



WBGU

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG
GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN

politikpapier

3

**Erneuerbare Energien
für eine nachhaltige
Entwicklung: Impulse
für die *renewables 2004***

INHALT

3 1 Einleitung

4 2 Leitplanken der Nachhaltigkeit

Natürliche Lebensgrundlagen schützen
Energiearmut überwinden

6 3 Globale Ausbaustrategien für erneuerbare Energien

Potenziale und Szenarien
Ausbaustrategien für erneuerbare Energien
Strom- und Wasserstoffwirtschaft
Energieeffizienz

9 4 Umsetzung der Ausbaustrategien für erneuerbare Energien

Verpflichtung auf nationale Ausbauziele
Instrumente für den Ausbau
Erneuerbare Energien in der Entwicklungszusammenarbeit

11 5 Modellprojekte der internationalen Zusammenarbeit

Sahara-Strom für Nordafrika und Europa
Biogenes Flüssiggas zum Kochen
Energieeffiziente Gebäude im Niedrigkostensektor
Verbesserung der Stromqualität in ländlichen Regionen
1-Million-Hütten-Strom-Programm

13 6 Forschung und Entwicklung

Gesellschaftswissenschaftliche Forschung
Naturwissenschaftlich/technische Forschung
Finanzierung für Forschung und Entwicklung
Forschungskoordination
Wissenschaftliche Politikberatung

15 7 Vereinbarung einer Weltenergiecharta

Vereinbarung von Leitplanken der Nachhaltigkeit
Grundsätze der globalen Energiewende
Ausrichtung internationaler Zusammenarbeit
Forschung und Entwicklung

17 8 Folgeprozess

Koordinierung und Steuerung des Folgeprozesses
Monitoring
Übernahme der Konferenzergebnisse in internationale Prozesse

20 Fazit – Impulse für die *renewables 2004*

1 Einleitung

Energie ist ein Schlüsselthema für die künftige Entwicklung der Welt. Die globale Energienachfrage nimmt rasant zu, heute vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern, die Anschluss an die wirtschaftliche Entwicklung der Industrieländer finden wollen. Die große Herausforderung ist, diese Energienachfrage auf nachhaltige Weise zu befriedigen. Ohne einen tief greifenden Umbau der weltweiten Energiesysteme ist eine nachhaltige Entwicklung allerdings nicht vorstellbar. Zum einen müssen die natürlichen Lebensgrundlagen geschützt und insbesondere eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert werden. Wenn der bisherige Weg fortgesetzt und der zunehmende Energiebedarf vor allem mit fossilen Energieträgern gedeckt wird, würde dies einen intolerablen globalen Klimawandel mit hohen Folgekosten auslösen und somit auch die wirtschaftliche Entwicklung gefährden. Zum anderen muss die Energiearmut in den Entwicklungsländern überwunden werden, damit diese Länder Entwicklungschancen nutzen können. 2,4 Milliarden Menschen müssen von Energiearmut befreit werden, indem sie Zugang zu modernen Energieformen erhalten.

Um diese beiden Ziele zu erreichen, ist eine Energiewende zur Nachhaltigkeit notwendig. Dazu müssen die Effizienz auf allen Ebenen des Energiesystems gesteigert und fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Erneuerbare Energien, vor allem Solarenergie, verfügen über ein nahezu unbegrenztes und nachhaltig nutzbares Potenzial. Die Energiewende zur Nachhaltigkeit ist damit der erste Schritt in das Solarzeitalter. Ohne schnelle und entschiedene internationale politische Unterstützung wird der Ausbau der erneuerbaren Energiequellen allerdings nicht rechtzeitig eine ausreichende Dynamik entfalten können.

Die Weltgemeinschaft hat diese Herausforderung erkannt und im Jahr 2002 erneuerbare Energien auf die Tagesordnung des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung (WSSD) in Johannesburg gesetzt. Leider hat der Gipfel nicht die erhofften Erfolge für die Energiewende zur Nachhaltigkeit erzielen können. Insbesondere konnten sich die Staaten nicht auf konkrete Ausbauziele für erneuerbare Energien einigen. Daher haben sich auf deutsche Initiative noch während der

Konferenz eine Reihe von Staaten in der Johannesburg Renewable Energy Coalition (JREC) zusammengeschlossen, die gemeinsam über die Beschlüsse des WSSD hinausgehen wollen. Ein Meilenstein dieses Prozesses ist die Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien (*renewables 2004*), die im Juni 2004 in Bonn stattfinden wird.

Die Konferenz bietet eine einzigartige Möglichkeit, die notwendige politische Unterstützung für erneuerbare Energien zu verstärken und international zu koordinieren. Diese Chance muss genutzt werden, denn das Zeitfenster für die Vermeidung eines gefährlichen Klimawandels schließt sich schnell. Nur wenn jetzt die Weichen gestellt werden, kann die Energiewende zur Nachhaltigkeit ohne gravierende Eingriffe in die sozioökonomischen Systeme der Industrie- und Transformationsländer finanziert und umgesetzt werden.

Der WBGU hat in seinen Gutachten „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ und „Über Kyoto hinausdenken“ (WBGU, 2003a, b) gezeigt, dass der Umbau der Energiesysteme erhebliche Anstrengungen erfordert, selbst wenn er unverzüglich in Angriff genommen wird. Er hat aber auch deutlich gemacht, dass dieser Umbau sowohl technisch als auch finanziell machbar ist, welche Technologien und Instrumente hierfür nutzbar gemacht werden können und wie der Fahrplan in eine nachhaltige Energiezukunft aussehen kann. Im vorliegenden Politikpapier werden die Empfehlungen des WBGU gebündelt und gezielt als Beitrag für die *renewables 2004* formuliert.

2 Leitplanken der Nachhaltigkeit

Damit die Forderung nach Nachhaltigkeit der Energiesysteme in die Praxis umgesetzt werden kann, hat der WBGU „Leitplanken der Nachhaltigkeit“ entwickelt. Leitplanken sind quantitativ definierte Schadensgrenzen, deren Verletzung heute oder in Zukunft intolerable Folgen mit sich brächte. Sie zeigen also, wo der Bereich einer nicht nachhaltigen Entwicklung beginnt. Politik muss so gestaltet werden, dass die Energiesysteme in den Bereich der Nachhaltigkeit zurückgeführt bzw. die Leitplanken gar nicht erst durchbrochen werden.

Natürliche Lebensgrundlagen schützen

Für den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen hat der WBGU „ökologische Leitplanken“ entwickelt:

- *Klimaschutz:* Eine mittlere globale Temperaturänderung von mehr als 2°C gegenüber dem Wert vor der Industrialisierung und eine mittlere langjährige globale Temperaturänderungsrate über 0,2°C pro Jahrzehnt sind intolerable Werte einer globalen Klimaänderung. Dieses Klimafenster wird nur einzuhalten sein, wenn die Energiesysteme von der heutigen Nutzung fossiler Energieträger (ca. 85% weltweit) auf klimaneutrale Energieträger umgestellt werden. Dabei müssen erneuerbare Energieträger die Hauptrolle spielen.
- *Nachhaltige Flächennutzung:* 10–20% der weltweiten Landfläche sollten dem Naturschutz vorbehalten bleiben. Eine Umwandlung natürlicher Ökosysteme zum Anbau von Bioenergieträgern ist grundsätzlich abzulehnen. Bei Nutzungskonflikten muss die Sicherung der Nahrungsmittelversorgung Vorrang haben. Daher sollten nicht mehr als 3% der weltweiten Landfläche für den Anbau von Bioenergiepflanzen und für Plantagen zur Kohlenstoffspeicherung genutzt werden. Aus diesen Gründen kann die moderne Bioenergie nur eingeschränkt ausgebaut werden.
- *Schutz von Flüssen und ihren Einzugsgebieten:* Wie bei den Landflächen, sollten auch etwa 10–20% der Flussökosysteme einschließlich ihrer Einzugsgebiete dem Naturschutz vorbehalten sein. Dies ist ein Grund dafür, warum die Wasserkraft – nach Erfüllung der dafür notwendigen Voraussetzungen – nur begrenzt weiter ausgebaut werden kann.

- *Schutz der Meeresökosysteme:* Der WBGU hält die Nutzung des Ozeans zur Kohlenstoffspeicherung für nicht tolerierbar, weil das Wissen über die biologischen Folgen sehr lückenhaft ist und die ökologischen Schäden groß sein könnten. Die Kohlenstoffspeicherung muss daher auf ausgeförderete Öl- und Gaslagerstätten sowie Salzkavernen beschränkt werden.
- *Schutz der Atmosphäre vor Luftverschmutzung:* Kritische Belastungen durch Luftschadstoffe sind nicht tolerierbar. Als erste Orientierung für eine quantitative Leitplanke kann festgelegt werden, dass die Belastungen nirgendwo höher sein dürfen, als sie heute in der EU sind, auch wenn dort die Situation noch nicht bei allen Schadstoffen zufrieden stellend ist. Eine endgültige Leitplanke muss durch multilaterale Umweltabkommen und nationale Umweltstandards definiert und umgesetzt werden.

