

Einfache Überlegungen zu Energiefragen und -Kosten

Rainer Link, Physiker

Das schwere Erdbeben, der Tsunami und die Reaktorkatastrophe in Japan erfordern aus Sicht der verängstigten Bevölkerung neue Überlegungen zu Fragen der zukünftigen Energieversorgung in Deutschland.

Eine rationale Energiestrategie zu entwickeln ist ein komplexes, durchaus schwieriges Unterfangen, besonders, wenn man zusätzlich berücksichtigen muss, dass die Europäische Union ein ehrgeiziges, allerdings sinnloses Programm betreibt, die so genannte 20/20/20 Strategie:

Bis 2020 sollen die erneuerbaren Energien 20% der Energieversorgung sicherstellen sowie eine 20% Reduktion der Kohlendioxid (CO₂) Emissionen.

<http://rlrational.wordpress.com/2011/03/06/kostennutzen-der-202020-klimazielvorgabe-der-eu-wahnsinn-oder/>

Sinnlos, weil der Effekt dieser Maßnahme weniger als unmessbare 0,002 °C an Temperaturreduktion bewirkt.

Diese Strategie kostet die europäischen Steuerzahler rund 290 Milliarden € pro Jahr (insgesamt die gigantische Summe von 2900 Milliarden € bis 2020).

Die Angelsachsen haben hierfür ein schönes Sprichwort:

„No gain, only pain“

„Kein Gewinn, nur Schmerz“

Nach den dramatischen Ereignissen in den Kernkraftwerken (KKW) von Fukushima erhebt sich in der deutschen Bevölkerung – auch durch Panikmache - die Forderung nach sofortiger Abschaltung zunächst der 7 ältesten KKW und der Abschaltung der neueren spätestens bis 2020.

Es wird von den verschiedensten Interessengruppen entweder behauptet das gelingt ohne Probleme oder es geht überhaupt nicht.

Von keiner Seite werden belastbare Zahlen vorgelegt.

Ich habe deshalb einmal versucht, für verschiedene Szenarien, die erforderlichen Investitionen an Anlagen und Kosten zusammenzustellen.

Meine Überlegungen und deren Basis versuche ich so transparent wie möglich darzustellen, so dass jeder Leser je nach Vorstellung oder Weltanschauung andere Szenarien ansetzen, die vorhandenen mit anderen Basiszahlen belegen und die Folgen berechnen kann.

Die Werte für die Energieerzeugung und deren Verbrauch sind den offiziellen Statistiken der Bundesregierung entnommen.

In der ersten Abbildung ist die Bruttostromerzeugung in Deutschland für das Jahr 2009 dargestellt.

Erneuerbare Energien tragen zu 16%, Wind zu 6,4% und Photovoltaik zu 1% bei.

