

INHALTVERZEICHNIS

1. VORWORT	2
2. GRUNDLAGEN DER PHOTOVOLTAIKANLAGEN	3
2.1 Aufbau	3
2.1.1 Modularten	3
2.1.2 Befestigungsvarianten	5
2.1.3 Wechselrichter	5
3. PHOTOVOLTAIKANLAGEN IM BRANDFALL	8
3.1 Brandverhalten der Kabel	8
3.2 Abschaltung der PV Module	8
3.2.1 Unterbrechung der Reihenschaltung	9
3.2.2 Unterbrechung der Lichtstrahlen	9
4. FAZIT	11

1. Vorwort

Am 04. Juni 2005 fand in Bad Königshofen in der Frankentherme im Rahmen der Energiefachtage eine Tagung der Feuerwehr zum Thema „Photovoltaikanlagen – Gefahren im Feuerwehreinsatz“ statt.

Eingeladen waren unter anderem alle Führungsdienstgrade der Feuerwehr aus dem Bezirk Unterfranken. Die Industrie wurde vertreten durch Herrn Olaf Fleck, Vorstandsvorsitzender des Bundesverbandes Solarindustrie und Geschäftsführer der Firma Sunse, Herrn Kusche, Vertriebsingenieur Fa. Sunset und Herrn Schütze, Elektroingenieur Fa. Sunset.

Ziel der Veranstaltung war es, die Vertreter der Feuerwehr und der Industrie an einen Tisch zu bringen, damit einerseits die Bedenken der Feuerwehr weitergegeben werden können, andererseits Aufklärungsarbeit über Photovoltaikanlagen geleistet werden können.

Zunächst gab Herr Kusche einen grundsätzlichen Einblick in die Funktion und den Aufbau einer Photovoltaikanlage.

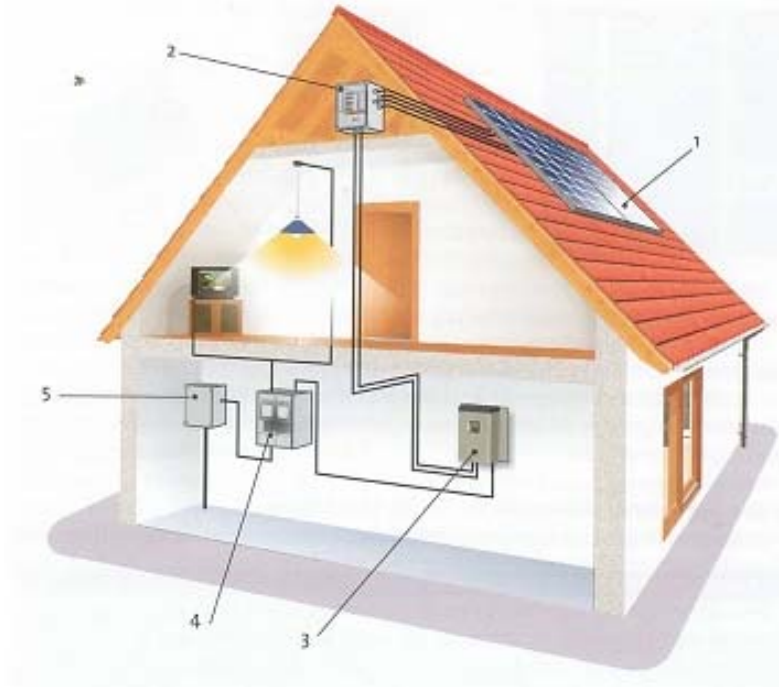
Anschließend wurde das Thema der Gefahren kontrovers diskutiert.

Als Abschluss fanden zwei Versuche, durchgeführt durch die FF Bad Königshofen, statt. Zum einen wurden zwei typische Kabel von Photovoltaikanlagen Flammen ausgesetzt, zum anderen wurde untersucht, ob durch das Abdecken mit Löschschaum die Stromproduktion der PV Module wirkungsvoll unterbrochen werden kann.