Energiearmut überwinden

Um das allgemeine Ziel „Überwindung der Energiearmut“ genauer zu formulieren, hat der WBGU „sozioökonomische Leitplanken“ definiert:

- *Zugang zu moderner Energie für alle Menschen:* Der Zugang zu moderner Energie, insbesondere Elektrizität, sollte für alle Menschen gewährleistet sein.
- *Deckung des individuellen Mindestbedarfs an moderner Energie:* Der WBGU erachtet folgende Endenergiemengen als Minimum für den elementaren individuellen Bedarf: Spätestens ab 2020 sollten alle Menschen wenigstens 500 kWh pro Kopf und Jahr an Endenergie (davon ca. 20% an elektrischer Energie) und spätestens ab 2050 wenigstens 700 kWh zur Verfügung haben. Bis 2100 sollte der Wert auf 1.000 kWh steigen (der relative Anteil an elektrischer Energie wird sich dabei deutlich erhöhen).
- *Begrenzung des Anteils der Energieausgaben am Einkommen:* Arme Haushalte sollten maximal ein Zehntel ihres Einkommens zur Deckung des elementaren individuellen Energiebedarfs ausgeben müssen.
- *Gesamtwirtschaftlicher Mindestentwicklungsbedarf:* Allen Ländern sollte als gesamtwirtschaftlicher

Mindestenergiebedarf wenigstens die Energiemenge zur Verfügung stehen, die zur Verwirklichung eines Bruttoinlandsprodukts von etwa 3.000 US-\$₁₉₉₉ pro Kopf erforderlich ist.

- *Risiken im Normalbereich halten:* Ein nachhaltiges Energiesystem sollte auf Technologien beruhen, deren Betrieb im „Normalbereich“ der Umweltrisiken liegt. Die derzeitige Gewinnung von Energie aus Kernspaltung kollidiert mit diesen Anforderungen insbesondere durch intolerable Unfallrisiken und ungeklärte Abfallentsorgung sowie wegen der Risiken durch Proliferation und Terrorismus.
- *Erkrankungen durch Energienutzung vermeiden:* Die Luftverschmutzung in Innenräumen durch Verbrennung von Biomasse und die urbane Luftverschmutzung durch Nutzung fossiler Energieträger verursacht weltweit schwere Gesundheitsschäden. Diese Gesundheitsbelastung sollte in allen WHO-Regionen jeweils 0,5% der gesamten regionalen Gesundheitsbelastung (gemessen in DALYs, „disability adjusted life years“) nicht überschreiten.

Bei der Einhaltung dieser sozioökonomischen Leitplanken kommt erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle zu, da es nur mit ihnen gelingen kann, ein breites zusätzliches Energieangebot ohne allzu große Gesundheits- oder Umweltbeeinträchtigungen zu schaffen.

Das Konzept der Leitplanken bietet einen guten Rahmen, um den Grad der Nachhaltigkeit von Energiesystemen zu prüfen. Über die Leitplanken sollte auf internationaler Ebene Einigung erzielt werden. Der Beirat empfiehlt dazu, auf der *renewables 2004* die Vereinbarung einer Weltenergiecharta voranzutreiben und Leitplanken als ein wichtiges Element in diese Charta aufzunehmen (Kap. 7).

EMPFEHLUNGEN

- Ökologische und sozioökonomische Leitplanken vereinbaren.
- Leitplanken in der Weltenergiecharta verankern.

3 Globale Ausbaustrategien für erneuerbare Energien

Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen wird bei der Energiewende zur Nachhaltigkeit eine entscheidende Rolle spielen. Damit ihr Ausbau ohne Verzögerung die notwendige Dynamik entfaltet, sind konsistente und langfristig angelegte Strategien sowie kraftvolles politisches Handeln notwendig. Internationale Vereinbarungen sind dabei ein wesentliches Element, weil langfristige Perspektiven eine entscheidende Grundlage für Investitionsentscheidungen im industriellen Sektor darstellen. Eine Analyse des Nötigen und Möglichen ist die Voraussetzung für die Vereinbarung von Ausbauzielen für erneuerbare Energien.

Potenziale und Szenarien

Der WBGU hat in seinen Gutachten „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ und „Über Kioto hinaus denken“ Szenarien für eine globale Transformation der Energiesysteme entwickelt. Die Arbeiten basierten zunächst auf einer Analyse der bei den verschiedenen Energiequellen zur Verfügung stehenden globalen Potenziale. Für diese Untersuchungen führte der Beirat den Begriff des „nachhaltigen Potenzials“ ein, das neben technischen Restriktionen auch Dimensionen der Nachhaltigkeit als potenzielle Limitierungen berücksichtigt (Kap. 2). Zur Einordnung der folgenden Potenzialangaben sei angemerkt, dass der Primärenergieeinsatz der Menschheit im Jahr 2000 bei 420 Exajoule (420×10^{18} Joule) lag. Die Analysen des WBGU ergaben für die Windkraft ein nachhaltiges Potenzial von ca. 140 Exajoule pro Jahr, für die Geothermie ca. 30 Exajoule pro Jahr und für die Bioenergie ca. 100 Exajoule pro Jahr. Das langfristig nachhaltige Potenzial der Bioenergie konzentriert sich dabei auf moderne Nutzungsformen, weil traditionelle Verwertungen (z. B. Biomasseverbrennung in Drei-Steine-Herden) u. a. erhebliche Gefahren für die Gesundheit mit sich bringen. Das nachhaltige Potenzial der Wasserkraft schätzt der WBGU mit Blick auf zu Recht gestiegene Anforderungen an Umwelt- und Sozialverträglichkeit vorsichtig mit 15 Exajoule pro Jahr ein. Nach heutigem Kenntnisstand wird lediglich für die Nutzung der Sonnenenergie zur Erzeugung

von z. B. Strom, Wärme oder Wasserstoff in Relation zu allen Projektionen menschlichen Energieeinsatzes keine Begrenzung gesehen. Das nachhaltige Potenzial der Sonnenenergie ist somit gemessen am menschlichen Energiebedarf unbegrenzt.

Um aus dieser Potenzialanalyse Fahrpläne zum Ausbau erneuerbarer Energien ableiten zu können, wurden vom Beirat Zeitpfade globaler Primärenergieportfolios untersucht, denen ambitionierte CO₂-Stabilisierungsziele zu Grunde lagen. Als Ausgangspunkt dienten verschiedene Szenarios des International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Laxenburg, Österreich, die die Analyse eines sehr breiten Spektrums potenzieller globaler Entwicklungen erlauben. In seinem Gutachten „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ wurde vom WBGU eine von sehr hohem Wirtschaftswachstum und hoher Energienachfrage geprägte Modellwelt ausgewählt, um die technische und finanzielle Machbarkeit eines künftigen Energiesystems nachzuweisen, das selbst unter diesen extremen Bedingungen den WBGU-Leitplanken nachhaltiger Energiepolitik genügt. Der entsprechende „exemplarische Transformationspfad“, in dem erneuerbare Energien eine entscheidende Rolle spielen, wird in Abbildung 1 gezeigt.

Ausbaustrategien für erneuerbare Energien

Bei der Diskussion der Ausbaustrategien verschiedener erneuerbarer Energiequellen lassen sich zwei Kategorien regenerativer Energien unterscheiden: Eine Klasse (Gruppe A) ist heute bereits zu großen Teilen (nahezu) wettbewerbsfähig, unterliegt aber zwei Ausbaubeschränkungen: Zum einen sind ihre nachhaltigen Potenziale begrenzt (z. B. Wind, Biomasse, Wasserkraft), zum anderen wird bei einem an Effizienzsteigerung orientierten Umbau der Energiesysteme der Bedarf an thermischer Energie für den Gebäudebereich nach einigen Jahrzehnten nicht mehr entscheidend wachsen. Dies begrenzt mittelfristig insbesondere den Bedarf an Wärmeenergie aus solaren Quellen, Biomasse und Geothermie.

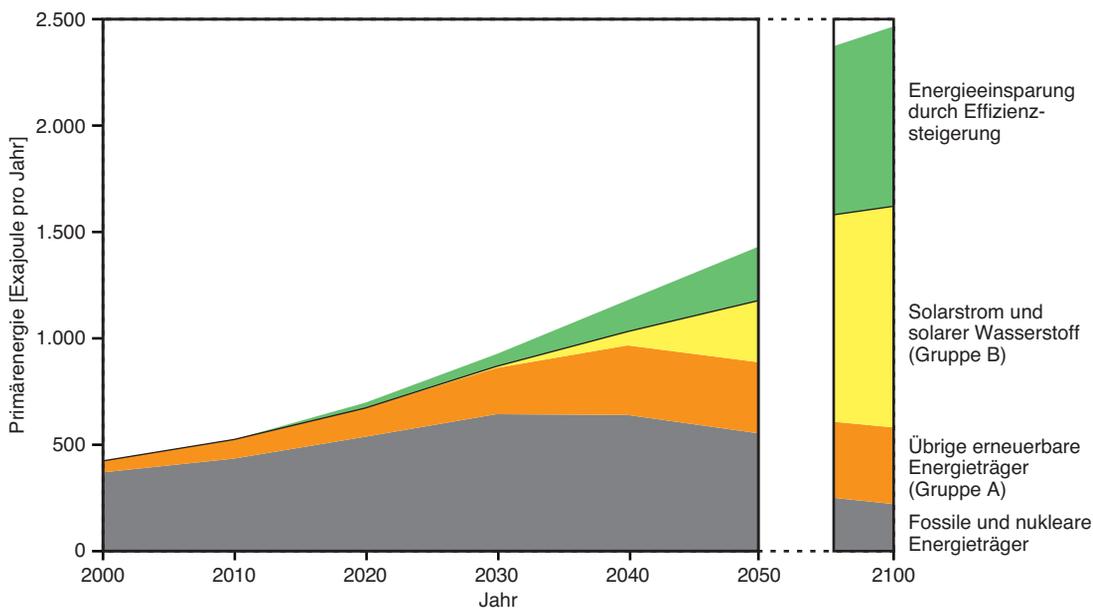


Abbildung 1: Globales Primärenergie-Portfolio im exemplarischen Transformationspfad des WBGU. Die Primärenergie wurde nach der direkten Äquivalentmethode bilanziert. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ohne solare Stromerzeugung und solaren Wasserstoff (Gruppe A) erreicht bei ambitionierten Wachstumsraten die Grenzen nachhaltiger Potenziale etwa zur Jahrhundertmitte. Der exponentielle Zubau der quasi unbegrenzt nutzbaren, aus solaren Energiequellen gewonnenen Energieträger Solarstrom und solarer Wasserstoff (Gruppe B) kann das auch in der zweiten Jahrhunderthälfte weiterhin notwendige Wachstum der erneuerbaren Energien nur dann tragen, wenn – wie in der Abbildung angenommen – über die kommenden vier Jahrzehnte durchgehend eine Ausbaurate von etwa 26% pro Jahr erzielt wird. Dies entspricht etwa der derzeitigen Ausbaurate, die aber im Wesentlichen nur von Japan, Deutschland und den USA getragen wird. Die Energieintensität (Energieeinsatz pro damit erzeugtem Bruttoinlandsprodukt) hat sich global im historischen Trend um etwa 1% pro Jahr verbessert. Der WBGU empfiehlt, durch ehrgeizige Effizienzstrategien mittelfristig die jährliche Verbesserung der Energieintensität stufenweise bis auf 1,6% pro Jahr zu steigern. Die damit verbundene Primärenergieeinsparung gegenüber der Fortschreibung des historischen 1%-Trends wird in der Abbildung durch das obere Band dargestellt. Quelle: nach WBGU, 2003

