

Nr. 11 / 2011

# REPORT



**Ammoniak-Beständigkeit von monokristallinen PV-Modulen in der realen Atmosphäre eines Schweinestalls.**

## Ideale Voraussetzungen für PV-Anlagen in der Landwirtschaft

### Risiko Ammoniak durch Tierausdünstungen?

Die Dachflächen von landwirtschaftlichen Gebäuden wie z.B. auch Ställe sind ideal zur Montage von PV-Anlagen geeignet, da sie in der Regel über große Dachflächen verfügen. Hier liegt aber auch das Problem: Bei Ställen gibt es seit längerer Zeit Befürchtungen, dass die ammoniakhaltigen Ausdünstungen der Tiere, speziell von Geflügel und von Schweinen, im Laufe der Zeit die PV-Module schädigen könnten, da das austretende Ammoniak (NH<sub>3</sub>) über Be- und Entlüftungssysteme in die Außenluft gelangt und damit auch an die PV-Module.

Tatsache ist, dass Ammoniak in entsprechender Konzentration, Oberflächen von Gegenständen angreift und korrodieren läßt. Das gilt grundsätzlich auch für alle Teile von PV-Modulen.

### Bisherige Tests unter Laborbedingungen

In Deutschland wird zurzeit über verschiedene Prüfverfahren die Ammoniakbeständigkeit von PV-Modulen getestet. Die wohl am häufigsten verwendeten Prüfmethode sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Wie man in Tabelle 1 erkennen kann, unterscheiden sich die verschiedenen Prüfmethode zum Teil erheblich in der NH<sub>3</sub>-Konzentration, der Umgebungstemperatur und der Umgebungsluftfeuchtigkeit. Allen gemein ist, dass die Prüfungsdauer weniger als ein Monat dauert und dass alle Prüfungen unter künstlichen Bedingungen im Labor durchgeführt werden, teilweise sogar mit Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)-Atmosphäre und nicht in einer realen Ammoniak-Atmosphäre (NH<sub>3</sub>).

	DIN 50916	ISO 6988/ DIN 50018	IEC 60068-2-60	IEC 62716
Prüfdauer :	28 Tage	20 Tage	21 Tage	20 Tage
NH <sub>3</sub> -Konzentration:	7755 ppm	6667 ppm	25 ppm	6667 ppm
Umgebungstemperatur:	30°C	60/23°C	45°C	40/23°C
Umgebungs-Luftfeuchtigkeit:	100%	100%	80%	100/75%

Tabelle 1: Gängige Prüfmethode, Ammoniak-Beständigkeit von PV-Modulen

## Ausgangszustand der Module im Detail:



Abb. 1 bis 4: Ausgangszustand des Moduls AS M 180

## Der TEC-Test mit ANTARIS-Modulen unter Realbedingungen im Schweinestall

Im Gegensatz zu den gängigen Prüfungsmethoden entschieden wir uns,

- a) die Untersuchungen in einer realen Schweinestall-Atmosphäre stattfinden und
- b) sie als Langzeittestreihen mindestens 6 Monate laufen zu lassen.

Ein befreundeter Landwirt, der einen Schweine-Aufzucht-Betrieb mit bis zu ca. 1000 Tieren führt, bot uns die Möglichkeit, diese Langzeittests durchzuführen.

Zuerst hielten wir photographisch im Detail fest, wie die beiden verwendeten Testmodule vom Typ ANTARIS ASM 180 und ASM 185 aussahen bevor diese in den Schweinestall gebracht wurden. Die Fotos dokumentieren den optischen Ausgangszustand der beiden Module, um diesen dann mit dem optischen Zustand nach 6 Monaten zu vergleichen (siehe Abb. 1 bis Abb. 8).

Außerdem wurden beide ANTARIS-Module auf dem Sonnensimulator unter Standard-Test-Bedingungen (STC) ‚geflashed‘, um auch die elektrischen Ausgangsdaten zu dokumentieren. Anschließend transportierten wir beide Module in den in mehrere Boxen

unterteilten Schweinestall, wo sie unterhalb der Staldecke befestigt wurden: Ein Modul zeigte mit der Rückseite, das andere Modul mit der Vorderseite nach unten (siehe auch Abb. 9 und Abb. 10).

