



# Solar Generation

Der Fahrplan für eine  
saubere Energieversorgung

**GREENPEACE**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	Seite	3
1. Klimaschutz: Es geht ums Ganze .....	Seite	4
2. Saubere Energien ohne Ende .....	Seite	5
2.1. Sonnenlicht in Energie umwandeln .....	Seite	5
2.2. Wind in Energie umwandeln .....	Seite	6
2.3. Biomasse in Energie umwandeln .....	Seite	6
2.4. Erdwärme in Energie umwandeln .....	Seite	6
2.5. Wasserkraft in Energie umwandeln .....	Seite	6
3. Zukunftsperspektiven der weltweiten Energieversorgung .....	Seite	7
3.1. Strom: intelligent genutzt .....	Seite	7
3.1.1. Wachstum der erneuerbaren Energien .....	Seite	8
3.1.2. Fossile und atomare Stromversorgung .....	Seite	8
3.2. Wärme – moderne Technologien nutzen .....	Seite	9
3.3. Zusammenfassung .....	Seite	11
4. Deutschland: Was ist machbar? .....	Seite	12
4.1. Bis 2010: 10 Prozent Erneuerbare bei Strom und Wärme .....	Seite	13
4.2. Saubere Energien – langfristig billiger .....	Seite	14
4.3. Neue Arbeitsplätze durch Erneuerbare .....	Seite	15
Schlusswort .....	Seite	18

## Vorwort

Greenpeace setzt sich für den Aufbruch ins Solarzeitalter ein, denn nur eine saubere Energieversorgung der Zukunft kann das Klima schützen. Im Sommer 2004 wird der erste „Solar-Gipfel“ (Internationale Konferenz über erneuerbare Energien) stattfinden. Greenpeace kämpft für die Festschreibung verbindlicher Ziele für regenerative Energien. Unser Ziel für Deutschland ist die Verdoppelung ihres Anteils bei Strom und Wärme von derzeit fünf auf zehn Prozent in 2010.

In Deutschland sind seit dem Jahr 2002 zwei Ministerien für Energiepolitik verantwortlich: Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) ist für alle fossilen Energieträger, das Bundesumweltministerium (BMU) für alle erneuerbaren Energien und die Atomkraft zuständig. Das Umwelt-Bundesamt (UBA) hatte im Jahr 2000 das Institut für Technische Thermodynamik des Deutsche Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Wuppertal Institut damit beauftragt, ein Energieszenario zu entwickeln, das den Klimaschutzziele Rechnung trägt: Die Treibhausgas-Emissionen sollen bis zum Jahr 2050 unter Beachtung des beschlossenen Ausstiegs aus der Atomenergie um 80 Prozent reduziert werden<sup>1</sup>.

Ende 2001 wurden die Ergebnisse der Öffentlichkeit vorgestellt. Während das BMU die Empfehlungen aufgriff und versucht, sie in praktische Energiepolitik umzusetzen, zeigt das BMWA wenig Interesse. Es setzt stattdessen hauptsächlich auf die Kohle. Mit Fördergeldern soll diese Energiequelle in Form der „clean coal“ sogar noch ausgebaut werden: Es wird versucht, das klimazerstörende CO<sub>2</sub> aus den Verbrennungsprodukten der Kohle herauszuholen und abzulagern. Greenpeace lehnt dieses CO<sub>2</sub>-Dumping ab, da eine langfristige, sichere Lagerung nicht möglich ist. Außerdem wird der deutsche Kohlebergbau mit jährlich 3,3 Milliarden Euro subventioniert. Diese klimazerstörenden Subventionen müssen zukünftig abgebaut und in saubere Energien umgelenkt werden. Das vorliegende Papier dokumentiert zusammengefasst das in obiger Studie dargestellte nachhaltige Energiekonzept. Greenpeace fordert, daraus politische Konsequenzen zu ziehen: Wir brauchen eine nachhaltige Energieversorgung, basierend auf den klimaschonenden erneuerbaren Energien.

<sup>1</sup>) M. Fishedick, J. Nitsch u.a. „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland“. Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Climate Change Forschungsbericht 200 97 104, Juni 2002

## 1. Klimaschutz: Es geht ums Ganze

Mit deutlicher Verspätung fand am Abend des 4. September 2002 der Weltgipfel von Johannesburg sein Ende. Anlass für die Überschreitung der vorgesehenen Zeit war die Diskussion über die „Johannesburg-Erklärung“, das politische Abschlussdokument der Veranstaltung. Die politische Erklärung enthielt auf vier Seiten in schönen Worten ein unverbindliches Bekenntnis zur nachhaltigen Entwicklung; der „Plan zur Umsetzung“, der Ziele und Maßnahmen formuliert, hatte zwar an einzelnen Stellen brauchbare Ansätze, blieb aber insgesamt schwach.

Das größte Versäumnis des Gipfels von Johannesburg war, dass er keine weitergehende Vorgaben für den Ausbau der erneuerbaren Energien festgelegt hat. Einzig Brasilien machte einen vernünftigen Vorschlag: die regenerativen Energien bis 2010 um zehn Prozent auszubauen. Die Europäische Union konnte sich gegenüber den Ölstaaten nicht durchsetzen und verpasste die Chance, in einer großen Koalition mit der Gruppe der Entwicklungsländer auf Fortschritte zu drängen.

Erfreulich ist, dass sich die EU-Staaten nach dem Misserfolg mit gleichgesinnten Entwicklungsländern zusammengesetzt haben. Sie wollen gemeinsam erneuerbare Energien mit festen Zielvorgaben fördern. Die Bundesregierung hat in Johannesburg angekündigt, die erste Internationale Konferenz über erneuerbare Energien und Energieträger (World Summit for Renewable Energy, WSRE) Anfang 2004 einberufen zu wollen. Auf dieser Konferenz sollen die beteiligten Staaten verbindliche Ziele für den Ausbau regenerativer Energien festlegen. Greenpeace begrüßt diese Initiative und bietet Zusammenarbeit an, damit das beim ersten Weltgipfel in Rio 1992 formulierte Ziel, den Kohlendioxid-Ausstoß bis 2050 um 80 Prozent zu senken, in greifbare Nähe rückt.

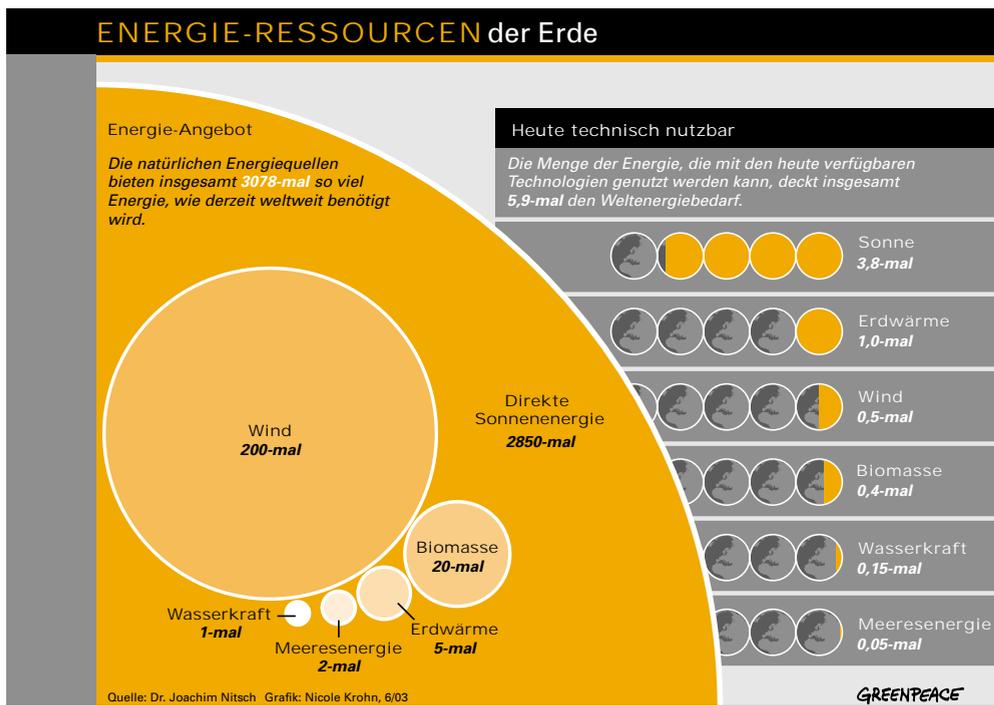
**„Es ist eine Katastrophe, dass sich beim Weltgipfel 2002 die USA und die OPEC-Staaten durchgesetzt haben. Die Chance, mit erneuerbaren Energien Armut zu bekämpfen und das Klima zu schützen, wurde vertan.“**  
(Sven Teske, Greenpeace)

### Energiewende jetzt!

Eine Energiewende ist dringend nötig, nicht nur, weil die Vorräte an Öl, Gas, Kohle und Uran endlich sind, sondern vor allem aus Gründen des Klimaschutzes. Wenn wir allerdings so weitermachen wie bisher, könnte das Weltklima noch eher am Ende sein als die fossilen Ressourcen. Die Vereinten Nationen gehen derzeit von folgenden Reserven aus:

Energiequelle	Reichweite bei heute verfügbarer Technik (in Jahren)
Öl	45
Erdgas	69
Kohle	452
Uran (für Atomkraftwerke)	50

Quelle: UNDP et al. 2000



## 2. Saubere Energien ohne Ende

Die Natur hält ein reichhaltiges Angebot zur Energiegewinnung bereit. Es ist vor allem eine Frage der Technik, Sonnenstrahlung, Wind, Biomasse oder Wasser in Strom, Wärme oder Kraftstoffe umzuwandeln – und dies möglichst effizient, umweltschonend und mit vertretbaren Kosten. Wir stellen im Folgenden kurz die wichtigsten Techniken vor.

### 2.1. Sonnenlicht in Energie umwandeln

Insgesamt strahlt die Sonne weltweit im Schnitt etwa ein Kilowatt auf jeden Quadratmeter. Nach Angaben des Forschungsverbands Sonnenenergie (FVS/Berlin) sprudelt aus den erneuerbaren Quellen mehr als 3.000 Mal so viel Energie als die Welt heute benötigt. Die Sonne liefert damit täglich den derzeitigen Weltenergiebedarf von acht Jahren. Von diesem Potenzial ist nur ein Bruchteil technisch nutzbar. Dieser reicht allerdings nach Informationen des FVS aus, um bei heutigem technischen Stand den aktuellen Weltenergiebedarf knapp sechs Mal zu decken. Nachfolgend ein kurzer Überblick über die wichtigsten Technologien. Die Energierücklaufzeit beschreibt die Dauer, die benötigt wird, um die zur Herstellung dieser Technik

eingesetzte Energie wieder zu erzeugen.

