

# ERNEUERBARE ENERGIEN

ZUM STAND DER VORBEREITUNGEN DES IPCC-  
SONDERBERICHTS ÜBER ERNEUERBARE  
ENERGIEN

Manfred Treber und Claus Breuer



## Impressum

**Autoren:**

Manfred Treber, Claus Breuer

**Redaktion:**

Jan Burck, Christoph Bals, Gerold Kier

**Herausgeber:**

Germanwatch e.V.

Büro Bonn

Dr. Werner-Schuster-Haus

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Telefon +49 (0)228/60492-0, Fax -19

Büro Berlin

Voßstr. 1

D-10117 Berlin

Telefon +49 (0)30/288 8356-0, Fax -1

Internet: <http://www.germanwatch.org>

E-mail: [info@germanwatch.org](mailto:info@germanwatch.org)

April 2009

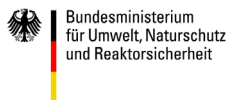
Bestellnr.: 09-2-07

ISBN 978-3-939846-47-5

Diese Publikation kann ebenso wie ein Foliensatz im Internet abgerufen werden unter:

**[www.germanwatch.org/klima/ee09.htm](http://www.germanwatch.org/klima/ee09.htm)**

Gefördert von:



Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zielsetzung und zusammenfassende Bewertung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Zum Verfahren der Sonderberichterstellung: Rückblick, Vorschau und Festlegungen des Weltklimarats IPCC .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Rolle der Erneuerbaren Energien für den Klimaschutz und Ziele des geplanten IPCC-Sonderberichts.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Kritik und Anregungen .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Anhang: Inhalte des IPCC-Tagungsbands.....</b>	<b>9</b>
5.1	Erneuerbare Energien und Klimaänderung.....	9
5.2	Bioenergie.....	11
5.3	Direkte Solarstrahlung .....	12
5.4	Geothermie .....	14
5.5	Wasserkraft.....	15
5.6	Ozean-Energie .....	18
5.7	Windenergie.....	19
5.8	Integration der Erneuerbaren in gegenwärtige und zukünftige Energiesysteme ....	22
5.9	Emissionsminderungspotentiale und Kosten .....	23
5.10	Politiken, Finanzierung und Implementierung .....	25

## 1 Zielsetzung und zusammenfassende Bewertung

Mit dem vorliegenden Papier möchten wir anhand der Ergebnisse des "IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources" vom Januar 2008 einen Überblick über einen wichtigen Teil der internationalen Debatte zu Erneuerbaren Energien geben. Der Tagungsband dieses Treffens enthält für viele Bereiche des Themas äußerst wertvolle Erläuterungen und Informationen. Es ist uns jedoch wichtig zu betonen, dass einige Darstellungen hinterfragt werden müssen und sowohl in der Wahl der Einzelthemen als auch in den konkreten Ausführungen der Workshopteilnehmer wichtige Aspekte zu kurz gekommen sind. Hierzu zählen insbesondere die Risiken von Agrotreibstoffen, großen Wasserkraftprojekten und der Kernenergie. Auch hätte die Relevanz der Erneuerbaren für die Armutsbekämpfung und nachhaltige Entwicklung in Entwicklungsländern deutlich stärker herausgearbeitet werden können. Einzelne aus unserer Sicht kritikwürdige Punkte werden im Kapitel 4 genannt, eine umfassende Auseinandersetzung kann an dieser Stelle jedoch nicht in allen Details erfolgen. Wir halten es für äußerst wichtig, die Ergebnisse des IPCC Scoping Meetings zur Kenntnis zu nehmen, da sie die Basis für den für 2010 geplanten IPCC-Sonderbericht zu Erneuerbaren Energien bilden, dessen Grundstruktur im Tagungsband schon skizziert wird und der die Debatte um die Erneuerbaren sicherlich maßgeblich prägen wird. Es gilt, diese IPCC-Debatte im Blick zu halten und einerseits die vielen wertvollen Orientierungen und Informationen zu würdigen, andererseits aber auch – u.a. im Rahmen des Review-Prozesses – Wege zu finden, sie um Aspekte und Argumente zu bereichern, die dort bislang noch zu kurz kamen.

## 2 Zum Verfahren der Sonderberichterstellung: Rückblick, Vorschau und Festlegungen des Weltklimarats IPCC

Der vierte IPCC-Zyklus, der im Jahr 2007 mit der Verabschiedung des vierten Sachstandsberichts seine prominentesten Produkte (im ersten Quartal 2007 je ein Bericht von jeder der drei Arbeitsgruppen sowie im November den Synthesebericht) der Öffentlichkeit präsentierte, ging mit der 28. Plenarsitzung (9. und 10. April 2008) in Budapest zu Ende.

Doch einige Arbeiten, die im vierten Zyklus begonnen worden sind, werden im fünften Zyklus weitergeführt werden. Das betrifft zum einen die Entwicklung neuer IPCC-Szenarien<sup>1</sup> und zum anderen einen Sonderbericht über Erneuerbare Energieträger.

Bereits die IPCC-Plenarsitzung in Mauritius Ende April 2006 hatte entschieden, dass es weitere Arbeiten zu einem möglichen Sonderbericht über Erneuerbare Energieträger und Emissionsminderung geben sollte, ein Thema, das im vierten Sachstandsbericht des Weltklimarates IPCC relativ kurz behandelt worden war. Im April 2008 beschloss dann der IPCC in Budapest, einen Sonderbericht über Erneuerbare Energien (Special Report on 'Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation') zu erstellen, welcher in der zweiten Jahreshälfte 2010 abgeschlossen werden soll.

---

<sup>1</sup> vgl. [www.germanwatch.org/klima/mt08szen.htm](http://www.germanwatch.org/klima/mt08szen.htm) und [www.germanwatch.org/klima/mt08szen.pdf](http://www.germanwatch.org/klima/mt08szen.pdf)

Die Regierungen wurden aufgerufen, bis zum Sommer 2008 Experten hierfür zu benennen. Von der Liste der Vorgeschlagenen suchte dann im September 2008 der neugewählte IPCC-Vorstand<sup>2</sup> die Autoren für diesen Sonderbericht aus. Die Arbeiten bauen auf den Ergebnissen einer diesbezüglichen Orientierungstagung ('scoping meeting') von 200 Experten auf, die vom 21.-25. Januar 2008 in Lübeck stattfand und zu der ein Tagungsband<sup>3</sup> erschien.

Dieses Treffen in Lübeck hatte die Empfehlung ausgesprochen, dass das günstigste Verfahren des IPCC zur Behandlung der Erneuerbaren Energien darin bestünde, einen Sonderbericht dazu zu erstellen. Dies habe große Vorteile gegenüber dem alternativen Verfahrensvorschlag, wonach das Thema ausführlicher im fünften Sachstandsbericht im Jahr 2014 behandelt worden wäre. Damit hätten die Ergebnisse erst Jahre später vorgelegen.

In der IPCC-Plenarsitzung in Antalya (21. – 23. April 2009) wurde nun folgender Ablauf für die Fertigstellung des IPCC-Sonderberichts über Erneuerbare Energien verabschiedet: Der sogenannte First-Order Draft (FOD), also der erste Entwurf des Sonderberichts, soll bis zum 14. Dezember 2009 vorliegen. Die erste Begutachtung durch sogenannte 'Expert Reviewers' (Experten-Gutachter) dauert 8 Wochen und geht bis zum 8. Februar 2010. Nach einem weiteren Treffen der Autoren wird der sogenannte 'Second-Order Draft' (SOD) erneut innerhalb von acht Wochen bis 3. Mai 2010 erstellt. Dessen Begutachtung durch externe Experten und durch die Regierungen läuft bis 28. Juni 2010. Bis zum 20. September 2010 wird der Bericht fertig gestellt und anschließend bis zum 15. November 2010 an die Regierungen verteilt. In einem Plenartreffen der Working Group III des IPCC im Dezember 2010 wird die Zusammenfassung für Entscheidungsträger (Summary for Policymakers, SPM) sowie der vollständige Bericht angenommen werden.

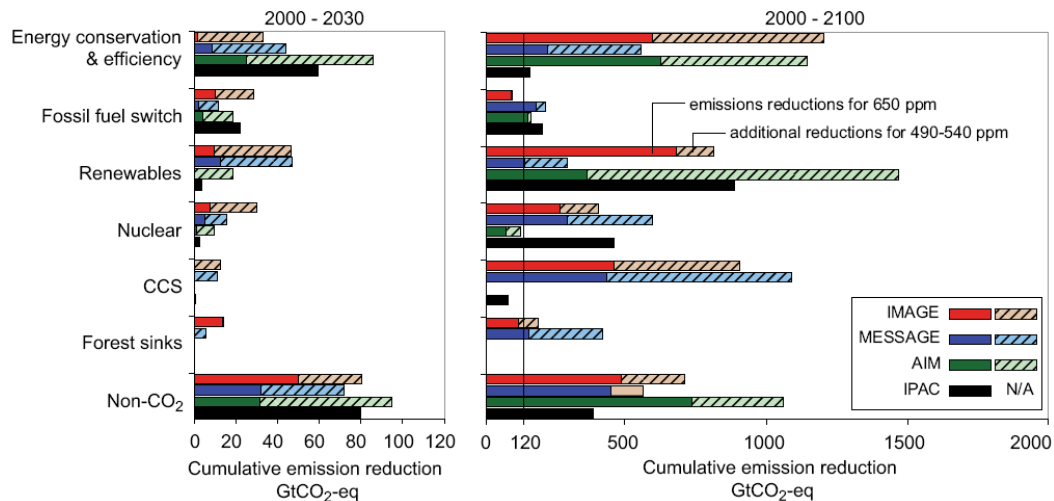
### **3 Rolle der Erneuerbaren Energien für den Klimaschutz und Ziele des geplanten IPCC-Sonderberichts**

Dem vierten Sachstandsbericht des IPCC ist zu entnehmen, dass die Erneuerbaren Energien neben der Energieeffizienz den substanziellsten Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung leisten können. Folgende Abbildung zeigt anhand der Ergebnisse mehrerer Szenarien, welche kumulierten Emissionsminderungen aus welchen Bereichen einerseits bis zum Jahr 2030 und andererseits bis zum Jahr 2100 erwartet werden. Die Steigerung der Energieeffizienz und die Nutzung der Erneuerbaren Energieträger bringen dabei mit die größten Beiträge.

