



Inselnetze mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien auf der griechischen Insel Kythnos

J. Reekers, G. Cramer,
SMA Regelsysteme GmbH,
Hannoversche Str. 1, D-34266 Niestetal
Tel: (49) 561/9522-321 Fax-100
reekers@sma.de

P. Strauß^{*}, W. Kleinkauf^{**},
ISET e.V. / ^{**}Universität Kassel,
Königstor 59, D-34119 Kassel
Tel: (49) 561/7294-144 Fax-100
pstrauss@iset.uni-kassel.de

1 Hybridsysteme zur Stromversorgung

Bei der Planung von Stromversorgungssystemen sind im wesentlichen vier Faktoren zu berücksichtigen: Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Netzqualität. Diese Aspekte müssen kundenspezifisch und bedarfsorientiert berücksichtigt werden um das Stromversorgungssystem erfolgreich am Markt zu platzieren.

Betrachtet man Hybridsysteme im Vergleich zu reinen Dieselaggregaten bzw. Dieselkleinkraftwerken so kann man feststellen, daß Hybridsysteme in allen vier obengenannten Punkten konkurrenzfähig oder sogar überlegen zu Dieselkraftwerken sein können. Vorteile zeigen Hybridsysteme zum Beispiel bezüglich der Treibstoffeinsparung, kürzerer Diesellaufzeiten, Vermeidung von Teillastbetrieb der Dieselaggregate und hinsichtlich der Netzqualität. Trotz dieser prinzipiellen Vorteile konnten sich Hybridsysteme in der Vergangenheit nur in Ausnahmefällen durchsetzen. Das liegt zum einen an den relativ hohen Investitionskosten und zum anderen am Mangel geeigneter Produkte und Systemlösungen. Sind diese Hürden überwunden stellen sich weitere Aufgaben in der Informationsvermittlung an die potentiellen Kunden.

Im folgenden werden Hybridsysteme mittlerer und kleiner Leistung vorgestellt, die als Pilotanlagen die technische Machbarkeit zeigen sollen. Mit dem größeren Versorgungssystem auf Kythnos wurde nachgewiesen, daß die Einbindung sehr großer Windleistungsanteile in Inselnetze möglich ist. Die kleineren wechselstromgekoppelten Hybrid- bzw. PV-Batteriesysteme, die im zweiten Teil vorgestellt werden, sind die ersten Beispiele einer neuen Generation von modularen Hybridsystemen, die aus einem Baukasten seriengefertigter Komponenten zusammengestellt werden.

2 Das Insel-Modell Kythnos

Die griechische Insel Kythnos gehört eher zu unbekannteren unter den Kykladen-Inseln. Die rund 2000 Einwohner der 3 Schiffsreise-Stunden von Athen entfernten Insel führen in den fünf kleinen Ortschaften ein recht geruhsames Leben. Lediglich während der Hochsaison und zu den höchsten Feiertagen kommt richtig Leben auf, wenn die zu-meist griechischen Touristen die Insel bevölkern. Dies spiegelt sich auch in dem Ver-brauch elektrischer Energie auf der Insel mit ausgeprägten Leistungsspitzen zur Hoch-saison und niedrigen Energieverbrauch während der Wintermonate wieder.

In Bezug auf die Energieversorgung der Insel kann Kythnos aber eine sehr bewegte Vergangenheit und Gegenwart mit einigen Superlativen in diesem Bereich aufweisen.

Im Jahr 1982 wurde hier der erste Windpark Europas bestehend aus 5 Windenergiean-lagen mit einer Gesamtleistung von 100 kW installiert und in das schwache elektrische Versorgungsnetz integriert. Bis dahin war die Insel ausschließlich durch ein Dieselmotorkraftwerk versorgt worden; die Verbraucherleistung bewegte sich zu dieser Zeit im Bereich von ca. 50 bis 500 kW /Cramer 1986/.



Abb. 1: Windpark mit 5 Aeromann Windenergieanlagen /SMA 1983/

Im Jahre 1983 wurde ein Solarkraftwerk installiert und ebenfalls in das Versorgungskonzept mit einbezogen. Mit dem weltweit ersten Hybrid Stromversorgungssystem dieser Leistungsgröße wurde gezeigt das eine Integration von großen Wind und Solaran-



teilen auch in schwachen Inselnetzen möglich ist. Ganz neu waren in diesem Zusammenhang insbesondere die Frage der stabilen Netzbildung und der hierzu notwendigen Regelungstechnik. Der Einfluß der Komponenten auf die Netzqualität sowie neue regelungstechnische Konzepte wurden in verschiedenen Betriebsarten untersucht. So wurde die Blattverstellung der Windenergieanlagen zur Einstellung der Abgabeleistung und damit zur Regelung des Leistungsflusses im Netz genutzt.

