

**Unterschiedliche Hinterlüftung von kristallinen PV-Modulen bei Wannens-Montage,
z. B. auf Flachdächern**

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

An Planung, Aufbau, Messungen und Auswertung beteiligtes
wissenschaftliches Team:
E. Zentgraf, M. Göde, A. Höfling, A. Zentgraf, L. Lemons

Inhaltsverzeichnis:

1. Vorwort: Anlass der Untersuchungen

2. Versuchsaufbauten und Messreihen
 - Vorüberlegungen
 - Vorbereitungen
 - Durchführung

3. Interpretation der Ergebnisse und Fazit

4. Equipment

1. Vorwort: Anlass der Untersuchungen

In Diskussionen zur Optimierung des Energieertrages von Photovoltaikmodulen ist immer wieder die Hinterlüftung der Module zum Erreichen einer besseren Kühlung, und damit zur Erhöhung des Energieertrages, ein Thema.

In Laboruntersuchungen, die bereits einige Monate zurück liegen, hatte sich unser Team des TEC-Institutes bereits mit dem Thema Erwärmung und Kühlung von Solarzellen und PV-Modulen befasst. Allerdings waren dies, wie bereits erwähnt, Untersuchungen, die im Labor statt fanden.

Die neu geplanten Tests wurden unter Realbedingungen auf dem Dach, mit handelsüblichen Standard-PV-Modulen im Einspeisebetrieb, durchgeführt.

2. Versuchsaufbauten und Messreihen

Damit die Messungen eine hohe Aussagekraft besitzen, war es wichtig, dass sowohl das Testsystem als auch das Referenzsystem unter exakt gleichen Bedingungen betrieben wurden. Wir entschieden uns sowohl für das Referenzsystem, als auch für das Testsystem den monokristallinen Modultyp ANTARIS ASM 180 zu verwenden. Prinzipiell kann für diese Tests jeder beliebige kristalline Modultyp jedes Herstellers benutzt werden, solange es sich um identische Test- und Referenz-Module handelt. Da wir jedoch speziell die verwendeten 4 Stück ANTARIS ASM 180 seit längerem im Rahmen anderer Untersuchungen und Tests kannten und daher wussten, dass diese in ihrem **relativen** Energieertrag (bezogen auf das kWp) unter gleichen Betriebsbedingungen in sehr engen Toleranzen identisch waren, wählten wir diese für die Testreihen aus.

Also bestand sowohl das **Referenzsystem**, als auch das **Testsystem** aus jeweils zwei Stück PV-Modulen ANTARIS ASM 180, welche jeweils über einen Wechselrichter Mastervolt Soladin 600 in das Stromnetz einspeisen.

Die jeweils zwei Module wurden zu einem Mini-String in Reihe geschaltet. Auf diese Weise war gewährleistet, dass die beiden Wechselrichter in ihrem Mpp-Bereich arbeiteten und so den optimalen Energieertrag aus den Modulen heraus holen konnten.

Weiterhin wurde bezüglich der beiden Systeme auf folgendes geachtet:

- gleiche Kabellängen,
- absolute Verschattungsfreiheit,
- kalibrierte Einspeisezähler,
- kalibrierte Gleichstrom u. Gleichspannungs-Messgeräte,
- aus deren Werte der jeweilige Energie-Ertrag der Module berechnet wurde.
- Kalibrierte Temperatursensoren,
- befestigt mit optimaler Kontaktfläche,
- mittig auf der Unterseite der beiden Module des Testsystems.

Beide Systeme befanden sich auf dem Flachdach unseres Instituts, waren auf dafür zugelassenen Montagewannen ConSole der Fa. Ubbink Solar montiert und unter einem Neigungswinkel von 25 Grad exakt nach Süden ausgerichtet (siehe Abb.1 und Abb. 2).

Die Ballastierung der Montagewannen wurde mit Grob-Kies nach den Vorgaben des Herstellers vorgenommen.



Abb. 1: Montagewannen ConSole der Fa. Ubbink Solar



Abb. 2: Beispiel für Montage auf ConSole , Fa. Ubbink Solar

Die beiden Module des Referenzsystems wurden auf zwei Original-Montagewannen ConSole der Fa. Ubbink Solar (wie in Abb. 1 zu sehen) montiert. In dem Wannenkörper befanden sich keinerlei Lüftungslöcher.

Baugleiche Montagewannen wurden für das Testsystem mit Lüftungslöcher versehen (siehe Abb. 3 und Abb. 4).