Eine zweite Klasse (Gruppe B; z. B. Solarstrom, solar erzeugter Wasserstoff) ist heute noch vergleichsweise teuer, stößt aber selbst bei extremen Projektionen menschlichen Energieeinsatzes nicht an Grenzen des nachhaltig nutzbaren Potenzials für Ausbau oder Einsatz. Der WBGU geht davon aus, dass sich die Kosten der Energiebereitstellung für die Energiequellen der Gruppe B mit zunehmendem Marktvolumen kontinuierlich und erheblich verringern werden.

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen empfiehlt der Beirat folgende globale Ausbaustrategie: Alle Energiequellen der Gruppe A sollten zügig weiter bis an die Obergrenzen ihrer nachhaltigen Potenziale ausgebaut werden. Insgesamt wird hier über mehrere Jahrzehnte ein Wachstum von jährlich etwa 5% als möglich und notwendig angesehen. Die Energiequellen der Gruppe B liefern derzeit noch

einen sehr geringen Beitrag zum globalen Energieeinsatz. Diese Gruppe sollte mit hohen, aber derzeit realisierten Wachstumsraten über mehrere Jahrzehnte hinweg weiter ausgebaut werden. Eine Verzehnfachung pro Jahrzehnt, entsprechend einer Steigerung von etwa 26% pro Jahr, ist notwendig, damit Gruppe B langfristig in der Lage sein wird, auch nach dem Erreichen der Potenzialobergrenzen der Energiequellen aus Gruppe A ein weiteres kontinuierliches Wachstum der erneuerbaren Energien sicherzustellen. Die genannten Ausbauraten müssen mindestens bis zum Jahr 2040 durchgehalten werden, wenn eine globale Transformation der Energiesysteme hin zur Nachhaltigkeit erfolgreich sein soll.

Diese globale Strategie sollte durch langfristige, regional aufgelöste Ausbaufahrpläne konkretisiert werden (Kap. 4). Es ist wichtig, diese Pläne nach Energiequellen (Windkraft, Solarstrom usw.) zu spezi-

fizieren und sich dabei nicht auf den ausschließlichen Ausbau der zu einem bestimmten Zeitpunkt kostengünstigsten Optionen (z. B. aus Gruppe A) zu beschränken, da ansonsten das unverzichtbare Wachstum von Gruppe B unterbliebe. Abbildung 1 macht deutlich, dass ein langer Atem über viele Jahrzehnte notwendig ist, um die globale Energiewende zur Nachhaltigkeit zum Erfolg zu führen.

Die Europäische Union hat sich beispielsweise das Ziel gesetzt, den Anteil erneuerbarer Energien am Stromeinsatz von 14% (1997) bis 2010 auf 22% zu erhöhen. Der WBGU empfiehlt, bis 2050 in der EU mindestens 50% der Primärenergieversorgung durch erneuerbare Energien abzudecken, wobei der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung dann mindestens 60% erreichen sollte.

Strom- und Wasserstoffwirtschaft

Aus Sicht des WBGU wird eine intensivere Nutzung erneuerbarer Energien den Trend zu einer Strom- und Wasserstoffwirtschaft verstärken. Auch hier muss der Umbau rechtzeitig eingeleitet werden. Hierzu zählen beispielsweise die Ertüchtigung der Elektri-

tätsnetze für den großskaligen Einsatz erneuerbarer Energien und eine weltweite Vernetzung („global link“), der Aufbau einer Infrastruktur für Wasserstoff sowie die Entwicklung von Energiespeichern, insbesondere für den Verkehrsbereich.

Energieeffizienz

Verstärkte Anstrengungen zur Verbesserung der Effizienz müssen auf allen Ebenen ein unverzichtbarer Baustein der globalen Energiewende zur Nachhaltigkeit sein. Ein guter Indikator hierfür ist die Energieintensität (Energieeinsatz pro damit erzieltm Bruttoinlandsprodukt), die sich im historischen Trend global um etwa 1% pro Jahr verbessert hat. Der WBGU empfiehlt, durch ehrgeizige Effizienzstrategien die Verbesserung der Energieintensität mittelfristig auf 1,6% pro Jahr zu steigern, was angesichts der langen Lebensdauer von Anlagen im Energiesektor (Kraftwerke, Gebäude, Fahrzeuge usw.) allerdings nur schrittweise erreicht werden kann (Abb. 1).

In der EU sollten Energieeffizienzstrategien verbindlich vereinbart werden, wobei insbesondere auf den Verkehrs- und Gebäudebereich abgezielt werden sollte. Im Neubaubereich für Gebäude sollte bis 2010 als EU-weiter Standard erreicht werden, dass der externe Primärenergieeinsatz pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr für Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Haustechnik im Mittel 60 kWh nicht übersteigt. Ein solches Ziel lässt sich über Methoden des solaren und energieeffizienten Bauens erreichen. Bis 2020 sollten 40% des gesamten Gebäudebestandes der EU Werte im Bereich bis 100 kWh pro Quadratmeter und Jahr erfüllen.

EMPFEHLUNGEN

- Den engagierten Ausbau von Solarstrom und solar erzeugtem Wasserstoff mit einer globalen Kapazitätserhöhung um etwa ein Viertel pro Jahr kontinuierlich und langfristig fortführen.
- Alle nachhaltig nutzbaren Potenziale von Windenergie, Bioenergie, Wasserkraft, Geothermie und Solarwärme mittelfristig erschließen.
- Den Umbau zu einer hoch vernetzten Strom- und Wasserstoffwirtschaft rechtzeitig einleiten.
- Effizienz auf allen Ebenen des globalen Energiesystems verbessern.
- In der EU verbindliche Ausbauziele für erneuerbare Energien und Energieeffizienz vereinbaren.

4 Umsetzung der Ausbaustrategien für erneuerbare Energien

Verpflichtung auf nationale Ausbauziele

Will man die in Kapitel 3 diskutierten und nach Energieträgern differenzierten Ausbaustrategien für erneuerbare Energien umsetzen, ist es wünschenswert, dass sich fortschrittswillige Staaten zunächst auf den nationalen Ausbau erneuerbarer Energien verpflichten. Diese Verpflichtungen auf zeitlich gestaffelte Ausbauziele für erneuerbare Energien sollten ein vorrangiges Ziel der *renewables 2004* sowie des Folgeprozesses sein.

Die Beiträge der Staaten zu den globalen Ausbauzielen sollten der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Länder Rechnung tragen und sich an den im Land vorhandenen nachhaltigen Potenzialen der verschiedenen Energiequellen orientieren. Derartige Verpflichtungen könnten beispielsweise in Form einer Quote erfolgen (etwa als Mindestanteil an der Stromerzeugung oder an Treibstoffen aus regenerativen Energien) oder sie könnten als absolute Werte formuliert werden (etwa als installierte Erzeugungskapazität oder als Energieabgabe). Darüber hinaus sollte es in absehbarer Zeit möglich sein, dass Länder einen gewissen Teil ihrer Ausbaupflichtung durch den Zukauf von „Zertifikaten“ aus solchen Ländern abdecken, die ihr Ausbauziel übererfüllen. Durch ein derartiges System international handelbarer Quoten für Anteile regenerativer Energien am gesamten Energiesystem könnten die Kosten eines globalen Ausbaus erneuerbarer Energien niedrig gehalten werden. Zusätzlich würde der internationale Technologietransfer gefördert.

Instrumente für den Ausbau

Erneuerbare Energien sind im Vergleich zu konventionellen Energieträgern teilweise noch nicht wettbewerbsfähig (Kap. 3). Das liegt nicht zuletzt daran, dass die externen Kosten konkurrierender Energieträger nicht internalisiert sind. Der ehrgeizige Ausbau erneuerbarer Energien erfordert daher gezielte Markteinführungsstrategien und Maßnahmen zur Verteuerung anderer, insbesondere fossiler Energieträger. Einen Königsweg zur Umsetzung nationaler Ausbaustrategien gibt es dabei nicht. Es sind sowohl

Maßnahmen der Preissteuerung (z. B. Subventionierung erneuerbarer Energieträger, Besteuerung fossiler Energieträger) als auch der Mengensteuerung (z. B. Mindestquoten und Ausschreibungen für erneuerbare Energien) ins Auge zu fassen.

