

**Bau einer 100 kWp PV-Anlage**  
**auf Firmen Carports mit 60 Stellplätzen**

Projektaufsicht: Stefan Hock – Elektrotechniker

Autor: Dipl. Ing. (FH) Eberhard Zentgraf - Elektroingenieur

## **Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1. Einleitung	3
2. Dimensionierung	3
2.1. Stringpläne	4
2.2. Wechselrichter	5
2.3. Übersichtsschaltplan / Kalkulierter Ertrag	6
2.4. Anschlussplan ans Wechselstrom-Netz	6
3. Blitzschutz / Überspannungsschutz / Erdung / Potenzialausgleich	7
3.1. Äußerer Blitzschutz	7
3.1.1. Ringerder	7
3.1.2. Verringerung der Induktionswirkung	9
3.2. Indirekte Blitzeinwirkungen und innerer Blitzschutz	10
3.2.1. Kombiableiter	11
4. Aufbau und Inbetriebnahme der PV-Anlage	12
4.1. Errichtung des Trägergestells und Montage der PV-Module	12
4.2. Einspeisung	15
4.3. Fertigstellung und Inbetriebnahme	16
5. Technische Daten der Carport PV-Anlage	16
6. Danksagung	17

## 1. Einleitung

Mitte des Jahres 2010 erhielt das TEC-Institut für technische Innovationen den Auftrag an Planung und Realisierung einer ca. 100 kWp-PV-Anlage auf Firmen-Carports mitzuwirken. Auftraggeber war die Fa. ANTARIS SOLAR GmbH & Co. KG, welche neue, überdachte Firmen Carports - mit 60 Stellplätzen – mit einer PV-Anlage versehen wollte.

## 2. Dimensionierung

Die drei Carports haben eine Dachfläche von insgesamt 775 m<sup>2</sup> (siehe Abb.1)

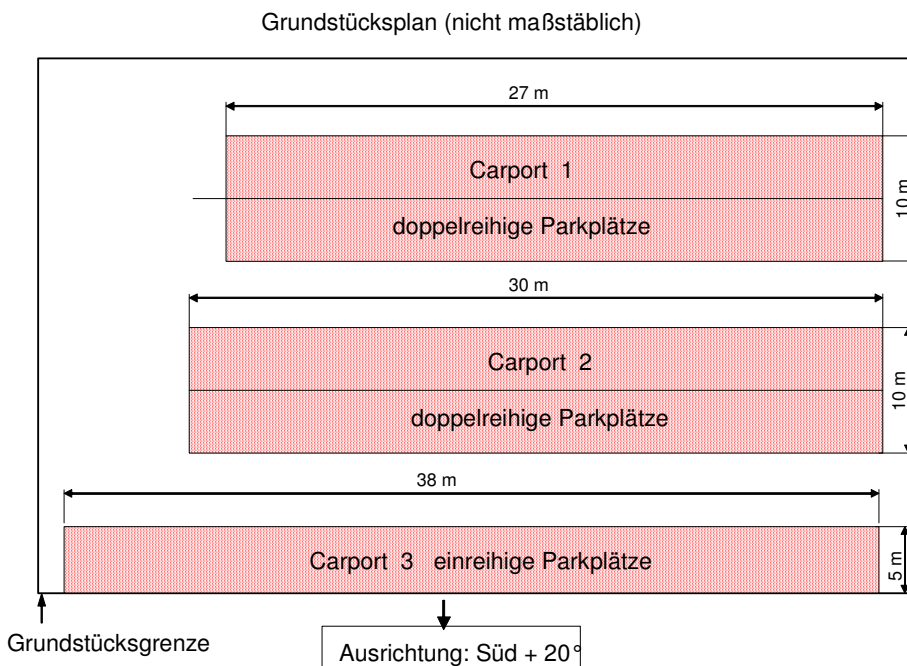


Abb. 1: Flächenaufteilung der drei Dächer für die Installation von PV-Anlagen

Unter Berücksichtigung von gleichen Abständen zu den Dachrändern und verschiedener, notwendiger Dehnungsfugen, ergab sich die Anzahl von 447 zu installierenden PV-Modulen vom Typ „ANTARIS ASP 215 W“, mit einer Leistung von 215 Wp pro Modul.

Daraus ergibt sich die Gesamtleistung von 96,1 kWp der Carport-PV-Anlage.