Abb. 3: Bohren der Lüftungslöcher



Abb. 4: Wanne mit Lüftungslöcher

Nun galt es zu überlegen, welcher Zeitraum des Jahres (in diesem Fall des Jahres 2009), am geeignetsten für die Untersuchungen wären, um mit relativ gleichen Rahmenbedingungen zu arbeiten. Die Monate Oktober, November, Dezember, Januar, Februar und März kamen schon deshalb nicht in Frage, weil in diesem Zeitraum

- a) der Sonnenstand zu niedrig,
- b) die Temperaturen zu gering und
- c) der Anteil des Jahresenergie-Ertrages dieser 6 Monate zusammen, im langjährigen Mittel nur ca. 30 % sein würde (siehe auch Abb. 5 und 6).

Zu erwartender Energieertrag im langjährigen Mittel
am Beispiel einer 10 kWp-Anlage

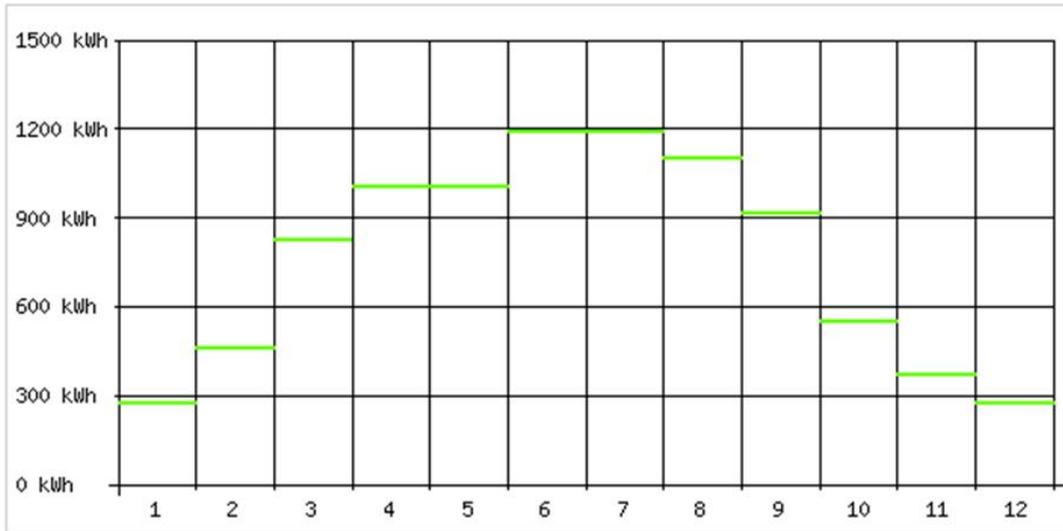


Abb. 5 Zu erwartende monatliche Energie-Erträge (hier: 10 kWp-Anlage)

Temperatur Monatswerte 2008

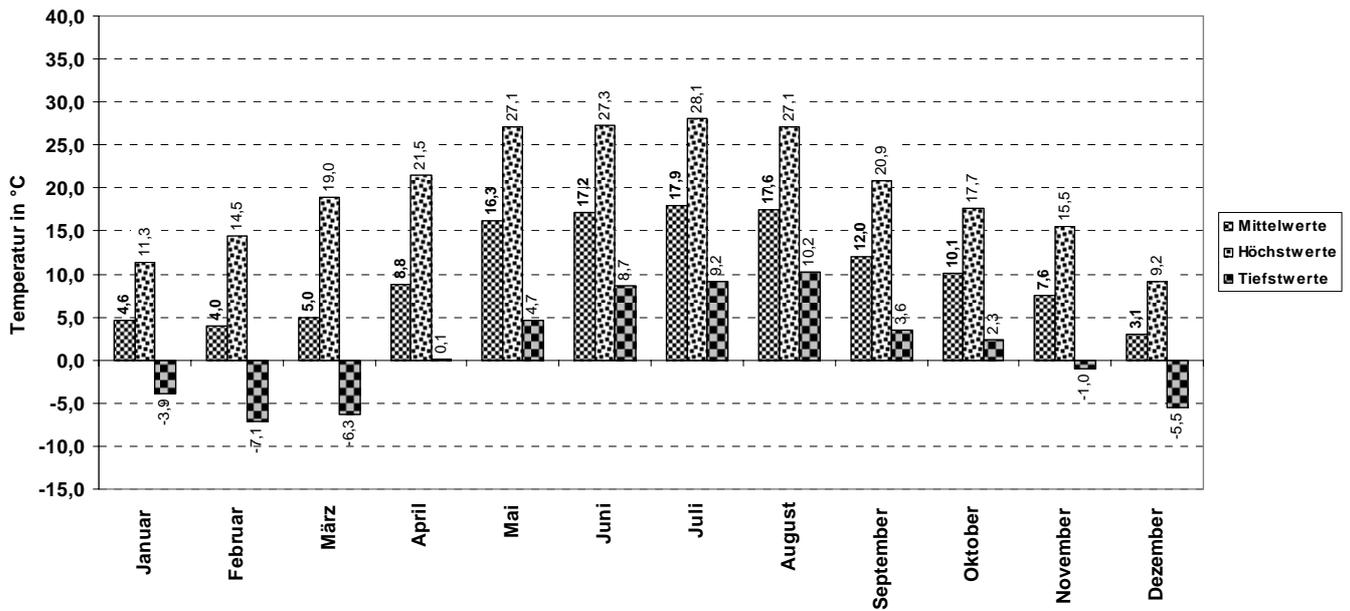


Abb. 6 Monatliche Temperaturen 2008, Außentemperatur am Test-Ort

Es kamen daher in erster Linie die vier „heißen“ Sommermonate Mai, Juni, Juli und August, in welchen sowohl hohe Temperaturen als auch hohe Sonneneinstrahlungen auftreten, für den Testzeitraum in Frage.

