

Bevölkerungswachstum und Klimawandel: Warum fossile Brennstoffe für die armen Länder unverzichtbar sind

GERD GANTEFÖR

Einführung

Viele Menschen glauben, dass die regenerativen Energien das einzige Mittel sind, um die Klimaerwärmung zu bekämpfen. Sie schlagen vor, mit dem Verbrennen von Öl, Gas und Kohle aufzuhören und auf saubere Technologien wie Windkraft und Sonnenenergie umzusteigen. Deutschland erhebt einen Führungsanspruch im Bereich regenerativer Energien, und die Öffentlichkeit ist der Meinung, dass Deutschland weniger von den fossilen Brennstoffen als andere Industrienationen abhängt. Aber da irrt die öffentliche Meinung. Der Anteil der fossilen Brennstoffe Kohle, Erdgas und Erdöl ist in Deutschland ähnlich hoch wie im Rest der Welt und liegt bei rund 80 Prozent. Und die öffentliche Meinung irrt noch in einem weiteren fundamentalen Punkt. Die Prioritäten werden falsch gesetzt. Durch die Klimaerwärmung droht uns kein Weltuntergang, und es wäre verheerend, alle politischen Entscheidungen dem alleinigen Ziel einer Reduktion der Treibhausgasemissionen unterzuordnen. Eine solche einseitige Politik ist eine Übertreibung und könnte schlimme Folgen haben (Lomborg 2007). Tatsächlich stellt das Wachstum der Weltbevölkerung ein viel dringenderes Problem dar. Alle 12 Jahre wächst die Weltbevölkerung um eine Milliarde Menschen (UN 2008). Das sind genauso viele Menschen, wie heute in ganz Afrika leben.

Ein Vergleich der Gefahren der Klimaerwärmung und des Bevölkerungswachstums ist dann möglich, wenn der Schutz menschlichen Lebens als höchstes Gut betrachtet wird. Die Klimaerwärmung bedroht die Menschen durch den Anstieg des Meeresspiegels, Stürme und Dürren. Überbevölkerung bedroht die Menschen durch Hungersnöte, Epidemien und Bürgerkriege. Im Folgenden wird gezeigt, dass das Bevölkerungswachstum zehnmals schneller zu einer fatalen Bedrohung werden wird als die Klimaerwärmung. Die Klimaerwärmung könnte sogar einige Vorteile haben. Eine genaue Analyse aller Vorhersagen der Klimaforscher sprengt den Rahmen dieses Beitrags und wird an anderer

Stelle präsentiert (Ganteför 2010). Stellvertretend für alle Probleme, die die Klimaerwärmung mit sich bringt, wird hier nur der vom Weltklimarat vorhergesagte Anstieg des Meeresspiegels betrachtet (Intergovernmental Panel of Climate Change 2007). Der durch ein Abtauen der Eisschilde verursachte Anstieg wird als eine der schwerwiegendsten Folgen der Klimaerwärmung angesehen.

Die Klimaerwärmung und der Bevölkerungsanstieg sind keine unabhängigen Probleme, sondern sie sind miteinander verknüpft. Bereits heute wird der Anstieg der globalen Kohlendioxidemissionen nicht mehr durch die Industriestaaten verursacht, sondern durch das Bevölkerungswachstum in den wenig entwickelten Ländern. Mehr Menschen, die noch dazu einen höheren Lebensstandard anstreben, verbrennen mehr fossile Brennstoffe. Bereits 1972 hat der Club of Rome in seinem berühmten Buch *Die Grenzen des Wachstums* vor den Gefahren der Bevölkerungsexplosion gewarnt (Meadows et al.). Heute ist das Bevölkerungswachstum eine Folge der hohen Geburtenzahlen in den wenig entwickelten Ländern. Als Geburtenzahl wird im Folgenden die mittlere Zahl der Kinder angenommen, die eine Frau während ihres Lebens zur Welt bringt. Diese Raten müssen sinken. Es gibt zwei wichtige Zusammenhänge, die im Folgenden erläutert werden: i) Wirtschaftswachstum führt zu einer Abnahme der Geburtenraten; ii) Preiswerte Energie ist eine Voraussetzung für ein Wirtschaftswachstum in armen Ländern. Ein wachsender Verbrauch an Kohle, Gas, Öl und Uran treibt das Wirtschaftswachstum an, und dies wird hoffentlich zu einer Drosselung des Bevölkerungswachstums führen. Maximal können vielleicht zehn Milliarden Menschen friedlich und mit einem akzeptablen Lebensstandard auf der Erde leben.

Eine ganzheitliche Betrachtung erfordert eine umfangreiche Analyse der drei Themenkreise Energie, Klima und Bevölkerung. In diesem Beitrag sollen nur die wesentlichen Ergebnisse dargelegt werden. Wie im Folgenden gezeigt wird, bewirkt die Erweiterung des Blickwinkels ein Umdenken in der Energiepolitik. Dagegen führt die einseitige und zu enge Sichtweise, die aus einer übersteigerten Angst vor einer Klimakatastrophe heraus resultiert, zu falschen Entscheidungen.

Die Ausgangssituation

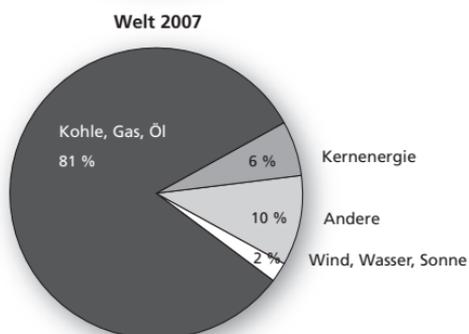
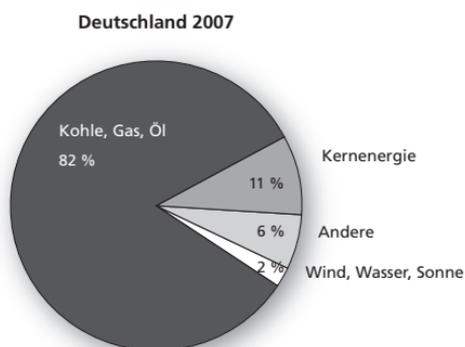
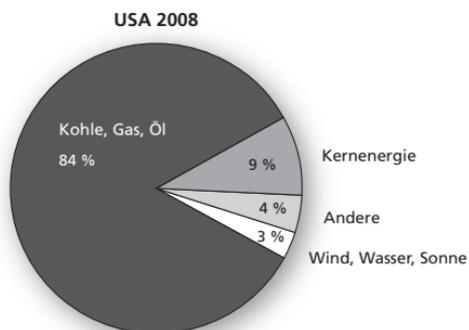
Der Primärenergieverbrauch ist die Summe aller Energien, die eine Nation verbraucht. Dazu gehören zum Beispiel die Erdölimporte und die