Alle Dächer sind leicht nach Südwesten (Süd +20°) ausgerichtet. Der Neigungswinkel der PV-Module beträgt 7°. Weiterhin werden bei der Dimensionierung die maximale Systemspannung und die Rückstromfestigkeit berücksichtigt. Das tragende Skelett der Carports besteht aus einer Massivholz-Konstruktion, welche mit stabilem Trapezblech überdacht ist.

Auf dem Trapezblech wurden 6 mm Profilschienen befestigt, auf welchen wiederum die PV-Module montiert wurden.

## 2.1 Stringpläne

Die Verlegung und Verschaltung der PV-Module auf den 3 Carport-Dächern ist aus den Stringplänen Abb. 2 bis Abb. 4 zu erkennen.

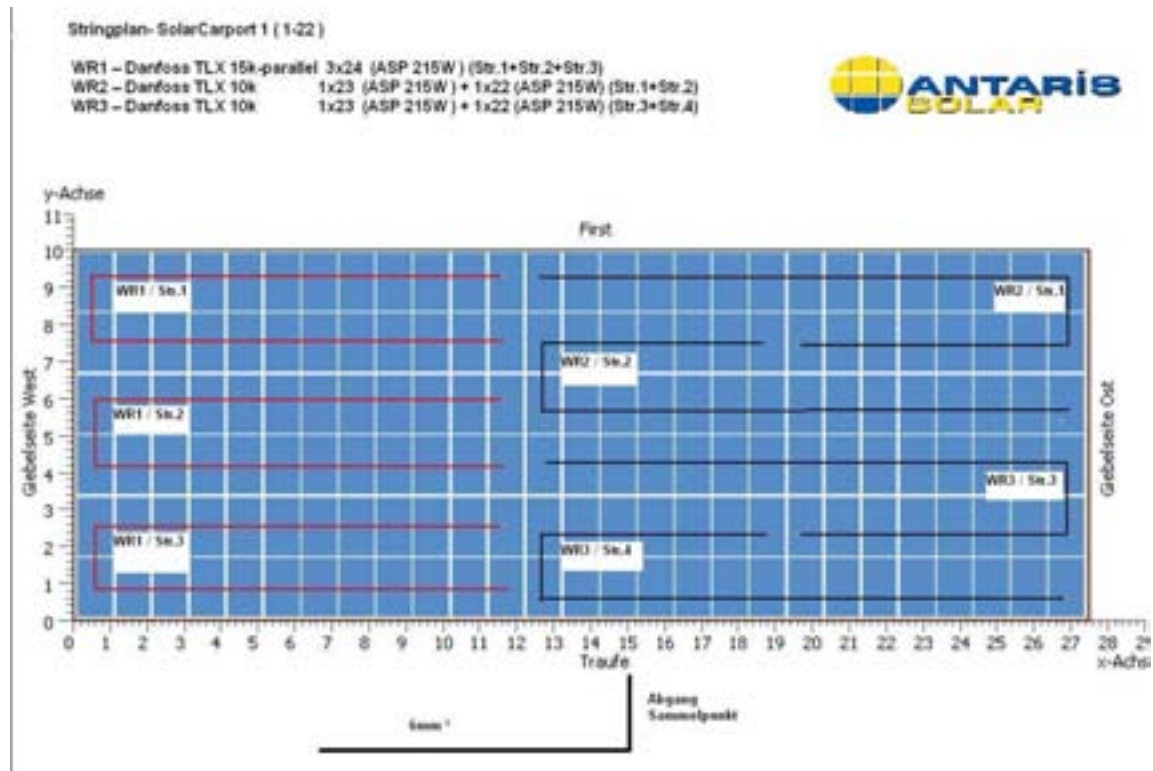


Abb. 2: Stringplan für Carport 1

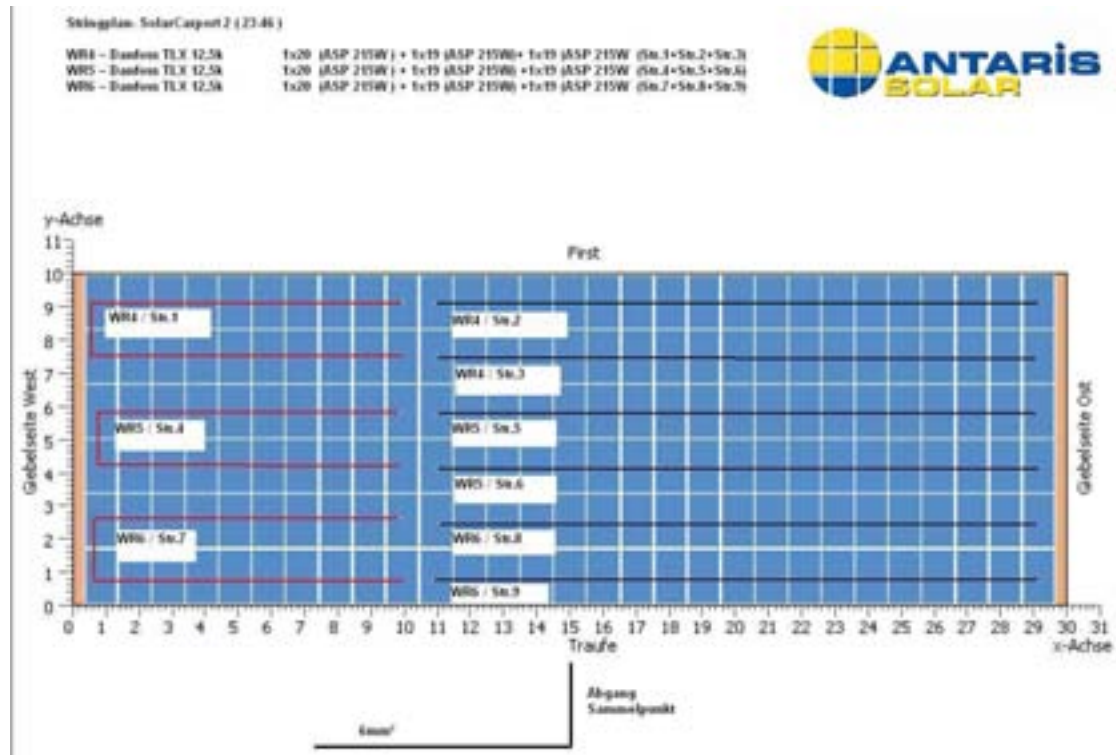


Abb. 3: Stringplan für Carport 2

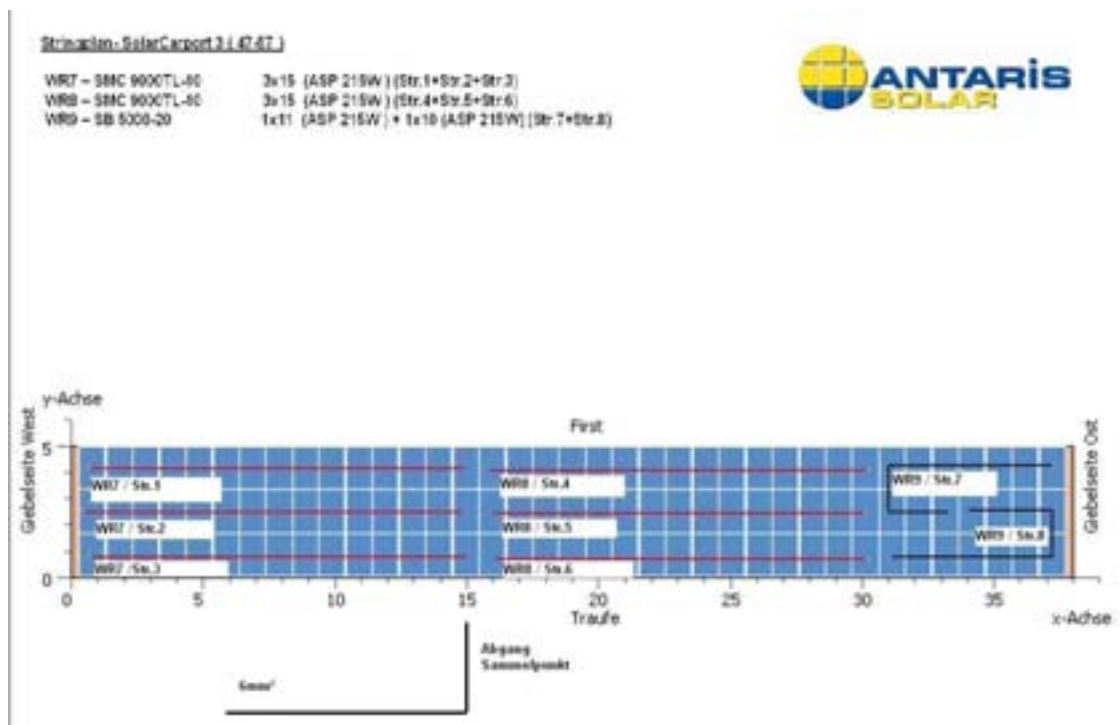


Abb. 4: Stringplan für Carport 3

Die PV-Module wurden untereinander mit einem Leitungsquerschnitt von 4 mm<sup>2</sup> verschaltet. Die Stringleitungen, welche von den jeweiligen Dächern zu den Wechselrichtern in den Technikraum führten, wurden in 6 mm<sup>2</sup> verlegt.