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2009

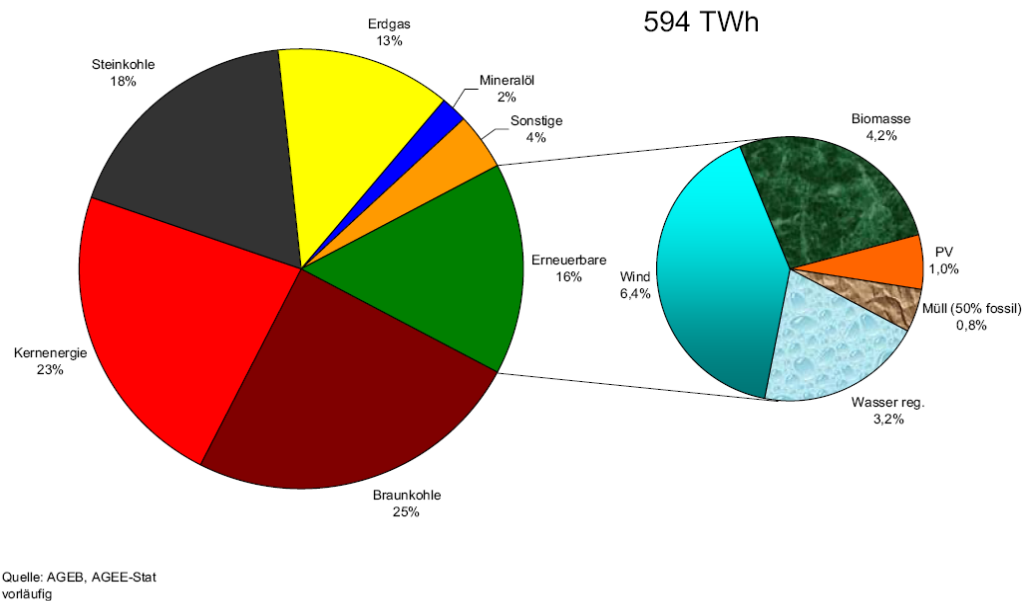


Abbildung 1: Bruttostromerzeugung in Deutschland 2009

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Nun ist die Stromerzeugung und deren Verbrauch nur ein Teil des Energieprozesses, wie man Abbildung 2 entnehmen kann.

Der Stromexport beträgt, wie man erkennt 1.970.000 Terajoule (1 Terajoule= 10^{12} Joule= 10^{12} Ws=1.000.000.000.000 Ws). Die Stromproduktion der Kernkraftwerke beträgt 1.623.007 Terajoule, so dass man vom reinen Zahlenvergleich gesehen, alle KKW in der Tat abschalten könnte, ohne in ein Strom-Versorgungsloch zu fallen. Allerdings müsste noch analysiert werden, zu welchen Belastungszeiten und durch welche Energieträger der Überschuss produziert wurde.

Wie weiter unten ausgeführt wird, ist der vorzeitige Ausstieg allerdings aus wirtschaftlichen und wettbewerbsfähigen Gründen nicht zu vertreten.

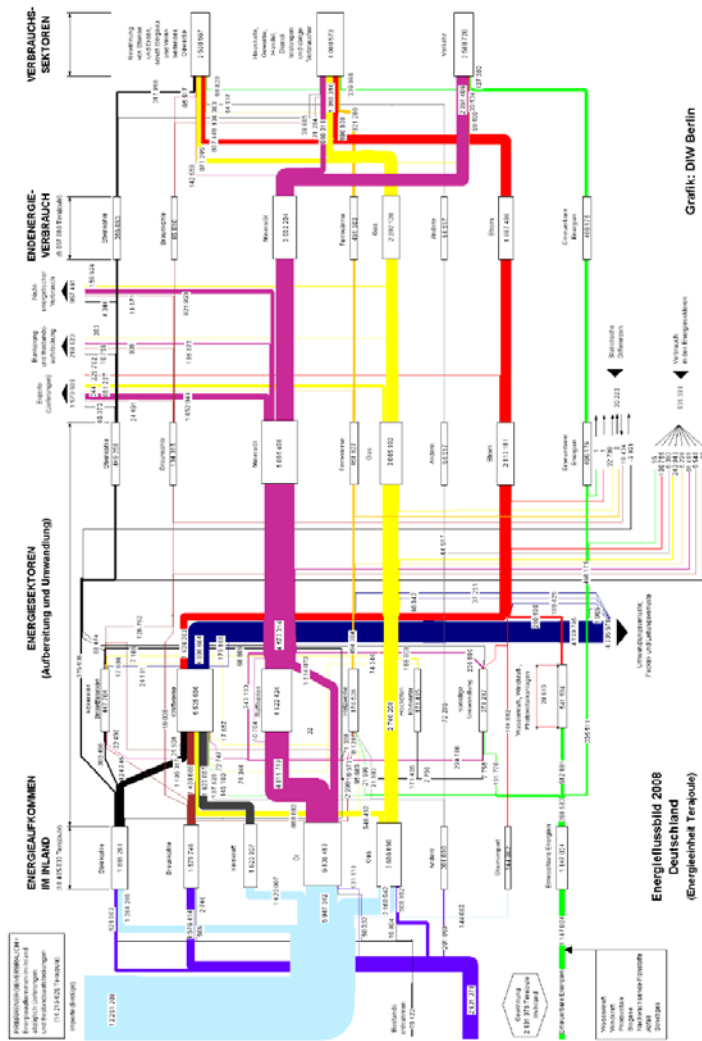


Abbildung 2: Energieaufkommen und –Verbrauch in Deutschland 2009
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Zum Erreichen des Ziels 20% Erneuerbare Energien und 20% CO₂-Reduktion reicht es jedoch nicht sich nur auf die Stromproduktion zu

beziehen, man muss den gesamten Endenergieverbrauch und dessen Zusammensetzung berücksichtigen. Denn auch der Anteil von Mineralöl im Transportwesen (Elektroautos etc.) und beim Heizen von Gebäuden muss entsprechend reduziert werden, um das 20 % Ziel zu erreichen.

