

Abteilung 44

Umweltmanagement, Wasser, Energie, Transport

**Stromproduktion aus
erneuerbaren Energien:**

**Energiewirtschaftliche
Rahmenbedingungen in
15 Entwicklungs- und Schwellenländern**

Im Rahmen des überregionalen Projektes
"Windenergieprogramm TERNA"

Eschborn 2002

**Auszug
Kuba**

Herausgeber:

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Postfach 5180, 65726 Eschborn
Internet: <http://www.gtz.de>

Abteilung 44 – Umweltmanagement, Wasser, Energie, Transport
Dr. Jasper Abramowski, Dr. Rolf Posorski
Tel. (06196) 79 12 66 oder (06196) 79 17 60

Autoren: Dipl.-Ing. Detlef Loy, Dipl.-Ing. Joachim Gaube / LOY ENERGY CONSULTING, Berlin

Diese Studie wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und mit finanzieller Unterstützung der folgenden Firmen erstellt:



Inhaltsverzeichnis

	Seite
HINTERGRUND ZUR NEUAUFLAGE DER STUDIE	4
RECHTLICHER HINWEIS.....	5
WINDENERGIEPROGRAMM TERNA	6
ARGENTINIEN	8
BRASILIEN.....	20
CHILE.....	44
CHINA	52
DOMINIKANISCHE REPUBLIK.....	72
INDIEN	82
JORDANIEN.....	98
KASACHSTAN	110
KOLUMBIEN	119
KUBA.....	129
MAROKKO	139
MEXIKO.....	151
SÜDAFRIKA	164
TUNESIEN	175
TÜRKEI	182

Hintergrund zur Neuauflage der Studie

In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern hat sich der Strukturwandel im Energiebereich, verbunden mit einer Liberalisierung der entsprechenden Märkte in den vergangenen Jahren fortgesetzt. Wachsender Strombedarf sowie die Klimadiskussion erhöhen das Interesse in den Ländern an Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.

Auch außerhalb Europas wird der rasante Ausbau der Windkraft- und Solarenergienutzung in Deutschland mit Interesse verfolgt: Hier zeigt sich, dass die Politik durch die Gestaltung der Rahmenbedingungen und Förderung in der Lage ist, die Weichen zugunsten der Nutzung erneuerbarer Energien zu stellen.

Der deutsche und europäische Markt ist Motor und unverzichtbarer Erfahrungshintergrund für eine arbeitsteilig ausdifferenzierte Windbranche. Das Branchenwachstum des letzten Jahrzehnts ist im Binnenmarkt Deutschland aber langfristig nicht fortsetzbar. Der Blick der Projektentwickler richtet sich deshalb zunächst auf Off-shore-Projekte, das europäische Ausland und die Mittelmeerstaaten. Gleiches gilt für den großen Markt anderer erneuerbarer Energietechnologien, die in Entwicklungs- und Schwellenländern vor allem im Bereich der ländlichen Elektrifizierung zunehmend Anwendung finden. Zwar wird das erhebliche Potenzial außereuropäischer Länder erkannt, aber ein Hindernis für den ‚Einstieg‘ bildet die mangelnde Kenntnis der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die unzureichende Transparenz der Vorerfahrungen und Interessenlagen der nationalen Akteure.

Diesen Einstieg will die vorliegende Studie erleichtern. Sie baut auf der Erstauflage vom Frühjahr 1999 auf, die in der Gruppe exportorientierter Lieferanten, Projektentwickler, Finanzierungs- und Betreibergesellschaften von erneuerbaren Energietechnologien stark nachgefragt wurde. Um die Aktualität der Studie zu erhalten, hat die GTZ im Sommer 2001 eine Überarbeitung und Erweiterung der Studie beauftragt. Die Länderauswahl wurde insbesondere an der Interessenlage der Windbranche als derzeit wichtigstem Exportzweig ausgerichtet.

Überarbeitet wurden die Angaben zu den folgenden acht Ländern: **Brasilien, Argentinien, China, Türkei, Indien, Südafrika, Marokko und Jordanien.**

Zusätzlich aufgenommen wurden die Länder: **Chile, Kolumbien, Mexiko, Dominikanische Republik, Kuba, Tunesien und Kasachstan.**

Die folgenden vier Ländern wurden lediglich in der Erstauflage behandelt: **Ägypten, Indonesien, Philippinen, Thailand.** Angaben zu diesen Ländern (Stand Februar 1999) können im Internet unter folgender Adresse heruntergeladen werden: <http://www.gtz.de/wind/deutsch/studie.htm>.

Die Studie informiert über die Rahmenbedingungen, die für die Lieferung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen an öffentliche Versorgungsnetze maßgeblich sind. Zusätzlich wurden auch Länderprogramme und -vorhaben zur dezentralen Stromproduktion ohne Netzkopplung in die Betrachtung einbezogen.

Mit der Überarbeitung der Studie hat die GTZ wieder das Ingenieurbüro Loy Energy Consulting unter Vertrag genommen, das bereits für die Erstellung der Erstauflage zuständig zeichnete.

