

18. Können wir von Erneuerbaren Energien leben?

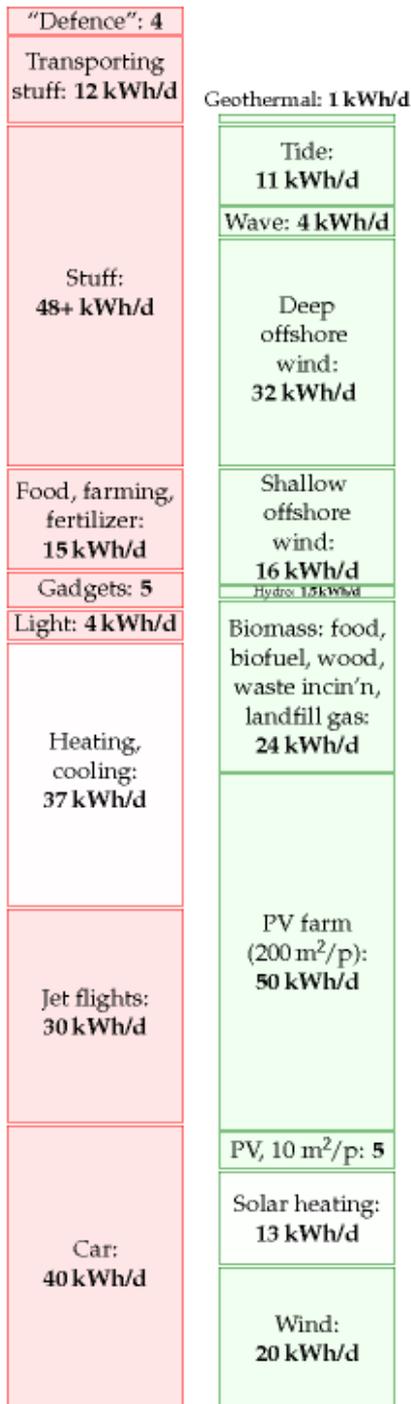


Fig.18.1: Der Stand des Spiels, mit allen traditionellen Erneuerbaren

Der rote Stapel in Fig.18.1 zählt **195 kWh pro Tag pro Person**. Der grüne Stapel zählt **180 kWh/d/p**. Ein knappes Rennen! Doch erinnern Sie sich: Beim Berechnen des grünen Stapels schossen wir alle ökonomischen, sozialen und umweltschützerischen Randbedingungen in den Wind. Außerdem sind manche unserer grünen Beiträge möglicherweise inkompatibel mit andern: Unsere PV-Module und Warmwasserkollektoren konkurrieren um unsere Dächer, unsere PV-Farmen auf 5 % unseres Landes könnten in Konkurrenz treten mit Energiepflanzen, die wir auf 75 % unserer Landfläche angesetzt hatten. Wenn wir nur einen unserer größeren grünen Beiträge verlieren – etwa wenn wir entscheiden, dass off-shore in tiefen Gewässern keine Option ist, oder dass 5% des Landes mit PV-Farmen zu füllen für 200.000 € pro Person nicht finanzierbar ist – dann würde die Produktion nicht mehr adäquat der Nachfrageseite vergleichbar bleiben.

Selbst wenn unser roter Verbrauchsstapel nun kleiner als unser grüner Produktionsstapel wäre, würde das noch nicht notwendigerweise bedeuten, dass die Energiesummen zusammenpassen. Sie können keine Videokamera mit Katzenfutter betreiben, und keine Katze aus einer Windturbine ernähren. Energie existiert in verschiedenen Formen – chemisch, elektrisch, kinetisch, thermisch etc. Damit ein nachhaltiger Energieplan aufgeht, müssen sowohl die Formen als auch die Summen bereitgestellter und benötigter Energie zusammenpassen. Energieformen ineinander umzuwandeln – von chemisch nach elektrisch in einem Gaskraftwerk, von elektrisch in chemisch in einer Wasserstofffabrik – beinhaltet gewöhnlich substanzielle Verluste nutzbarer Energie. Wir werden auf dieses wichtige Detail in Kapitel 27 zurückkommen, das einige Energiepläne beschreibt, die aufgehen könnten.

Hier wollen wir nochmals auf unsere Abschätzungen von Verbrauch und Produktion zurückschauen, sie mit offiziellen Mittelwerten vergleichen und mit Schätzungen anderer Leute, und diskutieren, wie viel Energie erneuerbare Ressourcen plausibel in einem Land wie England liefern können.

