

Ertragsmessungen an PV-Modulen unter 25° und 12° Neigungswinkel

Autor:
Dipl. Ing. (FH) Eberhard Zentgraf
Elektroingenieur
im TEC-Institut für technische Innovationen

An Planung, Aufbau, Messungen und Auswertung beteiligtes wissenschaftliches
Team:
E. Zentgraf, S. Hock, A. Zentgraf, J. Poyant

Inhalt

1. Vorwort	3
2. Aufbau und Durchführung der Versuche	3
3. Messergebnisse	4
4. Auswertungen	7
5. Ausblick	8
6. Equipment	8

1. Vorwort

Im Verlauf des Jahres 2008 veröffentlichte das TEC-Institut für technische Innovationen einen Bericht mit dem Titel „Höhe des Energieertrags von Photovoltaik-Modulen unter verschiedenen Neigungswinkeln und Ausrichtungen“ (ist unter diesem Titel auf der Homepage www.tec-institut.de zu finden). Die Untersuchungen des Jahres 2008 wurden an so genannten herunter skalierten Aufbauten (mit Kleinmodulen) durchgeführt. Nach der Veröffentlichung dieses Berichtes wurde von verschiedenen Seiten angefragt, ob wir Teile der damaligen Untersuchungen mit handelsüblichen Modulen im Netz-Einspeisebetrieb wiederholen könnten. Daher entschlossen wir uns eine Testreihe über mindestens 1 Jahr durchzuführen. Wir verwendeten dabei PV-Module, welche unter den Neigungswinkeln von 25° und 12° nach Süden ausgerichtet wurden.

2. Aufbau und Durchführung der Versuche

Als Versuchsobjekte wählten wir monokristalline Module vom Typ ANTARIS ASM 180. Jeweils zwei dieser Module wurden zu je einem Mini-String verschaltet. Über je einen passend dimensionierten Wechselrichter erfolgte die Einspeisung ins Strom-Netz. Das eine Modulpaar wurde unter einem Neigungswinkel von 25°, das andere Paar unter einem Neigungswinkel von 12° auf Flachdach-Trägersystemen montiert und jeweils exakt nach Süden ausgerichtet (siehe auch Abb. 1). Gleichstromseitig wurden für jedes PV-Modulpaar Gleichstrom und Gleichspannung erfasst. Daraus ließen sich Leistung und Ertrag berechnen. Der Messtakt betrug 1 Minute. Weiterhin wurde auf gleiche Bedingungen der beiden Messaufbauten (z.B. gleiche Kabellängen, gleiche Messdaten-Erfassung, etc.) geachtet.

Wie in der Photovoltaik üblich, wurde der ermittelte Ertrag auf das kWp (in unserem Falle auf das geflashte kWp) bezogen.

Zu diesem Zweck wurden alle Module einer Flash-Messung (unter STC) unterzogen.



Abb. 1: 25° und 12° Aufbauten

3. Messergebnisse

Der Zeitraum der Untersuchungen erstreckte sich über 15 Monate vom März 2009 bis Mai 2010. Die Monatserträge über den Messzeitraum sind in Abb. 2 dargestellt.

