

# Globale Energie[R]evolution – Zusammenfassung

## Ein „Masterplan für eine nachhaltige weltweite Energieversorgung“

Wie können wir dem wachsenden Energiehunger dieser Welt begegnen, ohne unsere natürlichen Ressourcen auszubeuten und unser Klima zu zerstören? Wie können sich dennoch Schwellen- und Entwicklungsländer wie u.a. China und Indien entwickeln? Im Auftrag von Greenpeace und dem Europäischen Dachverband der Erneuerbaren Energien Industrie (EREC) haben Wissenschaftler des Deutschen Zentrums Luft- und Raumfahrt (DLR) und des niederländischen Energieinstitutes Ecofys ein globales Energiekonzept entwickelt, das den unbedingten Anforderungen eines Klimaschutzes gerecht wird.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der neuen Studie „Globale Energie [R]evolution“ zusammengefasst.

### Klimabedrohungen und Klimalösungen

Die anhaltende Zunahme von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre führt zu einem globalen Klimawandel, welcher bereits Ökosysteme zerstört und Menschenleben bedroht. Eine durchschnittliche Erderwärmung von +2°C brächte für Millionen Menschen erhöhte Risiken für Hunger, Malaria, Überflutungen und Wassermangel. Wenn die steigenden Temperaturen auf einem akzeptablen Niveau gehalten werden sollen, müssen wir den Ausstoß von Treibhausgasen deutlich reduzieren. Dies ist sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht alternativlos. Das wichtigste Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das durch den Einsatz fossiler Brennstoffe in der Energiegewinnung und im Verkehr entsteht.

### Klimaveränderung und Versorgungssicherheit

Angetrieben durch die massiven Energiepreiserhöhungen in jüngster Zeit steht die Frage nach der Versorgungssicherheit und der Bezahlbarkeit ganz oben auf der energiepolitischen Tagesordnung. Ein Grund für die Preiserhöhungen sind die schwindenden Vorräte an fossilen Brennstoffen – Öl, Erdgas und Kohle – und daran gekoppelt, die wachsenden Kosten für deren Erschließung. Die Zeiten von „billigem Öl und Gas“ sind vorbei. Das gilt auch für die Energiegewinnung durch Atomkraft, denn auch Uran, der atomare Brennstoff, ist ein begrenzter Rohstoff.

Im Gegensatz dazu reichen die Reserven an Erneuerbaren Energien, die auf globaler Ebene technisch zugänglich sind, aus, um sechs Mal mehr Energie zu erzeugen, als die Welt gegenwärtig verbraucht – auf unabsehbare Zeit.

Die verschiedenen Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energien variieren erheblich hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Ausgereiftheit. Doch vor allem Windkraft, Biomasse, Photovoltaik, thermische Solartechnik, Erdwärme, Meeresenergie und Wasserkraft bieten zunehmend attraktive Möglichkeiten. Sie alle produzieren nur geringe oder gar keine Treibhausgase und beziehen ihre Energie aus nahezu unerschöpflichen natürlichen Quellen. Manche dieser Technologien sind bereits heute wettbewerbsfähig. Mit ihrer technischen Weiterentwicklung wird auch ihre Wirtschaftlichkeit weiter steigen.

Gleichzeitig existiert ein gewaltiges bisher ungenutztes Potential zur Reduzierung unseres Energieverbrauchs, ohne dabei auf derzeitige Energieleistungen verzichten zu müssen.

Obwohl die Atomkraft vergleichsweise geringe Mengen an Kohlendioxid ausstößt, bedroht ihre Nutzung Mensch und Umwelt. Unkalkulierbar sind die Risiken und Umweltschäden, die durch den Abbau, die Verarbeitung und den Transport von Uran entstehen. Die Gefahr der Verbreitung atomarer Waffen, das Problem der Lagerung des Atomabfalls und das potenzielle Risiko eines schweren Unfalls sind ungelöste Probleme. Daher stellt die Atomenergie in der gegenwärtigen Studie keine Alternative dar.