Es blieb nur noch die Überlegung, ob auch die Monate April und September in den Testzeitraum integriert werden sollten.

Wie aus Abb. 6 (hier zwar speziell für 2008, aber im langjährigen Mittel ähnlich) zu ersehen, hat der April im Mittel zwar schon eine recht hohe Sonneneinstrahlung, jedoch noch eine relativ geringe Außentemperatur, welche die Module, auch ohne Hinterlüftung, entsprechend kühlt.

Im September liegen die Mitteltemperaturen in der Regel zwar noch etwas über den April-Werten, jedoch geht die Sonneneinstrahlung bereits deutlich zurück, schließlich ist im September auch die sog. Tag- und Nacht-Gleiche.

Also legten wir für den Testzeitraum die vier Monate Mai, Juni, Juli und August fest.

Nach Abb. 5 sind diese vier Monate für knapp 50 % des jährlichen Energie-Ertrages verantwortlich.

Mit anderen Worten:

Während ca. 33 % des Jahres (nämlich der o. g. vier Sommermonate) werden nahezu 50 % des jährlichen Energie-Ertrages erwirtschaftet.

In den Monaten Mai, Juni und Juli 2009 waren die Module des Testsystems auf hinterlüfteten Wannen (also Wannen mit Löchern) montiert, siehe auch Abb. 7, während das Referenzsystem auf Standardwannen, ohne Hinterlüftung, befestigt war.



Abb. 7 Testsystem ist auf hinterlüfteten Wannen montiert

Zur Erfassung der Temperatur der beiden Module des Testsystems waren (wie bereits weiter oben erwähnt) mittig auf der Rückseite der beiden Module jeweils ein kalibrierter Pt 100-Sensor befestigt.

Um den Temperaturunterschied zwischen hinterlüfteter Wanne (mit Löchern) und Standardwanne (ohne Löcher) zu untersuchen, wurde am 01. Juli 2009 ein kleiner Test vorgenommen:

Während alle Löcher der einen Wanne des Testsystems am 01. Juli 2009, um ca. 08:00 Uhr, mit schwarzer Folie verklebt wurden, blieben die Löcher der anderen Wanne des Testsystems offen. Einen Tag später, am 02. Juli 2009, um ca. 10:40 Uhr, wurde die Folie wieder entfernt. Dabei stellte sich der Effekt ein, wie in Abb. 8 zu sehen ist.