Zur ständigen Überwachung der Ammoniak-Konzentration wurde ein ‚GasAlert Extreme‘ mit  $\text{NH}_3$ -Sensor ‚SR-A04‘ der Firma BW Technologies/Honeywell verwendet, der ebenfalls unterhalb der Staldecke in unmittelbarer Nähe der beiden Module angebracht wurde (siehe Abb. 11). Dieses Gerät verfügt über einen Datenlogger, damit die Messwerte über längere Zeiträume gespeichert und abgerufen werden können. Zur Verifizierung der Messwerte des GasAlert Extreme wurden in regelmäßigen Abständen Kontroll-Stichproben mit Hilfe so genannter RAE-Prüfröhrchen und einer Gasspürpumpe, Typ LP-1200 der Firma ACE Gasesstechnik, durchgeführt (siehe Abb.12).

Luftfeuchtigkeit und Temperatur wurden durch ein testo 174H aufgezeichnet. Dieses Gerät enthielt ebenfalls einen Datenlogger (siehe Abb. 12 u. Abb. 13: das schwarze Kästchen, das auf dem rechten Modul liegt und zum Teil durch das gelbe GasAlert Extreme verdeckt wird).



Abb. 5 bis 8: Ausgangszustand des Moduls AS M 185



Abb. 9: Module unter der Schweinestall-Decke



Abb. 10: Module unter der Schweinestall-Decke



Abb. 11: GasAlert Extreme zur Messung der Ammoniak-Konzentration



Abb. 12: Im Vordergrund: Mess-System der Fa RAE mit Prüfröhrchen und Gasspürpumpe; im Hintergrund: testo 174H und GasAlert Extreme

## Erste Kontrolle nach 4 Wochen

Etwa 4 Wochen nach Teststart wurden die beiden Datenlogger ausgelesen, eine NH<sub>3</sub>-Verifizierungsmessung mit den Mess-Röhrchen durchgeführt und einige Fotos von den Modulen unter regem Interesse der Stallbewohner aufgenommen (siehe Abb. 17). Dabei wurde festgestellt, dass sich auf den Modulen bereits eine ca. 1 mm dicken Staubschicht abgesetzt hatte (siehe Abb. 14 und Abb. 15). Die Unterseite der Module war nur leicht verschmutzt (siehe Abb. 16).



Abb. 14 und 15: Staubschicht nach ca. 4 Wochen



Abb. 16: Unterseite ist nach ca. 4 Wochen nur leicht verschmutzt



Abb. 17: Die Bewohner des Stalls verfolgen interessiert die Kontrollarbeiten



Abb. 13: GasAlert Extreme und testo 174H



#### Unsere Untersuchung nach 6 Monaten

Nach dem vorgesehenen Zeitraum wurden die beiden Module aus dem Schweinestall entfernt und zu einer Untersuchung in das TEC-Institut gebracht. Mittlerweile hatte sich eine ca. 1 cm dicke Staubschicht auf die nach oben zeigende Modulseite gelegt (siehe Abb. 18 und Abb. 19). Die Unterseiten dagegen waren nicht stärker verschmutzt als es nach ca. 4 Wochen der Fall war (siehe Abb. 16).



Abb. 18 und 19: Schmutzschicht nach 6 Monaten

## Optischer Zustand, Mess- u. Untersuchungsergebnisse

Nachdem beide Module gründlich gereinigt wurden, ergab die optische Untersuchung, dass nach 6 Monaten im Schweinestall keinerlei Schäden zu erkennen waren: weder die Aluminium-Rahmen, noch die Rückseiten-Folien, Frontgläser, Anschlussdosen, Kabel, Stecker, Silikondichtungen zeigten Anzeichen von Korrosion (siehe Abb. 20 bis 27).

Interessant ist in diesem Zusammenhang der Vergleich von Abb. 5 mit Abb. 24:

Bei Abb. 24 sind sehr deutlich drei bräunliche Flecken im Bereich zwischen der grünen Ziffer ‚römisch II‘ und dem rechten Bildrand zu erkennen. Diese Flecken wurden durch Klebebänder verursacht mit denen ein A4-Notiz-Blatt, lange vor dem Start der Versuchsreihen,

## Zustand der Module nach 6 Monaten im Detail:



Abb. 20 bis 23: Ausgangszustand des Moduls AS M 180

## Messergebnisse der Umgebungsparameter

Tabelle 2 zeigt die Maximal-, Minimal- und Mittelwerte von Ammoniak-Konzentration [ppm] (parts per million), Luftfeuchtigkeit [%] und Temperatur [°C] im Zeitraum Anfang April 2011 bis Ende September 2011.