Für die Erhebung der relevanten Daten und Angaben wurden die für Energie zuständigen Ministerien, Regierungsbehörden und Projektträger, die Außenhandelskammern und die Botschaften der ent-

sprechenden Länder, die GTZ-Fachexperten im In- und Ausland, die Bundesagentur für Außenwirtschaft sowie nationale und internationale Förderinstitutionen befragt. Ergänzt wurde diese Recherche durch die Auswertung weiterer Informationsquellen, wie Konferenzpapiere, Publikationen der Fachpresse, amtliche Veröffentlichungen und Darstellungen im Internet.

Für ihre freundliche finanzielle Unterstützung sei den folgenden Firmen herzlich gedankt: E.ON Energie AG, GEO Gesellschaft für Energie und Ökologie mbH, InnoVent GmbH, Nordex AG, Overspeed GmbH & Co. KG, REpower Systems AG, P&T Technology AG, Siemens AG, Umweltkontor Renewable Energy AG und WindSolar AG

Eschborn, Januar 2002

Ansprechpartner der Studie

Dr. Jasper Abramowski
Dr. Rolf Posorski
Deutsche Gesellschaft für technische
Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn

Tel: 06196 / 79 17 60 oder 06196 / 79 12 66
Fax: 06196 / 79 71 44
E-Mail: jasper.abramowski@gtz.de
rolf.posorski@gtz.de
Internet: <http://www.gtz.de/wind>

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Detlef Loy
Dipl.-Ing. Joachim Gaube
Loy Energy Consulting
Holtzendorffstr. 14
14057 Berlin

Tel: 030 / 32 30 34 67
Fax: 030 / 32 30 34 69
E-Mail: dloy@loy-energy-consulting.de
Internet: <http://www.loy-energy-consulting.de>

Rechtlicher Hinweis

1. Die in dieser Studie verwandten Daten basieren sowohl auf öffentlich zugänglichen Informationsquellen (Publikationen, Fachartikel, Internetdarstellungen, Konferenzpapieren etc.) als auch nicht-öffentlichen Papieren (z.B. internen Gutachten von Förderinstitutionen) sowie persönliche Befragungen von Fachleuten (z.B. Beamte der Energieministerien der untersuchten Länder, Projektmitarbeiter von Förderinstitutionen). Obwohl alle Informationen soweit möglich überprüft wurden, können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Weder die GTZ noch die Autoren übernehmen daher eine Garantie für die Richtigkeit der in dieser Studie enthaltenen Daten; jegliche Haftung für etwaige Schäden, die durch eine Verwendung der in dieser Studie enthaltenen Daten entstehen, ist ausgeschlossen.
2. Ausschließlicher Nutzungsberechtigter dieser Studie für alle Nutzungsarten ist die GTZ. Die vollständige und auszugsweise Vervielfältigung (einschl. der Übertragung auf Datenträger) und Verbreitung zu nicht-kommerziellen Zwecken ist gestattet, sofern die GTZ und das TERNA-Windenergieprogramm als Quelle genannt werden. Sonstige Nutzungen, einschließlich der vollständigen oder auszugsweisen Vervielfältigung oder Verbreitung zu kommerziellen Zwecken, bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung der GTZ.

Windenergieprogramm TERNA

Es bedarf besonderer Kenntnisse und Erfahrungen, um die Ressourcen an Windenergie eines Landes zu bestimmen und geeignete Standorte zu finden. Ohne diese Erhebungen sind auch keine technischen und wirtschaftlichen Analysen möglich. Diese aber dienen wieder als Grundlage für Finanzierungsverhandlungen, denn Kapital und Kreditgeber für Windkraft sind vorhanden.

Das Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) schuf daher 1988 das Windenergieprogramm TERNA (**T**echnical **E**xpertise for **R**enewable Energy **A**pplication). Um den Mangel an Wissen auszugleichen, zielt das Programm auf technische Beratung und Unterstützung: Potentielle Betreiber von Windparks in Schwellen- und Entwicklungsländern sollen dadurch die technischen und wirtschaftlichen Potenziale von Windkraftprojekten bewerten und günstige Vorhaben dann auch zur Umsetzungsreife entwickeln können. Langfristig trägt es also dazu bei, die Energieversorgung der Bevölkerung zu verbessern.

Die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) führt das Projekt durch. Das BMZ finanziert die Maßnahmen gemäß dem überregionalen Charakter aber nicht aus den Länderquoten, die mit den einzelnen Partnerländern jeweils vereinbart sind. Aus der Sicht eines Partnerlandes bietet TERNA also zusätzliche Mittel, die zielgerichtet für Windenergie bereitgestellt werden.

Das Programm fördert Windkraftprojekte, die im Netzparallelbetrieb arbeiten. Als Richtwert gilt eine Größe von mindestens 10 MW. Die Standorte müssen in windhöffigen Regionen mit Zugang zu einem Stromnetz liegen. Die Länderauswahl ist nicht beschränkt, allerdings liegt der Schwerpunkt klar bei solchen Staaten, in denen es hinlängliche Rahmenbedingungen für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb gibt. Kleine Einzelanlagen und dezentrale Wind-Diesel-Systeme erfahren keine Förderung, ebenso wenig Projekte mit F&E-Charakter.