Das Stromversorgungssystem wurde aufgrund des jährlich steigenden Energiebedarfes auf der Insel und der fortschreitenden technischen Entwicklung im Rahmen mehrerer EU-geförderter Projekte kontinuierlich weiterentwickelt und untersucht. Die Windkraftanlagen wurden gegen größerer moderne Typen ausgetauscht sodaß sich die Gesamtleistung des Windparks 1989 auf 165 kW erhöhte. Die Solaranlage die zu Beginn mit einem Batteriespeicher ausgerüstet war, wurde 1993 über einen Wechselrichter direkt an das Inselnetz gekoppelt. Tabelle 1 zeigt den wichtigsten Stationen der Entwicklungen auf Kythnos.

Tabelle 1: Zeitabfolge der Projekte

1982	Installation des europaweit ersten Windparks (5 x 20 kW)
1983	Installation des 100 kW Photovoltaikgenerators mit Batteriespeicher
1989	Austausch der Windturbinen (5 x 33 kW)
1992	Installation eines neuen Netzwechselrichters für den Photovoltaikgenerator
1998	Installation der 500 kW Windturbine
2000	Vollautomatischer Betrieb des zentralen autonomen Hybridkraftwerkes mit 500 kW Batteriespeicher
2001	Aufbau dreier kleiner Wechselstrom-Hybridssysteme in netzfernen Gebieten (Planung)

Mitte der neunziger Jahre wurde ein neues großes Projekt mit SMA und PPC (Public Power Cooperation, dem Energieversorger in Griechenland) als Partner begonnen, das im Rahmen des Thermie-Programmes gefördert wurde. Ziel des Projektes war die Integration einer neuen großen Windenergie Anlage (500 kW) und eines großen Batteriespeichers in das Inselnetz. In Sommer diesen Jahres konnte das Projekt erfolgreich abgeschlossen werden. Das Energieversorgungssystem wird jetzt, einschließlich der Dieselgeneratoren, vollautomatisch gesteuert und ermöglicht erstmals auch eine diesellose Betriebsart, bei der die komplette Insel nur aus den regenerativen Energiequellen versorgt wird.



Abb. 2: Photovoltaik-Anlage, 100 kW

Auch in den kommenden Jahren bleibt Kythnos im Blickpunkt der weiteren Entwicklung von Hybridsystemen. In einer abgelegenen Bucht der Insel, die nicht an das Stromversorgungsnetz angeschlossen ist, werden zur Zeit zwei Pilotanlagen für die Energieversorgung mit modularen Hybridsystemen im kleinen Leistungsbereich aufgebaut. Hier wird Kythnos abermals der Standort der weltweit ersten Anlagen des neuen Baukastensystems sein, mit dem neue Wege im Bereich der Hybridsysteme mit regenerativen Energien besritten werden.

Die nachfolgende Karte gibt eine Überblick über die Anlagen und Komponenten zur Stromversorgung mit regenerativen Energien auf Kythnos.