Vergleich: Monatsertrag pro geflashtes kWp [kWh/kWp] bei 12°- und 25°- Neigung

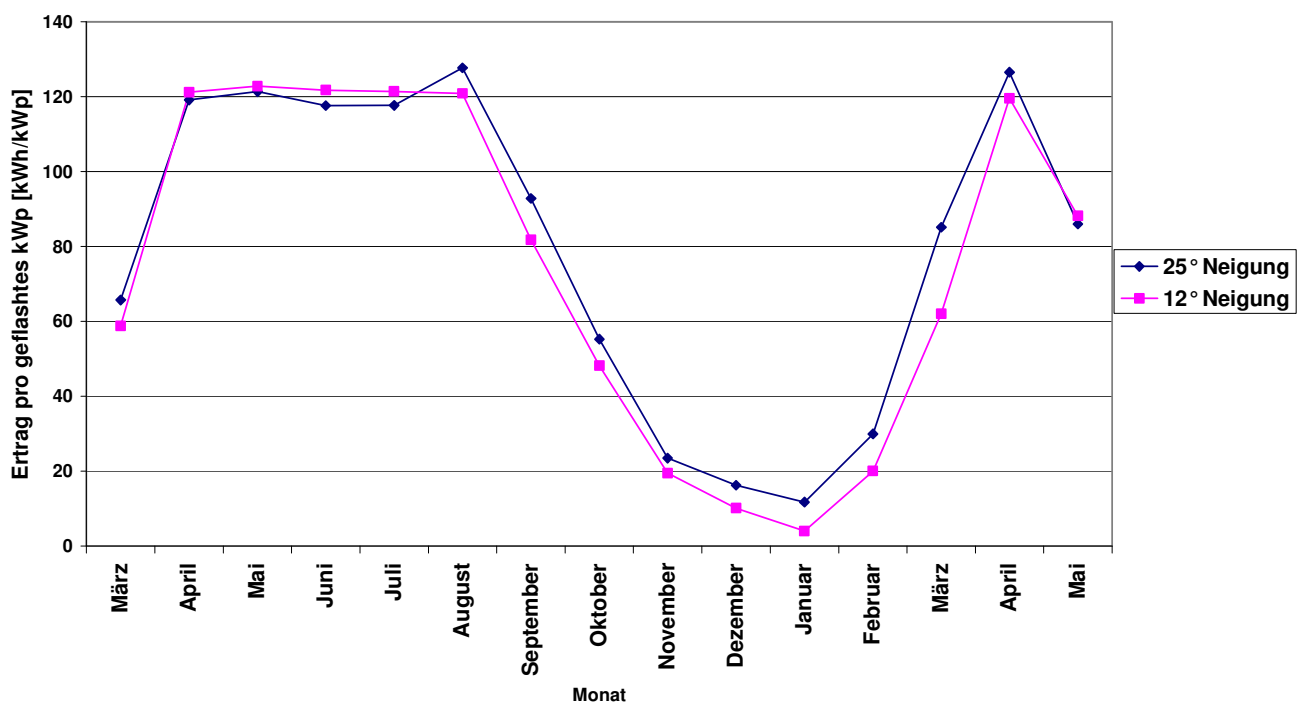


Abb. 2: Monatserträge der 25°- und 12°-Aufbauten

Als Ertragssumme für 1 Jahr (1.3.2009 bis 28.2.2010) ergab sich für

- Modulpaar mit 25°-Neigung: 901,36 kWh/kWp
- Modulpaar mit 12°-Neigung: 853,24 kWh/kWp

Das Modulpaar mit 12° Neigung erzielt 94,7 % des Ertrages des Modulpaares mit 25° Neigung.

Die Monate März 2010 bis Mai 2010 wurden zusätzlich in das Diagramm mit aufgenommen, um den weiteren Trend darzustellen. Sie spielen bei der Ermittlung des Jahresertrages keine Rolle. Hierbei ist zu beachten, dass die verwendeten Kleinwechselrichter der beiden Modulpaare Wirkungsgrade von ca. 89% haben. Dies ist typisch für Kleinwechselrichter. Wären die Module in größeren Anlagen mit größeren Wechselrichtern betrieben worden (Wechselrichterwirkungsgrade von ca. 97%), so wären auch die Erträge beider Modulpaare entsprechend höher. Auch in diesem Fall würden die Module mit 12° Neigung, 94,7% des Ertrages der Module mit 25° Neigung erzielen.

Exemplarisch für die verschieden hohen Sonnenstände der einzelnen Jahreszeiten und der davon abhängigen Erträge, sind in den Abb. 3 bis Abb. 5, verschiedene Tageskurven dargestellt.

In Abb. 3 sind dies die Tageskurven vom 16. und 17. Juni 2009 (also bei nahezu höchstem Sonnenstand).

