

**Volksrepublik China: Windparkprogramm I und II**

**Schlussprüfung**

<b>OECD-Förderbereich</b>	23068 / Windkraft	
<b>BMZ-Projektnummer</b>	I: 1995 66 753 II: 1997 65 256	
<b>Programmträger</b>	I: Hainan Dongfang Windpark; Zhejiang Wind Power Development Company. II: Guandong Wind Power Company Ltd.; Shandong Changdao Wind Power Company Ltd.	
<b>Consultant</b>	I, II: Deutsche Energie-Consult Ingenieur- gesellschaft mbH (DECON); II: Lahmeyer International GmbH	
<b>Jahr der Schlussprüfung</b>	<b>2005</b>	
	<b>Projektprüfung (Plan)</b>	<b>Schlussprüfung (Ist)</b>
<b>Durchführungsbeginn</b>	I: 4. Quartal 1995 II: 3. Quartal 1997	I: 4. Quartal 1995 II: 3. Quartal 1997
<b>Durchführungszeitraum</b>	I: 16 Monate II: 24 Monate	I: 40 Monate II: 37 Monate
<b>Investitionskosten</b>	I: 16,8 Mio EUR II: 22,7 Mio EUR	I: 18,4 Mio EUR II: 18,3 Mio EUR
<b>Eigenbeitrag</b>	I: 5,0 Mio EUR II: 10,4 Mio EUR	I: 6,9 Mio EUR II: 6,4 Mio EUR
<b>Finanzierung, davon FZ-Mittel</b>	I: 5,9 Mio EUR FZ/D 5,9 Mio EUR MM/D  II: 6,1 Mio EUR FZ/D 6,1 Mio EUR MM/D	I: 5,8 Mio EUR FZ/D 5,8 Mio EUR MM/D  II: 5,9 Mio EUR FZ/D 5,9 Mio EUR MM/D
<b>Andere beteiligte Institutionen/Geber</b>	keine	keine
<b>Erfolgseinstufung</b>	3	
<b>• Signifikanz/Relevanz</b>	2	
<b>• Effektivität</b>	3	
<b>• Effizienz</b>	4	

**Kurzbeschreibung, Oberziel und Programmziele mit Indikatoren**

Die Vorhaben Windpark I und Windpark II umfassen die Errichtung von vier getrennten Windparks in vier verschiedenen Provinzen der VR China zur Erzeugung elektrischer Energie sowie ihren Anschluß an und die Einspeisung in das jeweilige Stromnetz (Windpark I: Hainan und Zhejiang; Windpark II: Guandong und Shandong) (Programmziel). Mit den Vorhaben sollen erneuerbare Energiequellen nutzbar gemacht und ein Beitrag zur Verbesserung der Energieversorgung ohne umweltschädigende Emissionen geleistet werden (Oberziel). Insgesamt wurden Windkraftanlagen mit einer Kapazität von 36 MW aufgestellt.

Auf eine separate Quantifizierung der Oberzielerreichung wurde bei Projektprüfung (PP) zu Recht verzichtet, da sich die durch den Betrieb der Windparks ergebende CO<sub>2</sub>-Vermeidung (gegenüber der alternativen Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken) rechnerisch eindeutig aus den produzierten Strommengen ableiten lässt. Letztere dienen als Indikatoren für die Erreichung des Programmziels. Anlässlich der Abschlusskontrolle (AK) in 2001 wurden diese Indikatoren nach oben korrigiert, da aufgrund günstiger Ausschreibungsergebnisse mehr Kapazität als ursprünglich geplant installiert werden konnte. Die Programmzielindikatoren lauten im Einzelnen:

<b>Standort</b>	<b>Soll bei PP</b> (jährl. Einspeisung in GWh ab 2. Betriebsjahr)	<b>korrigierter Indikator</b> (nach BMZ-Evaluierung) (jährl. Einspeisung in GWh ab 2. Betriebsjahr)	<b>Ist bei SP</b> (jährl. Einspeisung in GWh ab 2. Betriebsjahr)
<b>Windpark I (Hainan)</b>	12 GWh	14,40 GWh	9,95 GWh.
<b>Windpark I (Zhejiang)</b>	10 GWh	18,00 GWh	14,88 GWh.
<b>Windpark II (Shandong)</b>	11 GWh	11,88 GWh	9,68 GWh.
<b>Windpark II (Guangdong)</b>	25 GWh	33,00 GWh	19,80 GWh.

