



Hürden der ländlichen Stromversorgung mit erneuerbaren Energien

Die netzunabhängige Stromversorgung ländlicher Gebiete auf der Basis erneuerbarer Energien hat zwei wesentliche Vorteile: Sie senkt die Armut bei gleichzeitig minimalen Emissionen von Treibhausgasen. Netzunabhängige erneuerbare Energiesysteme sind insbesondere für weit entfernte, dünn besiedelte ländliche Gebiete mit geringer Nachfrage geeignet. Das Ziel der Armutsbekämpfung wird jedoch nicht erreicht, wenn nicht zusätzliche Planungs- und Investitionsmaßnahmen durchgeführt werden, die sicherstellen, dass die Elektrizität für produktive Zwecke genutzt werden kann.

Hürden beim Aufbau ländlicher erneuerbarer Stromversorgungssysteme betreffen sowohl den Zugang zu als auch die Fortsetzung von derartigen Projekten, die bisher ihr Potenzial nicht erreicht haben. Zu den wichtigsten Ergebnissen unserer Analyse gehört erstens die Verbesserung der Informationen über ländliche Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (inklusive ihrer entwicklungs- und klimapolitischen Vorteile) bei Entscheidungsträgern sowie über kostengünstige Optionen der Implementierung. Zweitens müssen Stromversorgungssysteme besser an die Bedürfnisse und Kapazitäten der betroffenen Gemeinden angepasst werden.

Warum ist die ländliche Stromversorgung wichtig?

Der Aufbau ländlicher Stromversorgungssysteme ist für viele Länder ein wesentliches Entwicklungsziel, da immer noch etwa 1,6 Milliarden Menschen keinen Zugang zu Strom haben. Dies zu ändern, ist eine wichtige Voraussetzung für die Armutsbekämpfung, denn zwischen dem Energieverbrauch pro Kopf und dem Niveau der menschlichen Entwicklung besteht ein positiver Zusammenhang.

Darüber hinaus spiegelt der fehlende Zugang zu Strom häufig bestehende gesellschaftliche Ungleichheiten wieder, die bspw. auf ethnische Zugehörigkeiten zurückgehen. So sind in Lateinamerika indigene Gruppen häufig von der Elektrizitätsnutzung ausgeschlossen, wie z. B. in abgelegenen Gebieten der Anden oder in den Bundesstaaten Oaxaca und Chiapas in Südmexiko, was ihre Marginalisierung verstärkt. Der Aufbau einer ländlichen Stromversorgung ist damit ein wichtiger Ansatz zur Förderung der Integration dieser Gruppen.

In der Vergangenheit sind viele Ansätze der ländlichen Elektrifizierung auf Schwierigkeiten gestoßen. Im Folgenden werden die wesentlichen Hürden analysiert und Lösungsansätze benannt. Der Fokus liegt dabei auf erneuerbaren Energien, die in der entwicklungspolitischen Praxis an Bedeutung gewonnen haben, da sie einen doppelten Vorteil bieten: Sie bieten die Chance zur Armutsreduzierung, ohne die Treibhausgasemissionen zu erhöhen. Die Darstellung beruht auf Felduntersuchungen in verschiedenen Ländern zu den Erfolgsfaktoren der ländlichen Stromversorgung, den praktischen Erfahrungen der Autor(inn)en bei der Finanzierung und Beratung ländlicher Elektrifizierungsprojekte und dem Literaturstudium.

Wir nehmen Bezug auf die Erfahrungen verschiedener Länder; Beispiele aus China und Indien sind jedoch von besonderem Interesse: Hier ist eine auf erneuerbaren Energien beruhende ländliche Stromversorgung angesichts der hohen Bevölkerungszahlen und hohen Wachstumsraten besonders wichtig. Darüber hinaus verfügen beide Länder über einen großen Erfahrungsschatz im Bereich der erneuerbaren Energien.