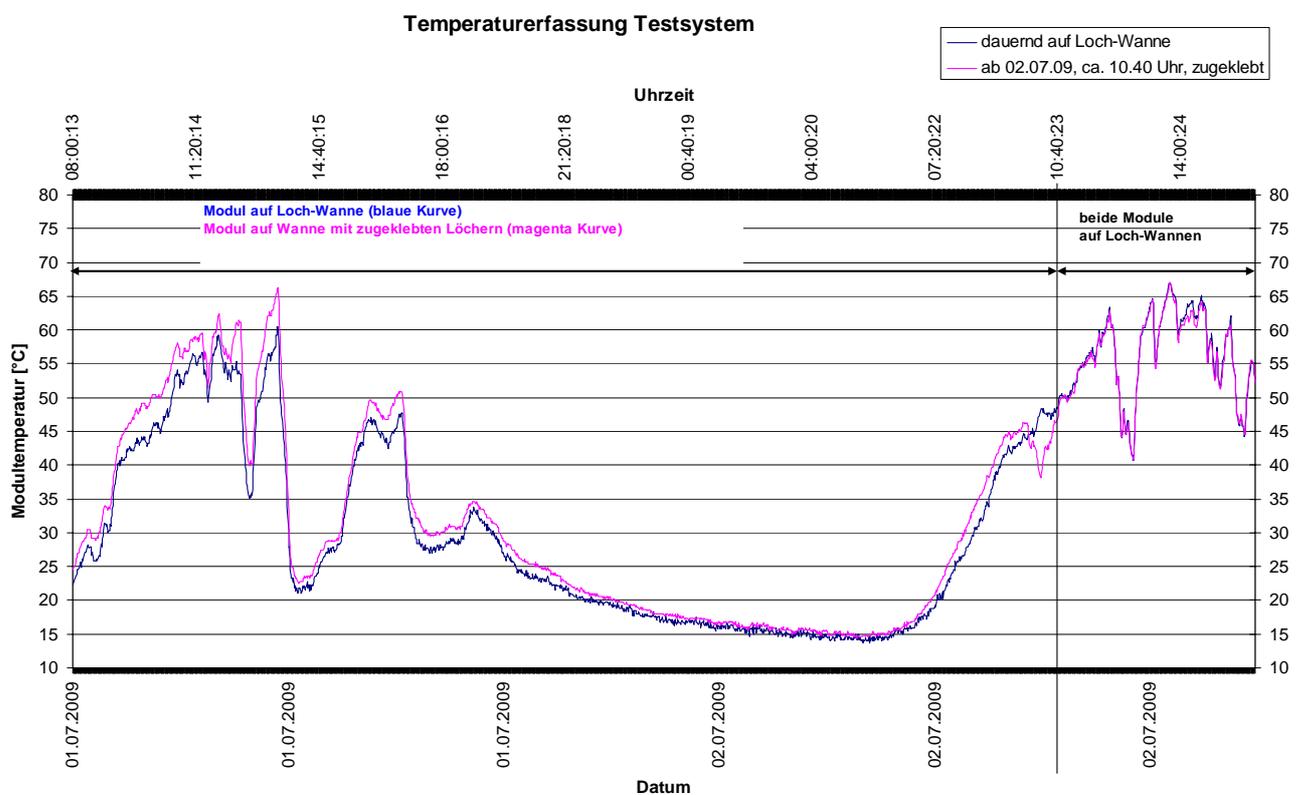


Abb. 8 Test mit einer „offenen“ und einer „verklebten“ Wanne

Deutlich ist zu erkennen, dass am 01. Juli das Modul auf der Wanne mit den zugeklebten Löchern etwa zur Mittagszeit eine um ca. 7°C höhere Temperatur hat, als das andere Modul auf der hinterlüfteten Wanne (mit offenen Löchern). Nach dem Entfernen der Folie am 02. Juli um ca. 10:40 Uhr (siehe Abb. 8) waren die Modultemperaturen wieder identisch.

Die Globalstrahlung in diesem Messzeitraum ist in Abb. 9 dargestellt.

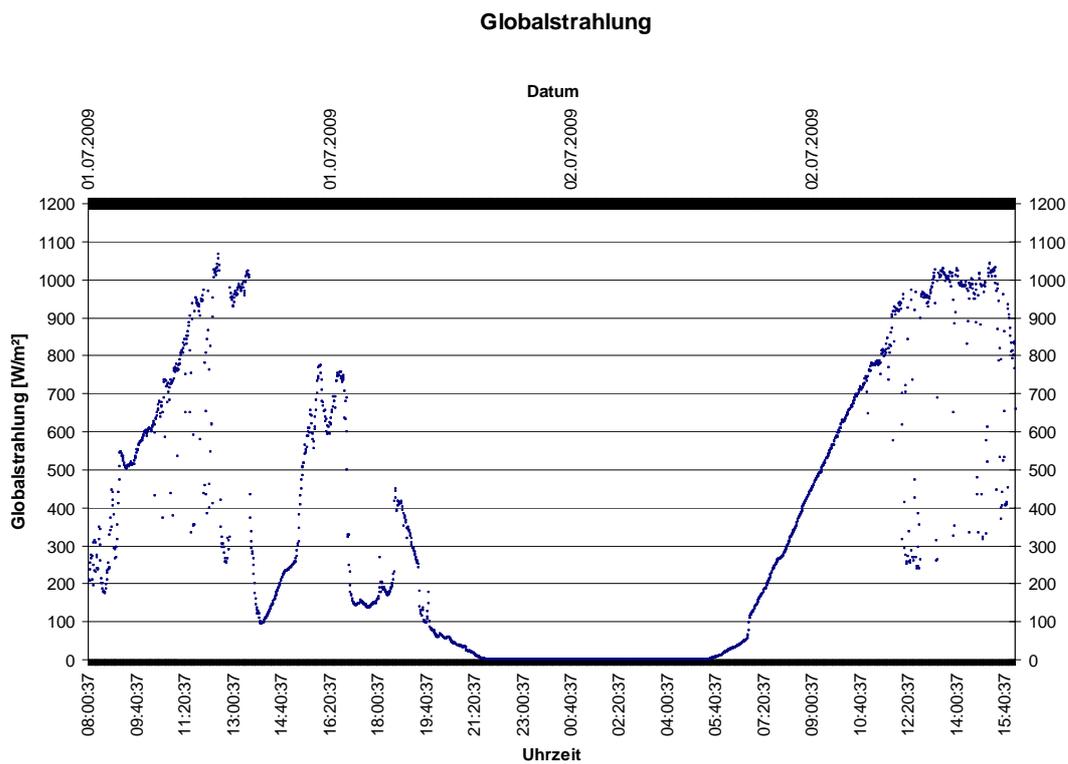


Abb. 9 Globalstrahlung am 01. und 02. Juli 2009

Am 03. August 2009 (der 01. und 02. August fielen ins Wochenende) wurden beide Wannen des Testsystems komplett mit schwarzer Folie verklebt, so dass das Testsystem während (fast) des ganzen Augusts nicht hinterlüftet war. Siehe auch Abb. 10