Die Erfahrungen mehrerer Länder bei der Stromversorgung zeigen, dass Einspeisevergütungen, d. h. die Kopplung von Abnahme- und Vergütungspflichten, einen schnellen Ausbau erneuerbarer Energien bewirken können. Wenn der Marktanteil der jeweiligen erneuerbaren Energieträger deutlich ausgebaut ist, dürfte mittel- bis langfristig der Übergang zu einem System handelbarer Quoten vorteilhaft sein. Auf diese Weise könnte die Allokations-, Selektions- und Innovationsfunktion des Marktes bei erneuerbaren Energien stärker genutzt werden. Der WBGU empfiehlt in diesem Zusammenhang das in seinem Energiegutachten diskutierte Konzept der Green Energy Certificates. Dabei würden die Herstellungsnachweise etwa für Strom aus erneuerbaren Energien auf einem vom physischen Strommarkt getrennten Markt gehandelt werden.

Umfassende ökologische Finanzreformen würden ebenfalls den Einsatz erneuerbarer Energien fördern. Der ökologische Umbau des Steuersystems würde beispielsweise fossile Energieträger verteuern und damit die Wettbewerbsfähigkeit regenerativer Energien erhöhen. Da nationale Alleingänge insbesondere beim Abbau umweltschädlicher Energiesubventionen nur schwer durchsetzbar sein dürften, empfiehlt der WBGU, Verhandlungen über den Abschluss eines Multilateralen Energiesubventionsabkommens (MESA) aufzunehmen. Mit einem solchen Abkommen sollte der schrittweise Abbau der Subventionen für fossile und nukleare Energieträger geregelt werden.

Welche Instrumente die einzelnen Länder letztlich für den Ausbau erneuerbarer Energien einsetzen, kann und sollte nicht durch internationale Vereinbarungen festgelegt oder gar vereinheitlicht werden. Gleichwohl ist mit Blick auf ein System international handelbarer Quoten und vor allem wegen der zunehmenden Öffnung der Energiemärkte eine gewisse

Kompatibilität der nationalen Instrumente auf globaler Ebene wünschenswert. Der Ausbau erneuerbarer Energien kann aber nur gelingen, wenn ein erheblich größerer Forschungs- und Entwicklungsaufwand betrieben wird (Kap. 6).

Erneuerbare Energien in der Entwicklungszusammenarbeit

Zur Überwindung der Energiearmut sollten energiepolitische Aspekte verstärkt in der Entwicklungszusammenarbeit berücksichtigt werden. Die Weltbank, die sich explizit zum Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung bekennt, sollte ihre konzeptionellen Erkenntnisse auf operativer Ebene stringenter umsetzen. Die Bundesregierung sollte darauf drängen, dass die Förderung regenerativer Energien in den Country Assistance Strategies (CAS) verankert wird. Auch bei den Poverty Reduction Strategy Papers (PRSP) gehört Energiearmut bisher nicht zu den Verhandlungsgegenständen. Umweltbelange werden allerdings generell nicht hinreichend beachtet. Da die Weltbank

einen großen Einfluss auf die Ausarbeitung der PRSP hat, sollte der 2003 begonnene Diskussionsprozess zur stärkeren Berücksichtigung von erneuerbaren Energien in den PRSP und den CAS beschleunigt werden.

Auch weist der WBGU einmal mehr ausdrücklich darauf hin, dass die Mittel der öffentlichen Entwicklungshilfe aufzustocken sind. Sie sollten bis 2010 mindestens 0,5% des BIP erreichen. Darüber hinaus sollten deutlich mehr Mittel als bisher in nachhaltige Energieprojekte fließen, insbesondere in die Förderung erneuerbarer Energien (siehe Modellprojekte in Kap. 5). Der Beirat begrüßt in diesem Zusammenhang das von der Bundesregierung 2002 auf dem WSSD angekündigte Programm „Nachhaltige Energie für Entwicklung“ zum Aufbau strategischer Energiepartnerschaften, empfiehlt jedoch eine Erhöhung der vorgesehenen Mittel. Eine Intensivierung der Kooperation zwischen öffentlichen Institutionen und der Wirtschaft (Public-Private Partnership) im Bereich der erneuerbaren Energien könnte zur Steigerung der eingesetzten Mittel und ihrer effizienten Verwendung beitragen. Die direkte Subventionierung nicht nachhaltiger Energieprojekte durch die Entwicklungszusammenarbeit und Public-Private Partnerships sollte hingegen eingestellt werden. Gleiches gilt für die indirekte Subventionierung nicht nachhaltiger Energien durch Exportversicherungsanstalten.

Um erneuerbaren Energien in der internationalen Klimaschutzpolitik besonderes Gewicht zu verleihen, sollte der Einsatz erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländern in eine Prioritätenliste für CDM-Projekte aufgenommen werden. Der CDM wird jedoch bei weitem nicht ausreichen, um eine globale Energiewende zu finanzieren. Daher sollte die GEF, die sich in den letzten Jahren zu einer wichtigen Finanzierungsinstitution für den globalen Umweltschutz entwickelt hat, aufgewertet werden und zusätzliche Mittel erhalten. Ein eigenes GEF-Fenster für erneuerbare Energien und auch für Effizienztechnologien ist empfehlenswert („Fenster für nachhaltige Energiesysteme“). Auch die vom WBGU empfohlenen Nutzungsentgelte für den internationalen Luftverkehr (WBGU, 2002), dessen klimaschädliche Emissionen bisher keiner befriedigenden Regelung unterworfen sind, könnten zur Finanzierung des GEF-Fensters beitragen.

EMPFEHLUNGEN

- Nationale Ausbauziele für erneuerbare Energien verbindlich festlegen.
- Zwischenstaatliches System handelbarer Ausbauverpflichtungen für erneuerbare Energien mittelfristig anstreben (international handelbare Quoten).
- Verhandlungen über ein Multilaterales Energiesubventionsabkommen (MESA) aufnehmen.
- Erneuerbare Energien durch die Politik der Weltbank fördern.
- Deutlich mehr Mittel in der Entwicklungszusammenarbeit für erneuerbare Energien einsetzen.
- Einsatz erneuerbarer Energieträger in eine CDM-Prioritätenliste integrieren.
- GEF-Fenster für nachhaltige Energieprojekte einrichten.

5 Modellprojekte der internationalen Zusammenarbeit

Der WBGU empfiehlt, einige wenige großskalige Modellprojekte als strategischen Hebel für die globale Energiewende zu nutzen. Erfolgreiche Leuchtturmprojekte der internationalen Zusammenarbeit helfen bei der Überwindung von Barrieren, demonstrieren das heute bereits technisch Mögliche und üben positive Anreize auf Investoren aus. Die Projekte zielen auf entscheidende Bausteine einer nachhaltigen Transformationsstrategie: Die netzgebundene Stromversorgung, die dezentrale Elektrifizierung ländlicher Regionen, die Bereitstellung von Energie zur Nahrungszubereitung in Entwicklungsländern sowie solare und energieeffiziente Gebäudekonzepte. Alle Modellprojekte sollten durch Forschungsprogramme in den Bereichen Monitoring und Projektanalyse begleitet werden, um Lerneffekte zu erzeugen und Erfahrungen effektiv zu verbreiten.

Sahara-Strom für Nordafrika und Europa

Zwischen der Europäischen Union und Nordafrika sollte eine strategische Energiepartnerschaft aufgebaut werden. Für Europa wäre dies nicht nur ein wichtiger weiterer Schritt auf dem Weg zu einem schnellen Einsatz erneuerbarer Energien in für den Klimaschutz relevantem Umfang, sondern auch ein wesentliches Element einer vertieften wirtschaftlichen und außenpolitischen Kooperation mit Nordafrika. Für Nordafrika liegt in einer solchen Partnerschaft die Chance, bereits mittelfristig Klimaschutz mit industrieller und sozialer Entwicklung zu verbinden. Die Energiepartnerschaft könnte ein Motor der Entwicklung in der Region werden. Die Umsetzung einer solchen Partnerschaft sollte durch folgende konkrete Initiativen eingeleitet werden:

- Planung und Ausschreibung von je einem großskaligen photovoltaischen und solarthermischen Kraftwerk in Zusammenarbeit mit einem oder mehreren nordafrikanischen Ländern;
- Planung und Ausschreibung einer großskaligen Windfarm in Zusammenarbeit mit einem oder mehreren nordafrikanischen Ländern;

- Planung und Ausschreibung einer nordafrikanischen Stromverbundleitung sowie einer Übertragungsleitung von Nordafrika nach Europa;
- Aufbau einer europäischen Anlaufstelle für die nordafrikanischen Projektpartner und die europäischen Investoren.

Die EU sollte – sofern sie sich wettbewerbsrechtlich dazu in der Lage sieht – das Projektpaket über zeitlich befristete Stromabnahmevereinbarungen zu garantierten Preisen wirtschaftlich ausreichend attraktiv gestalten, um private Unternehmungen für die Umsetzung zu gewinnen. Entsprechende Leuchtturmprojekte könnten in verschiedenen Regionen der Welt initiiert werden.

Biogenes Flüssiggas zum Kochen

In Entwicklungsländern stellt die traditionelle Nutzung von Biomasse oft ein erhebliches Problem dar (Gesundheitsschäden durch Rauch, Übernutzung der lokalen Holzvorräte). Dieses Problem könnte durch die schrittweise Substitution z. B. von Drei-Steine-Herden durch Flüssiggaskocher entschärft werden. Jedoch ist der großskalige Einsatz von fossilem Flüssiggas aus Klimaschutzgründen langfristig nicht nachhaltig. Aus Biomasse lässt sich jedoch über die Umwege der Vergasung oder der Vergärung mit nachfolgender Reformierung Synthesegas (CO/H₂-Gasgemisch) gewinnen, aus dem wiederum leichter zu transportierende verflüssigbare Kohlenwasserstoffe hergestellt werden können. Es ließe sich auf diesem Weg also biogenes Flüssiggas gewinnen. Die chemischen Prozesse können zudem in vielen Fällen durch den Einsatz thermischer Solarenergie unterstützt werden. Der WBGU empfiehlt:

- im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit die Substitution traditioneller Drei-Steine-Herde durch Flüssiggaskocher zu intensivieren;
- im Rahmen einer Forschungsk Kooperation mit einem oder mehreren Entwicklungsländern Anlagen zur umweltverträglichen Synthese von Flüssiggas aus Biomasse zu entwickeln, die an die Bedingungen vor Ort angepasst sind.