Optionen der ländlichen Stromversorgung: netzunabhängige Systeme auf der Basis erneuerbarer Energien

In vielen Entwicklungsländern stellt die netzunabhängige Stromversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien den besten Ansatz für eine integrierte Strategie der ländlichen Elektrifizierung und Armutsbekämpfung dar. Die Kosten der Stromversorgung durch Netzanschluss oder netzunabhängige Systeme setzen sich im Wesentlichen zusammen aus:

- der Entfernung vom Netz;
- der Gesamtzahl an Haushalten, die versorgt werden sollen;
- dem erwarteten Stromverbrauch pro Haushalt;
- den Brennstoff- und Brennstofftransportkosten (bspw. im Fall von Dieselgeneratoren);
- der Verfügbarkeit von erneuerbaren Energieträgern;
- der Fähigkeit, die gewählte Technologie zu bedienen und zu warten (durch lokale Ausbildungsmaßnahmen oder externe Experten);
- den Anlagekosten.

Ländervergleichende Analysen zeigen, dass für ländliche Gemeinden, die weitab vom Elektrizitätsnetz liegen und nur eine geringe Stromnachfrage haben, netzunabhängige Versorgungssysteme die kostengünstigste Lösung darstellen. Netzunabhängige Systeme auf der Basis erneuerbarer Energien haben zusätzliche Vorteile: Sie nutzen lokale Ressourcen als Energieträger und bilden damit häufig langfristig die kostengünstigste Option für die Grundversorgung mit Strom. Die meisten Systeme nutzen gegenwärtig Sonnen- und Windenergie, Biomasse oder kleine Wasserkraftwerke. Darüber hinaus vermeiden solche Energien Emissionen, die sich negativ auf die Gesundheit der Menschen bzw. das globale Klima auswirken können, wie sie bspw. bei Dieselgeneratoren auftreten. Aus diesen Gründen hat die Globale Umweltfazilität (GEF) begonnen, derartige Vorhaben zu finanzieren.

Bisher wurden in abgelegenen Gebieten häufig Dieselgeneratoren für die netzunabhängige Stromversorgung bevorzugt, vor allem weil sie eine gut eingeführte und zuverlässige Technologie darstellen. Dies kann sich jedoch in Zukunft ändern, da das Bewusstsein über ihre negativen Nebeneffekte zunimmt. Dazu gehören schädliche Emissionen, hohe Kosten für den Dieseltransport und die Anfälligkeit für Preisschwankungen.

Alternative Energietechnologien, die auf lokal verfügbaren Ressourcen beruhen, sind kostengünstiger und den Gefahren externer Preisschocks weniger ausgesetzt. Die so eingesparten Mittel können, bei richtigen Anreizen und einer engagierten lokalen politischen Führung, für soziale Entwicklungsinvestitionen eingesetzt werden, anstatt Brennstoffkosten zu decken.

Wesentliche Hürden beim Aufbau ländlicher erneuerbarer Stromversorgungssysteme

Eine Reihe von Hürden erschweren die Nutzung erneuerbarer Energien bei der ländlichen Elektrifizierung, so dass ihre Vorteile nicht genutzt werden können. Diese Hürden bestehen sowohl beim Zugang als auch bei der Fortführung von Projekten. Zugangshürden sind solche, die Investoren oder Regierungsstellen daran hindern, erneuerbare Technologien auszuwählen. Das kann an hohen Kosten für die Anfangsinvestitionen liegen oder an einer fehlenden Vertrautheit mit diesen Technologien. Fortführungshürden sind solche, die eine Realisierung aller Ziele verhindern bzw. eine kontinuierliche Stromversorgung eines bestimmten Gebietes bzw. neuer Gebiete erschweren. Typische Beispiele für Fortführungshürden liegen im Bereich der Wartung und von Nachsorgemaßnahmen.

