



Neues Betriebssystem für Inselnetze

Photovoltaik-Hybridanlagen versorgen netzferne Orte zuverlässig und preiswert mit Energie



Selbst in einem abgelegenen Dorf, abseits der öffentlichen Stromversorgung, gibt es einen modernen Alltag mit Radio, Waschmaschine und Elektrogeräten. Es ist energetisch eine „Insel“. Den Strom liefert eine Hybridanlage, die verschiedene regenerative Stromquellen und einen zusätzlichen Dieselmotor kombiniert, gepuffert durch ein Batteriesystem. Ein Informations- und Steuerungsnetzwerk mit einem neuen Betriebssystem hält das Inselnetz (Mini-Grid) stabil.

Das vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE gemeinsam mit dem Industriepartner Steca entwickelte Kommunikationsprotokoll Universal Energy Supply Protocol (UESP) ermöglicht in dezentralen Stromversorgungen ein optimiertes Zusammenspiel von Erzeugern und Verbrauchern. Ist zur Betriebsführung ein übergeordnetes Energiemanagement System (EMS) verfügbar, berechnet dieses einen optimierten Fahrplan und steuert die einzelnen Verbraucher und Erzeuger. Ohne EMS verteilt die Batterie ihren Ladezustand im Netzwerk, sodass Erzeuger und Speicher sich dementsprechend zu- oder abschalten können. Die Ergebnisse des UESP-Projektes fließen in eine neue CANopen Anwendungsspezifikation CiA 454 Energy Management Systems ein. Diese nutzt die Firma KACO new energy in einem Forschungsvorhaben, in dem sie größere Inselnetze konzipiert, die auch Gewerbemaschinen versorgen und bei Bedarf auch an öffentliche Netze gekoppelt werden können.

Der potenzielle Markt für autonome Stromversorgungen ist groß: Rund 1,4 Milliarden Menschen in ländlichen Regionen haben noch keinen Stromanschluss. Ein weiteres Einsatzgebiet sind Mess- und Verkehrsleitsysteme sowie Telekommunikationsanlagen. Nach Schätzungen von Fraunhofer ISE gibt es in Europa rund 300.000 Häuser

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

und Gastgewerbebetriebe ohne Anschluss an das öffentliche Stromnetz. Hier können regenerative Energien sehr gut eingesetzt werden: Oft ist es wirtschaftlicher, Strom mit einer Solaranlage zu erzeugen, als das Versorgungsnetz auszubauen oder Dieselgeneratoren zu nutzen.

Kleinere Inselnetze mit dem UESP-System steuern

Zum Aufbau eines Inselnetzes verbindet das UESP-Protokoll als Open-Source-Plattform alle Komponenten wie Generatoren, Wechselrichter, Speicher und Lasten. Diese werden mit einer intelligenten Schnittstelle ausgestattet, über die sie miteinander kommunizieren können, ein Teil der Systemintelligenz wird auf sie ausgelagert. Das System bietet Geräteschnittstellen, Kommunikations- und Datensoftware für den Betrieb von Insel-Hybrid-Anlagen. Alles funktioniert nach dem Plug-and-Play Prinzip: Wenn Komponenten hinzugefügt oder entfernt werden, wird nur eine minimale zusätzliche Systemeinstellung notwendig. Mit den neuen standardisierten Komponenten wird es einfacher, PV-Hybridanlagen aufzubauen, zu betreiben und zu erweitern.

Die gesamte Anlage wird von einer zentralen Steuereinheit verwaltet, die die üblichen Verläufe von Verbrauch sowie Leistungsabgabe der regenerativen Quellen erfasst und auswertet. Aus den erhobenen Daten über Betriebszustand und Kosten errechnet die Zentrale automatisch, wie die Erzeuger, Speicher und Verbraucher kombiniert werden müssen, um Angebot und Nachfrage möglichst kostengünstig abzustimmen. Das System kann auch zur Verbrauchspreis-Festsetzung und zur Rechnungserstellung genutzt werden.