#### **Konzeption des Vorhabens / Wesentliche Abweichungen von der ursprünglichen Programmplanung und deren Hauptursachen**

Die vier im Rahmen der FZ geförderten Windparks befinden sich alle an Chinas Süd-Ostküste bzw. auf dort vorgelagerten Inseln, d.h. in der Nähe zu den ökonomisch dynamischsten Entwicklungsregionen Chinas. Diese Küstenregionen sind neben anderen Gebieten im Inland aufgrund der Windverhältnisse für die Erzeugung elektrischer Energie aus Windkraft besonders geeignet.

Die Vorhaben umfassten die Errichtung von vier Windparks einschließlich Infrastrukturmaßnahmen und ihre Anbindung an die örtlichen Netze. Aufgrund günstiger Ausschreibungsergebnisse und des Einsatzes von größeren Windkraftanlagen (600 KW-Einheiten) war es möglich, mit den zur Verfügung stehenden Mitteln insgesamt 36 MW statt der bei PP vorgesehenen 26 MW zu installieren. Auch aus heutiger Sicht kann die Auslegung der Windparks als angemessen bezeichnet werden, sowohl was die Auslegung der einzelnen Windkraftanlagen betrifft wie auch die Lieferaufteilung in einen deutschen und einen lokalen Anteil, der u.a. die Komponenten Landerschließung, Fundamentlegung und Netzanschluss umfasste.

Für den Betrieb der vier Anlagen wurde jeweils eine regionale Betriebsgesellschaft gegründet. Auf der Grundlage der von den Herstellern veranstalteten Trainingskurse und der während der Garantiezeit erworbenen zusätzlichen Fachkenntnisse sind die Programmträger in der Lage, Betrieb und Wartung in Übereinstimmung mit den Betriebsvorschriften der Hersteller selbständig durchzuführen.

#### **Wesentliche Ergebnisse der Wirkungsanalyse und Erfolgsbewertung**

Bis Mitte der 90er Jahre war die kommerzielle Nutzung der Windenergie in China weitgehend unbekannt und eigenes technologisches Know-how nicht vorhanden. Die verschiedenen FZ-Vorhaben in diesem Sektor haben (gemeinsam mit kleineren Vorläufervorhaben des BMBF) wesentlich dazu beigetragen, dass Windenergie in China heute als eine viel versprechende umweltfreundliche Energiequelle wahrgenommen wird, die auch zunehmend auf das Interesse sowohl nationaler Betreibergesellschaften wie auch internationaler Unternehmen stößt.

Bisher ist die Windenergie in China volkswirtschaftlich noch keine rentable Energiequelle und betriebswirtschaftlich für die Betreiber auch nur durch subventionierte Einspeisetarife attraktiv. Aber durch die bereits begonnene Etablierung einer nationalen Industrie für die Produktion von Windkraftanlagen dürften die Investitionskosten in Zukunft deutlich sinken und den wirtschaftlichen Einsatz dieser Technologie in greifbare Nähe rücken lassen. Die chinesische Regierung unterstützt diese Entwicklung, indem sie die Erstellung und den Betrieb größerer Windparks so

ausschreibt, dass dasjenige Unternehmen den Zuschlag erhält, das den günstigsten Einspeisetarif fordert.

Die installierte Windkraftkapazität ist in China von etwa 30 MW zum Zeitpunkt der Projektprüfung (überwiegend dezentrale Kleinst- und Versuchsanlagen) auf knapp 600 MW in 2003 gestiegen. Davon entfallen 36 MW auf die beiden FZ-Vorhaben, die in China erstmals die industrielle Nutzung in Form von großvolumigen Windparks einführen. Aktuell liegt der Anteil der Windenergiekapazitäten an den gesamten chinesischen Erzeugungskapazitäten bei immer noch sehr niedrigen 0,12%. Zwar wird die Windenergie Chinas wachsenden Strombedarf nur zu einem begrenzten Teil decken können, sie wird jedoch auch in Zukunft einen wachsenden Beitrag zur umweltverträglichen Stromerzeugung in China leisten können.

Die Betriebserfahrungen in den einzelnen Windparks entwickelten sich in den ersten Jahren sehr unterschiedlich, vom quasi problemlosen Betrieb in der Anlage Zhejiang bis zu umfangreichen Serienschäden, insbesondere an den Getrieben in allen anderen Anlagen, so dass zeitweilig die vertraglichen Verfügbarkeiten unterschritten wurden. Durch umfangreiche Austauschaktionen, teilweise mit verbesserten Konstruktionen, sowie durch Reparaturmaßnahmen der Hersteller im Rahmen der Garantieverpflichtungen konnten aber schließlich gute bis zufrieden stellende Verfügbarkeiten der Windkraftanlagen erreicht werden.

