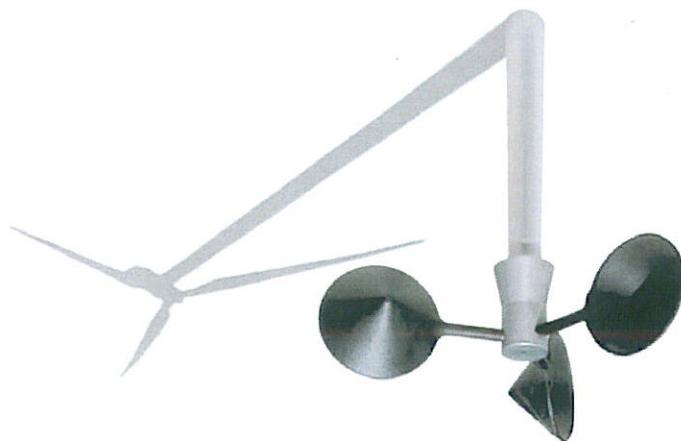


energié werkstatt

CALHETA DE SÃO MIGUEL - KAPVERDEN
WINDENERGIEUTZUNG IN

PRE-FEASIBILITY STUDY





Dezember 2006

VERSION

leo.schiefermueller@energiewerkstatt.org

T +43 7746 28212 -16

Leo Schiefermüller

SACHBEARBEITUNG

Stadtteilpartnerschaft Calheta de São Miguel - Deutsch Wagram

AUFTRAGgeber

energiewerkstatt
O

1	EINLEITUNG	1
2	KAPVERDEN ALLGEMEIN	2
2.1	Geschichte	2
2.2	Geografie	2
2.3	Klima	3
2.4	Geologie	3
2.5	Wirtschaft	4
3	ENERGIESEKTOR AUF KAPVERDEN	5
3.1	Allgemein	5
3.2	Elektrische Energiebilanz 2005	5
3.3	Elektrische Energieerzeugung	6
3.4	Stromtarife	7
4	ERFAHRUNGEN MIT WINDENERGIE AUF KAPVERDEN	8
4.1	Wind/Diesel Systeme	10
4.2	150 KW NTK auf Brava	10
4.3	Windparks in Praia, Mindelo und Palmeira	11
5	WINDPOTENTIALE RHEBUNG	12
5.1	Kapverden	12
5.2	Standort Ilhéu ou Monte S. Filipe (Praia)/ Santiago	13
5.3	Calheta de São Miguel	14
6	ENERGIEREZUGUNG UND -VERTEILUNG	15
6.1	Dieselkraftwerk	15
6.1.1	Calheta	15
6.1.2	St. Cruz	15
6.2	Energieerzeugung	16
6.3	Lastverteilung	17
6.4	Elektrisches Netz	18
7	TECHNISCHE AUSLEGUNG DER WINDTURBINE	19
7.1	Turbinemstandort	19
7.2	Auswahl der Turbine	20
7.3	Netzanschluss	22
7.4	Netzqualität	24
7.5	Systemkonfiguration	24
7.5.1	Niedriger Dieselpreis und hohe Windgeschwindigkeit	25
7.5.2	Höher Dieselpreis und niedrige Windgeschwindigkeit	26
7.5.3	Niedriger Dieselpreis und niedrige Windgeschwindigkeit	27
7.5.4	Höher Dieselpreis und hohe Windgeschwindigkeit	28
7.5.5	Sensitivitätsanalyse	29
8	FINANZIERUNG	31
8.1	ACP-EC Energy Facility	31
8.2	African Bank for Development	31
8.3	Austrian Trust Fund	31
9	ZUSAMMENFASSUNG	32

Inhaltsverzeichnis

7	Tabelle 1 Stromtarife Kapverden 2006	9
9	Tabelle 2 Windenergieprojekt auf Kapverden,.....	11
11	Tabelle 3 Betriebserfahrung Phase I zwischen 1995 bis 1997, Risø	12
12	Tabelle 4 Zusammenfassung von gemessenen Winddaten;	12