Mit den folgenden Fragen wollen wir uns in diesem Kapitel beschäftigen:

1. Ist die Größe des roten Stapels einigermaßen korrekt? Was ist der Durchschnittsverbrauch in England? Wir werden uns die offiziellen Verbrauchszahlen Englands vornehmen und die einiger anderer Länder.

2. War ich unfair gegenüber den Erneuerbaren, indem ich ihr Potenzial unterschätzt habe? Wir werden die Abschätzungen im grünen Stapel mit veröffentlichten Abschätzungen von anerkannten Organisationen und Instituten vergleichen.
3. Was passiert mit dem grünen Stapel, wenn wir auch soziale und ökonomische Effekte berücksichtigen?

Reflexionen zu Rot

Unsere Abschätzung des Energieverbrauchs einer typischen wohlhabenden Person (Fig.18.1) belief sich auf **195 kWh/d**. In der Tat brauchen viele Menschen so viel Energie, und viele weitere streben danach. Der Durchschnittsamerikaner verbraucht **250 kWh/d**. Würden wir alle unseren Konsumstandard auf amerikanisches Niveau heben, würde der grüne Produktionsstapel dagegen definitiv wie ein Zwerg aussehen.

Was ist mit dem Durchschnittseuropäer und dem Durchschnittsbriten? Der mittlere Primärenergieverbrauch (d.h. Brennstoffe plus Wind und Wasserkraft) liegt in Europa bei **125 kWh/d pro Person**. Der britische Durchschnitt ist auch **125 kWh/d/p**.

Diese offiziellen Zahlen beinhalten zwei Energieströme gar nicht. Zum einen ist die Graue Energie von Importgütern (die zur Herstellung dieser Güter aufgewendete Energie) überhaupt nicht berücksichtigt. Wir hatten dagegen diesen Anteil in Kapitel 15 mit 40 kWh/d/p abgeschätzt. Zum zweiten berücksichtigt die „Primärenergie“ nur industrielle Energieflüsse und berücksichtigt nicht die natürliche immanente Energie in der Nahrung: Energie, die ursprünglich durch Photosynthese eingefangen wurde.

Eine andere Differenz zwischen dem roten Stapel, wie wir ihn zusammengetragen haben, und den nationalen Gesamtstatistiken ist, dass wir in den meisten Kapiteln dazu tendierten, Energieverluste bei Umwandlung von einer Energieform in eine andere ebenso zu vernachlässigen wie den Aufwand, der mit dem Transport der Energie verbunden ist. Die Auto-Abschätzung etwa berücksichtigte nur die Energie im Benzin, nicht aber die Energie, die in der Raffinerie verbraucht wurde, um Benzin aus Rohöl herzustellen oder die für den Transport des Öls in die Raffinerie oder des Benzins an die Tankstelle. Die nationale Statistik aber berücksichtigt den gesamten Verbrauch vor irgendwelchen Verlusten. Umwandlungsverluste machen etwa 22% des nationalen Energiebedarfs aus. Das meiste davon passiert in den Kraftwerken. Transmissionsverluste im Stromnetz schlucken 1% der nationalen Gesamtenergie.

Beim Aufbau des roten Stapels hatten wir uns gefragt, wie viel Energie eine typische wohlhabende Person benötigt. Hat diese Vorgehensweise unsere Vorstellung von der Wichtigkeit einzelner Aktivitäten beeinflusst? Sehen wir uns wieder einige offizielle Zahlen an. Fig.18.2 zeigt die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Endnutzen. Die beiden führenden Kategorien sind Transport und Heizen (Warmluft und Warmwasser). Diese beiden Kategorien dominieren auch unseren Stapel. Das ist schon mal gut.

Schauen wir uns den Transport genauer an. In unserem roten Stapel fanden wir, dass Autofahren (bei 50 km täglich) und Fliegen (nach Cape Town einmal pro Jahr) etwa gleich



Fig.18.2: Energieverbrauch, unterteilt nach Verwendung, nach „Dept. For Trade and Industry“

beitragen. Tabelle 18.3 zeigt die relative Wichtigkeit verschiedener Transportmodi in der nationalen Bilanz. Im nationalen Durchschnitt trägt Fliegen geringer bei als Fahren.