2. Grundlagen der Photovoltaikanlagen

2.1 Aufbau

Photovoltaikanlagen bestehen grundsätzlich aus Modulen und Wechselrichtern.



1. Module
2. PV – Generator (meistens kein separates Bauteil)
3. Wechselrichter
4. Bezugs- u. Einspeisezähler
5. Hausanschluss

2.1.1 Modulararten

Die Module sind der sichtbare Teil einer PV Anlagen. Diese wandeln das Licht in elektrische Gleichspannung. Die Anzahl der Module legt die Leistung der Anlage fest. Diese wird in kWp (Kilowatt peak) angegeben. Die Bezeichnung peak (=Spitze) deutet darauf hin, dass es sich bei den Angaben um die Spitzenleistung handelt, d. h. diese nur bei optimalen Wetterbedingungen und optimalem Sonnenstand erreicht werden. So kann ein bewölkter Himmel zur Folge haben, dass weniger als 30% der Spitzenleistung produziert werden.

Grundsätzlich werden die Anlagen in kristalline (monokristallin und polykristallin) und amorphe Module (auch dünnenschicht oder dünnfilm genannt) unterteilt.

Die kristallinen Anlagen werden an ihrer Strukturierung erkannt. Deutlich zu erkennen sind die einzelnen Photozellen auf dem Modul.



Kristallinen Anlagen benötigen ca. 10 m² Dachfläche um eine Leistung von 1 kWp zu realisieren.

Amorphe Module sind dagegen flächig dunkel. Einzelne Photozellen sind nicht zu erkennen.



Sie benötigen ca. 18 m² Fläche für 1 kWp Leistung.

Der Einsatzleiter kann beim Eintreffen an der Einsatzstelle an der Größe und der Art der Anlage abschätzen, welche Leistung hier installiert ist.

2.1.2 Befestigungsvarianten

Die Module werden auf Aluminiumschienen befestigt, die über Edelstahlhaken mit der Dachkonstruktion verbunden sind. Hier gibt es zwei Befestigungsvarianten.

Sehr häufig werden die Haken in die Dachlatten eingehängt. Dieses geschieht in einem Abstand von ca. 1m.

Des Weiteren können die Haken mit den Sparren verschraubt werden.

Die Anlage ist also grundsätzlich mit der Dachkonstruktion verbunden, so dass von einer Absturzgefahr auch nur beim Einsturz des Dachstuhls zu rechnen ist. Die höhere Dachlast muss zwar im Brandfall mit einkalkuliert werden, beansprucht den Dachstuhl aber nur geringfügig. Durch eine PV Anlage wird eine zusätzliche Dachlast von ca. 10 kg/m² aufgebracht, die üblichen Schneelasten im Raum Unterfranken bewegen sich zwischen 60 und 90 kg/m².

2.1.3 Wechselrichter

Die Module einer PV – Anlage liefern Gleichstrom und Gleichspannung. Für die Netzeinspeisung wird Wechselstrom benötigt. Der Wechselrichter ist ein elektronisches Bauteil, welches die Gleichspannung (und den Gleichstrom), DC-Seite, in Wechselspannung (und Wechselstrom) von 230 V und 50 Hz, AC-Seite, wandelt. Bei netzgekoppelten Anlagen (der Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist) hat ein Wechselrichter eine weitere Aufgabe. Er überwacht das Netz und schaltet die Einspeisung ab, sobald eine Störung (Spannungsschwankung) im Netz festgestellt wird.

Hier sind zwei Systeme auf dem Markt stark verbreitet, die ENS und die dreiphasige Spannungsüberwachung. Grundsätzlich messen beide Systeme die Spannung im öffentlichen Netz und schalten die Einspeisung ab, sobald definierte Grenzwerte überschritten werden.

