

Export erneuerbarer Energietechniken – ländliche Elektrifizierung

Einleitung

Zu den häufigsten Anwendungsbereichen erneuerbarer Energien in der netzfernen, ländlichen Energieversorgung gehören heute Kochen, Beleuchtung, Heizung und Kühlung sowie andere kleine Bedarfszwecke wie Antriebsenergie und Wasserpumpen. In vielen Entwicklungsländern wird ein Großteil des Gesamtprimärenergiebedarfs durch „traditionelle“ Biomasse bereitgestellt. So betrug 2001 dieser Anteil in Afrika 49%, in Asien 25% und in Lateinamerika 18%. Dazu gehört in erster Linie die Verbrennung von Holz, Abfällen (Reststoffen) aus Land- und Forstwirtschaft, Dung und anderen unverarbeiteten Biomassebrennstoffen für häusliche Koch- und Heizzwecke sowie Prozesswärme. [1]

Elektrizität als Grundlage für Wohlstand und Entwicklung steht für rund 1,6 Milliarden Menschen in schätzungsweise 360 Millionen Haushalten [1] in dünn besiedelten, abgelegenen Regionen gar nicht zur Verfügung, da der Anschluss an ein Stromnetz vielfach zu teuer ist. So genannte Solar Home Systeme können hier eine bescheidene Grundversorgung mit speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten bieten. Hybridsysteme, auf Basis verschiedener erneuerbarer Energien (z. B. Photovoltaik, Wind), Speichern und kleinen konventionellen Backup-Aggregaten (z. B. Dieselgeneratoren) ermöglichen stabile Wechselstromversorgungen, die auch den Bedarf von Produktionsanwendungen decken und damit wirtschaftliche Entwicklung ermöglichen.

Sozio-ökonomische Analysen

Projekte zur ländlichen Elektrifizierung bedürfen zunächst einer Analyse der sozio-ökonomischen Randbedingungen. Der Energiebedarf von Haushalten in ländlichen Gebieten hängt sehr stark vom Einkommen der Bewohner ab. In der Regel steigt er mit dem Einkommen einer Familie. In einer Studie in Mexiko [2] werden die Verbraucher in zwei Gruppen eingeteilt: Die Gruppe mit niedrigem Einkommen verfügt über 2 bis 7 Euro monatlich und setzt meist Holz und Kerzen für die Basisversorgung ein. Die Gruppe mit höherem Einkommen verfügt über 9 bis 17 Euro im Monat und nutzt Batterien beispielsweise für Radio und Fernsehen.

Nach der Analyse des momentanen Energieverbrauchs kann eine Abschätzung des zu erwartenden elektrischen Lastprofils im Falle einer Elektrifizierung vorgenommen werden. So ergab sich für das mexikanische Beispiel für die Gruppe mit geringem Einkommen ein täglicher Energiebedarf von etwa 0,2 kWh für Beleuchtung, Rundfunk und Fernsehen bei einer Anschlussleistung von zusammen rund 50 Watt. Bei den höheren Einkommen wurde der fünf-fache Energiebedarf (1 kWh) bei dreifacher Summenleistung (150 W) ermittelt.

Neben der Analyse der privaten Verbraucher müssen Produktionsanwendungen berücksichtigt werden, die teilweise bereits vorhanden sind und von der Elektrifizierung hinsichtlich ihrer Produktivität profitieren. Darüber hinaus ermöglicht der Aufbau einer Dorfstromversorgung die Etablierung neuer gewerblicher Zweige. Diese Produktionsanwendungen besitzen in der Regel einen deutlich höheren Energiebedarf insbesondere aber höhere Spitzenleistungen als die privaten Haushalte. In *Abb. 1* ist eine solche Konfiguration mit 99 privaten Haushalten (klassifiziert in vier Gruppen), einer ländlichen Klinik und einer Fischfabrik in einer ländlichen Region Mexikos dargestellt (vgl. [2]). Aus dieser Untersuchung

Prof. Dr. Peter
Zacharias
ISET
pzacharias@
iset.uni-kassel.de

Prof. Dr. Jürgen Schmid
ISET
jschmid@iset.uni-kassel.de

Prof. Dr.
Petra Schweizer-Ries
Universität Magdeburg
Petra.Schweizer-Ries@
GSE-W.Uni-Magdeburg.de