Tabelleinverzeichnis

13	Energieproduktion einer 600 kW Anlage in GWh 40 m über Grund.	13
14	Abbildung 6 Calheta de São Miguel, Blick Richtung Nordwesten.....	14
16	Abbildung 7 Stromerzeugung/Monat für Calheta & St. Cruz Jan 2003 bis Dez 2005	16
17	Abbildung 8 Jahresgang der Lastspitzen für Calheta & Santa Cruz 2005	17
18	Abbildung 9 Tagessgang der durchschnittlichen Last für ausgewählte Tage für Calheta & Santa Cruz kumuliert im September 2006	18
20	Abbildung 10 Blick auf potentiellen WKA Standort	20
29	Abbildung 11 Sensitivitätsanalyse Dieselpreis über Windgeschwindigkeit;	29
30	Abbildung 12 Windturbinenanzahl und Stromgestehungskosten über Windgeschwindigkeit;	30

Abbildungssverzeichnis

Energiewerkstatt wurde von der Städtepartnerschaft Calheta de São Miguel / Kapverden – Deutsch-Wagram / Österreich mit der Durchführung der Machbarkeitsstudie für Windenergienuutzung im Netzparallelbetrieb im Gemeindengebiet Calheta de São Miguel / Kapverden beauftragt. Ursprünglich wurde bei der Projektion von Windenergiennutzung im Inselbetrieb ausgesetzt. Da sich aber nach ersten Recherchen bereits abzeichnete, dass Aufgrund der vorhandenen Elektrizitätsreservenkapazität in Calheta und dem Zugigen Elektrizitätsnetz ausbau in der Region ein Netzparallelbetrieb möglich erschien, wurde der Auftrag dahingehend modifiziert. Auch unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit.

Die Stadtpartnerschaft Zwischen Calheta und Deutsch-Wagram wurde 1988 gegründet. Die Zusammenarbeit erfasste praktisch alle Bereiche des Lebens. Es begann mit einem Schulautobus, ein Stützpunkt mit Schlosserwerkstatt folgte. Die Wasserversorgung war ein weiterer Schritt. Beide Wirtschaftsbereiche und der Elektrofizierungs war die aktive Mitwirkung der örtlichen Firma.

alleen Maßnahmen zur Verbesserung der sanitären Lage, für Kindergarten und Schulen, bis hin zur Wirtschaftsbereitung und der Bevölkerung ein selbstverständlicher Grundsatza.

1 Einleitung

Obwohl es auf den Kapverdischen Inseln keinen Befreiuungskampf gab, waren Kapverdiener marxistische Partei „Partido Africano da Independência de Cabo Verde“ (PAIGC), Bissau beteiligt. Die Partei, „Partido Africano da Independência de Guiné e Cabo Verde“, PAIGC, Bissau beteiligt. Die Partei, „Partido Africano da Independência de Guiné e Cabo Verde“, PAIGC, Cabral, aus Kap Verde stammte, gegen die portugiesische Kolonialmacht in Guinea. Amílcar Cabral, aus Kap Verde stammte, strebte die Vereinigung an. Dieses Ziel blieb auch aufrecht, nachdem die Portugiesen aufgrund des vom damaligen Außenminister Mario Soares und PAIGC General Abzug der Portugiesen das Land verließen und am 5. Juli 1975 die Republik Kap Verde für unabhangig erklärt wurde. Amílcar Cabral, durch Bernardo Vieira 1980 und Ausweisung von Kapverdiern“ führt zur Entfernung der beiden Staaten und zum Ende des Traumes des „internationalen“ Staates.

Nach Einführung des Mehrpartiensystems gewann die Opposition die ersten Parlaments- und Präsidentschaftswahlen 1991 deutlich. Es waren dies die ersten wirklichen demokratischen Wahlen in Subsahara-Afrika. Die neue Regierung verfolgte seither eine Politik der wirtschaftlichen Liberalisierung und Privatisierung.“