Für den Feuerwehreinsatz bedeutet es, dass, sobald die Stromversorgung am Objekt unterbrochen ist, weil das EVU (Energieversorger Unternehmen) das Netz frei schaltet oder die Einsatzkräfte die Versorgung am Stromkasten unterbrechen, die AC Seite der PV Anlage spannungsfrei ist. Die DC Seite hat nach wie vor spannungsführende Bauteile. Die Höhe der Spannung und Leistung auf der DC Seite

wird durch die Baugröße der Wechselrichter bestimmt. Folgende Auszüge aus Datenblättern verdeutlichen die Vielfalt dieser Bauteile und damit die Bandbreite der möglichen Spannungen.

	5000	6000
DC		
Nennleistung	5000 Watt	6000 Watt
Stringanzahl max.	2	2
Betriebsspannung min.	340 Volt	340 Volt
Betriebsspannung max.	600 Volt	600 Volt
Zerstörungsgrenze	800 Volt	800 Volt
Maximaler Strom	14,4 A	17,7 A
AC		
Nennleistung	4400 Watt	5200 Watt
Maximalleistung	4800 Watt	6000 Watt
Nennspannung	195 – 253 Volt	195 – 253 Volt
EMV	3 ph. Spannungsüberwachung nach VDEW	
Überwachung		
Maximaler Wirkungsgrad	95,8 %	95,8 %
Europäischer Wirkungsgrad	94,4 %	94,5 %



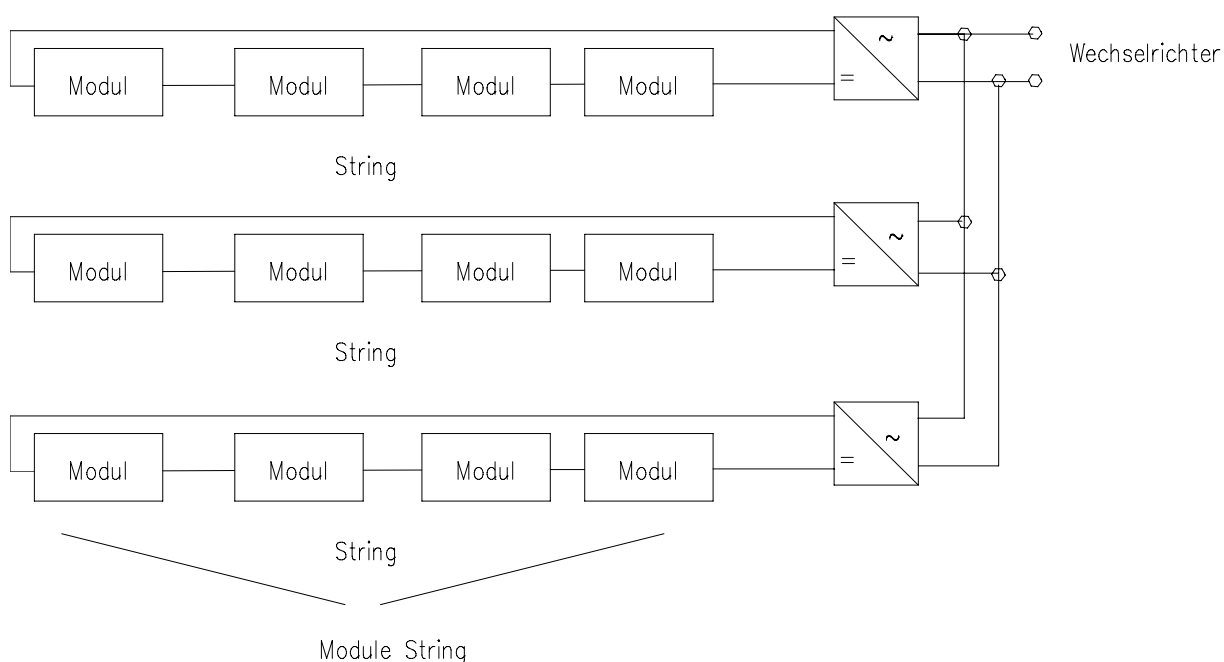
Eingangsgrößen	850	1100 E	1700 E	2100	2500	3000
Eingangsspannung U_{pv} (V)	125-250	140-400	139-400	125-600	250-550	268-550
Empf. PV Generator Leistung	1250 W_p	1500 W_p	2200 W_p	2800 W_p	3450 W_p	4100 W_p
max. Stringanzahl	2	2	2	2	3	3
max. Eingangsstrom I_{pvmax}	8 A	10 A	12,6 A	11 A	11,2 A	12,2 A
DC Trenneinrichtung	allpolig	MC	MC	MC	MC	MC
Ausgangsgrößen						
Ausgangsleistung P_{ACnenn}	850 W	1000 W	1500 W	1900 W	2200 W	2600 W
Spitzenleistung	900 W	1100 W	1700 W	2100 W	2500 W	3000 W