Wesentliche Zugangshürden sind:

Inadäquate Finanzierungsmechanismen: Fehlende Mittel bzw. ihre verspätete Auszahlung haben bei der ländlichen Elektrifizierung häufig dazu geführt, dass Projekte nicht beendet oder mit Teilen in geringerer Qualität ausgestattet wurden, die häufige Reparaturen erfordern. Dies erklärt sich teilweise dadurch, dass netzunabhängige Lösungen in Entwicklungsländern häufig durch kleine Elektrizitätsversorgungsunternehmen aufgebaut werden

müssen, die nur kleine ländliche Märkte versorgen können. Je kleiner das durchschnittliche Unternehmen ist, desto eher gerät es in kurzfristige Zahlungsschwierigkeiten, die es kaum durch eine kostengünstige private Kreditaufnahme überbrücken kann. Die Verbesserung finanzieller Kapazitäten ist hier erforderlich, einschließlich maßgeschneiderter Subventionsprogramme in bestimmten Fällen. Insbesondere Kredite zu niedrigen Zinsen sind sinnvoll, um Investitionen in ländliche Stromversorgung zu sichern. Lange Rückzahlungsfristen sind ebenfalls wichtig, da derartige Projekte typischerweise Laufzeiten von 20 Jahren oder mehr haben und die Anfangsinvestitionen hoch sind. In China bspw. hat der Staatsrat im Falle ländlicher Elektrifizierung mit den Banken Rückzahlungsfristen von 20 Jahren vereinbart.

Darüber hinaus ist es essenziell, die Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit der Nutzer zu berücksichtigen. Die hohen Kosten der Elektrifizierung werden sonst zum Vorwand, um keine Versorgung bereitzustellen. In der Regel wird die Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit der späteren Nutzer die Projektentwickler überraschen, vor allem nachdem diese über den Nutzen der Stromversorgung im Vergleich zu Kerosin aufgeklärt worden sind sowie über Optionen zum Energiesparen und zur Erhöhung der Produktivität (v. a. für Kleinbetriebe). Berechnungen der Zahlungsfähigkeit und -bereitschaft können der öffentlichen Verwaltung dabei helfen, den Bedarf und Umfang von Subventionen für den Elektrizitätsverbrauch besser abzuschätzen.

Ein wichtiger Aspekt nachhaltiger Finanzierungsmodelle für ländliche Stromversorgungsprogramme sind die Zahlungen der Nutzer. Deren Entgelte ermöglichen den Betrieb und die Wartung der Systeme sowie Erträge zur Deckung der Bauinvestitionen. Das Design eines zuverlässigen Programms zur Erfassung der Entgelte ist notwendig, um die Energieversorgungsunternehmen für die Bereitstellung zu motivieren. In Chinas Programm zur ländlichen Elektrifizierung gibt es zwei Phasen: a) die Einzelhaushalte zahlen für die hausinterne Verlegung der Kabel und für den Einbau des Zählers, b) Dorfausschüsse werden gebildet, um die Mittel für den Bau der Stromtrassen und Umschaltwerke einzusammeln, um (rotierende) Verantwortliche für das Ablesen der Zähler und bestimmte Wartungsaufgaben zu benennen und um nach dem Bau die anfallenden Nutzungsentgelte einzusammeln. Nicht alle Nutzer können jedoch für die Stromversorgung zahlen. In China werden daher ärmere Haushalte zu geringeren Preisen bzw. kostenlos versorgt.

Informationshürden: Schwierigkeiten beim Zugang zu Information bestehen bei Endnutzern wie bei Entscheidungsträgern. In Indien hat sich bspw. fehlendes Wissen über erneuerbare Energietechnologien als erhebliche Hürde für die Umsetzung von entsprechenden Programmen erwiesen. Politiker sind sich nicht immer der Kosten und Sparpotenziale alternativer Energietechnologien bewusst; dasselbe trifft auf Hausbesitzer und Privatunternehmer zu. Ebenso wenig besteht ausreichendes Wissen über die politischen Maßnahmen, die erforderlich sind,

um den Marktzugang für erneuerbare Energien zu erleichtern.

Dies betrifft jedoch nicht nur Indien. In anderen Entwicklungsländern ist die Informationslage über das Potenzial und die Vorteile alternativer Energien für abgelegene ländliche Nutzer noch schlechter. Sollen also erneuerbare Energieversorgungssysteme in Gebieten mit verfügbaren Ressourcen aufgebaut werden, muss zunächst die Informationshürde bei Entscheidungsträgern, Politikern und Endnutzern genommen werden.