Das UESP-Projekt nutzt zur Kopplung von Generatoren und Lasten DC-Technologie, denn bei Anwendungen wie kleinen Dorfstromnetzen, Telekommunikation sowie Messdaten-Erfassung werden Gleichstromverbraucher versorgt. Die DC-Kopplung ist für kleine und mittlere Leistungen wirtschaftlich und zuverlässig, auf etliche Spannungswandler kann verzichtet werden. PV-Modul, Batterien oder Brennstoffzellen liefern Gleichspannung. Geräte, die Wechselspannung (AC) brauchen, werden direkt über einen Wechselrichter versorgt. Doch prinzipiell kann das System auch AC-gekoppelte Systeme managen.

Das Kommunikationssystem arbeitet (weitgehend) mit handelsüblichen Komponenten sowie vorhandenen Industriestandards; es gewährleistet herstellerübergreifend einen sicheren Datenaustausch zwischen diesen und der zentralen Betriebsführung. Das System ist störsicher und redundant aufgebaut, Stromversorgung und Kommunikation sind getrennt. Intern verwaltet es steuerbare, beeinflussbare und nicht steuerbare Verbraucher, Speicher sowie steuerbare und stochastische Erzeuger.

Das Projekt ist auf eine Gleichstromanlage ausgelegt mit Spannungen von 12 V, 24 V, 48 V, 120 V und mit Strömen bis zu 150 A je nach Anlagengröße.

Zur Weiterentwicklung von Komponenten und zum Test des Systems wurde eine UESP-Demonstrationsanlage am Fraunhofer ISE eingerichtet. Verschiedene Energieversorgungsnetze wurden aufgebaut und getestet: eine autonom versorgte Umweltmessstation im Thüringer Wald, ein Funkturm bei Offenburg sowie eine Dorfstromversorgung auf Sri Lanka. In einem EU-Projekt zum Betrieb einer Wasseraufbereitungsanlage in Ägypten (Abb. 3) wird die Kommunikationsinfrastruktur von UESP auf die neue CANopen Anwendungsspezifikation CiA 454 Energy Management Systems umgestellt.

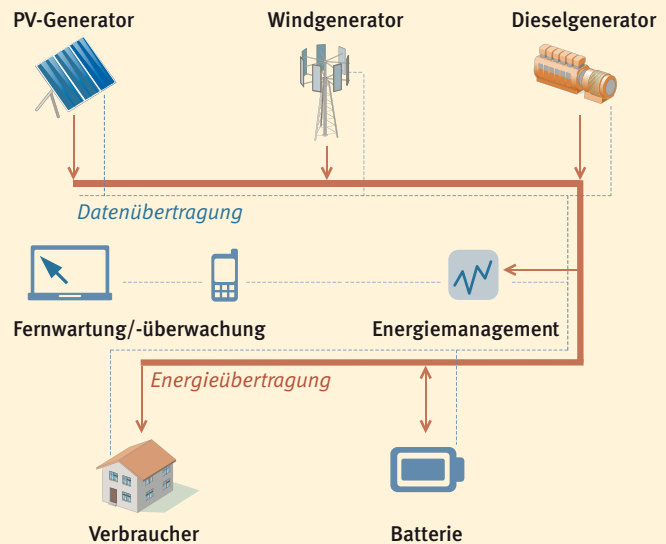


Abb. 1 Einfaches UESP-System zur Versorgung eines Verbrauchers (mit separater Anbindung und Versorgung der intelligenten Interfaces).
Quelle: Fraunhofer ISE / KACO new energy GmbH