Abb. 10 Wannen des Testsystems komplett mit schwarzer Folie verklebt

In Abb. 11 und 12 sind die absoluten Energie-Erträge der Monate Mai bis August 2009 zu sehen:

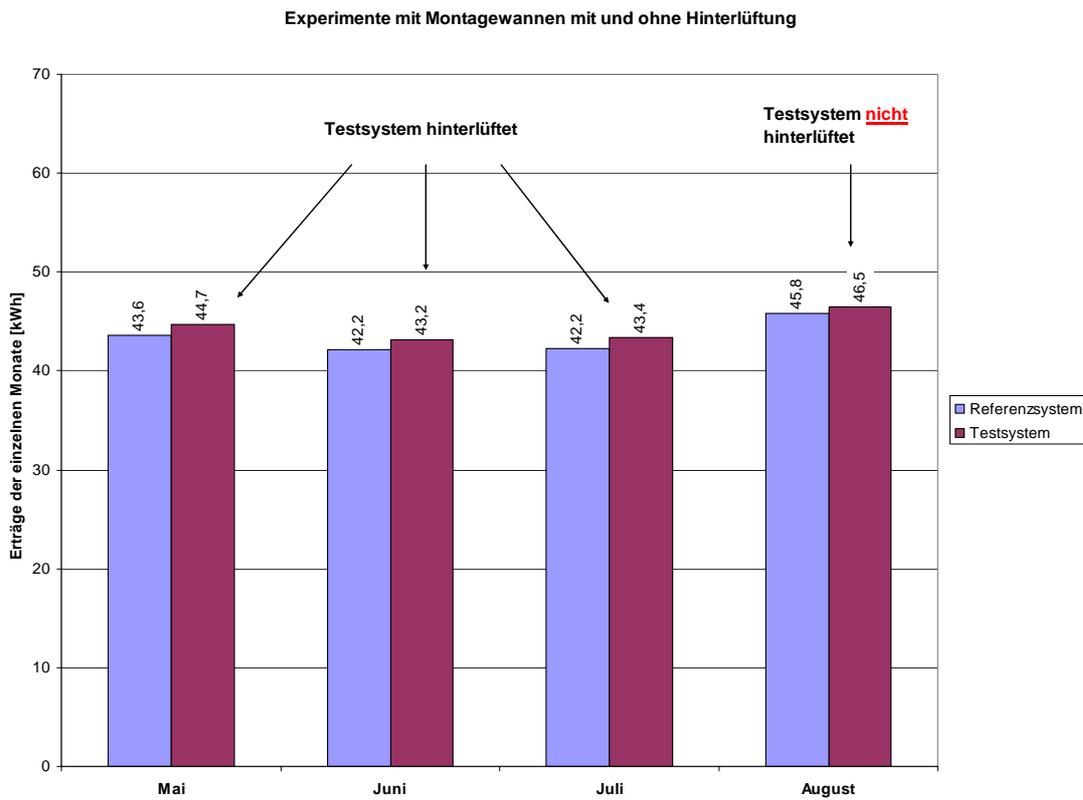


Abb. 11 absolute Energie-Erträge Mai bis August 2009

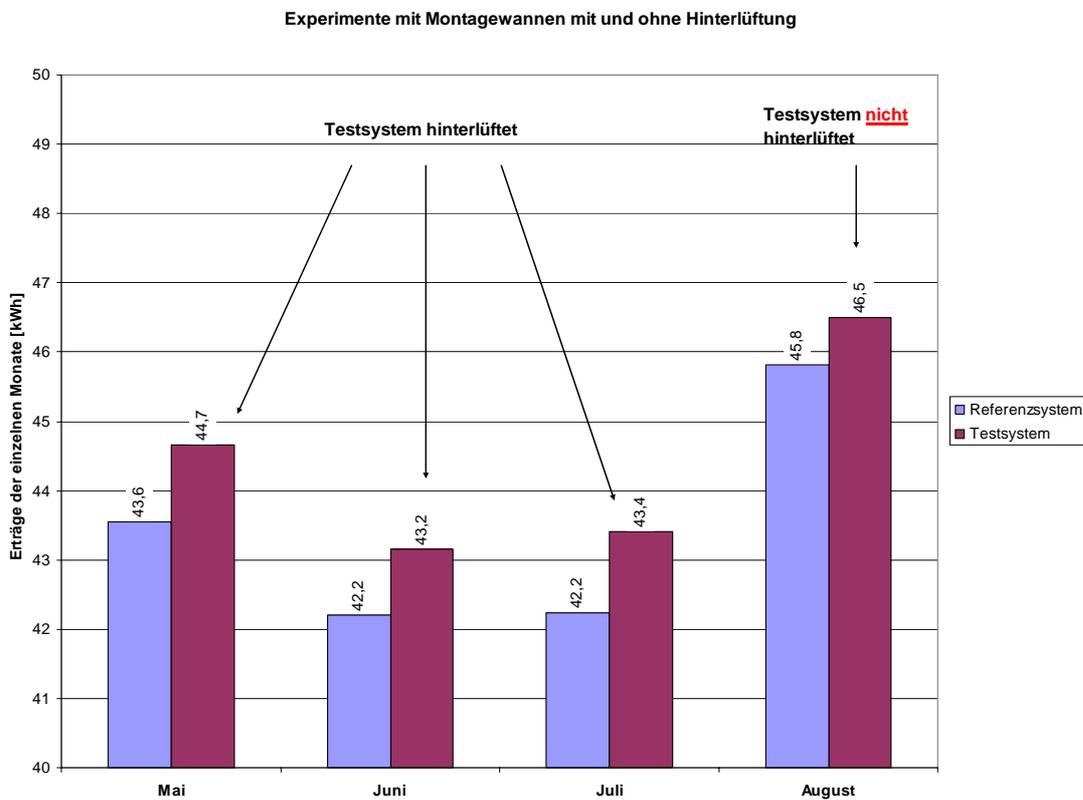


Abb. 12 gezoomte Darstellung von Abb. 11

Ergebnis:

Ganz klar ist zu erkennen, dass das Referenzsystem, welches NICHT hinterlüftet ist, immer einen geringeren Ertrag gegenüber dem Testsystem aufweist. Dies gilt besonders für die Monate Mai bis Juli 2009, in welchen das Testsystem (bis auf eine sehr kurze Ausnahme, siehe Abb. 8) ständig hinterlüftet war.

Als jedoch im August 2009 (bis auf die beiden ersten Tage) die Löcher der beiden Wannen des Testsystems zugeklebt wurden (also keine Hinterlüftung mehr vorhanden war), reduzierte sich der Mehrertrag des Testsystems bezüglich des Referenzsystems deutlich.

Genauer zeigen Abb. 13 und Abb 14. Hierbei wird der monatliche Mehrertrag des Testsystems bezüglich des Referenzsystems ermittelt.