Fehlende ergänzende Investitionen: Der reine Zugang zu Elektrizität reicht nicht aus, um die Armut zu bekämpfen. Wie überall auf der Welt schätzt die ländliche Bevölkerung in Entwicklungsländern nicht den Zugang an sich, sondern die wirtschaftlichen Chancen, die sich dadurch erschließen lassen. Deshalb haben ländliche Stromversorgungsprogramme, die keine ergänzenden Investitionen in produktiven Bereichen vorsahen, nur einen begrenzten Erfolg bei der Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen gehabt, mit negativen Auswirkungen auf die politische und finanzielle Unterstützung für diese Programme.

Die produktive Nutzung von Elektrizität im ländlichen Raum umfasst: 1. „Harte“ Infrastruktur (z. B. Wasserpumpen für den Haushalt und die Bewässerung; Zugang zum Telefonnetz und zum Internet); 2. soziale Infrastruktur (moderne Hilfsmittel wie Video für lokale Schulen und die verbesserte apparative Ausstattung von Gesundheitszentren); 3. häusliche Nutzung (bspw. elektrische Mühlen und Nähmaschinen), 4. Warenproduktion (Konservierung und Weiterverarbeitung von Agrarprodukten für den lokalen Markt oder den Export); 5. Nutzung durch kleine Dienstleistungsbetriebe (Beleuchtung und Kühlung in kleinen Geschäften, besserer Komfort in Restaurants und Pensionen für den Tourismus); 6. Dienstleistungen auf Gemeindeebene (z. B. Radiosender).

Betreiber ländlicher Stromversorgungsprogramme sollten von Anfang an eine Komponente für die Förderung der produktiven Stromnutzung in den betreffenden Gebieten vorsehen, einschließlich von Maßnahmen zur finanziellen Förderung und technischen Beratung. Private Unternehmen und Nichtregierungsorganisationen (NROs) können hier wichtige Partner sein: Unternehmen als Abnehmer neuer oder zusätzlicher Güter, die von der Gemeinde angeboten werden können, während lokale NROs unter Umständen wissen, welche Apparate im lokalen Gesundheitszentrum am dringendsten gebraucht werden.

Institutionelle und Entscheidungshürden: In Institutionen bestehen in der Regel verschiedene Hürden und Verhaltensmuster, die Entscheidungsprozesse begrenzen können. Eine davon ist Zeitmangel: Wenn die Stromversorgung zur dringenden Priorität wird (bspw. in Wahlkampfzeiten, wenn der Druck, die Grundversorgung zu verbessern, steigt), müssen Entscheidungen kurzfristig gefällt werden. Unter Zeitdruck neigen Entscheidungsträger dazu, hergebrachte Technologien auszuwählen, für die keine zusätzlichen Daten erhoben oder Test-

phasen vorgesehen werden müssen. Wie bereits dargestellt, begrenzen damit fehlende Daten über Ressourcen und fehlende Informationen über Technologien eine rationale Entscheidungsfindung. Eine weitere Hürde bei der Technologieauswahl sind Zugangsschwierigkeiten: konventionelle Technologien erfordern weniger Besuche vor Ort unter schwierigen geographischen oder politischen Bedingungen in der Planungsphase und sind deshalb oft attraktiver für Projektentwickler. Schließlich ist eine weitere Entscheidungshürde fehlendes Vertrauen in vorhandene menschliche Kapazitäten: Die Partizipation der lokalen Bevölkerung bei der Planung und Implementierung von Stromversorgungsmaßnahmen wird zwar in den Plänen meist hochgehalten, in der Praxis wird sie jedoch kaum umgesetzt. Projektentwickler gehen in der Regel davon aus, dass die Entscheidung über Energietechnologien in den Händen der Experten liegen sollte, da diese letztlich den sorgsamsten Umgang mit ihr beherrschen. Vertreter der lokalen Bevölkerung in die Planung und Umsetzung der Projekte einzubeziehen, ist kompliziert, weil dies Zeit und Informationsarbeit (bspw. für Konsultationen der Gemeinde) erfordert. Darüber hinaus sind vor Projektbeginn Investitionen in die Stärkung lokaler Institutionen erforderlich sowie in Bildung, Ausbildung und Vertrauensbildung.