---

<sup>2</sup> Engl.: 'IPCC Bureau'

<sup>3</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III (2008): IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources. Proceedings. Lübeck, Germany, 20-25 January 2008. Edited by Olav Hohmeyer, Tom Trittin. [www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/proc-renewables-lubeck.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/proc-renewables-lubeck.pdf)



Quelle: 4. IPCC-Sachstandsbericht, Arbeitsgruppe III, Summary for Policy Makers, Abbildung SPM9, S.17

Entsprechend dem ‚Scoping Paper‘ zum Sonderbericht<sup>4</sup> wird dieser zu einem besseren Verständnis in verschiedenen Bereichen beitragen können:

- Die in den unterschiedlichen Regionen vorliegenden Potentiale und die Auswirkungen der Klimaänderung auf diese Potentiale,
- das Emissionsminderungspotential der Erneuerbaren Energien,
- die Verbindung zwischen dem Wachstum der Erneuerbaren Energien und weiteren Vorteilen für die Nachhaltige Entwicklung,
- die Auswirkungen auf die weltweite, die regionale und die lokale Energiesicherheit,
- der Stand der Technologie und die Marktsituation, weitere Entwicklungen und projizierte Umsetzungsrate,
- die verschiedenen Möglichkeiten und die Beschränkungen der Integration (etwa des Stroms aus Windkraft) in das Energiesystem; dabei sind zusätzlich Energiespeicherungsoptionen einzubeziehen,
- die wirtschaftlichen Kosten und jene für die Umwelt; Vorteile, Risiken und Auswirkungen der Umsetzung,
- Aufbau von Wissenskapazität, Technologietransfer und Finanzierung in verschiedenen Regionen,
- politische Optionen und Voraussetzungen für wirksame Maßnahmen,
- Realisierung eines beschleunigten Einsatzes der Erneuerbaren Energien.

Wie am besten auf diese Anforderungen eingegangen werden kann, wurde auf dem Expertentreffen in Lübeck intensiv diskutiert. Es resultierte ein einstimmiger Beschluss zur

<sup>4</sup> Das Scoping Paper ist im Tagungsband des IPCC-Workshops vom Januar 2008 auf S. xi bis xv abgedruckt.

grundlegenden Struktur des Sonderberichts. Er wird 11 Kapitel<sup>5</sup> umfassen, in Kap.5 dieses Hintergrundpapiers wird darauf genauer eingegangen.

## 4 Kritik und Anregungen

Der Tagungsband des IPCC-Workshops enthält für viele Bereiche des Themas Erneuerbare Energien äußerst wertvolle Erläuterungen und Informationen. Germanwatch hat jedoch auch in einigen Bereichen Kritik an den Aussagen und an der Darstellung. Einige dieser Punkte kommentieren wir im Folgenden. Im Anhang werden schließlich weitgehend unkommentiert Aussagen aus den einzelnen Kapiteln des Tagungsbands zusammengefasst.

Die Relevanz der Erneuerbaren Energien für die Armutsbekämpfung und nachhaltige Entwicklung in Entwicklungsländern wird zwar gelegentlich erwähnt, hätte jedoch nach Auffassung von Germanwatch deutlich stärker herausgearbeitet werden können. Denn gerade in Entwicklungsländern könnte durch den Ausbau der lokal nutzbaren Erneuerbaren Energieträger ein für die lokale Wirtschaft bemerkenswerter Teil von Wertschöpfung hinzukommen. Somit könnte die Abhängigkeit von Energieimporten und ein entsprechender Abfluss von Devisen verringert werden.

Der Mensch nutzt die Erneuerbaren Energien u.a. zum Kochen und Heizen schon längere Zeit als fossile Energieträger, wo eine entsprechende starke Nutzung erst mit dem Beginn der Industrialisierung einsetzte<sup>6</sup>. Schon bald nach Beginn der Stromerzeugung und dem Aufbau von Stromnetzen wurde die Wasserkraft - im Unterschied zur Windkraft - in Turbinen für die Stromproduktion genutzt. Insofern bietet sich eine Unterscheidung der Erneuerbaren Energien in neue Erneuerbare (etwa Windkraftanlagen mit Netzeinspeisung, Photovoltaik oder solarthermische Stromerzeugung) und alte (etwa Großwasserkraftwerke und traditionelle Biomassenutzung) an. Die Nutzung der meisten Erneuerbaren Energieträger - unabhängig davon, ob es "alte" oder "neue" Nutzungsformen sind - ist, sobald sie in nennenswertem Umfang geschieht, meist mit negativen externen Effekten verbunden. Als Stichpunkte seien angeführt die bekannten mannigfaltigen negativen Auswirkungen der Nutzung von Großwasserkraftanlagen (soziale Konsequenzen, aber auch Klimarisiken u.a. durch Methanemissionen<sup>7</sup>); oder die der Biomassenutzung (etwa die Verbindung der Herstellung von Agrotreibstoffen mit Fragen der Ernährungssicherheit oder der Regenwaldvernichtung). Der Zielkonflikt zwischen Ernährungssicherung und der Erhöhung des Beitrags der Biomassenutzung sollte viel akzentuierter dargestellt wer-

---

<sup>5</sup> Gemäß dem Scoping Paper soll der Sonderbericht 11 Kapitel umfassen. Allerdings kommt das Kapitel 9 (Renewable Energy in the Context of Sustainable Development) im Tagungsband überhaupt nicht vor. Irritierend mag sein, dass der Tagungsband dennoch 11 Kapitel hat. Dies erklärt sich dadurch, dass das im Sonderbericht vorgesehene Kapitel 11 'Policy, Financing and Implementation' unter dieser Überschrift im Tagungsband nicht erscheint. Stattdessen gibt es dort ein Kap. 10 'Global Investment in the Renewable Sector' (Autor E. Usher), und ein Kap. 11 'Policies to promote Investment in and Deployment of Renewable Energy' (Autor D. Tirpak), weshalb auch der Tagungsband auf 11 Kapitel kommt.

<sup>6</sup> Vgl. Etwa Sieferle, R. P. (1982): Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution. München: C. H. Beck 1982

<sup>7</sup> vgl. etwa World Commission on Dams. [www.dams.org/report](http://www.dams.org/report); der Bericht geht jedoch auf die Klimarisiken nur ansatzweise ein

den. Germanwatch ist der Auffassung, dass eine Zertifizierung der entsprechenden mit Biomasse verbundenen Handelsprodukte die Makroprobleme, die sich etwa durch Preiseffekte ergeben, nicht lösen würde. Selbst die Nutzung der Geothermie ist nicht ohne Risiken. Aus unserer Sicht ist es - auch im Sinne der Akzeptanzschaffung - wichtig, die Defizite bestimmter Nutzungsformen der Erneuerbaren Energien ausreichend zu thematisieren. Auch wenn bereits an vielen Stellen des Tagungsbands auf Risiken und Herausforderungen der Erneuerbaren hingewiesen wird – die oben genannten kommen nach Auffassung von Germanwatch bei der Darstellung deutlich zu kurz.

Germanwatch kritisiert zudem, dass die Atomenergie im IPCC-Tagungsband, der Erneuerbare Energien zum Thema hat, als Lösungsstrategie für Energieversorgungsprobleme genannt wird. Sie ist keine erneuerbare Energiequelle, da die endliche Ressource Uran zur Herstellung benötigt wird. Darüber hinaus werden ihre erheblichen Risiken<sup>8</sup> (Proliferation, Endlagerung usw.) weitgehend ausgeblendet.

Angesichts der politischen Debatte auf dem Weg zu einem Kopenhagen-Abkommen scheint es sehr sinnvoll, im Sonderbericht einen besonderen Fokus auf mögliche Roadmaps für Erneuerbare Technologien - inklusive den notwendigen Netzen - in Entwicklungsländern zu legen sowie die sinnvollen nationalen Rahmenbedingungen darzustellen. Dies sollte ergänzt werden um Abschätzungen, in welchem Ausmaß die Umsetzung der Roadmap international durch Technologiekooperation und Finanztransfer unterstützt werden könnte. Es ist zu erwarten, dass entsprechende Rahmensetzungen in Kopenhagen beschlossen werden, die dann im Detail umgesetzt werden müssen. Der Sonderbericht sollte so angelegt sein, dass auf seiner Grundlage hierfür politische Entscheidungen getroffen werden können.

---

<sup>8</sup> Vgl. Germanwatch (1999): Positionspapier "Klimaschutz und Ausstieg aus der Atomenergie", , [www.germanwatch.org/rio/atom.htm](http://www.germanwatch.org/rio/atom.htm)



## 5 Anhang: Inhalte des IPCC-Tagungsbands

(Zusammenfassungen von Claus Breuer)

**In diesem Anhang werden Aussagen aus dem Tagungsband des 'IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources', die aus dessen einzelnen Kapiteln entnommen sind, in gekürzter Form übersetzt und sinngemäß wiedergegeben. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich hierbei noch um keine abgestimmten IPCC-Positionen handelt, sondern die einzelnen Kapitel lediglich die Meinung der Autoren des Tagungsbands widerspiegeln (ihre Namen mit den Seitenzahlen des Beitrags folgen der jeweiligen Kapitelüberschrift).**

### 5.1 *Erneuerbare Energien und Klimaänderung*

(William Moomaw, S.3 - 11)

Um dem Klimawandel zu begegnen, ist eine grundlegende Veränderung in unserem Energie-System nötig. Das ist nicht allein eine Frage des Umweltschutzes, sondern ebenso eine Frage der Ökonomie. Die Wirtschaftssysteme der Industrienationen und die der Entwicklungsländer waren in der Vergangenheit äußerst ineffizient; ihre grundlegende Energiequelle, die fossilen Brennstoffe, waren reichlich und dadurch billig zu haben. Diese Zeiten sind jedoch vorbei. Die Zukunft von sowohl Wirtschaftssystem als auch Klima wird von einer deutlich effizienteren - und damit klimafreundlicheren - Nutzung fossiler Energieträger, Energiedienstleistungen, die bedeutend weniger Primärenergie benötigen und der Entwicklung emissionsarmer Technologien abhängen. Die Erneuerbaren Energien können gemeinsam mit der Atomenergie, CO<sub>2</sub>-Abscheidungstechnologien und der Speicherung fossiler Brennstoffe einen grundlegenden Beitrag zu dieser notwendigen Entwicklung leisten. Tabelle 1 zeigt, dass Erneuerbare Energien ein weitaus größeres Potential für die Energieversorgung als fossile Energieträger aufweisen und ein Vielfaches des aktuellen Bedarfs an Energie decken könnten.

