

Aloísio Leoni Schmid

## Vorelektrifizierung ländlicher Gebiete mit Hilfe der Photovoltaik

Technische und institutionelle Ansätze  
für die Wirtschaftlichkeit von Inselnetzen  
als eine Übergangslösung



**PETER LANG**  
Europäischer Verlag der Wissenschaften

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Elektrizität für ländliche Entwicklung: ein Rückblick</b>	<b>13</b>
1.1	Erkenntnisse aus der Geschichte . . . . .	13
1.1.1	Strom für den Lebenserhalt, Strom für Wachstum . . . . .	13
1.1.2	Verstädterung & Verwüstung . . . . .	15
1.1.3	Mißerfolge der 70er und 80er Jahre . . . . .	17
1.2	Das Beispiel eines Landes . . . . .	20
1.3	Abgrenzung der Zielgebiete . . . . .	23
1.3.1	Bevölkerungsdichte und Einkommen . . . . .	24
1.3.2	Andere Voraussetzungen zur ländlichen Entwicklung . . . . .	25
1.4	Zusammenfassung . . . . .	26
<b>2</b>	<b>Dezentrale Stromerzeugung mit Hilfe der Photovoltaik</b>	<b>27</b>
2.1	Die Komponenten einer Photovoltaik - Inselanlage	29
2.1.1	Energieerzeugung . . . . .	29
2.1.2	Energiespeicherung . . . . .	30
2.1.3	Energiekonditionierung und sonstige Elektronik	33

2.1.4	<b>Zusatzgenerator</b> . . . . .	35
2.2	<b>Technische Ansätze und ihre Wirtschaftlichkeit</b> . . .	35
2.2.1	<i>Solar Home Systems</i> und Kleinanlagen für einzelne Verbraucher . . . . .	36
2.2.2	<b>Batterieladestationen</b> . . . . .	39
2.2.3	<b>Lokale Inselnetze</b> . . . . .	40
2.2.4	<b>Netzgekoppelte Systeme</b> . . . . .	42
2.3	<b>Gesamtwirtschaftliche Kriterien für die Wahl</b> . . . .	44
2.3.1	<b>Stufe 1: bewußte Entscheidung für die Elektrifizierung</b> . . . . .	45
2.3.2	<b>Stufe 2: die Anlage produktiv einsetzen</b> . . .	51
2.3.3	<b>Stufe 3: auch das Ende der Nutzung planen</b> .	56
2.4	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	59
3	<b>Wie dezentral ist optimal? Skalenerträge in der Photovoltaik - Inselstromversorgung</b>	61
3.1	<b>Zur praktischen Bedeutung der Simulation</b> . . . . .	63
3.2	<b>Beschreibung der Modellkomponenten</b> . . . . .	65
3.2.1	<b>Verbraucher</b> . . . . .	65
3.2.2	<b>Wetter</b> . . . . .	67
3.2.3	<b>Photovoltaik - Inselanlage</b> . . . . .	70
3.2.3.1	<b>Energieerzeugung</b> . . . . .	70
3.2.3.2	<b>Energiespeicherung</b> . . . . .	71
3.2.4	<b>Numerische Lösungsstrategie</b> . . . . .	77
3.3	<b>Vergleichsrechnungen</b> . . . . .	77
3.3.1	<b>Auslastung der Energieanlagen</b> . . . . .	79

3.3.1.1	Verbrauch der insgesamt verfügbaren Energie . . . . .	80
3.3.1.2	Verbrauch der momentan verfügbaren Energie . . . . .	81
3.3.1.3	Berechnungsbeispiel . . . . .	81
3.3.1.4	Schlußbetrachtung . . . . .	94
3.3.2	Nutzung der Überschußenergie . . . . .	94
3.3.3	Befriedigung einer wachsenden Nachfrage . . . . .	99
3.3.4	Ausgleichseffekte . . . . .	104
3.4	<b>Andere Phänomene, die Skalenerträge verursachen</b>	109
3.4.1	Zusatzgeneratoren . . . . .	109
3.4.2	Verteilungsaufwand und -verluste . . . . .	111
3.4.3	Baumaßnahmen für die Anbringung der Photovoltaik - Module . . . . .	118
3.4.4	Einsparungen durch Lastverwaltung . . . . .	118
3.4.5	Anpassungsverluste . . . . .	119
3.4.6	Netzanschluß . . . . .	120
3.4.7	Wartung . . . . .	122
3.5	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	123
<b>4</b>	<b>Ansätze für die dorfzentrale Stromversorgung</b>	<b>125</b>
4.1	Konzepte der heutigen Elektrizitätswirtschaft . . . . .	125
4.2	Die verschiedenen Akteure . . . . .	127
4.3	Institutionelle Anforderungen . . . . .	127
4.3.1	Energiedienstleistung - Anlagenanschaffung . . . . .	128
4.3.1.1	Skalenerträge . . . . .	130
4.3.1.2	Opportunitätskosten . . . . .	132

4.3.2	Differenzierung von Qualitätsstufen . . . . .	134
4.3.3	Lastverwaltung als bidirektionale Kommunikation . . . . .	136
4.3.4	Vorverkauf als organisatorische Maßnahme .	137
4.3.5	Konkurrenz in der Stromversorgung . . . . .	138
4.3.6	Erzeugung von Verteilung trennen . . . . .	140
4.3.7	Staatliche Aufgaben neu definieren . . . . .	141
4.4	Technische Anforderungen . . . . .	143
4.4.1	Variable Preisbildung . . . . .	144
4.4.1.1	Zielfunktion der Lastverwaltung . . .	144
4.4.1.2	Kostenmodell: übliche Betrachtung .	147
4.4.1.3	Kostenmodell: Ansatz für die Lastverwaltung . . . . .	148
4.4.1.4	Feste Tarife . . . . .	152
4.4.1.5	Variable Tarife . . . . .	153
4.4.1.6	Vorverkauf . . . . .	157
4.4.2	Minimale Zählerausstattung . . . . .	160
4.4.3	Schnittstelle für interaktive Lastverwaltung .	161
4.4.3.1	Oberfläche . . . . .	161
4.4.3.2	Elektronik . . . . .	162
4.4.3.3	Funktionen . . . . .	162
4.4.4	Ausstattung der Anlagen für den Netzbetrieb	163
4.4.5	Kommunikationssoftware . . . . .	163
4.4.5.1	Anfrage vom Verbraucher . . . . .	164
4.4.5.2	Anfrage von der Anlage . . . . .	165
4.4.6	Kommunikationsnetz . . . . .	165



4.4.7	<b>Möglichkeiten der Erweiterung</b> . . . . .	167
4.4.8	<b>Überwachung</b> . . . . .	167
4.5	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	168