

Nutzen und Kosten der Energiewende aus globaler Sicht

Inhalt:

1. Einleitung
2. Die Geschichte der Energie
3. Die Kosten der Energiewende
4. Die Produktivität der erneuerbaren Energien
5. Ein Vergleich der Energiepreise
6. Die deutsche Energiewende: ein Zwischenstand
7. Biomasse: eine problematische Energiequelle
8. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland
9. Energie, Klima und Bevölkerung: Die globale Lage
10. Die Situation in den wenig entwickelten Ländern
11. Die Klimaerwärmung: ein Zwischenstand
12. Die Energiewende kommt zu spät
13. Der "Plan B" für das Klima
14. Die Forderung nach mehr Energie
15. Das Dreieck aus Energie, Klima und Bevölkerung

1. Einleitung

Deutschland hat sich nach der Atomkatastrophe in Fukushima entschieden, zukünftig seinen Energiebedarf aus erneuerbaren Energien zu decken. Diese Energiewende hat zwei Ziele. Das erste Ziel ist der "Ausstieg" aus der Kernenergie. Dieser Ausstieg ließe sich relativ leicht durch einen Austausch der Kernkraftwerke gegen gleichgroße Kohle- und Gaskraftwerke umsetzen. Ein Ausbau des Stromnetzes wäre dazu nicht notwendig. Auch der Strompreis würde sich kaum ändern, denn Kohlestrom ist ähnlich preisgünstig wie der Strom aus Kernkraftwerken. Die Energiewende hat aber noch ein zweites Ziel: den "Umstieg" auf die erneuerbaren Energien. Die Motivation für diesen Umstieg ist der Klimaschutz, also die Verringerung der Treibhausgasemissionen. Dieser zweite Teil der Energiewende betrifft die gesamte Primärenergieerzeugung und damit eine rund zehnmal höhere Energiemenge als der Ausstieg aus der Kernenergie.

Die deutsche Energiewende ist also in erster Linie eine Maßnahme zur Bekämpfung der Klimaerwärmung. Im Folgenden wird kritisch hinterfragt, ob die Energiewende dazu das richtige Mittel ist. Sie hat drastische Folgen für die Wirtschaft, wie die historische Entwicklung und eine Kosten- und Produktivitätsanalyse zeigen werden. Angesichts der hohen Kosten stellt sich die Frage, ob die Menschen in den ärmeren Ländern überhaupt in der Lage sein werden, dem deutschen Vorbild zu folgen. Deren vordringlichstes Problem ist nicht der Klimawandel, sondern der Bevölkerungszuwachs. Daher ist es denkbar, dass die Mehrzahl der Länder dem deutschen Vorbild nicht folgen kann und nicht folgen will. Eine Energiewende wäre aber wirkungslos, wenn sie auf Deutschland beschränkt bliebe. Für diesen Fall wird ein "Plan B" benötigt, um die Klimaerwärmung zu bekämpfen.

2. Die Geschichte der Energie

Die Energiewende bedeutet für die gesamte Volkswirtschaft eine dramatische Umstellung, denn Energie ist das Lebenselixier des Industriestaats. Wie wichtig die Energieversorgung tatsächlich ist, zeigt ein historischer Rückblick. Die Wirtschaftsentwicklung in Mitteleuropa kann in drei Phasen eingeteilt werden (Abb. 1). In Phase I, die bis etwa 500 n. Chr. andauerte, gab es nur eine einzige Energiequelle, die heute mit dem Begriff "Biomasse" bezeichnet wird: Getreide, Feldfrüchte, Obst, Holz, Gras, etc. Alle Arbeiten mussten die Menschen selbst verrichten und der "Motor" war die menschliche Muskelkraft. Auch die Güter des täglichen Bedarfs mussten die Bürger selbst herstellen. In dieser Phase produzierte ein Bauer gerade genug für sich selbst und über 90 % der Bevölkerung arbeitete in der Landwirtschaft. Der Verdienst lag umgerechnet auf heutige Verhältnisse bei 10 Cents pro Stunde und die Menschen waren bitterarm. Die Energie aus der Biomasse reichte nur knapp zum Überleben aus. Die Phase II begann mit der Erfindung der Wassermühle. Der Mensch erhielt Zugang zu einer neuen, zusätzlichen Energieform. Das folgende Zitat veranschaulicht die Bedeutung, die Historiker dieser Erfindung beimessen: *"Der Kraftantrieb durch das Wasserrad ist eine menschliche Fundamentalerfindung, die wichtigste überhaupt in der Geschichte der Energie vor der Verwertung der Dampfkraft. Und die Erschließung dieser neuen, von der Biomasse unabhängigen Energiequelle ist vielleicht sogar der Beginn der Kultur des Abendlandes"* (Karl H. Metz, "Ursprünge der Zukunft" Schöningh, 2005). Die Wasserkraft wurde in Manufakturen für vielfältige Arbeitsprozesse eingesetzt. Auch die Landwirtschaft wurde produktiver, zum Beispiel durch eine verbesserte Technik des

Pflügens. Mit der zusätzlichen Energie aus der Wasserkraft ging es den Menschen zehnmal besser. Nach heutigen Maßstäben haben die Menschen damals einen Euro pro Stunde verdient. Die dritte Phase begann um 1800 mit der Erfindung der Dampfmaschine. Zuerst war es nur die Kohle, die zusammen mit der Dampfmaschine die menschliche Muskelkraft ver Hundertfachte. Später kamen Erdöl, Erdgas und Uran hinzu. Auch moderne Automotoren, Kohlekraftwerke und Kernkraftwerke beruhen letztlich auf dem Prinzip der Dampfmaschine. Die hohe Produktivität ermöglicht es, dass heute 80 Millionen Menschen bequem auf der relativ kleinen Fläche Deutschlands leben können. Ein Bauer kann 150 Menschen ernähren und nur noch 2% der Bevölkerung arbeiten in der Landwirtschaft.

Mit jeder Phase haben sich der Pro-Kopf-Energieverbrauch, die Produktivität, der Arbeitslohn und der Lebensstandard verzehnfacht. Heute geht es den Menschen hundertmal besser als vor 2000 Jahren, aber sie verbrauchen auch hundertmal mehr Energie. Im historischen Kontext würde ein vollständiger Umstieg auf die regenerativen Energien einem teilweisen Rückschritt in die Phase II bedeuten. Heute stehen zwar an vielen Stellen modernere Techniken zur Verfügung, aber trotzdem würde die Energie ähnlich wie in Phase II knapper und teurer werden. Da die Energie die Basis des Wohlstands ist, wird dies gravierende Auswirkungen haben. Diese Erwartung wird im Folgenden durch eine Kosten- und Produktivitätsanalyse bestätigt.