2.1 Geschichte

2. Kapverden Allgemein

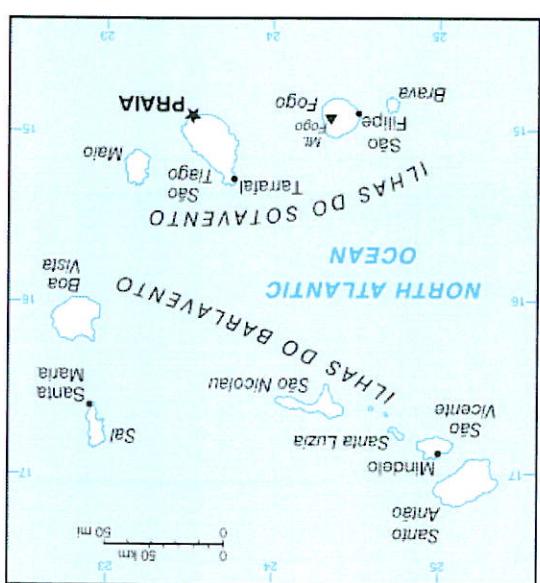
2 Landprofil Kapverden, OFSE, 2003

Der Archipel der Kapverden ist vulkanischen Ursprungs. Die höchste Erhebung der Kapverden ist der ebenebrügige Vulkankegel des Pico de Fogo mit 2.829 m. Hier fand 1995 der Jungstet Ausbruch statt. Die Inseln im Nordwesten Santo Antao, São Vicente und São Nicolau sowie Santiago sind ebenfalls jung-vulkanisch und hochgebrigig, während die östlichen Inseln weiter, bis auf einige Zeugenbergrege flach abgetragen und mit einem Kalksockel ausgesattet sind.

2.4 Geologie

Das Klima wird von November bis Juni durch den Nordostpassat geprägt, der die Inseln in die nordliche Barlavento-Gruppe und die südliche Sotavento-Gruppe schiedet. Ende Juli bis Anfang November bringt der Südwestmonsun gelegentlich Niederschläge (im Küstenbereich ca. 200 mm, in hohen Lagen im Innen ca. 1.000 mm). Von einer Regenzeit kann jedoch kaum gesprochen werden, da oft mehrjährige Dürreperioden mit sehr geringen Mengen an Niederschlag auftreten. An den Passat-Luvseiten geben die gestauten Wollen in Hohen Zwickeln 600 und 1.000 m ganz jährling Feuchtigkeit ab. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 25°C, die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit 60 %.²

2.3 Klima



Die Republik Kapverden liegt im östlichen Nordatlantik, 1.500 km südlich der Kanarischen Inseln und 450 km westlich von Senegal. Der Archipel hat eine Landfläche von 4033 km² und besteht aus 15 Inseln, von denen neun bewohnt sind. Es wird unterschieden zwischen dem Wind (Sotavento) und dem Wind (Barlavento) und unter dem Wind (Sotavento). Die Inseln über dem Wind sind Santo Antao, São Vicente, São Nicolau, Sal, Boa Vista und Raso. Zur Sotavento-Gruppe gehören Maior, und die unbewohnten Inseln Santa Luzia, Branco und das unbewohnte São Tiago. Die Hauptstadt und zugleich größte Stadt ist Praia mit 113.364 Einwohnern (2005) auf der Insel Santiago. Die Inselgruppe der Ilhéus do Rombo, São Nicolau, Fogo und Brava sowie die unbewohnte Inselgruppe der Ilhéus do Rombo.

2.2 Geografie

³ Quelle: <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Laenderinformationen/KapVerde/Wirtschaft.html>

Die Volkswirtschaft ist durch hohe Außenabhängigkeit gekennzeichnet. Durch die klimatischen und geologischen Bedingungen (sehr geringe Niederschläge, eingeschränkte Anbauläche, dorf seines Bevölkerung zu decken. Das Land ist in hohem Maße auf Naturressourcen basierend, kommtreiche Naturressourcen angesiedelt. Über 90 Prozent der Naturressourcen müssen importiert werden. Bodenschätze sind nicht vorhanden. Eine einheimische Industrie existiert nur in Ansätzen.