#### Strom – Photovoltaik

Sonnenlicht wird direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Der so gewonnene Gleichstrom wird entweder in Batterien gespeichert oder durch einen so genannten Wechselrichter in netztauglichen Wechselstrom umgewandelt. Bei aktuellem Stromverbrauch könnte Deutschland rund ein Drittel seines Strombedarfs aus Photovoltaik (PV) decken, wenn auf der gesamten nutzbaren Dachfläche Solaranlagen installiert würden. **Energierücklaufzeit:** ca. 3 Jahre (in Mitteleuropa/ ME), **derzeitige Kosten:** ca. 60 bis 90 ct/kWh (ME)

#### Strom – Solarthermische Kraftwerke

Sonnenlicht wird über große Spiegel auf eine Linie oder einen Punkt konzentriert. Die dort entstehende Wärme wird zur Erzeugung von Wasserdampf verwendet. Der heiße und unter hohem Druck stehende Dampf treibt eine Turbine an, die Strom erzeugt. Solarthermische Kraftwerke können in sonnenreichen Gebieten große Teile der Stromversorgung sicherstellen. **Energierücklaufzeit:** ca. 5 Monate, **derzeitige Kosten:** ca. 10 bis 12 ct/ kWh (rein solarer Betrieb)

#### Wärme – Solarkollektoren

Sonnenlicht fällt auf eine dunkle Fläche, die sich dadurch erwärmt. Solarkollektoren nutzen diese Wärme zum Erhitzen von Wasser. Dieses Wasser wird in isolierten Tanks gespeichert. Das Warmwasser kann zum Waschen

**Sonnenenergie könnte schon heute den aktuellen Weltenergiebedarf knapp sechs Mal decken.**

oder zum Beheizen von Wohnungen oder Schwimmbädern genutzt werden. Solarkollektoren funktionieren in allen Teilen der Welt. In Deutschland haben schon über 500.000 Häuser Solarkollektoren. **Energierücklaufzeit:** ca. 1,5 bis 2 Jahre (ME), **derzeitige Kosten:** ca. 10 bis 25 ct/kWh. (ME) Außerdem können mit der „Solar-Architektur“ bei der Planung von Gebäuden beträchtliche Mengen Energie eingespart werden.

## 2.2. Wind in Energie umwandeln

Der Wind liefert 200 Mal so viel Energie, wie heute weltweit benötigt wird. Die Studie „Windforce 12“, die Greenpeace gemeinsam mit der europäischen Windindustrie erstellt, kommt zu dem Ergebnis, dass bis 2020 der weltweite Windstromanteil auf über 12 Prozent steigen kann.

**Windkraftanlagen an Land** nutzen den Wind mit überwiegend dreiflügeligen Anlagen. Ein größeres Windrad liefert genug Strom für rund 100 Haushalte.

**Windkraftanlagen auf See** werden „Offshore-Wind-Parks“ genannt. Es handelt sich um ebenfalls meist dreiflügelige Anlagen die auf dem Meeresgrund verankert werden. Ein in Dänemark in 2002 gebauter Windpark liefert mit 80 Anlagen genug Strom für eine Stadt mit 150.000 Einwohnern.

**Klein-Windkraftanlagen** können in Gebieten ohne Stromanschluss Energie kostengünstig zur Verfügung stellen. Meist wird der Strom in Batterien zwischengespeichert. Für dicht bebauete Städte werden neue Technologien zur Windenergienutzung – so genannte „Urbau-Turbines“ entwickelt. **Energierücklaufzeit:** ca. 4 bis 7 Monate, **derzeitige Kosten:** ca. 6 bis 13 ct/kWh

## 2.3. Biomasse in Energie umwandeln

In Biomasse sind große Mengen Energie gespeichert, die zunehmend wirtschaftlich genutzt werden. Biogene Energieträger sind erneuerbar, gut speicherbar und CO<sub>2</sub>-neutral, das heißt klimafreundlich. Unter Biomasse verstehen wir biologische Abfälle, z.B. aus der Land- und Forstwirtschaft, sowie nachhaltig angebaute, gentechnikfreie Energiepflanzen wie Raps oder Biogas (Methan).

**Strom: Biomasse-Kraftwerke** funktionieren im Prinzip wie Gas- oder Kohlekraftwerke, nur dass der Brennstoff vor der Verbrennung behandelt werden muss. Diese Kraftwerke sind bei weitem nicht so groß wie Kohlekraftwerke, weil der Brennstoff möglichst nah am Kraftwerk anfallen sollte. **Energierücklaufzeit der Kraftwerke:** ca. 3 bis 6 Monate, **derzeitige Kosten:** ca. 5 bis 20 ct/kWh

**Wärme:** Die oben beschriebenen Biomasse-Kraftwerke sollten nach Möglichkeit immer auch die bei der Verbrennung entstehende Wärme nutzen. Es handelt sich dann also um so genannte **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK)**. Kleine Heizungssysteme können für Einfamilienhäuser genutzt werden. Hier bieten sich so genannte **Pellet-Heizungen** an, die kein Gas oder Öl, sondern zu kleinen Tabletten gepresstes Abfallholz als Brennstoff nutzen. **Energierücklaufzeit der Kraftwerke:** ca. 3 bis 6 Monate, **derzeitige Kosten:** ca. 2 bis 10 ct/kWh

## 2.4. Erdwärme in Energie umwandeln

**Strom:** Ein **Geothermisches Kraftwerk** nutzt die Wärme der Erde, um Wasser zu verdampfen. Der Dampf treibt eine Turbine an, die Strom erzeugt. In Neuseeland und Island wird diese Technik bereits seit vielen Jahren intensiv genutzt. In Deutschland, wo bis zu mehreren Kilometern tief gebohrt werden muss, um die benötigten Temperaturen zu erhalten, befindet sich diese Technologie erst in der Erprobung. **Energierücklaufzeit:** bislang noch keine Erfahrungswerte, **derzeitige Kosten:** ca. 10 bis 20 ct/kWh

**Wärme: Erdwärme-Heizkraftwerk** bzw. **Erdwärmehheizungen** benötigen niedrigere Temperaturen als zur Stromerzeugung. Das von der Erdwärme erhitzte Wasser wird direkt zum Heizen genutzt. **Energierücklaufzeit:** ca. 7 bis 10 Monate, **derzeitige Kosten:** ca. 3 bis 6 ct/kWh

## 2.5. Wasserkraft in Energie umwandeln

Seit Jahrtausenden treiben Wasserräder Mühlen an, Mühlen mahlen Getreide. Seit rund 100 Jahren dient die Kraft des Wassers vor allem der Stromerzeugung. Heute wird weltweit rund ein Fünftel des Stromes aus

**Weltweit ein Fünftel des Stromes wird heute aus Wasserkraft erzeugt.**

Wasserkraft erzeugt. Große Wasserkraftwerke mit Staumauern und sehr großem Aufstau, wie das jetzt gebaute „Drei-Schluchten-Kraftwerk“ in China, haben sehr negative Auswirkungen auf die Natur und werden daher von Greenpeace abgelehnt.

Kleinere so genannte **Laufwasser-Kraftwerke**, also Turbinen, die von einem Teil des Fließwassers eines Fluss angetrieben werden, können dagegen umweltfreundlich Strom erzeugen. **Energierücklaufzeit:** ca. 9 bis 13 Monate, **Kosten:** (ca. 3 bis 10 ct/kWh [Größere Kraftwerke]) Wissenschaftler und Ingenieure vor allem in Großbritannien und den USA arbeiten an der Nutzung der **Wellenenergie**. Erste Prototypen werden derzeit erfolgreich in Schottland getestet. **Energierücklaufzeit:** bislang noch keine Erfahrungswerte, **derzeitige Kosten:** bislang noch keine Erfahrungswerte

### 3. Zukunftsperspektiven der weltweiten Energieversorgung

Eine der großen Herausforderungen in der globalen Energiewirtschaft ist heute, wie wir den immer noch steigenden Energiebedarf mit nachhaltigen, umwelt- und klimaschonenden Energien decken können. Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die erneuerbaren Energien, aber natürlich sollten auch die Potenziale zur Einsparung von Energie und zur Verbesserung der Energieeffizienz genutzt werden.

Die nachfolgende Beschreibung der Struktur des heutigen und vergangenen weltweiten Energieverbrauchs und der Energieerzeugung basieren auf den Angaben der Internationalen Energie Agentur (IEA). Die Aufteilung und Zuordnung von Biomasse in „neue“ (d.h. kommerziell genutzte) Biomasse und „traditionelle“ (nicht kommerziell gesammelte) Biomasse erfolgt in Anlehnung an „The Brazil Energy Initiative“. Die Energieversorgung wird in den Bereichen Strom- und Wärmeversorgung dargestellt.