Kernenergie. Elektrizität macht davon nur einen Bruchteil aus, denn die meiste Energie wird durch direkte Verbrennung erzeugt, wie zum Beispiel in der Ölheizung oder im Automotor. Den größten Anteil am Energieverbrauch haben in Deutschland Heizung und Mobilität (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2010). Abbildung 1 zeigt die Beiträge verschiedener Energien am Primärenergieverbrauch in den USA, Deutschland und der Welt. Die Anteile der fossilen Energien Erdöl, Erdgas und Kohle wurden addiert und sind schwarz markiert. Unter »Ander« sind zum Beispiel die Energien aus der Müllverbrennung, aus Biotreibstoffen, aus Torf und aus Holz zusammengefasst.

Obwohl Deutschland seit mehreren Jahrzehnten die regenerativen Energien massiv subventioniert, ist der Anteil von Sonnenenergie, Windkraft und Wasserkraft kleiner als in den USA. Das mag zwar überraschend erscheinen, aber es gibt eine einfache Erklärung. In den meisten Ländern dominiert der Anteil der Wasserkraft bei den »grünen« Energien. Wasserkraft ist die älteste Methode der Elektrizitätserzeugung, und in den Industrieländern wird praktisch alle Wasserkraft genutzt, die zur Verfügung steht. Die nutzbare Energiemenge hängt von der Größe des Landes, der Menge an Niederschlägen und dem Gefälle ab, also der Höhe der Berge. Hat ein Land eine geringe Bevölkerungsdichte, viele Niederschläge und hohe Berge, könnte alle benötigte Primärenergie aus Wasserkraft gewonnen werden. Zum Beispiel gewinnt Norwegen mit einer Bevölkerungsdichte von nur 15 Einwohnern pro Quadratkilometer seine Elektrizität ausschließlich aus Wasserkraft (Deutschland: 230 Einwohner/km²). Mit wachsender Bevölkerung muss mehr und mehr Energie zusätzlich aus anderen Quellen erzeugt werden. Entscheidend ist die Bevölkerungsdichte. In den USA ist die Bevölkerungsdichte niedrig (30 Einwohner/km²). Dies erklärt, warum die grünen Energien in den USA einen größeren Anteil haben als in Deutschland. Würden in Deutschland nur zehn Millionen Menschen leben, könnte die Elektrizitätsversorgung allein mit regenerativen Energien gewährleistet werden.

Von den stark subventionierten neuen grünen Energien trägt lediglich die Windkraft zu einem merklichen Anteil zur Energieerzeugung in Deutschland bei (6,4 Prozent der Elektrizitätserzeugung im Jahr 2008; ebd.). Der Anteil der Solarenergie ist um den Faktor zehn geringer. Häufig werden höhere Prozentzahlen für die regenerativen Energien genannt. Eine Ursache für solch unterschiedliche Angaben ist die Nennung der »installierten Leistung« im Fall der regenerativen Energien. Ein Vergleich von installierten Leistungen ist nur dann sinnvoll, wenn Sonne

Abbildung 1:
Beiträge verschiedener Energien zur Primärenergieversorgung der USA,
Deutschlands und der Welt



Quelle: G. Ganteför (2010): *Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt*; S. 22.
Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

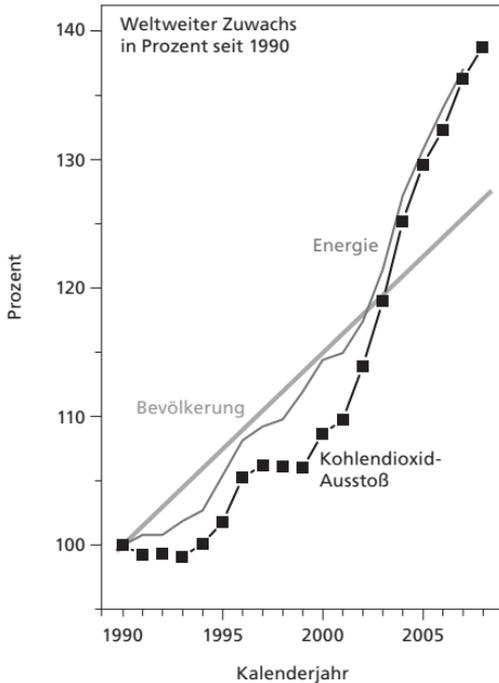
und Wind Tag und Nacht und für das ganze Jahr in der maximalen Intensität zur Verfügung stehen würden. In Abbildung 1 werden tatsächlich erzeugte jährliche Energiemengen verglichen, und das ergibt für Sonne und Wind geringere Anteile. Beide regenerativen Energien sind weit davon entfernt, einen merklichen Beitrag zur *weltweiten* Primärenergieversorgung beizutragen. Im Jahr 2007 betrug der Anteil der Solarenergie verschwindende 0,003 Prozent und der der Windenergie immerhin 0,12 Prozent (International Energy Agency 2007). Beide Energieformen spielen nur in der deutschen Öffentlichkeit eine so große Rolle.

Die USA, Deutschland und die Welt decken rund 80 Prozent ihres Primärenergiebedarfs aus der Verbrennung fossiler Energien. Deutschland unterscheidet sich vom Rest der Welt lediglich darin, dass der Anteil der Kernenergie größer ist. Das Ziel des Kyoto-Protokolls ist die Reduktion der globalen Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid. Deutschland und einige andere Industrieländer erreichen die im Protokoll festgelegten Ziele. Dies wird zum Teil durch eine tatsächliche Reduktion des Energieverbrauchs erreicht. Einen wesentlichen Beitrag liefert aber auch der Umstieg auf Erdgas (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2010). Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen zwischen 20 bis 40 Prozent weniger Kohlendioxid als bei der Verbrennung von Kohle oder Erdöl. Obwohl einige Industriestaaten daher die im Kyoto-Protokoll vereinbarten Ziele einhalten können, hat dies keinen merklichen Effekt auf die globalen CO_2 -Emissionen. Die Emissionen stiegen seit 1990 bis zum Jahr 2008 ungebremst an (Abbildung 2). Einige der sich entwickelnden Länder wie etwa China (Küffner 2007) bauen ihre Energieerzeugung massiv aus, und der Ausbau beruht hauptsächlich auf Kohle, denn Kohle ist der preiswerteste Energieträger. Hier klaffen die öffentliche Meinung in Deutschland und die Realität wieder weit auseinander. Während die meisten Bürger der Meinung sind, dass das Kyoto-Protokoll zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen führt, hat es tatsächlich keinen merklichen Einfluss. Die Kohlendioxidemissionen steigen weiter, getrieben durch den Hunger nach Energie in den sich entwickelnden Ländern mit ihrer stark wachsenden Bevölkerung.