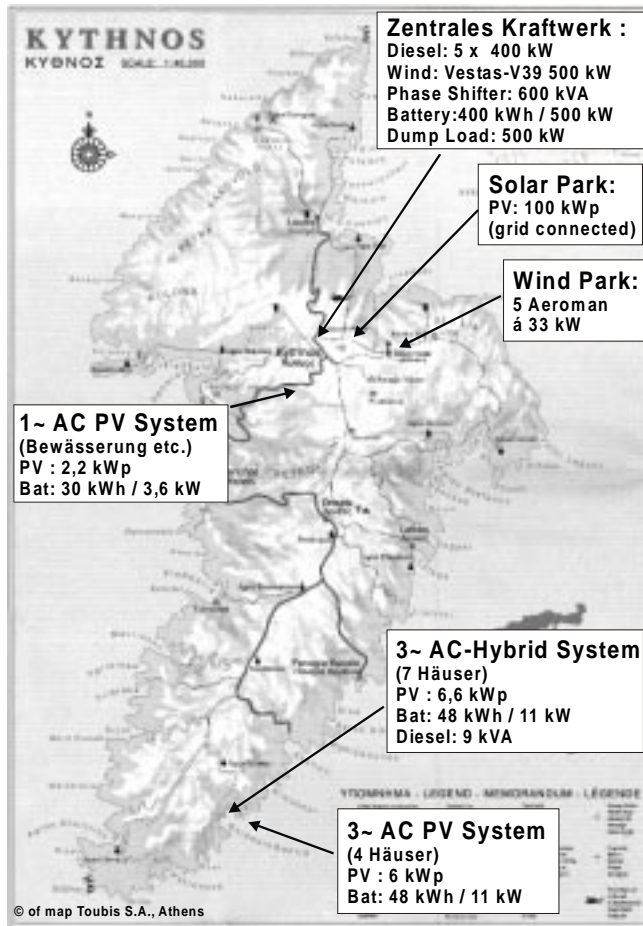


Abb. 3: Stromversorgung mit Hybridsystemen auf Kythnos

3 Vollautomatisches Energieversorgungssystem

In dem neuen vollautomatischen Energieversorgungssystem konnten die vorher auf Kythnos gewonnen Erkenntnisse sowie die Erfahrungen von SMA mit weltweit mehr als 30 installierten IPS Systemen (Intelligent Power Systems) genutzt werden. Die IPS Systeme von SMA wurden in verschiedenen Varianten, insbesondere zur Steuerung



von Dieselmotoren in Kombination mit Batteriespeicher und Windenergieanlagen eingesetzt.

Die besondere Herausforderung in dem Projekt auf Kythnos war die Einbindung einer Windkraftanlage der 500 kW Klasse in ein Inselnetz mit in den Wintermonaten zeitweise nur 300 kW Verbraucherleistung /Reinmüller-Kringel 2000/. Bei den entsprechenden Windverhältnissen ermöglicht das System während dieser Zeiten einen Betrieb ohne Dieselmotor, die Frequenz im dem Netz wird dann über den Batteriestromrichter geregelt.

3.1 Energieverbrauch und -verteilung

Der Jahresdurchschnitt der Verbraucherleistung liegt zur Zeit bei ca. 600 kW, weist aber wie oben erwähnt sehr starke saisonale Schwankungen auf. Tabelle 2 zeigt die Eckwerte der diesjährigen Verbraucherleistung auf Kythnos.

Tabelle 2: Lastdaten auf Kythnos im Jahr 2000

min. Last im Winter	300 kW
max. Last im Winter	1000 kW
min. Last im Sommer	600 kW
max. Last im Sommer	2000 kW

Der Verbrauch auf der Insel ist in dem Zeitraum seit Beginn der Projekte auf Kythnos stetig angestiegen. Dies ist zum einen auf die steigenden Touristenzahlen auf der Insel zurückzuführen zum anderen aber auch auf die zunehmende Ausrüstung der Einheimischen mit elektrischen Geräten. Anfang der 80er Jahre lag der Jahresdurchschnitt der Verbraucherleistung noch ca. bei 150 kW.

Das Dieselmotorkraftwerk speist mit einer zentralen Transformatorstation auf das in mehrere Hauptstränge aufgeteilte Mittelspannungsnetz (15 kV) über das die 5 kleinen Ortschaften der Insel versorgt werden. Das neue Systemgebäude mit Batteriestromrichter, Phasenschiebermaschine und Lastregelung arbeitet parallel zum Dieselmotorkraftwerk auf die gleiche 400 V-Schiene. Die regenerativen Energieerzeuger, also die PV-Anlage, der alte Windpark und die neue große Windenergieanlage speisen über eigene Transformatoren an verschiedenen Punkten in das Mittelspannungsnetz ein.



3.2 Das neue Systemkonzept

Bei der Auslegung des neuen Energieversorgungssystems wurden folgende Ziele definiert:

- Integration eines hohen Anteils regenerativer Energieerzeugung (mehr als 50% außerhalb der Hauptsaison).
- Betrieb ohne Dieselgeneratoren in Zeiten niedriger Verbraucherleistung möglich.
- Vollautomatischer Betrieb des gesamten Systems, einschließlich der Dieselgeneratoren.
- Gute Stabilität von Spannung und Frequenz in allen Betriebszuständen.
- Komplette Fernbedienung des Systems möglich.

Abb. 4 gibt einen Überblick zu dem Gesamtsystem. Alle Komponenten werden von dem zentralen Kontrollsystem überwacht und gesteuert.