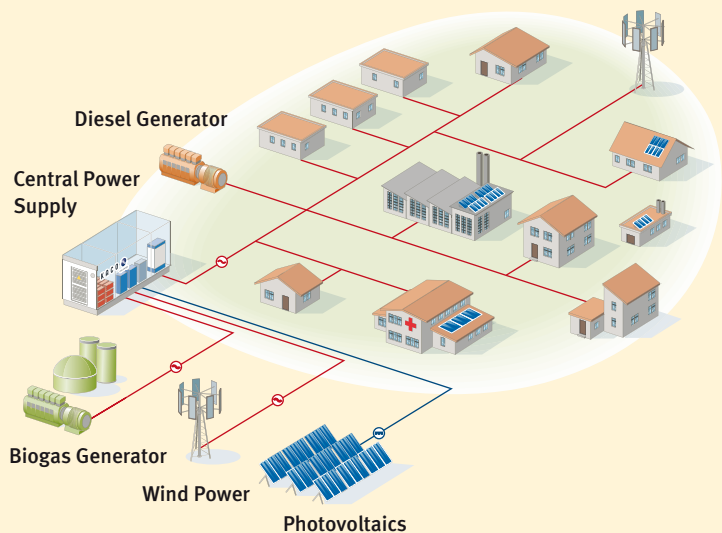


Abb. 2 Das neue Anlagenkonzept für größere Inselanlagen verbindet Wechselstrom- und Gleichstromquellen zu einem regionalen Netz- und Speichersystem.
Quelle: KACO new energy GmbH

Konzept für eine dezentrale Dorf-Stromversorgung

Die Erfahrungen von UESP fließen ein in ein neues Photovoltaik-Hybrid-System für die Dorfstromversorgung auf Wechselstrom-Basis, das Forscher von Fraunhofer ISE und der Firma KACO new energy in einem bis Mitte 2013 laufenden Projekt entwickeln. Es vernetzt unterschiedliche Verbraucher und Energiequellen mit einer standardisierten Kommunikationsinfrastruktur und einem übergeordneten Energiemanagementsystem (EMS). Dieses sorgt dafür, dass das verwaltete Inselssystem möglichst effektiv und preiswert arbeitet und die eingesetzten Ressourcen energetisch und wirtschaftlich optimal einsetzt. Zugleich erfasst und steuert es die Energieflüsse zwischen Erzeugern, Speichern und Verbrauchern, um eine sichere Versorgung zu gewährleisten. Über das EMS wird der vorzeitige Verschleiß von Komponenten wie Batterie und Dieselgenerator verhindert. Das eingebundene Verbrauchersmanagement-System steuert auf Grundlage von (zuvor durch Messungen ermittelten) Erzeuger- und Lastprognosen das Nutzerverhalten und schaltet Lasten flexibel und angebotsorientiert. So werden zum Beispiel Wasserpumpen dann gestartet, wenn Energie reichlich und günstig zur Verfügung steht. Mit diesem Lastmanagement gelingt es weitgehend, das System stabil



Photovoltaik-Hybridsysteme

Während in südlichen Ländern oft ein reines PV-Batterie-System zum Aufbau einer Inselstromversorgung ausreicht, ist es in Regionen mit weniger intensiver Sonneneinstrahlung sinnvoll, ein Hybridsystem aufzubauen, das Photovoltaik, Windkraft- und Biogas- oder Dieselaggregate kombiniert. Dann genügt gegenüber einer reinen PV-Anlage ein deutlich kleinerer PV-Generator, um das „Winterloch“ des Solarertrags sowie Verbrauchsspitzen auszugleichen.

Im Hybridsystem sorgt ein automatisches Energiemanagement-System (EMS) dafür, dass die Stromversorgung rund um die Uhr gesichert, die Solarenergie optimal genutzt und die Batterie schonend be- und entladen wird. Das EMS überwacht den Ladezustand der Batterie; wenn dieser unter den eingestellten Grenzwert fällt, startet der Dieselgenerator, versorgt die angeschlossenen Verbraucher und lädt die Batterie wieder auf. Je nach Größe und Verbraucherzusammensetzung werden Hybridsysteme konzipiert als Gleichstrom (DC)-Systeme, gemischte Gleichstrom-Wechselstrom (DC/AC)-Systeme oder reine Wechselstrom (AC)-Systeme. Für Bauernhöfe oder kleinere Betriebe werden oft gemischte Systeme aufgebaut. Zentrales Element im Netz sind Solarladeregler bzw. multifunktionale Wechselrichter. Sie versorgen die angeschlossenen Verbraucher, laden die Batterien mit Strom aus der PV-Anlage oder der zweiten Stromquelle oder entnehmen aus den Batterien nach Bedarf Energie für das Inselnetz.