TERNA verfolgt das Ziel, Windkraftprojekte im Megawatt-Bereich anzustoßen. Um dies zu erreichen, vermittelt das Programm potentiellen Betreibern das nötige Wissen für Planung und Implementierung. Angesprochen sind daher als mögliche Betreiber von Windparks klassische Energieversorger (EVU) ebenso wie unabhängige Investoren und private Stromproduzenten (IPPs).

Das Programm bietet seinen Partnern umfassendes Know-how und Erfahrung: Um Projekte zu initiieren, müssen die günstigen Standorte erkannt werden. Dazu dienen Windmessung und Standortauswahl. Dann folgt die konkrete Planung der Anlagen, dabei sind Auslegung und Wirtschaftlichkeit zu analysieren. Auch in Finanzierungsfragen berät TERNA den Projektträger. Die Unterstützung erfolgt durch fachlich erfahrene Gutachter.

Im Erfolgsfall kann TERNA auf diese Weise investitionsreife Windparkprojekte bis zur Ausschreibung oder Beauftragung begleiten. An der Finanzierung selbst beteiligt sich das Programm dann jedoch nicht. TERNA will jedoch Brücken bauen zu vorhandenen Finanzierungsinstrumenten nationaler und internationaler Geber.

Das TERNA-Angebot erstreckt sich auf Know-how-Transfer bei Standortauswahl, Planung, Umsetzung sowie technischen und administrativen Regularien. Der Partner und die GTZ wählen aus dem vorhandenen TERNA-Instrumentarium die jeweils passenden Maßnahmen komplementär zu den vorhandenen Erfahrungen aus. Konkret sind damit folgende Felder einer möglichen Zusammenarbeit angesprochen:

Vorbereitung:

Betreuen von Windmesskampagnen, Installieren der Windmessgeräte, Auswerten der Daten, Beratung bei der Standortauswahl

Know-how-Transfer:

Durchführen von Trainingsprogrammen (Workshops) für Experten des Partners;
Inhalte: Windmessung, Potentialbewertung, Windparkkonfigurationen und Netzanbindung;

Planung:

Ermittlung der Investitions- und Projektkosten, Durchführen von Wirtschaftlichkeits- und Risikobetrachtungen

Initiierung:

Beratung öffentlicher Stellen bei der Ausschreibung von Windparkprojekten; Erstellen von Projektunterlagen zum Beantragen von Fördermitteln;

Weitere Informationen und Beratung zum Programm sind bei der GTZ erhältlich (im Internet: <http://www.gtz.de/wind>). Anträge für ein konkretes Projekt muss das zuständige Ministerium eines Landes bei der deutschen Botschaft stellen.

KUBA

Elektrizitätsmarkt

Die kubanische Stromversorgung beruht vornehmlich auf thermischen Kraftwerken, die mit Erdöl, Erdgas oder Bagasse befeuert werden (4.230 MW in 2000¹⁶⁵) sowie auf kleinen Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtkapazität von gut 57 MW (siehe Tab. 20). Mit den Wärmekraftwerken, von denen 20 dem staatlichen Versorger Unión Eléctrica (UNE), 79 Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen dem Ministerium für Zuckerindustrie und eines einem unabhängigen Produzenten untersteht, wurden in 2000 rund 15.000 GWh Strom produziert, mit den 25 Wasserkraftwerken (davon nur eine größere Anlage mit 43 MW) insgesamt nur 60 GWh¹⁶⁶. Damit wurde nach einem starken Rückgang der Stromerzeugung in den Jahren 1989 bis 1993, der vor allem auf einen Mangel an Brennstoffen und auf technische Ausfälle von veralteten Kraftwerksanlagen zurückging, etwa wieder der Stand von vor Beginn der sogenannten „besonderen Periode“ (also seit Auflösung der Sowjetunion) erreicht.

**Installierte
Leistung und
Stromproduktion**

Über die aktuelle Verfügbarkeit der installierten Kapazitäten liegen keine Angaben vor, jedoch ist der Grad nicht einsatzbereiter Kraftwerke aufgrund von natürlichen Alterungserscheinungen, laufenden Wartungsarbeiten oder fehlenden Ersatzteilen relativ hoch. Obwohl die Spitzenlast 1998 nur bei gut 2000 MW lag, konnte der Bedarf nicht in vollem Umfang gedeckt werden.

**Verfügbarkeit der
Kraftwerke**

Die technischen und nicht-technischen Verluste im Übertragungssystem liegen bei mehr als 20 %. Problematisch ist vor allem die mangelnde Wartung der Anlagen und das Fehlen geeigneter Messeinrichtungen.

Verluste

Die zentrale Stromversorgung wird ergänzt durch firmeneigene Kraftwerke zur Selbstversorgung (insbesondere in der Zuckerindustrie) sowie durch eine Vielzahl von Dieselgeneratoren und Kleinstwasserkraftanlagen¹⁶⁷, die der autonomen Stromlieferung in abgelegenen Regionen dienen und vorwiegend den örtlichen Kommunen unterstehen.