Dies ist in Abbildung 3 dargestellt.

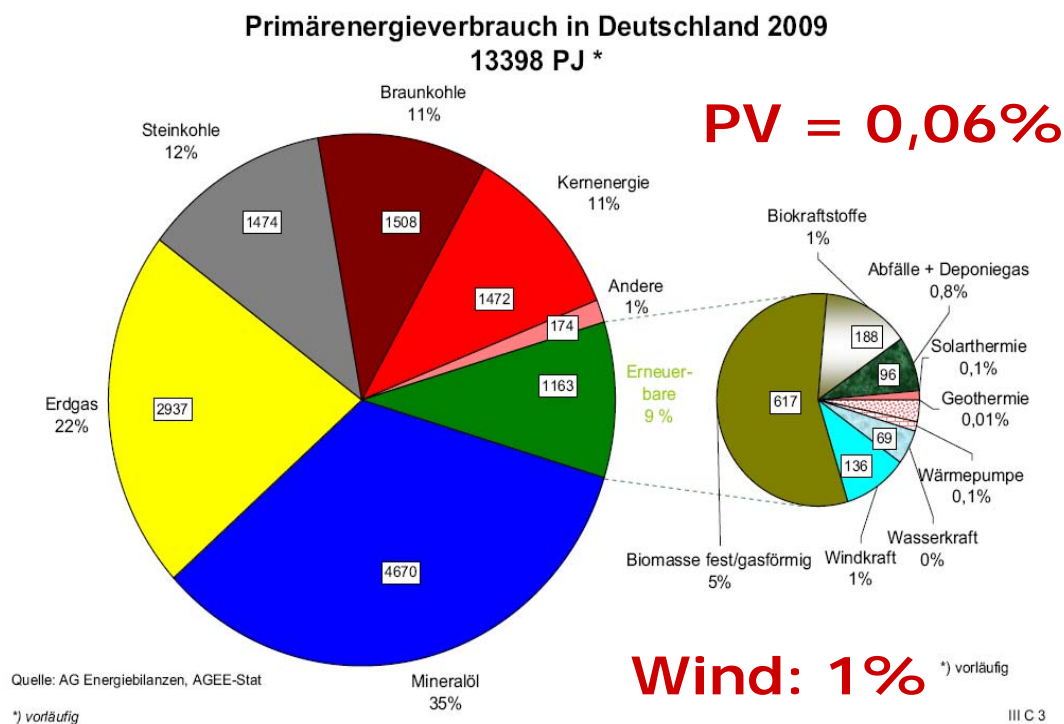


Abbildung 3: Primärenergieverbrauch in Deutschland 2009

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Insgesamt beträgt der Primärenergieverbrauch in Deutschland etwa 14.000 Petajoule (=14.000.000.000.000.000 Joule).

Nach Abzug des Anteils der KKW (ca. 1.500 Petajoule), die wie oben beschrieben entfallen, womit der Energieexport nahezu auf Null reduziert wird, müssen von den restlichen 12.000 Petajoule 20% gemäß EU Strategie durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden, das sind 2.400 Petajoule.

Dabei wollen wir davon ausgehen, dass eine Steigerung der Energieeffizienz in Folge von Einsparungseffekten (Heizungssanierung, Gebäudesanierung, Technische Fortschritte, Intelligente Stromnetze) in

den nächsten 10 Jahren durch den gewünschten Anstieg von 2% Wachstum des Bruttoinlandsproduktes kompensiert wird.

Erdgas mit seinem Anteil von 22 % und seiner günstigeren CO₂ Bilanz (40 % geringer als Kohle) wird zu Zwecken der Kohlendioxidreduktion in den nächsten 10 Jahren dagegen wohl nicht ersetzt werden.

1) Photovoltaik

Grundsätzlich ist hier zu bemerken, dass Deutschland suboptimal geeignet ist, mit der derzeitigen Technik der Solaranlagen Strom zu erzeugen.

