

Was braucht Windstrom ohne Netz?



Dipl. W.-Ing. Oliver Lütz

Schrift des Autors:
 CAB Projektbau
 GmbH, Freiberg,
 EPI – Energia, Projetos
 e Investimentos Ltda.,
 Porto Alegre, Brasilien
 UFRGS
 Universidade Federal
 do Rio Grande do Sul,
 Porto Alegre, Brasilien
 Telefon: + 55
 (0) 51 99332206
 e-mail: epi_brasilia@
 gmx.net

In Brasilien gibt es zwischen 2 und 2,5 Millionen Haushalte, die keinen Anschluss an das regionale Stromnetz haben. Nur 214 von 5.507 brasilianischen Gemeinden können einen Elektrifizierungsgrad von 100 Prozent nachweisen (Abbildung 1).

Es bestehen zwei Möglichkeiten, um eine leistungsfähige und betriebssichere Stromversorgung für Verbraucher aufzubauen – der direkte Anschluss an das Verteilernetz des lokalen Energieversorgers oder die Anbindung an kleine, nicht netzgebundene Energieversorgungsstationen. Nicht oder nur teilweise elektrifizierte Regionen konzentrieren sich in vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit geringer Infrastruktur sowie in zunehmend touristisch genutzten Regionen (wie Amazonas-Becken oder Pantanal). Um solche Erschließungs- oder Entwicklungsgebiete mit elektrischem Strom zu versorgen, sind dezentrale Energieerzeugungseinheiten eindeutig sinnvoller, da die Entfernung zu den Verteilernetzen groß ist, und somit die Kosten für den Aufbau einer netzgebundenen Stromversorgung nicht zu rechtfertigen sind.

Nutzung von Kleinwindkraftanlagen

Zur Energieerzeugung können Kleinwindkraftanlagen, Photovoltaikmodule, kleine Biogasanlagen und Wasserkraftturbinen sowie Dieselmotoren eingesetzt werden. Weder Wind, Sonne, Biomasse noch Wasser stehen jedoch ständig zur Verfügung; sie können somit allein keine kontinuierliche und verbraucherorientierte Energieversorgung gewährleisten. Die unter Kosten- und Versorgungsaspekten optimale sowie auch Umweltaspekte berücksichtigende Lösung ist die Nutzung mehrerer Energiequellen in einem Verbund – in einem Hybridsystem. Bei gleichzeiti-

ger Kombination mit einem Batteriespeicher können je nach Energieangebot unterschiedliche Quellen genutzt werden, die bei einem Überangebot elektrischen Strom in den Batterien speichern. Das Dieselmotorgenerat wird dann nur im Notfall zur Unterstützung zugeschaltet.

Insbesondere im Segment der Kleinwindkraftanlagen, die eine der Hauptkomponenten von Hybridsystemen darstellen, ist jedoch noch keine geeignete, leistungsfähige und betriebssichere Komponente in Südamerika disponibel. Ausgereifte Anlagentechnik und langjährige Erfahrung besteht nur im Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in Verbindung mit mechanischen Wasserpumpensystemen. Der Nennleistungsbe- reich der in Brasilien heute produzierten Kleinwindenergieanlagen zur Stromerzeugung bewegt sich bis 1,0 kW (Abbildung 2). Diese Maschinen sind zu leistungsschwach und insbesondere im Hinblick auf Steuer- und Regelbarkeit auch nicht so weit ausgereift, als dass sie für den Einsatz in Hybridsystemen in Frage kämen.

Spezifische Anforderungen an Klein-WEA

Die meisten der weltweit über 200 verfügbaren Modelle von Kleinwindkraftanlagen (bis 30 kW) werden in Europa sowie in Nordamerika produziert. Hier befinden sich auch, trotz des breiten Anwendungsspektrums, bis jetzt die Hauptabsatzmärkte. Die Anlagenhersteller haben deshalb ihre Maschinenteknik auf die Befriedigung der Anforderungen und Standortfaktoren (Klima, Anwendungsart, Infrastruktur, Preise, etc.) dieser Märkte konzentriert. Wird europäische oder amerikanische Kleinwindkraftanlagentechnik nach Brasilien importiert, ergeben sich eine Reihe von Anpassungsproblemen, die bei Missachtung zu stark verminderter Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit bis hin zum Ausfall der Anlage führen. Daneben erscheinen Importe dieser Technik wegen der um ein

Vielfaches höheren Produktionskosten in Europa und der anfallenden Transportkosten aus finanzieller Sicht unattraktiv.