## Die Energie [R]evolution

Der Klimawandel verlangt nichts Geringeres als eine Energierevolution. Die Erzeugung, Verteilung und der Verbrauch von Energie muss sich dramatisch wandeln. Die fünf Grundprinzipien dieses Wandels sind:

- Berücksichtigung der natürlichen Grenzen unserer Umwelt
- Einsatz erneuerbarer Lösungen, insbesondere durch dezentralisierte Energiesysteme
- stufenweise Abschaffung schmutziger, nicht nachhaltiger Energiequellen
- mehr Gerechtigkeit bei der Nutzung von Ressourcen
- Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Verbrauch fossiler Brennstoffe

Dezentralisierte Energiesysteme, bei denen Strom und Wärme in unmittelbarer Nähe des Endabnehmers erzeugt werden, bremsen die Verschwendung, die gegenwärtig durch Energieumwandlung und -verteilung entsteht. Derartige Systeme müssen ein zentraler Bestandteil der Energie Revolution sein. Zusätzlich sollten jedoch zwei Milliarden Menschen auf der ganzen Welt mit Strom versorgt werden, die derzeit keinen Zugang dazu haben.

Die Studie „**Globale Energie [R]evolution**“ skizziert zwei Szenarien für den Zeitraum bis 2050. Das Referenzszenario entspricht den Annahmen der Internationalen Energie-Agentur (IEA) in ihrem Bericht „World Energy Outlook 2007“, welche

über das Jahr 2030 hinaus extrapoliert werden.

China und Indien würden demnach schneller wachsen als andere Regionen, gefolgt von weiteren asiatischen Schwellenländern, Afrika und den Übergangstaaten der ehemaligen Sowjetunion. Der Anteil der OECD Staaten am globalen, nach Kaufkraftparität (KKP) korrigierten BIP wird von 55 Prozent im Jahr 2005 auf 29 Prozent im Jahr 2050 abnehmen.

Das Energie[R]evolution Szenario hat zum Ziel, die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 50 Prozent unter den Wert von 1990 zu reduzieren, wobei die Pro-Kopf-Emissionen auf weniger als 1,3 Tonnen jährlich gesenkt werden. Dies entspricht den Forderungen des UN Weltklimarats (IPCC) von 2007 und ist erforderlich, wenn die Erhöhung der globalen Temperatur unter +2°C bleiben soll.

Ein zweites Ziel ist der globale, stufenweise Ausstieg aus der Atomenergie. Um diese Ziele zu erreichen, will die Studie das große Potential zur Energieeffizienzsteigerung intensiv nutzen. Gleichzeitig werden alle kosteneffektiven Erneuerbaren Energien zur Wärme- und Stromerzeugung herangezogen, sowie zur Herstellung von nachhaltigen Biokraftstoffen.

Erneuerbare Energien decken heute 13 Prozent des weltweiten Primärenergiebedarfs. Biomasse, hauptsächlich zum Heizen verwendet, ist die größte Erneuerbare Energiequelle. Der Anteil der Erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung beträgt 18 Prozent. Der Anteil der Regenerativen Energien bei der Heizenergie liegt bei etwa 24 Prozent, überwiegend traditionelle Formen wie gesammeltes Brennholz. Etwa 80 Prozent der primären Energieversorgung wird heute weiterhin über fossile Brennstoffe gedeckt. Das Energie[R]evolution Szenario schlägt folgende Maßnahmen vor:

- Durch die Ausschöpfung des großen Potentials an Energieeffizienz steigt der primäre Energiebedarf nur geringfügig – von derzeit 474.900 PJ/a (2005) auf 478.420 PJ/a im Jahr 2050, verglichen mit 867.600 PJ/a

---

### Spendenkonto

Postbank, KTO: 2 061 206, BLZ: 200 100 20

Greenpeace ist vom Finanzamt als gemeinnützig anerkannt. Spenden sind steuerabsatzfähig.

nach dem Referenzszenario. Diese gewaltige Reduktion ist entscheidend für den geforderten signifikanten Anteil der Erneuerbaren Energien an der gesamten Energieversorgung. Nur so kann der Verzicht auf Atomkraft ausgeglichen und gleichzeitig der Verbrauch fossiler Brennstoffe gesenkt werden.