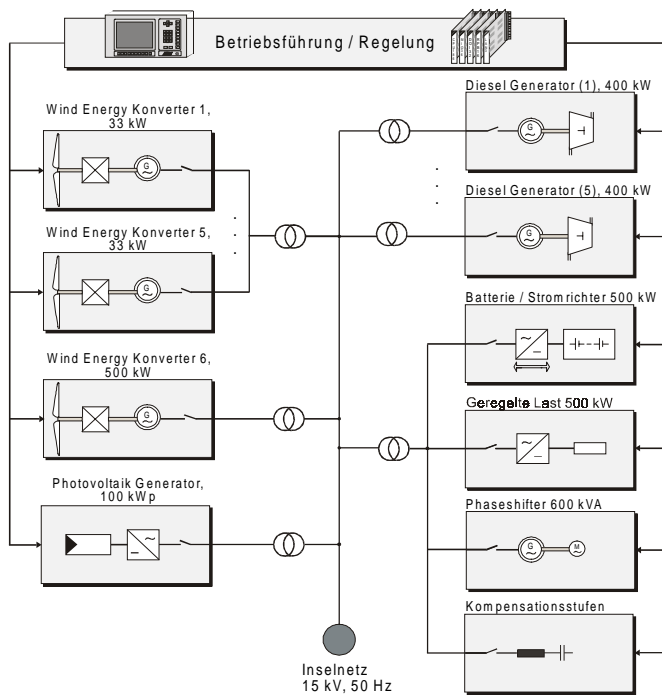


Abb. 4: Blockschaubild der zentralen Stromversorgung auf Kythnos

3.3 Die Komponenten des Gesamtsystems

Die wichtigsten Daten der Komponenten sind nachfolgend aufgeführt:

Tabelle 3: Eckdaten der Komponenten

Anzahl	Bezeichnung	Typ	Technische Daten
1	Windenergieanlage	Vestas V39/500	39 m Rotordurchmesser 500 kW Nennleistung
5	Windenergieanlage	Aeroman 12,5/33	12,5 m Rotordurchmesser 33 kW Nennleistung
1	Photovoltaikanlage	Module Siemens Wechselrichter SMA	100 kWp Maximalleistung
1	Batteriespeicher	Batterie: 200 Zellen Hagen OCSM, Wechselrichter SMA	400 kWh Energieinhalt 500 kW Maximalleistung
1	Lastregelung	Stromrichter mit Widerstandslast, SMA	500 kW Maximalleistung
1	Phasenschiebermaschine	A.v. Kaick Synchron-generator mit Anlaufmaschine	600kVA Nennleistung
5	Dieselgeneratoren	MWM 12 Zyl. Turbodiesel	400 kW Nennleistung

Für die neuen zentralen Komponenten (Batteriespeicher, Phasenschieber, Lastregelung) des Energieversorgungssystems wurde von PPC ein neues Gebäude neben dem Diesellochwerk errichtet. Das zentrale Kontrollsystem wurde im Büro des Betriebspersonals untergebracht, damit eine einfache Überwachung und Bedienung gegeben ist.

4 Batteriespeicher, Lastregelung und Phasenschiebermaschine

Der Batteriespeicher besteht aus 200 Zellen von der Fa. Hagen Batterie, Typ OCSM, die sich durch einen hohen maximalen Entladestrom und eine hohe Zyklusfestigkeit auszeichnen. Die Batterieanlage ist mit einer Elektrolytumwälzung ausgerüstet, was den Wirkungsgrad und die Lebensdauer erhöht. In Kombination mit dem 12 pulsigen Batteriestromrichter kann so kurzfristig (ca. 5 Minuten) eine Leistung von mehr als 500 kW bereitgestellt werden. Dies ist notwendig, wenn ein Dieselgenerator oder die große Windenergieanlage unerwartet abschaltet und das Netz durch das Batteriesystem ge-



stützt werden muß. Im Betrieb ohne Dieselerzeuger (**Diesel-Off-Mode**, DOM) wird die Frequenz im Netz durch den Batteriestromrichter geregelt.

Mit der zusätzlichen schnellen Lastregelung, die über einen weiteren 12 pulsigen Stromrichter erfolgt, werden unerwünschte Leistungsspitzen von den Windkraftanlagen abge-regelt um die Netzgrößen Spannung und Frequenz zu stabilisieren und eine übermäßi-ge Belastung der Batteriespeichers zu vermeiden.