**Tab. 1 (S. 6) - Jährliche Flüsse und Gesamtreserven Erneuerbarer und nichterneuerbarer Energiequellen – \*World Energy Assessment, 2000 and 2004, \*\*\*IEA, 2006, \*\*OGJ, 2004.**

Renewable source	Annual flux or use	Ratio Annual flux or resource/ annual demand	Total reserve
Solar	3,900,000 EJ/y*	8,700	- - -
Wind	6,000 EJ/y*	13	- - -
Hydro	149 EJ/y*	0.33	- - -
Bioenergy	2,900 EJ/y*	6.5	- - -
Ocean	7,400 EJ/y*	17	- - -
Geothermal	140,000,000 EJ/y*	31,000	- - -
Total conventional fossil fuel reserve	396 EJ/y*	104	46,700 EJ
Total unconventional fossil fuel reserve	0.06 EJ/y**	42	18,800 EJ
Total Uranium reserve	31 EJ/y***	6.7 - 23	3,000- 10,500 EJ
Current global energy use	448 EJ/y (2004)* Conv. Biofuels adds ~45 EJ/y	1	- - -

Eine sinnvolle Analyse sollte den Einsatz und die Nutzung von Erneuerbaren Energien als Teil eines Gesamtsystems betrachten, nicht als alleinstehendes Phänomen. Vor diesem Hintergrund können die Erneuerbaren Energien erst ihr tatsächliches Potential entfalten. Mit dem Aufbau eines entsprechenden Energie-Umwandlungs-Systems wird es, eher als der vollständige Ersatz alter Energieträger, möglich, spezifische Energiebedarfe (bei insgesamt gesunkenem Primärenergie-Bedarf) mit den unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Techniken zu decken. Bei der Abwägung der Potentiale Erneuerbarer Energien sollte man dabei deren Potential im Zusammenhang mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung im Blick behalten - auch die Nutzung Erneuerbarer Energien kann mit negativen Wirkungen begleitet sein. Schließlich unterscheiden sich die Bedürfnisse der Industrienationen, der Schwellenländer und der Entwicklungsländer erheblich voneinander.

Ein Blick in die Geschichte zeigt uns eine Revolution in unseren Lebensgewohnheiten und unserer Wirtschaft vor gerade einmal 100 Jahren. Stehen die Menschen in den Industrieländern beim Übergang vom fossilen Zeitalter zu dem der Erneuerbaren Energien vor vergleichbaren Umwälzungen?

Die folgende Tabelle zeigt die Mengen an gewonnener Energie aus den unterschiedlichen regenerativen Energieträgern im Jahr 2005<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Anm. Germanwatch: Einen Eindruck über die mögliche Dynamik bei der Nutzung Erneuerbarer Energien gibt ein Blick auf die Windkraftnutzung: Ende 2008 waren weltweit bereits 121 GW elektrische Leistung in Windkraftanlagen installiert [im Vergleich mit 59 GW im Jahr 2005].

Tab. 2 (S.61) - Strom aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2005. Zusammengestellt aus Tabellen des "Survey of Energy Sources" (WEC 2007). \*Die Kapazität an Biomasse wird im "Survey of Energy Sources" nur im Text mit "mehr als 40 GW" angegeben. Der Leistungsbeitrag ist daher unsicher. \*\* Gewichtetes Mittel.

	Installed capacity		Production per year	
	GWe	%	TWh/yr	%
Hydro	778	87.5	2,837	89
Biomass	40*	4.5	183	5.7
Wind	59	6.6	106	3.3
Geothermal	8.9	1.0	57	1.8
Solar	4	0.4	5	0.2
Total	890	100	3,188	100

## 5.2 Bioenergie

(José Roberto Moreira, S.13 - 31)

Bei den Anstrengungen, genügend bezahlbare Energie bereitzustellen, ohne dabei untolerierbare Verwerfungen in der Umwelt zu verursachen, kann auch die Bioenergie als Teil der Erneuerbaren Energien eine bestimmte Rolle spielen. In verschiedenen Industrie- und Entwicklungsländern wird bereits durch unterschiedliche Förderkonzepte die aufkeimende Bioenergie-Industrie angeschoben. Unter dem Gesichtspunkt der Effizienz und der optimalen Landnutzung bieten sich vor allem solche Länder als Produzenten für geeignete Rohstoffe an, in denen es verfügbaren Boden gibt und ein dem Wachstum förderliches Klima vorherrscht. Einige Entwicklungsländer wären daher als effiziente Produzenten besonders geeignet, obwohl der Bedarf an Energiesicherheit auch in weniger geeigneten Ländern zu verstärkter Produktion von Rohstoffen führen könnte - unbeschadet der wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen.

Biokraftstoffe der "ersten Generation" müssen denen der "zweiten Generation" nicht unbedingt unterlegen sein. Beispielsweise steckt im Zuckerrohr als Biokraftstoff-Lieferant der ersten Generation auch weiterhin einiges Potential für die Erzeugung elektrischen Stroms durch die Reststoffverbrennung.

Der in der Langzeittendenz steigende Ölpreis, der steigende Druck, die Folgen der Klimaveränderungen zu entschärfen und die damit einhergehenden neuen Möglichkeiten für

ländliche Gemeinschaften legen die Vermutung nah, dass ein anhaltendes Interesse an Agro- (bzw. Bio-)kraftstoffen als Möglichkeit Energiesicherheit, Klimaschutz und ländliche Entwicklung zu erreichen, in Zukunft bestehen bleibt. Eine Lösung, um unerwünschte Nebeneffekte in Sachen Ernährungssicherheit, Wasserverbrauch, Klimaschutz und Bewahrung der Biodiversität zu vermeiden, könnte die Zertifizierung von Biokraftstoffen unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit anbieten. Gerade für Entwicklungsländer würde sich die einzigartige Möglichkeit ergeben, in einen neuen, hochprofitablen Markt einzusteigen und sowohl Rohmaterialien als auch Biokraftstoffe selber zu exportieren. Die Tabelle zeigt die Mengen der weltweit gehandelten Biomasse im Jahre 2004.

**Tab. 3 (S. 15) - Ein Überblick über die Produktion und den internationalen Handel ausgewählter (Biomasse-) Rohstoffe (Heinimö and Junginger, 2007).**

Product	World production in 2004	Volume of international trade in 2004
<b>Industrial wood and forest products<sup>(a)</sup></b>		
Industrial round wood	1 646 Mm <sup>3</sup>	121 Mm <sup>3</sup>
Wood chips and particles	197 Mm <sup>3</sup>	37 Mm <sup>3</sup>
Sawn timber	416 Mm <sup>3</sup>	130 Mm <sup>3</sup>
Pulp for paper production	189 Mt	42 Mt
Paper and paperboard	354 Mt	111 Mt
<b>Agricultural products<sup>(b)</sup></b>		
Maize	725 Mt	83 Mt
Wheat	630 Mt	118 Mt
Barley	154 Mt	22 Mt
Rice	608 Mt	28 Mt
Palm Oil	37 Mt	23 Mt
Rapeseed	46 Mt	8.5 Mt
Rapeseed oil	16 Mt	2.5 Mt
<b>Solid and liquid biofuels<sup>(c)</sup></b>		
Ethanol	41 Mm <sup>3</sup>	3.5 Mm <sup>3</sup>
Biodiesel	3.5 Mt	<0.5 Mt
Fuel wood	1 772 Mm <sup>3</sup>	3.5 Mm <sup>3</sup>
Charcoal	44 Mt	1 Mt
Wood pellets	4Mt	1 Mt

### 5.3 Direkte Solarstrahlung

(Dr. Dan E. Arvizu, S.33 - 58)

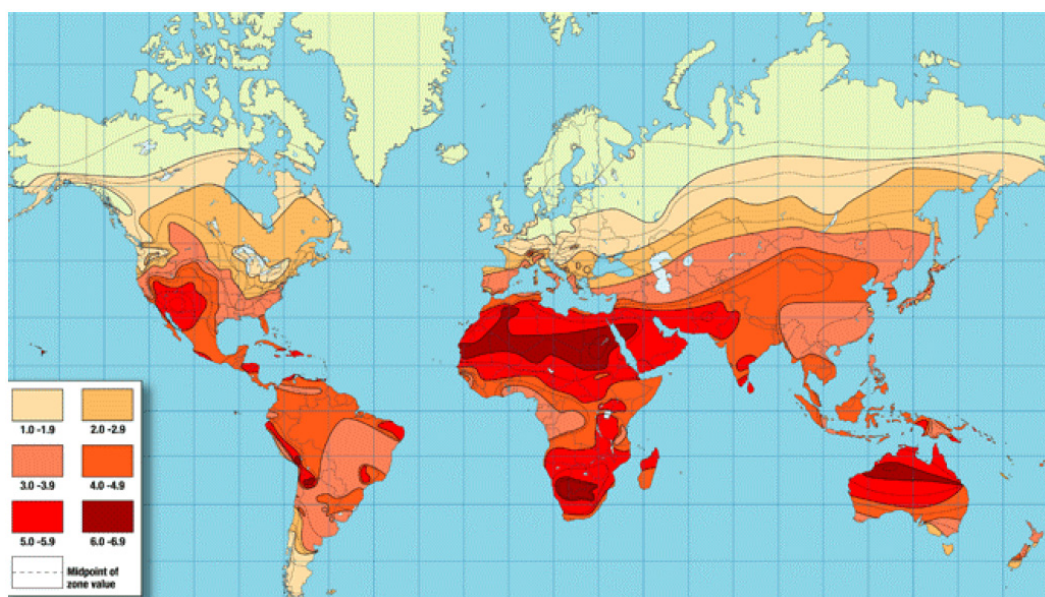
Allein aufgrund ihrer enormen Verfügbarkeit bietet die Solarenergie gute Möglichkeiten, energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. In den Sektoren Gebäude, Transport und Industrie können durch ihre Nutzung zur Erzeugung von sowohl Wärme als auch von Strom große Mengen fossiler Brennstoffe eingespart werden. Da die Solarenergie eine global verfügbare Ressource darstellt, kann sie sichere und für jedermann zugängliche Energie liefern. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind dabei deutlich geringer als bei konventioneller Energie-Umwandlung. Die Forschung und Entwicklung der verschiedenen Möglichkeiten zur Nutzung der Energie der Sonne bieten dafür gangbare Wege an, diese Technologien marktfähig zu machen und sie zu großflächiger Anwendung zu bringen. Nichtsdestotrotz bestehen auch noch Herausforderungen: Probleme der Durchdrin-

gung des Marktes, der Kosten und der Implementierung durch die Politik müssen noch gelöst werden.