Für die zukünftige Entwicklung wird der „World Energy Outlook 2002“ der Internatio-

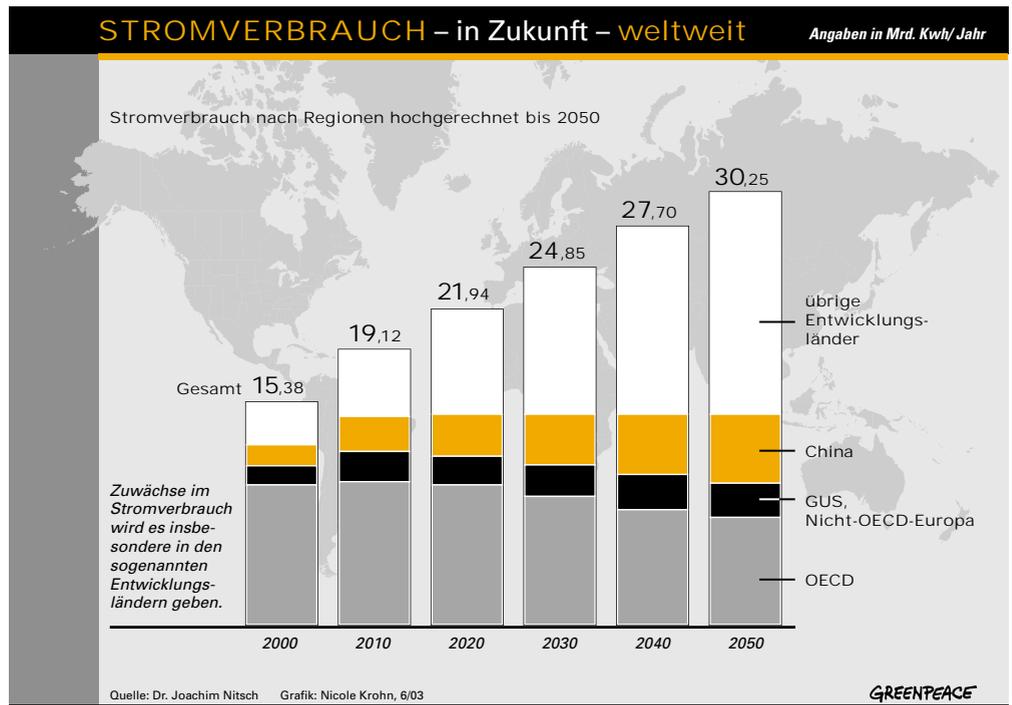
nen Energie Agentur (IEA) hinzugezogen, die von einem ungebremsten Anstieg des Energieverbrauchs ausgeht. Für die Entwicklung der globalen Stromversorgung unter Beachtung von deutlichen Effizienzsteigerungen steht zusätzlich das von Joachim Nitsch entwickelte Szenario „Solar Energy Economy“ (SEE) bis 2050 zur Verfügung. Die Entwicklungen auf dem Wärmemarkt und für den Gesamtenergiebedarf werden nur für das Jahr 2010 abgeleitet<sup>1</sup>.

#### 3.1. Strom: intelligent nutzen

Die weltweite Stromerzeugung und damit der Verbrauch steigen nach wie vor an. Zwischen 1973 und 2000 erhöhte sich der Verbrauch um das rund 2,5-fache und beträgt weltweit 15.380 Milliarden Kilowattstunden im Jahr 2000 (TWh/a). In ihrer neuesten Prognose geht die IEA sogar davon aus, dass sich dieses Wachstum in den nächsten 30 Jahren noch beschleunigen wird. Bis 2030 würde sich die globale Stromerzeugung dann auf jährlich 31.525 Milliarden Kilowattstunden verdoppelt haben. Das Wachstum soll nach Meinung der IEA vor allem durch den Neubau von Kohle- und Gaskraftwerken gedeckt werden. Dies würde das Weltklima ernsthaft bedrohen – mit dramatischen Konsequenzen für viele Regionen der Erde. Die Klimaschutzziele von Kyoto könnten auf diese Weise niemals eingehalten werden.

Greenpeace fordert, Strom zukünftig sparsamer und vor allem intelligenter zu nutzen. Daher stellen wir den konservativen Annahmen der IEA das Szenario „Solar Energy Economy“ (SEE) gegenüber. Demnach würde sich der weltweite Wachstumstrend allmählich abflachen. Unterstellt wird – in Anlehnung an das in Kapitel 4. dargestellte Szenario Nachhaltigkeit für Deutschland –, dass insbesondere die Industrieländer Strom zukünftig wesentlich effizienter nutzen als bisher (Grafik S. 8). Der Wachstumsschub in den so genannten Entwicklungsländern würde dann trotzdem zu einem weltweiten Anstieg des Stromverbrauchs bis 2030 auf jährlich 24.850 Milliarden Kilowattstunden und bis 2050 auf rund 30.000 Milliarden Kilowattstunden Strom führen.

Entwicklung der Stromerzeugung nach Ländergruppen im Szenario SEE bis zum Jahr 2050. Nur durch weitaus effizientere Stromnutzung in den OECD-Ländern kann das Wachstum des Stromverbrauchs in Grenzen gehalten werden.



### 3.1.1. Wachstum der erneuerbaren Energien

Ein weiterer Unterschied in den Prognosen von IEA und SEE zeigt sich in Bezug auf die erneuerbaren Energiequellen. Diese konnten bei der Stromerzeugung bereits von 1973 bis heute nicht mit dem Gesamtwachstum Schritt halten, wodurch ihr Anteil von 21,7 Prozent (1973) auf heute 18,7 Prozent (2000) sank. Im IEA-Referenzszenario beschleunigt sich deren Wachstum nur geringfügig, so dass die Anteile bis 2030 weiter auf 17,9 Prozent sinken.

Szenario SEE hält eine beträchtliche Beschleunigung des Wachstums der regenerativen Energien zur Stromerzeugung für möglich, so dass die Klimaschutzziele erreicht werden könnten: die globalen Treibhausgasemissionen deutlich zu senken – ohne den Einsatz der gefährlichen Atomenergie. Danach würde der rückläufige Trend bei den Erneuerbaren umgekehrt: In 2010 betrüge ihr Anteil an der gesamten Energieversorgung bereits 23,3 Prozent, in 2030 nahezu 50 Prozent und bis 2050 etwa 74 Prozent.

### 3.1.2. Fossile und atomare Stromversorgung

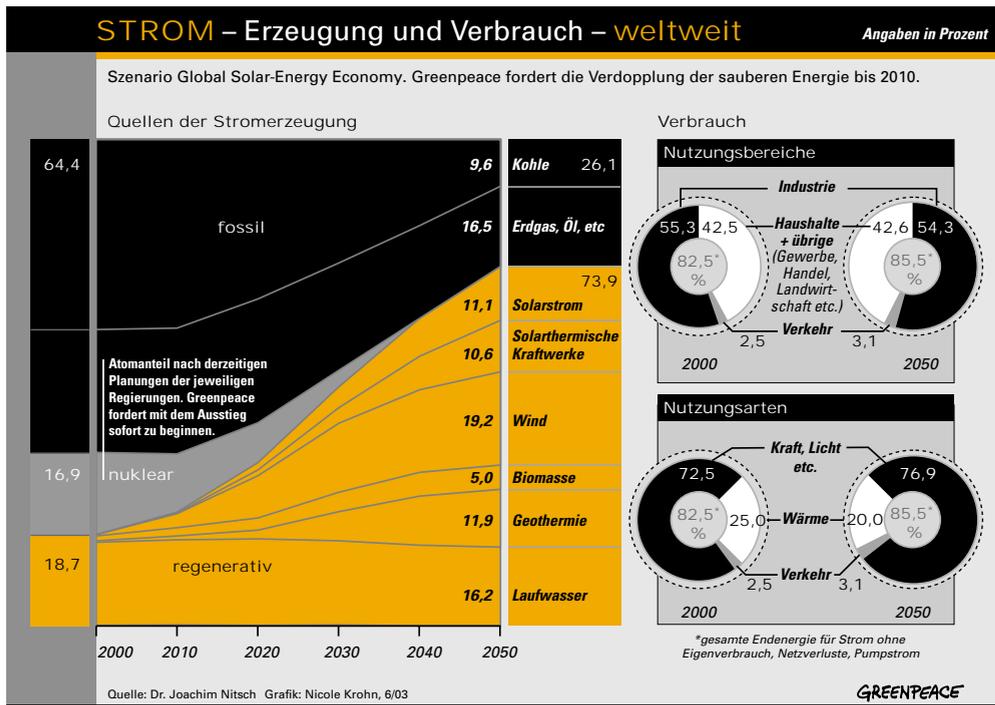
Wie wird heute weltweit Strom erzeugt? Kohle deckt nahezu 40 Prozent; Wasserkraft, Atomenergie und Erdgas liefern zu etwa gleichen Anteilen ca. 17 Prozent, in deutlichem Abstand folgt Mineralöl mit acht Prozent.

Die übrigen regenerativen Energiequellen sind mit knapp 250 Milliarden Kilowattstunden jährlich (TWh/a), das entspricht 1,6 Prozent, noch relativ unbedeutend. 60 Prozent der Erneuerbaren sind Biomasse, gefolgt von Erdwärme und der stark wachsenden Windenergie.

Insgesamt liefern die erneuerbaren Energien mit 18,7 Prozent derzeit 2.880 TWh/a Strom. Der Endenergieverbrauch beträgt mit insgesamt 12.690 TWh/a etwa 82,5 Prozent der gesamten Erzeugung. Es wird also mehr Strom erzeugt als am Ende verbraucht wird. Die Differenz zwischen erzeugtem Strom und Verbrauch setzt sich zusammen aus dem Eigenverbrauch bei der Energieumwandlung und dem Stromeinsatz in Raffinerien u.ä. sowie Verlusten bei Transport und Verteilung. Auf den Strom entfallen rund 16 Prozent der gesamten globalen Endenergie.

Im Szenario SEE wachsen die Anteile fossiler Energien an der Stromerzeugung in absoluten Zahlen noch von derzeit 9.900 TWh/a auf 12.800 TWh/a im Jahr 2020; bis 2050 sinken sie auf 7.900 TWh/a. Der Beitrag der Atomenergie ist nach 2020 ebenfalls rückläufig und verschwindet weltweit bis 2040, basierend auf der Annahme, dass neue Atomkraftwerke nicht mehr gebaut werden. Alle Regenerativen müssen beträchtlich wachsen, wenn sie das Gesamtwachstum überkompensieren sollen.

Der Energiehunger wächst weltweit: Vor allem die Industrieländer müssen Strom effizienter nutzen, damit der Stromverbrauch insgesamt in Grenzen gehalten werden kann.



Bedeutendste Energiequelle wird die Windenergie, die im Jahr 2040 die Wasserkraft übertrifft und bis 2050 auf 5.800 TWh/a wächst. Aber auch alle anderen alternativen Quellen sind unverzichtbar und liefern in 2050 Beiträge zwischen 1.500 TWh/a (Biomasse) bis ca. 3.300 TWh/a (Photovoltaik bzw. solarthermische Kraftwerke).

Bis 2010 erhöhen Erneuerbare in diesem Szenario ihre Stromerzeugung um 1.580 TWh/a (55 Prozent des heutigen Wertes). Den Zuwachs teilen sich Wasserkraft mit 725, Wind mit 510<sup>2</sup>, Biomasse mit 175, Geothermie mit 110 und Solarstrahlung mit 60 TWh/a. Alle zusammen stellen in 2010 im Szenario SEE damit 23,3 Prozent des weltweit verbrauchten Stroms bereit.