## 2.2 Wechselrichter

Wie aus den Stringplänen (Abb. 2 bis Abb. 4) zu ersehen ist, legten wir uns nicht nur auf einen Wechselrichter-Hersteller fest, sondern es wurden Wechselrichter von zwei namhaften Herstellern eingesetzt. Dies geschah in der Absicht, dass der Technikraum, welcher zur PV-Anlage gehört, künftig auch als Präsentationsraum für Besucher dienen und eine etwas breitere Produktpalette gezeigt werden soll. Ansonsten hätte das Auslegen der Wechselrichter einfacher gestaltet werden können.

Bei den 9 Stück Wechselrichtern handelt es sich um:

- Danfoss, TLX 12,5      3 Stück
- Danfoss, TLX 10 K    2 Stück
- Danfoss, TLX 15 K    1 Stück
- SMA, SMC 9000 TL-10 2 Stück
- SMA, SB 5000-20      1 Stück

## 2.3 Übersichtsschaltplan / Kalkulierter Ertrag

Einen Übersichts-Schaltplan der kompletten PV-Anlage zeigt Abb. 5

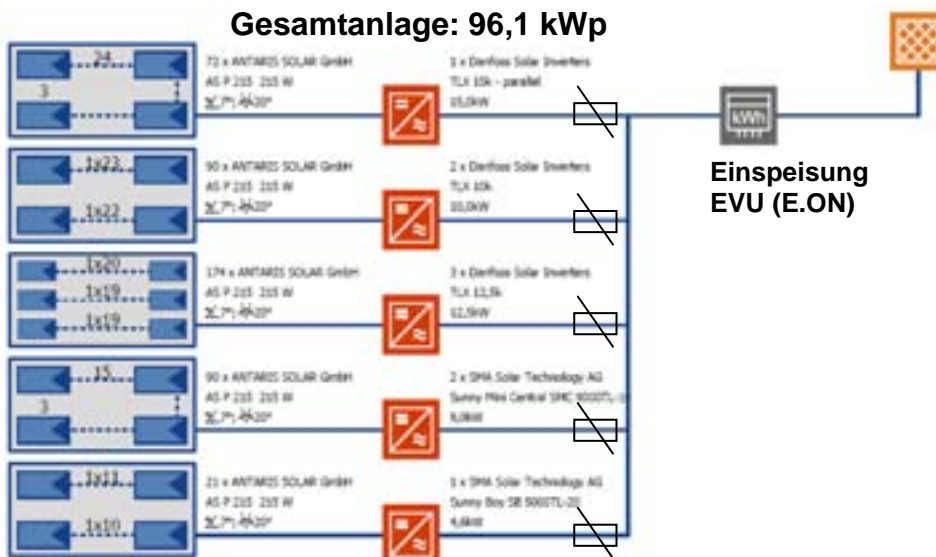


Abb. 5: Prinzipschaltbild der gesamten PV-Anlage

Eine Ertragsberechnung mit Hilfe der (als „konservativ“ bekannten) Kalkulationssoftware „PV Sol“ ergab für die Gesamtanlage einen spezifischen Jahresertrag von 834 kWh/kWp.

## 2.4 Anschlussplan ans Wechselstrom-Netz

Abb. 6 zeigt die Anschlüsse der Wechselrichter an das Stromnetz.

Hinweis: Für die einphasigen SMA-Wechselrichter (rechts im Bild) wurde nachträglich noch eine Phasenüberwachung installiert (nicht im Bild zu sehen).