Rotorblätter

Die meisten existierenden Kleinwindkraftanlagen haben eine Anlaufwindge-

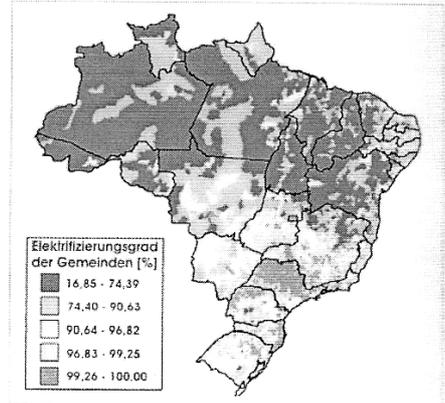


Abbildung 1. Elektrifizierungsgrad in Brasilien

schwindigkeit von 3-5 m/s und erreichen ihre Nennleistung bei einer Windgeschwindigkeit von 12-13 m/s. Sie sind auf diese Weise auf eine maximale Energieausbeute ausgelegt. Ziel bei dezentralen Energieversorgungssystemen zur Elektrifizierung entlegener Standorte ist allerdings nicht ein größtmöglicher jährlicher Energieertrag, sondern eine möglichst gleichmäßige Energieerzeugung, da kurzzeitig hohe Energieerträge stets wachsenden Regelungsaufwand bedeuten und in Speichersystemen (Batterien) gepuffert werden müssen. Eine schwachwindtaugliche Kleinwindkraftanlage, die bei einer Windgeschwindigkeit von ca. 2 m/s anläuft und die ihre Nennleistung bei 8-9 m/s erreicht, wäre optimal. Hierzu ist eine Erhöhung des aerodynamischen Wirkungsgrades der Rotorblätter, wie bei den Großanlagen schon weitgehend entwickelt, notwendig.

Brasilien besitzt mit seiner rund 8.000 Kilometer lange Atlantikküste ausgedehnte Areale mit stark salzhaltiger Umgebungsluft. Das Salz greift die Oberflächenstruktur der Rotorblätter an und lagert sich mit der Zeit dort ab. Verschleiß sowie Salzablagerungen am Rotor verändern dessen Profil und somit seine aerodynamischen Eigenschaften, was zu erheblichen Mindererträgen führt. Zur Verschleißminderung und Leistungsoptimierung sind deshalb

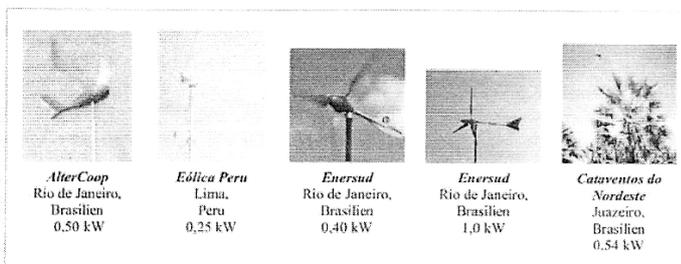


Abbildung 2. Kleinwindkraftanlagentechnik aus Südamerika, speziell Brasilien

neue Rotorwerkstoffe oder Beschichtungen notwendig, die eine Salzanlagerung ausschließen oder vermindern.

