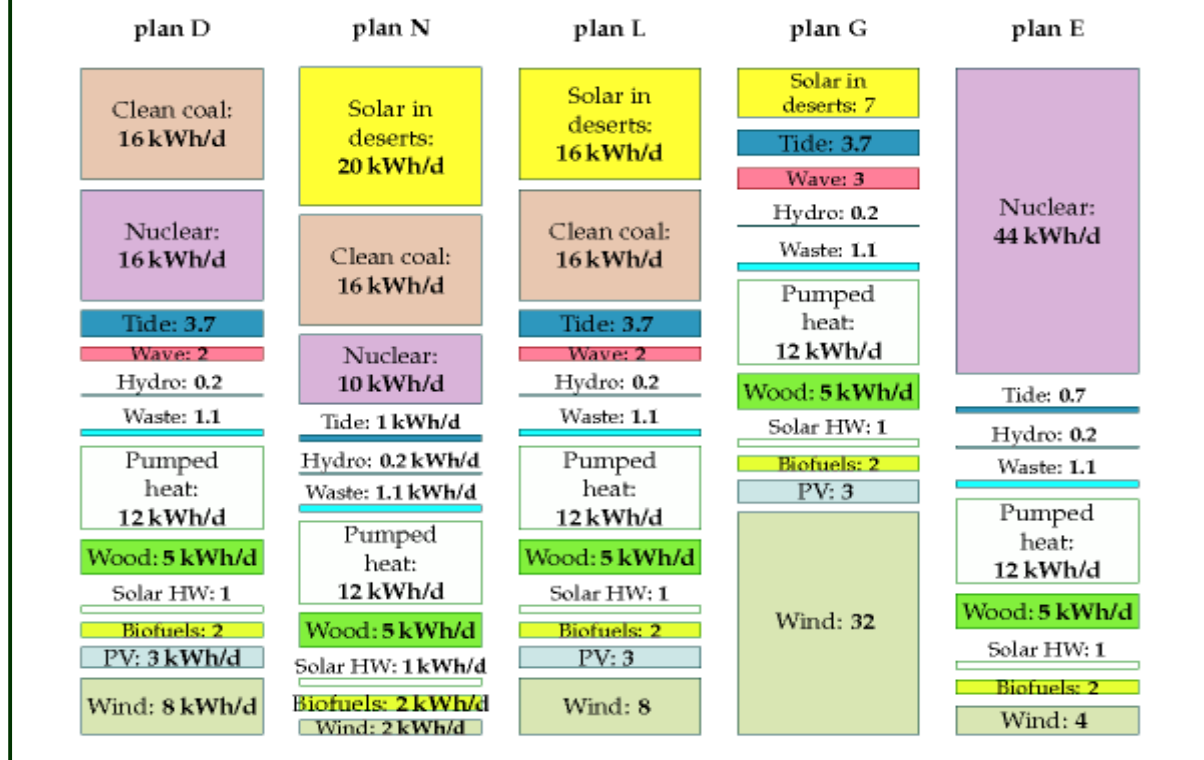
Vielleicht ist Ihre Schlussfolgerung, dass ein gangbarer Plan einen geringeren Pro-Kopf-Verbrauch beinhalten soll. Ich könnte dem zustimmen, doch ist das schwer zu verkaufen – erinnern Sie sich an Tony Blairs Antwort (Seite 254) als ihm jemand nahe legte, er solle weniger oft nach Übersee in die Ferien 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.



Energiepläne für England (UK)

♦In gleicher Weise kann man für England entsprechende Energiepläne zusammenstellen. Hier die Ergebnisse von David MacKays Berechnungen (vgl. Auflage 1 dieses Buches) in Kurzform: °



Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

229 Verbrennen von 1 kg Müll pro Tag pro Person erzeugt 0,5 kWh/d/p Elektrizität Der Heizwert von Hausmüll ist etwa 2,6 kWh pro kg; die Stromerzeugung in Müllverbrennungsanlagen hat eine Effizienz von etwa 20%. Quelle: SELCHP tour guide.

229 Fig. 27.3: Daten von Eurostat, www.epa.gov, und www.esrcsocietytoday.ac.uk/ESRCInfoCentre/.