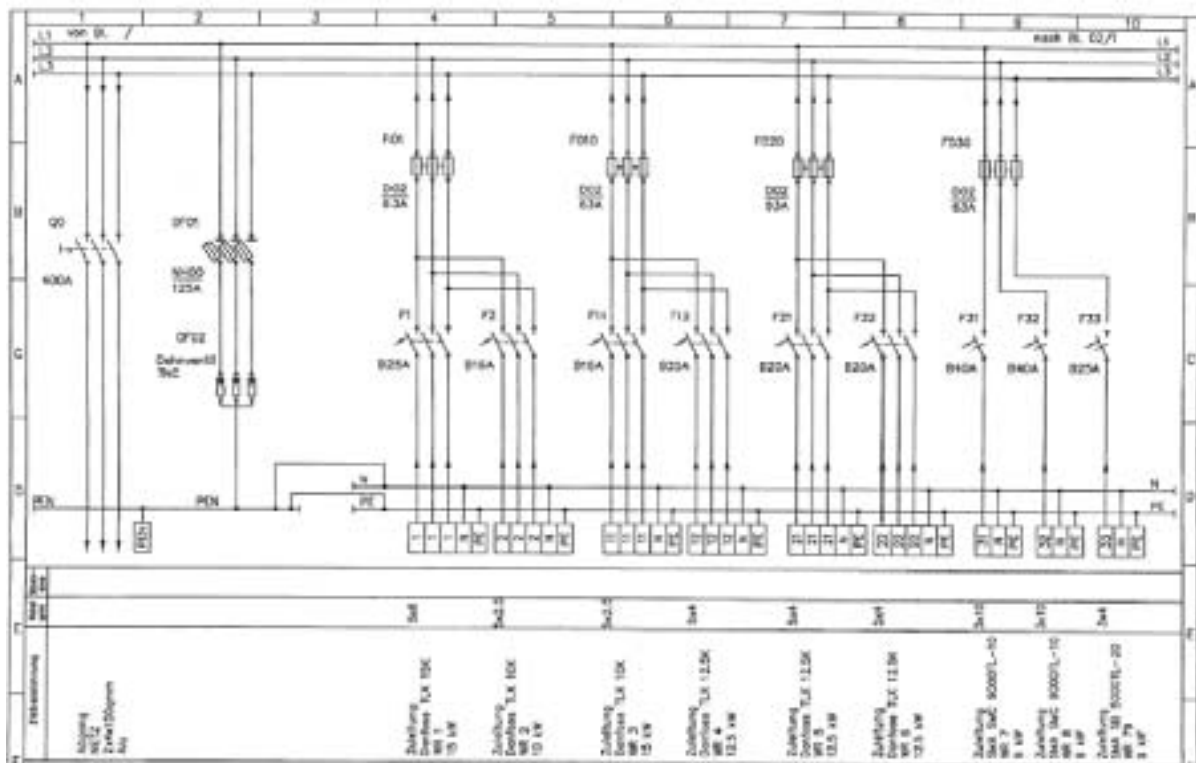


Abb.6: Anschlussplan ans Wechselstrom-Netz

### 3. Blitzschutz / Überspannungsschutz / Erdung / Potenzialausgleich

Für PV-Anlagen dieser Art ist ein Blitzschutzsystem zwingend vorgeschrieben. Dieses unterteilt sich in einen äußeren und einen inneren Blitzschutz.

#### 3.1 Äußerer Blitzschutz

Der äußere Blitzschutz umfasst alle Einrichtungen und Maßnahmen zum Auffangen und Ableiten des Blitzes. Eine Blitzschutzanlage besteht aus einer Fangeinrichtung, der Blitzleitung (mindestens 16 mm<sup>2</sup> Kupferleitung) und der Erdungsanlage. Sie muss unter Beachtung der VDE 0185-305 Teil 3 errichtet werden.

##### 3.1.1 Ringerder:

Der Ringerder ist nicht nur Bestandteil der Blitzschutzanlage, sondern erfüllt auch die Aufgabe der Erdung und des Potenzialausgleiches.

Bei der Verlegung des Ringerders ist darauf zu achten, dass er in einer Tiefe von > 0,5 m und in einer Entfernung von 1 m zum geschützten Objekt verlegt wird.

Verlegung des Ringerders siehe Abb. 7, 8, 9.

Im Zuge von Erdung und Potenzialausgleich müssen alle leitfähigen Teile des Daches, z.B. Modulrahmung, Montageprofile und auch das Trapezblech mit dem Ringerder verbunden werden.