### 3.2. Wärme – moderne Technologien nutzen

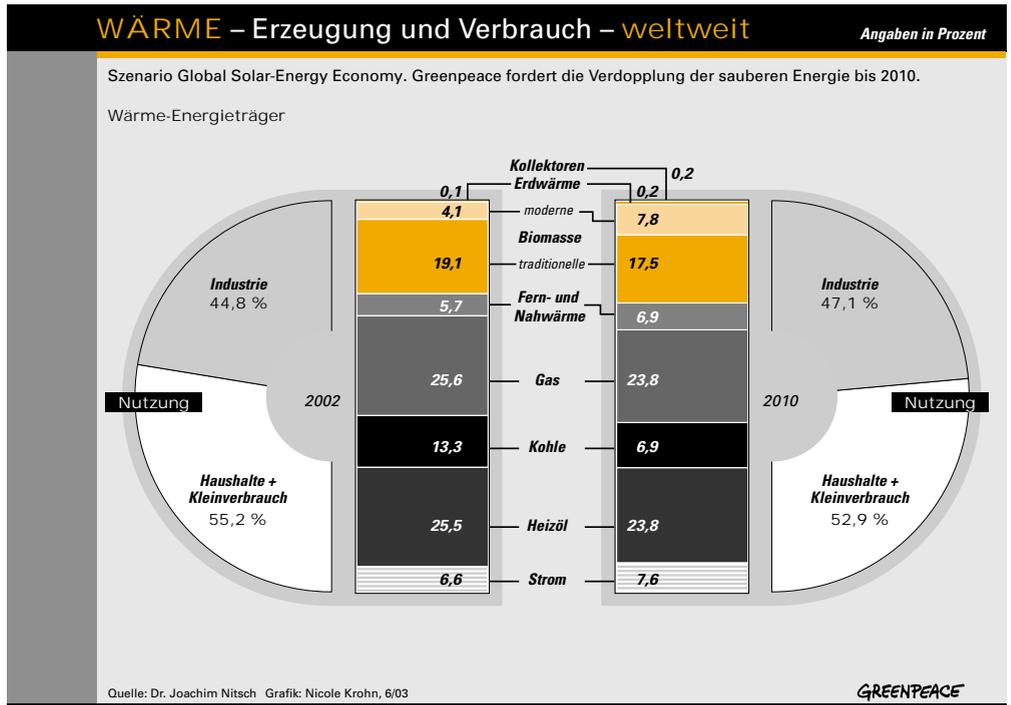
Energie wird hauptsächlich für drei große Sektoren benötigt: Strom, Wärme und Verkehr. Weltweit verschlingen Strom und Wärme 73 Prozent der bereit gestellten Endenergie; in Deutschland liegt der Anteil aufgrund des hohen Energiebedarfs im Verkehrssektor etwas niedriger. Die Nachfrage nach Brennstoffen zur Wärmebereitstellung erfordert mit 160 EJ/a (einschließlich der Wärmeerzeugung mit Strom 172 EJ/a) weltweit allein rund 57 Prozent (Deutschland: 50 Prozent) an der gesamten bereit gestellten Endenergie.

An der Wärmebereitstellung hat Biomasse einen hohen Anteil: insgesamt 23 Prozent. Davon sind jedoch über 80 Prozent nicht kommerziell, d.h. es handelt sich meist um für Kochzwecke gesammeltes Brennholz in den ärmeren Entwicklungsländern. Dies geschieht kaum nachhaltig, sondern in Form von Rodung und Übernutzung. Das Holz wird in einfachen Feuerstellen mit schlechtem Wirkungsgrad in Nutzwärme umgesetzt. Diese traditionelle Art der Biomassenutzung sollte ebenso reduziert werden wie der Einsatz fossiler Brennstoffe.

Lediglich etwa vier Prozent des gesamten Wärmebedarfs kommt aus modernen Technologien wie Biogas, effizienten Feuerstellen, Heizwerken und Heizkraftwerken. Wenn wir davon sprechen, Biomasse stärker zu nutzen, dann beziehen wir uns auf diese neuen Technologien.

Auch die effiziente Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung ist mit etwa fünf Prozent relativ gering. Diese Anlagen erzeugen Strom und nutzen gleichzeitig die Abwärme zum Heizen. Weitere sieben Prozent der gesamten benötigten Wärme werden mittels Strom bereitgestellt. Mit knapp 0,1 Prozent ist der gemeinsame Beitrag von Geothermie (Erdwärme) und Solarkollektoren noch gering. Insgesamt liefern moderne erneuerbare Energien 4,2 Prozent der gesamten Wärmeversorgung.

**Mehr als die Hälfte der weltweit verbrauchten Energie wird zur Wärmeerzeugung genutzt – nur knapp über vier Prozent kommen dabei aus erneuerbaren Energien.**



Auch im Sektor Wärmeversorgung muss zukünftig bei möglichst effizientem Einsatz der Endenergie der Anteil der nachhaltig genutzten Erneuerbaren rasch zunehmen. Dies ist nur durch eine Energiewende möglich. Würde sich die Energiepolitik nicht ändern, sinkt dieser Anteil sogar noch, und die traditionelle Nutzung von Biomasse nimmt zu. Auch werden mehr Heizöl, Erdgas und Strom benötigt.

Das Szenario SEE (siehe Grafik oben) leitet dagegen eine Trendwende ein. Der Beitrag moderner regenerativer Energien zur Wärmeversorgung steigt von 4,2 Prozent auf 8,2 Prozent im Jahr 2010, insbesondere durch die Verdopplung der modernen und effizienten Nutzung der Biomasse. Kollektoren und Erdwärme vervierfachen ihren Beitrag. Die traditionelle Nutzung der Biomasse geht zurück.

## Anteil der erneuerbaren Energie

Globaler Primärenergieverbrauch	in 2000	in 2010 Szenario SEE	in 2010 Szenario IEA
inklusive Verkehr und Chemische Produkte			
einschließlich traditionelle Biomasse	13,6 %	16,3 %	12,9 %
neue erneuerbare Energie – ohne traditionelle Biomasse	4,6 %	8,3 %	5,2 %
nur für die Erzeugung von Strom und Wärme			
einschließlich traditionelle Biomasse	17,4 %	20,8 %	16,6 %
neue erneuerbare Energie – ohne traditionelle Biomasse	5,8 %	10,6 %	6,7 %

### 3.3. Zusammenfassung

Die Bereitstellung von Endenergie, insbesondere Strom, ist mit Verlusten verbunden. Die gesamte eingesetzte Energiemenge, als Primärenergie bezeichnet, ist daher deutlich höher als die Endenergie.

Für die Strom- und Wärmebereitstellung wurde weltweit im Jahr 2000 rund 330 EJ/a Primärenergie eingesetzt (von insgesamt 423 EJ/a); ihr Anteil liegt also um 62 Prozent höher als die genutzte Endenergie<sup>3</sup>. Für das Jahr 2010 steigt dieser Wert auf 357 EJ/a (Szenario SEE) bzw. auf 396 EJ/a (Szenario der IEA).

Neben dem hier nicht betrachteten Primärenergieeinsatz für den Sektor Kraftstoffe ist im gesamten weltweiten Primärenergiebedarf auch der Einsatz von Mineralöl und Erdgas für nichtenergetische Zwecke berücksichtigt, wie beispielsweise die Herstellung von Kunststoff oder der Ölverbrauch in der chemischen Industrie. Addiert man diese dazu, so erhält man den gesamten globalen Primärenergieverbrauch.

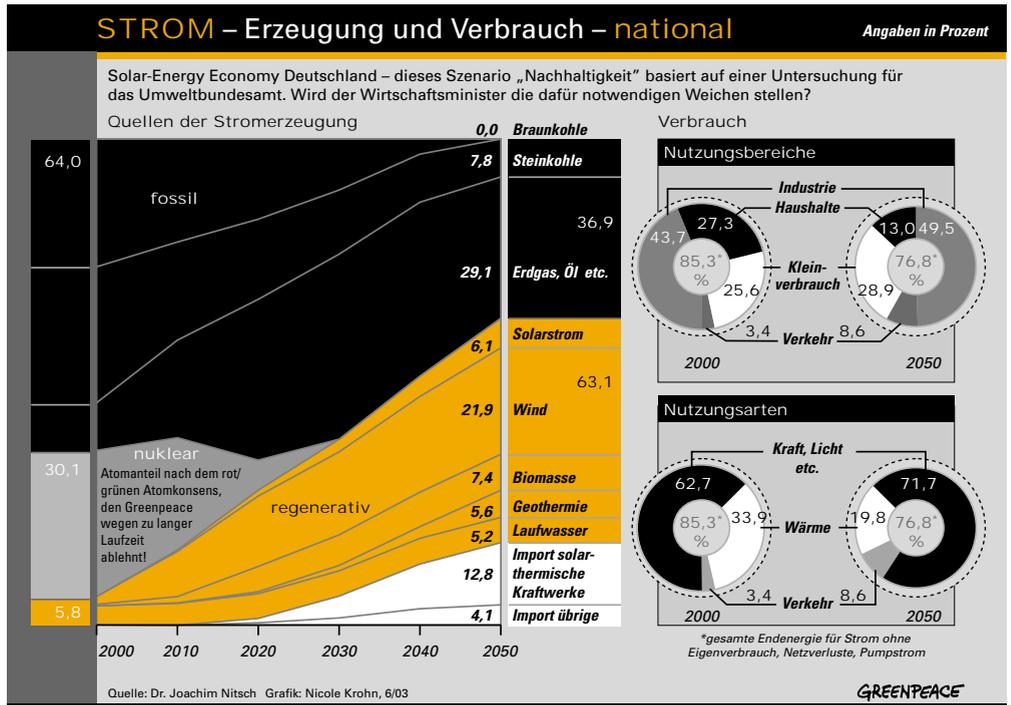
Der globale Primärenergieverbrauch setzt sich also zusammen aus der Endenergie, den Verlusten bei der Energieerzeugung sowie den Mengen, die in der Weiterverarbeitung von Öl und Gas durch die chemische Industrie benötigt werden. Er betrug im Jahr 2000 423 EJ/a und steigt je nach Szenario bis 2010 auf 457 EJ/a (Szenario SEE) bzw. auf 507 EJ/a (Szenario der IEA). Der für die oben erläuterten Bereiche „Strombereitstellung“ und „Wärmebereitstellung“ benötigte Anteil liegt bei rund 78 Prozent des gesamten Primärenergiebedarfs.