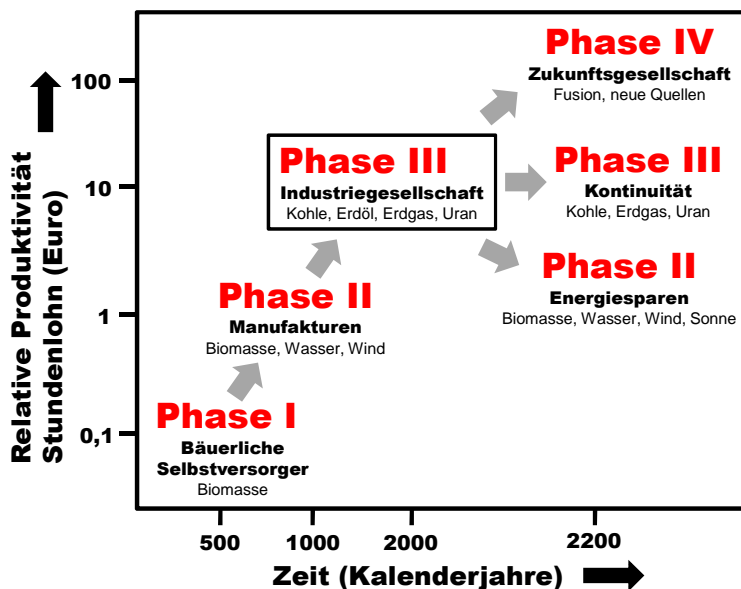


Abb. 1

Die drei historischen Entwicklungsphasen der Volkswirtschaft in Mitteleuropa. Die Phasen unterscheiden sich in der Art ihrer Energieversorgung und der damit verknüpften Produktivität. Mit jeder neuen Phase stiegen Energieverbrauch, Produktivität und Lebensstandard um den Faktor zehn. In der Zukunft kann jede Industrienation zwischen drei möglichen Wegen wählen.

3. Die Kosten der Energiewende

Die historische Entwicklung zeigt eine enge Verknüpfung zwischen der Verfügbarkeit preisgünstiger Energie und dem Lebensstandard. Eine Umstellung der Volkswirtschaft auf knappe und teure Energien würde also vermutlich schwierig werden. Aber wie teuer sind die erneuerbaren Energien wirklich? Die volkswirtschaftlichen Kosten der Energiewende lassen sich aufgrund der vielfältigen Steuern, Abgaben und Fördermittel nur schwer abschätzen. Eine grobe Abschätzung ermöglicht allerdings der Strompreisaufschlag für die erneuerbaren Energien, die sogenannte "EEG-Umlage". Diese beträgt heute 5,3 Cents pro Kilowattstunde. Deutschland verbraucht etwa 500 Milliarden kWh Strom pro Jahr und die Multiplikation mit 5,3 Cents ergibt 26,5 Milliarden Euro. Das gilt für einen Anteil von rund 25% an grünem Strom. Ein Ausbau auf 85% würden also 90 Milliarden kosten oder, umgerechnet auf jeden Haushalt, 188 Euro pro Monat. Die Energiewende bei der Stromerzeugung ist also teuer. Strom ist aber nur ein kleiner Teil des Energieverbrauchs. Eine Wende bei der gesamten Primärenergie inklusive Heizung und Mobilität beträfe eine viermal größere Energiemenge und kostet viermal so viel: 752 Euro pro Monat pro Haushalt. Nicht alle Stromkunden bezahlen die Umlage. Auch die Kosten für den Netzausbau, die Energiespeicherung und die Bereitstellung von Reservekraftwerken wurden bei der Kostenschätzung nicht berücksichtigt. Aber auch eine genauere Analyse, die diese Punkte berücksichtigt, kommt zu dem gleichen Ergebnis: eine umfassende Energiewende wäre unbezahlbar. Die extrem hohe Belastung bestätigt die Erwartung aus der

historischen Analyse, dass eine Umstellung auf die knapperen und teureren Energieformen der Phase II ein starkes Absinken des Lebensstandards bewirken könnte. Sollten die Preise der erneuerbaren Energien sinken, wird die Energiewende entsprechend preiswerter. Allerdings sind dazu gravierende technische Innovationen notwendig, denn der hohe Preis ist eine Folge der niedrigen Arbeitsproduktivität, wie im folgenden Abschnitt dargelegt wird.

4. Die Produktivität der erneuerbaren Energien

Die Arbeitsproduktivität gibt an, wie viele Arbeitsjahre für die Herstellung eines bestimmten Produkts aufgewendet werden müssen. Da die Energie die Grundlage der gesamten Industrieproduktion ist, ist die Arbeitsproduktivität in der Energieerzeugung besonders wichtig, denn eine niedrige Produktivität in diesem Bereich würde sich auf alle anderen Bereiche produktivitätsmindernd auswirken. Im Allgemeinen bedeutet bereits eine Minderung der Produktivität um einen Faktor zwei den Verlust der Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkt, wie das aktuelle Beispiel Griechenlands zeigt /2/. Im Fall der Elektrizitätserzeugung lässt sich die relative Arbeitsproduktivität als die Zahl der Arbeitsjahre angeben, die notwendig sind, um eine bestimmte Menge an Strom zu erzeugen. Das Ergebnis einer solchen Analyse zeigt Tabelle 1. Betrachtet wurde der Arbeitsaufwand für die Erzeugung einer Milliarde Kilowattstunden an elektrischer Energie. Im Fall von Wind und Sonne wurde der zusätzliche Aufwand für Netzausbau, Speicherung und die Bereitstellung von Reservekraftwerken nicht berücksichtigt.

Energieform	Arbeitsjahre Neubau pro Betriebsjahr	Betrieb und Wartung Vollzeitstellen	Gesamtzahl Vollzeitstellen
Kohle	25 - 38	57 - 66	82 - 104
Uran	25 - 52	50 - 70	75 - 122
Wind	195 - 250	450 - 650	645 - 900
Biomasse	73 - 123	435 - 840	508 - 963
Photovoltaik	556 - 660	188 - 200	744 - 860

Tabelle 1

Linke Spalte: Zahl der für den Bau eines Kraftwerks notwendigen Arbeitsjahre. Mittlere Spalte: Zahl der Vollzeitstellen für den Betrieb und die Wartung. Rechte Spalte: Summe aus linker und mittlerer Spalte. Die Arbeitsproduktivität der drei erneuerbaren Energien ist zwischen fünf- bis zehnmals geringer als bei den beiden konventionellen Energieformen. Es werden also fünf- bis zehnmals mehr Angestellte benötigt, um die gleiche Menge an Strom zu erzeugen. Der für nicht grundlastfähige Energien notwendige zusätzliche Aufwand für Netzausbau, Speicherung und die Bereitstellung von Reservekraftwerken wurde nicht berücksichtigt. /1/