**Eigenversorger
und Kleinerzeuger**

Da nur etwa 15 % des gesamten Bedarfs an Erdöl der Insel aus einheimischen Quellen gedeckt werden kann und dieses zudem eine sehr schlechte

**Abhängigkeit von
Energieimporten**

¹⁶⁵ Obwohl die Statistik hierüber keine Auskunft gibt, ist davon auszugehen, dass es sich hierbei nur um die Kraftwerke handelt, die der öffentlichen Versorgung dienen. Weitere ca. 150 MW in Form von kleinen Dieselaggregaten und Kleinstwasserkraftwerken zur autonomen Versorgung abgelegener Dörfer und Einrichtungen dürften nicht enthalten sein.

¹⁶⁶ Die Zahlenangaben sind dem Informationssystem für Energiestatistik der lateinamerikanischen Energiebehörde OLADE entnommen. Ihre Verlässlichkeit muss zum Teil bezweifelt werden. Für die Wasserkrafterzeugung werden an anderer Stelle durchschnittliche jährliche Erträge von 80 bis 90 GWh genannt.

¹⁶⁷ Mit einer Leistung zwischen 8 und 500 kW.

Qualität mit hohem Schwefelgehalt besitzt, ist Kuba stark von Importen abhängig, für deren Erwerb konvertierbare Währungen erforderlich sind. Erdgas wird als Nebenprodukt der Erdölförderung gewonnen und verwertet. Aufgrund anhaltend restriktiver Beschränkungen des Energieverbrauchs und Mängeln bei der Ersatzteilbeschaffung kommt es immer wieder zu Ausfällen in der Stromversorgung¹⁶⁸.

Tab. 20
Installierte Kraftwerkskapazität in 2000 nach Typ.

Kraftwerkstyp	Öffentlich	Eigenerzeuger
Dampfkraftwerke (Erdöl, Bagasse)	3064,5	849,9
Wasserkraft	57,4	
Gaskraftwerke	240,0	
Dieselgeneratoren	74,7	
Summe	3436,6	849,9

Quelle: OLADE, SIEE

Die wesentlichen Erzeugungs-, Transport- und Verteilungsanlagen zur öffentlichen Versorgung (Sistema Energético Nacional - SEN) gehören der UNE bzw. deren Tochterfirmen, die wiederum dem Ministerium für Basisindustrien untersteht, nur ein kleinerer Teil wird von Industriefabriken vorwiegend zur Selbstversorgung betrieben. Die Kraftwerke in den Zuckerfabriken unterstehen dem Ministerium für die Zuckerindustrie.

Verantwortlichkeiten im Stromsektor

Das nationale Übertragungs- und Verteilungsnetz erreicht praktisch alle Landesteile, mit Ausnahme topografisch schwer zugänglicher Zonen oder vorgelagerter Inseln sowie im Umfeld einiger Zuckerfabriken, wo teilweise Inselnetze betrieben werden.

Übertragungs- und Verteilungsnetz

Der begonnene Bau eines Atomkraftwerks, das mit Hilfe der ehemaligen Sowjetunion geplant wurde, wird vermutlich dauerhaft auf Eis gelegt werden, da die benötigten Devisen zur Fertigstellung fehlen. Zwei weitere Atomkraftwerke, die ursprünglich vorgesehen waren, werden mit Sicherheit in absehbarer Zukunft nicht realisiert werden.

Atomenergie

Auf der Basis eines in der Praxis unrealistischen Wechselkurses von 1:1 gegenüber dem US-Dollar lagen die Strompreise pro Kilowattstunde für Haushalte im Juni 2001 bei durchschnittlich 13,2 US-Cents, für Handel und Dienstleistungen bei 9,5 US-Cents und für Industriebetriebe bei 7,8 US-Cents. Allerdings müssen letztere ihre Zahlungen teilweise bereits auf Dollarbasis leisten. Von dieser Regelung sind auch Tourismusbetriebe für Ausländer betroffen, die mit einem Durchschnitt von 12 US-Cents/kWh einen vergleichsweise hohen Strompreis entrichten müssen. Für Haushalte wurde mit der Energiekrise ein progressiver Tarif eingeführt, durch den der Ver-

Stromtarife für Endverbrauch

¹⁶⁸ Als Folge der Energiekrise, steigender Energiebeschaffungskosten, der wirtschaftlichen Belastungen durch die Auflösung der Sowjetunion und die Blockadepolitik der USA sank der Energieverbrauch von Ende der achtziger bis Mitte der neunziger Jahre um etwa die Hälfte. Alleine zwischen 1989 und 1992 sank der Erdölimport von 13 auf 6 Mio. Tonnen.

brauch drastisch reduziert wurde ¹⁶⁹.

Der Versorgungsgrad mit Elektrizität ist mit 96 % der Bevölkerung relativ gut. Nur etwa 160.000 Haushalte haben keine Stromversorgung ¹⁷⁰. Allerdings wird darauf verwiesen, dass nur etwa 86 % der Bevölkerung wirklich über einen ausreichenden Versorgungsstandard verfügen. Zahlreiche Haushalte, z.B. im Umfeld der Zuckerfabriken oder von kleinen und kleinsten Wasserkraftanlagen und kleinen Dieselaggregaten, müssen sich auf starke Spannungsschwankungen oder sehr begrenzte tägliche Lieferzeiten einstellen.