Die seit Garantieende entstandenen jährlichen Betriebsausgaben für die Anlagen der Vorhaben Windpark I und II liegen unter 1% p.a. bezogen auf die Investitionssumme. Dies sind vergleichsweise niedrige Werte. Sie erklären sich zum einen durch den kurz nach Ablauf der Garantiezeit neuwertigen Zustand und durch die niedrigen chinesischen Löhne. Ersatzteile werden fallweise von den Herstellern gekauft. Die jährlichen Betriebsausgaben dürften erfahrungsgemäß mit zunehmenden Betriebsjahren und den damit einhergehenden größeren Wartungs- und Reparaturarbeiten ansteigen und im Durchschnitt bei 2,0% der Investitionssumme liegen.

Die im Rahmen der SP aktualisierten dynamischen Gestehungskosten betragen für Windpark I 0,08 EUR/kWh und für Windpark II 0,07 EUR/kWh (jeweils Preisbasis 2004). Die dynamischen Gestehungskosten sind etwas höher als bei PP geschätzt. Die Steigerung ergibt sich primär aus der hinter den Erwartungen bei PP zurückbleibenden Energieausbeute (s.u.).

Die tatsächlich erlösten Einspeisetarife liegen für Windpark I bei 0,11 EUR/kWh und für Windpark II bei 0,07 EUR/kWh. Sie decken damit die o.g. aktualisierten dynamischen Gestehungskosten ab. Auf Basis dieser Ertragssituation ergibt die interne Zinsfußmethode für Windpark I und II Renditen von 10% bzw. 7%, was insgesamt zufrieden stellend ist.

Die Träger der Windparks warten und betreiben die Anlagen insgesamt fachmännisch und ordnungsgemäß. Für einen nachhaltigen Betrieb der vier Windparks bestehen nur begrenzte Risiken (Windregime, Einspeisetarif), die von den Betreibern nicht oder kaum beeinflusst werden können. Insgesamt ist die Nachhaltigkeit der Vorhaben aus einzelwirtschaftlicher Sicht gegeben.

Die gesamtwirtschaftliche Begründung für den Einsatz von Windenergie liegt (angesichts der deutlich höheren Gestehungskosten pro kWh im Vergleich mit thermischen Alternativen) primär in der Vermeidung schädlicher Treibhausgase. Für die gesamtwirtschaftliche Beurteilung der Vorhaben wurde daher auf die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten abgestellt: Nach heutigem Anspruchsniveau sollten die inkrementalen Vermeidungskosten einen Grenzwert von 10 USD pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub>-Ausstoß, nicht überschreiten, um eine volkswirtschaftliche Mindesteffizienz zu gewährleisten. Die diesbezüglich bei Schlussprüfung angestellten Berechnungen zeigen, dass für Windpark I die inkrementalen Kosten bei 31,9 USD/t und für Windpark II bei 21,4 USD/t liegen. Diese deutliche Überschreitung der Grenzwerte weist darauf hin, dass die Vorhaben aus heutiger Sicht nicht als effiziente Lösungen des CO<sub>2</sub>-Problems in China angesehen werden können.

Die Erreichung der Projekt- und Oberziele der Vorhaben Windpark I und II stellt sich wie folgt dar:

- **Projektzielerreichung:** Die tatsächlich realisierte Stromerzeugung weicht an allen vier Standorten mehr oder weniger deutlich von den korrigierten Sollwerten nach unten ab. Die Abweichungen betragen im Durchschnitt -30%. (Hainan: -31 %, Zhejiang: -17 %, Shandong: -19 %, Guandong: -40 %). Die folgenden Gründe trugen mit unterschiedlichem Gewicht zu den Mindererträgen bei:

- Überschätzung des Windpotenzials durch die Bereitstellung unzuverlässiger Messdaten im Vorfeld der Feasibilitystudie;
  - Die Beobachtungszeit fällt in eine längere Periode ungewöhnlich schwacher Windverhältnisse;
  - Verminderte Erzeugungsmöglichkeiten infolge technischer Defekte (z.B. Getriebebeschäden insbesondere während der Garantieperiode) bzw. nicht zur Verfügung stehenden Netzes (insbesondere in Shangdong);
  - Im Windpark Hainan vom Träger geänderter Standort mit geringerem Windpotential (dafür aber geringeren Erschließungskosten) und am Standort Guangdong ein suboptimales „micrositing“ der einzelnen Anlagen.
- **Oberzielerreichung:** Mit der in den vier Windparks erzeugten elektrischen Energie wird in den relevanten thermischen Kraftwerken – das sind im vorliegenden Fall die im Küstenbereich befindlichen, vergleichsweise modernen Steinkohlekraftwerke – die entsprechende Menge an Brennstoffen, d.h. Steinkohle, eingespart und damit auch CO<sub>2</sub>. Bei einer spezifischen Emission von 1.164t CO<sub>2</sub>/GWh werden folgende Mengen durchschnittlich pro Jahr eingespart:
    - Windpark I      29.342 t CO<sub>2</sub>
    - Windpark II     35.630 t CO<sub>2</sub>