Der Vergleich zwischen den drei erneuerbaren Energie Biomasse, Wind und Sonne ergibt eine fünf- bis zehnmals niedrigere Arbeitsproduktivität im Vergleich zur Kohle und zum Uran. Der große Flächenbedarf der Biomasse veranschaulicht diesen Unterschied. Um die Stromproduktion der acht stillgelegten Kernreaktoren durch Strom aus Biomasse zu ersetzen, wäre eine Ackerfläche von 32 000 km² notwendig (Abb. 2). Für die Bewirtschaftung derartig gigantischer Flächen werden sehr viele Arbeitskräfte benötigt. Im Fall der Photovoltaik und der Windkraft ist der Flächenbedarf zwar geringer, aber auch hier werden sehr viele Photovoltaikmodule und Windräder benötigt, um jährlich eine Milliarde Kilowattstunden Strom zu erzeugen. Das wird zur Schaffung vieler Arbeitsplätze führen, für die allerdings nur ein Bruchteil des heutigen Durchschnittslohns gezahlt werden kann. Alternativ könnte der Strom entsprechend verteuert werden. Auch das Ergebnis der Produktivitätsanalyse bestätigt also die Erwartung der historischen Analyse, dass die Energiewende ein teilweiser Rückschritt in die Phase II ist und mit einer Senkung der Produktivität und des Stundenlohns verbunden ist.



Abb. 2
 Flächenbedarf der Biomasse, um die Stromproduktion von acht Ein-Gigawatt-Kraftwerksblöcken zu ersetzen.

5. Ein Vergleich der Energiepreise

Eine fünf- bis zehnmals niedrigere Produktivität sollte einen fünf- bis zehnmals höheren Preis zur Folge haben, wenn die Lohnkosten den Hauptanteil der Herstellungskosten ausmachen. Laut offiziellen Meldungen liegt der Preis für die Photovoltaik heute bei 18 Cents pro Kilowattstunde. Das ist geringer als der Strompreis, den die Privathaushalte zahlen (rund 25 Cents/kWh). Ein Vergleich mit dem Endverbraucherpreis ist allerdings nicht zulässig, da dieser Preis zum einem Großteil aus Steuern, Abgaben und Umlagen besteht. Dazu gehören zum Beispiel die Mehrwertsteuer, die Stromsteuer, die EEG-Umlage und die Netzkosten. Der reine Herstellungspreis wird "Gestehungskosten" genannt. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die Gestehungskosten der wichtigsten Energien mit dem Stand von Januar 2013. Für Photovoltaik und Offshore-Windenergie sind die Stromgestehungskosten aufgeführt, während bei Kohle, Erdgas und Erdöl die Wärme gestehungskosten gelistet sind. Letztere errechnen sich aus der Menge an Wärmeenergie, die bei der Verbrennung frei wird. Beispielsweise kostet ein Kilogramm Kohle 7,4 Eurocents und produziert knapp 10 kWh an Wärmeenergie. Die extrem niedrigen Preise für eine Kilowattstunde an Wärmeenergie aus Kohle und Erdgas (USA) führen zu entsprechend niedrigen Stromgestehungskosten von rund 3 Cents/kWh für Kohle- und Erdgaskraftwerke. Die Stromgestehungskosten von Wind und Sonne liegen damit rund einen Faktor sechs höher. Die in Tabelle 2 aufgeführten relativ hohen Preise für Erdgas in Europa und Erdöl entstehen durch ein Ungleichgewicht zwischen Nachfrage und Angebot. Hier besteht kein direkter Zusammenhang zwischen Preis und Arbeitsproduktivität. Die niedrigen Weltmarktpreise für Kohle und Erdgas bestätigen den hier ermittelten großen Unterschied in der Arbeitsproduktivität zwischen den erneuerbaren Energien und den konventionellen Energien.

Energie	Preis (cts/kWh)	Bemerkungen
Kohle	0,8 ct/kWh	100 US\$/Tonne
Erdgas (USA)	0,9 cts/kWh	3,40 US \$/1MMBtu
Erdgas (EU)	2,7 cts/kWh	27 Euro/MWh EEX
Erdöl	6,8 cts/kWh	110 US \$/Barrel
Wind (offshore)	18 cts/kWh	ohne Speicherung
Solarenergie	18 cts/kWh	ohne Speicherung

Stand 15. Januar 2013

Tabelle 2

Vergleich der Energiekosten der konventionellen Energieträger Kohle, Erdgas und Erdöl mit denen von Offshore-Wind und Photovoltaik in Deutschland. Die zusätzlichen Kosten für den Netzausbau, die Speicherung und die Bereithaltung von Reservekraftwerke für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit bei Sonne und Wind wurden hierbei nicht berücksichtigt.

6. Die deutsche Energiewende: ein Zwischenstand

Die Kosten- und Produktivitätsanalyse der erneuerbaren Energien hat zum Ergebnis, dass eine vollständige Energiewende für Deutschland nach den heutigen Bedingungen nicht bezahlbar ist.

Trotzdem suggerieren die Meldungen in den Medien, dass die Energiewende bereits weit fortgeschritten ist. Inzwischen wird mehr als 20 % des Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich aber bei genauerer Betrachtung auf. Der Strom macht nur rund ein Fünftel des Endenergieverbrauchs aus und tatsächlich stammt bisher nur rund ein Zehntel der gesamten Primärenergie aus erneuerbaren Quellen. Trotz des intensiven Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland wird noch immer der weitaus größte Teil der Energie aus den fossilen Energieträgern Erdöl, Erdgas und Kohle und dem Uran (Abb. 3) gewonnen. Im Rahmen der Energiewende sollen diese vier klassischen Energien durch die erneuerbaren Energien ersetzt werden. Es gibt aber nur vier "grüne" Energien, die nennenswert zur Primärenergieversorgung einer Industriegesellschaft beitragen können: Biomasse, Wasser, Wind und Sonne. Für die Versorgung einer Industriegesellschaft werden Leistungen im Gigawattbereich benötigt. Viele der neuen Energien wie Geothermie oder Wellenkraftwerke werden in absehbarer Zukunft nur Megawatt liefern können und daher für die Versorgung Deutschlands auch mittelfristig keine Rolle spielen. Im Rahmen der Energiewende sollen also die vier "klassischen" Energieträger durch die vier "grünen" Energien ersetzt werden. Der Beitrag der Biomasse kann aber aus ethischen Gründen nicht weiter gesteigert werden, wie die Analyse im folgenden Abschnitt zeigt. Auch die Wasserkraft kann in Deutschland nicht nennenswert ausgebaut werden, da ihr Potenzial bereits nahezu ausgeschöpft ist. Die Energiewende kann also nur auf dem weiteren Ausbau von Wind- und Sonnenenergie beruhen.