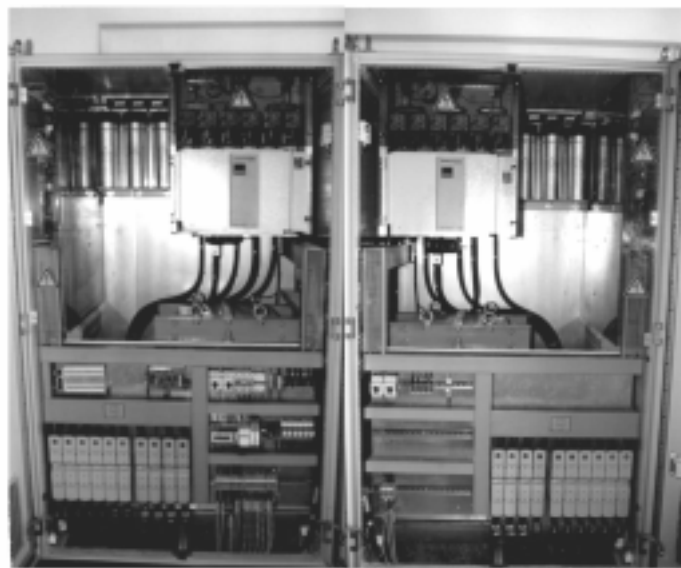


Abb. 5: Batteriestromrichter im neuen Systemgebäude

Die Phasenschiebermaschine wird mit einem Anlaufmotor hochgefahren, auf das Netz synchronisiert und übernimmt im Diesel-Off-Modus die Spannungsregelung im Netz. Die Anlage ist darüber hinaus mit einer zentralen statischen Kompensationanlagen mit 8 Kondensatorstufen von insgesamt 800 kvar ausgerüstet. Hiermit wird der statische Blindleistungsanteil der Stromrichter und der Verbraucher kompensiert.

5 Windenergieanlagen und Photovoltaikgenerator

Die Leistungsabgabe der 500 kW Windenergieanlage vom dänischen Hersteller Vestas wird über eine Blattverstelleinrichtung geregelt. Die Kommunikation mit dem zentralen Kontrollsystem erfolgt über eine Standleitung per Modem und ermöglicht neben der Übertragung von Meßwerten auch die Fernsteuerung der Anlage. So kann die Anlage vom Kontrollsystem gestartet und gestoppt werden sowie der Leistungssollwert vorge-



Abb. 6: Vestas V39/500

geben werden. Von den kleineren Windenergieanlagen und der PV-Anlage werden ebenfalls Meßwerte zum Kontrollsystem übertragen. Auch diese Anlagen können bei Bedarf vom Kontrollsystem gestartet und gestoppt werden.

6 Dieselgeneratoren

Im Bereich der Dieselgeneratoren waren umfangreiche Änderungen notwendig um den angestrebten vollautomatischen Betrieb umsetzen zu können. Einige der ursprünglich eingesetzten Aggregate, die teilweise noch aus den 50er oder 60er Jahren stammten, konnten hierzu nicht verwendet werden. Sie wurden durch neuere Aggregate ersetzt, so daß heute fünf gleiche Dieselgeneratoren von der deutschen Firma MWM mit jeweils 400 kW Nennleistung zur Verfügung stehen. Die Aggregate wurden mit elektronischen Drehzahlreglern und

automatischen Lastteilgeräten ausgerüstet um einen Parallelbetrieb mit Festfrequenz (isochrone Betriebsart) realisieren zu können. Die automatische Synchronisierung erfolgt über ein zentrales Synchronisiergerät. Neben dem vollautomatischen Betrieb kann jedes Aggregat für Wartungs- oder Reparaturarbeiten auch rein manuell gesteuert werden.