Zeitraum: April 2011 bis September 2011 (6 Monate)  
Die Diagramme Abb. 28 bis Abb. 31 zeigen exemplarisch das Verhalten von Ammoniak-Konzentration, Temperatur und Luftfeuchtigkeit, jeweils über mehrere Stunden.

an dem Modul befestigt war. Bei genauem Hinschauen sind diese drei Flecken – allerdings wesentlich heller – auch auf Abb. 5 zu erkennen. Die bereits vor längerer Zeit entfernten Klebebänder, hinterließen auf der Modulrückseite Kleberreste, die mit den Umgebungsbedingungen im Schweinestall reagiert hatten und sich bräunlich verfärbten. Dagegen zeigten alle Modul-Komponenten selbst keinerlei Veränderungen.



Abb. 24 bis 27: Ausgangszustand des Moduls AS M 180

	Mittelwert	Max.	Min.
NH <sub>3</sub> - Konzentration (ppm)	15,8	29,2	0,9
Temperatur (°C)	26,3	32	18
Luftfeuchtigkeit (%)	61,8	100	41

Tabelle 2: Maximal-, Minimal-, Mittelwerte von 04/2011 bis 09/2011

## Verlauf der Ammoniak-Konzentration über einen Zeitraum von 14 Stunden

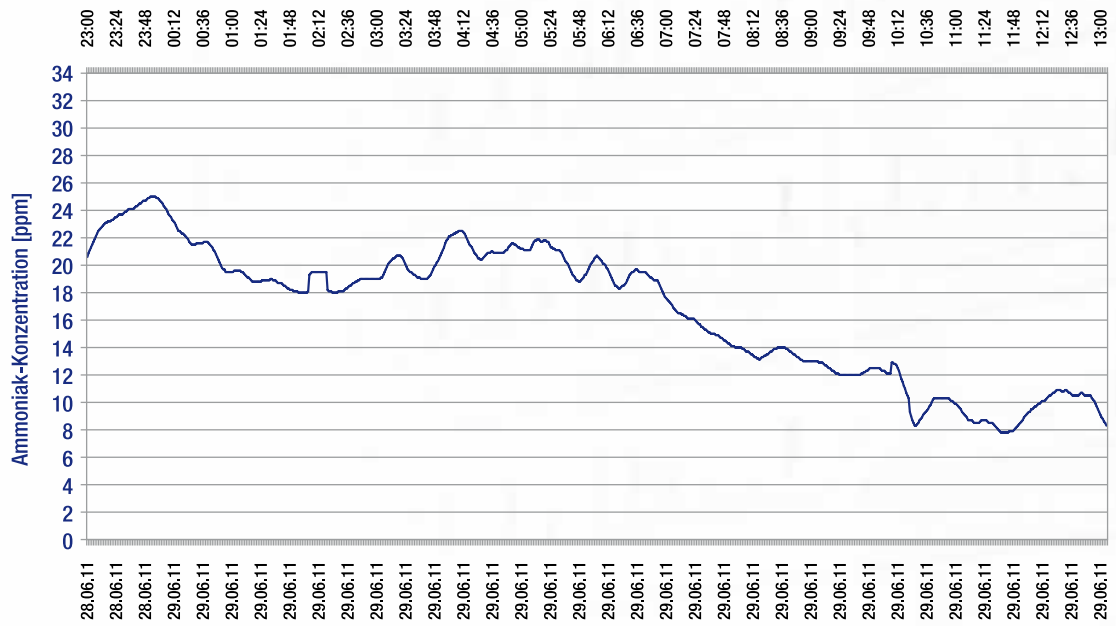


Abb. 28: Beispiel: Verlauf der Ammoniak-Konzentration über einen Zeitraum von 14 Stunden