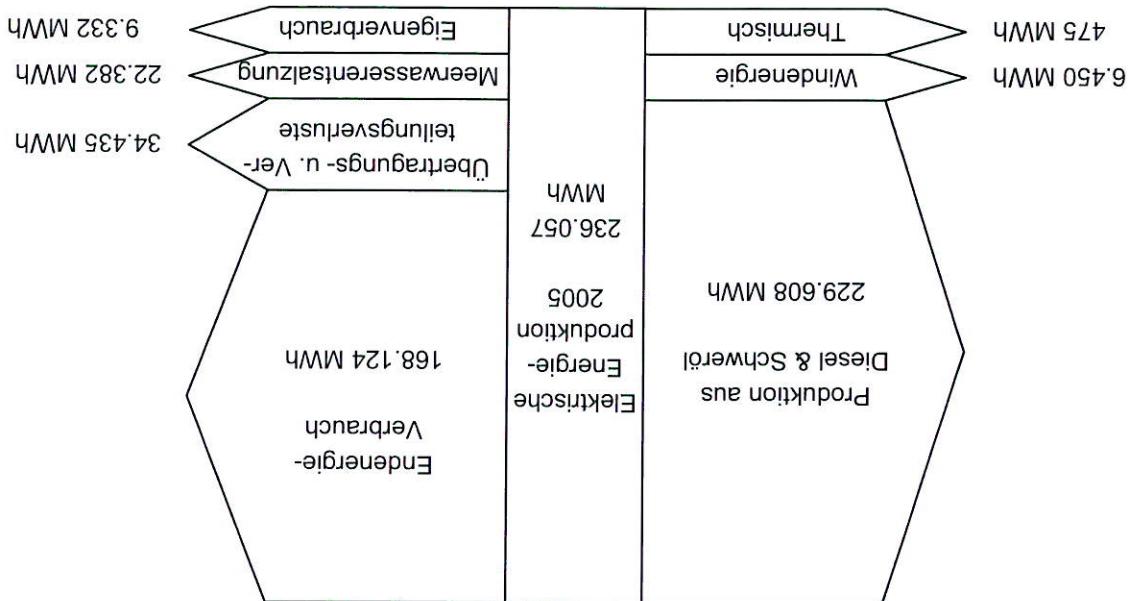
Wegen dieser schlechten wirtschaftlichen Bedingungen emigrierten seit Ende des 19. Jahrhunderts zahlreiche Menschen aus Kapverden (USA, Europa). Die heutige Industrie besteht aus 700.000 Kapverdiern stellen mit ihren regelmäßigen Überweisungen (ca. 20% des BIP) zusammen mit der bilateralen und multilateralen Entwicklungszusammenarbeit eine der wichtigsten Devisenquellen des Landes dar.

Wichtigste Wirtschaftszweige sind Landwirtschaft, Fischfang, Tourismus (mit steigender Bedeutung) und Dienstleistungen.

Der Kapverdische Escudo (CVE) wurde 1998 an den portugiesischen Escudo und 1999 an den Euro gekoppelt. Seit ihrer Gründung verfolgt die Nationalbank Kap Verdes eine kompromisslose Politik der Geldwertstabilität, um Emigranten zur Anlage ihres Sparvermögens in Kap Verde zu motivieren. Eine wichtige Neuerrung seit dem 01.01.2004 stellt die - zuvor mehrfach verschobene Handelsbilanz des Landes bleibt defizitär, ebenso wie die Leistungsbilanz (10% des BIP). Die nominale Gesamtverschuldung Kap Verdes betrug 2002 64,3% des BIP, der Schuldenindex liegt bei 7,7% des Exportwerts. Die Zusammenarbeit mit dem internationalen Währungsfonds (IWF) und der Weltbank gestaltet sich – von wenigen Ausnahmen abgesehen – vorbildlich.³

2.5 Wirtschaft

Abbildung 1 Elektrische Energiebilanz Kapverden 2005



3.2 Elektrische Energiebilanz 2005

Seit Mitte 2006 ist es auf Kapverden nun möglich, als Unabhängiger Energieerzeuger (independend Power Producer – IPP) aufzutreten und mittels Power Purchase Agreement – PPA die Energie an den Energieversorger zu vermarkten.

Derzeit sind Verteilnetze und Teile der Energieerzeugungsanlagen im Eigentum der Republik Kapverden und Elecra betrieblicher Konzessionär auf die Dauer von 35 Jahren. Der Ausbau der elektrischen Übertragungs- und Versorgungsnetze wird mit Hilfe von Weltbankmitteln finanziert und wird weiterhin im staatlichen Eigentum bleiben.

Derzeit sind Verteilnetze und Teile der Energieerzeugungsanlagen im Eigentum der Republik Kapverden seit 20. Oktober 2006 mit 51% wieder teilweise Rückgängig gemacht, sodass der Staat schen Netzes wurde die Privatisierung wieder teilweise rückgängig gemacht, sodass der Staat portugiesische Konsortium hält derzeit 34% und 15% der Anteile an Elecra sind in Gemeinde Besitz.