Im Hinblick auf die sektorale Problemlage – stark wachsende Energienachfrage, starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, wachsende Umweltprobleme, Chinas Bedeutung für das Weltklima – sind beide Vorhaben auch rückblickend gerechtfertigt.

Eine spezielle Förderung der Gleichberechtigung der Geschlechter wurde mit den Vorhaben nicht angestrebt, geschlechtsspezifische Wirkungen traten nicht auf. Die Förderung partizipativer Entwicklung, bzw. guter Regierungsführung war ebenfalls kein Programmziel. Eindeutige, dem Vorhaben direkt zurechenbare Beschäftigungswirkungen wurden nicht erzielt.

Die Programmstandorte liegen isoliert oder mit einem ausreichenden Abstand zu den angrenzenden Siedlungen. Es kam bisher zu keinerlei Beschwerden der Anwohner. Eine Nebenlinie der Nord–Süd Zugvogeltrasse, welche am Festland entlang der Küstenlinie folgt, streift die Changdao Inselgruppe. Rastende Zugvögel sind auch auf der Insel gesichtet worden, auf der sich der Windpark befindet, angabegemäß ohne dass bisher Kollisionsopfer zu beklagen waren. Die anderen drei Windparkstandorte werden nicht von Zugvögeln überflogen. Aus heutiger Sicht haben die Vorhaben insgesamt einen Beitrag zur Verbesserung der Umweltbedingungen geleistet.

Die Betrachtung der Teilkriterien für die Bewertung der entwicklungspolitischen Wirksamkeit des Vorhabens führt zu folgenden Ergebnissen:

- **Relevanz/Signifikanz:** Die Vorhaben sind angesichts der Umweltprobleme in China weiterhin sehr relevant. Sie werden dauerhaft einen (kleinen) Beitrag zur umweltfreundlichen Energieversorgung in China leisten (Oberziel). Wichtiger ist, dass die FZ-finanzierten Pilotvorhaben ein nachhaltiges Interesse an einer industriellen Nutzung der Windenergie hervorgerufen haben und in dieser Hinsicht auch strukturbildende Wirkungen hatten. Windenergie spielt in China zwar nach wie vor eine sehr geringe, jedoch wachsende Rolle. Die installierte Windenergiekapazität in China hat sich seit PP um den Faktor 20 erhöht und expandiert dank zunehmender kommerzieller Interessen mit wachsender Dynamik. Insgesamt bewerten wir die Relevanz/Signifikanz als zufrieden stellend (Teilbewertung: Stufe 2).
- **Effektivität:** Die Windenergieanlagen werden ordnungsgemäß gewartet und unterhalten, so dass wir von einem nachhaltigen Betrieb ausgehen. Die Programmzielindikatoren wurden in den vier Windparks aber um durchschnittlich 30% unterschritten, weshalb wir die Effektivität nur mit noch ausreichend bewerten (Teilbewertung: Stufe 3).
- **Effizienz:** Die spezifischen Investitionskosten pro installiertem MW (Produktionseffizienz) waren günstig und einzelwirtschaftlich ist der Betrieb dank subventionierter Einspeisetarife (die auch in Zukunft gesichert erscheinen) sogar vollkostendeckend. Im Vergleich zur Stromgewinnung über thermische Kraftwerke ist die Energie aus den finanzierten Windkraftanlagen aber etwa sieben bis neunmal teurer. Windkraftanlagen werden volkswirtschaftlich aber nicht über die Energieproduktion, sondern über die CO<sub>2</sub>-

Vermeidung gerechtfertigt („fuel saver“-Betrieb). Allerdings überschreiten die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten (Allokationseffizienz) in den vorliegenden Fällen mit 26,1-32,5 USD/t sehr deutlich den Grenzwert von 10 USD/t, an dem solche Vorhaben bisher gemessen wurden. Auf dem europäischen Spotmarkt werden CO<sub>2</sub>-„Verschmutzungsrechte“ derzeit aber bereits zu Preisen über 20 EUR/t gehandelt. Dennoch liegen die Vermeidungskosten im vorliegenden Fall sehr hoch, so dass wir die Effizienz der Vorhaben als insgesamt nicht mehr ausreichend bewerten (Teilbewertung: Stufe 4).