Bereits einfache Überlegungen alleine zeigen, dass der Einsatz von Solaranlagen bei uns Unsinn ist. So erhält man in der Sahara im 24 stündigen Mittel pro Jahr eine Leistung der Sonne von 2350 kWh/m², in Deutschland nur 1.000 kWh/m².

Mit einem Wirkungsgrad von 10-15% fördert man in Deutschland eine 30 Jahre alte Technik, deren Produktion inzwischen längst von den Chinesen dominiert wird.

Sinnvoller wäre es hier, Geld in die Forschung zu stecken, um zu versuchen den Wirkungsgrad um den Faktor 3-5 zu steigern, eventuell die Solarzellen auch auf Infrarotstrahlung empfindlich zu machen.

Über die Möglichkeit in Nordafrika Photovoltaik Plantagen aufzubauen, oder mit Solarthermischen Techniken einen höheren Wirkungsgrad dort zu erzielen, möchte ich mich hier nicht auslassen.

In den nächsten 10 Jahren kann man dies wohl nur unter dem Aspekt Vision laufen lassen, besonders im Hinblick auf die instabile politische Lage in Nordafrika.

Bleibt uns also, zu versuchen erneuerbare Energien in Deutschland aufzubauen.

Um 5% von 12.000 Petajoule des Primärenergieverbrauchs durch Photovoltaik Anlagen zu ersetzen, ergeben sich folgende leicht zu berechnende Werte mit den genannten Annahmen:

Wirkungsgrad von Solarzellen	15%
Verfügbarkeit (Wartung etc.)	80%
Flächennutzungsgrad	80%
1.000 kWh/m ² /Jahr entspricht	
3.6 Petajoule/km ² /Jahr	
Benötigte Fläche/km ² für 600 Petajoule/Jahr	166 km ²
	13 km x 13 km
40 GWh Anlage	
von Waldpolenz/Leipzig 2009 kostete	130 Millionen €
600 Petajoule Installation kosten	
ohne Infrastrukturmaßnahmen	722 Milliarden €
Kosten pro kWh ca.	0,26 € ^{*)}

Man kann nur hoffen, dass die Photovoltaik nicht auf 5% des Primärenergieverbrauchs bei uns ausgebaut wird.

Obwohl man bei Ideologien nie sicher sein kann. Hier wird auf das Kosten/Nutzen Verhältnis selten oder nie geachtet.

*) Ab Erzeuger; Kohle: 0,04 €/kWh

2) Windkraftanlagen

Geht man davon aus, dass die ganze Last der erneuerbaren Energien auf dem Ausbau der Windkraft liegt, so ergibt sich das folgende Bild. Wobei noch anzumerken wäre, dass ein weiterer Ausbau nur an der Küste (Off Shore) möglich ist. Dort hat eine einzige Windmühle immerhin die Nennleistung von ca. 7,5 MW (Land 2,5 – 5 MW) bei stetigerem Wind. Außerdem wird der Widerstand der Bevölkerung gegen weiteren Ausbau in der Nachbarschaft immer stärker.



Luftbild des Schleswig-Holsteiner Nordwesten, aufgenommen über Dithmarschen mit Blick gen Nordfriesland. Dr. Musehold JR

Überlegungen zur Windkraft:

Wirkungsgrad von Windkraftanlagen gemeint ist hier die Wandlung innerhalb des Windrades	65%
7,5 MW installierter Leistung mit 65% Wirkungsgrad entsprechen Anzahl der Windräder für 20% von 12.000 Petajoule Endenergieverbrauch/Jahr	0,15 Petajoule/Jahr 15.150 Windräder!
Anzahl ab heute pro jeden Tag zu erstellen 10 Jahre lang	4 Windräder
160 MW Windkraftanlage Off Shore, Horns Rev, Dänemark, 2002, 15 km vor Küste kostete	270 Millionen €
Platzbedarf der 160 MW Windkraftanlage	20 km ²
15.150 Windräder Off Shore a 7,5 MW kosten somit 270 Millionen € x 15.150/160 x 7,5	191 Milliarden €

Platzbedarf der 15.150 Off Shore Windanlagen $14.200\text{km}^2=119\times 119\text{km}^2$

Kosten pro kWh ca. 0,14 €

Das ganze wird natürlich noch interessanter, wenn man berücksichtigt, dass man auf Grund windstillere Tage oder bei zu starken Winden mit nur 30% der Nennleistung rechnen kann (2009 nur 20%).