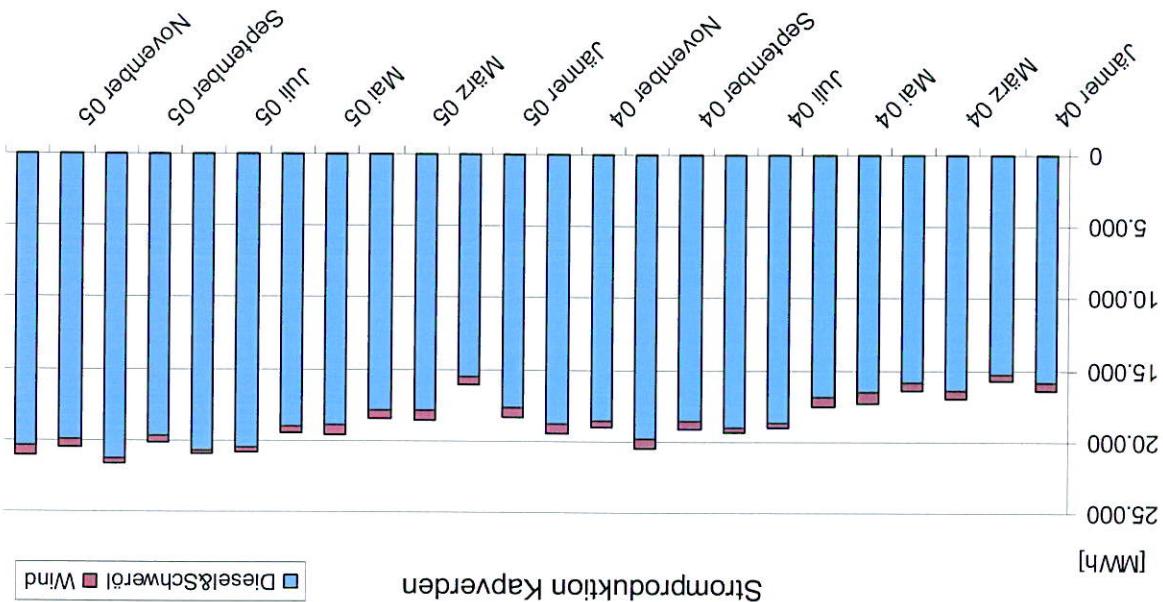
Die Elecra ist eine Tochtergesellschaft des portugiesischen Konzerns EDP. EDP ist 51% des Verteilnetzes und 100% des Wasserversorgungsunternehmens Gruppo Insular. Vier Gruppen haben Anteile am Verteilnetz: die portugiesische Gruppe EDP (51%), die portugiesische Gruppe EDP (20%), die portugiesische Gruppe EDP (10%) und die portugiesische Gruppe EDP (10%).

Die Elecra ist eine Tochtergesellschaft des portugiesischen Konzerns EDP. EDP ist 51% des Verteilnetzes und 100% des Wasserversorgungsunternehmens Gruppo Insular. Vier Gruppen haben Anteile am Verteilnetz: die portugiesische Gruppe EDP (51%), die portugiesische Gruppe EDP (20%), die portugiesische Gruppe EDP (10%) und die portugiesische Gruppe EDP (10%).