Versorgungsgrad

Zur Verbesserung der Stromversorgung und optimaleren Nutzung der natürlichen Energieressourcen im ländlichen Bereich wird deshalb auch an die Gründung von einem oder mehreren eigenständigen Dienstleistungsunternehmen gedacht, die für die adäquate Ausstattung und Aufrechterhaltung aller Inselnetze verantwortlich wären.

Erneuerbare Energien

Bereits 1993 und somit auf dem Höhepunkt der kubanischen Energiekrise wurde durch den Ministerrat und die nationale Volksversammlung das Programm zur Entwicklung einheimischer Energiequellen (Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía) auf den Weg gebracht, das einen Schwerpunkt auch auf die Ausnutzung erneuerbarer Energiequellen setzt. Das Programm betont insbesondere die Rolle der Biomasse, unterstreicht jedoch auch die Notwendigkeit anderer Energieformen. Die Umsetzung des weiterhin gültigen Programms untersteht dem Wirtschafts- und Planungsministerium (Ministerio de Economía y Planificación), wobei auch andere staatliche und nicht-staatliche Institutionen einbezogen sind.

Programm zur Entwicklung einheimischer Energiequellen von 1993

Im November 1994 wurde die kubanische Gesellschaft zur Entwicklung erneuerbarer Energiequellen und zum Umweltschutz gegründet (Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental - CUBASOLAR), die mittlerweile wesentliche Funktionen bei der Vermittlung von Kenntnissen und Informationen zu erneuerbaren Energien und in der Kooperation und Projektentwicklung mit ausländischen Partnern einnimmt.

CUBASOLAR

Als weitere Maßnahme wurde durch das Ministerium für berufliche Bildung (Ministerio de Educación Superior) und mit Hilfe von CUBASOLAR die Technische Universität für Erneuerbare Energien (Universidad Técnica de

UTER

¹⁶⁹ Zudem wird seit Ende 1997 mit einem Energiesparprogramm zielgerichtet auf den Stromverbrauch in privaten Haushalten eingewirkt.

¹⁷⁰ Bei der Netzerweiterung wurde als Limit ein Minimum von 25 Stromkunden pro Netzkilometer gefordert. Die Kosten werden pro Kilometer auf etwa 12.500 US-\$ beziffert.

Energías Renovables (UTER) zur Ausbildung von Fachleuten gegründet.

Kuba beteiligt sich an dem multinationalen und von GEF unterstützten Vorhaben „Solar and Wind Energy Resources Assessment (SWERA)“, mit dem die allgemeine Datenlage auf regionaler Ebene verbessert werden soll. Durchführungsagentur ist auf kubanischer Seite die Agencia de Ciencia y Tecnología, die dem Forschungsministerium untersteht. Das Projekt ist bewilligt und soll voraussichtlich in 2002 starten.

**GEF-Projekt
SWERA**

Wasserkraft

Das Wasserkraftpotenzial Kubas wird auf 650 MW beziffert mit einer jährlichen Erzeugung von 1300 GWh¹⁷¹. Dieses Potenzial verteilt sich auf eine Reihe kleinerer Flüsse und müsste vor allem durch den Einsatz weiterer kleiner und kleinster Wasserkraftanlagen genutzt werden. Die Verfügbarkeit der gegenwärtig installierten Stromerzeuger ist aufgrund der saisonal schwankenden Wasserangebote und konkurrierenden Anforderungen zur Bewässerung relativ gering. Als einzige große Anlage ist ein 80 MW-Projekt an den Flüssen Toa und Duaba im Osten des Landes in der Diskussion, dessen Realisierung bislang allerdings an finanziellen Engpässen scheiterte.

**Wasserkraft-
potenzial**

Klein- und Kleinstwasserkraftanlagen versorgen vor allem Dörfer in den Bergregionen mit Strom. Das Potenzial wird auf 25 MW geschätzt, verteilt auf 400 Standorte. Mehr als 200 dieser Standorte werden bereits zur Versorgung von etwa 30.000 Einwohnern sowie gemeinschaftlichen Einrichtungen genutzt¹⁷². Allerdings ist aufgrund der limitierten Kapazitäten und des fluktuierenden Wasserdargebots die Stromabnahme pro Haushalt häufig stark begrenzt. Die restlichen 200 Standorte sollen vornehmlich unter Verwendung im Land produzierter Anlagen erschlossen werden

**Klein- und
Kleinstwasser-
kraftanlagen**

Biomasse

Neben Wasserkraft ist die Nutzung von Biomasse für Energiezwecke traditionell in Kuba verankert und trägt einen erheblichen Anteil zur Energiebilanz bei. Hierfür stehen in erster Linie die mehr als 100 Zuckerfabriken¹⁷³, die ihren Energiebedarf an Wärme und Elektrizität seit langem durch Verbrennen von Bagasse abdecken.

Bagasse

In jüngerer Zeit wird dieser Prozess nun effektiviert, so dass zunehmend

**Erhöhung der Ef-
fizienz**

¹⁷¹ Nach anderer Quelle 452 MW mit jährlich 1210 GWh.

¹⁷² Von 216 Anlagen waren Ende 1998 jedoch nur 168 einsatzbereit, einschließlich der oben erwähnten 24 Kleinwasserkraftwerke der öffentlichen Stromversorgung. Mehrere Anlagen waren ohne die erforderlichen Übertragungsleitungen und Transformatoren installiert worden.