Das Bevölkerungswachstum

Mit der industriellen Revolution vor 150 Jahren begann die Weltbevölkerung massiv zu wachsen (US Census Bureau 2009). Das Wachs-

Abbildung 2:
Zuwachs der Weltbevölkerung (hellgraue Linie), des Primärenergieverbrauchs (graue Linie) und der Kohlendioxidemissionen (Quadrate) von 1990 bis 2008



Quelle: G. Ganteför (2010): *Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt*; S. 20.
Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

tum war exponentiell. Das bedeutet, dass sich die Bevölkerungszahl nach einer festen Zeit immer wieder verdoppelt. In der Hochphase der Bevölkerungsexplosion verdoppelte sich die Zahl der Menschen alle 40 Jahre. Dies kann offensichtlich nicht für immer so weitergehen (Meadows et al. 1972). In der Vergangenheit gab es verschiedene Versuche, die maximale Zahl der Menschen, die auf der Erde leben können, zu berechnen. Diese Zahl wird »Tragfähigkeit« genannt. Die Schätzungen variierten zwischen zehn und 30 Milliarden Menschen (Weiss 2004).

Die meisten dieser Berechnungen beruhen auf der Menge an Nahrungsmitteln, die auf dem insgesamt zur Verfügung stehenden Ackerland erzeugt werden können. Wenn die Menschen sich auf ein Minimum beschränken, könnten heute 35 Milliarden Menschen auf der Erde überleben (Ganteför 2010). Aber dann wäre die Bevölkerungsdichte überall so hoch wie in Japan, und ein solches Szenario ist wohl unrealistisch. Ein überzeugende Studie des World Wildlife Fund for Nature (WWF) kommt zu dem Ergebnis (WWF 2008), dass auf der Erde auf Dauer höchstens fünf Milliarden Menschen leben können. Diese Studie berücksichtigt nicht nur die Nahrungsmittelproduktion, sondern auch den Verbrauch anderer Ressourcen wie Wasser und Energie und die Belastung der Umwelt durch Abfall und Abwasser. Auch andere Forscher kommen zu ähnlich niedrigen Werten für die Tragfähigkeit der Erde (Daily und Ehrlich 1992). Heute leben bereits 6,9 Milliarden Menschen auf der Erde. Glaubt man der WWF-Studie, verbrauchen die Menschen bereits heute mehr als die Erde liefern kann. Die Menschen leben also von den »Ersparnissen« der Erde. Zum Beispiel wird in trockenen Ländern mehr Grundwasser aus dem Boden entnommen als durch natürliche Prozesse wieder hinzukommt. Irgendwann werden dort die Grundwasserreserven aufgebraucht sein. Diese Überlegung veranschaulicht die Bedrohung, die von der Überbevölkerung ausgeht. In einer nicht allzu fernen Zukunft wird die Menge an Nahrungsmitteln und Wasser nicht mehr ausreichen, um die ständig wachsende Bevölkerung zu versorgen. Menschen in diesen Regionen werden leiden oder sogar sterben. Und sie werden beginnen, um ihr Überleben zu kämpfen.

Aber es gibt auch gute Nachrichten. Heute wächst die Weltbevölkerung nicht mehr exponentiell, sondern linear. Das bedeutet, in einem festen Zeitraum kommt immer die gleiche Zahl Menschen hinzu. Heute ist es eine Milliarde alle 12 Jahre (UN 2008). Das ist zwar immer noch eine große Zahl, aber das exponentielle Wachstum hat sich zu einem linearen Wachstum abgeschwächt. Die Ursache für die Abschwächung liegt in den sinkenden Geburtenraten in praktisch allen Ländern der Erde (ebd.). Heute ist der globale Mittelwert der Geburtenrate 2,6 Kinder pro Frau. Für eine stabile Bevölkerung sollte die Geburtenrate zwischen 2,1 und 2,3 liegen. Der Wert liegt etwas höher als zwei, um Verluste an Menschenleben durch Unfälle und Krankheiten auszugleichen.

Der Zusammenhang zwischen Geburtenrate und Bruttoinlandsprodukt

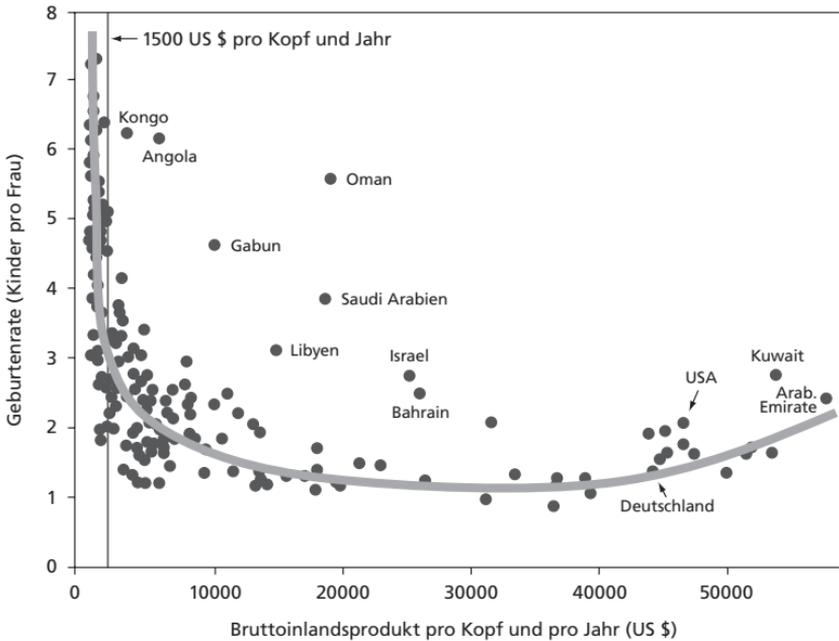
Es gibt eine Vielzahl von Ursachen für die Abnahme der Geburtenraten. Einfache Gründe sind zum Beispiel ein verbesserter Zugang zu Mitteln, die eine Familienplanung ermöglichen, und der Zugang zur Bildung, speziell für Frauen. Ein Beispiel für eine komplexere Ursache ist der Übergang von einer Agrargesellschaft zu einer Dienstleistungsgesellschaft, den auch Deutschland vor vielen Jahrzehnten durchlaufen hat. In einer Dienstleistungsgesellschaft ist Bildung eine wichtige Voraussetzung für eine hohe soziale Stellung. Bildung ist teuer, und Familien können eine gute Ausbildung nur für wenige Kinder finanzieren. Aus diesem Grund ist in Thailand die Geburtenrate innerhalb von zehn Jahren von sechs auf zwei gesunken (University of Michigan). Trotz dieser Vielfalt an Ursachen gibt es eine Gemeinsamkeit: Zunächst muss der Lebensstandard zumindest über das Niveau bitterster Armut hinaussteigen. Ein grobes Maß für den Lebensstandard ist das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Sind diese Überlegungen richtig, sollte es einen Zusammenhang zwischen dem BIP und der Geburtenrate geben. In Abbildung 3 repräsentiert jeder Punkt die Geburtenrate und das BIP eines Landes. Offensichtlich gibt es einen starken Zusammenhang, denn alle Datenpunkte liegen in der Nähe der eingezeichneten grauen Linie.