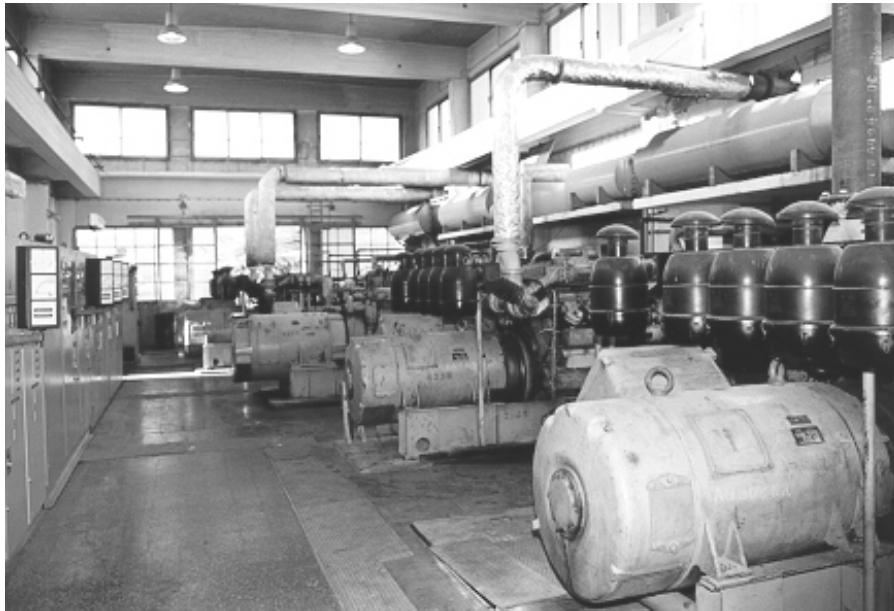


Abb. 6. Maschinenhalle mit den Dieselgeneratoren

7 Zentrales Kontrollsystem

Das zentrale Kontrollsystem übernimmt die automatische Steuerung und Überwachung aller Subsysteme. Es koordiniert das Zusammenspiel aller Aggregate im Sinne eines rationellen Energieeinsatzes bei hoher Versorgungssicherheit und guter Netzqualität. Die zentrale Komponente des Kontrollsystems besteht aus einem Industrie PC mit mehreren Ein / Ausgabebaugruppen. Eine Bedieneinheit mit LC-Display ermöglicht die einfache Überwachung und Steuerung des Gesamtsystems. Die gleichen Bedienmöglichkeiten wie vor Ort sind mit einem einfachen PC, Modem und einer mobilen Bedieneinheit von jedem Telefonanschluß aus möglich. Diese Fernbedienmöglichkeit ist vor allem im Fehlerfall zur Unterstützung des Betriebspersonals sehr hilfreich. Darüber hinaus können umfangreiche Betriebs- und Meßdaten per Modem abgerufen werden.

7.1 Betriebsarten und Regelung

Abhängig von der momentanen Lastsituation einerseits und dem Angebot an regenerativer Energie andererseits sind zwei grundlegend unterschiedliche Betriebsarten des Systemes vorgesehen:



Abb. 8: Zentrale Betriebsführung

wird die Phasenschiebermaschine auf das Netz synchronisiert und übernimmt dann die Spannungsregelung im Netz. Die Frequenzregelung wird von dem Batteriestromrichter übernommen, die schnelle Lastregelung übernimmt unerwünschte Leistungsspitzen von den Windenergieanlagen und verhindert eine Überladung der Batterie.

7.1.1 Diesel Parallelbetrieb

In dieser Betriebsart ist das Energieangebot von Wind und Sonne alleine nicht ausreichend um die Verbraucherlast abzudecken; es ist mindestens ein Dieselgenerator am Netz. Die Windenergieanlagen und das PV-Feld arbeiten als „Fuel Saver“ und ermöglichen evtl. die Abschaltung einzelner Dieselgeneratoren. Der Batteriestromrichter kann das Netz in kritischen Situation stützen und ermöglicht damit die Dieselgeneratoren ohne „Spinning reserve“ bis zu ihre Nennleistung zu betreiben und damit effizienter zu nutzen.

7.1.2 „Diesel Off“- Modus

Diese Betriebsart ist aktiv, wenn die regenerativen Energiequellen ausreichen um den momentanen Energiebedarf abzudecken. Bevor der letzte Diesel abgeschaltet werden kann,

**Tabelle 3: Funktion der Komponenten in den Betriebsarten mit und ohne Diesel**

	Diesel Parallel Operation	Diesel Off Mode
Wirkleistungsbeiträge	Dieselgeneratoren Windenergieanlagen PV-Anlage Batteriestromrichter (nur dynamisch)	Windenergieanlagen PV-Anlage Batteriestromrichter (statisch und dynamisch)
Blindleistungsbeiträge	Dieselgeneratoren Statische Kompensation	Phasenschiebermaschine Statische Kompensation
Frequenzregelung	Dieselgeneratoren	Batteriestromrichter
Spannungsregelung	Dieselgeneratoren	Phasenschiebermaschine