## Verlauf der Ammoniak-Konzentration über einen Zeitraum von 24 Stunden

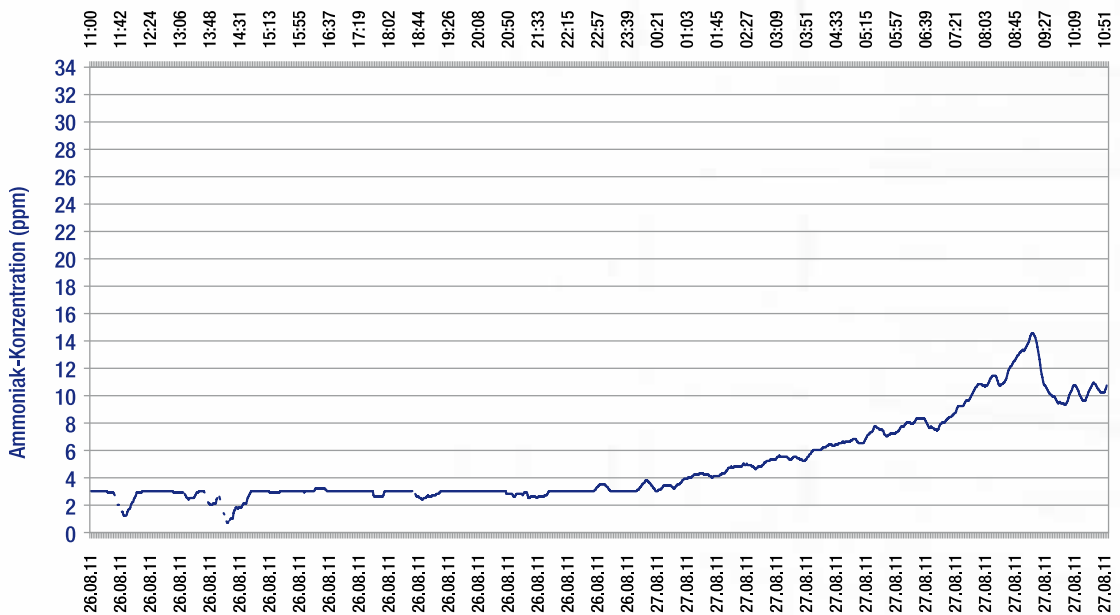


Abb. 30: Beispiel: Verlauf der Ammoniak-Konzentration über einen Zeitraum von 24 Stunden



### Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Gleicher Zeitraum wie in Abb. 28

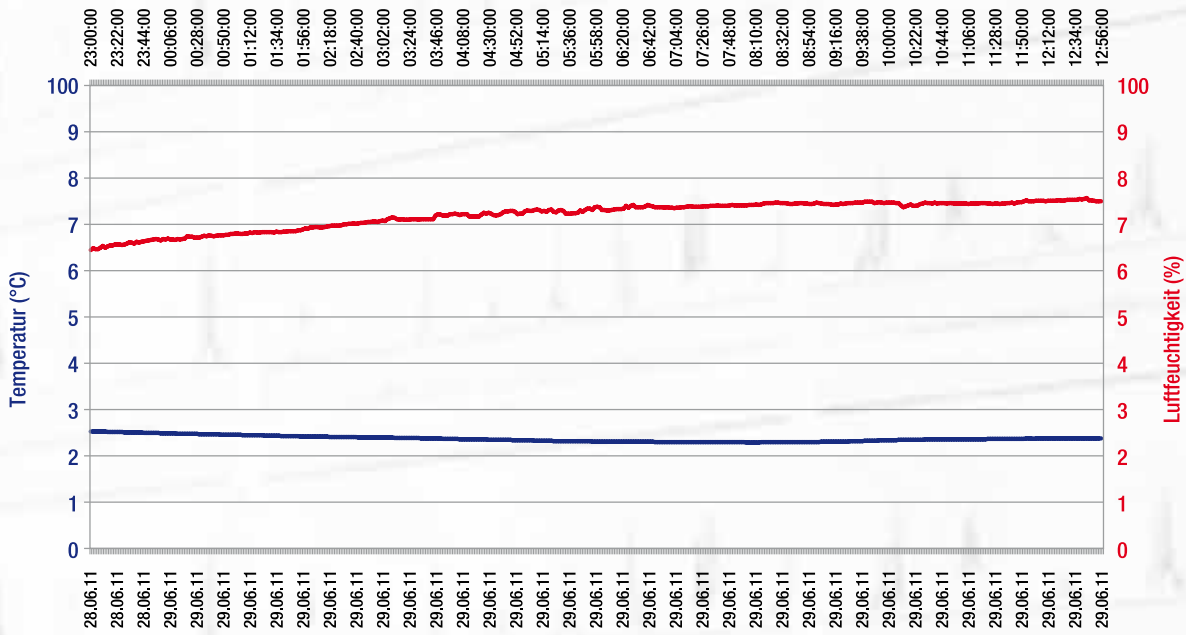


Abb. 29: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Gleicher Zeitraum wie in Abb. 29

### Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit: Gleicher Zeitraum wie in Abb. 30