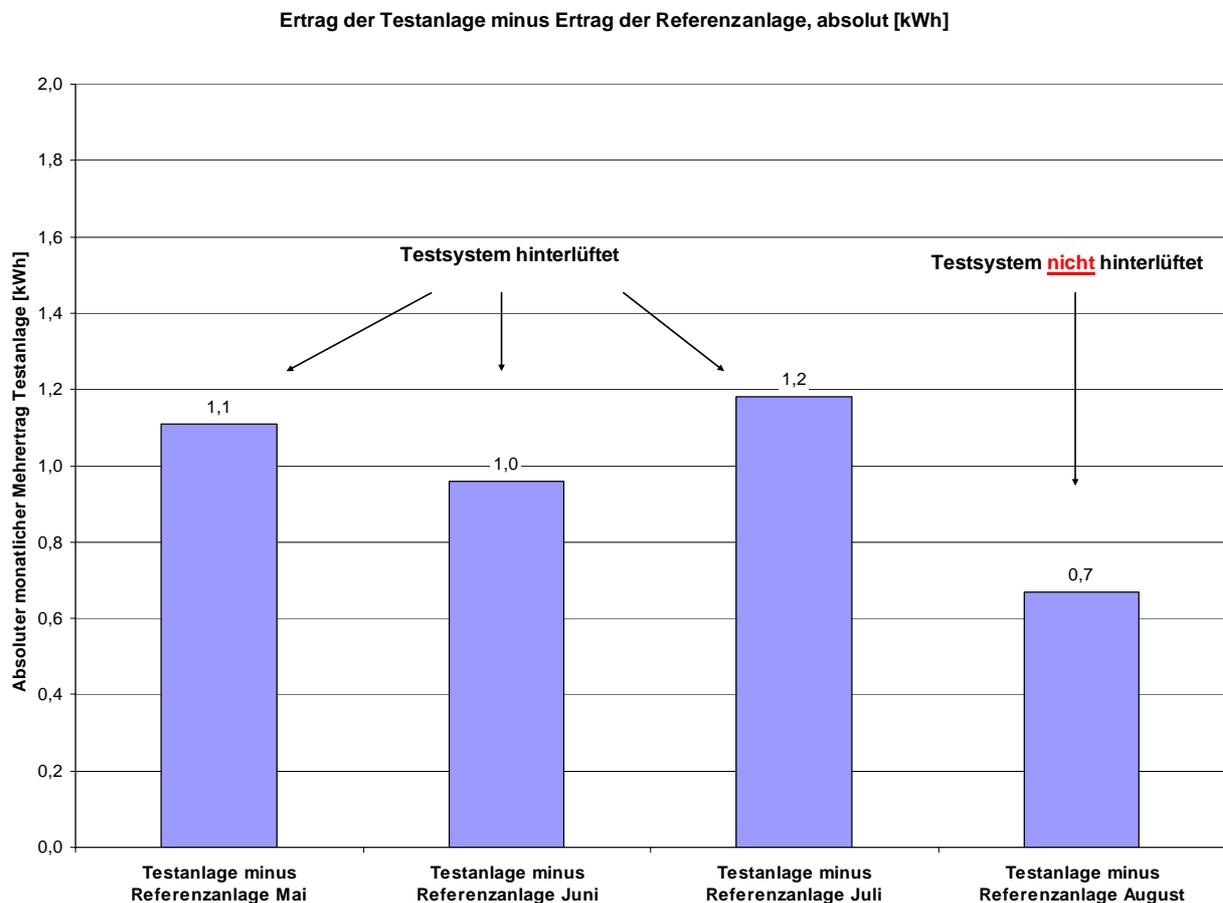


Abb. 13 Monatliche Mehrerträge des Testsystems bezüglich des Referenzsystems, als Absolutwerte