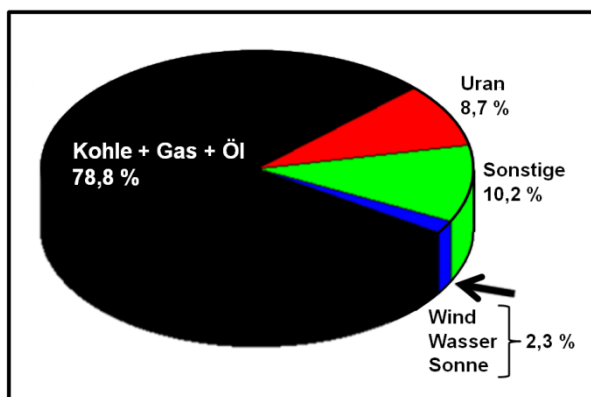


Abb. 3
Primärenergieverbrauch Deutschlands im Jahr 2011. Die erneuerbaren Energien Wasser, Wind und Sonne trugen mit 2,3 % zur Energieerzeugung bei. Der Anteil der Biomasse lag bei 7,7% (unter "Sonstige").

7. Biomasse: Eine problematische Energiequelle

Der Anbau von Energiepflanzen ist angesichts der halben Milliarde hungernder Menschen unverantwortlich. Ein wichtiger Bestandteil der deutschen Energiewende sind die Biotreibstoffe, die per Gesetz zu mindestens 5% (im E10 sind es sogar 10%) im Benzin oder Diesel enthalten sein müssen. Das dazu notwendige Biodiesel und Bioethanol wird aus ärmeren Ländern der Südhalbkugel importiert. Der Anbau der Energiepflanzen führt dort zur Abholzung riesiger Waldflächen und geschieht in naturzerstörenden Monokulturen (Abb. 4). Die höchsten Erträge werden mit dem Einsatz des Pflanzenvernichtungsmittels "Roundup" erzielt, das aus Flugzeugen auf die Felder ausgebracht wird. Alle Pflanzen sterben. Nur die gentechnisch gegen das Gift immunisierten Öl- oder Sojapflanzen überleben und gedeihen auf den ansonsten toten Feldern. Aber auch der Anbau von Energiepflanzen in Deutschland bewirkt eine Zunahme des Hungers in der Welt. Da immer mehr Ackerfläche für den Anbau von Energiepflanzen genutzt wird, muss Deutschland zunehmend Lebensmittel auf dem Weltmarkt einkaufen und treibt damit die Preise weiter nach oben. In diesem Kontext wirkt der Anspruch auf eine Voreiterrolle absurd, da die Menschen in den armen Ländern ihre Ackerfläche nicht für die Energieerzeugung nutzen können, sondern dringend für die Nahrungsmittelerzeugung benötigen.



Abb. 4
Gigantische Palmöl-Monokultur in Brasilien.
Das Palmöl dient der Biotreibstoffherzeugung
für die USA und Europa. /3/

8. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland

Die deutsche Energiewende kann in der Zukunft nach heutigem Wissen nur auf der Photovoltaik und der Windenergie basieren. Die Stromproduktion aus diesen beiden Energieformen wächst jährlich um 12 Milliarden kWh. Um einen Anteil von 85% an der Stromerzeugung zu erreichen, müssen noch weitere 300 Milliarden kWh aus Kern- und Kohlekraftwerken durch Strom aus Sonne und Wind ersetzt werden. Bei der aktuellen Ausbaurate wird das noch 25 Jahre dauern. Eine klimarelevante Reduktion der Kohlendioxidemissionen erfordert allerdings einen Umstieg bei der gesamten Primärenergieerzeugung. In Deutschland ist bisher nur ein moderater Umstieg von lediglich 60% der Primärenergieerzeugung vorgesehen. Zum Erreichen dieses Ziels ist eine jährliche Energieerzeugung von weiteren 1200 kWh aus erneuerbaren Energien notwendig. Dies würde bei der aktuellen Ausbaurate 100 Jahre dauern.

9. Energie, Klima und Bevölkerung: Die globale Lage

Global gesehen kann von einer Energiewende oder auch nur einer Reduktion des Verbrauchs an fossilen Energieträgern keine Rede sein. Abb. 5 zeigt die weltweite Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der Kohlendioxidemissionen über die letzten 20 Jahre. Beide Größen sind um 40 % angestiegen. Die Kohlendioxidkurve folgt dabei fast deckungsgleich der Entwicklung des Energieverbrauchs, weil der weitaus größte Teil der Energie aus der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas stammt. Abb. 5 zeigt auch die Entwicklung der Weltbevölkerung, die im gleichen Zeitraum um 30% zugenommen hat. In Zahlen heißt dies, dass die Menschheit alle 12 Jahre um eine Milliarde Menschen anwächst. Eine Milliarde Menschen leben zurzeit in Afrika. Um also die Bevölkerungsdichte konstant zu halten, wäre alle 12 Jahre ein neuer Kontinent der Größe Afrikas notwendig. Bis zum Jahr 2003 folgt die Kurve des Energieverbrauchs der Zunahme der Weltbevölkerung, da mehr Menschen mehr Energie verbrauchen. Aber in den letzten Jahren stieg der Energieverbrauch sogar stärker an als die Zahl der Menschen. Es gibt nicht nur mehr Menschen, sondern gleichzeitig steigt auch deren Lebensstandard und damit der Pro-Kopf Energieverbrauch. Das globale Bruttoinlandsprodukt hat sich in den letzten 20 Jahren verdoppelt und für viele Menschen bedeutet dies, dass sie aus der bittersten Armut entkommen konnten. Der Anstieg des globalen Lebensstandards ist also eine positive Entwicklung, auch wenn er mit einem noch stärkeren Anstieg des Energieverbrauchs verbunden ist.

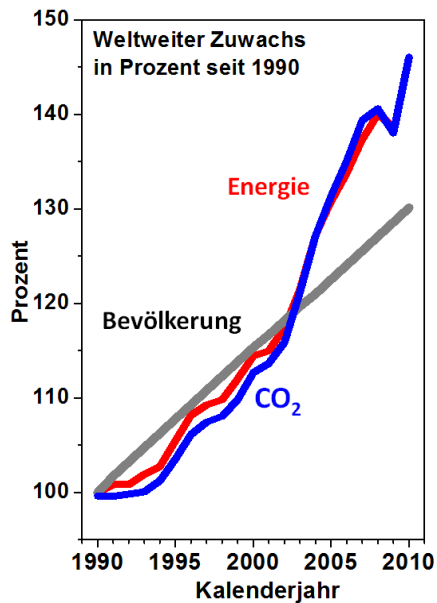


Abb. 5
Wachstum der Weltbevölkerung (grau), des globalen Primärenergieverbrauchs (rot) und der weltweiten Kohlendioxidemissionen (blau) während der letzten 20 Jahre. Referenzwert sind die Zahlen für 1990 (=100%). Die rote Kurve verläuft stellenweise unter der blauen.