Dr. Matthias Vetter
Fraunhofer ISE
matthias.vetter@
ise.fraunhofer.de

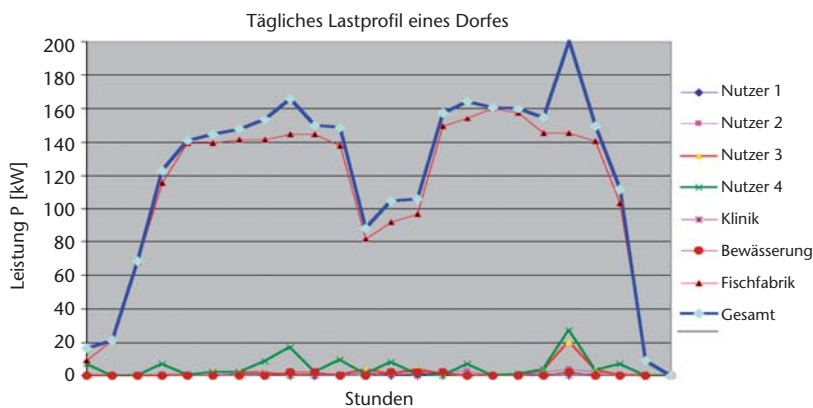


Abbildung 1
Tägliches Lastprofil für ein ländliches Dorf in Mexiko mit 99 privaten Haushalten (klassifiziert in vier Gruppen), einer ländlichen Klinik und einer Fischfabrik. Der tägliche Verbrauch liegt bei 2849 kWh, die Spitzenleistung bei 200 kW [2].

wird deutlich, dass Produktions-Anwendungen für einen im Vergleich zu den privaten Haushalten wirtschaftlich interessanten Energieumsatz und somit für niedrigere Preise in Dorfstromsystemen sorgen können.

Systeme zur netzfernen Stromversorgung

Solar-Home-Systeme bestehen im einfachsten Fall aus einem Photovoltaik-Modul, einer Solarbatterie und einem Laderegler und bieten eine bescheidene Grundversorgung bis zu einigen 100 W. Sie erlauben den Betrieb von speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Fernsehern, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten. Solche Systeme werden zwar in vielen Ländern (z.B. Marokko) als erster Schritt aus der Armut geschätzt, haben jedoch das Image „Energie für die Armen“ zu sein. Perspektiven, wie den Aufbau einer modernen Werkstatt, eines Dienstleistungsbetriebes oder einer Industrieanlage, lassen sich auf der Grundlage solcher Kleinstsysteme allerdings nicht entwickeln.

Für Produktionsanwendungen ist eine stabile Wechselstromversorgung mit ausreichender Leistung von etwa 3 Kilowatt bis hin zu einigen Megawatt notwendig. Zur sicheren und umweltfreundlichen Versorgung bieten sich hier Hybrid-systeme oder Mini-Netze an, die den Strom in vielen Fällen wirtschaftlicher als herkömmliche Dieselaggregate erzeugen können. Dank der Entwicklungen auf den Gebieten der Leistungselektronik und der Kommunikationstechnik lassen sich heute mit modernen Wechselrichtern

flexible, modulare und erweiterbare Versorgungsstrukturen für Elektrizität und Kommunikation realisieren, die die gleiche Versorgungsqualität wie in den Industrieländern bieten. Werden solche Systeme vernetzt, so können Effekte der Vergleichmäßigung des Energieverbrauchs genutzt werden, um weitere Kostenreduktionspotenziale auszuschöpfen.