Die Einbeziehung der lokalen Bevölkerung ist jedoch wichtig. Lokale Unternehmen sollten kontaktiert werden, um ihre Erfahrungen kennenzulernen, bspw. im Bereich der Zahlungsbereitschaft und des Nutzerverhaltens. Koordination mit den Herstellern und langfristige Vereinbarungen mit lokalen Händlern kann dabei helfen, dass Ersatzteile über die gesamte Lebensdauer der Anlagen gekauft werden können.

Im Entscheidungsprozess ist es wichtig, nicht nur Angebotsaspekte zu berücksichtigen, sondern auch die Nachfrage der Nutzer, den Strombedarf und die verschiedenen Endnutzungen. An der Entscheidungsfindung sollten nicht nur Energieexperten beteiligt sein. Energiebereitstellung ist eine Voraussetzung für verbesserte Bedingungen in vielen anderen entwicklungsrelevanten Sektoren (u. a. Landwirtschaft, Bildung, Gesundheit). Multidisziplinäre Teams sind notwendig, um sicherzustellen, dass diese Wechselbeziehungen auch genutzt werden können.

Inadäquate Technologieauswahl/kulturelle Hürden: Beim Design von Stromversorgungsprojekten werden häufig lokale Ressourcen und Kapazitäten nicht ausreichend in Bezug zu den vorhandenen technologischen Optionen gesetzt, was zu einer inadäquaten Technologieauswahl führt. In der Regel werden weder genug Anstrengungen unternommen, um Technologien auszuwählen, die den Bedürfnissen der betreffenden Gemeinde am ehesten entgegenkommen, noch genug Trainingsmaßnahmen angeboten, um die Gemeinde auf den Betrieb und die Wartung der Anlagen vorzubereiten. Wenn die Gemeinde nicht ausreichend informiert und ausgebildet wird, kann sie aus Unkenntnis die Anlage als negativ für ihre traditionelle Kultur bewerten.

Um eine inadäquate Technologieauswahl zu vermeiden, müssen Finanzierungsinstitutionen und Organisationen der technischen Beratung ihr eigenes Personal entsprechend fortbilden sowie ausreichende Fortbildungsmaßnahmen vor Ort vorsehen. Die Technologieauswahl muss sich an angemessenen Systemstandards und Normen ausrichten, um die Kompatibilität der Anlage und ihren sicheren kostengünstigen Betrieb zu gewährleisten. Ein positives Beispiel dafür liefert China: Die Regierung lieferte Baumaterialien, wie bspw. Stahl, in ausgewählte Demonstrationsgebiete. Die Turbinen für kleine Wasserkraftwerke wurden von lokalen Herstellern produziert, während die Provinzregierungen die Ausbildung der lokalen Techniker für Betriebs- und Wartungsaufgaben finanzierte. Wie schon in der Vergangenheit hält China auch weiterhin an der Nutzung kostengünstiger Technologien und lokaler Materialien fest sowie an der Nutzung lokaler menschlicher Ressourcen.

Fehlen von Nachsorgemaßnahmen und Aufgabe von Projekten: Die Aufgabe von Projekten und fehlende Nachsorgemaßnahmen sind eine häufig übersehene Hürde für den anhaltenden Erfolg ländlicher Elektrifizierung auf der Basis erneuerbarer Energien. In einigen Fällen – dafür gibt es eindeutige Beispiele überall auf der Welt – haben Entwicklungsagenturen, NROs oder öffentliche Verwaltungen Energieprojekte durchgeführt, die später scheiterten, entweder weil die externen Mittelzuflüsse eingestellt wurden oder weil sich die Regierungen zurückgezogen hatten.