Mastsystem

Bei den Masten für Kleinwindkraftanlagen unterscheidet man prinzipiell zwischen Rohrmasten (meist abgespannt) und Gittermasten. Beide können aus verzinktem Stahl gefertigt werden, wodurch sie den klimatischen Bedingungen in Brasilien ohne größere Probleme widerstehen. Entscheidend für den Einsatz in abgelegenen Regionen ist aber auch die Transportfähigkeit und die möglichst einfache Montage. Die Mastkomponenten müssen ohne große Ansprüche an das Transportmittel hinsichtlich Nutzlast und Abmaßen an jeden noch so entlegenen Ort zu bewegen sein. Am Aufstellungsstandort sollte der Mast (inklusive Gondel) ohne

gement der Batterien, abzubremsen. In dem für den Einsatz in Inselnetzen interessanten Leistungsbereich ab 5kW

werden, zum Beispiel durch Einsatz verschleißärmerer Bremsklötze in Kombination mit einer automatischen Nach-

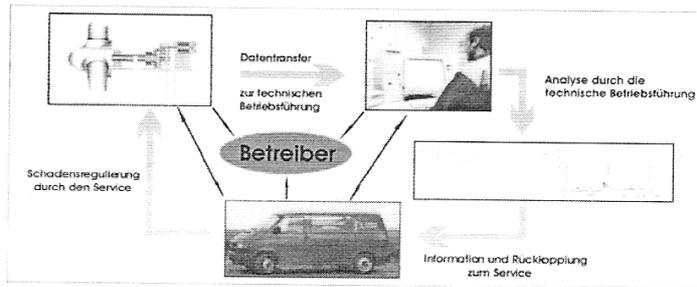


Abbildung 3: Erweiterung, Wartung, Service und Erhaltung von Betriebs- und Versorgungsanlagen bei gleichzeitiger Senkung der Betriebskosten durch zustandsorientierte Instandhaltung

aufwärts brauchen die Maschinen ein weiteres Bremssystem. Dies kann über die Blattwinkelverstellung der Rotorblätter (pitch) oder über den Einsatz

stellenrichtung. Idealerweise sollte eine kontinuierliche Bremsverschleißanzeige in die Zustandsüberwachung integriert werden.



Dipl. Ing. Andreas Lietzmann

Anschrift des Autors:
Heliolec Betriebs- und
Verwaltungsgesellschaft
mbH, Freiburg
EAB Projektbau
GmbH, Freiburg,
Telefon: +49
(0) 3731/2608-0,
Fax: +49
(0) 3731/2608-26,
e-mail: a.lietzmann@
eab-group.de

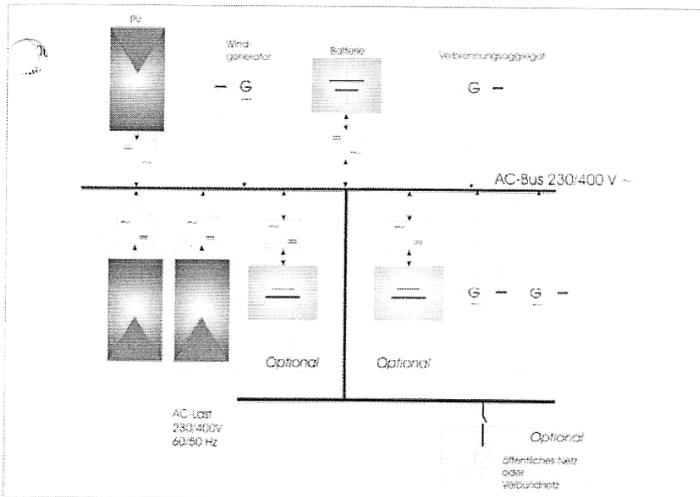


Abbildung 4: Erweiterbare, modular strukturierte Hybrid-Anlage mit AC-gekoppelten Komponenten für optionalen Insel- oder Netzparallelbetrieb bei unterschiedlichen elektrischen Netzbedingungen

Kran schnell montierbar sein, die Komponenten werden in der Waagerechte am Boden installiert und die komplette Windkraftanlage anschließend, zum Beispiel mit einer (Auto-) Seilwinde, aufgerichtet. Im Gegenzug kann die Anlage dann auch leicht, ohne großen Kostenaufwand zu Wartungs- und Reparaturzwecken sowie bei Unwettergefahr wieder umgelegt werden.