Die einzelnen Länder tragen unterschiedlich stark zu den weltweiten Kohlendioxidemissionen bei. Abb. 6 zeigt als Beispiel die Veränderung der Kohlendioxidemissionen für drei ausgewählte Länder und Regionen: Deutschland, Afrika und China. Die Emissionen in Deutschland sind um rund 20% gesunken, während parallel die etwa gleich großen Emissionen in Afrika langsam ansteigen. Deutschland emittiert so viel Kohlendioxid wie ganz Afrika. Viele Menschen in Afrika sind unvorstellbar arm und verbrauchen daher kaum Energie. Die Lebenserwartung ist eng mit dem Lebensstandard verknüpft und in einigen Ländern südlich der Sahara liegt die Lebenserwartung sogar unter 50 Jahren. Auch hier wird die enge Verknüpfung zwischen Lebensstandard und Energieverbrauch deutlich. Abb. 6 zeigt aber auch, dass es praktisch keine Rolle spielt, wie sich die Kohlendioxidemissionen in Deutschland oder in Afrika verändern. In den bevölkerungsreichen Schwellenländern mit ihrem starken Wirtschaftswachstum sind die Kohlendioxidemissionen in den letzten Jahren extrem stark angestiegen und dominieren die globale Veränderung der Emissionen. Allein in China steigen die Emissionen in zwei Jahren um den Betrag an, den Deutschland jährlich insgesamt emittiert. Würde also Deutschland seine Emissionen auf Null reduzieren, würde diese Einsparung innerhalb von zwei Jahren allein durch den Zuwachs in China kompensiert werden. Dort ging während der letzten zehn Jahre im Durchschnitt jede Woche ein neues Kohlekraftwerk ans Netz.

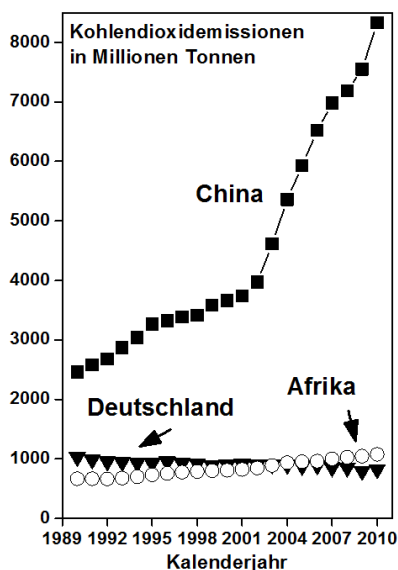


Abb. 6
Entwicklung der Kohlendioxidemissionen während der letzten 20 Jahre in China, Deutschland und Afrika.

In den vergangenen 20 Jahren sind also der globale Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen um rund 50% gewachsen. Angetrieben wird diese Entwicklung durch das Bevölkerungswachstum. Solange die Weltbevölkerung um eine Milliarde alle 12 Jahre wächst, erscheint es als unwahrscheinlich, dass sich diese Entwicklung umkehrt. Aber neben dem Zuwachs an Bevölkerung gibt es noch zweiten Aspekt, der eine globale Energiewende erschwert: die große Armut in vielen Ländern der Erde.

10. Die Situation in den wenig entwickelten Ländern

Die Energiewende ist also teuer und wird in Deutschland zu großen Belastungen für die Bürger und die Industrie führen. Eine vernünftige obere Grenze für die Ausgaben einer Volkswirtschaft für die Energie liegt bei 10% des Bruttoinlandsprodukts. Jeder Prozentpunkt mehr würde Kürzungen in anderen Bereichen wie der Bildung, den Sozialausgaben oder im Gesundheitssystem mit sich bringen. Das gilt auch für Länder mit einem sehr viel geringeren Volkseinkommen und diese Länder können sich daher nur sehr preiswerte Energien leisten. Abb. 7 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bevölkerungswachstum und der Armut. Das Pro-Kopf Bruttoinlandsprodukt wird als Maß für den Lebensstandard genommen und kann vereinfachend als mittleres Jahreseinkommen angesehen werden. Für eine stabile Bevölkerung sollte die Geburtenrate zwischen 2 und 3 Kindern liegen. Das Bevölkerungswachstum findet hauptsächlich in den bitterarmen Ländern statt, die ein jährliches Pro-Kopf Bruttoinlandsprodukt von weniger als 1500 US \$ aufweisen. Die Menschen in diesen Ländern leben also von weniger als einem Fünfzigstel des Durchschnittseinkommens eines Deutschen. Sie können daher auch nur entsprechend weniger für die Energie bezahlen. In Abb. 7 wird als Armutsgrenze ein Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt von 1500 US \$ angenommen, da unterhalb von diesem Wert die Geburtenrate stark ansteigt. Die Länder, die sich in dieser Zone großer Armut befinden, haben zusammen etwa 3 Milliarden Einwohner. Ein Beispiel für einen extrem hohen Grad an Armut ist Bangladesch. In diesem Land leben doppelt so viele Menschen wie in Deutschland. Das dicht bevölkerte Land hat ein Bruttoinlandsprodukt von 87 Milliarden Euro. Die Kosten für den ersten Teil der deutsche Energiewende (90 Milliarden Euro, Tabelle 1) sind also etwa so hoch wie das gesamte Volkseinkommen dieses Landes.

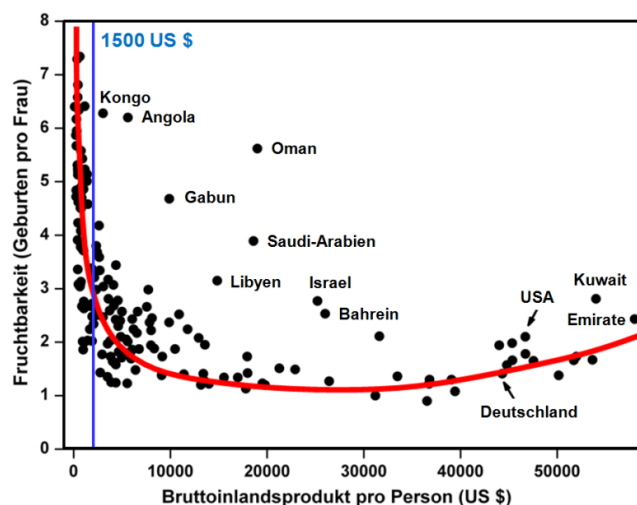


Abb. 7
Zusammenhang zwischen Geburtenrate und Armut. Jeder Punkt steht für ein Land. Die Position im Diagramm ergibt sich aus der mittleren Kinderzahl pro Frau und dem jährlichen Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt. Für die meisten Länder oberhalb der Armutsschwelle (blau) von 1500 US \$ liegt die Zahl der Kinder bei zwei. Das bedeutet eine stabile Bevölkerung. Unterhalb der Armutsschwelle steigt die Kinderzahl stark an.