Nicht nur die finanzielle Unterstützung von Forschung und Entwicklung, wenngleich diese auch sehr sinnvoll ist, sondern auch Maßnahmen zur Hilfe beim Einstieg in den Energie-Markt sind Möglichkeiten, die der Politik offenstehen. Einspeise-Tarife wie in Deutschland, durch staatliche Subventionen verminderte Anschaffungskosten wie in Japan oder Zielvorgaben über die Menge von mit Sonnenenergie erzeugtem Strom wie in manchen Staaten der USA sind denkbar. Eine Steuer auf CO<sub>2</sub>-Emissionen (genannt werden 35 US \$/t CO<sub>2</sub>, was zu 80 GW Leistung aus solarthermischen Kraftwerken führen würde) würde Solarenergie konkurrenzfähig machen, da sie emissionsreiche Technologien belastet. Ein wirkungsvolles Instrument, um großflächig Sonnenenergie zu nutzen, scheint zu sein, beim Neubau von Gebäuden die Bauherren zu verpflichten, Solartechnologie zu verbauen - so geschehen in Spanien.

Prinzipiell ist zwischen der thermischen Nutzung der Sonnenenergie (etwa zur Brauchwassererwärmung), der Stromerzeugung über photovoltaische Prozesse und der Stromerzeugung mit solarthermischen Anlagen zu unterscheiden.

Auf dem Energie-Markt kann die Solarenergie von der Verknappung der fossilen Brennstoffe bei gleichzeitig steigender Nachfrage nach (sauberer) Energie profitieren. Machbarkeitsstudien zeigen indessen auf, dass der Markt für Solartechnologie gewaltig ist. Steigende Nachfrage muss aber natürlich auch in einem nachziehenden Angebot kulminieren. Es braucht mehr Produzenten, die in größerem Maßstab produzieren. Dabei muss natürlich die Verfügbarkeit der benötigten Rohstoffe im Auge behalten und Forschung in Sachen Effizienzsteigerung betrieben werden, um Engpässe zu vermeiden. Die Karte zeigt die Anzahl an Sonnenstunden pro Tag am für die Umwandlung der solaren Resource ungeeignetsten Zeitpunkt des Jahres.



**Abb. 1 (S.34) - Die solare Ressource Sonnenlicht ist in großen Teilen der Welt robust. Die Karte zeigt die Anzahl an Stunden pro Tag, in denen auf dafür idealer Oberfläche und im dafür ungeeignetsten Monat des Jahres Solarstrahlung einfällt [www.howto.altenergystore.com]. Je intensiver die Farbe, desto mehr Sonnenstunden.**

Auch attraktive Konzepte müssen dabei erst ihre Marktreife beweisen - ein Prozess, der seine Zeit braucht. Investitionen mit Venture-Kapital - im Jahr 2007 knapp 1 Milliarde US-Dollar in den USA - sind risikobehaftet und werden dementsprechend nicht mit Sicherheit Gewinne abwerfen. Erfolgreiche Konzepte hingegen bergen durchaus große Gewinnchancen.

## 5.4 Geothermie

(Ingvar B. Fridleifsson (United Nations University Geothermal Training Programme, Iceland), Ruggero Bertani (Enel S.p.A., Italy), Ernst Huenges (GFZ Potsdam, Germany), John W. Lund (Oregon Institute of Technology, USA), Arni Ragnarsson (ISOR, Iceland), Ladislaus Rybach (Geowatt AG, Switzerland), S.59 - 80)

Erdwärme ist eine regenerative Energie-Quelle, die schon seit Jahrzehnten in vielen Teilen der Welt Verwendung findet. Zur Erzeugung von Strom wird sie in 24 Ländern genutzt, für die Heiz- und Nutzwasser-Aufbereitung in 72 Ländern (in beiden Gruppen finden sich auch einige Schwellen- und Entwicklungsländer). Beispielsweise decken die vier Entwicklungsländer Kenia, El Salvador, Costa Rica und die Philippinen 15-22% ihrer nationalen Stromerzeugung mit geothermischen Prozessen. Der weltweite, extensive Ausbau der Geothermie zur Energiegewinnung hat großes Potential: Sie ist im Gegensatz zu anderen Erneuerbaren Energien wie Wind oder Sonne von den vorherrschenden Wetterbedingungen unabhängig und Tag und Nacht verfügbar. Der Planet fungiert dabei als eine Art Speicher - Geothermie eignet sich damit auch für die Bereitstellung der Grundlast, aber auch für Lastspitzen. Für die Abmilderung der Folgen des Klimawandels und die deutliche Steigerung der Energieversorgungssicherheit für regenerative Energieträger wird die Erdwärme in diesem Sinne im Zusammenspiel (und nicht etwa in Konkurrenz!) mit anderen Erneuerbaren Energien besonders interessant. Direkt nutzen lässt sich Erdwärme beispielsweise zum Beheizen von Gebäuden oder Gewächshäusern über Fernwärmenetze, aber auch für Industrie oder Aquakulturen. Die Stromerzeugung funktioniert über Dampfturbinen. Am stärksten wächst bei der Nutzbarmachung der Geothermie der Anwendungsbereich von Wärmepumpen. Da diese Wärmepumpen auf der ganzen Welt wirtschaftlich arbeiten können, wird sich dieser Trend in Zukunft vermutlich fortsetzen. Sie können durch Temperatúraustausch sowohl zum Heizen als auch zur Kühlung und zum Erhitzen von Brauchwasser in Wohnhäusern, Schulen, Fabriken usw. dienen. Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern ist dabei die direkte Nutzung der Wärme nahezu emissionsfrei, die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Umwandlung in elektrische Energie entstehen, sind vernachlässigbar gering. Abbildung 2 zeigt die 2007 installierten Kapazitäten der Erdwärme-Umwandlung in Mega-Watt.

In der Vergangenheit hat sich die benötigte Technologie rasch fortentwickelt. Immer öfter finden Kraftwerke Verwendung, die die Effizienz der Geothermie durch die Erzeugung von Strom und Wärme gleichzeitig deutlich steigern. Sogenannte "Enhanced Geothermal Systems", bei denen deutlich tiefer ins Erdinnere gebohrt wird als bei konventionellen Systemen, befinden sich im Moment in der Erprobung. Sollte sich diese Technik als ökonomisch tragfähig erweisen, könnten in bestimmten Teilen der Welt nahezu grenzenlose Energie-Ressourcen erschlossen werden. Besonders ehrgeizig sind Pläne, bis zu 5 km tief

zu bohren - dort herrschen Temperaturen von 450-600°C. Die gleiche Menge Energie könnte damit aus deutlich weniger Quellen gewonnen werden.

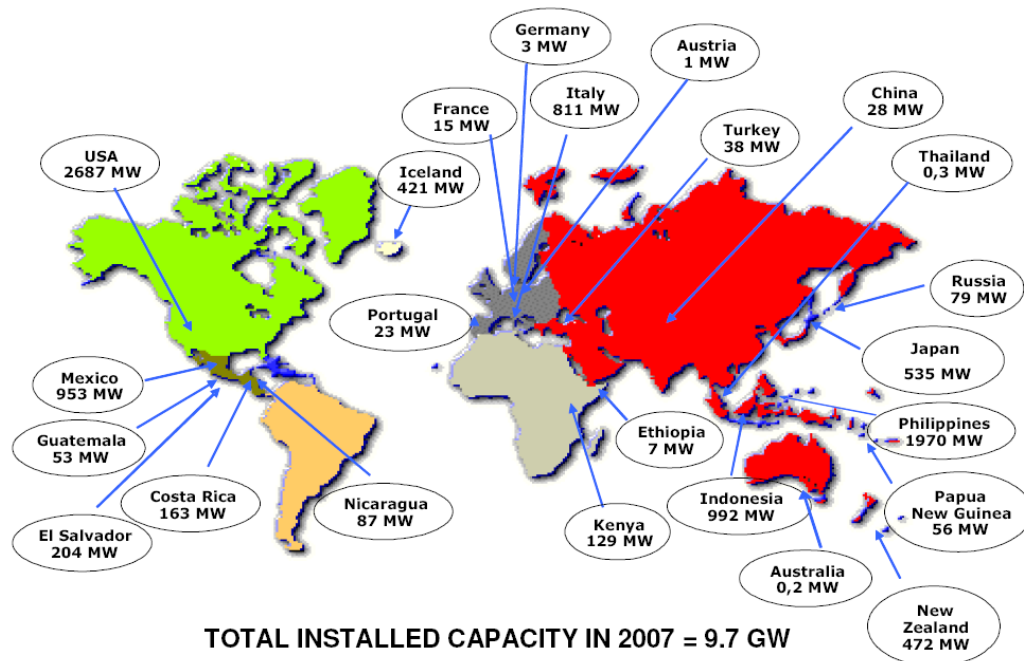


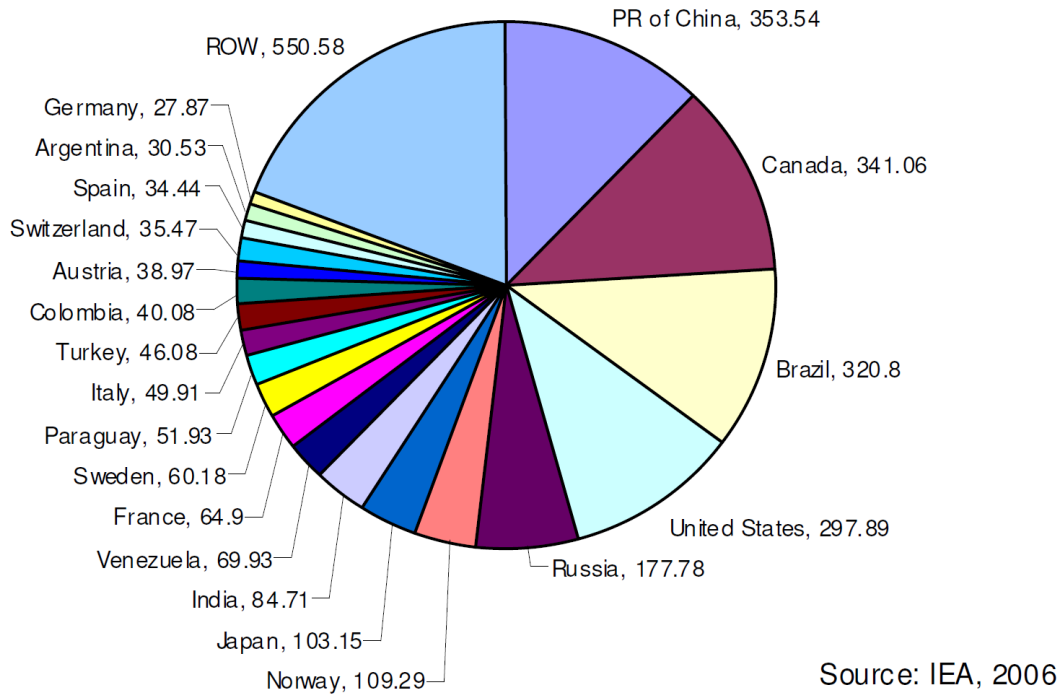
Abb.2 (S.60) - Installierte Kapazitäten zur Stromerzeugung aus Geothermie in verschiedenen Ländern im Jahr 2007 (Bertani, 2007).