- Der verstärkte Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) verbessert ebenfalls die Energieumwandlungseffizienz des Versorgungssystems, bei zunehmendem Einsatz von Erdgas und Biomasse. Langfristig wird der weitere Ausbau der KWK durch den sinkenden Wärmebedarf und das große Potential der direkten Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energiequellen begrenzt.
- Der Stromsektor wird Vorreiter in der Nutzbarmachung Erneuerbarer Energien. Bis zum Jahr 2050 wird rund 77 Prozent des Stroms aus Erneuerbaren Energiequellen stammen (einschließlich großer Wasserkraftanlagen). Mit einer Leistung von 9.100 GW werden 2050 jährlich 28.600 TWh Erneuerbaren Stroms erzeugt.
- Im Bereich der Wärmeerzeugung wird der Beitrag der Erneuerbaren bis 2050 auf 70 Prozent steigen. Fossile Brennstoffe werden zunehmend durch effizientere moderne Technologien ersetzt, vor allem durch Biomasse, Sonnenkollektoren und Erdwärme.
- Bevor nachhaltige Biokraftstoffe im Verkehrssektor eingeführt werden, müssen zunächst die bestehenden enormen technischen Effizienzsteigerungs-Potentiale ausgeschöpft werden. Ab 2020 werden Elektrofahrzeuge eine zunehmend wichtige Rolle spielen.
- Bis zum Jahr 2050 werden 56 Prozent des Primärenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden.

Um ein wirtschaftlich attraktives Wachstum Regenerativer Energien zu erreichen, müssen alle verfügbaren Technologien ausge-

wogen und rechtzeitig zum Einsatz kommen.

## Kosten

Die leicht höheren Kosten der Stromerzeugung im Energie[R]evolution Szenario (im Vergleich zu herkömmlichen Brennstoffen) werden größtenteils durch eine Senkung des Strombedarfs wieder aufgefangen. Geht man von durchschnittlich drei Cent/kWh für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen aus, belaufen sich die zusätzlichen Kosten der Stromversorgung im Energie[R]evolution Szenario im Jahr 2010 auf maximal 10 Milliarden Dollar pro Jahr. Diese Zusatzkosten werden nach 2010 fallen. Bis dahin stellen sie eine Investition unserer heutigen Gesellschaft in eine zukunftssichere und wirtschaftliche Energieversorgung dar. Bis zum Jahr 2050 werden die jährlichen Kosten der Stromversorgung mit 2.900 Milliarden Dollar pro Jahr die im Referenzszenario veranschlagten Kosten unterschreiten.

Die Studie geht davon aus, dass der durchschnittliche Rohölpreis von 52,50 Dollar pro Barrel im Jahr 2005 über 100 Dollar pro Barrel im Jahr 2010 auf bis zu 140 Dollar pro Barrel in 2050 steigt. Die Preise für Erdgasimporte werden zwischen 2005 und 2050 voraussichtlich um das Vierfache steigen, während sich der Preis von Kohle nahezu verdoppelt und im Jahr 2050 360 Dollar pro Tonne erreicht. Es wird ein CO<sub>2</sub>-Zuschlag erhoben, der von zehn Dollar pro Tonne CO<sub>2</sub> im Jahr 2010 auf 50 Dollar pro Tonne im Jahr 2050 steigt.

## Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Während sich die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Referenzszenario bis 2050 verdoppeln, womit sie laut Verfasser „direkt in die Klimakatastrophe führen“, sinken sie im Energie[R]evolution Szenario von 24.350 Mio. Tonnen in 2003 auf 10.590 Mio. Tonnen im Jahr 2050. Die jährlichen Pro-Kopf-Emissionen werden von 3,8 auf 1,2 Tonnen fallen. Trotz eines steigenden Strombedarfs, werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsektor erheblich zurückgehen. Langfristig werden Effizienzsteige-

rungen, der zunehmende Einsatz von Elektrofahrzeugen sowie der massive und schnelle Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrswesen sogar schrumpfen lassen. Mit einem Anteil von 35 Prozent der Gesamtemissionen im Jahr 2050 wird der Stromsektor zwar deutlich abnehmen, aber dennoch weiterhin den größten Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen – gefolgt vom Verkehrswesen und der Industrie.

## Langfristige Energie[R]evolution Szenarien

Das Energie[R]evolution Szenario zeichnet einen nachhaltigen Weg hin zu einer neuartigen Nutzung und Erzeugung von Energie bis zum Jahr 2050. Darüber hinaus geben Greenpeace, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und die Industrie für Erneuerbare Energien Antworten auf Fragen der vollständigen Abkehr von fossilen Brennstoffen in der zweiten Jahrhunderthälfte.

Ein langfristiges Szenario, das sich über einen Zeitraum von fast 100 Jahren erstreckt, kann nicht genau sein. Hochrechnungen der wirtschaftlichen Wachstumsraten, der Preis fossiler Brennstoffe oder des Gesamtenergiebedarfes sind naturgemäß spekulativ und stellen keineswegs verlässliche Vorhersagen dar. Auch eine Aufschlüsselung nach Regionen ist nicht möglich, da keine ausreichenden technischen Daten, z. B. über genaue Windgeschwindigkeiten an einzelnen Standorten, vorliegen. Die Netzeinspeisung gewaltiger Strommengen aus fluktuierenden Energiequellen wie Windkraft- oder Photovoltaikanlagen erfordert zudem weitergehende wissenschaftliche und technische Forschungsarbeiten. Ein langfristiges Szenario kann uns dennoch einen Eindruck vermitteln, bis wann eine Energieversorgung ganz ohne fossile Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Ausstoß möglich wäre, und welche langfristigen Kapazitäten an Erneuerbaren Energiequellen wir dafür brauchen. Vor diesem Hintergrund haben wir zwei unterschiedliche Langfrist-Szenarien entwickelt: Die „Langfrist-Energie[R]evolution“ und die „Energie[R]evolution plus“.

## Zwei Energie[R]evolution-Szenarien

Die „Langfrist-Energie[R]evolution“ geht von gleich bleibenden Hochrechnungen bis zum Ende des Jahrhunderts aus.

Bis zum Jahr 2050 werden Erneuerbare Energien 56 Prozent des primären Energiebedarfs der Welt liefern. Ihr Anteil an der Stromerzeugung wird bis dahin 80 Prozent betragen. Der Beitrag der regenerativen Quellen zur Wärmeerzeugung wird bei etwa 71 Prozent liegen. Etwa 44 Prozent des primären Energiebedarfs wird 2050 weiterhin durch fossile Brennstoffe gedeckt werden, überwiegend in Form von Erdöl, welches im Verkehrssektor verwendet wird, gefolgt von Erdgas und Kohle in der Stromerzeugung.

In der „Langfrist-Energie[R]evolution“ setzt sich diese Entwicklung bis 2100 weiter fort, mit folgendem Ergebnis:

- **Nachfrage:** Das Potential zur Steigerung der Energieeffizienz ist weitgehend ausgeschöpft, so dass sich der primäre Energiebedarf auf dem Niveau von 2060 stabilisiert.
- **Stromerzeugung:** Der Stromsektor wird Vorreiter bei der Abkehr von fossilen Brennstoffen sein. Bis 2070 wird Strom zu über 93 Prozent aus Erneuerbaren Quellen kommen, die verbleibenden gasbetriebenen Kraftwerke werden überwiegend als Reservestromerzeuger eingesetzt. Eine Leistungskapazität von 23.100 GW wird im Jahre 2100 56.800 TWh Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugen – 17 Mal mehr als heute.