PV-Module mit 25° und 12° Neigung, jeweils 2 Module in Reihe, Wechselrichterbetrieb

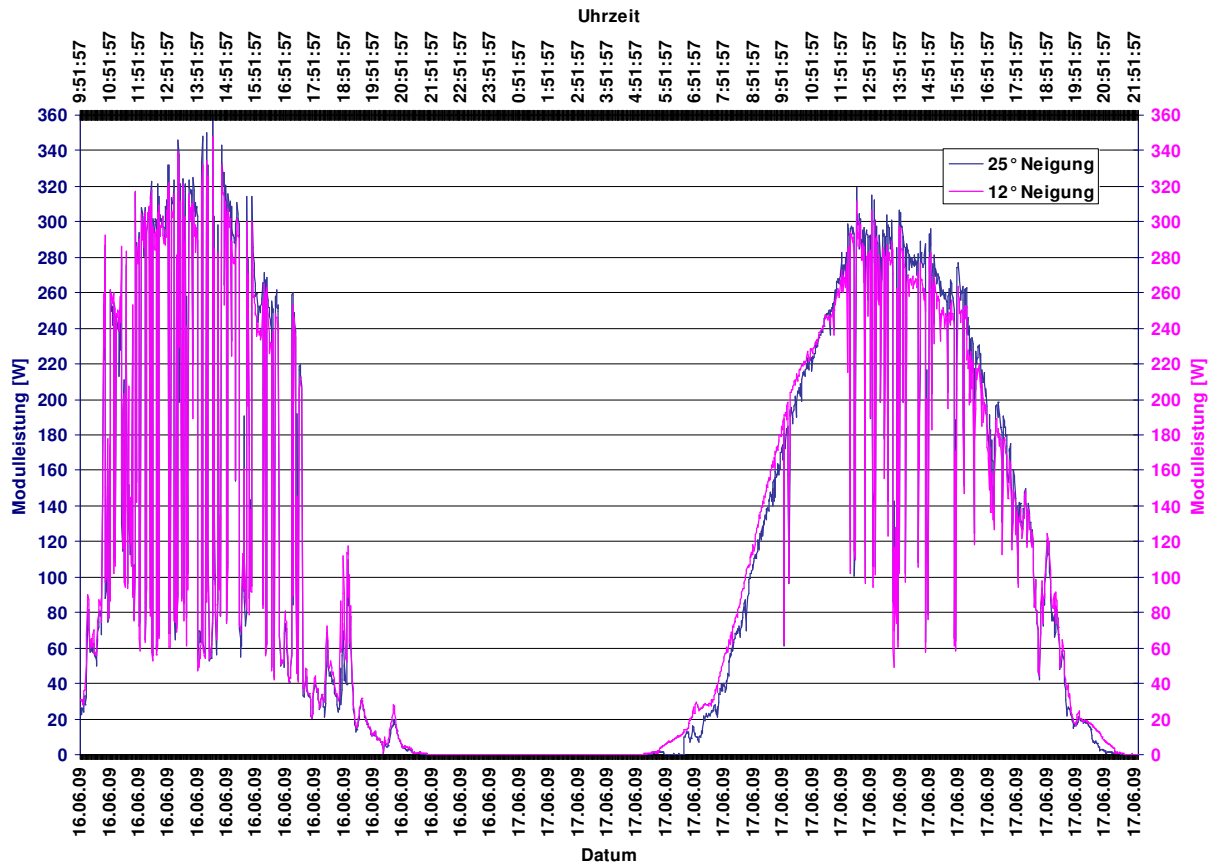


Abb. 3: Tageskurven im Juni 2009

Beide Tage waren sonnig, jedoch mit relativ vielen Wolken. Die Kurven der 25° und 12° geneigten Module sind quasi identisch, sowohl bei vollem Sonnenschein, als auch bei Bewölkung.

Abb. 4 zeigt die Tageskurven der Tag- und Nachtgleiche am 21. und 22. März 2009 (entspricht auch dem 21. und 22. September 2009).

PV-Module mit 25° und 12° Neigung, jeweils 2 Module in Reihe, Wechselrichterbetrieb