Energieeffiziente Gebäude im Niedrigkostensektor

Um die Lebensbedingungen benachteiligter Bevölkerungsgruppen in Entwicklungs- und Schwellenländern zu verbessern, werden durch staatliche Programme zahlreiche neue Wohnungen errichtet. Dabei werden Aspekte nachhaltigen Bauens weithin vernachlässigt. Der WBGU empfiehlt, dass im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit und in Kooperation mit Partnern aus Schwellen- und Entwicklungsländern großskalige Demonstrationsprojekte (viele Tausend Wohneinheiten) zu solarem und energieeffizientem Bauen im Niedrigkostensektor realisiert werden.

Verbesserung der Stromqualität in ländlichen Regionen

Bei der Elektrifizierung ländlicher Regionen in Entwicklungsländern tritt häufig das Problem auf, dass wegen der geringen Nutzerdichte große Distanzen mit schwachen Stromnetzen überbrückt werden müssen. Dabei verschlechtert sich die Stromqualität insbesondere für die entlegeneren Nutzer erheblich. Die in einigen Industrieländern entwickelten Technologien zur Einbindung verteilter erneuerbarer Energiequellen in das Verbundnetz könnten Gewinn bringend und kosteneffizient zur Verbesserung dieser Situation eingesetzt werden. Dies ist jedoch bei den

Netzbetreibern vor Ort teilweise unbekannt. Der WBGU empfiehlt, dass im Rahmen der technischen und finanziellen Zusammenarbeit eine ausgewählte ländliche Region in Kooperation mit einem größeren regionalen Energieversorger unter Einsatz dieser neuartigen Technologien elektrifiziert wird, wobei im erheblichen Maß Strom aus erneuerbaren Energien flächenmäßig verteilt in das Netz eingespeist werden soll. Die Zusammenarbeit mit einem Netzbetreiber ist dabei insbesondere für die Multiplikatorwirkung unerlässlich.

1-Million-Hütten-Strom-Programm

Für die ländliche Elektrifizierung in Entwicklungsländern sind wegen der geringen Bevölkerungsdichte neben intelligenten Netzerweiterungen und -ertüchtigungen auch dezentrale Konzepte wie photovoltaisch versorgte Individualsysteme und Kleinstnetze wichtig. Entsprechende Projekte waren bisher meist zu klein dimensioniert, um die gewünschte Eigendynamik zu entfalten. Des Weiteren wurden soziale und technische Rahmenbedingungen häufig nicht ausreichend berücksichtigt. Der WBGU empfiehlt daher, ein 1-Million-Hütten-Strom-Programm aufzulegen, das neben der notwendigen Größe und Laufzeit auch eine neue Dimension der technischen und sozioökonomischen Begleitung beinhalten muss. Die Einbindung der Expertise führender Unternehmen aus Industrieländern, die Begleitung durch regionale Ausbildungsprogramme sowie der Aufbau lokaler Finanzierungsstrukturen und Zulieferindustrien sind entscheidende Voraussetzungen für den Erfolg des Programms.

EMPFEHLUNGEN

Großskalige Modellprojekte der internationalen Zusammenarbeit initiieren:

- Sahara-Strom für Nordafrika und Europa.
- Biogenes Flüssiggas zum Kochen.
- Energieeffiziente Gebäude im Niedrigkostensektor.
- Verbesserung der Stromqualität in schwachen Elektrizitätsnetzen ländlicher Regionen unter Einsatz erneuerbarer Energien.
- 1-Million-Hütten-Strom-Programm zur ländlichen Elektrifizierung in Entwicklungsländern.

6 Forschung und Entwicklung

Der großskalige Ausbau erneuerbarer Energien stellt eine beträchtliche technologische wie gesellschaftliche Herausforderung dar, die nur gelingen kann, wenn weltweit erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand betrieben wird. Dies betrifft sowohl die gesellschaftswissenschaftliche als auch die naturwissenschaftlich/technische Forschung.

Gesellschaftswissenschaftliche Forschung

Es müssen die Barrieren gegen den zügigen Ausbau erneuerbarer Energien identifiziert und Strategien zu ihrer Überwindung entwickelt werden. Gleichzeitig wird Forschung zu Akzeptanz- und Verbreitungsstrategien sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern benötigt. Dazu sollten prioritär

- Instrumente der direkten Förderung erneuerbarer Energien (z. B. Einspeisevergütungen und Quoten- bzw. Zertifikatssysteme für netzgebundene erneuerbare Energien, Fee-for-Service-Schemata und Mikrokredite für netzferne Anwendungen) erforscht werden;
- Strategien zum verstärkten Aufbau lokaler Fähigkeiten in Entwicklungsländern und zu effektiverer Informationsverbreitung zu erneuerbaren Energien und ihren Vorteilen entwickelt werden;
- der gezielte Einsatz und die Weiterentwicklung flexibler Instrumente des Klimaschutzes (Clean Development Mechanism, Joint Implementation) für die Förderung erneuerbarer Energien erforscht werden.

Naturwissenschaftlich/technische Forschung

Die Energiewende zur Nachhaltigkeit wird sich nicht auf wenige Technologien beschränken können. Vielmehr muss das zugrunde liegende Technologieportfolio eine große Breite haben. Dazu sollten vordringlich

- Technologien, die für die langfristige Evolution der Energiesysteme unverzichtbar sind (z. B. Photovoltaik, Energieeffizienz), erforscht werden;
- Technologien, die nur noch geringere Entwicklungsschritte benötigen, um neue und große Märkte zu erschließen (z. B. solarthermische Kraftwerke und Windkraft in Entwicklungslän-

dern, biogenes Synthesegas), weiter entwickelt werden;

- Technologien, die bereits heute oft kosteneffizient eingesetzt werden können (z. B. solare und energieeffiziente Gebäude, photovoltaische Stromversorgung netzferner Anwendungen, moderne Biomasse-Verwertung), weiter optimiert und angepasst werden.

Finanzierung für Forschung und Entwicklung

Die Anforderungen an die Forschung zur Energiewende sind unter den heutigen finanziellen Rahmenbedingungen nicht zu bewältigen. Die Ausgaben beispielsweise der OECD für Forschung und Entwicklung haben sich im Energiesektor seit 1980 mehr als halbiert. Daher sollten

- in den Industrieländern bis 2020 die direkten staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Energiebereich z. B. auch durch Umschichtungen mindestens verzehnfacht werden. Der inhaltliche Schwerpunkt sollte dabei zügig von fossiler Energie und Energie aus Kernspaltung auf erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen verlagert werden.

Um die in Forschung und Technologieentwicklung erreichten Positionen aufrechtzuerhalten und auszubauen, sollte in Deutschland eine fokussierte Forschungs- und Entwicklungsoffensive eingeleitet werden, die sowohl die technische Nutzung erneuerbarer Energiequellen als auch die Steigerung der Energieeffizienz umfasst. Daher sollten

- die deutschen Mittel für Forschung und Entwicklung in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz innerhalb der nächsten fünf Jahre verdoppelt werden.

Forschungskoordination

Um die vergrößerten Forschungsanstrengungen global effizient zu gestalten, ist zudem eine verbesserte internationale Koordination notwendig. Dazu sollte

- zur strategischen Koordination und Beratung nationaler Energieforschungsaktivitäten ein bei den UN angesiedeltes Koordinationsprogramm zur Weltenergieforschung (World Energy Res-

earch Coordination Programme – WERCP) gegründet werden.

Die Energieforschung profitiert davon, dass unterschiedliche Forschungsinitiativen z. T. an denselben Fragestellungen arbeiten und im Wettbewerb Innovation und Entwicklung vorantreiben. Der WBGU setzt daher auf Pluralismus und Vielfalt der internationalen Forschungslandschaft, sowohl auf der durchführenden als auch auf der finanzierenden Seite. Dieser Pluralismus ließe sich durch das WERCP effizient strukturieren.

Das WERCP sollte auf der Basis einer kontinuierlichen Beobachtung und Analyse der internationalen Forschungslandschaft den Staaten und relevanten Institutionen Beratung und Koordination anbieten, um internationale Forschungs- und Entwicklungsstrategien abzustimmen und zu optimieren. Es sollte außerdem einen strategischen globalen Fonds für Forschung und Entwicklung verwalten. Dessen auf Entwicklungsländer zugeschnittene Projekte sollten insbesondere dazu dienen, in den Industrieländern existierende moderne Energietechnologien an die lokalen Bedürfnisse anzupassen. In diesem Zusammenhang sollte das WERCP auch einen inten-

sivierten internationalen Wissenschaftlertausch im Energiesektor organisieren.