Straße	Öl	22,5
Eisenbahn	Öl	0,4
Wasser	Öl	1,0
Fliegen	Öl	7,4
Alle Modi	Elektrizität	0,4
Gesamtenergieverbrauch Transport		31,6

Tabelle 18.3: Aufteilung des Energieverbrauchs 2006 nach Transportmodi, in kWh/d pro Person. Quelle: Dept. For Transport (2007)

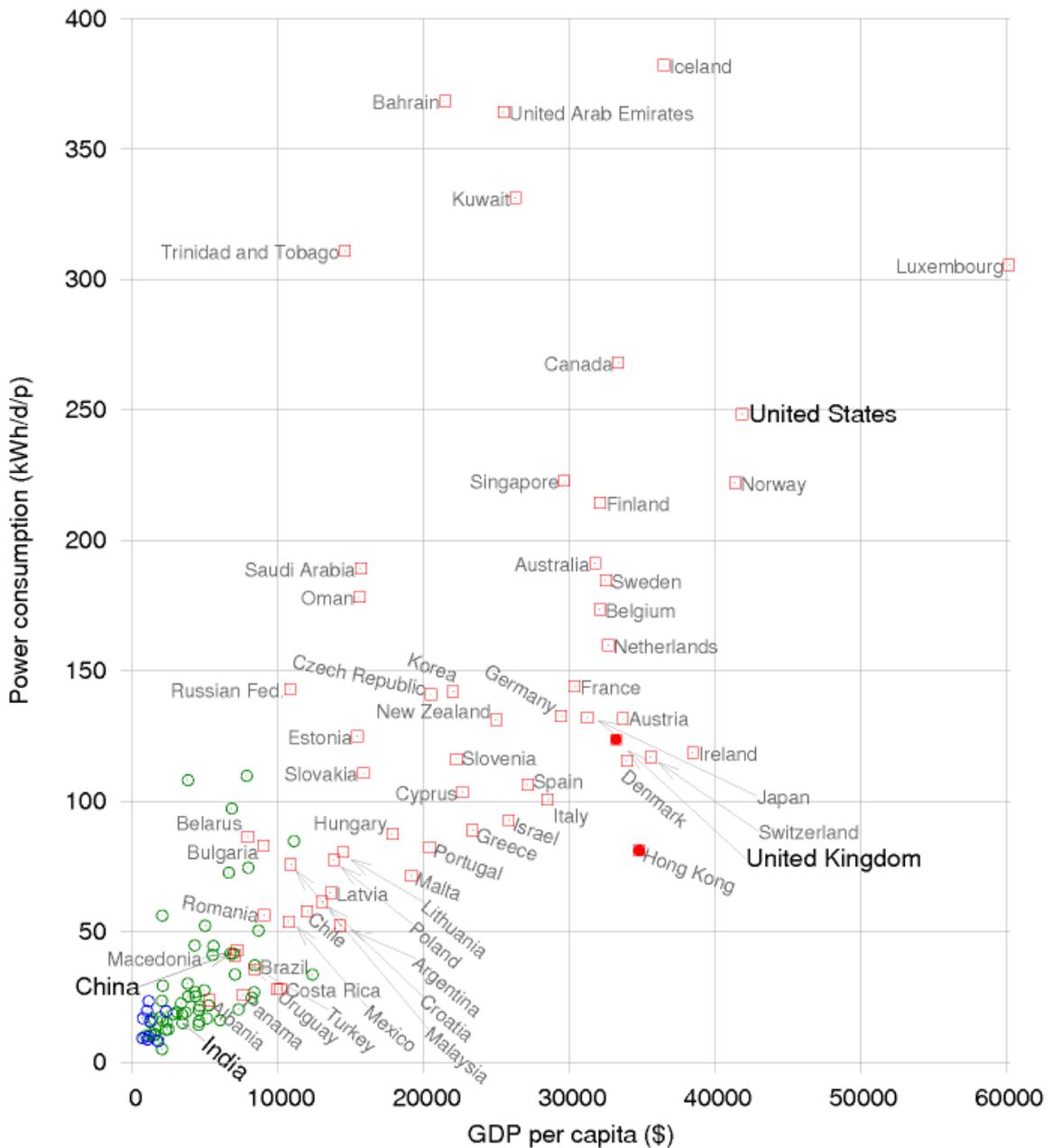


Fig.18.4: Pro-Kopf-Energieverbrauch versus BSP pro Kopf, in Kaufkraftäquivalenten des US-Dollars. Quadrate kennzeichnen Länder mit hohem Entwicklungsstandard, Kreise mit mittlerem oder geringen. Fig.30.1 (Seite 251) zeigt dieselben Daten auf einer logarithmischen Skala.

