

# **Wirtschaftlichkeitsanalyse von dachintegrierten Solarmodulen**

Untersuchung am Beispiel von Dünnschichtsolarmodulen  
der Sulfurcell Solartechnik GmbH

Kristian Rudas  
Frank Witte



Nachhaltigkeitsmanagement

**Kristian Rudas  
Frank Witte**

**Wirtschaftlichkeitsanalyse von  
dachintegrierten Solarmodulen**

Untersuchung am Beispiel von Dünnschichtsolarmodulen  
der Sulfurcell Solartechnik GmbH

Shaker Verlag  
Aachen 2011

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0115-0

ISSN 2191-5229

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
I. Einleitung .....	1
A. Problemstellung .....	1
B. Gang der Untersuchung .....	1
C. Zielsetzung .....	2
II. Theoretische Grundlagen .....	3
A. Das Unternehmen und die Technologie .....	3
B. Investitionstheorie .....	5
1. Investitionsbegriff .....	5
2. Investitionsplanung .....	6
3. Investitionsrechnungen .....	8
4. Kapitalwertmethode .....	9
a) Diskontierung .....	9
b) Kapitalwert .....	10
c) Kalkulationszinssatz .....	11
d) Berücksichtigung der Ungewissheit .....	12
III. Ermittlung der Ausgangsgrößen .....	14
A. Kosten .....	14
1. Anschaffungskosten .....	14
2. Dachziegel .....	14
3. Laufende Betriebskosten .....	15
4. Preissteigerung .....	15
B. Stromertrag .....	16
C. Vergütung .....	17
1. Erneuerbare-Energien-Gesetz .....	17
2. Vergütungssätze .....	19
3. Strompreis .....	19
D. Abschreibung .....	23
E. Kalkulationszinssatz .....	25
F. Steuern .....	26
G. Haltbarkeit .....	27
1. Degradation .....	27
2. Mechanische Stabilität .....	28
IV. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	29
A. Investitionsrechnung .....	29
1. Ausgaben .....	29
2. Einnahmen .....	29
3. Steuern .....	29
4. Kapitalwert .....	30
B. Zwischenfazit .....	31
C. Sensitivitätsanalyse .....	31

D. Szenarien.....	35
1. Stromertrag .....	35
2. Eigenverbrauch .....	38
3. Strompreis .....	40
4. Zukunft.....	43
5. Fremdfinanzierung.....	46
V. Betrachtung nicht-monetärer Effekte.....	50
VI. Fazit.....	52
Literatur.....	53
Anhangsverzeichnis .....	56

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Dachintegrationsmodul von <i>Sulfurcell</i> .....	3
Abbildung 2:	Befestigung der <i>SOLRIF</i> -Module mit Metallbügel. ....	4
Abbildung 3:	Montage einer <i>SOLRIF</i> -Anlage. ....	5
Abbildung 4:	Phasen des Entscheidungsprozesses. ....	6
Abbildung 5:	Mögliche Handlungsalternativen der beschriebenen Problemstellung. ....	7
Abbildung 6:	Schematische Darstellung der Kapitalwertmethode. ....	10
Abbildung 7:	Verbraucherpreisindex "Andere Waren- und Dienstleistungen" mit Trendlinie. ....	16
Abbildung 9:	Strompreisentwicklung für Haushalte 1990 bis 2050. ....	22
Abbildung 9:	Vergleich linearer und Kombination aus degressiver und linearer Abschreibung. .	25
Abbildung 10:	Entwicklung des kumulierten Barwertes (Investor A).....	30
Abbildung 11:	Sensitivitätsanalyse einzelner Faktoren. ....	33
Abbildung 12:	Änderung der jährlichen solaren Bestrahlung in Berlin in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigung der Photovoltaikanlage. ....	36
Abbildung 13:	Erzeugung, Verbrauch und Eigenverbrauch einer 5 kW <sub>p</sub> Photovoltaikanlage und einem Vier-Personen-Haushalt an einem wolkenlosen Sommertag. ....	39
Abbildung 14:	Eigenverbrauchsanteil in Abhängigkeit der Anlagenleistung und Personenzahl im Haushalt. ....	40
Abbildung 15:	Ermittlung linearer Steigungsraten des Strompreises. ....	41
Abbildung 16:	Steigungsraten des Strompreises 1991 bis 2010. ....	42
Abbildung 17:	Strompreisentwicklung unter verschiedenen Annahmen.....	42
Abbildung 18:	Foto einer dachintegrierten Photovoltaikanlage in Ottersberg (Bayern). ....	50
Abbildung 19:	Foto einer dachintegrierten Photovoltaikanlage in Chambéry (Frankreich).....	51