Off Shore ist dies sicher besser, aber geht man dort optimistisch von einer Auslastung von 40% der Nennleistung aus, so muss man für die restlichen 60% eine Leistung von 1.440 Petajoule Gaskraftwerke als Back Up Kraftwerke für Stillstand der Windräder bereithalten (die KKW Anlagen haben wir ja ausgeschaltet).

Bei Nichtabschalten hätte man die Stromproduktion der KKW als Back Up nutzen können. Auf dies zusätzlichen Back Up Kraftwerke hätte man dann verzichten können.

Ein Gaskraftwerk, das Strom erzeugt, hat typischerweise eine thermische Leistung von 750 MW und einen Wirkungsgrad von 55%. Dieser kann bei Strom-Wärmekopplung bis zu 80% erreichen.

Je nachdem welche Gaskraftwerke geeignet sind, soll im Folgenden ein Wirkungsgrad von 55% angesetzt werden, da die Back Up Kraftwerke nicht im Dauerlastbetrieb arbeiten, sondern nur bei Bedarf hoch- bzw. entsprechend wieder heruntergefahren werden.

Wirkungsgrad Gaskraftwerk thermisch auf -elektrisch	55%
Verfügbarkeit wegen Service, Reparatur etc.	80%
750 MW _{th} entsprechen verfügbarer elektrischer Leistung	330 MW _e
Jährliche effektive Energieerzeugung	10,4 Petajoule/Jahr
Anzahl von Back Up Gaskraftwerken für 1.440 Petajoule	138
Investitionskosten pro 750 MW _{th} Anlage (gemäß Prognos)	350 Millionen €
Kosten aller Anlagen inklusive Netzanschluss	50 Milliarden €
Kosten pro kWh	0,075 €

Die Probleme bei Gaskraftwerken sind die Versorgungssicherheit, die Betriebskosten und die Reserven. Der Gaspeak, der die maximale Förderquote beschreibt, wird von der Internationalen Energiebehörde IEA auf ca. 2075 gelegt.

Zur Stromspeicherung möchte ich mich derzeit nicht äußern, außer dass es bisher kein belastbares Konzept hierzu gibt.

Stromspeicherung macht nur dann Sinn, wenn mehr Strom erzeugt als verbraucht wird. Dazu müsste die Leistung von z. B. Windkraftanlagen derart hochgefahren werden, dass bei deren Stromerzeugung bei guten Windverhältnissen ein Überschuss produziert wird, der für windschwache Zeiten gespeichert werden kann.

Das heißt in unserem Beispiel noch einmal 22.730 Windräder, die zu den oben genannten 15.150 mit den genannten Kosten hinzukommen, nicht zu vergessen die sicher gewaltigen Kosten für die Speicherung.

Gesamtstrompreiserhöhung

Die Gesamtstrompreiserhöhung für die 20% Erneuerbaren Energien nach Abschalten der KKW beträgt überschlägig berechnet:

20% Windkraft an den Stromkosten mit 40% Verfügbarkeit an Stelle von Kohle ergeben ein Strompreiserhöhung von
 $0,2 \times 0,4 \times 0,14/0,04 = 0,28 = 28\%$.

60 Prozent der 20% müssen mit Back Up Gaskraftwerken gefahren werden:

$0,2 \times 0,6 \times 0,07/0,04 = 0,21 = 21\%$.

Gesamt 49%!

Insgesamt muss der Verbraucher wohl mit einer Strompreiserhöhung in der Größenordnung von rund 50% rechnen, falls die Erhöhungen voll auf ihn durchschlagen. Damit wird es aber nicht getan sein, denn es kommen sicherlich noch die Kosten für die neuen Stromnetze hinzu.

Das Abschalten aller KKW bedeutet einen Stromexportverlust von:

$0,04 \text{ €/kWh} \times 1.600 \text{ TerraWs/Jahr} = 0,04 \text{ €/kWh} \times 1.600/3.600 /1000 \text{ TerraWh/Jahr} = 17,8 \text{ Milliarden €/Jahr}$.

Bei linearem Abschalten der KKW innerhalb der nächsten 10 Jahre sind dies etwa 80 Milliarden € bis 2020. Auf die normale Laufzeit von noch 15 Jahren hochgerechnet wären dies sogar 120 Milliarden €.