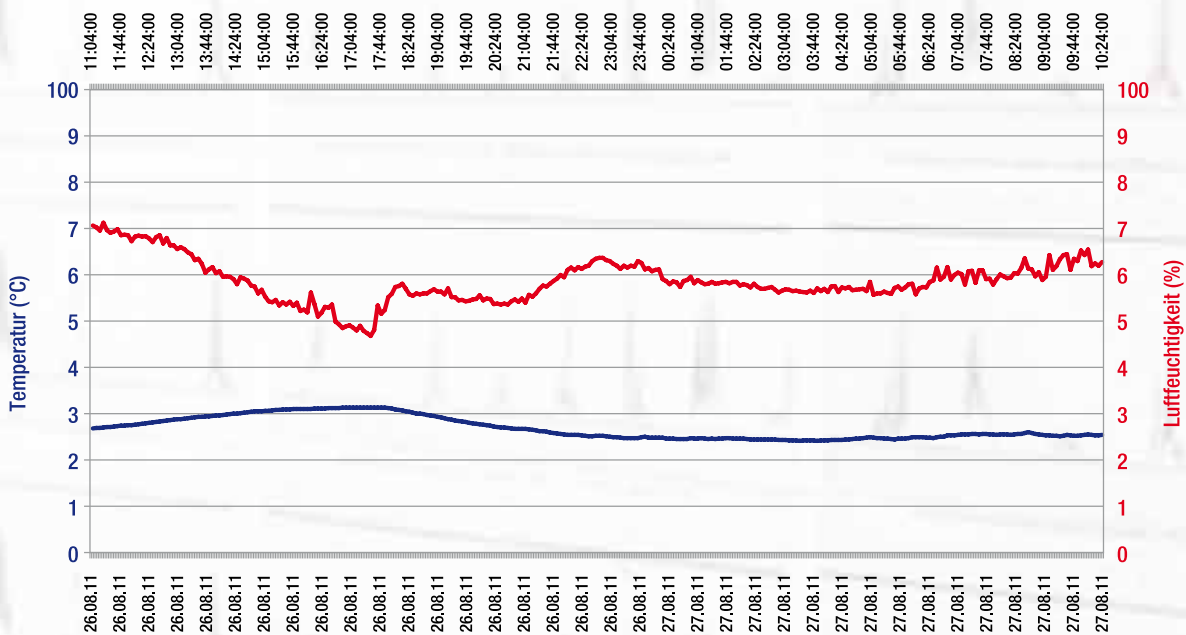


Abb. 31: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchtigkeit: Gleicher Zeitraum wie in Abb. 31



## Ammoniak-Beständigkeit von monokristallinen PV-Modulen in der realen Atmosphäre eines Schweinestalls.

### Elektrische Werte

Auch die elektrischen Werte der beiden Module wurden durch den sechsmonatigen Aufenthalt im Schweinestall nicht beeinflusst. So ergaben beispielsweise die Messungen mit dem Sonnensimulator vor und nach den sechs Monaten im Schweinestall, dass alle Messwerte jeweils innerhalb der zulässigen Messtoleranzen (unter STC-Bedingungen) lagen. Beim PV-Modul ANTARIS ASM 180 wurde ein Unterschied in der gemessenen elektrischen Leistung von 0,11%, beim ASM 185 von 0,39% festgestellt.

### Fazit: Keine Schäden durch Ammoniak

Unser Fazit nach einem sechsmonatigen Test unter Realbedingungen: Der ununterbrochene Aufenthalt der beiden PV-Module im ständig genutzten Schweinestall hat keinerlei sichtbare, bzw. messbare Schädigungen oder negative Beeinflussungen hinterlassen.

### Das verwendete Equipment

Gerät:	Typ:	Hersteller / Lieferant:
Gas Konzentrations-Messgerät	GasAlert Extreme	BW Technologies
NH <sub>3</sub> -Sensor	SR-A-04	BW Technologies
Temperatur- u. Luftfeuchte-Messgerät	Testo 174H	Testo
NH <sub>3</sub> -Prüfröhrchen mit Gasspürpumpe	RAE LP-1200	RAE
PV-Modul	ASM 180	ANTARIS-SOLAR
PV-Modul	ASM 185	ANTARIS-SOLAR
Auswerte-Software	MS Excel 2003	Microsoft

### Danksagung

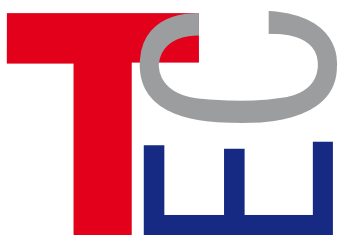
Besonders bedanken möchten wir uns bei dem Landwirt, Herrn Konrad Staab, der es uns ermöglichte, die Testreihen im Schweinestall seines landwirtschaftlichen Betriebes durchzuführen.

Waldaschaff, 12. Oktober 2011  
Eberhard Zentgraf  
Dipl. Ing. (FH) Elektrotechnik





**Dipl.-Ing. (FH)  
Eberhard Zentgraf**



## **TEC-Institut für Technische Innovationen GmbH & Co. KG**

Am Heerbach 5

63857 Waldaschaff

Tel.: +49 (0) 6095 999-666

Fax: +49 (0) 6095 999-197

Email: [info@tec-institut.de](mailto:info@tec-institut.de)

Internet: [www.tec-institut.de](http://www.tec-institut.de)