Die senkrechte Linie markiert die hier definierte Armutsgrenze, unterhalb derer die Geburtenraten massiv ansteigen.

Dies ist zunächst nur eine Korrelation und erlaubt für sich alleine noch keine Rückschlüsse auf Ursache-Wirkungsbeziehungen. Eine Korrelation kann leicht zu falschen Schlüssen führen. Zum Beispiel gibt es einen Zusammenhang zwischen der Zahl der Störche in einem Dorf und der Zahl der Neugeborenen. Je mehr Störche in einem Dorf nisten, umso mehr Neugeborene gibt es. Aus diesen statistischen Daten zu schließen, dass Störche Babys bringen, wäre falsch. Es gibt eine einfachere Erklärung: In einem großen Dorf gibt es mehr Störche und mehr Neugeborene. Die beiden Größen »Zahl der Störche« und »Zahl der Neugeborenen« haben nichts miteinander zu tun, sondern hängen von einem übergeordneten Parameter, der Größe des Dorfes, ab. Eine Korrelation wie in Abbildung 3 muss daher mit Vorsicht analysiert werden, um die wahre Ursache für den Zusammenhang zu finden. Solche Analysen gibt es, und sie beweisen, dass ein höherer Entwicklungsstand zu einer Reduktion der Geburtenrate führt (University of Michigan; Deutsche Stiftung für

Abbildung 3:

Geburtenrate und jährliches Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt für 157 Länder



Quelle: G. Ganteför (2010): *Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt*; S. 56. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

Weltbevölkerung 2008; National Wildlife Federation 2008). Ein grobes Maß für den Entwicklungsstand eines Landes ist das BIP. Zusammen mit diesen Analysen zeigt Abbildung 3, dass ein Wirtschaftswachstum eine Reduktion der Geburtenrate bewirkt.

Länder mit hohen Geburtenraten von mehr als drei oder vier Kindern pro Frau haben häufig ein BIP von weniger als 1500 US-Dollar pro Kopf und pro Jahr. Das bedeutet vereinfacht gesprochen, dass die Menschen in diesen Ländern von einem Jahreseinkommen von weniger als 1000 Euro leben müssen. Das gilt für 59 Länder mit insgesamt 2,5 Milliarden Menschen. Dies ist etwa ein Drittel der Menschheit. Die ärmsten Länder der Welt sind

- ▶ AFRIKA: Sudan, Westsahara, Benin, Burkina Faso, Elfenbeinküste, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Mauretanien,

Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone, Togo, Äthiopien, Burundi, Dschibuti, Eritrea, Kenia, Komoren, Madagaskar, Malawi, Mayotte, Mosambik, Réunion, Ruanda, Sambia, Simbabwe, Somalia, Tansania, Uganda, Kamerun, Kongo Zaire, Sao Tomé, Tschad, Zentralafrikanische Republik, Lesotho

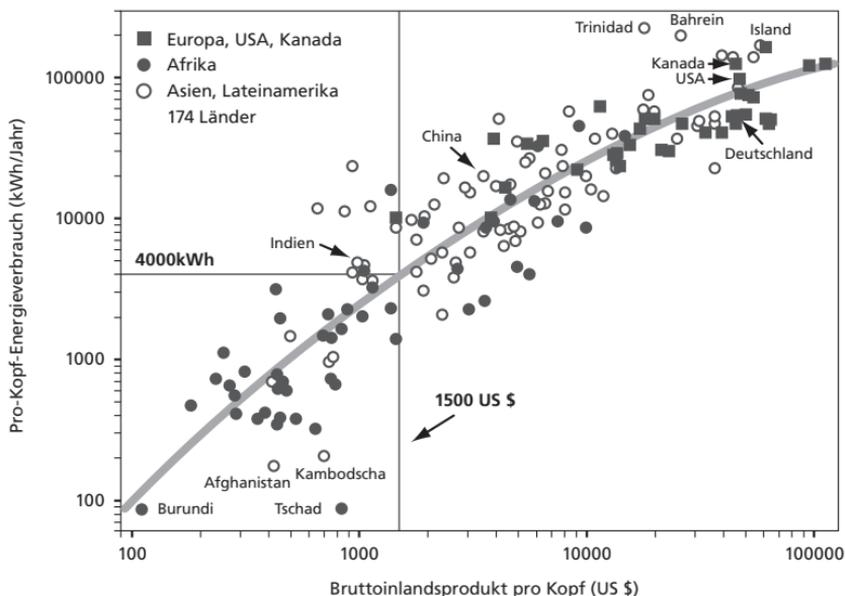
- ▶ AMERIKA: Nicaragua, Haiti, Guyana
- ▶ ASIEN: Jemen, Afghanistan, Bangladesch, Indien, Kirgisistan, Nepal, Pakistan, Tadschikistan, Usbekistan, Kambodscha, Laos, Osttimor, Vietnam, Nordkorea, Kiribati, Papua-Neuguinea