Bremssystem

Beim Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in autarken Inselnetzen ist eine gut funktionierende Bremse notwendig. In der Leistungsklasse <5 kW wird überwiegend der Generator kurzgeschlossen, um die Anlage abzubremsen. Dies ist kein geeignetes Verfahren, um die Anlage regelmäßig, zum Beispiel in Verbindung mit dem Dumpladmana-

einer Scheibenbremse am Triebstrang realisiert werden.

Die Auslegung der meisten existierenden Kleinwindkraftanlagen auf den Netzparallelbetrieb führt allerdings dazu, dass bis heute eingesetzte Scheibenbremsen auf etwa zwei bis vier (Not-)Bremsungen pro Monat ausgelegt sind. Im Inselnetzbetrieb kommt es aber zu wesentlich häufigeren Bremsungen, einerseits zum Schutz des Batteriesystems, andererseits bei der kurzzeitigen Netztrennung zur Umschaltung auf das Dieselnetz (sofern Teil des Inselnetzes). Für so häufige Bremsvorgänge sind existierende Scheibenbremsen aber ungeeignet, da sie einem zu großen Verschleiß ausgesetzt wären. Für die Nutzung von Kleinwindkraftanlagen im Inselbetrieb muss also generell das Bremssystem optimiert

Zustandsüberwachung über Datenfernübertragung

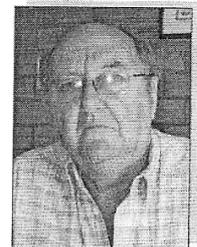
Bei Windkraftanlagen im Megawatt-Bereich ist es üblich, über ein kontinuierliches Überwachungssystem (Abbildung 3) den Betriebszustand der Anlage zu überwachen. Bei Störungen oder Fehlerverdacht wird per Datenfernübertragung eine Wartungszentrale, in der die Zustandsüberwachung mehrerer Anlagen zusammenläuft, informiert, so dass Sofortmaßnahmen zur Fehlerbeseitigung eingeleitet werden können. Für den Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in abgelegenen Regionen in Brasilien sollten solche Systeme auch vorgesehen werden. So könnten von einer Zentrale aus alle Anlagen überwacht und bei Ausfällen sofort reagiert werden. Dies erhöht die Betriebs- und somit Versorgungssicherheit deutlich. Durch die zustandsorientierte Instandhaltung werden die Betriebskosten soweit gesenkt, dass sich letztlich die für das System zusätzlich anfallenden Kosten teilweise amortisieren.

Gehäuse mit Maschinensatz

Beim Einsatz von Windkraftanlagen in Meeresnähe brauchen diese auch spezielle Vorkehrungen gegen Korrosion. Weder salzhaltige und feuchte Luft noch Flugsand oder Staub dürfen ins Innere des Maschinenhauses eindringen. Das Gehäuse ist deshalb zu kapseln. Die Kühlung der Maschine muss ohne Außenluft umgesetzt werden.

Elektrische Einbindung

Die Auslegung von Kleinwindkraftanlagen sollte immer auf unterschiedliche elektrische Netzbedingungen erfolgen. Der Generator muss im autarken Inselnetz in Verbindung mit einem



Prof. Dr. Ing. Lirio Schaeffer

Anschrift des Autors:
UFRGS -
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, Brasilien,
Telefon: +55
(0) 51/99917469,
Fax: +55
(0) 51/33167312,
e-mail:
schaeffer@ufrgs.br