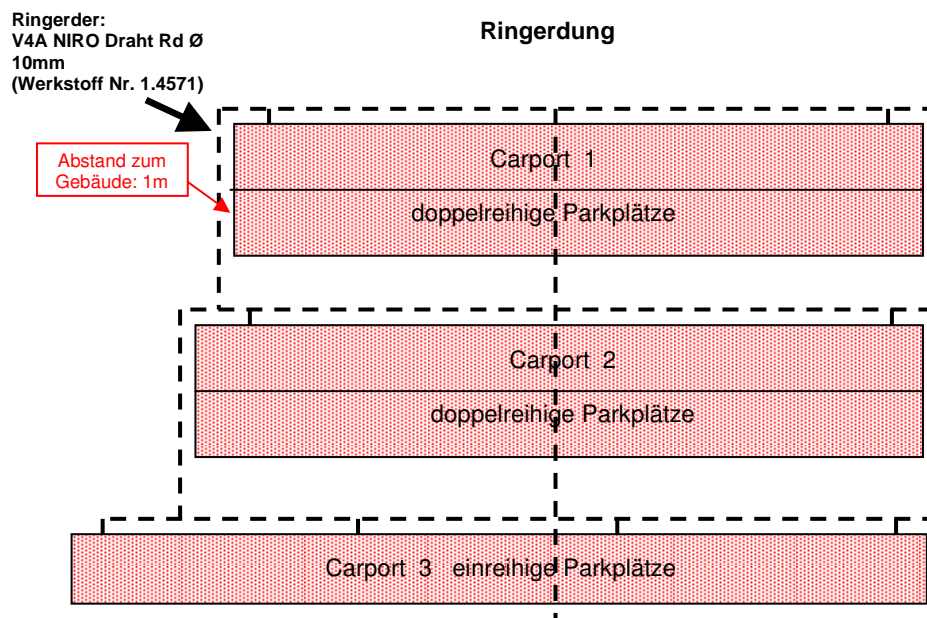


Abb. 7: Verlegungsplan des Ringerders

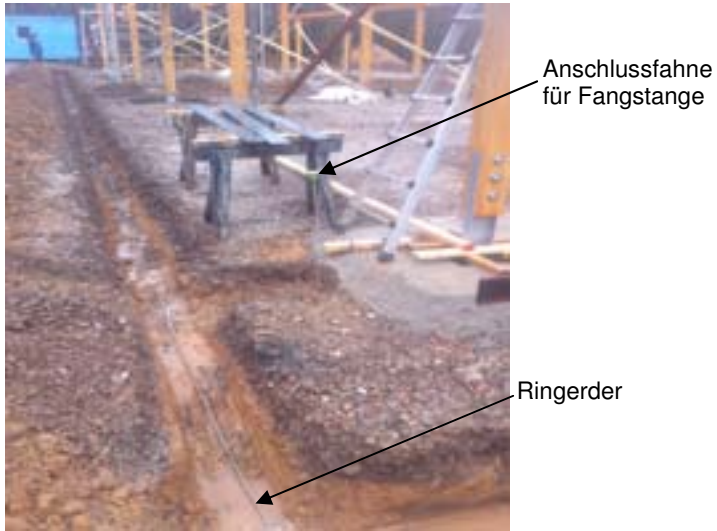


Abb. 8: Verlegung des Ringerders mit Anschlussfahnen für die Fangstangen



Abb. 9: Verlegung des Ringerders mit Anschlussfahnen für die Fangstangen



Abb. 10: Anschluss des Blitzableiter-Systems an den Ringerder



Abb. 11: Drei von 10 Blitz-Fangstangen

### 3.1.2 Verringerung der Induktionswirkung

Eine Verringerung der Induktionswirkung von direkten und nahen Blitzeinschlägen wird durch eine nicht flächige Leitungsführung der Strings erreicht. Auch die magnetische Wirkung wird mit Hilfe von Schirmung durch einen metallenen Kabelkanal bzw. ein Kabelrohr vermindert. (Siehe Abb. 11a und 11b)