Der Zusammenhang zwischen Bruttoinlandsprodukt und Energieverbrauch

Ähnlich wie der Zusammenhang zwischen BIP und Geburtenrate gibt es einen Zusammenhang zwischen dem BIP und dem Energieverbrauch. Verschiedene Organisationen erheben internationale Vergleichsdaten über den Energieverbrauch pro Kopf und pro Jahr. Abbildung 4 zeigt den jährlichen Pro-Kopf-Energieverbrauch aufgetragen gegen das jährliche Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt. Jeder Datenpunkt repräsentiert eine Nation. Offensichtlich existiert auch hier ein Zusammenhang, und die meisten Datenpunkte liegen nahe der grau eingezeichneten Linie. Zunächst steigt der Energieverbrauch steil an und flacht bei einem hohen BIP ab. Ein Wirtschaftswachstum in den reichen Ländern ist also nicht unbedingt mit einem starken Anstieg des Energieverbrauchs verknüpft. Eine mögliche Erklärung ist, dass eine Steigerung der Energieeffizienz durch den Einsatz moderner Techniken dem Anstieg des Energieverbrauchs entgegenwirkt. Dieser Zusammenhang kann mit einem einfachen Beispiel veranschaulicht werden: In den wenig entwickelten Ländern werden einfache Häuser mit schlechter Wärmeisolierung gebaut, die viel Energie für die Heizung verbrauchen. Dagegen benötigen moderne Niedrigenergiehäuser fast keine zusätzliche Heizung mehr. Solche Häuser können aber nur in den hoch entwickelten Ländern gebaut werden. In den armen Ländern ist die Energieeffizienz niedrig, und ein Anstieg des Lebensstandards ist zunächst mit einem starken Anstieg des Energieverbrauchs verbunden.

Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Bruttoinlandsprodukt ist ähnlich wie in Abbildung 3 zunächst nur eine Korrelation. Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen über einen möglichen kausalen Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Bruttoinlandsprodukt.

Abbildung 4:
 Jährlicher Pro-Kopf-Energieverbrauch und jährliches
 Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt



Quelle: G. Ganteför (2010): *Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt*; S. 61.
 Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

Die verschiedenen veröffentlichten Analysen kommen aber zu keinem einheitlichen Ergebnis. Einige Forscher konzentrierten sich auf die Situation in den wenig entwickelten Ländern. Viele dieser Studien finden zwar einen kausalen Zusammenhang (Chontanawat 2008; Odularu und Okonkwo 2009), können aber nicht entscheiden, welche der beiden Größen Ursache und welche Wirkung ist. Die Daten aus Abbildung 4 unterstützen aber die Aussage, dass in den armen Ländern ein Wirtschaftswachstum mit einem Anstieg des Energieverbrauchs eng verknüpft ist. Wenn ein Land ein gewisses Niveau der wirtschaftlichen Entwicklung erreicht hat, ist die Versorgung mit Energie für ein weiteres Wachstum nicht mehr so entscheidend. Andere Kenngrößen wie die Art des Gesellschaftssystems, der Grad an Korruption und die Bürokratisierung haben dann eine größere Bedeutung.

Energiepreise

Die wenig entwickelten Länder benötigen also große Mengen an bezahlbarer Energie, um ein Wachstum der Wirtschaft zu ermöglichen und die Armutsgrenze, die in Abbildung 3 definiert wurde, zu überwinden. Anhand von Abbildung 4 ist es sogar möglich, die benötigte Menge an Energie und ihren Preis abzuschätzen. Die Armutsgrenze liegt bei einem jährlichen Pro-Kopf-Bruttoinlandsprodukt von 1500 US-Dollar. Diese Grenze ist in Abbildung 4 ebenfalls mit einer vertikalen Linie markiert. Die Grenze kann nun mit einem Pro-Kopf-Energieverbrauch verknüpft werden. Das ist der Energieverbrauch, an dem die vertikale Linie die graue Korrelationslinie durchschneidet. In Abbildung 4 ist der Schnittpunkt durch eine horizontale Linie markiert, die einem jährlichen Pro-Kopf-Energieverbrauch von 4000 kWh entspricht. Länder, in denen der gemittelte Pro-Kopf-Energieverbrauch kleiner als 4000 kWh pro Jahr und pro Kopf ist, sind sehr arm und gehören in der Mehrheit zu den Ländern mit hohen Geburtenraten. Für eine grobe Abschätzung des Energiepreises nehmen wir an, dass ein durchschnittlicher Bürger in einem solchen Land mit einem Jahreseinkommen von rund 1000 Euro (~ 1500 US-Dollar) auskommen muss. Viele mögen weniger zur Verfügung haben und einige mehr, aber zur Vereinfachung soll dieser Wert als Standard genommen werden. Ein Bürger kann nur einen Teil seines Einkommens für Energie ausgeben. In den Industrieländern sind es grob geschätzt zehn Prozent vom Einkommen, die für Benzin, Heizöl und Elektrizität ausgegeben werden. Unter der Annahme, dass dieser Prozentsatz auch für die armen Länder gilt, kann ein Bürger eines armen Landes rund 100 Euro jährlich für Energie ausgeben. Die 4000 kWh, die für die Überwindung der Armutsgrenze notwendig sind, dürfen also nicht mehr als 100 Euro kosten. Dies entspricht einem maximalen Preis von 2,5 Eurocents pro Kilowattstunde. Natürlich sind die Bedingungen in den verschiedenen Ländern stark unterschiedlich, und eine genauere Rechnung würde für jedes Land einen anderen Wert ergeben. Aber die obige Abschätzung liefert die richtige Größenordnung. In den wenig entwickelten Ländern können die Menschen nur wenige Cents für eine Kilowattstunde Energie bezahlen. In anderen Worten: Arme Länder können sich teure Energie nicht leisten.

Die Menge an Energie, die weltweit für die Überwindung der Armutsschwelle benötigt wird, lässt sich anhand der Abbildungen 3 und 4 ebenfalls abschätzen. In den armen Ländern leben 2,5 Milliarden

Menschen, und die Bürger benötigen mindestens 4000 kWh pro Kopf und pro Jahr. Das ergibt eine Gesamtmenge von 10 000 Terawatt pro Jahr, was der Energiemenge von rund 2000 konventionellen 1-Gigawatt-Kraftwerksblöcken entspricht. Nur ein Teil dieser Energie muss als Elektrizität erzeugt werden. Mehr als die Hälfte kann direkt aus der Verbrennung konventioneller Energieträger wie Kohle und Erdöl gewonnen werden.