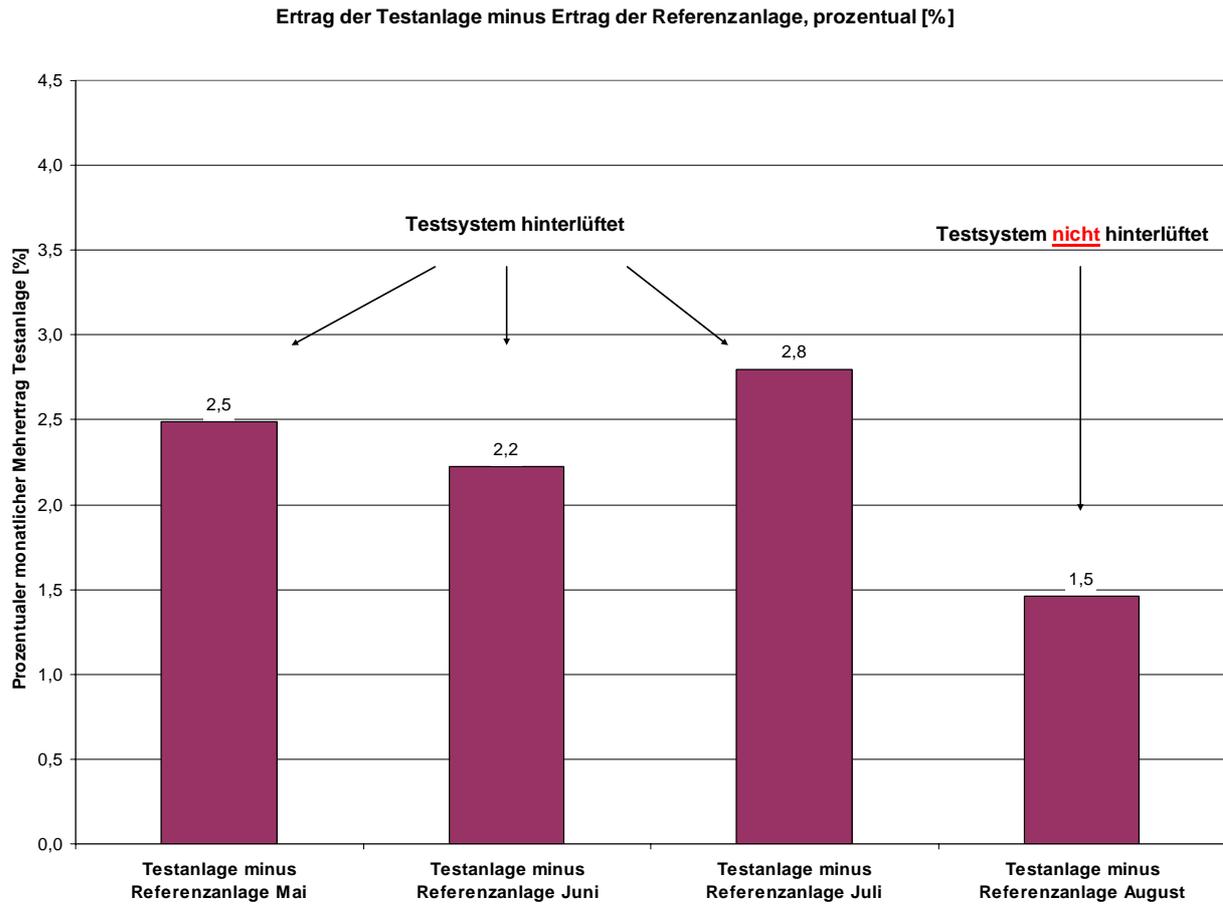


Abb. 14 Monatliche Mehrerträge des Testsystems bezüglich des Referenzsystems, in Prozent