Im Allgemeinen haben Wechselrichter bei Dachanlagen keine höhere Nennleistung als 6 kW.

Bei Anlagen höherer Leistungen kommen demnach mehrere Wechselrichter zum Einsatz. Diese teilen die Anlage in mehrere Teilanlagen. So wird beispielsweise eine 30 kWp Anlage in 5 Teilanlagen mit je 6 kW gegliedert.

Die Module der Teilanlagen werden untereinander zu Baugruppen zusammen geschaltet. Diese Baugruppen werden als Strings bezeichnet. In einem String können bis zu 28 Module verschaltet werden. Damit werden die Teilanlagen in weitere Teile, Strings, unterteilt.

Je größer ein Wechselrichter ist, umso mehr Stringeingänge hat dieser. Wechselrichter im Bereich 5 bis 6 kW haben im Allgemeinen mindesten 3 Strings. Das heißt, dass die Aufteilung einer PV-Anlage einen noch höheren Grad erfährt. Bei einem 6 kW Wechselrichter mit drei Eingängen wird die PV Anlage weiter in drei „Einzelanlagen“ mit einer Leistung von 2 kW aufgeteilt. Somit ist die 30 kWp Anlage in 15 Teilanlagen unterteilt.



Für den Feuerwehrmann bedeutet es, dass er im Einsatz mit maximalen Leistungen im Bereich von 2 kW zu tun hat.

3. Photovoltaikanlagen im Brandfall

3.1 Brandverhalten der Kabel

Es wurden stellvertretend zwei typische Kabel von PV-Anlagen, ein 4 mm² und ein 4x1,5 mm² (Datenblätter siehe Anhang), in eine Flamme gehalten. Gemessen wurde die Zeit bis zum Entflammen der Isolierung und die Zeit bis zur Freilegung der metallischen Leitungen.

In beiden Fällen begann die Isolierung nach ca. 1 Minute zu brennen. Beim einadrigen Kabel verging eine weitere Minute bis die spannungsführende Leitung sichtbar war. Das vieradrige Kabel hielt 2,5 Minuten den Flammen stand.



Die Kabel der Anlage zeigen somit im Brandfall keinen Unterschied zu den Kabeln der üblichen Hausinstallation.

3.2 Abschaltung der PV Module

Im Abschnitt 2.1.2 Wechselrichter wurde erläutert, dass eine Abschaltung der Anlage auf der AC Seite möglich ist, die DC Seite aber weiter spannungsführend sein kann. Vom Standort des Wechselrichters ist es somit abhängig, welche Länge die spannungsführenden Kabel im Haus haben. Wechselrichter werden sehr häufig anlagennah im Dachboden installiert, sodass das Haus vom Dachboden an spannungsfrei ist.