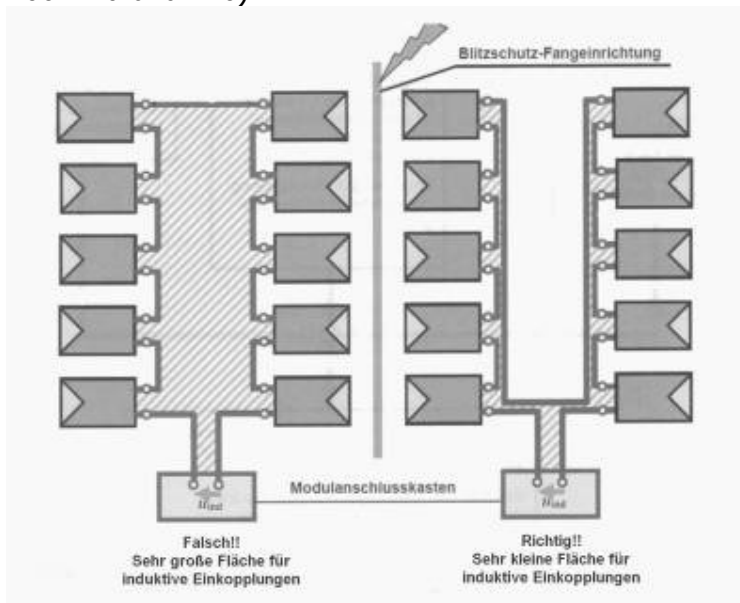


Abb. 11a: Verringerung der Induktionswirkung induktiver Einkopplungen, durch Verkleinerung der Induktionsfläche (rechts)



Abb. 11b: Stringkabel werden gebündelt geführt, Verkleinerung der Induktionsfläche.

### **3.2 Indirekte Blitzeinwirkungen und innerer Blitzschutz**

Jeder Blitzeinschlag erzeugt indirekte Wirkungen in seiner Umgebung im Umkreis von ca. 1 km. Die Wahrscheinlichkeit von indirekten Blitzeinwirkungen auf ein Gebäude ist deshalb viel höher als die eines direkten Blitzeinschlages in das Gebäude. Der Begriff „Gebäude“ bezieht sich auf den Technikraum der PV-Anlage.

Die indirekten Blitzwirkungen sind im Wesentlichen induktive, kapazitive und galvanische Einkopplungen. Diese Einkopplungen erzeugen Überspannungen, vor denen die elektrischen Anlagen des Gebäudes geschützt werden sollten. Der innere Blitzschutz umschreibt alle Maßnahmen und Einrichtungen im Gebäude, die sich mit dem Schutz z.B. elektronischer Geräte vor indirekten Blitzeinwirkungen, aber auch vor den Wirkungen von Schaltheandlungen im öffentlichen Stromnetz befassen.

Voraussetzung für die Funktion des inneren Blitzschutzes ist ein lückenloser Ausgleich nach VDE 0100, Teil 540 / IEC 364-5-54. Über den Ausgleich werden alle leitfähigen Systeme (z.B. Wasser-, Heizungs-, Gasleitungen...) mit dem Erder verbunden.



Abb. 12: Die Hauptpotenzialausgleichs-Schiene im Technik-Gebäude. In der Mitte ist der Ringerder angeschlossen.



Abb. 13: Zwei weitere Sammelschienen, welche mit der Hauptpotenzialausgleichs-Schiene verbunden sind

### 3.2.1 Kombibleiter

Als weitere Maßnahme zum Schutz gegen Blitz-Einwirkungen wurden auf der DC-Seite eines jeden Wechselrichters so genannte Kombibleiter installiert. Wichtig dabei ist, dass pro Tracker jeweils ein Kombibleiter zur Anwendung kommt, siehe Abb. 14