Bei der Untersuchung des Einflusses von Geothermie auf die Umwelt ist festzustellen, dass die bei der Nutzung der Geothermie in den Stoffkreislauf kommenden Stoffe (vor allem in flüssigem und gasförmigem Zustand) zumeist unschädlich sind, die Gase können überwiegend in die Atmosphäre abgegeben werden. In den USA und in Italien ist es notwendig, Schwefelwasserstoff aus Geothermie-Anlagen abzutrennen, also nicht einfach in die Luft abzulassen. Aus Hochtemperatur-Geothermiefeldern treten CO<sub>2</sub>-Emissionen oft in Höhe von etwas über 100 g CO<sub>2</sub> pro erzeugter kWh aus, allerdings geht die Spannbreite von 4 bis 740 g CO<sub>2</sub>/kWh. Die Gasemissionen von Niedertemperatur-Geothermiefeldern sind im Vergleich dazu normalerweise nur ein Bruchteil davon.

## 5.5 Wasserkraft

(Richard Taylor, S.81 - 91)

Mit der Stromerzeugung durch Wasserkraft wird heutzutage die Erdatmosphäre um Treibhausgasemissionen entlastet, die der Energie aus fossiler Energieträgerverbrennung von etwa 13 Millionen Barrel Öläquivalent pro Tag entsprechen. Weltweit sind mit Wasserkraft 778 GW installiert, womit 2889 TWh Strom im Jahr 2005 erzeugt wurden. Die folgende Abbildung zeigt die Kapazitäten einzelner Länder.



**Abb. 3 (S.84) - Wasserkraft, nach Ländern (2889 TWh in 2005); (IEA 2006).**

Wasserkraft kann darüber hinaus die Emissionen eines mit fossilen Kraftstoffen befeuerten Kraftwerks direkt reduzieren.

Wasserreservoirs bieten die Möglichkeit zur Speicherung von Energie und bieten die in einem Energie-Mix mit hohem Anteil von Erneuerbaren Energien nötige Flexibilität. Wasserkraftwerke lassen sich in der Regel mit einem vergleichsweise geringen Aufwand an- und abstellen. Außerdem lässt sich die in der potentiellen Energie des Wassers gespeicherte Energie durch Pumpspeicher-Vorgänge "recyceln" - das steigert die Flexibilität zusätzlich.

Im Zusammenspiel mit anderen regenerativen Energieträgern kann die Wasserkraft durch ihre höhere Konstanz in der Stromerzeugung einen großen Beitrag zur Energie-Sicherheit leisten.

Zwar sind die Investitionskosten für den Bau von Wasserkraftwerken anfangs relativ hoch. Die Betriebskosten sind hingegen eher gering und außerdem gut vorhersehbar. Vor allem, wenn man die lange Haltbarkeit von Wasserkraftwerken mit in Betracht zieht.

Im Moment wird weltweit allenfalls ein Drittel des Potentials des Wassers zur Energieumwandlung genutzt. Vor allem in den Entwicklungsländern gilt es, noch große Potentiale auszuschöpfen (s. Abbildung 4). Wasserkraft könnte in solchen Ländern einen emissionsarmen Beitrag zur Energieversorgung und der wirtschaftlichen Entwicklung leisten.



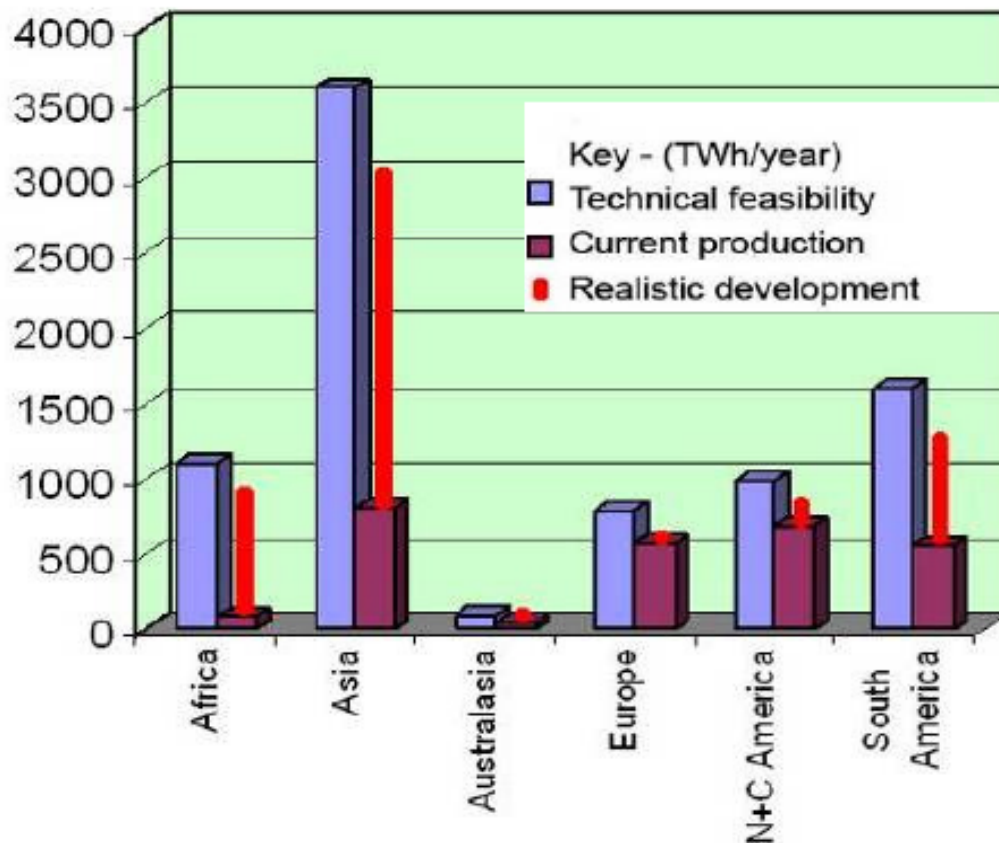


Abb. 4 (S.84) - Realistische Entwicklung der Wasserkraft in der Zukunft, nach Regionen (IHA, 2007). Die Grafik zeigt, dass die möglichen Kapazitäten in Europa, in Nord- und Mittelamerika sowie in Australien bereits überwiegend genutzt werden, während in den anderen Weltregionen noch großes Ausbaupotenzial besteht.

Wasserkraftwerke verbrauchen das Wasser nicht, mit dem Strom gewonnen wird. So können bestimmte Anlagen durch ihr Frischwasser-Management auch vielfältige Aufgaben über die Energieumwandlung hinaus erfüllen: sie können Trinkwasser-Reservoir sein oder Fluten nach Extremwetterereignissen "abfangen". Die Wasserkraft kann also ihren Beitrag sowohl zu Emissionsminderung als auch zur Anpassung an den Klimawandel leisten. Darüber hinaus bemüht sich die Branche gemeinsam mit Vertretern aus Politik und Zivilgesellschaft, Nachhaltigkeitskriterien für die Nutzung der Wasserkraft zu entwickeln, um negative Einflüsse auf die Umwelt zu begrenzen.<sup>10</sup>

Zu den Risiken der Wasserkraft hat die International Hydropower Association ein 'Hydropower Sustainability Assessment Forum' eingerichtet, dessen Ergebnisse im Anhang 3 des Tagungsbands stehen. Besonderen Augenmerk erhielt im Tagungsband das Thema 'Treibhausgasemissionen aus Wasserbecken von Staudämmen' (Anhang 2 zu diesem Kapitel im Tagungsband).

<sup>10</sup> Anmerkung Germanwatch: Die World-Commission on Dams (vgl. [www.dams.org/report](http://www.dams.org/report)) hat Anfang dieses Jahrzehnts solche Fragen behandelt und Kriterien für Großstaudämme entwickelt.

## 5.6 Ozean-Energie

(Hans Chr. Soerensen, Alla Weinstein, S.93 - 102)

Die Energie der Ozeane stellt eine der größten Energieressourcen auf unserem Planeten dar. Dabei können Wellen, Tide und Strömungen, Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen tiefen Wasserschichten und der Effekt der Osmose zwischen Salz- und Süßwasser zur Gewinnung von Energie nutzbar gemacht werden. Das geschätzte Energie-Potential liegt um das 50-fache über dem weltweiten Energieverbrauch. Momentan sind allerdings erst wenige Kraftwerke am Netz. In den letzten fünf Jahren wurden jedoch einige ambitionierte Projekte zu Testzwecken initiiert oder bereits entwickelt. Keine der unterschiedlichen Umwandlungstechniken hat sich bisher durchsetzen können. Im Gegensatz zur Windkraft, bei der sich zunehmend eine Konfiguration als technische Lösung durchsetzt, geht man eher davon aus, dass bei der Ozean-Energie an verschiedenen Orten verschiedene Techniken zum Einsatz gelangen werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Meer als Standort hohe Ansprüche an Verlässlichkeit, Sicherheit und Finanzierung stellt.

Wellen-Energie weist im Bereich der Ozean-Energie die höchste Dichte auf, ist allerdings ungleich über die Welt verteilt. Die Westküste des europäischen Kontinents weist hier ein hohes Potential auf (ca. 290 GW). Das Potential der Westküste der USA ist etwa halb so groß (ca. 150 GW). Unregelmäßige Wellenamplitude, Extremwetterphänomene etc. stellen besondere Herausforderungen an die Technik, wenn sie sich als verlässlich und wettbewerbsfähig erweisen soll. Allerdings bietet sie auch emissionsfreie Energie. Mit der Verbesserung der Technologien besteht die Hoffnung, dass diese Form der Energieumwandlung in Zukunft wettbewerbsfähig sein wird.