11. Die Klimaerwärmung: ein Zwischenstand

Die Kohlendioxidemissionen sind bisher jedes Jahr gestiegen und werden vorerst wohl weiterhin ansteigen (Abb. 5). Aber selbst wenn die jährlichen Emissionen konstant blieben, würde die Menge an Kohlendioxid in der Atmosphäre jedes Jahr zunehmen. Die Atmosphäre speichert das Gas für lange Zeit und solange es weiter Emissionen gibt, steigt die Konzentration. Würde kein Kohlendioxid mehr aus der Verbrennung fossiler Energieträger hinzu kommen, würde das überschüssige Kohlendioxid langsam über Hunderte von Jahren abgebaut werden und schließlich würde sich der vorindustrielle Gleichgewichtswert wieder einstellen. Kohlendioxid ist ein ungiftiges Spurengas, das von Natur aus in der Erdatmosphäre enthalten ist. Die natürliche Konzentration liegt bei 0,28 Promille. Seit der industriellen Revolution ist dieser Wert auf knapp 0,4 Promille angestiegen. Zurzeit nimmt die Kohlendioxidkonzentration jedes Jahr um 0,0015 Promille zu. Bei dieser Rate wird sich die Konzentration in 100 Jahren gegenüber dem natürlichen Gleichgewichtswert verdoppelt haben. Kohlendioxid ist ein Treibhausgas und diese Gase behindern die Wärmeabstrahlung von der Erdoberfläche und wirken dadurch wie eine Wärmeisolation. Steigt die Konzentration an Kohlendioxid

an, wird es zwangsläufig wärmer. Wenn für weitere 100 Jahre fossile Brennstoffe im heutigen Umfang oder sogar in noch größeren Mengen verbrannt werden, könnte dies die Erde langfristig, das heißt in 500 oder 1000 Jahren, in eine "akryogene" Warmphase treiben. "Akryogen" bedeutet, dass die Pole eisfrei sind. Das war der normale Zustand der Erde während der letzten 200 Millionen Jahre, als das Klima etwa 6-8 Grad wärmer war als heute. Der Meeresspiegel wäre dann rund 80 Meter höher und der Kölner Dom würde nur noch zur Hälfte aus dem Wasser ragen (Abb. 8).

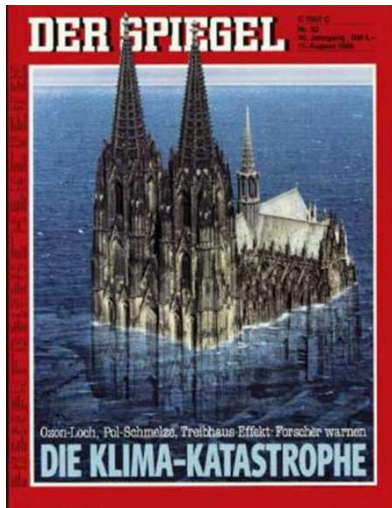


Abb. 8

Titelblatt des Spiegels vom 11.8.1986. Wenn die Antarktis und Grönland vollständig abtauen, steigt der Meeresspiegel um rund 80 Meter.

Der Abtauprozess der Eisschilde hat heute bereits eingesetzt, aber er ist langsam. Abb. 9 zeigt die Veränderung des Meeresspiegels in den letzten 20 Jahren. Der Meeresspiegel ist im Mittel um 3 mm pro Jahr angestiegen. Bis der Kölner Dom unter Wasser steht, dauert es also noch 25 000 Jahre. Das ist eine sehr lange Zeitspanne. Vor 25 000 Jahren war die Erde in der Hochphase der letzten Eiszeit und Köln befand sich unter einem kilometerdicken Eispanzer. Innerhalb solcher für den Menschen kaum vorstellbar langen Zeiten finden also auch natürliche Klimaveränderungen statt. Ohne die menschengemachte Klimaerwärmung wäre die Erde heute auf dem Weg in die nächste Eiszeit. Dieser langsame Abkühlprozess zieht sich über viele Jahrtausende hin und die kleine Eiszeit vor rund 300 Jahren war möglicherweise ein erster Vorbote der Eiszeit. Diese langsame Abkühlung wird nun durch die schnellere menschengemachte Klimaerwärmung unterbrochen. Die Erwärmung findet innerhalb weniger hundert Jahre statt und ist damit zehnmal schneller als die langsame natürliche Abkühlung. In 1000 Jahren werden jedoch die fossilen Energieträger weitestgehend erschöpft sein und der Kohlendioxidgehalt wird sich normalisieren. Letztendlich wird die langsame Abkühlung dann wieder dominieren.

Der Anstieg des Meeresspiegels ist ein ernstes Problem, aber er ist langsam. In den nächsten hundert Jahren wird der Meeresspiegel um knapp einen Meter ansteigen und dieses Problem lässt sich mit relativ einfachen Mitteln des Küstenschutzes in den Griff bekommen. Viele Bürger haben darüber hinaus die Befürchtung, dass die Klimaerwärmung zu häufigeren und stärkeren Stürmen und zu vermehrten Dürren führen wird. Hurrikane wie Katrina und Sandy hat es aber schon vor 300 Jahren gegeben und ihre Stärke und Häufigkeit hing nicht von der Temperatur ab. Tatsächlich gab es während der Eiszeit, als es erheblich kälter war als heute, verheerende Stürme. Es ist also keineswegs gesichert, dass die Klimaerwärmung zu mehr Stürmen führen wird. Dürren wird es sogar weniger geben und auch der Weltklimarat sagt für die Zukunft eine Zunahme der Regenfälle vorher, da bei höherer Temperatur mehr Wasser aus den Ozeanen verdunstet. Das wirklich ernste Klimaproblem ist der Anstieg des Meeresspiegels und langfristig muss die Menschheit eine Lösung für dieses Problem finden.

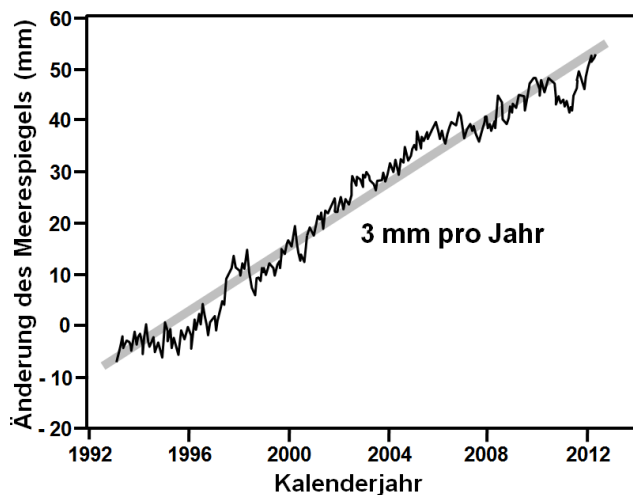


Abb. 9
Sattelitendaten zur Veränderung des Meeresspiegels. Der Meeresspiegel steigt annähernd kontinuierlich mit einer Rate von 3 mm pro Jahr. Die Marke von 80 Metern (siehe Abb. 8) wird also nach rund 25 000 Jahren erreicht. /4/