Abbildung 5 zeigt eine Liste der Kosten für die Erzeugung von einer Kilowattstunde Wärme oder Elektrizität (Ganteför 2010). Die Stromgestehungskosten enthalten die Kosten für das Brennmaterial (Braunkohle, Gas, Uran), die Kapitalkosten für die Investitionen, die Amortisation und die Betriebskosten. Der Preis der Kernenergie beinhaltet auch die geschätzten Kosten einer Endlagerung. Die Endverbraucherpreise sind erheblich höher, da Steuern und Profite hier nicht mit berücksichtigt werden. Abbildung 5 zeigt, dass die klassischen Energien wie Kohle und Erdöl preisgünstig sind und unter fünf Cents pro Kilowattstunde liegen. Die Preise ändern sich allerdings mit der Zeit. Das

Abbildung 5:

Vergleich der Kosten für die Erzeugung einer Kilowattstunde an Wärme oder Elektrizität mit verschiedenen Methoden

<i>Energiekosten in Eurocents*</i>	
<i>Kohle</i> (100 US \$ pro Tonne, Energiegehalt 10 kWh/kg):	→ à 0.7 cts/kWh
<i>Erdöl</i> (100 US \$ pro Barrel, Energiegehalt 10 kWh/ltr):	→ à 4 cts/kWh
<i>Erdgas</i> (100–300 US \$ pro 1000 m ³ , Energiegehalt 10 kWh/m ³):	→ à 0.7–2 cts/kWh
<i>Kohlekraftwerk</i> (Stromgestehungskosten):	→ à 4–5 cts/kWh
<i>Kernkraftwerk</i> (Stromgestehungskosten):	→ à 3–5 cts/kWh
<i>Photovoltaik</i> (Stromgestehungskosten):	→ à 35 cts/kWh
<i>Windkraft</i> (Stromgestehungskosten):	→ à 8–9 cts/kWh, → à Offshore 15 cts/kWh
<i>Wasserkraft</i> (Stromgestehungskosten):	→ à 2–4 cts/kWh

* Wechselkurs 1 Euro = 1,5 US-Dollar

Quelle: G. Ganteför (2010): Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt; S. 64. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.

bekannteste Beispiel dafür ist der Ölpreis. Im Sommer 2008 erreichte er einen Spitzenwert von 140 US-Dollar pro Barrel und fiel neun Monate später auf 50 US-Dollar. Die Zahlen in Abbildung 5 gelten also nur für einen bestimmten Zeitpunkt (2009). Neben den marktbedingten Fluktuationen gibt es Diskrepanzen bei den Preisabschätzungen der regenerativen Energien, wenn verschiedene Quellen verglichen werden. Die Zahlen aus Abbildung 5 basieren auf den Angaben zu existierenden Windparks und Sonnenenergiekraftwerken. Es wurden die Investitionskosten, die Betriebskosten und die Lebensdauer der Anlagen berücksichtigt. Die Zahlen sind also die heute gültigen Kosten. Andere Quellen kalkulieren Preissenkungen durch erhoffte zukünftige technische Verbesserungen mit ein und errechnen so niedrigere Kosten für die Energie aus Wind und Sonne.

Windkraft und Sonnenenergie sind für die wenig entwickelten Länder zu teuer (Voß 2007). Dagegen ist Wärme aus der Verbrennung von Kohle mit 0,7 Cents pro Kilowattstunde die weitaus günstigste Primärenergie. Die Preise für Erdgas und Erdöl liegen nur wenig höher. Preisgünstige Elektrizität lässt sich mit Kohle, Erdgas, Uran und Wasserkraft erzeugen. Daher wird die Nachfrage nach Kohle, Erdgas und Uran in den kommenden Jahrzehnten dramatisch ansteigen, was allerdings auch einen Effekt auf den Preis haben könnte. Es ist schwierig, zukünftige Energiepreise vorherzusagen, aber es ist möglich, die Mengen an Erdgas, Kohle und Uran, die auf der Erde insgesamt zur Verfügung stehen, abzuschätzen. Die meisten Experten sind sich darüber einig, dass das Erdöl noch für zehn oder 20 Jahre in ausreichender Menge gefördert werden kann und danach immer knapper und teurer werden wird. Erdöl und Erdgas entstehen auf ähnliche Weise aus abgestorbenen Meereslebewesen, aber das Gas übersteht weitaus höhere Temperaturen, wie sie in großen Tiefen vorherrschen. Dort werden noch große Erdgasvorkommen vermutet. Einige Experten schätzen, dass die ursprünglich vorhandene Menge an Erdgas die Menge an Erdöl um ein Mehrfaches übersteigt, und diese Gasreserven sind bis heute kaum angetastet worden. Die globalen Gasreserven werden vielleicht noch für weitere 100 Jahre reichen. Kohle ist ein sehr häufiger Rohstoff, und sie reicht vielleicht sogar noch für 1000 Jahre. Uran ist ein Metall ähnlich dem Blei oder Silber und ein natürlicher Bestandteil der Erdkruste. Gestein enthält im Mittel drei Gramm pro Tonne an Uran, und das ist viel mehr als beispielsweise der Gehalt an Silber (0,12 Gramm/Tonne). Daher wird Uran noch viel länger zur Verfügung stehen als Kohle. Insgesamt werden die

Vorräte an Erdgas, Kohle und Uran länger als 100 Jahre reichen, und die Annahme, dass diese Primärenergieträger vorerst preiswert bleiben, ist vernünftig (Ganteför 2010).

Die obigen Ausführungen machen die aktuelle Energiepolitik Chinas verständlich. Die gigantischen Turbinen des Drei-Schluchten-Damms erzeugen zusammen 18 Gigawatt an elektrischer Leistung, so viel wie die gleiche Zahl konventioneller Großkraftwerke. Zusätzlich ging in China im Jahr 2007 alle drei Tage ein neues Kohlekraftwerk ans Netz (Küffner 2007), und das Land plant den Bau ganzer Flotten von Kernkraftwerken (Tagesanzeiger 2007). Diese Investitionen in Wasserkraft, Kohle und Kernkraft werden mit einem Blick auf Abbildung 5 verständlich. Es sind die preisgünstigsten Energien.

Die höchste Priorität: Klimaerwärmung oder Bevölkerungswachstum?