Vor allem aber sollen die Versorgungssysteme problemlos mit den steigenden Ansprüchen wachsen können. Hat beispielsweise ein Kleinbetrieb wirtschaftlichen Erfolg, muss er seine Energieversorgung effizient ausbauen können. In der Vergangenheit war dies technisch eingeschränkt, da mehrere Wechselrichter nur mit einer so genannten Master-Slave-Schaltung parallel betrieben werden konnten. Ein Master-Wechselrichter gibt dabei die Frequenz vor, während alle weiteren (Slaves) dieser Frequenz folgen. Darüber hinaus erfordert die Leistungsaufteilung zwischen diesen Geräten ein sorgfältiges aufeinander abgestimmtes Design und eine Kommunikationsverbindung zwischen Master und Slaves. Rotierende Generatoren hingegen können problemlos parallel arbeiten, wie das Verbundnetz zeigt. Dieses ist insbesondere in der Abhängigkeit ihrer Frequenz von der Leistung begründet. Der resultierende „frequenzvariable“ Betrieb ermöglicht eine Synchronisation ohne zusätzliche Kommunikations- oder Synchronisationseinrichtungen. Stationär stellt sich eine gemeinsame Frequenz ein. Dieses Prinzip nutzt ein neues Regelungsverfahren [3] mit dem sich Stromrichter maschinenähnlich verhalten. Es vereinfacht die parallele Einspeisung von Strom aus beliebig vielen, dezentralen über Stromrichter angekoppelten Quellen in ein dennoch stabiles Mini-Netz und ermöglicht eine neue Qualität der Versorgungssicherheit. [4]

Das erste Mininetz, in dem frequenzvariable Wechselrichter typische Lasten verschiedener Haushalte versorgen, wurde 1999 auf der griechischen Insel Kythnos installiert [4] und arbeitet seit dem zuverlässig. In einem netzfernen Tal sind 12 Haushalte an ein einphasiges 230 Volt / 50 Hertz Netz angeschlossen. Fünf Photovoltaikgeneratoren mit einer Gesamtleistung von 11 Kilowatt speisen Wechselstrom an verschiedenen Orten ein.

Als Back-up-Aggregat wurde ein kleiner Diesellgenerator mit 5 kW elektrischer Leistung installiert. Die Häuser sind an das Mininetz über Energiezähler und Lastregler angeschlossen, welche die Lasten bei geringer Frequenz vom Netz trennen. Das System wird über eine Satelliten(GSM)-Verbindung überwacht, ferngesteuert und parametriert.

Die Variation der Netzfrequenz wird sowohl für die Primärregelung des Netzes als auch für das Energiemanagement der verteilten Stromquellen und Lasten genutzt [4]. Das Konzept gestattet die Bereitstellung von Spitzenstrom, z. B. für den Start von Motoren. Und es liefert andererseits ausreichend Kurzschlussstrom im Störfall, um Sicherungen auszulösen. Die Last und insbesondere auch die Leistungsspitzen werden zwischen den Batteriewechselrichtern und dem Generatorensatz ohne zusätzliche Kommunikationstechnik aufgeteilt. Wenn die Batterie geladen werden muss, wird die Netzfrequenz gesenkt. Falls nötig, werden die Diesellgeneratoren gestartet und falls die Frequenz unter 48 Hz sinkt, wird die Last abgetrennt. Ist die Batterie voll aufgeladen oder wird eine Leistungsbeschränkung entsprechend der eingebauten Laderegulierung benötigt, registrieren die verteilten PV-Wechselrichter eine höhere Netzfrequenz und drosseln stetig ihre Leistungsabgabe.

Über 500 weitere Pilotsysteme zur modularen, erweiterbaren Stromversorgung sind in den vergangenen fünf Jahren weltweit, beispielsweise in Gambia [5], Namibia, Uganda, Südafrika, China, Indien, Brasilien, USA, Australien, Neuseeland, Portugal, Spanien, Italien, Tschechien, Österreich und Deutschland, installiert worden. Bei ersten Anlagen in Ghana, Tansania und Indonesien soll nun der Dieseltreibstoff des Back-up-Aggregates durch Öl aus der heimischen und für Mensch und Tier ungenießbaren Jatropha-Pflanze ersetzt werden. Andere Ansätze zielen auf die Nutzung von Biogas als speicherbare Back-up-Energie ab.



Nachhaltiger Betrieb von Dorfstromsystemen

Um Mininetze nachhaltig betreiben zu können, lassen sich verschiedene Managementsysteme anwenden. Alle müssen so organisiert werden, dass sich der Aufwand für Betrieb, Wartung und Ersatz der Komponenten für die gesamte Systemlebensdauer rechnet.