In der obigen Tabelle eine Übersicht zu den prozentualen Anteilen der Erneuerbaren. Sie werden in den nächsten Jahrzehnten hauptsächlich in der Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt.

<sup>1</sup>) J. Nitsch: Nationale und Globale Szenarien – Beschreibung der wichtigsten Ergebnisse im Strom- und Wärmebereich. Faktensammlung für Greenpeace e.V., Stuttgart, Mai 2003.

<sup>2</sup>) Wind liefert im Jahr 2010 im Szenario SEE 550 TWh/a, im Jahr 2020 sind es 1.900 TWh/a Strom und im Jahr 2040 liegt der Wert bei 4.700 TWh/a. Damit bleiben die Werte nach 2010 hinter den Annahmen der Studie „Windforce 12“ zurück (2020: 2.960 TWh/a; 2040: 7.900 TWh/a). Das liegt u.a. daran, dass in SEE die Wechselwirkung mit dem Wachstum anderer REG berücksichtigt wurde. Erkennbar ist, dass das in SEE angenommene REG-Wachstum noch keine Obergrenze einer möglichen Marktdurchdringung darstellt.

<sup>3</sup>) Bei der Berechnung der Primärenergie wird die international übliche „Wirkungsgradmethode“ benutzt. Strom aus Wasserkraft, Wind, Solarstrahlung ist dabei im Verhältnis 1:1 als Primärenergie definiert, während der Primärenergieeinsatz für Strom aus thermischen Kraftwerken (Kohle, Gas, Kernenergie, Biomasse) dem Heizwert der eingesetzten Brennstoffe bzw. der freigesetzten thermischen Energie (Kernenergie) entspricht.



Zuwachs der regenerativen Stromerzeugung: Über längere Zeit liefert die Windkraftnutzung an Land den größten Beitrag; sie wird etwa 2005 die Wasserkraft überholt haben. Ab etwa 2040 dominiert die Windkraftnutzung auf See (Offshore).

## 4. Deutschland: Was ist machbar?

**Vision europäischer Stromverbund: Solarstrom aus dem Süden, Windstrom aus dem Norden.**

Die Größen zur Bestimmung des Energiebedarfs für das folgende Szenario orientieren sich an den Untersuchungen der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“. Wesentliche Kennzahl ist die Wirtschaftsleistung, die danach bis zum Jahr 2050 ungefähr auf das Zweifache wächst. Weniger stark steigen die direkt den Energiebedarf bestimmenden Größen wie Wohn- und Nutzflächen sowie die Transportleistung. Nach 2030 wirkt der Bevölkerungsrückgang kompensierend auf den Energieverbrauch<sup>1</sup>.

Im Szenario „Nachhaltigkeit“ der Untersuchung für das UBA wird das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 Prozent (bezogen auf 1990) zu reduzieren, im Jahr 2050 erreicht. Dies macht u.a. eine Steigerung der Energieeffizienz um etwa den Faktor Vier bis 2050 für die Primär- bzw. Endenergie erforderlich, was eine jahresdurchschnittliche Steigerung der Energieproduktivität um 2,8 Prozent bedeutet. Auch die Stromproduktivität steigt noch um den Faktor 2,5.

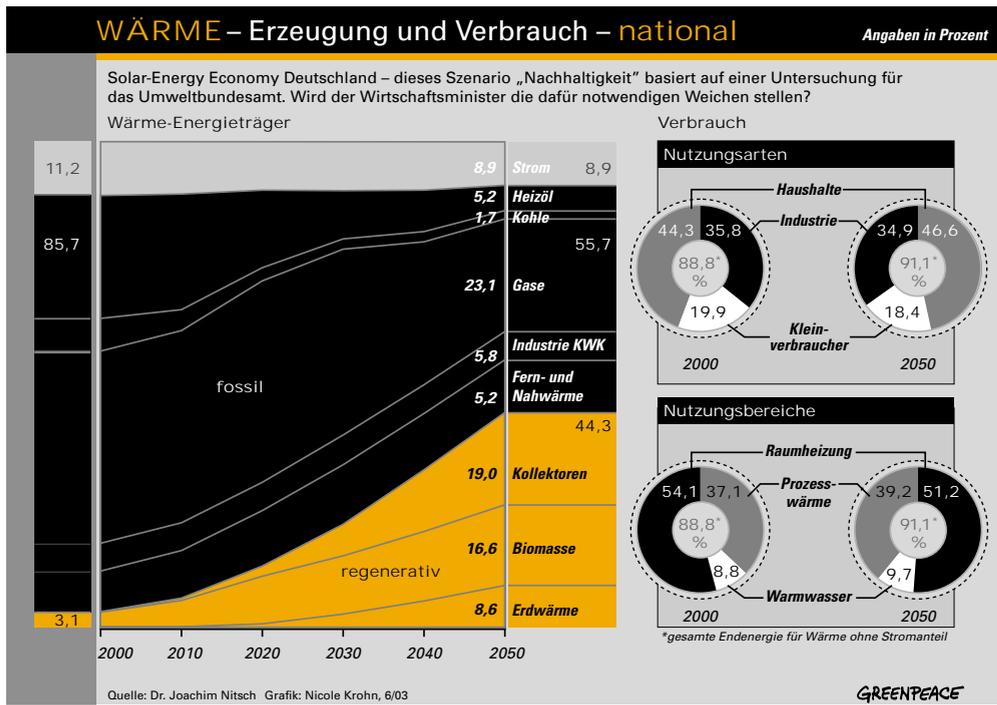
Der Pro-Kopf-Ausstoß an CO<sub>2</sub> sinkt im Szenario auf drei Tonnen pro Kopf und Jahr (t/Kopf,a) in 2050. Das ist zum einen auf den gegenüber der Referenzentwicklung deutlich geringeren Energieverbrauch, zum anderen

auf den weitaus stärkeren Ausbau regenerativer Energien zurückzuführen. Die Veränderungen im Szenario Nachhaltigkeit hinsichtlich der Energieverbrauchsstruktur werden im Folgenden in grafischen Übersichten in 10-Jahres-Schritten vorgestellt.

Die Einteilung erfolgt nach den heute hauptsächlich verbreiteten Kondensationskraftwerken (d.h. ohne Nutzung der erzeugten Abwärme), nach fossiler Kraft-Wärme-Kopplung und nach regenerativen Energien. Die Stromerzeugung nimmt aus Effizienzgründen ab.

Ab 2030 tritt die Wasserstoffherzeugung mittels Elektrolyse hinzu, so dass die Bruttostromerzeugung dann im Wesentlichen konstant bleibt, während der eigentliche Endenergieverbrauch an Strom (bzw. die direkte Endnachfrage) weiter zurückgeht.

Die Zahl der konventionellen Kraftwerke auf der Basis fossiler Brennstoffe und Atomenergie geht insgesamt zurück. Die bestehenden Kraftwerke werden nach Ablauf ihrer Lebensdauer hauptsächlich durch effiziente, gasgefeuerte GuD-Kraftwerke ersetzt, die mittelfristig auch besser auf das schwankende Angebot im Bereich der Erneuerbaren reagieren können als die heutigen Grundlastkraftwerke. Im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung werden vor allem dezentrale gasgefeuerte Blockheizkraftwerke (BHKW) und Brennstoffzellen zugebaut. Auch die Biomasse wird weit-



Die Grafik zeigt den wachsenden Beitrag der regenerativen Energien zur zukünftigen Wärmeversorgung. Von heute 172 Petajoule jährlich (PJ/a) steigt ihr Anteil um das Achtfache auf 1370 PJ im Jahr 2050. Einzelheizungen mit Holz liefern heute die größten Beiträge; sie werden in Zukunft kaum wachsen.

gehend effizient in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt.

Der Import von Strom aus erneuerbaren Energien spielt ab 2020 eine wachsende Rolle, da zu dieser Zeit von einem großräumigen europäischen Stromverbund ausgegangen wird, der alle günstigen Erzeugungsstandorte miteinander verbindet, etwa windreiche Küsten am Atlantik, Südeuropa mit solarthermischen Kraftwerken, Wasserkraft in Skandinavien, Geothermie u.a. Alle alternativen Technologien leisten wesentliche Beiträge. Die Potenziale der Solarstrahlung und der Geothermie sind in 2050 bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

#### 4.1. Bis 2010: 10 Prozent Erneuerbare bei Strom und Wärme

Wie wird der erzeugte Strom verwendet? Der Einsatz in Industrie, Handel und Gewerbe bleibt fast konstant; im Verkehr steigt er an, in den privaten Haushalten sinkt er, weil weniger Strom im Wärmebereich benötigt wird (Raumheizung, Warmwasser) und stromverbrauchende Geräte deutlich sparsamer sind als heute. Die Summe dieser vier Gruppen stellt den Endenergieverbrauch an Strom dar, der bis 2050 in Deutschland um 23 Prozent zurückgeht. Auch der Eigenverbrauch und die Netzverluste werden geringer. Regenerativer Strom wird ab 2030 zur Wasserstoffbereitstellung eingesetzt. Dies erleichtert den Ausgleich der Schwankungen, welche die Nutzung der

Sonnen- und Windenergie mit sich bringt; der (speicherbare) Wasserstoff kann zunehmend als Kraftstoff im Verkehr eingesetzt werden.

Energieträger zur Wärmeerzeugung werden für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung sowie für industrielle und gewerbliche Prozesswärme benötigt. Heute werden dazu vorwiegend Mineralöl und Gas in Heizkesseln eingesetzt; in der Industrie kommt Kohle hinzu. Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist mit 14 Prozent beteiligt. Auch Strom dient in erheblichem Maß der Wärmeerzeugung (Raumheizung, Warmwasser, Industrieprozesswärme). Insbesondere der Verbrauch im Bereich Raumwärme kann zukünftig im Zuge einer umfassenden Altbauanierung deutlich gedrosselt werden. Der gesamte Wärmeverbrauch kann so bis 2050 um über 40 Prozent zurückgehen.