¹⁷³ Von 156 Zuckerfabriken wurden 1998 aus wirtschaftlichen Gründen nur noch 113 betrieben.

auch Überschussstrom in das nationale Versorgungsnetz eingespeist werden kann. Die installierte Leistung von etwa 800 MW steht allerdings nur während der drei bis vier Erntemonate zur Verfügung. Trotz der graduellen Verbesserungen sind noch erhebliche Reserven bei der Nutzung von Bagasse in Kraft-Wärme-gekoppelten Anlagen vorhanden, die einen wesentlich größeren Beitrag zur Stromversorgung erlauben¹⁷⁴. Negativ wirkt sich jedoch der starke Rückgang der Zuckerproduktion aus, die 1998 bei weniger als der Hälfte von 1990 lag.

Weitere bislang teilweise ungenutzte Biomassepotenziale stehen durch zusätzliche Verwendung der pflanzlichen Reste bei der Zuckerernte sowie von Rückständen aus dem Kaffee- und Reisanbau zur Verfügung. Auch die industrielle Biogaserzeugung und -nutzung zur Stromerzeugung steht erst am Anfang und könnte erheblich ausgeweitet werden.

Zusätzliche Biomassepotenziale

Eine neue KWK-Anlage zur Nutzung von Bagasse und Zuckerrohrstroh wird mit finanzieller Unterstützung von UNDP und GEF errichtet werden und ein Investitionsvolumen von etwa 80 Mio. US-\$ umfassen.

Neue KWK-Anlage für Zuckerrohr-Biomasse

Studien sehen vor, die Erzeugungskapazität für Biomasse aus dem Zuckerrohranbau bis 2010 um 500 MW zu steigern. Bis zum Jahr 2022 wird sogar die Möglichkeit einer vollständigen Stromversorgung alleine auf der Basis dieser Biomasseform ins Feld geführt.

Langfristplanung

Solarenergie

Die klimatischen Bedingungen für die Nutzung von Sonnenenergie sind bei einer mittleren täglichen Einstrahlung von 5 kWh/m² hervorragend.

Kuba hat in den letzten Jahren ein ländliches Elektrifizierungsprogramm auf der Basis von Photovoltaik gestartet, zu dem Nichtregierungsorganisationen und internationale Geber beitragen. Angestrebt wird insbesondere die Versorgung der 700 Gesundheitsstationen in netzfernen Regionen im Rahmen eines Sonderprogramms (Programa de Electrificación Fotovoltaica a las Casas Consultorios del Medico de la Familia) und eine Grundausstattung für private Häuser (Solar Home Systems für Beleuchtung und Kommunikation).

Photovoltaik für ländliche Elektrifizierung

Bis 2000 wurden etwa 240 Gesundheitsposten mit PV-Systemen ausgestattet, ferner abgelegene Krankenhäuser, Schulen und Dörfer. Bis 2001/2002 sollten alle netzfernen 1800 Grundschulen eine solare Stromversorgung erhalten¹⁷⁵. Zur Kostenverringerung ist Kuba bemüht, eine eigene Fertigung von Solarzellen und -modulen zu starten (durch die Firma Industria

¹⁷⁴ Nach Schätzungen könnte die Stromerzeugungskapazität bei gleicher Zuckerproduktion durch verbesserte Nutzung von Bagasse um ca. 10 % erhöht werden.

¹⁷⁵ Im Boletín Alerta Informativa, No. 14 (Oct-Dic 2000) werden hierzu folgende Angaben gemacht: Im Schuljahr 2000/2001 wurden von 1962 Schulen ohne Stromversorgung 382 elektrifiziert, davon 259 mit Photovoltaiksystemen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass das o.g. Ziel bis 2002 nicht erreicht wird.

Electrónica de Pinar del Río).

Windenergie

Kuba hat eine lange Tradition beim Betrieb von windgetriebenen Wasserpumpen aus eigener Fertigung. Von etwa 9000 installierten Anlagen befinden sich schätzungsweise 6500 noch in Betrieb¹⁷⁶. Auch mehrere Hundert kleine Batterielader mit weniger als 1 kW wurden vor dem Beginn der Erweiterung des nationalen Netzes in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts vor allem entlang der Nordküste in den östlichen Provinzen betrieben. Die Netzausdehnung zusammen mit der Verfügbarkeit von Dieselgeneratoren¹⁷⁷ und billigem Treibstoff haben die Nutzung von Windenergie stark zurückgedrängt.

**Windgetriebene
Wasserpumpen**

Erst in den späten achtziger Jahren begannen das schon 1984 gegründete Forschungsinstitut für Solarenergie (Centro de Investigaciones de la Energía Solar - CIES) und andere wissenschaftliche Institutionen¹⁷⁸ wieder mit der Entwicklung von kleinen Windturbinen und Windmühlen für landwirtschaftliche Zwecke. 1991 förderte die damalige Nationale Energiekommission (Comisión Nacional de Energía) mit Unterstützung mexikanischer Partner die Bildung einer Windenergiegruppe, die später ein vorläufiges Windenergieprogramm ins Leben rief.