Wie sieht die englische Verbrauchsstatistik im internationalen Vergleich aus? Fig.18.4 zeigt den Energieverbrauch vieler Länder und Regionen, gegen ihr Bruttonettoprodukt (BSP): je höher das BSP eines Staates (pro Kopf), um so höher ist auch sein Verbrauch pro Kopf. England ist ein recht typisches hoch-BSP Land, umgeben von Deutschland, Frankreich, Japan, Australien, Irland, Schweiz und Dänemark. Die einzig erwähnenswerte Ausnahme von der Regel „großes BSP = großer Energieverbrauch“ ist Hong Kong: Dessen BSP pro Kopf ist vergleichbar mit dem britischen, doch der Energieverbrauch liegt bei **80 kWh/d/p.**



Fig.18.5: Hong Kong. Foto von Samuel Louie und Carol Spears.

Die Botschaft, die ich diesen Zahlen entnehme ist, dass England ein ziemlich typisches europäisches Land ist, deshalb ist es auch ein gutes Studienobjekt für die Frage: „Wie kann ein Land mit hohem Lebensstandard sein Energiewesen nachhaltig gestalten?“

Reflexionen zu Grün

Die Leute sagen oft, England hätte Erneuerbare in Hülle und Fülle. War ich gemein zu Grün? Sind meine Zahlen ein Haufen Müll? Habe ich die nachhaltige Produktion zu gering angesetzt? Lassen Sie mich zuerst meine grünen Zahlen mit einigen Abschätzungen vergleichen, die ich in der Publikation „*The role of nuclear power in a low carbon economy. Reducing CO₂ emissions – nuclear and the alternatives*“ der „Sustainable Development Commission“ fand. Beachtenswert: Obwohl die SDC erneuerbaren Energien sehr positiv gegenübersteht („Wir haben große Gezeiten-, Wellen-, Biomasse- und Solar-Ressourcen“) sind *alle Schätzungen in der SDC-Publikation kleiner als meine.* (Genauer gesagt: die geschätzte Summe aller Erneuerbaren in der SDC-Publikation ist geringer als meine Summe.) Die SDC-Publikation zitiert Schätzungen aus vier Quellen (IEE, Tyndall, IAG und PIU, siehe unten). Fig.18.6 vergleicht meine Schätzungen mit diesen vier Quellen und den Zahlen von „Centre for Alternative Technology“ (CAT). Hier eine Beschreibung jeder einzelnen Quelle:

IEE Das Institute of Electrical Engineers veröffentlichte einen Bericht über erneuerbare Energie 2002 – eine Zusammenfassung möglicher Beiträge Erneuerbarer in England. Die zweite Spalte in Fig.18.6 zeigt das „technische Potenzial“ einer Vielzahl von erneuerbaren Technologien zur Elektrizitätsgewinnung in England – „eine Obergrenze, die wahrscheinlich nie überschritten werden kann, auch nicht mit dramatischen Veränderungen in der Struktur unserer Gesellschaft und Ökonomie“. Nach Aussage der IEE ist das technische Gesamtpotenzial aller Erneuerbaren um die 27 kWh/d pro Person.

Tyndall Die Schätzung des Tyndall Centre der gesamten praktikablen EE-Ressourcen ist 15 kWh pro Tag pro Person.

IAG Die Interdepartmental Analysts Group schätzt die Erneuerbaren ab mit Blick auf ökonomische Randbedingungen. Deren gesamte praktische und ökonomische Ressourcen (bei einem Verkaufspreis von 7 ct/kWh) ist 12 kWh pro Tag pro Person.

PIU Die "PIU" Spalte zeigt das "indicative resource potential for renewable electricity generation options" vom Beitrag des DTI zum PIU review im Jahr 2001. Für jede Technologie ist das „praktische Maximum“ dargestellt, oder wenn kein praktisches Maximum angegeben war, das „theoretische Maximum“.

CAT Die letzte Spalte zeigt die Zahlen vom "Island Britain" Plan des Centre for Alternative Technology, Helweg-Larsen and Bull (2007).

My estimates	IEE	Tyndall	IAG	PIU	CAT
Geothermal: 1 kWh/d	Geothermal: 10 kWh/d				
Tide: 11 kWh/d	Tide: 2.4	Tide: 3.9	Tide: 0.09	Tide: 3.9	Tide: 3.4
Wave: 4 kWh/d	Wave: 2.3	Wave: 2.4	Wave: 1.5	Wave: 2.4	Wave: 11.4
Deep offshore wind: 32 kWh/d					Offshore: 21 kWh/d
Shallow offshore wind: 16 kWh/d	Offshore: 6.4	Offshore: 4.6	Offshore: 4.6	Offshore: 4.6	
Hydro: 1.5 kWh/d		Hydro: 0.08			Hydro: 0.5
Biomass: food, biofuel, wood, waste incin'n, landfill gas: 24 kWh/d	Wastes: 4	Energy crops, waste: 2	Energy crops, waste, landfill gas: 3	Energy crops, waste incin'n, landfill gas: 31 kWh/d	Biomass fuel, waste: 8
PV farm (200 m ² /p): 50 kWh/d					
PV, 10 m ² /p: 5		PV: 0.3	PV: 0.02	PV: 12	PV: 1.4
Solar heating: 13 kWh/d					Solar heating: 1.3
Wind: 20 kWh/d	Wind: 2	Wind: 2.6	Wind: 2.6	Wind: 2.5	Wind: 1

Fig.18.6: Abschätzungen theoretischer oder praktischer Erneuerbarer Ressourcen in England von verschiedenen Quellen.