Insbesondere die Wärmeversorgung mittels Nahwärmenetze nimmt deutlich zu. Sie stellt im Jahr 2050 rund zwei Drittel der Wärme bereit. Nahwärmenetze sind Rohrleitungen, die mehrere Gebäude mit einer Heizzentrale verbinden. Durch sie fließt erwärmtes bzw. heißes Wasser, welches durch Solarkollektoren, Erdwärmelanlagen, Biomasse-Anlagen oder gasgefeuerte Kraftwärmekopplungsanlagen erhitzt wurde.

Öl verschwindet nahezu vollständig aus der Wärmeversorgung, auch die Gasnutzung in Einzelheizkesseln wird deutlich reduziert, so

**Erneuerbare Energien werden 2050 über 40 Prozent der Wärme erzeugen.**

**Die größten Potenziale  
liegen in der Nutzung  
der Solarenergie.**

dass damit der Mehrverbrauch in Heizkraftwerken und BHKW kompensiert werden kann. Der Beitrag der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung ist mit 3,1 Prozent heute noch gering. Er steigt, nicht zuletzt wegen der deutlichen Verringerung des Gesamtverbrauchs, auf einen Anteil von 44 Prozent im Jahr 2050.

Die Potenziale von Solarkollektoren und Erdwärme sind heute kaum erschlossen. Ersichtlich ist die starke Zunahme von Nahwärmeversorgungen. Kollektoren können nur mittels großer Kollektorfelder und saisonaler Speicher in großem Ausmaß für die Raumwärmedeckung zur Verfügung stehen. Auch Erdwärme und effiziente Biomassenutzung benötigen Nahwärmeversorgungen. Im Baubereich muss mit den entsprechenden Investitionen und Planungen früh begonnen werden; auch im Altbaubereich sollte bei anstehenden Sanierungen die Verlegung von kleinen und mittelgroßen Nahwärmenetzen zur Regel werden.

Die Sektoren „Strom- und Wärmebereitstellung“ verschlingen derzeit rund 70 Prozent der insgesamt benötigten Endenergie, weitere 30 Prozent fließen in den Sektor Verkehr, der hier nicht weiter betrachtet wird. Insgesamt beträgt der Endenergieverbrauch in Deutschland derzeit 9.184 PJ/a (2000), wovon 6.363 PJ/a Strom und Brennstoffe sind; den Rest bilden Kraftstoffe (Benzin, Diesel) für den Verkehrssektor. Auch im Verkehr wird Strom eingesetzt (Bahnen), der in den Zahlen zur Strombereitstellung enthalten ist.

Die Regenerativen haben derzeit einen Anteil von 4,4 Prozent an den Sektoren „Strom- und Wärmebereitstellung“. Ihr Beitrag steigt bis 2010 auf 10 Prozent, um dann weiter jedes Jahrzehnt um etwa weitere 10 Prozent zu wachsen. Im Jahr 2050 ist ein Anteil von rund 55 Prozent erreicht (beim Strom allein 63 Prozent, bei Wärme 44 Prozent).

Für die zukünftige Entwicklung ist eine höhere Energieeffizienz von ebenso großer Bedeutung wie die erhebliche Steigerung des Anteils regenerativer Energien. Nur wenn beide Strategien miteinander verbunden werden, können die Treibhausgasemissionen bei gleichzeitigem Verzicht auf Atomenergie

spürbar gedrosselt werden.

Im gesamten Primärenergiebedarf einer nationalen Energiebilanz ist auch der Einsatz von Mineralöl und Erdgas für nichtenergetische Zwecke berücksichtigt. Der gesamte Primärenergieverbrauch Deutschlands unter Einschluß des Verkehrs betrug im Jahr 2000 insgesamt 14.180 PJ/a und sinkt im Szenario Nachhaltigkeit bis 2050 auf 6.753 PJ/a, also um 53 Prozent.

Die Bereiche „Strom- und Wärmebereitstellung“ benötigen rund 70 Prozent des Primärenergiebedarfs. Kohle, Atomenergie und Mineralöl werden aus diesen Bereichen bis 2050 weitgehend verdrängt. In 2050 werden Strom und Wärme also überwiegend aus erneuerbaren Energien und Erdgas bereitgestellt; Mineralöl bleibt für den Verkehr und für den nichtenergetischen Verbrauch reserviert.

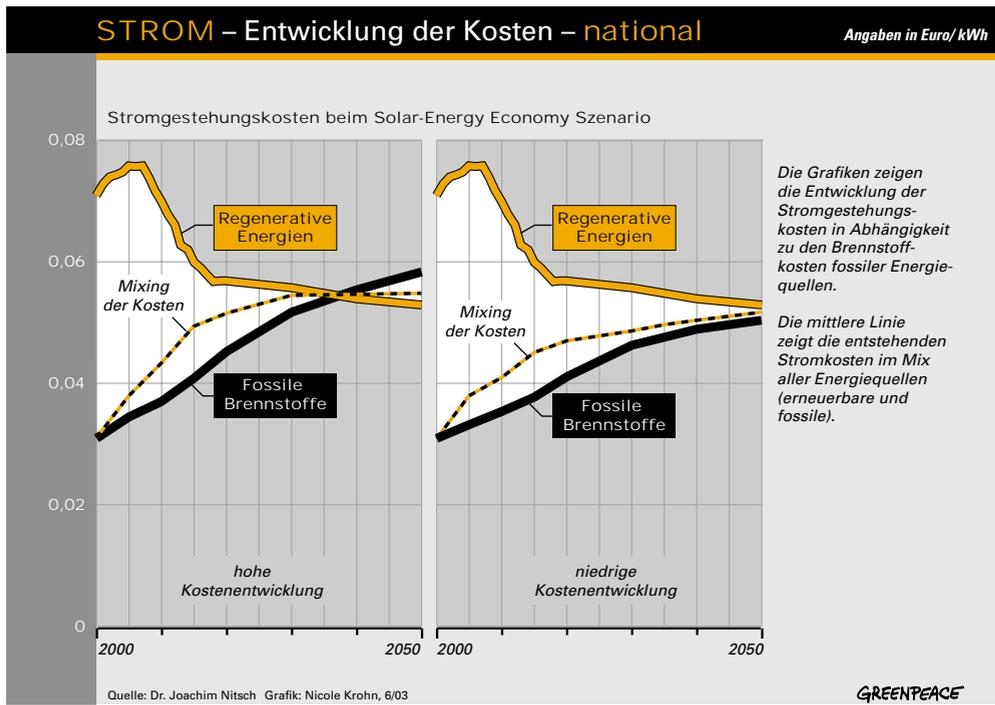
## 4.2. Saubere Energien – langfristig billiger

Wenn die Stromversorgung in Deutschland nach dem hier entwickelten Plan umgebaut würde, stellt sich die Frage nach den Kosten. Wird Strom zum Luxusartikel?

Infolge des Neubaus von Kraftwerken steigen die Erzeugungskosten. Rund die Hälfte der in Deutschland heute betriebenen Kraftwerke wird zwischen 2010 und 2020 das Ende ihrer technischen Laufzeit erreicht haben. Auch Kraftwerke kommen in die Jahre, die Reparaturkosten steigen Jahr für Jahr, bis sich der Betrieb nicht mehr lohnt.

Werden nur neue mit Steinkohle und Erdgas befeuerte Kraftwerke zugebaut, so steigen die spezifischen Kosten von derzeit rund 3 Eurocent pro Kilowattstunde (€/kWh) je nach Verteuerung von Kohle und Erdgas langfristig auf 5 bis 5,8 €/kWh. Erneuerbare Energieanlagen sind mit ca. 7 €/kWh (Mittelwert des Gesamtmixes) heute noch deutlich teurer. Da weitere neue Technologien in den nächsten Jahren hinzukommen, verteuert sich dieser Energiemix bis etwa 2007/2008 sogar noch etwas.

Ab etwa 2009 gehen die Kosten zurück; die zunehmend rationellere Fertigung der Anlagen in großen Stückzahlen wirkt sich kostensenkend aus. Ihr Zubau entsprechend



dem beschriebenen Ausbauplan bis auf einen Anteil von 65 Prozent verteuert die mittleren Stromerzeugungskosten um maximal 0,8-1,0 €/kWh in der Zeit des stärksten Zubaus um 2015 bis 2020.

Längerfristig nähern sich die erneuerbaren Energiequellen einem stabilen Kostenniveau mit mittleren Kosten um 5 €/kWh. Sie werden damit kostengünstiger sein als die dann alternativ zur Verfügung stehenden fossilen Kraftwerke, die auf immer teurer werdende Energieträger zurückgreifen müssen. Eine Energieversorgung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energie kann also längerfristig kostengünstiger sein als eine Stromversorgung, die ausschließlich auf fossilen Kraftwerken basiert.

### 4.3. Neue Arbeitsplätze durch Erneuerbare

Tabelle S. 17<sup>2</sup> und Grafik S. 16 zeigen eine Zuordnung der im Bereich erneuerbare Energien Beschäftigten. Berücksichtigt sind sowohl die Personen, die direkt an der Herstellung und dem Betrieb der Anlagen beteiligt sind, als auch Angestellte bei Vorlieferanten. Die Summe ergibt die so genannten Bruttoarbeitsplätze im Bereich der Erneuerbaren. Nicht berücksichtigt sind die durch den Aufschwung der erneuerbaren Energien induzierten Beschäftigtenrückgänge in der konventionellen Energieversorgung und etwaige Verschiebungen

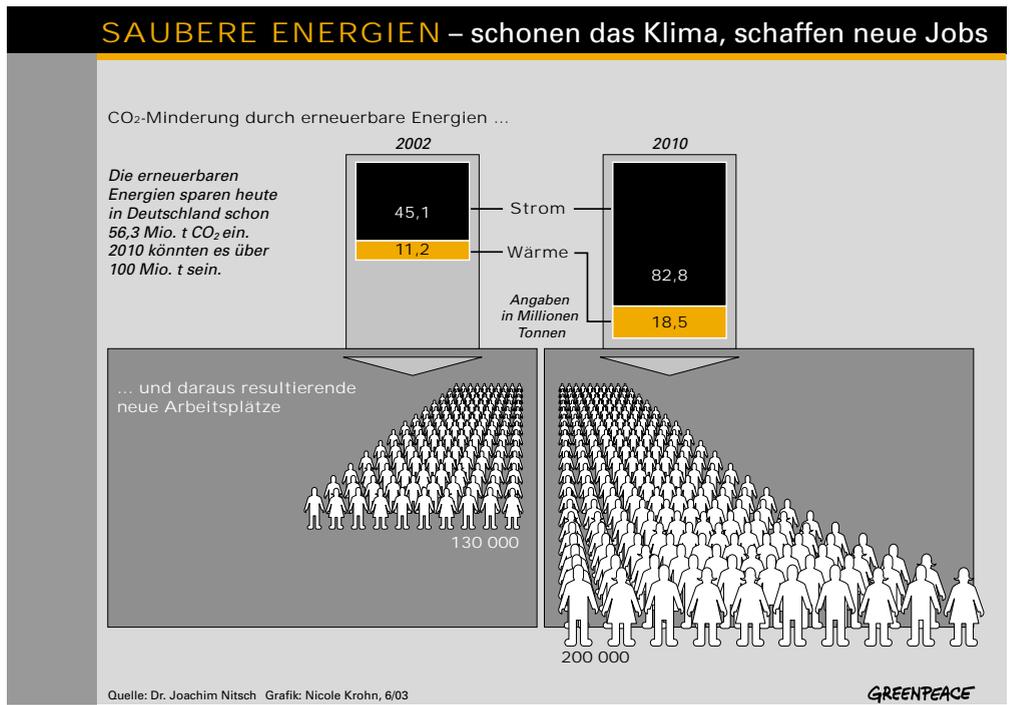
der Arbeitsmarktstruktur durch geänderte Kaufkraftverhältnisse oder Export/Importverhältnisse (weniger Ölimporte; Exporte von Anlagen). Diese Wechselwirkungen ließen sich nur mit ökonomischen Simulationsmodellen abschätzen.