Ebbe und Flut sowie die Meeresströmungen bieten eine weitere Möglichkeit Energie umzuwandeln. Die Tide bietet durch ihre Strömung oder die veränderten Wasserstände Potential, das sich durch ihre Periodizität sehr genau kalkulieren lässt. Gezeitenkraftwerke funktionieren ähnlich wie übliche Wasserkraftwerke mit Dämmen und Turbinen, wobei die Auswirkungen auf die Umwelt bedacht werden müssen. Die Nutzung von Strömungen ist mit der Nutzung von Wind vergleichbar. Durch die höhere Dichte von Wasser können aber kleinere Turbinen im Meer relativ größere Mengen Energie liefern. Die Umwelteinflüsse dieser Technik sind bedeutend geringer. Die Abbildung 5 zeigt den Tidenhub an ausgewählten Stellen.

Noch in der Entwicklungsphase steht die Energiegewinnung durch Temperaturunterschiede in unterschiedlichen Wassertiefen. Zwar ist die Entwicklung solcher Anlagen schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts im Gange, allerdings bis heute noch nicht umgesetzt. Diese Technik bietet durchaus Potential: sollte sie wettbewerbsfähig werden, könnte sie nach Expertenmeinung hohe Leistungen erzeugen. Osmose zwischen Salz- und Süßwasser, etwa an Flussmündungen, bietet ein weltweites Potential von geschätzten 2000 TWh pro Jahr. Allerdings fehlt bisher effiziente Technik. Pessimistische Prognosen gehen im Übrigen von einem relativ hohen Preis pro Energieeinheit aus, der aber zumindest mit anderen Erneuerbaren Energien außerhalb des Wassers vergleichbar sein könnte.

Die Nutzung der Energie der Ozeane wird natürlich Einfluss auf die Umwelt ausüben. Daten zu dieser Problematik gibt es zwar noch keine, die bisher durchgeführten Untersuchungen ergaben aber keine nennenswerten Einflüsse auf die Umwelt und bewerten diese Energieumwandlung als eher ungefährliche Art der Nutzung Erneuerbarer Energieträger. Sie würde einen Zuwachs an Arbeitsplätzen, z.B. in Werften, bedeuten. Inselstaaten könnten ihre Energiesicherheit deutlich steigern. Probleme, die noch gelöst werden wollen, bestehen im Zugang zu den Energienetzen (Projektierung und Finanzierung des Ausbaus ausreichend leistungsfähiger küstennaher Leitungen), langwieriger und schwieriger Genehmigungsverfahren und fehlender wirtschaftlicher Anreize (die allerdings, ähnlich wie für die Solarenergie beschrieben, gesetzt werden können).



Abb.5 (S.94) - Tidenhub in Metern. Ein ausreichender Tidenhub ist Voraussetzung für die Nutzung von Ozean-Energie durch Gezeitenkraftwerke.

## 5.7 Windenergie

(Prof. Arthouros Zervos, S.103 - 125)

In den 1980er Jahren sind die ersten kommerziellen Windkraftanlagen ans Netz gegangen. Die Verbesserungen in Design, Kapazität und vor allem Effizienz haben seither dramatisch zugenommen. Die Kosten pro Kilowattstunde sind in den letzten 20 Jahren auf unter die Hälfte gesunken. Die größten heute gebauten Anlagen erreichen eine Leistung von 5 MW, ihre Rotoren haben einen Durchmesser von über 100 Metern. Die Abbildungen 6 und 7 zeigen eindrucksvoll die Entwicklung der Flügelspannweiten von Windkraftanlagen seit Markteinführung und den Zuwachs an Kapazitäten im vergangenen Jahrzehnt. Sogenannte Windfarmen – Flächen, auf denen mit mehreren Windrädern Energie umgewandelt wird – variieren allerdings stark in ihrer Größe und daher natürlich auch in ihrem Output (zwischen einigen wenigen Megawatt bis hin zu mehreren Hundert). Angewendet wird diese Technik bereits in über 60 Staaten der Erde. Bis dato liegen die Länder der Europäischen Union dabei vorne. Kanada und die USA z.B. holen jedoch

auf<sup>11</sup> (s. Abb. 8), und auch in Südostasien oder Südamerika entstehen neue Märkte für die Windkraftindustrie. Eine weitere Entwicklung der letzten Jahre sind große, leistungsstarke Windparks auf See, sogenannte Offshore-Windparks. Studien zeigen, dass die Einwirkungen der Windräder auf die Umwelt, sowohl auf dem Land als auch auf See, vertretbar gering zu sein scheinen.

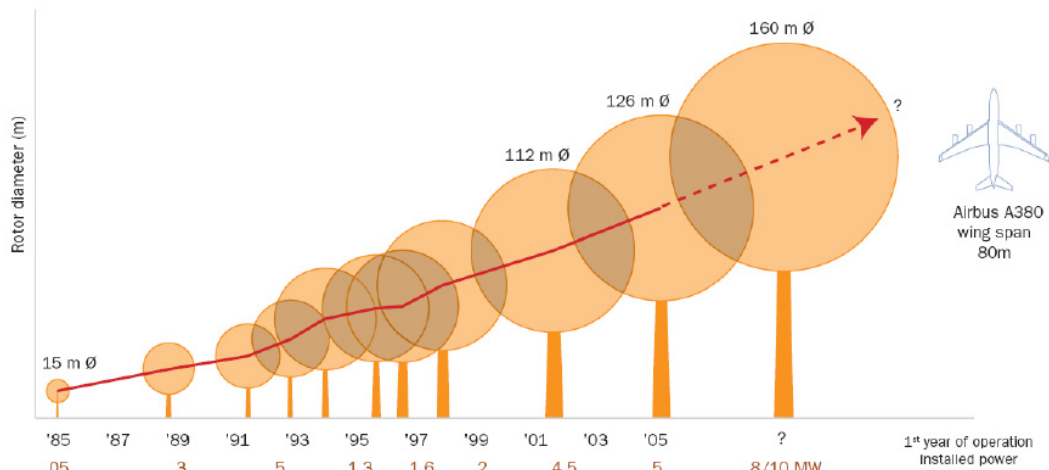


Abb. 6 (S.105) - Größe von Windturbinen bei Markteinführung; Quelle: Jos Beurskens, ECN.

#### GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY 1996-2007

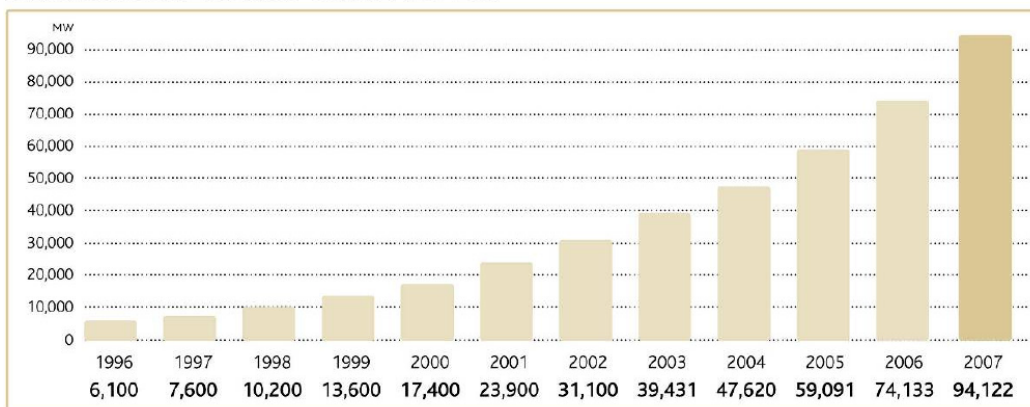


Abb. 7 (S. 112) - Globale, kumulative Installation von Windkraft-Kapazitäten in den Jahren 1996-2007; Quelle: GWEC.

All diese Fortschritte aus über zwei Dekaden täuschen nicht darüber hinweg, dass noch Anstrengungen nötig sind, um das volle Potential, das die Windenergie für die Energieversorgung und den Klimaschutz bereithält, auszuschöpfen. Sie ist zwar bereits unter idealen Umständen gegenüber anderen Energieträgern wettbewerbsfähig. Marktwirtschaftliche Maßnahmen sowie Forschung und Entwicklung können aber noch einiges an benötigter Kostenreduktion und Effizienzsteigerung bringen.

Die Energie in die Netze einzuspeisen ist dabei meist nicht problematisch. Trotz der Schwankungen, der die Windenergie unterworfen ist, können größere Mengen in die be-

<sup>11</sup> Im Jahr 2008 haben die USA Deutschland an installierter Windkraftleistung überholt.

stehenden Netze eingespeist werden. Bei einem Anteil der Windenergie von über 20% werden jedoch Änderungen in Aufbau und Arbeitsweise der Netze benötigt. Szenarien für die kommenden drei Jahrzehnte zeigen, dass der Wind einen substantiellen Beitrag für die saubere und sichere Energieversorgung der Menschheit leisten können wird. Die Menge an potentiell eingesparten kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen könnte im kommenden Jahrzehnt 8 Milliarden Tonnen betragen - davon würden alleine 1,5 Milliarden Tonnen auf das Jahr 2020 fallen. Es stellt sich einzig die Frage, ob solche gewaltigen Mengen verwirklicht werden können.