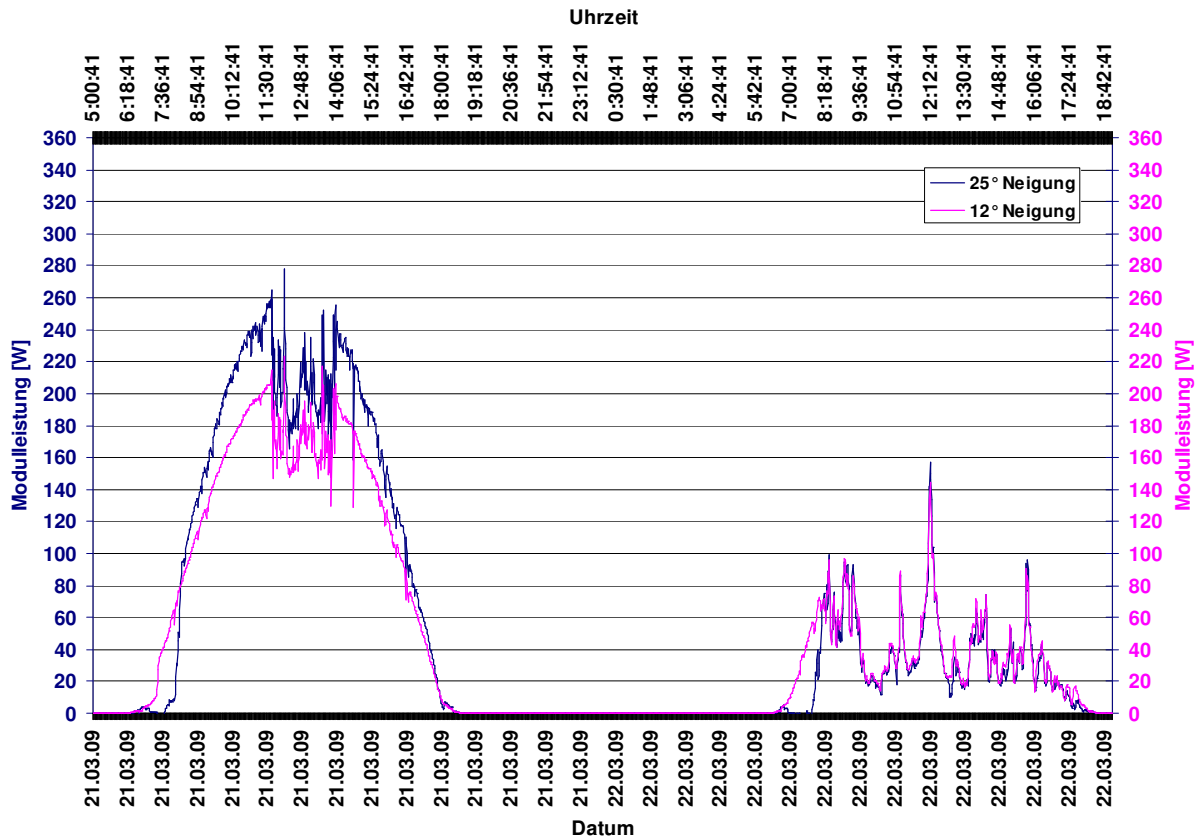


Abb. 4: Tageskurven im März 2009

Deutlich ist zu erkennen, dass an trüben Tagen die Kurven der 25°- und 12°-Neigungen übereinstimmen. An sonnigen Tagen liegt die Leistungskurve der 25° geneigten Module deutlich über den Modulen mit 12°-Neigungen.