Von den derzeit verfügbaren Technologien weist die Photovoltaik das höchste Potential zur Stromerzeugung auf, gefolgt von Windkraft, solarthermischen Kraftwerken und Erdwärme. Der Einsatz von Meeresenergie könnte deutlich höher sein, aber angesichts der aktuellen Entwicklung bleibt deren technisches und wirtschaftliches Potential unklar.

- **Heizen und Kühlen:** Der im Jahr 2050 gestiegene Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bleibt bis 2070 konstant. Danach sinkt er bis

### Spendenkonto

Postbank, KTO: 2 061 206, BLZ: 200 100 20

Greenpeace ist vom Finanzamt als gemeinnützig anerkannt. Spenden sind steuerabsatzfähig.

Ende des Jahrhunderts geringfügig auf das Niveau von 2040 (5.500 TWh), da der rückläufige Wärmebedarf und das große Potential zur Wärmeerzeugung unmittelbar aus regenerativen Quellen, wie Sonnenkollektoren oder Erdwärme, den weiteren Ausbau der KWK einschränken.

- Im Bereich der Wärmeversorgung wird der von Erneuerbaren Energien geleistete Beitrag bis 2080 auf 90 Prozent steigen. Die vollständige Abkehr von fossilen Brennstoffen wird wenig später erfolgen.
- **Verkehr:** Die effiziente Nutzung von Verkehrssystemen wird weiterhin das Hauptmittel zur Begrenzung der fossilen Brennstoffnutzung sein. Öffentliche Verkehrsmittel werden weiterhin weitaus energiesparender sein als Einzelfahrzeuge. Allerdings werden Pkw weiterhin benötigt, besonders in ländlichen Gebieten. Zwischen 2050 und 2085 wird der Einsatz von Erdöl in Pkw ganz auslaufen, und diese werden durch Elektrofahrzeuge ersetzt. Der nötige Strom wird aus Erneuerbaren Energiequellen bezogen.
- Bis zum Jahr 2080 werden ungefähr 90 Prozent des primären Energiebedarfs durch regenerative Quellen gedeckt; 2090 erreicht der Anteil der Erneuerbaren Energien 98.2 Prozent.

Das zweite langfristige Szenario „Energie[R]evolution plus“ verfolgt einen wesentlich radikaleren Ansatz unter Berücksichtigung eines schneller voranschreitenden Klimawandels mit dramatischeren Folgen. Um bei den globalen Emissionen die Notbremse zu ziehen, geht dieses Szenario von wesentlich kürzeren Laufzeiten der Kohlekraftwerke aus – 20 statt 40 Jahre.

Dadurch wird der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß noch schneller gesenkt, womit den neuesten Erkenntnissen zur größeren Klimaempfindlichkeit Rechnung getragen wird. Um die entstehende Versorgungslücke zu schließen, wurden die Jahreswachstumsraten der Erneuerbaren Energien erhöht, insbesondere die der Photovoltaik, der

Windkraft und der Solaranlagen mit Bündelung. Diese höheren Wachstumsraten stimmen mit den derzeitigen Hochrechnungen der Windkraft- und Solarindustrie überein (siehe „Global Wind Energy Outlook 2008“, „SolarGeneration 2008“). In „Energie[R]evolution plus“ treten die Kapazitäten der Sonnen- und Windkraftezeugung daher zehn bis 15 Jahre früher ein. Die zunehmende Verbreitung von Erdwärme mit Kraft-Wärme-Kopplung wurde ebenfalls gegenüber dem erwarteten Start um 20 Jahre vorgezogen. Alle anderen Ergebnisse bleiben im Vergleich zum Energie[R]evolution Szenario unverändert, so dass die einzigen Änderungen den Stromsektor betreffen.