Neuer Kommunikationsstandard

Als „Treibersoftware“ für Hybridsysteme haben die Forscher von Fraunhofer ISE einen standardisierten Kommunikationsbus entwickelt und erprobt. In diesem „EnergyBus“-System sind nun die Inhalte von UESP eingearbeitet. Im aktuellen Stand der Entwicklung werden die einzelnen Geräte über das CANopen-Protokoll vernetzt, einem in der Automatisierungstechnik verbreiteten Standard. Das zentrale EMS arbeitet mit dem Anwendungsprofil „CiA (CAN in Automation) 454 Energy Management Systems“. Das ursprünglich für Elektrofahrräder und Elektrofahrzeuge entwickelte Protokoll wurde für die Steuerung von PV-Anlagen angepasst. Es ermöglicht die Kommunikation zwischen den Geräten der PV-Anlage, ihre Steuerung und Diagnose. Das EMS kommuniziert mit den Systembauteilen weiterhin wie bei UESP über den Feldbus CAN (Controller Area Network). Lediglich das übergeordnete anwendungsorientierte Protokoll hat sich geändert und basiert nun auf dem CANopen Standard. Für Verbrauchermanagement, Datenerfassung und Fernwartung werden Schnittstellenstandards wie z. B. PLC, Mbus und TCP/IP genutzt. Die Vorteile von UESP bleiben erhalten: Die standardisierte Kommunikationsinfrastruktur vereinfacht die Planung und Installation von Photovoltaik-Hybridsystemen, neue Systemkomponenten können nach dem Prinzip „Plug and Play“ eingefügt werden. In der im Forschungsprojekt mit der Firma KACO new energy konzipierten Dorfstromversorgung ermöglicht das neu entwickelte CiA-Kommunikationsprotokoll die herstellerübergreifende Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten.



Abb. 3 Der Tracker richtet die konzentrierenden PV-Module exakt auf den Stand der Sonne aus. Im Inselsystem von Wadi Al Natroon in Ägypten versorgen sie Wasserpumpen mit elektrischer Energie, die Kommunikation erfolgt über das standardisierte CANopen Protokoll. Quelle: Fraunhofer ISE



Abb. 4 Die Bündelfunkanlage für Kommunikation und Überwachung einer regionalen Eisenbahnlinie auf dem Brandeckkopfturm bei Offenburg wird mit einer PV-Hybridanlage betrieben. Quelle: Steca Elektronik GmbH

zu halten. Außerdem helfen die intelligenten Messgeräte, den Verbrauch abzurechnen und über einen variablen Strompreis zu regeln. Das Mini-Grid-Konzept ist so ausgelegt, dass es langfristig auch an das nationale Netz angeschlossen werden kann.

Zentrale Komponenten des Systems sind netzbildende Wechselrichter, MPPT (Maximum Power Point Tracking)-Laderegler, intelligente Zähler sowie eine neuartige Hochvolt-Hybrid-Batterie, die den hohen Wirkungsgrad und die Zyklenfestigkeit von Lithium-Ionen-Batterien mit der Wirtschaftlichkeit von Bleibatterien verbindet. Ein integriertes Batteriemanagementsystem überwacht den Ladezustand, meldet Fehler und erfasst Alterung und Energieinhalt. Der transformatorlose Wechselrichter erreicht einen Wirkungsgrad von über 97 %, er kann bidirektional arbeiten, d. h. er speist entweder in das AC-Netz oder lädt die Batterie mit Energie, die ein auf der AC-Seite integrierter Dieselgenerator erzeugt. Das Inselnetz kann nach Bedarf ergänzt und modular auf bis zu 600 kW erweitert werden, der einheitliche Kommunikationsstandard ermöglicht es, DC- und AC-Erzeuger flexibel zu integrieren.

In den bevorstehenden Feldtests werden der Parallelbetrieb zum Netz sowie ein Inselnetz mit Dieselgenerator untersucht.



Günstiger PV-Strom für die Insel

Der Aufbau einer sicheren Energieversorgung bedeutet einen wichtigen Impuls für die wirtschaftliche Entwicklung abgelegener Regionen in Europa und weltweit. Einzelne Gebäude und ganze Dörfer, ebenso auch Mess- und Sendeanlagen können durch PV-Hybrid-Inselnetze kostengünstig und verlässlich mit erneuerbaren Energien versorgt werden. Der erwartete Bedarf für solche Anlagen, die günstiger als Dieselgeneratoren arbeiten, ist beträchtlich.