Bangladesch ist ein überzeugendes Beispiel für die Dringlichkeit des Bevölkerungswachstums auf der Agenda. Das Land ist halb so groß wie Deutschland, aber es leben doppelt so viele Menschen in Bangladesch. Die Bevölkerung wächst jährlich um zwei Prozent. Bei einer Zahl von 150 Millionen Menschen bedeutet das einen jährlichen Zuwachs um drei Millionen. Bangladesch müsste also jedes Jahr eine Stadt der Größe Berlins neu bauen, um den zusätzlichen Menschen Wohnraum zu bieten. Bei dieser Wachstumsrate werden in 100 Jahren in Bangladesch mehr Menschen leben als heute in Afrika (rund eine Milliarde). Das ist natürlich unmöglich. Lange bevor diese astronomische Zahl erreicht wird, wird das Land in Verzweiflung und Chaos versinken. Der Zuwachs an Bevölkerung kann auch als ein Verlust an Fläche für jeden Menschen betrachtet werden. Die Menschen müssen immer enger zusammenrücken. Ein Bevölkerungswachstum um zwei Prozent entspricht einem Flächenverlust von zwei Prozent für jeden Bürger. Nach zehn Jahren stehen für jeden Einwohner rund 20 Prozent weniger Fläche zur Verfügung. Abbildung 6 zeigt eine vereinfachte Karte Bangladeschs. Die küstennahen Regionen (grau markiert) werden bei einem Anstieg des Meeresspiegels um einen Meter überschwemmt. Dies geschieht nach den Vorhersagen des Weltklimarats in rund 200 Jahren. Die überschwemmten Regionen entsprechen rund 20 Prozent der Landesfläche (World Bank 2000). Der jährliche Flächenverlust durch das Bevölkerungswachstum ist also min-

Abbildung 6:
Vereinfachte Karte von Bangladesch



destens zehnmals größer als der jährliche Flächenverlust durch den Anstieg des Meeresspiegels.

Bangladesch ist vielleicht ein extremes Beispiel, und der Leser könnte zu der Meinung gelangen, dass der Faktor zehn nur für diesen Fall gilt. Aber es gibt andere Beispiele. In den Niederlanden gibt es kein nennenswertes Bevölkerungswachstum und die Einwohner haben 100 Jahre Zeit, um sich auf den Anstieg des Meeresspiegels um 0,5 Meter vorzubereiten. Ein halber Meter Anstieg ist für die Deichbauer in den Niederlanden kein großes Problem. Nigeria ist das bevölkerungsreichste Land Afrikas und wird nur einen geringen Teil seiner Landesfläche durch den Anstieg des Meeresspiegels verlieren. Die Bevölkerung wächst dort jährlich um 2,8 Prozent. Das sind 4,2 Millionen Menschen. Bereits heute hat das Land Probleme, die wachsende Bevölkerung mit Nahrungsmitteln zu versorgen. Es gibt kaum noch ungenutztes Ackerland. Der Vergleich der Situation in den Niederlanden mit der in Nigeria demonstriert die Dringlichkeit des Bevölkerungsproblems vielleicht noch deutlicher als das Beispiel Bangladeschs.

Bisher wurde nur der Anstieg des Meeresspiegels stellvertretend für die Bedrohungen durch die Klimaerwärmung betrachtet. Eine sorgfältige

Analyse der Veröffentlichungen der Klimatologen und Paleoklimatologen zeigt, dass auch die anderen Folgen der Erwärmung wie etwa Stürme und Dürren bei Weitem nicht so verheerend sein werden, wie von den Medien propagiert (Ganteför 2010). Zum Beispiel zeigt die globale mittlere Temperatur keine Korrelation mit der Anzahl und Häufigkeit von Hurrikane während der letzten 3000 Jahre. Es gab in der kleinen Eiszeit (1500–1800 n. Chr.) nicht weniger Hurrikane, obwohl es kälter war. Das macht den Umkehrschluss, dass eine Erwärmung mehr Hurrikane mit sich bringen wird, fragwürdig. Die Klimatologen sind der Meinung, dass sich die Niederschläge global erheblich verstärken werden, da in einer wärmeren Atmosphäre mehr Wasser verdampfen wird. Die Prognose, dass sich die Wüsten ausdehnen werden, klingt mit diesem Wissen ein wenig seltsam. Tatsächlich war die Sahara grün, als es vor einigen Tausend Jahren ein Grad wärmer war als heute. Die Klimaveränderung wird in den nächsten 100 Jahren einige ernste Probleme mit sich bringen. Aber diesen Folgen kann mit technischen Maßnahmen, wie etwa verbessertem Küstenschutz und erhöhten Deichen für die großen Flüsse entgegengetreten werden. Dagegen ist das Bevölkerungswachstum bereits heute für einige Länder ein ernstes Problem und mit jeder Dekade, die verstreicht, werden diese Länder näher an den Abgrund von Hungersnöten und Bürgerkriegen gedrängt.

Zusammenfassung

Das Bevölkerungswachstum stellt ein viel ernsteres Problem dar als die Klimaerwärmung. Maßnahmen zur Eindämmung des Bevölkerungsanstiegs muss die höchste Priorität eingeräumt werden, weil sonst Hungersnöte, Epidemien und Bürgerkriege große Regionen des Planeten in die Verelendung stürzen werden. Das Bevölkerungswachstum wird durch die hohen Geburtenraten in den wenig entwickelten Ländern mit extrem niedrigem Bruttoinlandsprodukt getragen. Die Geburtenrate eines Landes sinkt nahezu automatisch, wenn das Bruttoinlandsprodukt über die Schwelle bitterster Armut hinaus anwächst. Ein Wirtschaftswachstum ist eng mit dem Energieverbrauch verknüpft, und nur die Verfügbarkeit großer Mengen an preisgünstiger Energie ermöglicht ein Wachstum in den wenig entwickelten Ländern. Bezahlbare Energie kann heute nur aus Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran gewonnen werden. Diese Primärenergieträger sind so lange unverzichtbar, wie es