Bio-betriebenes Europa

Manchmal fragen mich Leute: "Haben wir nicht vor der Industriellen Revolution auch wunderbar von Erneuerbaren gelebt?" Ja, aber zwei wesentliche Dinge waren damals anders: Der Lebensstil und die Bevölkerungsdichte.

Drehen wir die Uhren 400 Jahre zurück: Europa lebt fast ausschließlich von nachhaltigen Quellen: Vorrangig Holz und Ackerbau, etwas verstärkt durch Wind-, Gezeiten- und Wasserkraft. Man schätzt, dass der damalige Lebensstil einer Durchschnittsperson einen Energiebedarf von 20 kWh/d hatte. Das Holz, das pro Person verbraucht wurde, waren 4 kg, was einen Hektar (10.000 m²) Wald pro Person erforderte. Die Landfläche pro Person betrug in den 1700ern 52.000 m², Ackerland, Weiden und Wälder. Heute kommt auf einen Briten nur noch eine Fläche von 4000 m², daher könnten wir, selbst wenn wir unseren Lebensstil auf Mittelalter-Niveau senken und England komplett aufforsten, hier nicht mehr nachhaltig leben. Unsere Bevölkerungsdichte ist viel zu hoch.

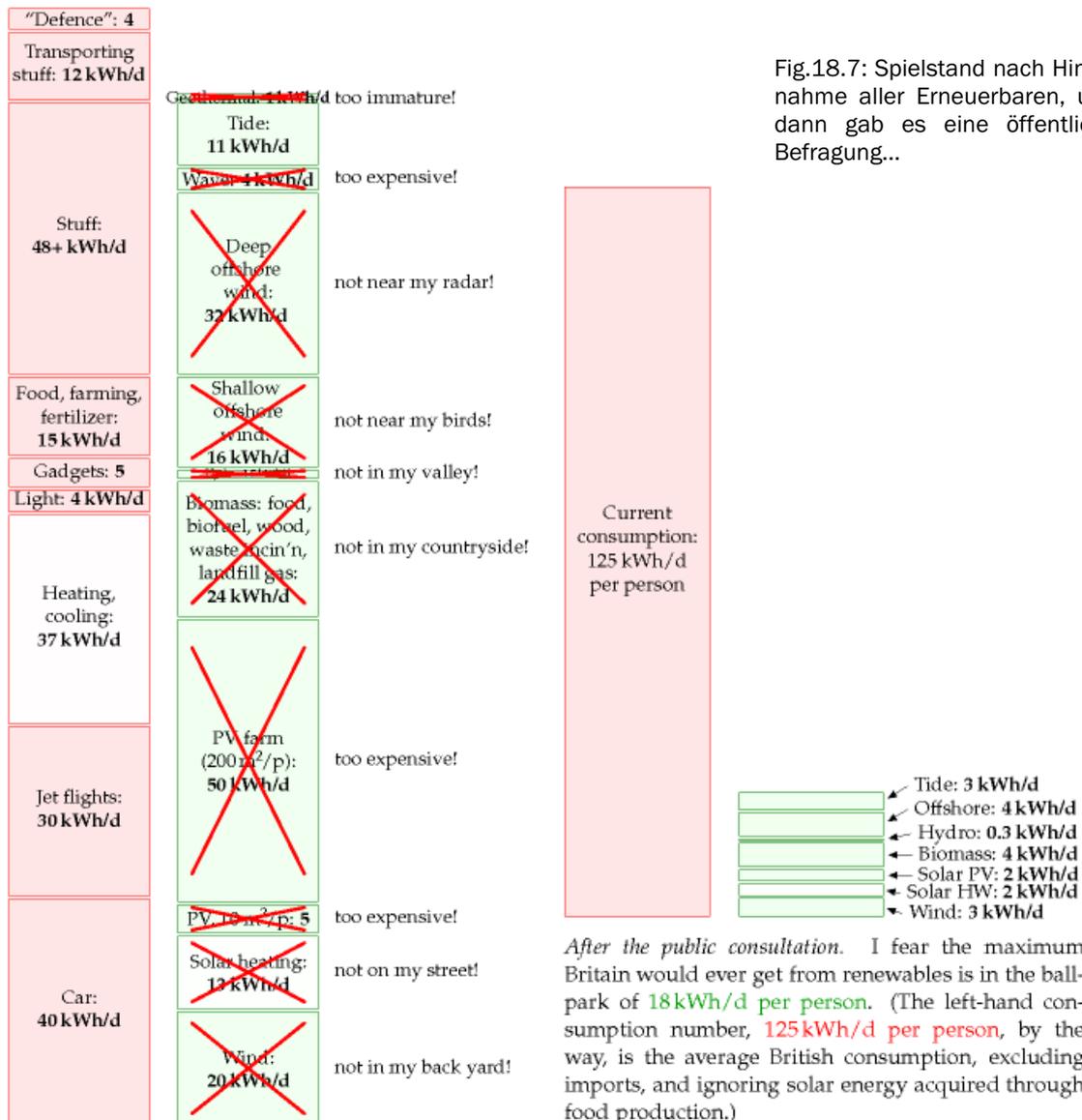


Fig.18.7: Spielstand nach Hinzunahme aller Erneuerbaren, und dann gab es eine öffentliche Befragung...

Grüne Ambitionen treffen auf soziale Wirklichkeit

Fig.18.1 ist eine öde Neuigkeit. Ja, technisch gesehen hat England „große“ Erneuerbare. Aber realistisch gesehen denke ich nicht, dass England von eigenen Erneuerbaren leben kann – wenigstens nicht in der Art, wie wir