Fazit:

Im hinterlüfteten Zustand (Monate Mai bis Juli 2009) lag der Energie-Ertrag des Testsystems immer mehr als 2 % über dem Ertrag des Referenzsystems. Als jedoch im August 2009 das Testsystem nicht mehr hinterlüftet war, also sowohl das Testsystem als auch das Referenzsystem unter exakt gleichen Bedingungen betrieben wurden, ging der Mehrertrag des Testsystems gegenüber dem Referenzsystem deutlich zurück und lag nur noch 1,5 % vor dem Referenzsystem.

Hinweis:

Unter der Berücksichtigung, dass die meisten Modul-Hersteller in ihren Datenblättern als Grenzen für die Abweichung der Leistungswerte (und damit auch der Ertragswerte) bezüglich der Datenblatt-Nennwerte einen Bereich von +/- 3 % angeben (bei gleichen Betriebsbedingungen), so liegen die untersuchten Module mit 1,5 % Abweichung (alles ANTARIS ASM 180) des Referenz- und des Testsystems sehr eng in diesen Toleranzgrenzen, bei gleichen Betriebs- / Kühlungs-Bedingungen.

3. Interpretation der Ergebnisse und Fazit

Was bedeutet dies hinsichtlich der Frage, ob sich der Aufwand für eine Hinterlüftung rechnet?

Der prozentuale Ertragsvorteil des hinterlüfteten Testsystems gegenüber dem nicht hinterlüfteten Referenzsystem während der Monate Mai bis Juli 2009 beträgt im Mittel 2,5 %.

Unter gleichen Kühlungsbedingungen, beide Systeme NICHT hinterlüftet, hat das Testsystem nur noch einen Ertragsvorteil von 1,5 %.

Daraus folgt, dass der Mehrertrag durch das Hinterlüften (mit dem beschriebenen Versuchsaufbau) im Mittel bei ca. 1 % liegt.

Wichtig:

Das gilt nur für die heißen vier Sommermonate (Mai bis August)

In diesen vier Sommermonaten, welche zeitlich 33,3 % eines Jahres ausmachen, werden jedoch (wie weiter oben erwähnt, siehe auch Abb. 5) knapp 50 % des Jahres-Energie-Ertrages erwirtschaftet.

Daraus kann gefolgert werden:

Unter der Annahme, dass sich während der „restlichen“ acht Monate kein Ertragsvorteil durch Hinterlüftung ergeben würde, da einfach die Außentemperaturen zu gering sind, würde dies bedeuten, dass die Hinterlüftung auf das ganze Jahr (12 Monate) bezogen etwa einen Energie-Mehrertrag in der Größenordnung von 0,3 % ergeben.

Allerdings:

Für die Monate April, September und evtl. Oktober können bei günstigen Temperaturen auch noch geringe Ertragsvorteile durch Hinterlüftung auftreten, die jedoch sehr deutlich unter denen der Monate Mai bis August liegen, so dass der o. g. Jahresvorteil von 0,3 % überschritten wird.

Weiterhin:

An „windigen“ Standorten (z. B. an der Küste) ist eine gewisse Verstärkung der Kühlung durch Hinterlüftung zu erwarten. Allerdings werden dort auch Module ohne Hinterlüftung durch den vorherrschenden Wind an der Vorder- (Ober-) Seite gekühlt, so dass dabei wiederum eine gewisse Relativierung eintritt.

Abschließend:

Selbst bei **sehr optimistischer** Auslegung der Messergebnisse wird sich in **mitteleuropäischen** Breiten, d. h. auch in großen Teilen von Deutschland, durch die Art der untersuchten Hinterlüftung mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit, auf das Jahr bezogen, ein Ertragsvorteil ergeben, der deutlich **unter 2 %** liegt.

4. Equipment

Art des Gerätes:

- PV-Modul
- Montagewanne
- Wechselrichter
- Digitalmultimeter
- Zähler
- Messrechner
- Mess-Software
- Auswertesoftware

Hersteller:

ANTARIS
Ubbink Solar
Mastervolt
Voltcraft
AEG
Dell
Microsoft
Microsoft

Typ:

ASM 180
ConSole
Soladin 600
VC 820
Form J16 G
Modell DHM
VB 6.0
EXCEL 2003

Waldaschaff, 05.11.09

Dipl.-Ing. (FH) Eberhard Zentgraf
Leiter PV-Forschung und –Entwicklung
TEC-Institut für technische Innovationen GmbH & Co. KG