8 Betriebsergebnisse

Die Anlage ist seit Ende 1999 in Betrieb und erfüllt die Erwartungen aller Beteiligten bisher zur vollsten Zufriedenheit. Die abschließende Inbetriebnahme und Übergabe an PPC erfolgte im Juni 2000. Hierbei wurde die Leistung der schnellen Lastregelung nochmals erhöht, da die von der großen Windenergieanlage verursachten Leistungsschwankungen bei sehr starken und böigen Wind größer waren als dies vom Hersteller ursprünglich angegeben wurde. Mit der erweiterten Lastregelung konnte ein stabiler und sicherer Betrieb des gesamten Systems in allen Betriebszuständen nachgewiesen werden. Die Netzqualität konnte durch die Optimierung der Dieselregler in Kombination mit dem Batteriesystem und der schnellen Lastregelung trotz des extrem hohen Windenergieanteils im Vergleich zu dem vorherigen System deutlich verbessert werden. Bis auf die Hochsaison wird mit einem durchschnittlichen Beitrag von 50% durch die erneuerbaren Energien gerechnet. In der Wintersaison gibt es lange Phasen (insbesondere nachts) in denen das System ganz ohne Dieselbetrieb laufen kann. Darüber hinaus sind auch im Dieselparallelbetrieb deutliche Treibstoffeinsparungen durch die optimale Ausnutzung der Dieselgeneratoren zu erwarten.



9 Modulare Systemtechnik für kleine PV Hybridsysteme

Die netzferne Stromversorgung mit kleinen Hybridsystemen ist eine junge Technologie und wird bisher nur in geringem Maße umgesetzt. Insbesondere bei Photovoltaik-Batterie-Diesel Hybridsystemen wurden in der Vergangenheit die verschiedenen Generatoren und Speicher auf einer Gleichspannungsschiene gekoppelt. In Anlehnung an konventionelle Verbundnetze wurde die sog. Modulare Systemtechnik zur wechselstromseitigen Kopplung auch für kleine Inselssysteme vom ISET gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt. Die wesentlichen Vorteile dieses Ansatzes wie z.B. die prinzipiellen Vorteile der Wechselstromtechnik, die Serienproduktion vieler gleicher Komponenten und Erweiterbarkeit von Systemen werden in /Kleinkauf 1997/ beschrieben. Erste Laboranlagen wurden aufgebaut und im DeMoTec /Strauss 1999/, dem Design Zentrum für modulare Versorgungstechnik des ISET und der Universität Kassel unter realitätsnahen Bedingungen getestet. Nach diesen erfolgreichen Tests sollen solche modulare Hybridsysteme demnächst auf Kythnos aufgebaut und vermessen werden. Die im folgenden beschriebenen Anlagen sind die ersten Anlagen, die ausschließlich aus marktreifen Komponenten bestehen werden.

9.1 Aufbau erster Pilotanlagen auf Kythnos

Im Frühjahr 2001 werden drei wechselstromgekoppelte Systeme auf Kythnos zur Versorgung netzferner Verbraucher errichtet /Strauss 2000/:

- *Einphasiges PV-Batterie System* zur Versorgung eines kleinen Bauernhofs (Bewässerung, Imkerei, Haushaltslasten,
- *Dreiphasiges PV-Batterie System* (siehe Abb. 9) und
- *Dreiphasiges PV-Batterie-Diesel System* (siehe Abb. 9), beide zur Versorgung mehrerer Haushalte.

Die Wechselstromkopplung der ersten beiden Photovoltaik-Batteriesysteme führt zu reinen Stromrichternetzen. Hier bilden die Batteriestromrichter das Inselnetz in welches die Photovoltaikwechselrichter den Strom einspeisen /Burger 2000/. Bei dem dritten System gibt es zwei betriebsarten: a) der Batteriestromrichter bildet das Netz und b) der Dieselgenerator bildet das Netz und der Batteriestromrichter arbeitet wie ein Laderegler bzw. als netzstützende Komponente.

Für die beschriebenen Stromrichternetze ohne rotierende Maschinen ergeben sich besondere Anforderungen bezüglich der Leistungsreserve in den Stromrichtern. Zum einen müssen Startströme insbesondere von Maschinenlasten abgedeckt werden und zum anderen muß zu jeder Zeit gewährleistet sein, daß Sicherheitseinrichtungen wie



z.B. Sicherungsautomaten bei Netzüberlastung oder im Kurzschlußfall ausgelöst werden können.