Wissenschaftliche Politikberatung

Die politische Umsetzung einer globalen Energiewende sollte durch unabhängige wissenschaftliche Analysen kontinuierlich begleitet werden. Die Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Handlungsoptionen schafft die Grundlage für die politischen Steuerungsorgane, Vorsorgestrategien zu ergreifen und bestehende Politiken neuen Anforderungen anzupassen. Der Zwischenstaatliche Ausschuss über Klimaänderungen (IPCC) dient hier als Vorbild und zeigt, wie durch die breite internationale Beteiligung von Forschern eine anerkannte wissenschaftliche Grundlage für klimapolitische Entscheidungen geschaffen werden kann. Ziel sollte es daher sein, auch im Energiebereich regelmäßig – mindestens alle 5 Jahre – über die Erfolge und Defizite bei der Umsetzung der globalen Energiewende zur Nachhaltigkeit zu berichten. Der WBGU empfiehlt daher,

- einen zwischenstaatlichen Ausschuss für nachhaltige Energie (Intergovernmental Panel on Sustainable Energy – IPSE) einzurichten.

Dabei ist eine möglichst hohe regionale Präsenz anzustreben, wobei analog zum IPCC die Teilnahme von Wissenschaftlern aus Entwicklungsländern durch gezielte Förderung unterstützt werden sollte.

EMPFEHLUNGEN

- Bis 2020 die direkten staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Energiebereich in den Industrieländern verzechnfachen.
- Den inhaltlichen Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung im Energiebereich von fossiler Energie und Energie aus Kernspaltung zügig auf erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen verlagern.
- Ein bei der UN angesiedeltes Koordinationsprogramm zur Weltenergieforschung (World Energy Research Coordination Programme – WERCP) gründen.
- Einen zwischenstaatlichen Ausschuss für nachhaltige Energie (Intergovernmental Panel on Sustainable Energy – IPSE) gründen.

7 Vereinbarung einer Weltenergiecharta

Als gemeinsame inhaltliche Grundlage für die Arbeit der relevanten Akteure auf internationaler Ebene empfiehlt der WBGU die Entwicklung eines globalen Strategierahmens in Form einer Weltenergiecharta. Die Charta könnte zunächst ohne rechtlich bindenden Status zwischenstaatlich vereinbart werden, wobei die Option einer langfristigen Weiterentwicklung in eine rechtlich bindende Konvention mit kontrollierbaren Zielen und Zeitplänen nicht ausgeschlossen werden sollte. Es bliebe Aufgabe der Staaten und internationalen Institutionen, die Charta umzusetzen. Die Weltenergiecharta sollte wesentliche Elemente internationaler Politik für die Energiewende zur Nachhaltigkeit enthalten.

Vereinbarung von Leitplanken der Nachhaltigkeit

Um die Energiewende in Richtung Nachhaltigkeit konzeptionell fassen und operationalisieren zu können, bedarf es quantitativ definierbarer Schadensgrenzen. Hier bietet sich das WBGU-Konzept der Leitplanken der Nachhaltigkeit an (Kap. 2). Der Beirat hat für den Energiebereich konkrete Vorschläge entwickelt, die sowohl den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen (ökologische Leitplanken) als auch die Überwindung der Energiearmut (sozioökonomische Leitplanken) sicherstellen sollen. Über die Leitplanken sollte auf internationaler Ebene Einigung erzielt werden.

Grundsätze der globalen Energiewende

Das heutige Energiesystem schädigt auf vielfältige Weise die natürliche Umwelt, gefährdet die Gesundheit und birgt erhebliche sicherheitspolitische Risiken. Die globale Energiewende ist also unerlässlich, um die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit zu schützen und die Energiearmut in den Entwicklungsländern zu beseitigen. Dies kann nur durch einen grundlegenden Umbau der Energiesysteme gelingen. Die Unterzeichner der Charta sollen sich auf folgende Grundsätze einigen:

- Energieproduktivität deutlich erhöhen (z. B. durch Energieeinsparungen);

- Erneuerbare Energien erheblich ausbauen und den Anteil fossiler Energieträger am Energiemix verringern;
- aus der technischen Nutzung der Kernenergie aussteigen;
- Zugang zu moderner Energie und globale Mindestversorgung sicherstellen;
- regulatorische und privatwirtschaftliche Elemente kombinieren;
- Handlungsfähigkeit der Entwicklungsländer stärken.

Ausrichtung internationaler Zusammenarbeit

Bi- und multilaterale Kooperation ist der Schlüssel zur Transformation der Energiesysteme. Ohne internationale politische Unterstützung wird die Energiewende nicht rechtzeitig gelingen. Um die internationale Zusammenarbeit zu fördern, sind folgende Elemente erforderlich:

- Relevante Akteure auf internationaler Ebene (z. B. Weltbank, UN-Organisationen) auf die Energiewende zur Nachhaltigkeit ausrichten;
- Institutionelle Verankerung der globalen Energiepolitik stärken und bündeln;
- Wissenschaftliche Politikberatung international verbessern;
- Informations- und Technologietransfer organisieren;
- Modellprojekte als strategischen Hebel nutzen und Energiepartnerschaften eingehen;
- Abbau von Subventionen für fossile und nukleare Energien und Fördermaßnahmen für erneuerbare Energien multilateral vereinbaren;
- Finanzmittel für die globale Wende mobilisieren.

Forschung und Entwicklung

Damit Technologien für erneuerbare Energieträger und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz mittel- und langfristig einen hohen Verbreitungsgrad bei niedrigen Kosten finden, sind dauerhaft hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung notwendig (Kap. 6):

- technische und nicht technische Forschungsanstrengungen im Bereich erneuerbarer Energien drastisch verstärken;
- direkte staatliche Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Energiebereich in den Industrieländern bis 2020 verzehnfachen.

Die *renewables 2004* ist das ideale Forum, um im Kreis gleich gesinnter fortschrittlicher Staaten die Vereinbarung der Weltenergiecharta einzuleiten. Auch wenn die Staatengemeinschaft eine nachhaltige globale Energiestrategie voraussichtlich zunächst ohne die Beteiligung einiger wichtiger Länder entwickeln muss, ist davon auszugehen, dass die Dynamik der Technologieentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien und deren langfristige Überlegenheit gegenüber fossilen und nuklearen Entwicklungspfaden mittelfristig zu einem Umsteuern auch bei heute zögerlichen Nationen führen wird.

EMPFEHLUNGEN

Eine Weltenergiecharta mit folgenden Elementen entwickeln:

- Leitplanken einer nachhaltigen Energiepolitik.
- Grundsätze der globalen Energiewende zur Nachhaltigkeit.
- Ausrichtung der internationalen Zusammenarbeit auf eine nachhaltige Energiepolitik.
- Gezielte Stärkung von Forschung und Entwicklung im Energiebereich.

8 Folgeprozess

Die *renewables 2004* wird der in Johannesburg angestoßenen Dynamik in Richtung eines globalen Ausbaus erneuerbarer Energien neue Impulse verleihen. Die Konferenz soll aber kein singuläres Ereignis bleiben, sondern vielmehr der Startpunkt entschlossener internationalen Handelns sein. Um den Ausbau des Anteils der erneuerbaren Energien am Energiemix und die Steigerung der Energieeffizienz weltweit voranzutreiben, sollte ein starker Folgeprozess

- die Koordinierung und Steuerung einer nachhaltigen Energiepolitik institutionell verankern;
- das Monitoring der Ziele und Maßnahmen gewährleisten;
- die Anbindung an andere internationale Prozesse ermöglichen.

Koordinierung und Steuerung des Folgeprozesses

Um den Folgeprozess der Konferenz voranzutreiben, wird ein Koordinations- und Steuerungsgremium benötigt. Der WBGU bezweifelt, dass die Johannesburg Renewable Energy Coalition (JREC; Kap. 1) diese Funktion erfüllen kann, da sie durch die EU gesteuert wird und institutionell an die Europäische Kommission angebunden ist. Dies wird es erschweren, neue Staaten an die Gruppe heranzuführen. Es empfiehlt sich daher nicht, das JREC-Sekretariat auszubauen.

Die positiven Erfahrungen mit dem auf Ministerienebene abgehaltenen globalen Umweltforum legen vielmehr nahe, ein Globales Ministerforum für nachhaltige Energie einzurichten. Das neue Gremium soll, unterstützt durch ein Sekretariat, die Aktivitäten der beteiligten Länder unterstützen und koordinieren, Kommunikation und Erfahrungsaustausch gewährleisten und politischen Konsens herstellen. Außerdem sollte es auch für die Koordination, Begutachtung und Entwicklung der stufenweisen institutionellen Stärkung globaler Energiepolitik auf der Grundlage einer Weltenergiecharta zuständig sein (Abb. 2). Das Sekretariat des Forums würde das Monitoring der nationalen Ausbauziele und Strategien erleichtern und z. B. die Fortschrittsberichte sammeln und auswerten. Zudem hätte das Sekretariat eine wichtige Funktion als „Clearing House“, in dem es auf vorbildhafte Praktiken (Best Practices) hinweist und die Ent-

wicklung von Leuchtturmprojekten fördert. Kommt es nicht zu der Gründung eines solchen Ministerforums, sollte eine informelle Arbeitsgruppe zum Folgeprozess ins Leben gerufen werden.

Mittelfristig könnten diese und weitere Aufgaben durch eine neu zu gründende internationale Agentur für nachhaltige Energie (International Sustainable Energy Agency – ISEA) geleistet werden. Der größte Mehrwert der ISEA wäre, dass erstmals Energie-, Umwelt- und Entwicklungsfragen auf globaler Ebene zusammengeführt und institutionell gebündelt behandelt werden könnten. Die Agentur würde nicht nur eine wichtige Funktion bei der Förderung erneuerbarer Energien übernehmen, sondern die Gesamtheit der Energiesysteme in den Reformprozess einbeziehen.

Als Gastgeber der Konferenz sowie als führendes Land bei der Umsetzung der Energiewende hat Deutschland eine besondere Verantwortung. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, dieser Verantwortung auch dadurch nachzukommen, dass sie einen substanziellen Beitrag zur institutionellen Sicherung des Folgeprozesses zur Verfügung stellt, etwa für die befristete Grundfinanzierung eines Sekretariats des Ministerforums bzw. der informellen Arbeitsgruppe.