Länder mit einem Bruttoinlandsprodukt von weniger als 1000 Euro pro Kopf und pro Jahr gibt. Windkraft und Solarenergie sind für diese Länder unerschwinglich. Deswegen werden sie massiv in preisgünstige Energien wie Kohle investieren, und das wird zu einem weiteren Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre führen. Viele neue Kernkraftwerke werden gebaut werden. Diese Entwicklung wird unabhängig von den Entscheidungen oder Wünschen der Industrieländer geschehen. Die Bemühungen reicher Länder wie Deutschland um eine Reduktion seiner Kohlendioxidemissionen werden praktisch keine Auswirkung auf die globale Kohlendioxidbilanz haben. Sinnvoller wäre es stattdessen, Kohlekraftwerke mit einem hohen Wirkungsgrad in die wenig entwickelten Länder zu exportieren. Mit solchen Maßnahmen könnten weit größere Mengen an Kohlendioxid eingespart werden als durch Sparmaßnahmen im Heimatland. Ähnliche Überlegungen gelten für die Kernenergie. Wenn die hoch entwickelten Länder aus der Kernenergie aussteigen, wird die Wahrscheinlichkeit für einen weiteren Tschernobyl-Unfall dramatisch ansteigen. Denn dann werden die wenig entwickelten Länder Kernkraftwerkstechnologie von Ländern kaufen, die sehr viel niedrigere Sicherheitsstandards haben. Die Anzahl der in Betrieb befindlichen gefährlichen Kernkraftwerke wird stark steigen. Der Export sicherer Kernkraftwerkstechnologie ist der einzig vernünftige Weg zur Vermeidung eines weiteren Supergaus. Weiterhin sollte vermehrt in die Entwicklung solcher Methoden der Energieerzeugung investiert werden, die den Bedingungen in den wenig entwickelten Ländern gerecht werden. Das sind insbesondere solche Methoden, die einen geringen Flächenbedarf haben, bezahlbar sind und zuverlässig Leistungen im Gigawattbereich liefern können. Dazu gehört zum Beispiel geothermische Energie. In Europa hat die Windenergie das Potenzial, den Verbrauch an Kohle und Erdgas zu einem zwar hohen, aber noch bezahlbaren Preis merklich zu reduzieren.

Literatur

Askw, I., A. Ezech, J. Bongaarts und J. Townsend (2009): »Kenya's Fertility Transition: Trends, Determinants and Implications for Policy and Programmes«. Nairobi: Population Council; http://www.popcouncil.org/pdfs/2009_kenyaFertilTrans.pdf (aufgerufen am 15.8.2010).

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): *Gesamtausgabe der Energiedaten*, Berlin; <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html> (aufgerufen am 15.8.2010).
- Central Intelligence Agency (2008): *The World Factbook*, Washington; <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> (aufgerufen am 15.8.2010).
- Chontanawat, J. (2008): Causality between Electric Consumption and GDP in Asia Developing Countries, the 2nd IAEE Asian Conference on Energy Security and Economic Development under Environmental Constraints in the Asia Pacific Region; Perth, Western Australia, 5–7 November 2008; <http://www.business.curtin.edu.au/files/Charawan.pdf> (aufgerufen am 15.8.2010).
- Daily, G. C. und P. R. Ehrlich (1992): »Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity«, in *BioScience*, Vol. 42, Nr. 10: 761–771.
- Deutsche Stiftung für Weltbevölkerung (2008): *Datenreport 2008*, Hannover; http://www.weltbevoelkerung.de/pdf/dsw_datenreport_08.pdf (aufgerufen am 15.8.2010).
- Energy Information Administration (2009): *Annual Energy Review 2008*, Washington; <http://www.eia.doe.gov/> (aufgerufen am 23.10.2009).
- Ganteför, G. (2010): *Klima. Der Weltuntergang findet nicht statt*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (2007): 4. Bericht des Weltklimarats, »ClimateChange: Synthesis Report«, Summary for Policymakers; <http://www.ipcc.ch> (aufgerufen am 15.8.2010).
- International Energy Agency (2007): Renewables and Waste in World; http://www.iea.org/stats/renewdata.asp?country_code=29 (aufgerufen am 14.8.2010).
- International Energy Agency (2009): *World Energy Outlook 2008*, Paris; <http://www.worldenergyoutlook.org> (aufgerufen am 14.9.2009).
- International Monetary Fund (2008): *World Economic and Financial Surveys, World Economic Outlook Database*, Washington (October); <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2008/02/weodata/index.aspx> (aufgerufen am 14.9.2009).
- Küffner, G. (2007): »In China geht jeden zweiten Tag ein Kohlekraftwerk ans Netz«, in *Frankfurter Allgemeine FAZ.NET* (13. Juli); <http://www.faz.net> (aufgerufen am 14.9.2009).
- Lomborg, B. (2007): *Cool It: The Skeptical Environmentalist's Guide to Global Warming*. New York: Knopf.
- Meadows, D. L., D. H. Meadows und E. Zahn (1972): *The Limits to Growth*. New York: Macmillan.
- National Wildlife Federation (2008): *Global Population Growth: The Numbers and What They Mean*, Washington; <http://www.nwf.org/globalwarming/pdfs/GlobalNumbers.pdf> (aufgerufen am 15.8.2010).
- Odularu, G. O. und C. Okonkwo (2009): »Does Energy Consumption Contribute to Economic Performance? Empirical Evidence from Nigeria«, in *East-West Journal of Economics and Business* 12, Nr. 2: 43–79.
- Tagesanzeiger (2007): »Atomstrom aus dem Kugelhaufen«, Zürich (26. April); <http://www.tagesanzeiger.ch/service/archiv/> (aufgerufen am 14.9.2009).

- UN (2008), Department of Economic and Social Affairs, Population Division: *World Population Prospects. The 2008 Revision Population Database*; <http://esa.un.org/unpp/index.asp> (aufgerufen am 15.8.2010).
- University of Michigan: »Population Growth over Human History«; <http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/>(aufgerufen am 15. 8.2010).
- US Census Bureau (2009), Population Division: *Historical Estimates of World Population* <http://www.census.gov/ipc/www/worldhis.html> (aufgerufen am 28.9.2009).
- Voß, A. (2007): »Regenerative Energien – Königsweg zu einer nachhaltigen Energieversorgung?«, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, VDI-Forum 31. Januar); <http://www.ier.uni-stuttgart.de/publikationen/>(aufgerufen am 14.9.2009).
- Weiss, W. (2004): »Tragfähigkeit – ein Begriff der Regional-Demographie mit politischen Implikationen«, in *UTOPIE kreativ*, H. 165/166 (Juli/August): 602–616; http://www.uni-graz.at/print/wsgwww_konzept-2.pdf (aufgerufen am 15.8.2010).
- World Bank (2000): *Bangladesh: Climate Change & Sustainable Development*, Report No. 21104 BD; <http://www.worldbank.org> (aufgerufen am 5.11.2009).
- World Bank (2007): *Data and Statistics*, Washington; <http://www.worldbank.org/>(aufgerufen am 14.9.2009).
- World Energy Council (2008): *Key World Energy Statistics: 2008 Edition*, London; <http://www.ica.org/keyworld/index.html> (aufgerufen am 1.4.2009).
- World Wildlife Fund for Nature, WWF (2008): *WWF Living Planet Report 2008* (deutschsprachige Version); Gland, Schweiz; http://assets.panda.org/downloads/lpr_08_wwf_german.pdf (aufgerufen am 15.8.2010).