Im Jahr 2002 sind nach obiger Definition rund 130.000 Personen im Bereich der Erneuerbaren beschäftigt. Der gesamte Bereich hat (2001) rund 5,2 Milliarden Euro an Investitionen getätigt; die Umsätze durch den Betrieb von Anlagen betragen rund drei Milliarden Euro. Davon sind 35.000 bis 40.000 Personen direkt in der Anlagenherstellung beschäftigt, 25.000 bis 30.000 im Handwerk bzw. in der Installation und dem Betrieb der Anlagen. Der Rest arbeitet bei den Vorlieferanten.

Die Windenergie ist als Arbeitgeber besonders hervorzuheben, gefolgt von der Nutzung der Biomasse (wobei diese Zahlen deutlich unsicherer sind). Verdoppelt sich der Beitrag der Regenerativen bis 2010, bedeutet dies jedoch nicht, dass sich auch die Zahl der Arbeitsplätze verdoppelt, da es Produktivitätsfortschritte geben wird. Im Jahr 2010 kommt Deutschland etwa auf 200.000 Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien, wenn sich die im Szenario Nachhaltigkeit unterstellte Wachstumsdynamik einstellt. Die alternativen Technologien sind also eine beachtliche Wachstumsbranche.

Die Zahlen berücksichtigen noch nicht,

**Mehr saubere Energie heißt mehr Unabhängigkeit von Brennstoffpreisen.**



**Deutschland:  
25.000 weniger Arbeitsplätze  
im Bergbau bis 2005.**

dass durch parallel wachsende Exportmärkte zusätzliche Arbeitsplätze entstehen können, insbesondere wenn Deutschland seine führende Rolle im Bereich der Erneuerbaren weiter ausbaut. Durch „Energiepartnerschaften“ mit den Importländern kann die Substitution von fossilen Energieträgern auch in diesen Ländern zu einer erhöhten Arbeitsnachfrage beitragen (Installation, Betrieb, Wartung der Anlagen; Fertigung von Komponenten u.a.).

Weltweit lässt sich auf der Basis globaler Energieszenarien bis zum Jahr 2030 ein Anstieg des Investitionsvolumens in Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien auf jährlich rund 250 Milliarden Euro abschätzen und bis ca. 2040 auf jährlich rund 400 Milliarden Euro. Eine erfolgreiche Teilhabe an diesem wachsenden Markt kann für ein einzelnes Land große Bedeutung haben.

Insgesamt sind in Deutschland rund 235.000 Personen (Zahlen von 1998) in der Energieversorgung beschäftigt (Elektrizität 170.000; Gas 45.000; Fernwärme 20.000). Hinzu kommt der Kohlebergbau, wo derzeit noch rund 80.000 Menschen Arbeit haben (Steinkohle ca. 60.000; Braunkohle 20.000). Ein weiterer Abbau der Arbeitsplätze im Steinkohlebereich bis 2005 auf rund 35.000 ist bereits beschlossen. Der Verlust dieser Arbeitsplätze ist auf die mangelnde internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Kohlebergbaus zurückzuführen.

Neben der direkten Versorgung mit Energie ist der Bau, die Installation und die Wartung energietechnischer Anlagen von großer Bedeutung für den Arbeitsmarkt. Allein im Bereich der Herstellung von Geräten zur Elektrizitätserzeugung und -verteilung sind rund 470.000 Personen beschäftigt (hier sind natürlich zum großen Teil auch obige Angaben enthalten). Im Elektroinstallationsgewerbe sind es rund 100.000, im Bereich Heizung/Klima/Lüftung ca. 115.000 und bei der Dämmung (einschließlich Lärmdämmung) knapp 25.000.

Durch einen Ausbau der Regenerativen fallen im Bereich der direkten Versorgung mit Brennstoffen Arbeitsplätze weg. Der zweite Bereich (Anlagenbau, Betrieb, Wartung, dazugehörige Vorleistungen) profitiert jedoch von einem Wachstum, so dass sich insgesamt ein positiver Beschäftigungseffekt ergibt.

Im Bereich der erneuerbaren Energien ist die Vielfalt der Berufe größer als in der herkömmlichen Energiewirtschaft, die auf fossilen Brennstoffen und Atomkraft beruht. Der Schwerpunkt verlagert sich in den Bereich der Anlagenherstellung, also in die Verarbeitende Industrie. Da die Art der Anlagen äußerst vielfältig ist – von „Rein-Raum“-Arbeitsplätzen in der Photovoltaikfertigung bis zum Großmaschinenbau (Wind, Biogasanlagen) – gibt es zahlreiche ingenieurwissenschaftliche und elektrotechnische Sparten, die von einem Aufschwung profitieren.

## Szenario: Nachhaltigkeit MOD – Strom - und Wärmeerzeugung mit REG in Deutschland

Energieart	Status 2000				Status 2002				Ausbau 2010			
	tatsächl. Erzeugung	install. Leistung	CO <sub>2</sub> -Minde- rung <sup>4)</sup>	ungef. Arbeits- plätze <sup>5)</sup>	tatsächl. Erzeu- gung	install. Leistung	CO <sub>2</sub> -Minde- rung <sup>4)</sup>	ungef. Arbeits- plätze <sup>5)</sup>	tatsächl. Erzeu- gung	install. Leistung	CO <sub>2</sub> -Minde- rung <sup>4)</sup>	ungef. Arbeits- plätze <sup>5)</sup>
	(GWh/a)	MWel, th	(1000 t/a)	(in 1000)	(GWh/a)	MWel, th	(1000 t/a)	(in 1000)	(GWh/a)	MWel, th	(1000 t/a)	(in 1000)
<b>Strom</b>												
1. Wasserkraft	21.900	3.620	17.520	22	21.900	3.620	17.520	22	23.300	4.100	18.640	25
2. Windenergie <sup>1)</sup>	9.200	6.095	7.360	35	18.100	12.000	14.480	40	48.500	24.000	38.800	55
3. Photovoltaik	90	107	72	7	235	275	188	7	1.500	1.600	1.200	20
4. Biogene Festbrennstoffe (Reststoffe, Brennhol., E-pflanz.)	260	ca. 150	208	42	600	300	480	45	4.500	1.000	3.600	65
5. Biogene gasf. Brennstoffe (Klär-, Bio-, Deponiegas)	1.350	ca. 300	1.080		1.500	330	1.200		2.500	550	2.000	
6. Geothermie (HDR)	0		s.u.	s.u.	0		s.u.	s.u.	300		s.u.	s.u.
<b>Wärme</b>												
7. Biogene Festbrennstoffe <sup>2)</sup> und Biogase	43.000	23.000	10.105	s.o.	45.000	24.000	10.575	s.o.	71.000	39.000	16.685	s.o.
8. Solarkollektoren	1.180	3.300 <sup>3)</sup>	277	11	1.700	4.700	400	13	6.400	16.000	1.504	25
9. Geothermie	970	20	228	3	1.050	25	247	3	1.400		329	10
<b>Summe Strom (Nettoerzeug.)</b>	<b>32.800</b>	<b>ca. 10.500</b>	<b>36.850</b>		<b>42.335</b>	<b>16.525</b>	<b>45.089</b>		<b>80.600</b>	<b>31.250</b>	<b>82.758</b>	
<b>Summe Wärme (Endenerg.)</b>	<b>45.150</b>		<b>10.610</b>		<b>47.750</b>		<b>11.221</b>		<b>78.800</b>		<b>18.518</b>	
<b>Gesamt</b>	<b>77.950</b>		<b>47.461</b>	<b>120</b>	<b>90.085</b>		<b>56.311</b>	<b>130</b>	<b>159.400</b>		<b>101.276</b>	<b>200</b>

<sup>1)</sup> potenzielle Erzeugung aller am Jahresende installierten Anlagen: in 2000=11,4 TWh/a; in 2002=22,5 TWh/a

<sup>2)</sup> Ausgangswert 2000 statistisch nicht gut abgesichert (Schwankungsbreite zwischen 25 und 50 TWh/a)

<sup>3)</sup> Werte in 1000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

<sup>4)</sup> Emissionsfaktoren Strom = 800 g/kWhel (800 t/GWh); Wärme = 235 g/kWhth (235 t/GWh)

<sup>5)</sup> direkt und indirekt Beschäftigte für Herstellung, Vertrieb und Betrieb der Anlagen; Mittelwert verschiedener Abschätzungen; Bandbreite in 2000 zwischen 90.000 und 150.000 (Jahrbuch 02/03); Aufteilung auf Energiearten sind teilweise Schätzungen.

Auch im Baubereich und der Wärmever-sorgung sind komplexere Aufgaben als heute zu lösen (Entwurf energiesparender Gebäude; Integration von Energiesystemen in Gebäu-den; Nahwärmever-sorgungen). Die Vielzahl der dezentralen Anlagen, ihre Installation, Regelung, Vernetzung („virtuelle“ Kraftwerke) und Wartung stärkt auch kleine und mittel-ständische Betriebe, Handwerker und Instal- lateure.