Literatur

- Ministério de Minas e Energia, Luz para Todos, Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, Manual de Operação, Brasília 2003
- UNDP – United Nation Development Programme, Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (IDH-M), Brasília 2003
- Lietzmann K.-D., Lütz D., Schaeffer L., EVTEC - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica e Comercial, Projeto de pesquisa: Desenvolvimento de componentes de alta performance para pequenas unidades aerogeradoras em sistema híbrido, Edital FAPERGS 007/2004, Porto Alegre 2005
- Anneida J. A., Magalhães dos Santos S., Machado C., Projeto de pesquisa: Desenvolvimento de componentes de alta performance para pequena unidade aerogeradores em sistema híbrido, Edital FAPERGS 007/2004, Rio Grande 2005
- IMA – Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Diagnosesystem zur Zustandsüberwachung von Windkräftanlagen, Dresden 2004
- Lietzmann A., Fröhler D., Abschlussbericht der EAB zum Förderprojekt "Autarke Energieversorgung durch regenerative Energien – Auter", Freiberg 2005
- Iset – Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V., Forschungsbericht für das Kasseler Symposium Energie-Systeme 2004, Kleine Windkraftanlagen für modulare Hybridsysteme – Entwicklung und Prototypentest, Kassel 2004
- Yanrui Wu, Deregulation and growth in China's energy sector – a review of recent development, Energy Policy, China 2003
- Renewable Energy World, Rural Electrification for Morocco, Großbritannien 2000
- United Nations Industrial Development Organization (Unido), CDM Investor Guide South Africa, Südafrika 2003

Batteriewechselrichter zur Kopplung aller Systemkomponenten auf der AC-Seite und der Netzbildung, wie auch netzparallel in Kombination mit einem Wechselrichter zur Einspeisung in das öffentliche Netz betrieben werden können (Abbildung 4). Der Großteil der heute auf dem Markt erhältlichen Modelle ist jedoch ausschließlich auf eine Frequenz von 50 Hz ausgelegt.

Bedienbarkeit und Betriebssicherheit

Beim Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in Hybridstationen muss der sichere Anlagenbetrieb ohne technische Vor-Ort-Betreuung möglich sein. Daraus lassen sich Anforderungen an eine einfache Bedienbarkeit ohne Spezialwissen, eine hohe Lebensdauer bei langen Wartungsintervallen sowie eine hohe Betriebs- und Personensicherheit herleiten. Auch der Betriebsführungseinheit fällt dabei eine entscheidende Rolle zu, so muss neben der kontinuierlichen Erfassung und Aufzeichnung sämtlicher Betriebszustände der Anlage und Übermittlung der wichtigsten Anlageninformationen an die Fernüberwachung ein Höchstmaß an Betriebsunabhängigkeit vor Ort gewährleistet werden. Dies umfasst das automatische und ferngesteuerte Auslösen von Reaktionen wie das Betätigen, Lüften und Nachstellen der Bremse oder den sanften Netzaufschaltung.

Perspektiven

In Brasilien leben heute rund 12 Millionen Menschen in ländlichen Regionen ohne Anschluss an elektrischen Strom. Sie stellen keinen interessanten Markt für die Stromversorger dar, da die potenziellen Kunden zu isoliert und auch untereinander weiträumig zerstreut liegen. Die Investitionen, die nötig wären, um diese Regionen durch die Anbindung an die Verteilernetze zu erschließen, wären, verglichen mit den Rückflüssen durch die Stromtarife, enorm und letztlich unrentabel. Hieraus ergibt sich ein großes Potenzial, zum Einsatz dezentraler Energieversorgungsstationen auf Basis der Nutzung regenerativer Energiequellen.

Die Entwicklung solcher Regionen ist in wirtschaftlicher sowie sozialer Hinsicht unmittelbar abhängig vom Elektrifizierungsgrad. Dieser Zusammenhang ist auch Grundlage für politische Entscheidungen in Brasilien geworden (Tabelle 1). Eine der Finanzierungsquellen für dezentrale Energieversorgungseinheiten ist heute das Ende 2003 gestartete Programm "Luz para Todos" (Strom für Alle), das entsprechenden Gemeinden Mittel zum Aufbau solcher Systeme zur Verfügung stellt.