In der Tat gibt es keine Möglichkeit Photovoltaikmodule abzuschalten. Solange diese sich im Wirkungsbereich der Sonneneinstrahlung befinden, wird Spannung erzeugt. Die Nennspannung eines Moduls liegt in einem Bereich, der für die Gesundheit ungefährlich ist (30-80 V). Laut VDE Normen kann eine Gleichspannung ab 120 V lebensbedrohlich sein. Im Allgemeinen werden mehrere Module in Reihe verschalten. Dies hat zur Folge, dass Spannungen bis 800 V DC auftreten können.

3.2.1 Unterbrechung der Reihenschaltung

Die effektivste Methode im Gebäude Spannungsfreiheit herzustellen ist die Reihenschaltung zu unterbrechen. Dabei wird jeweils ein Modul eines Strings abmontiert und die Steckverbindung gelöst. In der Praxis wird es aber kaum möglich sein. Um schnell zu agieren werden einzelne Module mit der Feuerwehraxt zerstört. Es müssen auf jeden Fall mehrere Module zerstört werden, die nicht benachbart sind, da von Außen nicht erkennbar ist, wie die einzelnen Strings verlaufen. Je mehr Module auf der Fläche verteilt zerstört werden, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit absolute Spannungsfreiheit hergestellt zu haben.

3.2.2 Unterbrechung der Lichtstrahlen

Eine weitere Variante zur Herstellung von Spannungsfreiheit ist die Abdeckung der Module. Die Feuerwehr Hamburg versuchte eine Anlage mit Folie abzudecken. Diese Methode ist in der Praxis nicht einsetzbar. Die Anlagen sind zu groß. Die bei einem Brand sich entwickelnde Thermik würde ein Aufbringen großflächiger Folien nicht ermöglichen.

In Bad Königshofen wurde untersucht, wie effektiv eine Schaumabdeckung der Module ist. Es wurde ein Versuchstand mit vier übereinander angeordneten Modulen aufgebaut. Dieser konnte in der Neigung verstellt werden, um verschiedene Dachneigungen zu simulieren.

Zum Einsatz kamen Leicht-, Mittel- und Schwertschaum. Erschwert wurde die Durchführung der Versuche durch sich laufend ändernde Sonneneinstrahlung, was aber den Bedingungen im Brandfall entsprechen kann. Dennoch konnten fundierte Aussagen getroffen werden.



Versuchsaufbau

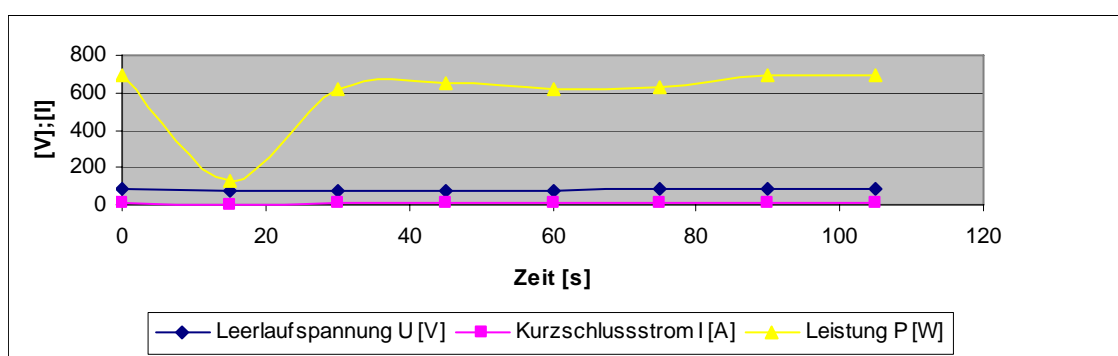
Es ist äußerst schwierig den Leichtschaum auf eine Anlage aufzubringen. Die Thermik und evtl. Wind lassen einen gezielten Einsatz nicht zu.

Der Einsatz von Schäumen zur Abdeckung der PV Anlagen ist grundsätzlich nicht sinnvoll. Die Oberfläche der Module ist Schmutz abweisend, damit eine Reinigung der Module durch Regen stattfinden kann. Das hat aber auch zur Folge, dass der Schaum von der Anlage rutscht. Im Mittel sind die Strom- und Spannungswerte nach 30 Sekunden wieder gestiegen.