**Windturbinen
entwicklung**

Ebenfalls mit Hilfe von Mexiko hat CIES 1994 begonnen, Windmessungen an 17 Standorten der zentralen und östlichen Nordküste durchzuführen. In den letzten Jahren wurden Langzeit-Windmessungen im Rahmen eines Vorhabens zur Erfassung des Windpotentials an insgesamt 24 Standorten von der Firma INEL (Empresa de Ingeniería para la Electricidad, Tochterfirma von UNE) zusammen mit CUBASOLAR durchgeführt. Das nutzbare Windpotential wird auf mindestens 400 MW beziffert, könnte jedoch auch wesentlich darüber liegen.

Windmessungen

1999 wurden als Entwicklungshilfeprojekte zwei Windkraftanlagen von je 225 kW auf der Insel Turiguanó in der Provinz Ciego de Ávila errichtet, die jährlich rd. 1000 MWh Strom erzeugen sollen¹⁷⁹. Im selben Jahr wurde in Cabo Cruz in der Provinz Granma eine Anlage von 10 kW aufgestellt. Alle diese Anlagen speisen den erzeugten Strom in das öffentliche Versorgungsnetz ein. In 2000 wurde in Cayo Romano eine autonome Wind-Diesel-Hy-

**Windkraftanlagen
auf der Insel
Turiguanó**

¹⁷⁶ Auch hier weichen die Zahlenangaben je nach Quelle voneinander ab.

¹⁷⁷ Die Zahl an Dieselgeneratoren wird auf ca. 3000 beziffert, von denen 80 % privat betrieben werden.

¹⁷⁸ Zu nennen sind vor allem das Zentrum für Angepasste Technologie von Camagüey (Centro Integrado de Tecnología Apropriada de Camagüey (CITA), das Studienzentrum für Erneuerbare Energietechnologien (Centro de Estudios de Tecnologías de Energías Renovables (CETER) des Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" und die Forschungsgruppe für Solarenergie (Grupo de Investigaciones de Energía Solar) in Havanna.

¹⁷⁹ Die Betriebsführung der von Ecotécnia in Spanien gefertigten Anlagen erfolgt durch die Organización Básica Eléctrica Integral (OBEI) der Provinz Ciego de Avila, einer Tochterfirma von UNE.

bridanlage mit 10 kW in Betrieb genommen.

Im April 2001 kündigte CIES die Errichtung von zwei Windkraftanlagen in abgelegenen ländlichen Kommunen im Osten des Landes (Provinz Guantánamo) an. In einem Fall sollte ein Wind-Diesel-Hybridsystem zum Einsatz kommen, im anderen Fall eine 50 kW-Anlage in das vorhandene lokale Netz einspeisen und zur Versorgung sozialer und gemeinschaftlicher Einrichtungen beitragen. Beide Vorhaben werden von der spanischen Stiftung LEIA unterstützt.

**Weitere Wind-
energieprojekte**

Rahmenbedingungen

Die kubanische Regierung ist stark daran interessiert, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen auszuweiten und damit den Import von Erdöl zumindest teilweise zu substituieren und die Energieversorgung insgesamt zu stabilisieren. Bisher beschränkt sich die Realisierung allerdings vor allem auf Kleinprojekte zur ländlichen Elektrifizierung und wenige größere Demonstrationsvorhaben mit Unterstützung durch erhebliche Förderungen ausländischer Zuwender.

Auch ausländische Privatinvestitionen werden willkommen geheißen, allerdings wurden diese in der Vergangenheit von einem finanziellen Engagement aufgrund des Systems der Parallelwährungen abgehalten. Die Errichtung und der Betrieb z.B. von importierten Windkraftanlagen kann nur ökonomisch tragfähig sein, wenn die Vergütung für die Stromlieferungen auf Dollarbasis erfolgt. Diese Umstellung auf Devisenzahlungen ist bei öffentlichen Institutionen und der auf Außenhandel orientierten Wirtschaft bereits weitgehend erfolgt. Es gibt deshalb Überlegungen, erneuerbare Energieresourcen mit ausländischem Kapital zum Beispiel zuerst in Touristenregionen oder für die Versorgung ausgewählter industrieller Bereiche zu erschließen.

**Investitions-
potenziale**

Grundsätzlich ist durch gesetzliche Regelung (Ley de Inversiones Extranjeras) eine Beteiligung ausländischen Kapitals am Energiesektor möglich. Dabei sind sowohl rein nicht-kubanische Firmen zugelassen, wie auch die Bildung von Joint-Ventures mit einheimischen Unternehmen, bei denen die Fremdbeteiligung zwischen 50 und 75 % betragen kann.

**Gesetz für Aus-
lands-
investitionen**

In Ermangelung irgendwelcher Regelwerke ist im Einzelfall eine vertragliche Vereinbarung mit den entsprechenden staatlichen Stellen erforderlich. Eine Erzeugung von Strom durch die Privatwirtschaft mit Lieferung an das öffentliche Netz ist in Kuba erst im Entstehen und kann deshalb nur ansatzweise als Referenz dienen.