jetzt leben. Ich bin teilweise zu diesem Schluss auch getrieben durch den Chor von Gegnern, der jedes größere Vorhaben zu Erneuerbaren Energien begrüßt. Die Leute mögen Erneuerbare Energien, so lange sie nicht größer als ein Feigenblatt sind. Wenn die Briten in einem gut sind, dann im „Nein“-Sagen.

Wind-Farmen? „Nein, das sind hässliche laute Dinger“

Solarmodule auf Dächern? „Nein, sie verschandeln die optische Gefälligkeit der Straße“

Mehr Aufforstung? „Nein, das ruiniert die Landschaft“

Müllverbrennung? „Nein, ich Sorge mich um Gesundheitsrisiken, Verkehrszunahme, Abgase und Lärm“

Wasserkraft? „Ja, aber keine großen Anlagen – die zerstören die Umwelt“

Off-shore Wind? „Nein, die hässlichen Stromleitungen, die über die Küste hereinbrechen, beunruhigen mich noch mehr als damals eine Nazi-Invasion“

Wellen oder Geothermie? „Nein, viel zu teuer“

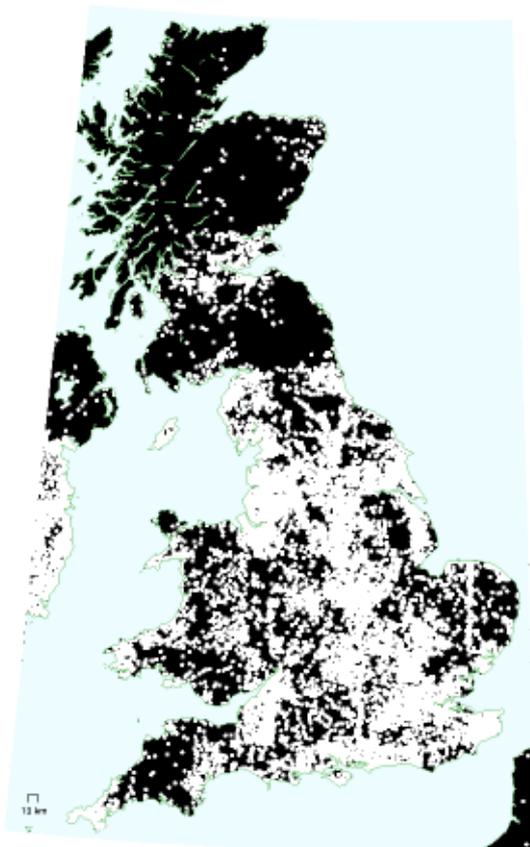


Fig.18.8: Wo die Wildnis ist. Einer der Gründe gegen Windfarmen ist der Lärm, den sie verursachen. Ich habe deswegen alle Gebiete in einem 2-km-Radius um jede Siedlung weiß gefärbt. Die schwarzen Flächen sind vermutlich weitgehend ausgeschlossen, weil man derart ruhige Orte von der Industrialisierung verschonen sollte. Siedlungsdaten von www.openstreetmap.org

Nach all diesen Einwänden fürchte ich, dass England maximal das an Erneuerbaren bekommen wird, was in Fig.18.7 rechts unten zu sehen ist.