12. Die Energiewende kommt zu spät

Ohne eine rasche und drastische Reduktion der Kohlendioxidemissionen wird sich der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre in 100 Jahren verdoppelt haben. Nach den Berechnungen der Klimaforscher führt das zu einer Temperaturerhöhung zwischen zwei bis sechs Grad. Genauere Vorhersagen sind bisher nicht möglich, da das Klima von vielen Faktoren beeinflusst wird, die sich gegenseitig verstärken oder dämpfen können. Der wahrscheinlichste Wert liegt bei einer Temperaturzunahme von drei Grad. Diese Temperatur ist allerdings nur der Beitrag des Kohlendioxids. Das Klimagas Methan, das zum Beispiel in großen Mengen in der Landwirtschaft freigesetzt wird, wird diesen Temperaturanstieg noch weiter verstärken, so dass eine Erwärmung um vier Grad wahrscheinlich ist. Vor rund 100 000 Jahren gab es schon einmal eine Klimaperiode, in der es wärmer war als heute. In der Eem-Warmzeit war es 2 Grad wärmer und der Meeresspiegel lag um 4-6 Meter höher als heute. Die Region der heutigen Niederlande war damals überflutet und am Rhein gab es Flusspferde. Wenn bereits eine moderate Erwärmung um nur 2 Grad derartig heftige Konsequenzen hat, dann ist eine Erwärmung um 4 Grad nicht akzeptabel.

Auch wenn schließlich alle anderen Länder dem deutschen Vorbild folgen sollten, werden sie damit frühestens in ein oder zwei Jahrzehnten beginnen. Auch wird der Ausbau der erneuerbaren Energien dort langsamer erfolgen, da die meisten Länder sehr viel ärmer sind als das Industrie- und Exportland Deutschland. Eine globale Energiewende wird also deutlich länger dauern als die Energiewende in Deutschland, die 100 Jahre dauern wird (Kap.8). Die Energiewende kann also die drohende Verdoppelung des Kohlendioxidgehalts nicht verhindern und wird möglicherweise gar keine Wirkung auf die Entwicklung des Klimas der Erde haben. Selbst das intensive Ausbauprogramm Deutschlands ist zu langsam und der Rest der Welt hat noch nicht einmal damit begonnen, die Kohlendioxidemissionen zu reduzieren. Die Energiewende ist daher nicht der richtige Weg, um die Klimaerwärmung zu bekämpfen.

13. Der "Plan B" für das Klima

Abb. 3 zeigt, dass das Bevölkerungswachstum mit einem stetig steigenden Energieverbrauch und parallel ansteigenden Kohlendioxidemissionen verknüpft ist. Sowohl die Klimaerwärmung als auch der Ressourcenverbrauch werden durch den wachsenden Bevölkerungsdruck angetrieben. Nur wenn es gelingt, die Bevölkerungszahl auf der Erde zu stabilisieren, können die Lebensbedingungen auf der Erde nachhaltig bewahrt werden. Der ausgeprägte Zusammenhang zwischen Lebensstandard und Geburtenrate (Abb. 7) zeigt, wie die Bevölkerung stabilisiert werden kann: wenn der Lebensstandard der Menschen über die Armutsschwelle von 1500 US \$ pro Person ansteigt, dann sinken die Geburtenraten nahezu von selbst auf einen vertretbaren Wert von zwei bis drei Kindern. Aus diesem Grund sinken in praktisch allen Ländern die Geburtenraten, da global der Lebensstandard steigt. Diese Entwicklung muss weitergehen und dazu ist ein starkes Wirtschaftswachstum in den armen Ländern notwendig. Die Verfügbarkeit ausreichender Mengen an bezahlbarer Energie ist die notwendige Voraussetzung für dieses Wirtschaftswachstum. In diesen Ländern wird also der Verbrauch von Kohle und Erdgas weiter ansteigen und auch Kernkraftwerke werden dort vermehrt gebaut werden. Kohle, Erdgas und Uran gibt es noch für mindestens 200 Jahre in ausreichender Menge.

Diese Ressourcen werden im Rahmen dieser Entwicklung zwar weiter verbraucht werden, aber wenn es dadurch gelingt, die Bevölkerungszahl zu stabilisieren, ist dieser Preis vertretbar.

Im nächsten Jahrhundert droht daher ein Übergang in ein zu warmes Klima, denn die Kohlendioxidemissionen werden noch für viele Jahrzehnte weitergehen und sogar noch weiter ansteigen. In einigen tausend Jahren droht dagegen der Übergang zur nächsten Eiszeit. In Sinne einer Verantwortung für die zukünftigen Generationen muß also das Klima der Erde in jedem Fall stabilisiert werden. Dies erfordert eine aktive Klimakontrolle. Es gibt verschiedene Techniken, die dazu geeignet sind und es muss noch genauer erforscht werden, welche Techniken mit möglichst wenig unerwünschten Nebenwirkungen eine Klimakontrolle ermöglichen.

Eine dieser Techniken basiert auf der Nachahmung eines natürlichen Effekts. Nach jedem großen Vulkanausbruch gab es in der Vergangenheit der Erde eine Klimaabkühlung um ein bis zwei Grad. Der bekannteste Fall ist das Jahr 1815, das als Jahr ohne Sommer in die Geschichte eingegangen ist. In Deutschland hat es damals im Juli geschneit und es kam zu einem Ausfall der Ernte und in der Folge zu Hungersnöten. Die Ursache der Abkühlung war der Vulkanausbruch des Tambora in Indonesien, der große Mengen an Schwefeldioxid in die Atmosphäre abgegeben hat. Schwefeldioxid ist ein farbloses Gas, das sich mit Wasser zu Aerosolpartikeln verbindet, die mehrere Jahre lang in der oberen Atmosphäre verbleiben können. Die Aerosolpartikel reflektieren einen Teil des Sonnenlichts und deswegen erreicht weniger Sonnenlicht die Erdoberfläche. In der Folge sinkt die Temperatur. Künstliche Aerosole lassen sich im Prinzip aus Flugzeugen ausbringen und bei der richtigen Wahl der Partikel kann möglicherweise ohne zu große Nebenwirkungen eine globale Klimaabkühlung erreicht werden. Allerdings werden zur Herstellung der Aerosole und zum Betrieb der Flugzeuge große Energiemengen benötigt. Das gilt auch für andere Methoden der Klimakontrolle, die in der Wissenschaft diskutiert werden. Generell sind die benötigten Energiemengen größer als die Energiemenge, die bei der Erzeugung des Kohlendioxids frei wurde. Eine aktive Kühlung des globalen Klimas ist mit wenig Energie also nicht möglich.