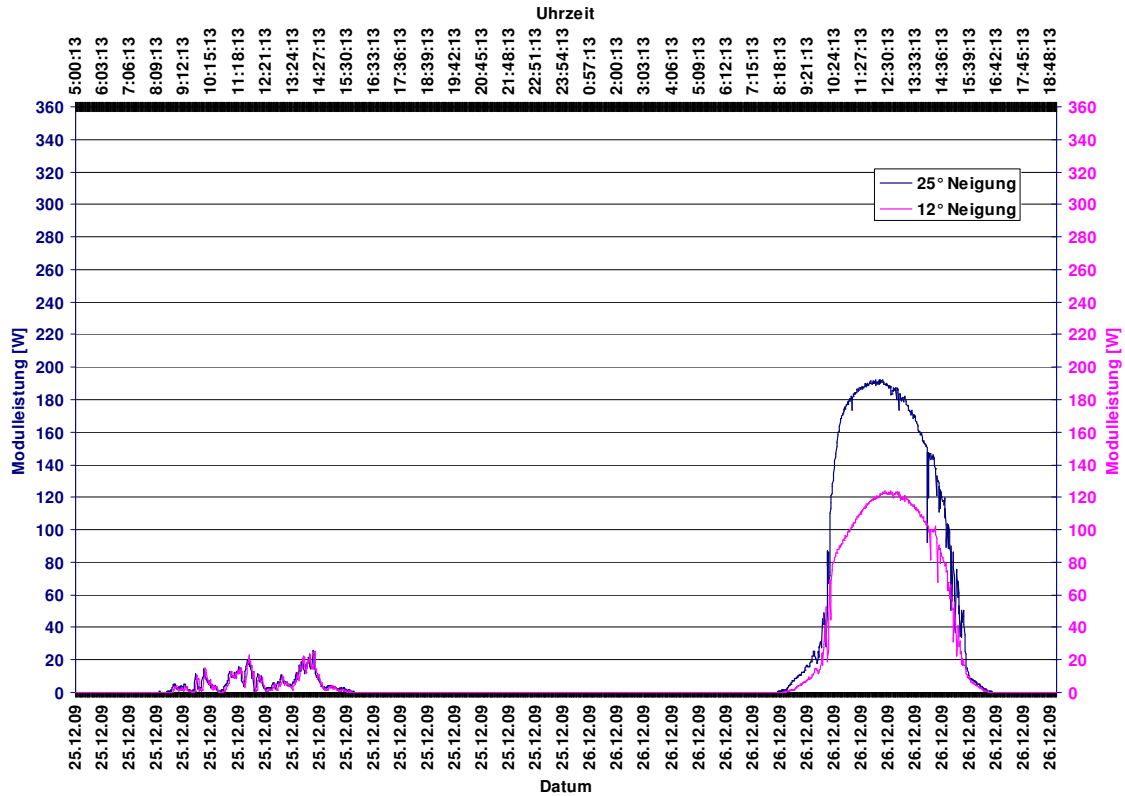


Abb. 5: Tageskurven kurz nach der Wintersonnenwende

Aus Abb. 5 sind die Verhältnisse etwa zum Zeitpunkt des niedrigsten Sonnenstandes (Wintersonnenwende) zu erkennen. Während an trüben Tagen die beiden Kurvenverläufe ebenfalls identisch sind, liegt an sonnigen Tagen der 25°-Aufbau ca. 35% (im Maximum) über dem 12°-Aufbau.

4. Auswertung

Der 12°-Aufbau erzielt 94,7% der Energiesumme des 25°-Aufbaus während der ersten 12 Monate (siehe auch Abb. 2). Das entspricht recht genau dem Tabellenwert, der zu erwarten war. In den Sommermonaten (sowie im späten Frühling) sind die Erträge beider Aufbauten quasi gleich. Während der restlichen Monate (Spätherbst, Winter, zeitiges Frühjahr) des Jahres liegt der 25°-Aufbau an sonnigen Tagen zwar deutlich vor dem 12°-Aufbau. Da allerdings in den Monaten November bis März in unseren Breiten trübes Wetter vorherrscht, wirkt sich dieser Minderertrag des 12°-

Aufbaus gegenüber dem 25°-Aufbau im Jahresertrag kaum aus (siehe Abb. 2, 3, 4, 5).

Verschattungsproblematik:

Ein erheblicher Vorteil liegt darin, dass auf Flachdächern bei einer 12°-Aufständigung das Dach wesentlich dichter mit Modulen belegt werden kann als bei einer 25°-Aufständigung. Die Abstände zwischen den einzelnen Modulreihen halbieren sich. Der Energieertrag erhöht sich wesentlich.

5. Ausblick

Im Verlauf der letzten Monate erhielten wir zahlreiche Anfragen und Vorschläge, auch andere Ausrichtungen als die Südausrichtung unter Real-(Einspeise) Bedingungen zu untersuchen. In diesem Zusammenhang läuft seit einigen Monaten eine Messreihe, welche Ertragsunterschiede bei westlicher Ausrichtung gegenüber Südausrichtung im Netz-Einspeisebetrieb ermittelt.

6. Equipment

Gerät	Typ	Hersteller/Lieferant
Multimeter	Fluke 45	Fluke
Multimeter	Fluke 89IV	Fluke
Wechselrichter	Soladin 600	Mastervolt
Selbst. Freischaltstelle	ENS 26	UfE
Messrechner	GX260	Dell
Software	MS Visual Basic 6.0	Microsoft
Software	MS Excel 2003	Microsoft
PV-Module	ASM 180	ANTARIS

Waldaschaff, 15.06.2010

Eberhard Zentgraf

Dipl.-Ing. (FH) Elektrotechnik
TEC-Institut für technische Innovationen