3.1 Allgemein

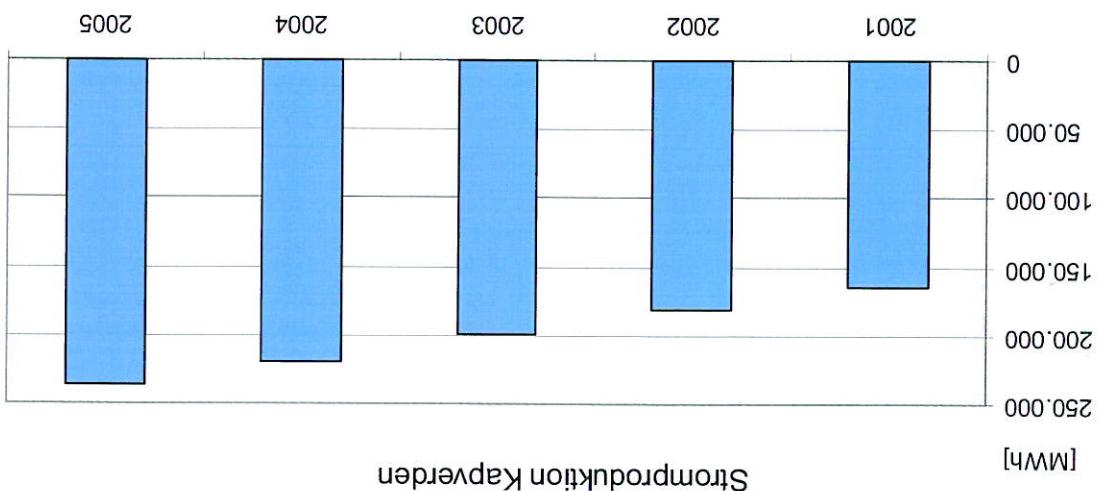
3 Energiesektor auf Kapverden

Abbildung 3 Stromproduktion Kapverden nach Energiequelle 2004 - 2005



Im Jahr 2005 hatte die Windenergie einen Anteil von 2,7% an der elektrischen Energieerzeugung auf Kapverden. Dieser Anteil ist seit der Instandierung der Windparks auf Santiago, Sal und São Vicente (8 x 300 kW) im Jahr 1995 rückläufig, da die Diesel- und Schwerölkapazitäten stark gestiegen sind, aber keine neuen Windenergienanlagen im Netzparallelbetrieb installiert wurden.

Abbildung 2 Elektrische Energieproduktion Kapverden 2001 - 2005



Eines der Hauptprobleme im Energiesektor auf Kapverden sind die stark überalterten elektrischen Energieerzeugungsanlagen die vor allem in den besiedelten Regionen auf Dieselbasisieren. Nur auf São Vicente, São und Santiago werden auch Generatoren mittels Schweröl betrieben. Die gesamte installierte Leistung beträgt 76,8 MW wobei davon 2,4 MW auf installierte Windleistung entfallen. 2005 betrug der Verbrauch an Schweröl 37.831.588 kg und der Verbrauch an Dieselöl 21.388.282 l, was einen durchschnittlichen Rohstoffbedarf von 225 g/kWh entspricht.

3.3 Elektrische Energieerzeugung

⁴ Minimaler Verbrauch 10 kWh/ Monat

Tabelle 1 Stromtarife Kapverden 2006

Tarif	[Esc/ kWh]	[Esc/ kWh & Monat]	bis 40 kWh/ Monat ⁴	über 40 kWh/ Monat	19,80	24,60	19,80	für Energie	120,00	15,60	für Leistungsbereitstellung	120,00	Offentl.	Belieuchtung
Niederspannung	Haushalte													Mittelspannung
														Industrie
														Industrie
														Mittelspannung
														Leistungsbereitstellung
														Leistungsbereitstellung
														fur Leistungsbereitstellung
														für Leistungsbereitstellung
														für Energie
														fur Energie
														Belieuchtung
														Offentl.

Die Stromtarife für Verbraucher sind bewusst niedrig gehalten und sind in Bezugnahme der derzeitigen Rohstoffpreise nicht kostendeckend. 110 Escudos entsprechen 1 EUR.

3.4 Stromtarife

⁶ Apróvitemento da Energia Eléctrica para o Abastecimento de Agua Brava (Cabo-Verde), GTZ, 1999

theoretisch möglicher Energie definiert.

⁵ Der Auslastungsfaktor ist in der Kraftwerkstechnik als der Quotient zwischen tatsächlich produzierter und

kurzfristig etwas.⁶

parks, bei der 1995 sämtliche elektrischen Generatoren ausgetauscht wurden, andere daran nur von 90% auf unter 50 % drückten. Auch eine von der KfW finanzierte Rehabilitierung des Wind- lage (Generatorisolierung, Blattwinkelalagerung, Hydraulikanlage), die die technische Verfügbarkeit % entspricht. Danach zeigten sich Konstruktionsbedingte technische Mängel bei der Windkraftan- duzirte in den ersten beiden Betriebsjahren je 1.200 MWh, was einem Auslastungsfaktor von 46 % erprobung kleiner Windkraftanlagen in Entwicklungsländern⁷; Dieser Windpark wurde im Novem- ber 1989 in Mindelo an einem Standort mit hervorragenden Windverhältnissen errichtet und pro- KW bestehenden Windpark im Rahmen des BMFT/KfW Windkraftprojektes „Anwendungsnaher Energieversorgungsstoffs - ein häufig beobachtetes Phänomen bei Wind/Diesel-Systemen. 1986 begannen die ersten Planungen für einen aus 10 Windkraftanlagen des Typs AEROMAN 30 und Realisierung so stark gestiegen, dass das System nicht mehr leistungssstark genug war. Der Anschluss an das Verbundnetz von Santiago war billiger als eine Aufstellung des autonomen und Realisierung nur für wenige Monate im Inselbetrieb. Die Netzauslast der Ortschaft war zwischen mada ließ nur für wenige Monate im Inselbetrieb. Die Netzauslast der Ortschaft war zwischen 1985 wurden im Rahmen eines UNDP Projektes die ersten Stromproduzierenden Windenergien- analogen in Praia/Santiago errichtet. Im gleichen Jahr wurde mit der Planung eines Wind/Diesel- Systems begonnen, welche 1988 in Assomada/Santosso installiert wurde. Das Projekt in Asso- durch diese Aktivitäten gelangte die Windenergienutzung auf Kapverden ins internationale Blick- feld, was zu einer Reihe von mehr oder weniger erfolgrichen Windenergieprojekten auf dem In- seln führte.