Die wichtigste Änderung in der Stromerzeugung besteht beim Szenario „Energie[R]evolution plus“ darin, dass alle herkömmlichen Kohlekraftwerke bis zum Jahr 2050 vom Netz genommen werden. Zwischen 2020 und 2050 sollen so ungefähr 1.200 GW Leistungskapazität durch Photovoltaik, Windkraftanlagen im Meer und an Land und durch Solaranlagen mit Bündelung ersetzt werden. Bis 2050, werden 86 Prozent allen Stroms durch Erneuerbare Energien erzeugt, und bis 2070 sind es 96 Prozent. Auch hier verwenden die verbleibenden, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerke Erdgas. Im Vergleich zum „Langfrist-Energie[R]evolution“ Szenario tritt die erwartete Kapazität der Erneuerbaren Energien 15 Jahre früher in Kraft während das Gesamtniveau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Quellen ab 2085 gleich hoch bleibt.

„Energy[R]evolution plus“ erfordert jedoch weitere Anstrengungen zur Forschung und Entwicklung im Bereich der Integration großer Mengen Erneuerbarer Energien in das Stromnetz. Zudem werden bessere regionale meteorologische Daten zur Optimierung der Zusammensetzung der verschiedenen Quellen benötigt.

Die Mehrheit der verbleibenden Kohlekraftwerke stehen in China und Indien. In der Praxis bedeutet dies, dass alle Kohlekraftwerke, die zwischen 2005 und 2020 gebaut werden, durch Regenerative Energiequellen ersetzt werden. Um den Ausbau der Kapazitäten in Entwicklungslän-

dem zu unterstützen, werden erhebliche Mengen an zusätzlichen Geldern erforderlich sein, besonders aus Industrieländern. Es ist unerlässlich, dass im Rahmen der internationalen Klimaverhandlungen spezielle Finanzierungsmechanismen entwickelt werden, wobei diese auch einen Technologietransfer umfassen müssen. Greenpeace zeigt, wie ein solcher Finanzierungsmechanismus funktionieren könnte.

10. Neuausrichtung der internationalen Energiepolitik im Rahmen von u.a. UN, Weltbank, IWF auf Erneuerbare Energien und Energieeffizienz-Maßnahmen.

Die ausführliche Studie finden Sie im Internet unter [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)

### Greenpeace fordert:

Um die Energierevolution Wirklichkeit werden zu lassen, und einen dramatischen Klimawandel zu verhindern, fordert Greenpeace die Umsetzung folgender Regelungen und Maßnahmen:

1. Stufenweise Abschaffung aller Subventionen für fossile Brennstoffe und Atomenergie.
2. Internalisierung der externen (sozialen und ökologischen) Kosten der Energieproduktion durch einen weltweiten Emissionsrechtehandel.
3. Vorschrift strenger Effizienzstandards für alle energieverbrauchenden Geräte, Gebäude und Fahrzeuge.
4. Formulierung verbindlicher gesetzlicher Zielvorgaben für Erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung.
5. Reform der Strommärkte durch garantierten, bevorzugten Zugang zum Stromversorgungsnetz für Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Quellen.
6. Gewährung von klar definierten und stabilen Renditen für Klimaschutzinvestitionen, zum Beispiel durch Einspeisetarifprogramme.
7. Umsetzung besserer Kennzeichnungs- und Auskunftsmechanismen für ein weiter reichendes Angebot umweltbezogener Produktinformationen.
8. Erhöhung der Forschungs- und Entwicklungsetats für erneuerbare Energien und Energieeffizienz.
9. Finanzierung von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz-Maßnahmen in Entwicklungs- und Schwellenländern.

---

#### Spendenkonto

Postbank, KTO: 2 061 206, BLZ: 200 100 20

Greenpeace ist vom Finanzamt als gemeinnützig anerkannt. Spenden sind steuerabsatzfähig.