Um die Aufgabe von Projekten zu vermeiden, ist es wichtig, nicht nur die Anlage regelmäßig auf Wartung und Reparaturarbeiten hin zu überprüfen, sondern auch das Zufriedenheitsniveau der Nutzer zu registrieren. Auf diese Weise werden die Gemeinden auch weiterhin in die Lösung ihrer Stromversorgungsprobleme einbezogen. Notwendige Veränderungen können eingeführt werden, bevor die Frustration über Servicemängel eskaliert und die Gemeinde ihr Projekt aufgibt.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Erneuerbare Energien können dabei helfen, zwei Ziele zu erreichen: die Sicherung der Grundbedürfnisse zu verbessern und gleichzeitig die negativen Auswirkungen konventioneller Energien zu vermeiden. Obwohl der Beitrag der einzelnen lokalen Projekte zur allgemeinen Emissionsminderung gering ist, kann der globale aggregierte und langfristige Beitrag immens sein, wenn 1,6 Milliarden Menschen in den nächsten Jahrzehnten Zugang zu Strom erhalten sollen. Aus diesem Grund ist es notwendig, Institutionen zu stärken und Entscheidungsträger zu befähigen, Entscheidungen über Stromversorgungsprogramme auf einer besseren Informationsgrundlage zu treffen. Diese Entscheidungen müssen auf realen Daten Grundlagen (z. B. detaillierten Karten zur geographischen Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger) beruhen, die gegenwärtig in vielen Entwicklungsländern fehlen. Erforderlich sind darüber hinaus Fortbildungsmaßnahmen zu

erneuerbaren Energien und der Zugang zu adäquaten und einfachen Instrumenten und Methoden, mit denen die optimale Energietechnologie für ein gegebenes Gebiet ermittelt werden kann. In einigen Gebieten werden erneuerbare Energien nach wie vor nicht die beste Option darstellen. Deshalb ist es wichtig, über die Technologieauswahl von Fall zu Fall neu zu entscheiden. In jedem Fall muss aber auch sorgfältig auf den Betrieb geachtet werden: Nachsorge und Wartung sind essenziell für den Projekterfolg und für die zukünftige Umsetzung ähnlicher Projekte.

Darüber hinaus ist es notwendig, die produktive Nutzung der Elektrizität so stark wie möglich zu fördern. Dazu gehört die Verbesserung der sozialen Grunddienste (Bildung, Gesundheit) ebenso wie Einkommen schaffende Aktivitäten (z. B. Förderung kleiner Unternehmungen durch Kühlhäuser, die bspw. Fischern die Kommerzialisierung ihrer Ware erleichtern). Die produktive Nutzung wird nicht automatisch mit der Stromversorgung einhergehen, sondern muss durch zusätzliche Maßnahmen gefördert werden. Dadurch kann die armutsreduzierende Wirkung ländlicher Elektrifizierung erheblich verstärkt werden.



Adriana Valencia
(adrianam@berkeley.edu)
ist Expertin für Umwelt
und erneuerbare Energien.



Georg Caspary
(georg.caspary@gmail.com)
ist Ökonom und auf Infra-
struktur spezialisiert.

Die Autoren haben bei der Umsetzung von Projekten zur Elektrifizierung mit erneuerbaren Energien in Entwicklungsländern mitgearbeitet.

Literatur:

- Martinot, E. / A. Cabraal / S. Mathur (2001): World Bank/GEF solar home system projects: Experiences and lessons learned 1993–2000, in: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 5 (1), 39–57
- Reddy, B. S. (2001): Barriers to the diffusion of renewable technologies: A case study of the State of Maharashtra, India, Roskilde: UNDP Collaborating Centre on Energy and Environment / Risø National Laboratory
- Valencia, A. / G. Caspary (2008): Expanding the benefits of globalization through electricity access, New Haven, Conn.: Yale Center for the Study of Globalization, im Erscheinen
- X. Yao / D. F. Barnes (2007): National support for decentralized electricity growth in rural China, in: D. F. Barnes (ed.), *The challenge of rural electrification: Strategies for developing countries*, 1. ed., Washington, DC: Resources for the Future