Fig.18.8 bietet eine Anleitung für jeden, der in England eine Windfarm errichten will. Auf der Landkarte habe ich in Weiß eine Ausschlusszone mit 2 km Radius um jede Stadt, jedes Dorf und jeden Weiler gezogen. Diese weißen Flächen wären vermutlich nicht geeignet für Windfarm-Entwicklungen, weil sie zu nah an Menschen liegen. Schwarz habe ich all die Gegenden markiert, die weiter als 2 km von Siedlungen entfernt liegen. Diese Gegenden sind größtenteils für Windfarm-Entwicklungen ausgeschlossen, weil sie zu ruhig sind, und es ist wichtig, ruhige Orte vor der Industrialisierung zu bewahren. Wenn Sie also Einwände gegen ihre Windfarm vermeiden wollen, wählen Sie ein Stück Land, das weder weiß noch schwarz ist.

Some of these environmentalists who have good hearts but confused minds are almost a barrier to tackling climate change.

Malcolm Wicks, Minister of State for Energy

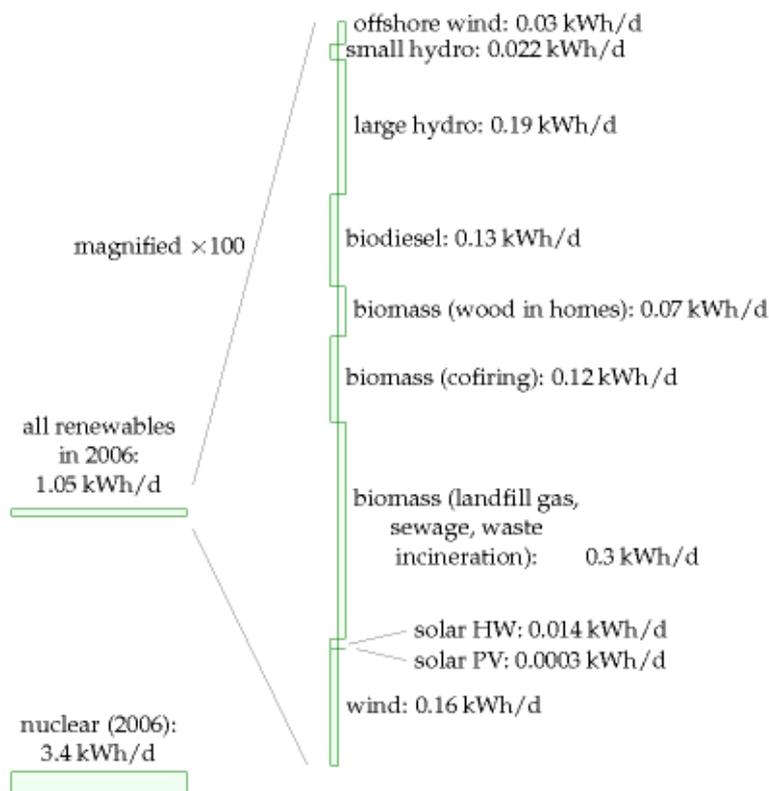


Fig.18.9: Produktion der Erneuerbaren und der Nuklearenergie in England 2006. Alle Leistungen ausgedrückt pro Person, wie gewohnt. Die Aufschlüsselung der Erneuerbaren rechts ist in der Senkrechten 100-fach vergrößert.

Wir kommen zum Ende des Teils I. Die Annahme war, dass wir den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen wollen, aus einem oder mehreren Gründen, die ich in Kapitel 1 genannt habe – Klimawandel, Versorgungssicherheit usw. Fig.18.9 zeigt, wie viel Leistung wir derzeit von Erneuerbaren Energien und Atomkraft bekommen. Es sind gerade 4 % des Gesamtbedarfs.

Zwei Lehren können wir aus diesem Teil I ziehen:

1. *Um etwas zu verändern, müssen Anlagen für Erneuerbare Energien etwa die Größe eines Landes haben.*
Jede betrachtete Anlage kann einen Beitrag in der Größenordnung unseres derzeitigen Verbrauchs leisten, muss dazu aber etwa Landesgröße haben. Um einen nennenswerten Windenergie-Anteil zu bekommen, benutzen wir Windfarmen in der Größe von Wales. Um einen großen Anteil an Photovoltaik zu erzielen, brauchten wir die Hälfte von Wales. Um einen großen Anteil Wellenenergie beizusteuern, skizzierten wir Wellenfarmen über 500 km

Küstenlinie. Um Energiepflanzen mit einem großen Beitrag zu ernten, nahmen wir 75 % des gesamten Landes an.