**Stromerzeugung
durch Privatwirt-
schaft**

1998 nahm der erste unabhängige Stromproduzent mit Lieferung an das öffentliche Netz seinen Betrieb auf, der auf eine gemischtwirtschaftliche Gesellschaft (Energias) zur Nutzung von Begleitgas bei der Erdölförderung zurückgeht, an der neben einem kanadischen Investor die UNE sowie die

staatliche Ölgesellschaft Unión Cubapetróleo (Cupet) beteiligt sind.

Im Oktober 1998 wurde ein erster BOOT-Vertrag mit einem ausländischen Investor für die Errichtung eines Kraftwerkes von 11 MW auf der Isla de Juventud unterzeichnet, das in 2000 in Betrieb gegangen ist.

In Bearbeitung befindet sich ein Stromwirtschaftsgesetz, das neue rechtliche Rahmenbedingungen für den Elektrizitätssektor festlegen soll und vermutlich auf ein Single-Buyer-Modell hinausläuft.

**Stromwirtschafts-
gesetz**

Offizieller Währungskurs (11.12.2001):

1 Kubanischer Peso = 1 US-\$ = 1,12 €

Informationsquellen

Roger Lippman et.al., Renewable Energy Development in Cuba: Sustainability Responds to Economic Crisis, in: IEEE Science and Society Magazine, Summer, 1997

Luiz Berriz, Emir Madruga (CUBASOLAR), Cuba y las fuentes renovables de energía, La Habana 2000

Organización Latinoamericana de Energía, (OLADE), Sistema de Información Estadísticas Energéticas (SIEE), <http://www.olade.org.ec/>

CEPAL/ASDI/FCE, La economía Cubana, Reformas estructurales y desempeño en los noventa, México, 2000

GTZ, Besprechungsbericht (intern), Vortrag Alfredo Curbelo von der Agencia de Ciencia y Tecnología, 19.12.2000

C. Moreno Figueredo (Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables - CETER), The Use of Wind Energy in Cuba, Paper presented in the European Wind Energy Conference, Gotenburg/Sweden 1996

C. Moreno Figueredo (Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables - CETER), Situación Actual y Perspectiva de la Energía Eólica en Cuba. Sugerencias para su financiación, o.D.

Cubaenergía, Boletín Alerta Informativa, No. 14 (Oct-Dic 2000) und No. 15 (Enero-Marzo 2001)

Internetseiten von CUBASOLAR, <http://www.cubasolar.cu/>

Internetseiten von Cubaenergía, <http://www.cubaenergia.cu/>

Kontaktanschriften

Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES)

Micro 3, Reparto "Abel Santamaría",
90800 Santiago de Cuba
Tel. 0053 (226) 47131 / 47186
Fax 0053 (226) 47131 / 41579
E-mail: relinter@cies.ciges.inf.cu

Centro Integrado de Tecnología Apropiada (CITA)

Circunvalación Norte Km 4
Apartado Postal 476
70100 Camagüey 1
Tel. 0053 (322) 6-2132
Fax 0053 (322) 6-1471
E-mail: direccion@rhcita.esicm.co.cu

Centro de Estudios de Tecnologías de Energías Renovables (CETER)

Facultad de Ingeniería Mecánica
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría
Apartado 14009, Marianao 14
C. Habana
Tel. 0053 (7) 20-5060
Fax 0053 (7) 27-2964
E-mail: uter@mecanica.ispjae.edu.cu oder uter_ceter@yahoo.com

CUBASOLAR

Calle Luz No. 375
Apartado 6611
10600 La Habana Vieja, Ciudad de La Habana
Tel. 0053 (7) 24-3117
Fax 0053 (7) 24-1732
E-mail: sol@cubasolar.cu
<http://www.cubasolar.cu/>

ECOSOL SOLAR

Calle 29, No.2610
Miramar. Playa, C.Habana
Tel. 0053 (7) 24-3116
Fax 0053 (7) 24-3117
E-mail: ecosol@solar.copextel.com.cu

Grupo de Energía Solar (genSOLAR)

Calle Luz No. 375
Apartado 6611
10600 La Habana Vieja,
Ciudad de la Habana
Tel. 0053 (7) 63-3541
Fax 0053 (7) 54-5135
E-mail: sol@colombus.cu

Centro de Estudios de Eficiencia Energética (CEEFE)

Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería Mecánica
Ave. Las Américas s/n C.P. 90900
Santiago de Cuba
Tel. 0053 (226) 42019-217
E-mail: ceefe@ceefe.uo.edu.cu

Agencia de Ciencia y Tecnología

Direktor: Alfredo Curbelo
Calle 20 No. 4112 e/ 18-A y 47
Playa, Ciudad de La Habana
Tel. 0053 (7) 22 70 96
Fax 0053 (7) 24 94 60
E-mail: geprop@ceniai.inf.cu
<http://www.acytec.cu>

Centro de Información de la Energía (CIEN)

Calle 20 No. 4111 e/ 18A y 47
Miramar, Playa, Ciudad de La Habana.
Tel. 0053 (7) 22 75 27
Fax 0053 (7) 24 11 88
E-mail: cien@cien.energia.inf.cu
<http://www.energia.inf.cu/>
<http://www.cubaenergia.cu/>