Unter Abwägung der o.g. Teilkriterien, insbesondere der erfolgreichen Einführung industrieller Windparks in China und der seither dynamischen Marktentwicklung, sowie vor dem Hintergrund, dass die in den schlussgeprüften Vorhaben noch deutlich zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten inzwischen durch günstigere lokale Produktion von Windkraftanlagen in China drastisch sinken (Neuanlagen unterschreiten bereits die derzeitigen Spotmarktpreise und nähern sich der Marke von 10 USD/t), bewerten wir die entwicklungspolitische Wirksamkeit des Programms insgesamt als noch knapp ausreichend (**Gesamtbewertung: Stufe 3**).

### Programmübergreifende Schlussfolgerungen

Aus dem Vorhaben lassen sich folgende projektübergreifende Schlussfolgerungen für zukünftige Windenergievorhaben ableiten:

- Feasibilitystudien für Windkraftanlagen sollten sich auf normierte Windmessungen an den konkreten Programmstandorten von mindestens einjähriger Dauer stützen, um eine hinreichend sichere Basis für die Einschätzung des Windenergiepotenzials zu erhalten.
- Die verbleibende Unsicherheit bezüglich mehrjähriger Schwankungen des Windregimes sollte bei Windkraftvorhaben in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Form von Szenarien/Sensitivitätsrechnungen berücksichtigt werden.
- Die Vorhaben bestätigen die früheren Erfahrungen aus anderen Programmen, dass Windpotenzialberechnungen die tatsächlich erzielbare Energieausbeute häufig überschätzen. Die in solche Berechnungen eingehenden Annahmen sollten deshalb in jedem Falle kritisch überprüft und ggf. unter Zugrundelegung konservativer Ansätze korrigiert werden.

### Legende

Entwicklungspolitisch erfolgreich: Stufen 1 bis 3	
Stufe 1	Sehr gute oder gute entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 2	Zufriedenstellende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 3	Insgesamt ausreichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Entwicklungspolitisch nicht erfolgreich: Stufen 4 bis 6	
Stufe 4	Insgesamt nicht mehr ausreichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 5	Eindeutig unzureichende entwicklungspolitische Wirksamkeit
Stufe 6	Das Vorhaben ist völlig gescheitert

### Kriterien der Erfolgsbeurteilung

Bei der Bewertung der "entwicklungspolitischen Wirksamkeit" und Einordnung eines Vorhabens in die verschiedenen, weiter oben näher beschriebenen Erfolgsstufen im Rahmen der Schlussprüfung stehen folgende Grundfragen im Mittelpunkt:

- Werden die mit dem Vorhaben angestrebten **Projektziele** in ausreichendem Umfang erreicht (Frage der **Effektivität** des Projekts)?
- Werden mit dem Vorhaben in ausreichendem Maße **entwicklungspolitisch wichtige Wirkungen** erreicht (Frage der **Relevanz** und **Signifikanz** des Projekts; gemessen an der Erreichung des vorab festgelegten entwicklungspolitischen Oberziels und den Wirkungen im

politischen, institutionellen, sozio-ökonomischen und -kulturellen sowie ökologischen Bereich)?

- Wurden und werden die Ziele mit einem **angemessenen Mitteleinsatz/Aufwand** erreicht und wie ist der einzel- und gesamtwirtschaftliche Beitrag zu bemessen (Frage der **Effizienz** der Projektkonzeption)?
- Soweit unerwünschte (**Neben-)Wirkungen** auftreten, sind diese hinnehmbar?

Der für die Einschätzung eines Projekts ganz zentrale Aspekt der **Nachhaltigkeit** wird von uns nicht als separate Bewertungskategorie behandelt sondern als Querschnittsthema bei allen vier Grundfragen des Projekterfolgs. Ein Vorhaben ist dann nachhaltig, wenn der Projektträger und/oder die Zielgruppe in der Lage sind, nach Beendigung der finanziellen, organisatorischen und/oder technischen Unterstützung die geschaffenen Projektanlagen über eine insgesamt wirtschaftlich angemessene Nutzungsdauer weiter zu nutzen bzw. die Projektaktivitäten eigenständig mit positiven Ergebnissen weiter zu führen.