Die Anlagen für Erneuerbare müssen in Landesgröße designed werden, weil die Erneuerbaren so diffus sind. Tabelle 18.10 fasst die meisten Leistungsdichten zusammen, auf die wir in Teil I gestoßen sind.

Den englischen Lebensstil aufrechtzuerhalten allein aus Erneuerbaren wäre sehr schwierig. Eine auf Erneuerbaren basierende Lösung wäre notwendigerweise großflächig und aufdringlich.

2. *Es wird nicht einfach werden*, einen vernünftigen Plan aufzustellen, der allein auf Erneuerbaren basiert. Wenn wir ernsthaft fossile Brennstoffe los werden wollen, werden die Briten lernen müssen, „ja“ zu etwas zu sagen. In der Tat nicht nur zu etwas, sondern zu vielem.

Im Teil II frage ich, „Angenommen, wir können durch Erneuerbare unseren Bedarf nicht decken, welche anderen Optionen haben wir?“

Leistung pro Land- oder Wasserflächeneinheit	
Wind	2 W/m ²
Off-shore Wind	3 W/m ²
Gezeitenbecken	3 W/m ²
Gezeitenstrom	6 W/m ²
Photovoltaik	5-20 W/m ²
Regenwasser (Highlands)	0,24 W/m ²
Hydroelektrik	11 W/m ²
Geothermie	0,017 W/m ²

Tabelle 18.10: Anlagen der Erneuerbaren müssen Landesdimensionen erreichen, weil die Erneuerbaren so diffus sind.

Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

120 Der britische Durchschnitt ist auch 125 kWh/d/p. 104 UK average energy consumption is 125 kWh per day per person. Diese Zahl stammt aus dem UNDP Human Development Report, 2007. Das DTI (jetzt DBERR) veröffentlicht jährlich das Digest of United Kingdom Energy Statistics [uzek2]. Im Jahr 2006 war nach DUKES der gesamte Primärenergieverbrauch 244 Millionen Tonnen Öl-Äquivalent, was 130 kWh pro Tag pro Person entspricht. Ich kenne die Ursache für die kleine Differenz zwischen dem UNDP- und dem DUKES-Wert nicht, doch kann ich erklären, wieso ich die etwas kleinere der beiden Zahlen gewählt habe: DUKES benutzt zwar dieselbe Energie-Umrechnungskonvention wie ich sie auf Seite 29 erwähne und setzt eine kWh chemischer Energie mit einer kWh elektrischer Energie gleich, doch gibt es eine kleine Ausnahme: DUKES definiert die „Primärenergie“ aus AKWs als deren thermische Energie, die im Jahr 2006 etwa 9 kWh/d/p betrug; diese wurde mit (38% Effizienz) zu 3,4 kWh/d/p Elektrizität umgewandelt. In meiner Zählweise habe ich auf die Stromproduktion aus Wasserkraft, Erneuerbaren und AKWs abgestellt;

diese kleine Unterschied in der Konvention reduzierte den nuklearen Anteil auf etwa 5 kWh/d/p.

- 120 **Transmissionsverluste im Stromnetz schlucken 1% der nationalen Gesamtenergie** – *Losses in the electricity transmission network chuck away 1% of total national energy consumption.* Anders ausgedrückt betragen die Verluste 8% der generierten Elektrizität. Diese 8% setzen sich folgendermaßen zusammen: Etwa 1,5% verliert man im Hochspannungssystem über weite Strecken und 6% in lokalen öffentlichen Versorgungssystemen. Quelle: MacLeay et al. (2007).
- 121 **Fig.18.4:** 105 *Figure 18.4.* Daten aus UNDP Human Development Report, 2007. [3av4s9]
- 124 **Man schätzt, dass der damalige Lebensstil einer Durchschnittsperson einen Energiebedarf von 20 kWh/d hatte** 108 *In the Middle Ages, the average person's lifestyle consumed a power of 20 kWh per day.* Quelle: Malanima (2006).
- 125 **die hässlichen Stromleitungen, die über die Küste hereinbrechen, beunruhigen mich noch mehr als damals eine Nazi-Invasion** 110 *"I'm more worried about the ugly powerlines coming ashore than I was about a Nazi invasion."* Quelle: [6frj55].