#### TOP 10 TOTAL INSTALLED CAPACITY

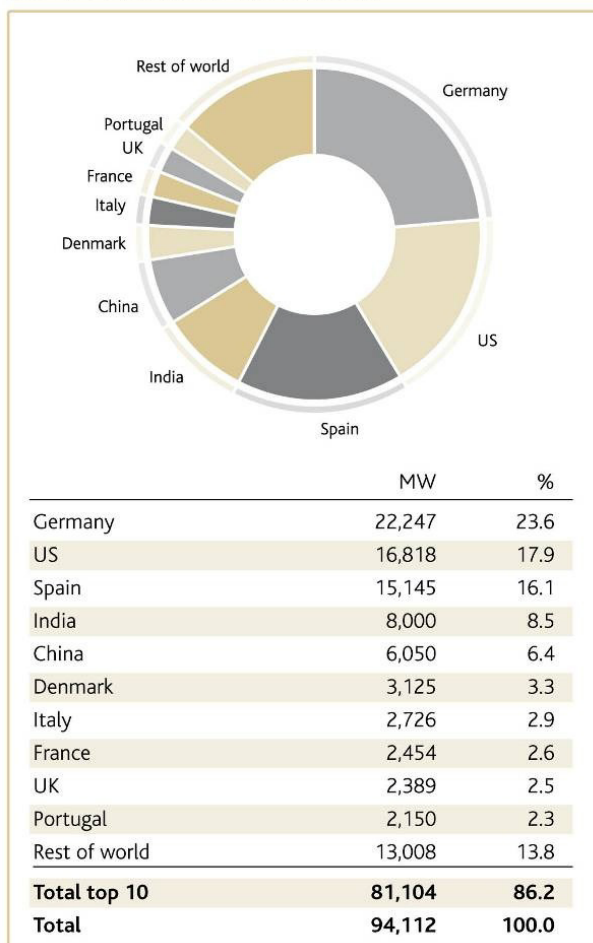


Abb. 8 (S. 112) - Figure 12. Die zehn Länder mit den größten Windkapazitäten Ende 2007; Quelle: GWEC.

Auch die Nutzung der Windkraft birgt Risiken. Angeführt und diskutiert werden: Visuelle Beeinträchtigungen, Lärm, Beeinträchtigungen von Vögeln und Fledermäusen. Die Windkraftbranche und die Betreiber haben Richtlinien herausgegeben, wie diesen Risiken (insbesondere Vogelschlag und Beeinträchtigungen der Fledermäuse) begegnet werden kann.

## **5.8 Integration der Erneuerbaren in gegenwärtige und zukünftige Energiesysteme**

(Wolfram Krewitt, S.127 - 134)

Von den Erneuerbaren Energien erwartet man eine Schlüsselrolle bei der Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Da sie aber gewissen Schwankungen unterliegen, stellt sich die Frage nach einer sinnvollen, verlässlichen und effizienten Integration in bestehende Netze und Energiewandlungs-Systeme, damit regenerative Energiequellen einen signifikanten Beitrag zur Deckung des Energiebedarfs leisten können. Dabei ist zu beachten, dass sich die Bedeutung von Grund- oder Spitzenlastkraftwerken mit zunehmendem Anteil an Erneuerbaren abnehmen wird. Es gilt, Energie aus vielen verschiedenen Quellen sinnvoll zu verteilen.

Um Versorgungslücken durch die Probleme der zeitlichen Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien zu begrenzen, stehen z.B. Möglichkeiten wie Speicherung oder Transport zur Verfügung. Mit dem 'micro-grid' steht ein Konzept zur Verfügung, das eine größere lokale Autonomie (etwa im Falle des Zusammenbruchs des übergeordneten Netzes) ermöglicht und womit die Notwendigkeit von Übertragungsleitungen und Hochspannungsleitungen vermindert wird. Darüber hinaus sind exaktere Vorhersagemöglichkeiten von Nöten. Durch die Analyse der Vergangenheit können mittels der Auswertung der Verfügbarkeit der vorhandenen regenerativen Ressourcen sinnvolle Strategien für die Nutzung in der Zukunft entwickelt werden. Andererseits braucht es auch exakte Prognosen für den jeweils nächsten Tag, um vorhersehen zu können, wo wie viel Energie umgewandelt wird. Die "Energie-Meteorologie" findet daher immer breiteres Interesse in der Wissenschaftslandschaft und erreicht z.B. für die Windkraft eine Genauigkeit von mehr als 95% in der Vorhersage.<sup>12</sup>

Die Netzstrukturen werden sich mit zunehmendem Einsatz Erneuerbarer Energien grundlegend verändern müssen. Waren es bisher große, zentrale Kraftwerke, die ihre Energie in Richtung Verbraucher transportieren, so werden viele kleinere, dezentrale Anlagen hinzukommen. Das erfordert ein hohes Maß an Koordination mit der entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnologie. Technische Methoden zum nötigen Umbau der Netze werden bereits entwickelt. Aber der hohe Konzentrationsgrad auf wenige große Anbieter macht es den kleinen, dispers verteilten Erzeugungsanlagen schwer, sich am Markt zu etablieren. Diese Probleme zählen zu den Hemmnissen, die eine dezentrale Stromerzeugung behindern. Mehrere Strategien sie zu überwinden sind bereits erdacht worden. Hierzu zählt beispielsweise das Micro-Grid-Konzept, bei dem eine große Zahl von Kleinstkraftwerken in das Netz einspeisen (dies hat zudem den Vorteil, dass die Kleinstanlagen autonom arbeiten können, wenn das Hochspannungsnetz ausfällt). Die folgende Abbildung zeigt ein transkontinentales Netzwerk, ein "super-grid", in dem mittels des Prinzips der sogenannten Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ – engl. "High Voltage Direct Current") Strom über hunderte Kilometer verlustarm transportiert werden kann. So könnte beispielsweise das immense Potential an Solarenergie im "Sonnengürtel" der Erde auch bei entfernten Nachfragern genutzt werden.

---

<sup>12</sup> Die dazugehörige Quellenangabe im Tagungsband stammt aus dem Jahr 2006.

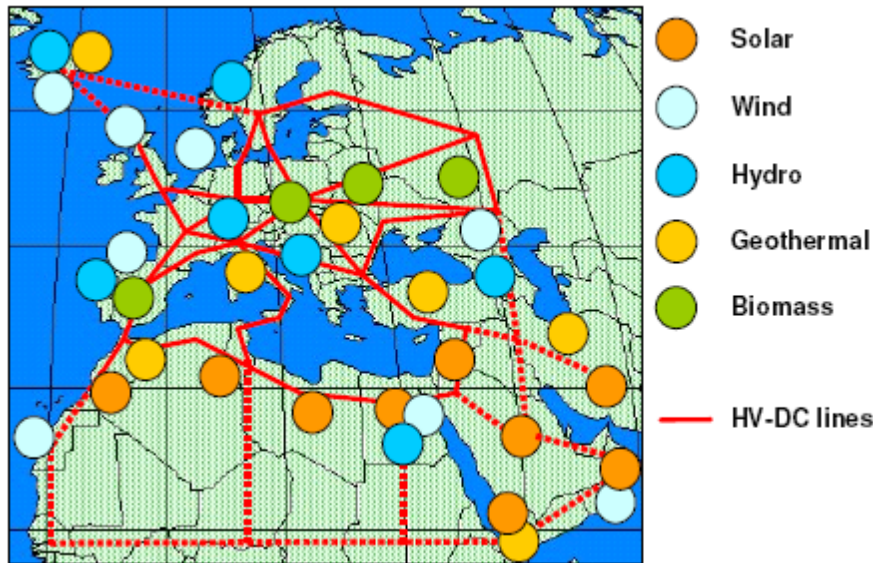


Abb. 9 (S.131) - Konzept eines transkontinentalen, HVDC-basierten "Super Grid" (Trieb et al., 2007).

Anreize für die Netzbetreiber zum Umbau sind ebenfalls notwendig. Wärme aus Erneuerbaren Energien kann am besten durch Fernwärmenetze auf größeren Flächen verteilt werden. Dadurch können auch größere Anlagen (mit einer geringeren Kostenlast als kleine Anlagen) genutzt werden. Die hocheffiziente Erzeugung von Strom und Wärme gleichzeitig erfordert einen entsprechenden Wärmebedarf und kommt in vielen Fällen erst zustande, wenn eine große Zahl von Verbrauchern zusammengelegt und über Fernwärme verbunden werden. Der zusätzliche Verkauf der Abwärme könnte beispielsweise bei der Nutzung der Erdwärme zur Stromerzeugung essentiell wichtig für die kommerzielle Wettbewerbsfähigkeit dieser Technik sein. In solarthermischen Kraftwerken können hochwirksame Wärmespeicher-Verfahren (etwa Salzschnmelzen) genutzt werden

## 5.9 Emissionsminderungspotentiale und Kosten

(Manfred Fishedick, S.135 - 146)

In den vorangegangenen Kapiteln wurde häufig der aktuelle Wissensstand über die spezifischen Charakteristika der verschiedenen technologischen Optionen dargelegt. Zur Einschätzung der Potentiale der Erneuerbaren Energien für die Abmilderung des Klimawandels sind allerdings deren Kosten und die Kosten für die Umstellung der Energiewandlung von höchster Wichtigkeit.

Sinnvoll wären Änderungen an der Vorgehensweise der Analyse. Analysen des Potentials, basierend auf solchen neuen Methoden, sollten ebenso berücksichtigt werden wie die Frage nach sich möglicherweise ändernden Rahmenbedingungen durch technologischen Fortschritt, demographische Veränderungen oder die Folgen des Klimawandels. Zwar wurden in vergangenen IPCC-Berichten Einsparpotentiale und deren Kosten betrachtet. Die Ergebnisse berücksichtigten aber keine Systeminterdependenzen wie z.B. einen sich verändernden Energie-Mix oder einen veränderten Bedarf an Energie. Die Konkurrenz

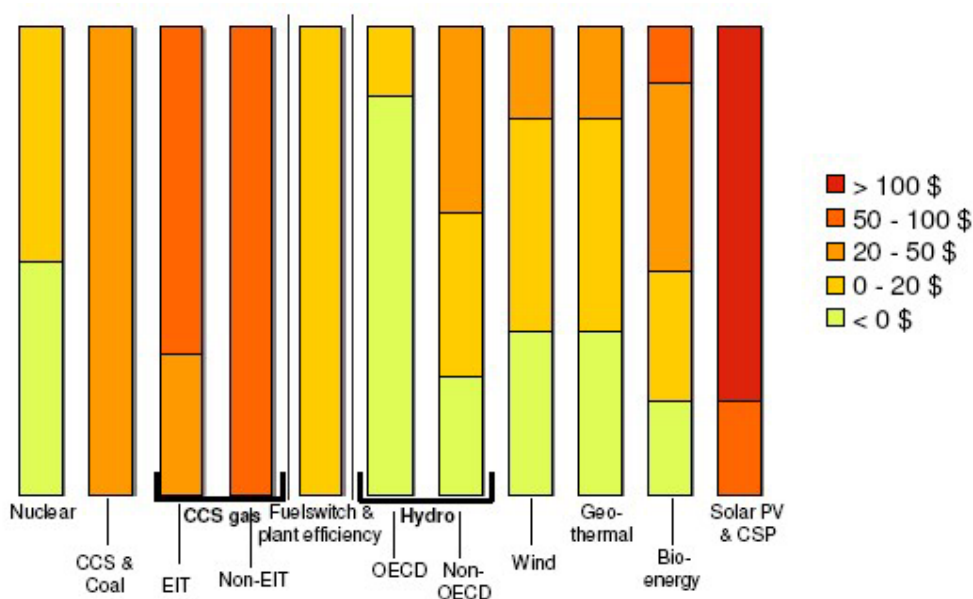
verschiedener Anwendungsformen bestimmter regenerativer Energieträger (Biomasse kann sowohl zur Wärme- als auch zur Stromproduktion oder als Treibstoff für Fahrzeuge verwendet werden), bleibt ebenfalls unberücksichtigt.