14. Die Forderung nach mehr Energie

Für eine aktive Stabilisierung des Weltklimas ist sehr viel Energie notwendig - mehr, als heute zur Verfügung steht. Auch für die Reduktion des Bevölkerungswachstums wird viel Energie benötigt, denn die Geburtenraten sinken, wenn der Lebensstandard steigt und das erfordert viel bezahlbare Energie. Für eine Lösung beider Probleme, der Stabilisierung des Klimas und der Stabilisierung der Bevölkerungszahl, ist also sehr viel preiswerte Energie erforderlich. Die Energiewende ist aus zwei Gründen der falsche Weg. Zum einen blockiert sie andere Lösungen für das Klimaproblem, da die erneuerbaren Energien mit ihrer geringen Energiedichte (Abb. 10) zu schwach sind, um eine aktive Klimakontrolle zu ermöglichen. Weiterhin bietet sie auch für das Bevölkerungsproblem keine Lösung an. Im Gegenteil: eine Energiewende, sollte sie global umgesetzt werden, wird zu einem Absinken des Lebensstandards führen und damit zu einem Wiederanstieg der Geburtenraten in den armen Ländern.

In den nächsten Jahrzehnten wird also mehr preiswerte Energie benötigt, um in den armen Ländern ein kräftiges Wirtschaftswachstum zu ermöglichen. Kohle- und Erdgaskraftwerke können bezahlbaren Strom liefern und werden daher in Zukunft in den weniger entwickelten Ländern in zunehmenden Maß gebaut werden. Das gilt auch für Kernkraftwerke. Deutschland könnte diesen Ländern helfen, saubere, sichere und effiziente Kraftwerke zu bauen. Allerdings werden die Kohlendioxidemissionen weiter ansteigen und mit ihnen die globale mittlere Temperatur. In den nächsten 100 Jahren wird der Klimawandel noch moderate Auswirkungen haben. Der Meeresspiegel wird maximal um einen Meter steigen. Die Erwärmung wird zu vielen weiteren lokalen Klimaveränderungen führen, die aber nicht katastrophal sind. Denn durch eine moderate Klimaerwärmung werden auch große Landflächen im hohen Norden bewohnbar und die Grenze für Ackerbau und Viehzucht wird sich weiter nach Norden verschieben. Die Witterungsperiode wird länger und die Niederschläge werden global zunehmen, so dass mit höheren Ernteerträgen zu rechnen ist. Vorerst wird die Klimaerwärmung also auch positive Folgen haben - auch wenn darüber in den Medien nicht berichtet wird. Die Zahl der Menschen wird auf mehr als 10 Milliarden ansteigen und dann hoffentlich konstant bleiben.

In 50 oder 100 Jahren wird die Klimaerwärmung immer stärkere Auswirkungen haben. Schließlich wird es notwendig werden, die Erwärmung auf einen Maximalwert zu begrenzen. Bis dahin werden hoffentlich stärkere Energiequellen zur Verfügung stehen, die es den dann lebenden Menschen ermöglichen das Klima zu steuern. Welche Energiequellen das sein werden, darüber lässt sich heute nur spekulieren. Die heute bekannten Naturgesetze erlauben prinzipiell die Erzeugung ausreichend großer Energiemengen aus den beiden Formen der Kernenergie, der Kernspaltung und der Fusion. In

100 Jahren könnten aber auch ganz neue Energieformen zur Verfügung stehen. Die heutigen technischen Möglichkeiten waren vor hundert Jahren ebenfalls unvorstellbar.

15. Das Dreieck aus Energie, Klima und Bevölkerung

Deutschland befindet sich mit der Energiewende auf einem ideologiegetriebenen Sonderweg, der keine Lösung für die großen Probleme der Zukunft bietet. Die knappen und teuren erneuerbaren Energien eignen sich nicht dazu, das Bevölkerungswachstum zu bremsen oder die Klimaerwärmung zu bekämpfen. Die Entscheidung zum Umstieg auf die erneuerbaren Energien kann nur im Rahmen eines auf Deutschland und die Situation in einem reichen Industrieland begrenzten Umfeldes verstanden werden. Die Überlegungen, die zur Entscheidung für eine Energiewende geführt haben, haben das Hauptproblem der Erde, das Bevölkerungswachstum, ganz außer acht gelassen, und das zweite gravierende Problem der Erde, die Klimaerwärmung, unterschätzt. Ebenso wurden die Kosten der Energiewende und die finanzielle Belastung, die vor allem die einkommensschwachen Haushalte in Deutschland treffen wird, vollkommen unterschätzt.

Für eine vernunftorientierte Vorgehensweise ist eine globale, langfristige und ganzheitliche Betrachtungsweise der drei Problemkreise Klima, Energie und Bevölkerung unabdingbar (Abb. 11). An erster Stelle muss eine sinnvolle Prioritätensetzung erfolgen. Erste Priorität hat das Bevölkerungswachstum, da es, sollte die Bevölkerung weiterhin ungebremst anwachsen, jede Bemühung um Umwelt- und Klimaschutz zunichte macht. Die Geburtenraten sinken nahezu von selbst, wenn der Lebensstandard steigt. Der Lebensstandard kann in den armen Ländern nur steigen, wenn ausreichend Energie vorhanden ist. Da die Menschen in diesen Ländern arm sind, muss diese Energie preiswert sein. Das sind heute Kohle, Erdgas und Uran. Bis zum Jahr 2100 wird sich die Bevölkerung hoffentlich bei 10 Milliarden Menschen stabilisiert haben. Bis dahin wird die Erderwärmung erheblich fortgeschritten sein, aber noch keine allzu dramatischen Folgen haben. Die zu erwartende weitere Erderwärmung muss dann mit dem Einsatz massiver technischer Mittel bekämpft werden, für die sehr starke Energiequellen notwendig sind.

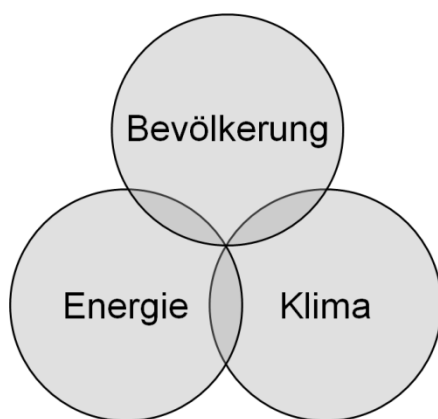


Abb. 11
Das Dreieck aus Bevölkerung, Energie und Klima symbolisiert die wechselseitigen Beziehungen dieser drei Problemkreise. Nur eine globale, langfristige und ganzheitliche Betrachtungsweise kann zu sinnvollen Lösungen führen.

Referenzen:

- /1/ Die Studie zur Produktivität kann vom Autor angefordert werden (gerd.gantefoer@uni-konstanz.de).
- /2/ Christoph Schröder, "Produktivität und Lohnstückgutkosten im internationalen Vergleich", Institut der deutschen Wirtschaft Köln, IW-Trends 4/2009, Dezember 2010, Internet Stand 8.2.2013: http://www.iwkoeln.de/Portals/0/pdf/trends04_10_4.pdf
- /3/ Bildquelle Internet Stand 6.2.2013: http://www.fu-berlin.de/presse/publikationen/fundiert/2012_01/07_gross/bild_palmoel/palmoel739.jpg?1335277650
- /4/ Datenquelle Internet Stand 6.2.2013: <http://sealevel.colorado.edu/>