Von großer Bedeutung wird es ferner sein, die Gruppe der gleichgesinnten Länder nach der Konferenz zu vergrößern. Dazu müssen Staaten davon überzeugt werden, dass ein Mix aus nachhaltigen Energien und Effizienzsteigerungen im Energiesystem ein zukunftsweisender Entwicklungspfad ist. Entwicklungsländer sollten mit finanzieller Unterstützung rechnen können. Folgekonferenzen, vor allem auch in Entwicklungsländern, müssen das Momentum der *renewables 2004* weitertragen.

Darüber hinaus sollen nach Ansicht des WBGU Netzwerke gefördert werden, die mit den Zielen der *renewables 2004* eng verknüpft sind, z.B. die Armutsbekämpfungsinitiative der EU (EUEI), das von UNEP initiierte Global Network on Energy for Sustainable Development oder die Global Village Energy Partnership. Netzwerke sind besonders wichtig, um die technologischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Kapazitäten in den Entwicklungsländern aus-

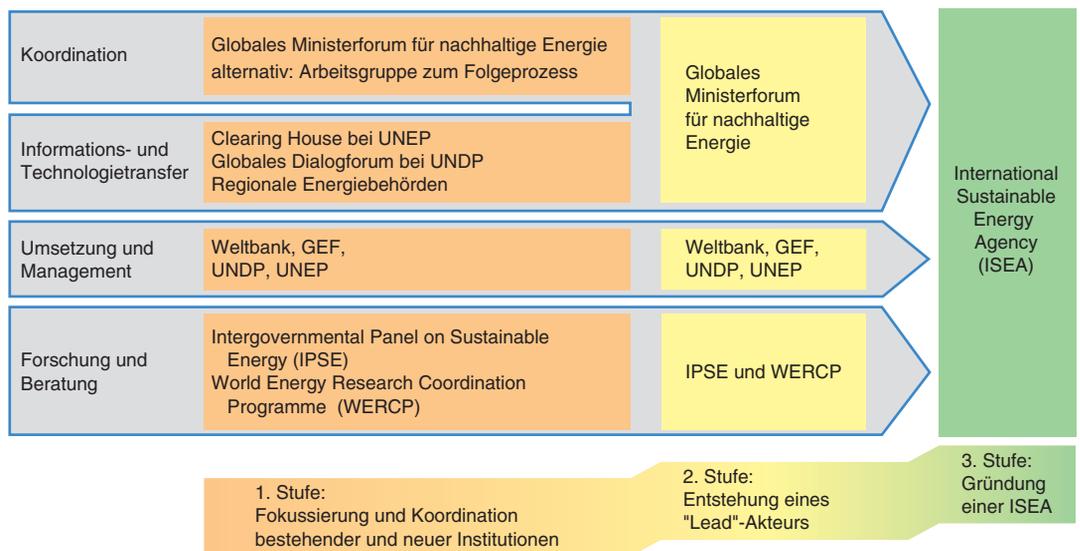


Abbildung 2: WBGU-Modell für eine stufenweise Stärkung der institutionellen Verankerung globaler Energiepolitik. Zunächst soll die Arbeit bestehender und neuer Organisationen aufeinander abgestimmt werden (1. Stufe). Darauf aufbauend sollten die institutionellen Grundlagen einer globalen Energiepolitik durch die Bündelung und Förderung von Kompetenzen weiter gestärkt werden (2. Stufe). Bei Bedarf sollte schließlich die Gründung einer neuen, übergeordneten Institution geprüft werden (International Sustainable Energy Agency – ISEA; 3. Stufe). Quelle: nach WBGU, 2003.

zubauen, etwa durch Förderung der regionalen Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern (Nord-Süd-Kooperation) sowie zwischen Entwicklungsländern (Süd-Süd-Kooperation). Insbesondere auf der Nachfrageseite, also dem Bewusstsein und Verhalten der Verbraucherinnen und Verbraucher, aber auch bei der politisch-gesellschaftlichen Durchsetzung des Strukturwandels erfüllen zivilgesellschaftliche Netzwerke wichtige Funktionen für die Energiewende. Ein globales Dialogforum – etwa in Form des bereits etablierten UNDP Global Round Table on Energy for Sustainable Development – könnte den Austausch aller gesellschaftlicher Akteure über Zielsetzungen, Maßnahmen und neue Partnerschaften verbessern.

Die für die Energiewende benötigten finanziellen Mittel sind allein von der öffentlichen Hand nicht aufzubringen. Nach Ansicht des WBGU kommt daher auch dem Aufbau neuer Partnerschaften zwischen staatlichen, zivilgesellschaftlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren (Public-Private Partnerships) in den nächsten Jahren große Bedeutung bei.

Monitoring

Für den Erfolg der (inter)nationalen Ziele und Maßnahmen ist es nach Ansicht des WBGU unverzichtbar, dass die Regierungen regelmäßig Fortschrittsberichte erarbeiten. Diese Berichte sollen an Kriterien ausge-

richtet sein, die sich aus den Hauptzielen der Konferenz ableiten lassen, z. B. messbare Fortschritte bei der Energieeffizienz, Ausbau der neuen erneuerbaren Energien, Bewertung der Auswirkungen auf Armut und Gerechtigkeit, Fortschritte hinsichtlich der Erreichung der UN-Millenniumsentwicklungsziele und die Ausrichtung an langfristigen Umweltschutzziele. Zur Definition dieser Kriterien sollte auf der Konferenz ein Prozess beschlossen werden. Die Regierungen sollten sowohl der internationalen Gemeinschaft als auch ihren nationalen Parlamenten berichtspflichtig sein. Die Fortschrittsberichte sollten unter Beteiligung der Interessengruppen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft entstehen und auch der UN-Kommission für nachhaltige Entwicklung (CSD) auf ihrer Energiesitzung 2006/07 vorgelegt werden.

Übernahme der Konferenzergebnisse in internationale Prozesse

Nach Ansicht des Beirats kann eine eng mit der globalen Umweltpolitik verzahnte Entwicklungspolitik als Katalysator für die Transformation der Energiesysteme wirken. Die Förderung einer nachhaltigen Energiepolitik sollte neben der in Kapitel 4 geforderten neuen Ausrichtung der multi- und bilateralen Geber auch wichtiger Bestandteil einer kohärenten Armutsbekämpfungsstrategie der internationalen Gemein-

schaft werden. Um den Ausbau erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern zu beschleunigen, sollte die programmatisch geforderte, operativ aber erst ansatzweise begonnene Neuausrichtung der internationalen Politik in Richtung einer global nachhaltigen Entwicklung konsequent voran getrieben werden. Damit die Energiewende erfolgreich verläuft, müssen energiepolitische Maßnahmen auch auf nationaler Ebene in anderen Sektoren, vor allem in der Klima-, Verkehrs- und Agrarpolitik, unterstützt werden.

Die CSD wird in den Jahren 2006/07 die Energiepolitik erneut als Schwerpunktthema behandeln. Hier gilt es, die Impulse der *renewables 2004* aufzugreifen. Um eine verbesserte Integration von Umweltaspekten in die Energiepolitik und andere Politikbereiche zu erreichen, muss es gelingen, neben den Umwelt- und Entwicklungsministern weitere Ressorts, vor allem Wirtschafts- und Energieminister, in die Kommission einzubinden.

Der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) kommt eine Schlüsselfunktion für die internationale Energiepolitik zu. Ob der positive Einfluss der internationalen Klimapolitik auf die Energiepolitik zum Schrittmacher der Veränderung ausgebaut werden kann, hängt wesentlich von der Ratifizierung des Kioto-Protokolls und dem Verlauf der Klimaverhandlungen der nächsten Jahre ab. Hier geht es insbesondere darum, die Ziele für die Industrieländer angemessen zu verschärfen und die Entwicklungsländer in einer Weise zu beteiligen, die ihnen Raum für Entwicklung verschafft, aber gleichzeitig dabei hilft, frühzeitig einen energiepolitisch nachhaltigen Pfad einzuschlagen.

EMPFEHLUNGEN

- Regelmäßige Fortschrittsberichte der Länder sowie einen Prozess zur Definition von Kriterien für diese Berichte vereinbaren.
- Ein Globales Ministerforum für nachhaltige Energie mit Sekretariat oder alternativ eine informelle Arbeitsgruppe zum Folgeprozess gründen.
- Folgekonferenzen organisieren, vor allem auch in Entwicklungsländern.
- Vorhandene globale Netzwerke und Public-Private Partnerships im Energiebereich fördern und ein globales Dialogforum etablieren.
- Die Konferenzergebnisse in internationale Prozesse wie die CSD und die UNFCCC übernehmen sowie energiepolitische Maßnahmen auf nationaler Ebene in anderen Sektoren unterstützen.