Das EVU-Modell

Basierend auf der traditionellen Energieversorgung der Industrieländer ist bei diesem Modell ein Energieversorgungsunternehmen (EVU) verantwortlich für die Stromerzeugung und muss sicherstellen, dass die Energienachfrage vollständig befriedigt wird. Die Verbraucher zahlen für die zur Verfügung gestellte Energie. In vielen ländlichen Gebieten decken die Einkünfte aus dem Energieverkauf aber nicht die Kosten der Bereitstellung. Die Differenz wird im Allgemeinen aus den Einkünften von städtischen Verbrauchern oder durch Regierungsmitteln ausgeglichen. Dieses Modell eignet sich besonders für Mininetze in isolierten Dörfern, Gebieten oder Regionen, die eventuell später an das nationale Stromnetz angeschlossen werden. Das nationale EVU ist von Anfang an in die Installation der Mininetze und die Energiebereitstellung einbezogen. Endverbraucher haben keine Wartungsaufgaben und tragen keine Verantwortung für das Stromversorgungssystem, sie müssen aber sicherstellen, dass ihr Verbrauchsverhalten das Mininetz nicht überlastet.

*Abbildung 2
Ankunft einer
Pilotanlage eines
Photovoltaik-Diesel-
Hybridsystems in
Containerbauweise für
die Versorgung eines
Gesundheitszentrums
in Gambia [5]*

Abbildung 3
Grundsätzlich ist es für Erfolg und nachhaltigen Betrieb von Elektrifizierungsprojekten von entscheidender Bedeutung zwischen den teilweise sehr unterschiedlichen Kulturen der beteiligten Projektpartner zu vermitteln.



Dies kann z. B. über Tarfsysteme erreicht werden. Steigt die Nachfrage, muss die Versorgung entsprechend zunehmen. [6]

Das Gemeinschaftsmanagement-Modell

Dieses Modell baut auf die eigene Kraft und Fähigkeit ländlicher Gemeinschaften auf, es arbeitet mit der Verantwortlichkeit der Menschen. Generell funktioniert das System mit Nachfrageberechnungen, Tarfsystemen und falls nötig mit Fördermitteln. In diesem Modell sind der Aufbau lokaler Kompetenzen und örtliches Training wichtige Merkmale. Die Beteiligung des Endverbrauchers ist ein zentrales Element. Je kleiner und isolierter diese Gemeinschaften sind, desto besser kann dieses Modell angewandt werden. Zuerst wird ein Verbraucherkomitee gegründet, was die Neuschaffung einer örtlichen Organisation beinhalten kann. In sehr kleinen Gemeinschaften mit weniger als 12 Haushalten (bzw. Energieverbrauchseinheiten) wird jeder Haushalt in die Entscheidungen einbezogen. In mittleren Gemeinschaften (mit weniger als 300 Menschen) werden Vertreter gewählt; größere Gemeinschaften müssen „verschachtelt“ werden, d. h. es erfolgt eine Aufteilung in kleinere Sektionen. Sowohl Energieverbrauch als auch Energieerzeugung wird von den Gemeinschaften organisiert, mit ihrem Spezialwissen über lokale Bedürfnisse und Einschränkungen. Die Gemeinschaften sind hier voll verantwortlich. Für Installation und regelmäßige Inspektion bedarf es Experten von außen, welche von den Gemeinschaften selbst finanziert werden. [6]

Das Unternehmer-Modell

Hier sind die Verbraucher ausschließlich Kunden. Jeder Endverbraucher kauft entweder den Strom oder die Energiedienstleistungen von einem lokalen Unternehmen. Das Unternehmen ist voll verantwortlich für das gesamte Versorgungssystem. Ähnlich wie beim Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind ökonomische Anreize zu fördern, derartige Systeme zu installieren und zu betreiben. Dabei besteht das Ziel darin, das Unternehmen auf eine ökonomisch nachhaltige Weise zu betreiben. Das bedeutet, alle finanziellen Forderungen abzusichern, längerfristig Kosten zu senken und auch zusätzliches Einkommen zu generieren [6].