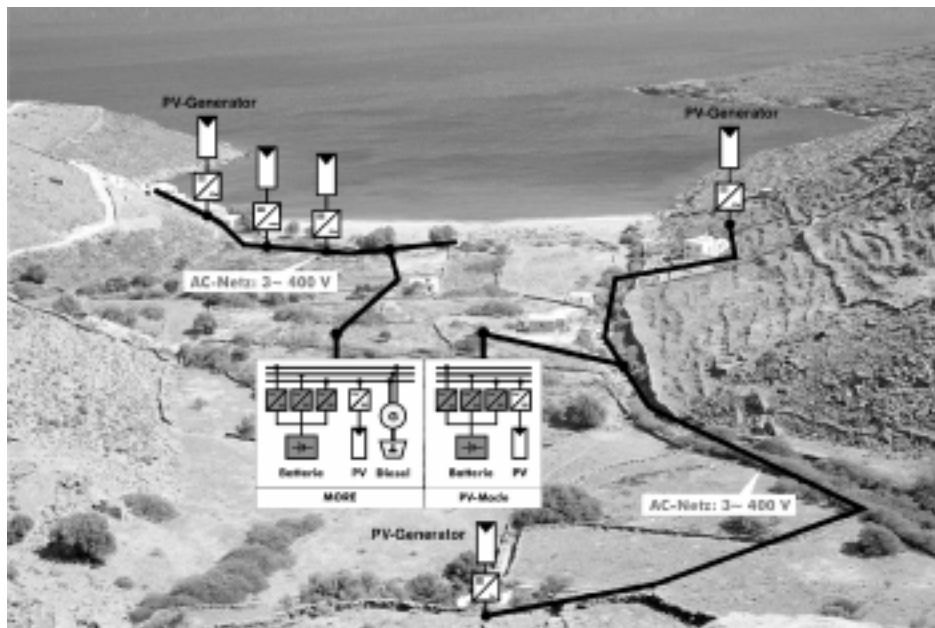


Abb. 9: Kleine Inselnetze zur Versorgung einer entlegenen Siedlung auf Kythnos

Weitere Untersuchungsschwerpunkte betreffen die Integration kleiner Diesellaggregate, die üblicherweise nicht für den unbeaufsichtigten automatischen Betrieb ausgelegt sind und die Kommunikation zwischen den Komponenten. Da in den beschriebenen Systemen die Photovoltaikgeneratoren auf der Wechselstromseite an verschiedenen Stellen im Netz einspeisen, müssen Verfahren umgesetzt werden die es erlauben (z.B. bei Leistungsüberschuß) die Wechselrichter fernzusteuern. Darüber hinaus werden neue Konzepte für Betreiber solcher Anlagen entwickelt, die Fernüberwachung und neue Wartungsstrategien beinhalten.



Danksagung

Die Integration der 500 kW Windkraftanlage mit Batteriespeicher wurde teilweise in dem europäischen Thermie Projekt „Autonomes Energieversorgungssystem für die griechische Insel Kythnos“ WE/278/94 DE-HE gefördert. Im Rahmen der europäischen Joule 3 Projekte „PV-Mode“ CT98-JOR3-244 und „MORE“ CT98-JOR3-215 werden Entwicklungen und der Aufbau der kleinen Wechselstromsysteme umgesetzt.

Literatur

- [1] Wind Park Kythnos brochure of the companies PPC, MAN and SMA, 1983.
- [2] G. Cramer: Measuring Program for the project “Wind Park Kythnos”, Final Report for project no. 03E-0868 funded by the “Bundesminister für Forschung und Technologie (January 1986)
- [3] M. Reinmöller-Kringel: Autonomous Power Supply System for the Greek Island of Kythnos, Final Technical Report for the Thermie Project WE/278/94 DE-HE (September 2000)
- [4] W. Kleinkauf, F. Raptis, O. Haas: Electrification with Renewable Energies – Hybrid Plant Technology for Decentralised Grid-Compatible Power Supply, Excerpt from Themes 96/97 Solar Energy Research Association, Germany, ISSN 0939-7528, Köln 2/97
- [5] W. Kleinkauf, F. Raptis, J. Sachau, P. Zacharias et al.: Modular Systems Technology for Decentralised Electrification - EUREC Agency's MEGA Hybrid Project with ITER, CRES, WIP and ISET, 13th EC PV Energy Conf., Nice, 1995
- [6] Ph. Strauss, C. Bendel, W. Kleinkauf, F. Raptis, P. Zacharias: DeMoTec - Experimentierzentrum zur Qualitätssicherung und Erweiterung des Einsatzes von PV-Anlagen
- [7] B. Burger, G. Cramer, W. Kleinkauf, P. Zacharias: Hybrid Systems – Easy in Configuration and Application, 16th EPVSEC, 1 - 5 May 2000, Glasgow, UK
- [8] Ph. Strauss, B. Burger, W. Kleinkauf et al.: PV Hybrid Systems and Micro Grids with New Standard Power, PV Hybrid Systems 2000, 7 - 8 Sept. 2000, Aix en Provence, France