FAZIT – IMPULSE FÜR DIE *RENEWABLES 2004*

Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, sich im Rahmen der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien *renewables 2004* für folgende Ziele einzusetzen:

- *Verbindliche Ausbauziele beschließen:* Fortschrittswillige Länder sollten sich auf der Konferenz auf quantitative Ziele für den nationalen Ausbau erneuerbarer Energien verpflichten. Dabei kommt es darauf an, ein breites Technologiespektrum zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen und zur energetischen Effizienzsteigerung zu nutzen und weiter zu entwickeln. Die Zielvereinbarungen müssen die nachhaltigen Potenziale der einzelnen Energiequellen berücksichtigen. Unter den gegebenen Technologien sollte die Stromerzeugung aus Solarenergie über mehrere Jahrzehnte mit ambitionierten Zielen aufgebaut werden, da ohne die Nutzung der Sonnenenergie in großem Maßstab eine weltweit nachhaltige Energieversorgung nicht realisierbar scheint (Kap. 3 und 4).
- *Weltenergiecharta vereinbaren:* Ein wichtiges Ergebnis der *renewables 2004* sollte eine globale Energiestrategie in Form einer Weltenergiecharta sein. Diese sollte die wesentlichen Elemente einer nachhaltigen, globalen Energiepolitik enthalten und den relevanten Akteuren auf internationaler Ebene als gemeinsame Handlungsgrundlage dienen (Kap. 7).
- *Institutionelle Verankerung der globalen Energiepolitik stärken und bündeln:* Der WBGU setzt sich dafür ein, dass auf der *renewables 2004* ein Globales Ministerforum für nachhaltige Energie beschlossen, besser noch eingerichtet wird, dem die Koordination und Ausrichtung der relevanten Akteure und Programme unterstehen soll. Mittelfristig plädiert der Beirat für die Gründung einer internationalen Agentur für nachhaltige Energie (International Sustainable Energy Agency – ISEA; Kap. 8). Gleichzeitig müssen Politikberatung und Forschungsbemühungen international verbessert werden: Dazu empfiehlt der WBGU erstens, einen zwischenstaatlichen Ausschuss für nachhaltige Energie (Intergovernmental Panel on Sustainable Energy – IPSE) zur Analyse und Bewertung globaler Energietrends und zum Aufzeigen von Handlungsoptionen einzurichten, und zweitens ein Koordinationsprogramm zur Weltenergieforschung

(World Energy Research Coordination Programme – WERCP) zur internationalen Abstimmung und Optimierung nationaler Forschungs- und Entwicklungsstrategien ins Leben zu rufen (Kap. 6).

- *Modellprojekte der internationalen Zusammenarbeit als strategischen Hebel nutzen:* Der WBGU empfiehlt, einige wenige großskalige Modellprojekte der internationalen Zusammenarbeit zu entwickeln, die in vielen Teilen der Erde die Transformation der Energiesysteme einleiten können (Kap. 5). Diese Projekte könnten auf der *renewables 2004* verabredet und veröffentlicht werden.
- *Forschung und Entwicklung gezielt vorantreiben:* Der WBGU empfiehlt, in den Industrieländern bis 2020 die direkten staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Energiebereich mindestens zu verzehnfachen. Der inhaltliche Schwerpunkt sollte dabei von fossiler Energie und Energie aus Kernspaltung zügig auf erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen verlagert werden. Für Deutschland wird die Einleitung einer fokussierten Forschungs- und Entwicklungsoffensive empfohlen, die durch eine Verdopplung der Mittel für erneuerbare Energien und Energieeffizienz innerhalb der nächsten fünf Jahre untermauert werden sollte (Kap. 6). Die Bundesregierung könnte auf der *renewables 2004* ein umfassendes Forschungs- und Entwicklungsprogramm zu erneuerbaren Energien und Energieeffizienz einschließlich eines Budgets vorstellen.
- *Vorreiterrolle der EU ausbauen:* Der Beirat empfiehlt, innerhalb der EU ehrgeizige Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2050 festzulegen. Innerhalb der Mitgliedsländer sollten sich verbindliche landesspezifische Ausbauziele an der nationalen Leistungsfähigkeit und den jeweils vorhandenen nachhaltigen Potenzialen der verschiedenen Energiequellen orientieren. Außerdem sollen möglichst rasch EU-weite Energieeffizienzstrategien beschlossen werden. Dabei muss insbesondere der Verkehrs- und Gebäudebereich gezielt angegangen werden (Kap. 3).

LITERATUR

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2002):

Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter. Sondergutachten. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003a):

Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Heidelberg, Berlin, New York: Springer-Verlag.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003b):

Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert. Sondergutachten. Berlin: WBGU.

Die Erstellung dieses Politikpapiers wäre ohne die engagierte Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geschäftsstelle sowie der Beiratsmitglieder nicht möglich gewesen. Zum wissenschaftlichen Stab gehörten während der Arbeiten an diesem Politikpapier:

Prof. Dr. Meinhard Schulz-Baldes (Generalsekretär), Dr. Carsten Loose (Stellvertretender Generalsekretär), Dr. Carsten Agert (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg), Anayo Fidelis Akunne, BA MPH (Abteilung für Tropenhygiene der Universität Heidelberg), Dr. Thomas Fues (Institut für Entwicklung und Frieden, Duisburg), Dipl.-Umweltwiss. Tim Hasler (WBGU-Geschäftsstelle Berlin), Dipl.-Pol. Lena Kempmann (WBGU-Geschäftsstelle Berlin), Dr. Jacques Léonardi (Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg), Dr. Franziska Matthies (Tyndall Centre for Climate Change Research), Dr. Nina V. Michaelis (WBGU-Geschäftsstelle Berlin), Dipl.-Volksw. Kristina Nienhaus (ETH Zürich), Dr. Benno Pilardeaux (WBGU-Geschäftsstelle Berlin), Dipl.-Volksw. Marc Ringel (Universität Mainz) und Dr. Angelika Thuille (Max-Planck-Institut für Biogeochemie,

VERÖFFENTLICHUNGEN

DES WISSENSCHAFTLICHEN BEIRATS DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN

Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert. Sondergutachten 2003.

WBGU, Berlin, 2003, kostenlos. ISBN 3-936191-03-4.

Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Hauptgutachten 2003.

Springer-Verlag, Berlin, 2003, € 49,95. ISBN 3-540-40160-1.

Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter. Sondergutachten 2002.

WBGU, Berlin, 2002, kostenlos. ISBN 3-9807589-7-4.

Entgelte für die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter. Politikpapier 2.

WBGU, Berlin, 2002, kostenlos. ISBN 3-9807589-9-0.

Die Chance von Johannesburg: Eckpunkte einer Verhandlungsstrategie. Politikpapier 1.

WBGU, Berlin, 2001, kostenlos. ISBN 3-9807589-5-8.

Welt im Wandel: Neue Strukturen globaler Umweltpolitik. Hauptgutachten 2000.

Springer-Verlag, Berlin, 2001, € 49,95. ISBN 3-540-41343-X.

Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Hauptgutachten 1999.

Springer-Verlag, Berlin, 2000, € 74,95. ISBN 3-540-67106-4.

Welt im Wandel: Umwelt und Ethik. Sondergutachten 1999.

Metropolis-Verlag, Marburg, 1999, € 14,80. ISBN 3-89518-265-6.

Welt im Wandel: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Hauptgutachten 1998.

Springer-Verlag, Berlin, 1999, € 69,95. ISBN 3-540-65605-7.

Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschlag für den globalen Umweltschutz? Sondergutachten 1998.

WBGU, Bremerhaven, 1998, kostenlos. ISBN 3-9806309-0-0.

Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Hauptgutachten 1997.

Springer-Verlag, Berlin, 1997, € 84,95. ISBN 3-540-63656-0.

Ziele für den Klimaschutz 1997. Stellungnahme zur dritten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Kyoto. Sondergutachten 1997.

WBGU, Bremerhaven, 1997, vergriffen.

Welt im Wandel: Herausforderung für die deutsche Wissenschaft. Hauptgutachten 1996.

Springer-Verlag, Berlin, 1996, € 54,95. ISBN 3-540-61661-6.

Welt im Wandel: Wege zur Lösung globaler Umweltprobleme. Hauptgutachten 1995.

Springer-Verlag, Berlin, 1996, € 49,95. ISBN 3-540-60397-2.

Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien. Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin. Sondergutachten 1995.

WBGU, Bremerhaven, 1995, vergriffen.

Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Hauptgutachten 1994.

Economica Verlag, Bonn, 1994, vergriffen.

Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch-Umwelt-Beziehungen. Hauptgutachten 1993.

Economica Verlag, Bonn, 1993, vergriffen.

Alle Veröffentlichungen des WBGU sind im Internet unter <http://www.wbgu.de> im Volltext in deutscher und englischer Sprache abrufbar.

MITGLIEDER

DES WISSENSCHAFTLICHEN BEIRATS DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN
STAND: 6. FEBRUAR 2004

Prof. Dr. Hartmut Graßl (Vorsitzender), Physiker

Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg

Prof. Dr. Renate Schubert (stellv. Vorsitzende), Ökonomin

Direktorin des Instituts für Wirtschaftsforschung der ETH Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Astrid Epiney, Juristin

Direktorin am Institut für Europarecht der Universität Freiburg, Schweiz

Prof. Dr. Margareta E. Kulesa, Ökonomin

Professorin für Allgemeine Volkswirtschaftslehre und Europäische Wirtschaftspolitik
an der Fachhochschule Mainz

Prof. Dr. Joachim Luther, Physiker

Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg

Prof. Dr. Franz Nuscheler, Politologe

Direktor des Instituts für Entwicklung und Frieden in Duisburg

Prof. Dr. Dr. Rainer Sauerborn, Mediziner

Ärztlicher Direktor der Abteilung Tropenhygiene und Öffentliches Gesundheitswesen am
Universitätsklinikum Heidelberg

Prof. Dr. Hans-Joachim Schellnhuber, Physiker

Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Forschungsdirektor des britischen
Wissenschaftsnetzwerks zum Klimawandel (Tyndall Centre) in Norwich, Großbritannien

Prof. Dr. Ernst-Detlef Schulze, Botaniker

Direktor am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
Geschäftsstelle
Reichpietschufer 60–62, 8. OG.
10785 Berlin

Telefon (030) 263948 0
Fax (030) 263948 50
E-Mail wbgü@wbgü.de
Internet <http://www.wbgü.de>

Redaktionsschluss 6. Februar 2004

Dieses Politikpapier ist im Internet in deutscher und englischer Sprache abrufbar.