Der Holländische Windenergiexpatriat CWD (Consulting Services Wind Energy Developing Count- ries) hat sich bereits Ende der 70er Jahre mit Windenergienutzung auf den Kapverden beschäfti- tigt. Ziel der damaligen Aktivitäten war die Entwicklung von verbesserten Windumpfanlagen. Durch diese Aktivitäten gelangte die Windenergienutzung auf den Kapverden ins internationale Blick- feld, was zu einer Reihe von mehr oder weniger erfolgricher Windenergieprojekten auf dem In- seln führte.

Schon früh wurde Windenergie auf Kapverden genutzt. Dabei wurde mittels einfacher Wind- pumpenanlagen aus Holz, Meerwasser in Becken gesammelt, wo das verdunstende Wasser Salz zu- rück liess und zum Handel verwendete wurde.

Der Holländische Windenergiexpatriat CWD (Consulting Services Wind Energy Developing Count- ries) hat sich bereits Ende der 70er Jahre mit Windenergienutzung auf den Kapverden beschäfti- tigt. Ziel der damaligen Aktivitäten war die Entwicklung von verbesserten Windumpfanlagen. Durch diese Aktivitäten gelangte die Windenergienutzung auf den Kapverden ins internationale Blick- feld, was zu einer Reihe von mehr oder weniger erfolgricher Windenergieprojekten auf dem In- seln führte.

1985 wurden im Rahmen eines UNDP Projektes die ersten Stromproduzierenden Windenergien- analogen in Praia/Santiago errichtet. Im gleichen Jahr wurde mit der Planung eines Wind/Diesel- Systems begonnen, welche 1988 in Assomada/Santosso installiert wurde. Das Projekt in Asso-

4 Erfahrungen mit Windenergie auf Kapverden

- 7 Seit 2 bis 3 Jahren nur mehr 1 Anlage in Betrieb
 8 Bei Standortbesichtigung 2 Anlagen in Betrieb
 9 Seit April 2003 nicht in Betrieb

No.	Windenergie-	Anlage	Betriebsweise	Ort	Betreiber	Gebert/ Investor	In Betrieb	VORBEREITUNG - WINDENERGIEUTZUNG IN CALHETA DE SÃO MIGUEL
1	2 x 55 KW	Vestas	Netzparallel	Praia/ Santiago	INT	UNSO/ DANIDA	Nein	20 Jahre.
2	1 x 55 KW	Bonus	Wind/Diesel	Assomada/ Santiago	INT	UNSO/ DANIDA	Nein	
3	1 x 30 KW	Lagerwey	Wind/Diesel	Tarafel/ Santiago	MDR	Holland	Nein	
4	10 x 30 KW	Aeroman	Netzparallel	Mindelo/ São Vicente	Electra	Deutsch-/ Land/ KfW	Nein	
5	1 x 75 KW	Vestas	Wind/Diesel	Santa Maria/ Morabéza	Sai	Hotel	Nein	
6	2 x 300 KW	NTK	Netzparallel	Palmela/ Sai	Electra	Danida/ Kapverden	Ja ⁷	
7	3 x 300 KW	NTK	Netzparallel	Mindelo/ São Vicente	Electra	Danida/ Kapverden	Ja	
8	3 x 300 KW	NTK	Netzparallel	Praia/ São Vicente	Electra	Danida/ Kapverden	Ja ⁸	
9	1 x 150	NTK	Wind/Diesel	Gemein- Brava	Gemein- de	GTM/ Danida	Nein	
10	5 x 15 KW	Vergnet	Netzparallel	Boa Vista	Gemein- de	Frankreich	Nein ⁹	
11	1 x 15 KW	Wind/Batterie	Matos/ Santiago	INERG	Frankreich	Nein		

Tabelle 2 Windenergiuprojekt auf Kapverden,