Im Bereich der Versorgung steigt der logistische Aufwand. Benötigt werden Kurz- fristprognosen der Energieerzeugung aus Rege- nerativen und intelligente Regelungskonzepte. Der Bedarf an verbesserten verfahrenstechni- schen Konzepten bei einer verstärkten Bio- masse-Nutzung dürfte auch hier interessante

Arbeitsplätze schaffen. Insgesamt wird eine ganze Palette von Berufsbildern direkt und indirekt von einem Ausbau der Regenerativen profitieren.

<sup>1)</sup> Das Bruttoinlandsprodukt steigt von 1964 Mrd. € (Preise 1995) in 2000 auf 3872 Mrd. € in 2050, die Wohnflächen von 3.260 Mio. m<sup>2</sup> auf 3.970 Mio. m<sup>2</sup>, die Personenverkehrsleistung von 955 Mrd. Pkm (1999) auf 1027 Mrd. Pkm, die Güterverkehrsleistung von 470 Mrd. tkm auf 964 Mrd. tkm. Die Bevölkerung sinkt von 82 Mio. auf 67,8 Mio. in 2050.

<sup>2)</sup> In dieser Tabelle sind auch die zu den Energiemengen gehörenden Leistungen im MWel, th bzw. in 1000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche angegeben

## Schlusswort

Die erste Internationale Konferenz über erneuerbare Energien und Energieträger („World Summit for Renewable Energy“), welche die Bundesregierung für 2004 einberufen will, bietet eine gute Gelegenheit, länderübergreifend die Weichen für eine klimaschonende Energieversorgung zu stellen.

Die in Johannesburg entstandene Koalition aus EU-Ländern sowie südamerikanischen und asiatischen Staaten hat die Chance, einen internationalen politischen Prozess zu starten, um verbindliche Ziele für die Förderung erneuerbarer Energien festzulegen. Im Mai 2003 hatten sich bereits über 80 Länder dieser Initiative angeschlossen.

Die Länder können in bilateralen Partnerschaften den Aufbau von Solar-, Windkraft- oder Biomasseanlagen organisieren. Die Verbindung von Ökologie und Ökonomie durch neue Handelsbeziehungen schafft Arbeitsplätze und erschließt Märkte für die Erneuerbaren. Schon heute arbeiten in Deutschland über 130.000 Menschen im Bereich der regenerativen Energien. Die Konferenz kann Impulse für die zukünftige Energiepolitik im In- und Ausland geben. Die Anlagenbauer, speziell die in Deutschland ansässige Solar- und Windindustrie, haben die Chance, neue Produktionsstätten im Ausland zu eröffnen und damit international wettbewerbsfähiger zu werden. Die Erfüllung der in Kyoto vereinbarten Klimaschutzziele wird durch den Ausbau der regenerativen Energien erst möglich. Für die Festlegung der Ausbauziele auf nationaler Ebene schlägt Greenpeace Folgendes vor:

- **Verbindliche Ziele für 2010, 2015 und 2020**

Es müssen kurz-, mittel- und langfristige Zielvorgaben entwickelt werden, um die Fortschritte bei der Erfüllung der Ziele zeitnah beurteilen zu können. Greenpeace schlägt Intervalle von fünf Jahren vor, beginnend mit dem Jahr 2010. Für die Jahre 2015, 2020, 2025 und 2030 sollten jeweils genaue Zielvorgaben fixiert werden.

- **Steigerung der erneuerbare Energien in jedem Land**

Für jedes der teilnehmenden Länder sollten eigene Ziele aufgestellt werden. Wie hoch der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung und am Primärenergieverbrauch sein soll, ist auch abhängig von der Situation im jeweiligen Land. Länder, die bereits heute einen relativ hohen Anteil regenerativer Stromerzeugung haben, müssen ein höheres Ziel festlegen, als Staaten, die zurzeit nur über einen sehr niedrigen Anteil verfügen. Es muss gewährleistet sein, dass erneuerbare Energien ausgebaut werden und dass nicht bloß mit bereits vorhandenen Anlagen gehandelt wird.

- **Länderspezifische Ziele auf Basis der bisherigen Energieversorgung**

Die Grundlage für die Definition der Zielvorgaben für die einzelnen Länder muss deren Status quo in der Energieversorgung bilden. Die Zusammensetzung der Primärenergieversorgung (für die Bereiche Nutzwärme, industrielle Prozesswärme, Kälte und Transport) sowie die Stromerzeugungsstruktur sind der Ausgangspunkt, um diese Zielvorgaben zu berechnen. Der Anteil der erneuerbaren Energien kann nur dann signifikant steigen, wenn diese sich am jeweiligen Potenzial der einzelnen Technologien (Wind, Sonneneinstrahlung, verfügbare Biomasse etc.) und an der im Land bereits vorhandenen oder noch aufzubauenden Infrastruktur (Möglichkeit des Netzanschlusses, Produktions- und Installationskapazitäten etc.) orientieren.

- **Der Markt für regenerative Energiequellen muss jährlich mindestens um 30 Prozent wachsen.**

In den vergangenen Jahren hat sich am Beispiel der Windindustrie gezeigt, dass die Hersteller von regenerativen Energietechnologien langfristig 30 bis 35 Prozent Wachstumsrate bewältigen können. Greenpeace hat in Zusammenarbeit mit der europäischen Industrievereinigung für Photovoltaik (siehe Report „SolarGeneration“) und für Windenergie (siehe Report „Windforce 12“) die Entwicklung beider Industrien von 1990 bis heute doku-

mentiert und eine Wachstumsprognose bis 2020 entwickelt. Forschung und Entwicklung sowie die Sicherstellung eines hohen Qualitätsstandards bei der Planung, Finanzierung und Installation sichern einen langfristigen Erfolg. Die Grundlage für die Festlegung der Ziele muss sich an diesen 30 Prozent Marktwachstum pro Jahr orientieren.

- **Sanktionen bei Verfehlung der Ziele, Subventionen für dreckige Energie streichen**

Von zentraler Bedeutung für den Ausbau der erneuerbaren Energien sind verlässliche politische Rahmenbedingungen. Das bloße Festschreiben von Zielvorgaben reicht nicht, darüber hinaus sind Instrumente nötig, die einen wirtschaftlichen Betrieb sauberer Energien ermöglichen. Des Weiteren müssen Sanktionsmechanismen für den Fall vorhanden sein, dass die Ziele verfehlt werden. Die Sanktionen können nicht international, sondern nur national gesetzlich verankert werden. Deutschland muss als erster Gastgeber des Weltgipfels für erneuerbare Energien mit gutem Beispiel voran gehen und konkrete Maßnahmen verbindlich verabschieden.

Mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) besitzt die Bundesrepublik Deutschland eines der erfolgreichsten Markteinführungsprogramme weltweit. Das EEG bildet die wirtschaftliche Grundlage, um die vereinbarten Ziele zu erreichen. Dieses Gesetz kann – neben der bereits verfügbaren Technologie – ein politischer Exportschlager werden. Innerhalb der EU sollen zeitgleich (zwischen 2003 und 2004) die einzelnen europäischen Förderinstrumente zum Erreichen der „Renewable Energy Directive“ analysiert und später harmonisiert werden. Ein europaweites EEG würde das richtige Signal aussenden.

Das Ziel eines jeden Markteinführungsprogramms ist es, einen selbsttragenden Markt zu schaffen. Erneuerbare Energien müssen wettbewerbsfähig werden. Dies ist – neben der unbestrittenen Notwendigkeit der Kostensenkung bei der Herstellung, Installation und dem Betrieb – nur dann möglich, wenn die Chancengleichheit mit fossilen und atomaren Energiequellen hergestellt wird. Die noch

immer beträchtlichen Subventionen in diesen Bereichen verhindert die Wettbewerbsfähigkeit der sauberen Energien. Bei der Öffnung des europäischen Strommarktes – speziell beim Zugang zum Stromnetz – werden regenerative Energien gravierend benachteiligt. Dies muss mit einer verbesserten Lenkungs politik im Bereich der Stromnetze beendet werden.

#### **Die Rolle der Bundesrepublik Deutschland**

Neben der logistischen Organisation, inhaltlichen Vorbereitung und Durchführung erwartet Greenpeace von der deutschen Bundesregierung, eigene verbindliche Ziele für Strom und Primärenergie festzuschreiben. Deutschland muss verbindlich den Anteil der erneuerbaren Energien in der Strom- und Wärmeversorgung von derzeit rund fünf Prozent auf 10 Prozent bis 2010 verdoppeln. Der derzeitige Kurs mit dem EEG und der Zielvorgabe für Offshore-Windenergie bilden eine hervorragende Grundlage.

Es fehlen allerdings noch ambitionierte Ziele für die regenerative Wärmeerzeugung. Die Ziele sollten weiter bis 2020 festgelegt werden. Von zentraler Bedeutung ist der Abbau der Subventionen für umweltschädliche Energieerzeugung, speziell der Kohle- und Atomkraft. Die Greenpeace-Jugendkampagne „SolarGeneration“ setzt sich für diese Ziele ein, speziell den Ausbau der regenerativen Energien, denn nichts Geringeres steht auf dem Spiel als die Zukunft nachfolgender Generationen.

# Greenpeace fordert:

## Für Deutschland

- **Verdopplung der erneuerbaren Energie von derzeit rund fünf Prozent bei der Strom- und Wärmeversorgung auf zehn Prozent bis 2010 und 20 Prozent bis 2020.**

## Weltweit

- **Verdopplung der neuen erneuerbaren Energie von derzeit 4,6 Prozent bei der Strom- und Wärmeversorgung auf zehn Prozent bis 2010.**
- **Streichung aller Subventionen für fossile und atomare Energien.**

**Alle Ziele rechtlich verbindlich festschreiben.**

Greenpeace Österreich/Zentral- und Osteuropa, Siebenbrunnengasse 44, A-1050 Wien;  
Email: [office@greenpeace.at](mailto:office@greenpeace.at)

Greenpeace Schweiz, Heinrichstraße 147, CH - 8005 Zürich;  
Email: [gp@greenpeace.ch](mailto:gp@greenpeace.ch)

Greenpeace Luxemburg, 34 Avenue de la Gare, L-4130 Esch/Alzette;  
Email: [greenpeace@pt.lu](mailto:greenpeace@pt.lu)