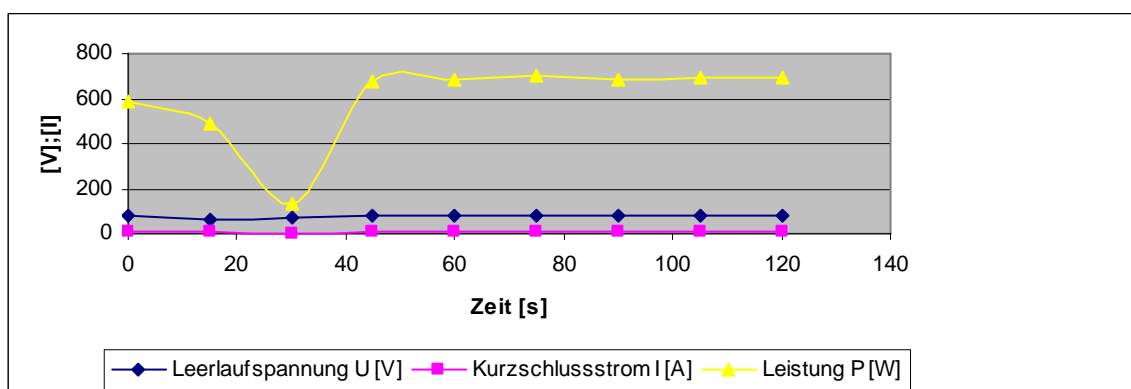


Leicht- und Schwerschaum lassen sich zwar aufbringen, allerdings läuft dieser auch sehr schnell wieder ab

Es war sogar zu beobachten, dass nach der Freilegung der Anlage die Leistung sogar gestiegen ist. Es wird vermutet, dass das Reflexionsvermögen des sich im Umfeld der Module befindlichen Schaums die Anlage mit mehr Licht versorgt hatte. Besonders bei der zweiten Grafik zu erkennen.



Mittelschaum, Neigung 30°



Leichtschaum, Neigung 45°

4. Fazit

Die Diskussion in Bad Königshofen und die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass es keine sinnvolle Methode gibt, im Ernstfall eine Photovoltaikanlage auszuschalten. Hier ist noch Entwicklungsarbeit notwendig. Herr Fleck, Vorstandsvorsitzender des Bundesverbandes Solarindustrie, sicherte zu die Bedenken der Feuerwehr weiterzugeben und sich um eine sinnvolle Lösung in seiner Firma zu bemühen.

Durch das Vorhandensein einer Photovoltaikanlage ist eine weitere Gefahrenquelle im Einsatz vorhanden. Im Brandfall sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden.

Durch zwei Faktoren kann eine Photovoltaikanlage sofort eingeschätzt werden.

Zum einen lässt sich durch Art und Größe der Anlage die installierte Leistung der Anlage abschätzen.

Zum anderen führen Rauchentwicklung und Wetter zum Absinken der Leistung.

Durch den Standort des Wechselrichters kann man die spannungsführenden Kabel im Gebäude einschätzen. An diesen Kabeln hat der Feuerwehrmann mit einer Leistung von max. 2 kW zu tun. Sind diese Kabel allerdings dem Feuer ausgesetzt, ist bis zum Eintreffen der Feuerwehr die Isolierung bereits durchgebrannt.

Somit hat der Angriffstrupp mit den üblichen Gefahren elektrischer Anlagen zu tun und muss sich dementsprechend verhalten.

Durch ein Zerstören der Module lässt sich Spannungsfreiheit bedingt herstellen.

Eine weitere Gefahrenquelle ist zwar vorhanden, diese ist aber durch richtiges Überlegen und Verhalten erkenn- und einschätzbar, wie viele andere auch.