Auf der anderen Seite gibt es eine große Nachfrage in der Landwirtschaft. Hier

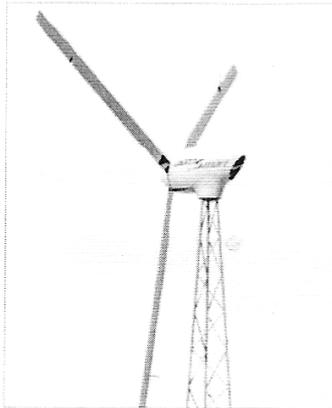


Abbildung 5: Draufsicht auf Nahtkombianlage aeromart5, entwirrt durch ein Konsortium aus SMA, IEE und Iset

werden heute oft Dieselaggregate eingesetzt, um netzferne elektrische Wasserpumpensysteme (insbesondere beim bewässerungsintensiven Reisanbau) und Unterkünfte von Farmarbeitern mit elektrischem Strom zu versorgen.

Eines der ambitioniertesten und technisch ausgereiftesten Projekte zur Entwicklung einer neuen, für den Einsatz in Hybridsystemen tauglichen Kleinwindkraftanlage ist heute die aeromart5 (Abbildung 5). Sie wurde von einem Konsortium aus SMA Technologie AG, aerodyn Energiesysteme GmbH, der Universität Kassel (IEE - Institut für Elektrische Energietechnik) und dem Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) entwickelt. Die umfangreiche Erprobung dieser Anlage in den vielfältigen Einsatzgebieten, so auch unter südamerikani-

schen Standortbedingungen, beginnt gerade. Im Rahmen der Produktion einer Vorserie soll diese Anlage, neben der ebenfalls neu entwickelten und speziell für den Netzparallelbetrieb ausgelegten Aircon 10 von Aircon International, auch in Südbrasilien in Zusammenarbeit mit den Universitäten UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul und FURG - Fundação Universidade Federal do Rio Grande sowie der cab technology group (Freiburg) aufgebaut und neben einer bereits im Test befindlichen Moratec

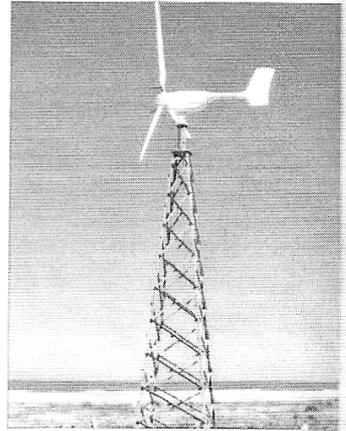


Abbildung 6: In Nähe der südbrasilianischen Stadt Rio Grande zu Erprobung installierte Kleinwindkraftanlage von Moratec

Windkraftanlage (Abbildung 6) unter den örtlichen Betriebsbedingungen erprobt werden.

Zusammenfassung

Für den Einsatz von kleinen Windkraftanlagen in Hybridsystemen zur Elektrifizierung nicht netzgebundener Regionen unter brasilianischen Standortbedingungen ist noch umfangreiche Entwicklungs-, Anpassungs- und Erprobungsarbeit notwendig, um einen zuverlässigen und autarken Anlagenbetrieb gewährleisten zu können. Erforderliche Entwicklungsschwerpunkte liegen dabei im Bereich der Rotorblätter, des Mastsystems, der Anlagenlebensdauer und -betriebsicherheit sowie insbesondere des Bremssystems.

Der Spagat zwischen generell erforderlicher Robustheit und Zuverlässigkeit der gesamten Anlagentechnik bei gleichzeitig minimalen Kosten stellt die größte Herausforderung bei der Forschung und Entwicklung dar. Die Kosten für Service und Reparatur einer Kleinwindkraftanlage im brasilianischen Hinterland durch qualifiziertes Fachpersonal können die gesamten Systemkosten leicht überschreiten. ■

	Staatliche Programme zur ländlichen Elektrifizierung	Gesamtfördermittel [Mio. €]	Zeitraum
Brasilien	Luz para Todos	3.680,00	2003 - 2008
China	Song Dian Dao Cun	1.025,00	2005 - 2010
Marokko	Programme National pour l'Electrification Rurale Global	1.477,00	1996 - 2007
Südafrika	Integrated National Electrification Programme	1.525,70	2001 - 2011

Tabelle 1: Auswahl umfangreicher Förderprogramme zur Elektrifizierung ländlicher Regionen