Eine nicht unbeträchtliche Summe, die den Stromerzeugern entgeht (Opportunitätskosten), und sicherlich teilweise oder ganz als entgangener Deckungsbeitrag von den Konzernen auf die Strompreise aufgeschlagen wird, da auch die Rückbaukosten der KKW durch Rückstellungen während der Betriebsjahre vorgesehen werden.

Während des Schreibens dieses Artikels fällt mir ein:

Hinzu kommen ja noch die 10 Milliarden € pro Jahr, die uns die Förderung der nutzlosen Photovoltaik Anlagen bis 2020 kostet (insgesamt 100 Milliarden €), nutzlos aber dafür kostenintensiv natürlich nur für diejenigen, die sich keine Solaranlage auf ihrem Hausdach oder auf dem Feld leisten können.

Die Förderung dieser veralteten Technik ist für die Wohlhabenden gemacht. Keine Frage, der begüterte Mittelstand verdient daran, die unteren Einkommensklassen bezahlen es.

Diese Wertung ist keine Frage meines politischen oder sozialen Standortes, sondern schlicht Feststellen einer Tatsache.

Sozialpolitisch nennt man dies - glaube ich - eine Umverteilung von unten nach oben.

Abschließende Bemerkung

Das frühzeitige Abschalten der Kernkraftwerke ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar – allerdings wird man wohl in Deutschland keine neuen bauen, und das kann aus heutiger Sicht auch richtig sein. Man sollte aber die Übergangszeit nutzen, durch Forschungs- und Innovationsförderung in die Energietechnik neue Möglichkeiten der Energiegewinnung zu entwickeln.

Eine sinnvolle Alternative wäre natürlich mittelfristig die Kohle- und Gaskraftwerke anstatt der Erneuerbaren Energien auszubauen. Dem steht jedoch das unsinnige so genannte Klimaschutzziel der EU entgegen.

Im Übrigen setzt die Welt außerhalb Deutschlands auf die Kerntechnik und außerhalb Europas auch auf die fossilen Brennstoffe.

(Worauf ich demnächst in einem anderen Artikel zurückkommen werde.)

**Geld, das man hat, kann man nur einmal ausgeben:
Sinnlos ideologisch oder sinnvoll rational.**

„Sinnvoll rational“ schließt Ausgaben für unsere Umwelt ausdrücklich ein, so genannter Klimaschutz gehört nicht dazu.

Unser Wohlstand beruht auf preiswerter Energieerzeugung. Diesen leichtfertig aufs Spiel zu setzen, ist der falsche Weg.

Auch die nächsten Generationen in Deutschland sollten wie wir in einem freiheitlichen demokratischen Rechtsstaat bei angemessenem Wohlstand leben können.

Über 1,5 Milliarden Menschen leben heute noch ohne Strom, heizen und kochen mit Dung, Abfällen und sterben im Alter von 30 Jahren an Lungen- oder Luftröhrenkrebs. 3 Milliarden Menschen ohne Stromversorgung kommen zu diesen im 21. Jahrhundert laut UN noch hinzu, falls es nicht gelingt, eine entsprechende Infrastruktur und angemessenen Lebensstandard dort aufzubauen.

Energie muss für alle Menschen billig (0,04 €/kWh) zur Verfügung stehen, um einen gewissen Wohlstand mit sauberem Wasser, ausreichender Ernährung, medizinischer Versorgung zu erreichen. Darauf haben alle Menschen ein Grundrecht, und dieses werden sie auch einfordern, allen Klimaalarmisten zum Trotz.

Mit wachsendem Wohlstand wird die Bevölkerungsexplosion gedämpft, wie die UN nachweisen konnten. Nur so wird verhindert, dass die

Weltbevölkerung nicht über voraussichtlich 9-10 Milliarden Menschen ansteigt.

(Auch dies werde ich demnächst in einem Artikel ausführlich darstellen.)

Erneuerbare Energien soll und darf man flächendeckend erst einführen, wenn sie Energie zu den Preisen der fossilen Brennstoffe liefert.

Die nötigen technischen Entwicklungen müssen entsprechend gefördert werden - nicht die flächendeckende Einführung sinnloser Photovoltaik oder E10 Bioäthanol.