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anschaffungskosten (netto) für eine <i>Sulfurcell-SOLRIF</i> -Solaranlage im Jahr 2010.....	14
Tabelle 2: Kosten (netto) einer Dacheindeckung mit engobierten/glasierten Tondachziegeln. ....	15
Tabelle 3: Laufende Betriebskosten (brutto) einer Solaranlage.....	15
Tabelle 4: Vergütungssätze für Dachanlagen <30kW <sub>p</sub> .....	19
Tabelle 5: Errechnete Inflationsfaktoren.....	20
Tabelle 6: Errechnete nominale Strompreise für Haushalte.....	21
Tabelle 7: Errechnete Strompreissteigerungen für Haushalte.....	21
Tabelle 8: Errechnete nominale Strompreise für Haushalte 2011 bis 2050.....	22
Tabelle 9: Abschreibung einer Photovoltaikanlage.....	24
Tabelle 10: Zusammensetzungen des Kalkulationszinssatzes.....	25
Tabelle 11: Kalkulationszinssätze nach Steuern.....	27
Tabelle 12: Kapitalwerte der Investition.....	30
Tabelle 13: Sensitivitätsanalyse – Auswirkungen auf den Kapitalwert.....	32
Tabelle 14: Kritische Werte und Sensitivität.....	34
Tabelle 15: Szenarioergebnisse "Stromertrag" mit verändertem Standort.....	35
Tabelle 16: Szenarioergebnisse "Stromertrag" mit veränderter Ausrichtung.....	37
Tabelle 17: Szenarioergebnisse "Stromertrag" mit veränderter Neigung.....	37
Tabelle 18: Szenarioergebnisse "Eigenverbrauch".....	38
Tabelle 19: Szenarioergebnisse "Strompreis".....	43
Tabelle 20: Szenarioergebnis "Zukunft" mit 28,74 Cent/kWh Einspeisevergütung.....	44
Tabelle 21: Anlagenpreise für 2011 und 2012 mit gleichem Kapitalwert wie 2010.....	44
Tabelle 22: Anlagenpreise für 2011 und 2012 mit Kapitalwert gleich Null (kritische Werte).....	45
Tabelle 23: Gewichtete Kapitalkosten (WACC) bei 75 % Fremdkapital.....	47
Tabelle 24: Tilgungsplan eines Kredites mit 4,05 % effektivem Jahreszins.....	48
Tabelle 25: Szenarioergebnis "Fremdfinanzierung".....	48
Tabelle 26: Kritische Werte bei anteiliger Fremdfinanzierung (75 %) für einen Investor vom Typ A.....	49
Tabelle 27: Anlagenpreise für 2011 und 2012 mit Kapitalwert gleich Null (kritische Werte) bei anteiliger Fremdfinanzierung (75 %).....	49

## Abkürzungsverzeichnis

AfA	Absetzung für Abnutzung
AG	Aktiengesellschaft
Az.	Aktenzeichen
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EK	Eigenkapital
EstG	Einkommensteuergesetz
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
FK	Fremdkapital
GE	Geldeinheiten
GewStG	Gewerbsteuergesetz
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH
i. d. F. v.	in der Fassung vom
IFNE	Ingenieurbüro für neue Energien
IWES	Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
kWh	Kilowattstunde
kW <sub>p</sub>	Kilowatt peak
MW	Megawatt
NPV	net present value
RBW	Restbuchwert
RLZ	Restlaufzeit
SCG-HV-RI	Sulfurcell Solartechnik GmbH-High Voltage-Roof Integrated
SFV	Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.
SOLRIF	Solar Roof Integration Frame
StrEG	Stromeinspeisegesetz
URL	Uniform Resource Locator
UStG	Umsatzsteuergesetz
VSt.	Vorsteuer
WACC	Weighted Average Cost of Capital
W <sub>p</sub>	Watt peak