Das könnte wie ein Franchiseunternehmen¹ strukturiert sein, das den höchst möglichen Preis erzielen möchte, wie ein normales Unternehmen. Es wäre von Vorteil, wenn auch Fördermodelle und/oder Regierungskreditsysteme vorhanden sind.

¹ Beim Franchising stellt ein Franchise-Geber einem Franchise-Nehmer die Nutzung eines Geschäftskonzeptes gegen Entgelt zur Verfügung.

Zusammenfassung und Ausblick

Solar Home Systeme bieten eine bescheidene Elektrizitätsgrundversorgung mit speziellen Gleichstromverbrauchern, wie Radios, Lampen oder einfachen Haushaltsgeräten. Automatisierte Hybridsysteme, eingesetzt in Mikronetzen zur Dorfstromversorgung, mit erneuerbaren Energien wie Photovoltaik und Windanlagen, mit Speichern und kleinen konventionellen Back-up-Aggregaten (z.B. Dieselgeneratoren) ermöglichen stabile Wechselstromversorgungen. Die modularen Strukturen begünstigen einen einfachen Ausbau im Falle einer steigenden Energienachfrage und können damit eine wachsende Wertschöpfung unterstützen. Bewährtes System-Know-how und in Deutschland entwickelte Qualitätskomponenten bieten schon heute wirtschaftliche Lösungen und haben ihre Leistungsfähigkeit in zahlreichen Pilotanlagen weltweit unter Beweis gestellt.

Es ist nun an der Zeit, einen breiten Feldtest in einem ausgesuchten Land oder in einer ausgewählten Region zu beginnen. Zwischen 5 und 40 Euro geben Familien in Entwicklungsländern monatlich für Kerzen, Kerosin oder Batterien (zur Einmalverwendung) aus. Mit diesem Basisbetrag als Eigenbeteiligung und den vorgestellten Finanzierungs- und Geschäftsmodellen ließen sich auch Hybridsysteme bzw. Mini-Netze auf der Basis hochtechnologischer deutscher Systemkomponenten finanzieren.

Zur Vermeidung weiterer Landflucht und Bevölkerungswanderungen sowie zur globalen CO₂-Verringerung sind Überlegungen notwendig, Grundgedanken des Erneuerbare-Energien-Gesetzes auf die Bildung von Anreizen in der ländlichen Elektrifizierung zu übertragen. Für nachhaltige Wirtschaftsbeziehungen gilt es dabei, strategische Partnerschaften zu entwickeln, zwischen den unterschiedlichen Kulturen zu transformieren sowie die stetige Bereitschaft zu wahren, voneinander zu lernen.

Literatur:

- [1] REN21 Renewable Energy Policy Network. 2005: Globaler Statusbericht 2005 Erneuerbare Energien; Washington DC; Worldwatch Institute; www.ren21.net
- [2] B. Ortiz: Can carbon credits contribute to finance projects for rural development? Konferenzband 21. European PV Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8.9.06, Dresden.
- [3] A. Engler: Patent 101 40 783, Vorrichtung zum gleichberechtigten Parallelbetrieb von ein- oder dreiphasigen Spannungsquellen, Anmeldung: 21.08.2001; A. Engler, P. Strauß: Markenmuster SelfSync, Anmeldung: 23.09.2003
- [4] C. Villalobos Montoya, J. Reekers, P. Schweizer-Ries, P. Strauss, S. Tselepis: Two years of PV-Hybrid stand alone Systems on the island of Kythnos: A socio-technical analysis. 2nd European Conference on PV Hybrid and Minigrids 2003, Kassel, p. 392-396
- [5] R. Geipel, P. Isfort, M. Landau, J. Schmid, P. Schweizer-Ries, P. Strauß, M. Vandenbergh: Experience with the Electrification of a Gambian Village; Konferenzband 21. European PV Solar Energy Conference and Exhibition, 4-8.9.06, Dresden.
- [6] J. Schmid, P. Schweizer-Ries, P. Strauss: Photovoltaik-Mininetze für die ländliche Entwicklung. Elektrizität abseits der Stromnetze. Erneuerbare Energien, 12/2003, (Jg. 13), 53-55.