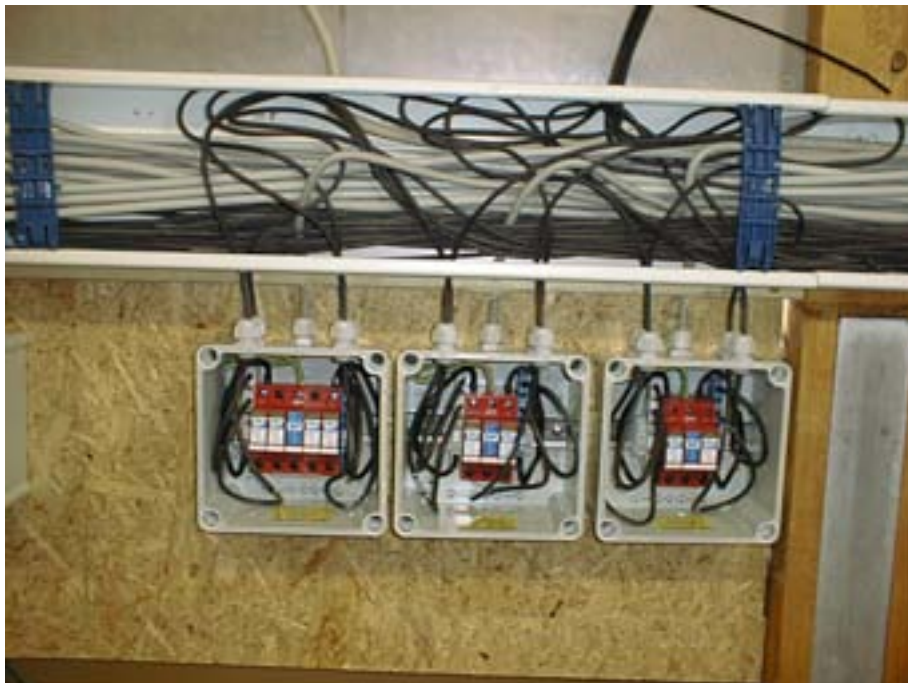


Abb. 14: Beispiele für Kombibleiter

## **4. Aufbau und Inbetriebnahme der PV-Anlage**

### **4.1 Errichtung des Trägestells und Montage der PV-Module**

Abb. 15 wurde während der notwendigen Erdarbeiten aufgenommen



Abb.15: Erdarbeiten

Abb. 16 zeigt den Aufbau der Unterkonstruktion des ersten Carports



Abb. 16: Unterkonstruktion des ersten Carports aus Holz

In Abb. 17 ist die Montage der Unterkonstruktion des zweiten Carports zu sehen



Abb. 17: Montage der Unterkonstruktion des zweiten Carports

Der erste Carport ist bereits mit Trapezblech belegt (incl. Schneeauflage), siehe Abb.18. Die Holzkonstruktion für Carport 3 steht bereits



Abb. 18: Carport 1 mit Trapezblech und Schneeauflage

Abb. 19 zeigt bereits einen Teil der Carports mit PV-Modulen belegt.



Abb.19: Ein Teil des Carports ist bereits mit PV-Modulen belegt.

Die PV-Module sind fertig montiert und verkabelt, siehe Abb. 20



Abb.20: Fertig montierte und verkabelte Module

## 4.2 Einspeisung

Die Abb. 21 und 22 zeigen das Innere des Technikraumes kurz vor der Inbetriebnahme



Abb. 21: Innenaufnahme des Technikraumes, Wechselrichter und Kombiableiter



Abb. 22: Weitere Innenaufnahme des Technikraumes, Wechselrichter und Kombiableiter

Der zur Netz-Einspeisung notwendige Messwandler-Schrank ist aus Abb. 23 ersichtlich



Abb. 23: Innenansicht des Messwandler-Schranks

#### **4.3 Fertigstellung und Inbetriebnahme**

Am 22.12.2010 war die PV-Anlage fertig gestellt, wurde von einem Mitarbeiter der Firma E.ON - Bayern in Betrieb genommen und war um ca. 11:30 Uhr voll funktionsfähig am Netz. Per Monitoring erfolgt eine so genannte Fernüberwachung der PV-Anlage.

Die weiteren Außenarbeiten wie z.B. Pflasterung der Fahrwege und Parkplätze sowie das Anlegen von Grünflächen mussten wegen des heftigen Wintereinbruchs in das nächste Frühjahr verlegt werden.

#### **5. Technische Daten der Carport-PV-Anlage:**

Gesamtleistung:	96,1 KWp
PV-Brutto-Fläche:	730 m <sup>2</sup>
Modulausrichtung:	Süd-West (20°)
Modulneigung:	7°
Prognostizierter, spezifischer Jahresertrag:	834 kWh/kWp (lt. PV-Sol)
Modultyp:	ANTARIS ASP 215, polykristallin
Modul-Nennleistung:	215 Wp
Anzahl Module:	447 Stück

Anzahl Wechselrichter: 9 Stück

- Danfoss TLX 15 k: 1 Stück
- Danfoss TLX 12,5 k: 3 Stück
- Danfoss TLX 10 k: 2 Stück
- SMA SMC 9000 TL-10: 2 Stück
- SMA SB 5000-20: 1 Stück

## **6. Danksagung**

Für technische Unterstützung und entsprechender Ratschläge möchten wir uns bedanken bei

- Fa. Ulltech AG, 63741 Aschaffenburg, Herrn Brehm
- Fa. Boxit, 63322 Rödermark, Herrn Rittinghaus
- Fa. GP Blitzschutz, 64850 Schaafheim, Herrn Pavlovic

Waldaschaff, 08. Februar 2011

Eberhard Zentgraf  
Dipl. Ing. (FH) Elektrotechnik