Die Kosten wurden bisher für die Umstellung auf Erneuerbare Energien nicht ausreichend analysiert. Um aber eine ambitionierte Verwendung von Erneuerbaren Energien zu verwirklichen, wären mehr und neue Schätzungen über die Kosten sehr hilfreich (Tabelle 4 zeigt beispielsweise die Kosten der Reduktion von fossilen Brennstoffen mittels Einsatz der Windkraft bis 2030). Dabei dürfen aber weder die Betriebskosten noch mögliche Kostenersparnisse als Teil einer vollständigen Kostenabwägung unter den Tisch fallen. Genauso wenig sollten externe Effekte (soziale, politische und ökologische Kosten) vernachlässigt werden. Einen Vergleich der Erneuerbaren mit weiteren Klimaschutzkonzepten wie der Energieeffizienz, ihrer möglichen Synergien und Konflikte miteinander bleiben die Analysen der Vergangenheit ebenso schuldig.

Abb. 10 gibt einen Kostenvergleich von verschiedenen Minderungstechniken mit der Angabe der spezifischen Kostenbereiche.

**Tab. 4 (S.140) - Potentielle Reduktion von Treibhausgasemissionen und Kosten für den Ersatz fossiler Energieträger durch Windkraft bis 2030 (4. IPCC-Sachstandsbericht, 2007).**

	Potential contribution to electricity mix (%)	Additional generation above baseline (TWh/yr)	Net extra emissions reductions (GtCO <sub>2</sub> -eq/yr)	Cost ranges (US\$/tCO <sub>2</sub> -eq)	
				Lowest	Highest
OECD	10	687	0.45	-16	33
EIT	5	99	0.06	-16	30
Non-OECD	5	572	0.42	-14	27
World	7	1358	0.93		



**Abb. 10 (S.140): Spezifische Kostenbereiche relevanter Emissionsminderungsmaßnahmen [in US\$ pro Tonne CO<sub>2</sub>-eq. im Jahr 2030] (Daten basieren auf dem 4. IPCC-Sachstandsbericht von 2007)**



## 5.10 Politiken, Finanzierung und Implementierung

(Eric Usher sowie Dennis Tirpak, S.147 - 164)

Um Erneuerbare Energien zu fördern und die Investitionsbereitschaft zu stärken, haben Regierungen die Möglichkeit, gewisse Maßnahmen zu ergreifen. Sie reichen von der Vereinbarung freiwilliger Verpflichtungen über die Förderung von Forschung und Entwicklung bis hin zur Erhebung von Steuern auf unerwünschte Effekte der Energieumwandlung. Vier verschiedene Kriterien zur Bewertung ergriffener Maßnahmen können angelegt werden: ökologische Effektivität (werden intendierte Ziele in Sachen Umweltschutz erreicht?); Kosteneffizienz (erreicht die Politik ihre Ziele mit dem kleinstmöglichen Aufwand?); Distributive Erwägungen (unter anderem Verteilungsgerechtigkeit u.ä.); Institutionelle Machbarkeit (werden die Politik-Instrumente akzeptiert und angenommen?). Wie jede neue Technologie stehen auch die Erneuerbaren Energien gewissen Barrieren gegenüber. Zwar gibt es auch Interesse an der Technik: Man verspricht sich Wachstum und Arbeit, verfolgt Wirtschaftsstrategien und hat natürlich auch Energiesicherheit, Unabhängigkeit von Rohstoffen und den Klimaschutz im Blick. Hindernisse können technischer, wirtschaftlicher, infrastruktureller oder institutioneller Natur sein.

Die Möglichkeiten der Politik:

- Regulierungen und Standards: Technologische Mindeststandards für Verbrauch und Emissionen.
- Steuern und Gebühren: Gelder, die für jede Art von unerwünschtem Effekt oder Verhalten erhoben werden können.
- Freiwillige Übereinkommen: Vereinbarungen zwischen der Politik und einer oder mehreren privaten Parteien. Sie müssen dabei nicht immer wirklich freiwillig sein und können durchaus mit Belohnungen oder auch Sanktionen verbunden sein.
- Subventionen und Anreize: Direkte oder indirekte finanzielle Unterstützung oder den Ausgleich entstandener Kosten für private Parteien durch die Politik.
- Informationspolitik: Die Vermittlung von Informationen zu Themen der Ökologie von der Industrie an die Verbraucher. Dieses Feld beinhaltet auch Ranglisten oder Zertifizierung.
- Forschung und Entwicklung: Direkte Finanzierung der Regierungen, um Innovationen und Fortschritt in Technologie und Infrastruktur anzuschieben.

Politiken zur Förderung Erneuerbarer Energien überschneiden sich oft mit anderen Politikfeldern wie Abfallwirtschaft, Wasserversorgung, Bildung, Landwirtschaft usw. Daher sind innerhalb der Verwaltungsapparate Koordinierungsanstrengungen zwischen verschiedenen Ministerien nötig. Abgesehen davon werden die aufgeführten Maßnahmen selten alleine ergriffen.

Mittlerweile gibt es auch schon erste Erfahrungswerte über die Wirksamkeit einiger Instrumente. Die vorhandenen Daten zeigen darüber hinaus in einigen Ländern einen deutlichen Anstieg der Investitionen (2007 wies einen Anstieg von 41% gegenüber dem Vor-

jahr auf 117 Milliarden US-Dollar auf, s. Abb. 11). Ohne Förderung durch die Politik, bleibt das Ausbaupotential der Erneuerbaren jedoch deutlich eingeschränkt.

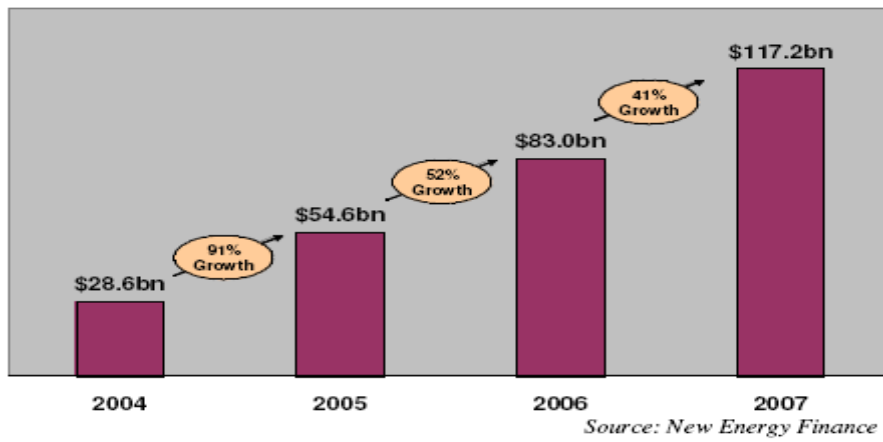


Abb. 11 (S.153) - Globale Neuinvestitionen in nachhaltige Energieträger.

**... Sie fanden diese Publikation interessant und hilfreich?**

Wir stellen unsere Veröffentlichungen zum Selbstkostenpreis zur Verfügung, zum Teil auch unentgeltlich. Für unsere weitere Arbeit sind wir jedoch auf Spenden und Mitgliedsbeiträge angewiesen.

Spendenkonto: 32 123 00, Bank für Sozialwirtschaft AG, BLZ 10020500

Informationen zur Mitgliedschaft finden Sie auf der Rückseite dieses Hefts. Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

## Germanwatch

"Hinsehen, Analysieren, Einmischen" – unter diesem Motto engagiert sich Germanwatch für Nord-Süd-Gerechtigkeit sowie den Erhalt der Lebensgrundlagen und konzentriert sich dabei auf die Politik und Wirtschaft des Nordens mit ihren weltweiten Auswirkungen. Die Lage der besonders benachteiligten Menschen im Süden bildet den Ausgangspunkt des Einsatzes von Germanwatch für eine nachhaltige Entwicklung.

Unseren Zielen wollen wir näher kommen, indem wir uns für die Vermeidung eines gefährlichen Klimawandels, faire Handelsbeziehungen, einen verantwortlich agierenden Finanzmarkt und die Einhaltung der Menschenrechte stark machen. Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Möchten Sie die Arbeit von Germanwatch unterstützen? Wir sind hierfür auf Spenden und Beiträge von Mitgliedern und Förderern angewiesen. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org) oder bei einem unserer beiden Büros:

Germanwatch Büro Bonn  
Dr. Werner-Schuster-Haus  
Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn  
Telefon +49 (0)228 / 60492-0, Fax, -19

Germanwatch Büro Berlin  
Voßstr. 1, D-10117 Berlin  
Telefon +49 (0)30 / 288 8356-0, Fax -1

E-mail: [info@germanwatch.org](mailto:info@germanwatch.org)  
Internet: [www.germanwatch.org](http://www.germanwatch.org)

Bankverbindung / Spendenkonto:  
Konto Nr. 32 123 00, BLZ 100 205 00,  
Bank für Sozialwirtschaft AG



Per Fax an:

+49-(0)30 / 2888 356-1

Oder per Post:

Germanwatch e.V.  
Büro Berlin  
Voßstr. 1  
D-10117 Berlin

### Ja, ich unterstütze die Arbeit von Germanwatch

Ich werde Fördermitglied zum Monatsbeitrag von €..... (ab 5 €)  
Zahlungsweise:  jährlich  vierteljährlich  monatlich

Ich unterstütze die Arbeit von Germanwatch durch eine Spende von  
€..... jährlich €..... vierteljährlich €..... monatlich €..... einmalig

Name .....

Straße .....

PLZ/Ort .....

Telefon .....

E-Mail .....

Bitte buchen Sie die obige Summe von meinem Konto ab:

Geldinstitut .....

BLZ .....

Kontonummer .....

Unterschrift .....