Die Entwickler gehen von einem großen Marktpotenzial für Hybridsysteme aus; sie erwarten allein für Brasilien ein Volumen von zwei Gigawatt, dafür müssten nur 10 % der dieselbetriebenen Inselnetze durch erneuerbare Energien ersetzt werden.

Für 2030 schätzt die European Photovoltaic Industry Association EPIA, dass der Anteil autonomer PV-Systeme auf 30 Prozent weltweit anwachsen wird – mit stetig steigender Tendenz. PV-Hausversorgungsanlagen sind schon heute in netzfernen Regionen Afrikas, Asiens und Lateinamerikas weit verbreitet. Mini-Grid-Systeme in Dörfern können auch größere Einzelverbraucher versorgen. Das ermöglicht Handwerksbetrieben den Einsatz von größeren Maschinen und trägt so dazu bei, die örtliche Wirtschaft zu fördern.

Damit ein Inselsystem über das ganze Jahr hinweg verlässlich die Stromversorgung sichern kann, sollte es insbesondere in Mitteleuropa unterschiedliche regenerative Energiequellen wie Wind, Sonne und Biomasse zu einem Hybridsystem kombinieren. Die neue Soft- und Hardware ermöglicht es, flexible, plug-and-play-fähige Dorfstromnetze aufzubauen. Für die Ausbreitung der Hybrid-Inselsysteme sehen die Forscher es als sehr wichtig an, eine firmenübergreifende Plattform zu etablieren, die unterschiedliche Technologien, Erzeuger und Verbraucher sicher verbinden kann. Durch einen solchen einheitlichen Standard ist es dann auch deutlich einfacher, bestehende Anlagen zu modifizieren und zu erweitern.

Das neu entwickelte Energiemanagementsystem ermöglicht eine Optimierung des Inselsystems: Das sichert einerseits das effiziente Zusammenspiel aller Komponenten von Generator über Speicherung und Verbraucher; andererseits hält es die Lebenszykluskosten (Life Cycle Cost) des Gesamtsystems möglichst niedrig. Die neue offene Plattform bietet eine gute Basis für eine deutliche Verbreitung von PV-Hybrid-Systemen. Doch ob das erwartete hohe Marktpotenzial auch verwirklicht werden kann, zeigt sich erst, wenn die neuen regenerativen Systeme günstiger als die bisher eingesetzten Diesel-Generator-Systeme betrieben werden können.

Projektorganisation

Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
11055 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Christoph Hünnekes
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0329922A, B
0325121

Impressum

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor
Gerhard Hirn

Titelbild
Fraunhofer ISE

Urheberrecht
Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Projektbeteiligte

- » **Koordination Forschung und Entwicklung UESP:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg im Breisgau, Georg Bopp, georg.bopp@fraunhofer.ise.de
- » **Industriekoordination UESP:** Steca Elektronik GmbH, Photovoltaik Off Grid, Memmingen, Michael Müller, michael.mueller@steca.de
- » **Projektkoordination Inno-System:** KACO new energy GmbH, Neckarsulm, Volker Dietrich, volker.dietrich@kaco-newenergy.de

Links und Literatur

- » www.ise.fraunhofer.de | www.steca.de | www.kaco-newenergy.de | www.forschungsjahrbuch.de
- » Müller, M.; Bopp, G.: Entwicklung eines universellen Managementsystems mit offener Systemarchitektur für DC-gekoppelte dezentrale technische Stromversorgungen – UESP. Steca GmbH, Memmingen (Hrsg.); Fraunhofer ISE, Freiburg (Hrsg.). Juni 2009. 52 S. FKZ 0329922A-B.
- » Das Projekt der Firma KACO new energy GmbH „Innovative Photovoltaik-Hybrid-Systemtechnik für die Dorfstromversorgung der nächsten Generation (Inno-System)“ ist unter dem Förderkennzeichen 0325121 im Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien beschrieben.

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.
- » BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
Tel. 0228 92379-0
Fax 0228 92379-29
kontakt@bine.info
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages