

Solarcarportsysteme als neue Projektkategorie für Großanlagen

Dr.-Ing. Cedrik Zapfe

Dr.-Zapfe GmbH, Ingenieurbüro für Konstruktiven Ingenieurbau und Solartechnik

Phone: +49(0)8072 9191280; Fax: +49(0)8072 91919280

E-Mail: cedrik.zapfe@ing-zapfe.de

Internet: www.ing-zapfe.de

Überblick

Bedingt durch die Anpassung des EEG mit Aussetzen der Einspeisevergütung für Freilandanlagen auf Ackerland ist die Errichtung von Solarkraftwerken in einer Größenordnung über einem Megawatt außer auf Konversionsflächen und großen Industriedächern in der bisherigen Form wirtschaftlich nicht mehr darstellbar. Potenzial für die Errichtung von Großanlagen ergibt sich auf Parkplätzen von Unternehmen, Einkaufszentren und Veranstaltungsstätten. Neben der sinnvollen Verknüpfung mit der zukünftig wahrscheinlich deutlich zunehmenden Elektromobilität scheint auch eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung plausibel, da es sich um ohnehin bereits versiegelte Flächen handelt.

Unter dem Gesichtspunkt der Elektromobilität gewinnt die Errichtung auf Firmenparkplätzen einen besonderen Stellenwert, da die Fahrzeuge der Mitarbeiter im Regelfall während der Tageslichtphase ungenutzt auf dem Parkplatz stehen. Gerade damit lässt sich ein Einsatzbereich für Elektrofahrzeuge mit heutigen Reichweitenattributen aufzeigen, da hauptsächlich die Entfernung Wohnung/Arbeitsstätte abzudecken ist.

1. Einleitung

Die Erweiterung des Anwendungsspektrums von Photovoltaikanlagen auf Stellplätze für PKW erscheint vor dem Hintergrund eines Trends zur Elektromobilität zukunftsweisend. Auch unter heutigen Entscheidungskriterien für die Realisierung eines Photovoltaikprojekts, das im Wesentlichen in der erzielbaren Rendite aus der Einspeisung der erzeugten Strommenge liegt, gewinnen Carports in Deutschland zunehmend an Bedeutung, da unter Beachtung bestimmter Auflagen nach EEG die Einspeisevergütung für Aufdachanlagen gewährt wird. Als grundsätzliche Forderung gilt

hier, dass der Carport die Funktion des Schutzes von Fahrzeugen auch ohne Solarmodule wahrnehmen können muss. Dies setzt eine wasserführende Dachhaut unterhalb der Modulebene voraus. Als weitere Voraussetzung muss der Baugrund im Bebauungsplan als Wohn- oder Gewerbegebiet ausgewiesen sein. Bei Unternehmen sowie Einkaufs- und Veranstaltungsstätten muss die Anzahl der bereit gestellten Parkplätze im Verhältnis zum subjektiven Bedarf stehen, damit für das spezifische Projekt nicht ein Schwerpunkt in der Erzeugung von Solarstrom unterstellt werden kann. Diese Frage sollte im Rahmen der Projektierung mit dem örtlichen Energieversorgungsunternehmen (EVU) geklärt werden.

Als Zielgruppen für Solarcarports kommen neben dem Eigenheimbesitzer größere Parkplatzanlagen in Betracht. Bild 1 verdeutlicht die Anwendungsfälle von Einzelcarports und Großparkplätzen am Beispiel eines Auslieferungslagers für Neufahrzeuge. Zudem sind Sonderprojekte auf bestehenden Gebäuden, hier auf dem 5 Obergeschoss eines Parkhauses an der Messe Frankfurt, denkbar.



Einzelplatzcarport



PKW-Auslieferungslager



Sonderprojekt auf Parkhaus

Bild 1 Produktkategorien für Solar-Carportprojekte

Im Vergleich zu typischen Freilandanlagen unterscheiden sich Carportanlagen durch signifikant größere Abmessungen des Montagegestells. Zudem erfordert die Nutzung als Stellplatz für Kraftfahrzeuge ein definiertes Lichtraumprofil mit der Konsequenz eines größeren Mindestabstandes vom Boden. Die Neigung der Module und die Ausrichtung der Carports orientieren sich an ästhetischen Anforderungen und der Anlage des Parkplatzes. Auch der Abstand der Unterstützungen kann nur bedingt zur Optimierung der Kosten für die Unterkonstruktion variiert werden, da die Abmessungen für Einzelstellplätze oder deren Vielfaches eingehalten werden müssen.

Die Nachteile aus baurechtlichen oder geometrischen Zwängen sowie die eventuellen Mehrkosten aus der Größe der Montageeinheiten müssen durch die Dachvergütung kompensiert werden, um vergleichbare attraktive Renditen zu erzielen. Im Rahmen von Großprojekten sind rationelle Gestell-Lösungen mit hohem Vormontegrad und Gründungslösungen erforderlich, um einen vergleichbaren Baufortschritt mit Freilandanlagen erzielen zu können.

Bild 2 (Quelle: Schletter Solaranlage GmbH) zeigt eine Auswahl von Freiland- und Carportprojekten, für die seitens des Verfassers in den zurückliegenden Jahren die Tragwerksplanung erstellt wurde. Während Freilandanlagen im Jahr 2003 mit Größen unterhalb von einem MWp starteten, entwickelten sich in den Folgejahren immer größere Projekte. Die Regressionslinie hebt diesen Trend deutlich hervor. Erste Carportprojekte wurden Ende 2008 realisiert. Auch hier zeichnet sich ein Trend zu immer größeren Projekten ab. Im vierten Quartal wurde z.B. In Italien eine Carportanlage mit einer Gesamtleistung von 6,0 MWp errichtet. Die Trendlinie für die Größe der Carportprojekte in Bild 2 verläuft annähernd parallel zur Regressionslinie der Freilandprojekte, was auf eine vergleichbare Entwicklung der Projektgrößen schließen lässt. Die Projektkategorie Carport startet lediglich 5 Jahre später. Da Carportprojekte aber im Wesentlichen von der zur Verfügung stehenden Parkplatzfläche abhängen, muss mit einem früheren Abflachen der Kurve gerechnet werden. Realistisch gesehen kann mit einem Projektspektrum in einer Größenordnung zwischen 0,5 und 10,0 MWp gerechnet werden.

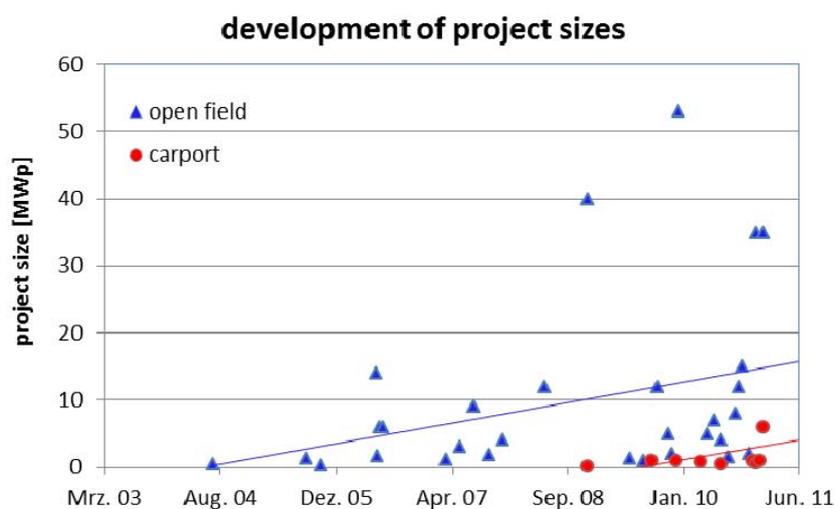


Bild 2 Auswertung ausgewählter Freiland- und Carportprojekte nach Größe

2. Intention für Carportprojekte

Solar-Carportanlagen stellen neben der Funktion der Solarstromerzeugung für den Investor einen erheblichen Mehrwert für den Betreiber des Parkplatzes und die Nutzer dar:

- Regenschutz/Schneeschutz
- Sonnenschutz
- Hagelschutz
- Grundlage für Elektromobilität

Beobachtungen an bereits ausgeführten Carportprojekten belegen, dass sowohl bei Regen und Schnee als auch an hochsommerlichen Tagen mit starker Sonneneinstrahlung Carportstellplätze auch dann bevorzugt werden, wenn weitere Laufwege in Kauf zu nehmen sind. In diesen Fällen bedingen Komfortmerkmale eine hohe Akzeptanz. Am Beispiel von Auslieferungslagern von Kfz-Herstellern oder Stellplätzen von Autohäusern ist die Hagelschutzfunktion hervorzuheben, die in der Konsequenz zu einer signifikanten Absenkung der Versicherungsprämien führen kann.

In der Summe handelt es sich um Entscheidungsfaktoren, die aufgrund des Mehrwerts auch geringere Renditen rechtfertigen können. Für Einzelhandelsunternehmen kann eine komfortable Stellplatzsituation durchaus umsatzfördernd wirken, zumal regenerative Energieerzeugung auch für das Image des Unternehmens förderlich ist.



Bild 3 Ladesäule für Elektrofahrzeuge

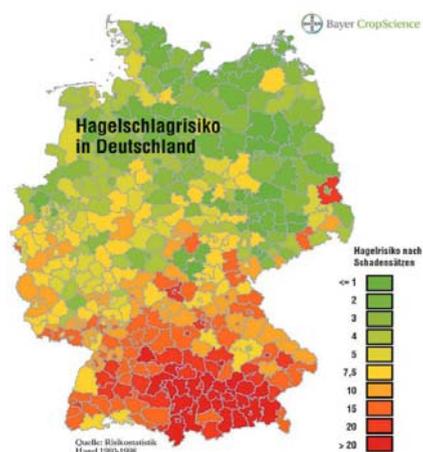


Bild 4 Hagel-Risikokarte

Bild 3 zeigt ein Elektrofahrzeug an einer Ladesäule, um auf die Zukunftsvision der Elektromobilität überzuleiten. Die Bereitstellung von (ggf. kostenfreien) Lademöglichkeiten während des Einkaufs oder der Arbeitszeit könnte ein wesentlicher Bestandteil der Kunden- oder der Mitarbeiteraquisie werden.

3. Grundsätzliche technische Anforderungen

In der gegenwärtigen Marktsituation dürften Carportprojekte aufgrund der höheren technischen Komplexität des Tragsystems und der Bauausführung auf Errichter von Photovoltaikanlagen eher abschreckend wirken. Mit Ausnahme der Einzelplatzcarports und Doppelcarports auf Privatgrund ist grundsätzlich ein Baugenehmigungsverfahren anzustrengen. Gemessen an der Projektgröße kann das vereinfachte Genehmigungsverfahren gewählt werden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind statische Berechnungen der Carports und der Gründung auf Grundlage der aktuellen technischen Regelwerke vorzulegen, die in vielen Bundesländern durch einen Prüfenieur zu prüfen sind. Bei den technischen Regelwerken ist DIN 1055 für Lasten aus Konstruktionseigengewicht, Wind und Schnee hervorzuheben. Als Besonderheit für Carports ist der Nachweis der Sicherheit gegen Anprall von Fahrzeugen zu nennen. Bild 5 zeigt exemplarisch die Verwendung von Stahlbetonfertigteilen bei der Gründung mit der Funktion des Anprallschutzes.

Als weiterer Gesichtspunkt ist die räumliche Aussteifung der Konstruktion zu beachten. Im üblichen Hallenbau wird diese Funktion durch Verwendung von Aussteifungsverbänden mit Diagonalstreben oder Zugbändern realisiert. Da dies bei einem Carport mit der Forderung nach einem ungehinderten Lichtraumprofil kollidiert, sind hier Lösungen mit einer Rahmentragwirkung in Querrichtung sinnvoll. Bild 6 zeigt exemplarisch die Verwendung eines zweiteiligen Binders in Verbindung mit Quadrat-hohlprofilstützen. Bei einer derartigen Konstruktion können Abtriebskräfte aus ungewollter Schiefstellung und Reibungskräfte aus Wind über eine zweischnittige Scher-Lochleibungsverbindung abgetragen werden.



Bild 5 Betonfundament als Anprallschutz **Bild 6** Räumliche Aussteifung (Rahmen)



Bild 7 Carport mit einer Neigung von 25° **Bild 8** Carport mit einer Neigung von 10°

Im Gegensatz zu den meisten Solaranlagen auf Industriedächern oder Freilandanlagen kommen bei Carportanlagen über den Ertragsparametern stehend auch ästhetische Anforderungen hinzu. Bild 7 zeigt flankierend an einer Industriehalle zwei Solarcarports mit einer Neigung von 25°. Bemerkenswert ist die Höhe der Oberkante des Carports auf einem Niveau der zweistöckigen Halle. Im dargestellten Beispiel wirkt die Ausführung ansprechend, da die Neigung der Carports mit der Fassadenanlage und der Dachanlage korrespondiert. Einzelstehend dürfte diese Bauform insbesondere bei Einfahrt von der Nordseite abschreckend wirken. Die Aufnahme in Bild 8 stellt die Ansicht eines Carports mit einer Dachlänge von 10 m und einer Dachneigung von 10° dar. Diese Ausführungsform wirkt optisch ausgewogen und ist auch in einem Wohngebiet oder auf Parkplätzen mit mehreren hintereinander stehenden Reihen denkbar.

Als weiteres technisches Merkmal von Solarcarportanlagen ist zu nennen, dass diese gerade an der Gründung im Salzsprühnebelbereich aus Streusalzeinsatz liegen. Die Verwendung von Aluminiumkomponenten beugt Bauunterhaltskosten während der Standzeit vor. Alternativ kann mit Beschichtungen gearbeitet werden, die chloridinduzierter Korrosion dauerhaft standhält. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang die Verwendung korrosionsbeständiger Schrauben. Die im PV-Bereich häufig verwendeten Schrauben aus V2A sind nicht beständig gegen chloridinduzierte Korrosion. In diesen Fällen sollten Schrauben aus V4A (z.B. 1.4571) verwendet werden. Der Streusalzeinfluss ist auch bei Verwendung von Betonkomponenten über die Expositionsklasse nach DIN 1045 und die Wahl der Betongüte und der Betondeckung der Bewehrung zu berücksichtigen.

4. Systemoptimierung

Ein wesentlicher Gesichtspunkt des wirtschaftlichen Erfolgs einer Solar-Carportanlage liegt in der Montage des Systems einschließlich Gründung. Gegenüber Freilandanlagen stellt die Höhe des Tragsystems einen klaren Nachteil dar. Vergleichbare Montagefortschritte lassen sich nur mit Vormontage der Systemkomponenten und entsprechenden Hebebühnen und Hebezeugen erzielen. Dennoch wird annähernd die doppelte Montagezeit benötigt. Gegenüber herkömmlichen Gründungslösungen lassen sich durch Verwendung von Micropfählen erhebliche Rationalisierungseffekte erzielen. Die Bilder 9 und 10 zeigen die Errichtung von Solarcarports mit Flachgründungen, die üblicherweise bei Gebäuden verwendet werden. Bei dieser Methode muss das Abheben und das Umkippen des Carports infolge Windeinwirkung durch entsprechende Betongewichte kompensiert werden. Gleichzeitig muss das Klaffen in der Sohlfuge im Rahmen der normativen Regelungen begrenzt werden. Daraus ergeben sich ganz erhebliche Abmessungen der Gründungselemente, die eigentlich nur bei der Neuanlage von Parkplätzen in Betracht kommen. Auf Bild 9 ist anhand der Pflasterarbeiten die Größe der Fundamente abschätzbar. Prinzipiell kommt diese Gründungsvariante einer vollständigen Aufnahme des Parkplatzes gleich.



Bild 9 Flachgründung (Bestand)



Bild 10 Flachgründung (Neubau)

Bei einer Gründung mit Micropfählen werden profilierte Hohlstäbe mit einem Bohrgerät in das Erdreich eingetrieben und gleichzeitig durch die Bohrkronen mit definiertem Druck Verpressmörtel in den Boden eingepresst. Durch den Druck wird der Verpressmörtel in die Hohlräume des Bodens eingetrieben. Im erhärteten Zustand ergibt sich ein Betonkörper mit einer sehr unregelmäßigen Oberfläche, der sich wie eine

Wurzel im Boden verankert. Je nach Beschaffenheit des Bodens können die Kräfte aus dem Carport mit Einbindetiefen zwischen 2 und 6 m eingeleitet werden. Bild 11 zeigt den Einbau eines Micropfahls mit einer entsprechenden Maschine. In Bild 12 ist ein Micropfahl nach dem Einbau dargestellt.



Bild 11 Einbau von Micropfählen



Bild 12 Eignungspfahl

Nach dem Einbringen der Micropfähle, die ca. 60 cm über die Geländeoberkante hinausstehen, wird entsprechend Bild 5 ein Betonfertigteile eingehoben und durch Verguss monolithisch verbunden. Bereits nach einem Tag kann mit der Gestellmontage begonnen werden, da in diesem Stadium nur die geringen Lasten aus dem Gestell auftreten und der Mörtel dafür eine ausreichende Festigkeit aufweist. Den wesentlichen Vorteil kann die Micropfahllösung bei bestehenden Parkplätzen ausspielen, da nur sehr geringe Eingriffe in den Parkraum erforderlich sind. Im Prinzip könnten die Carports unter laufendem Betrieb errichtet werden, was jedoch aus haftungsrechtlichen Gründen nicht praktiziert wird.



Bild 13 Dachrinne



Bild 14 Wechselrichterbefestigung

5. Ausführungsbeispiele

Mit dem zuvor beschriebenen Carportsystem Park@Sol der Firma Schletter Solar-
montage GmbH wurden in den vergangenen 24 Monaten Projekte mit einer Gesamt-
leistung von ca. 20 MWp Leistung installiert. Nachfolgend werden ausgewählte Pro-
jekte dargestellt und beschrieben. In Bild 15 ist eine 1 MWp Carportanlage am Lau-
sitzring abgebildet. In dieser Pilotanlage wurden Zuschauerparkplätze überdacht.
Bild 16 zeigt eine 550 kWp Anlage auf dem Parkplatz der Schletter GmbH in Haag.
Aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtungen kamen bei diesem Projekt verschie-
dene Bauformen zum Einsatz. Hauptsächlich wurden Carports mit zu Einfahrtseite
steigenden Dächern eingesetzt. In diesem Fall liegt die Entwässerung in der Mitte.
Das erste Projekt mit 1 MWp Leistung wurde in Berlin Spandau (Phönix AG) auf dem
Gelände der Bereitschaftspolizei realisiert (Bild 17). Als Besonderheit ist hier die
Verwendung individueller Bauformen mit fahrzeugspezifischen Stützenabständen
und Dachneigungen zu nennen.



Bild 15 Carportanlage mit einer Leistung von 1 MWp am Lausitzring



Bild 16 550 kWp Fa. Schletter in Haag



Bild 17 1 MWp in Berlin

Bild 18 zeigt eine 800 kWp Carportanlage auf dem oberen Decke eines 5 stöckigen Parkhauses am Messgelände Frankfurt. Das wesentliche Merkmal dieses Projekts ist, dass die Carportsysteme am Gebäudebestand angeschlossen werden mussten. Dafür wurden durch die Betondecken Kernbohrungen auf die stählerne Tragkonstruktion eingebracht. Dem Prinzip der Micropfähle folgend wurden die Betonfertigteile mittels Kopfbolzendübeln und Vergussmörtel befestigt. Bild 19 gibt einen ersten Eindruck vom mit 6 MWp bisher größten ausgeführten Carportprojekt in Piadena in Italien wieder. Bei diesem Projekt werden zusätzlich Hagelnetze zwischen den Carportreihen installiert

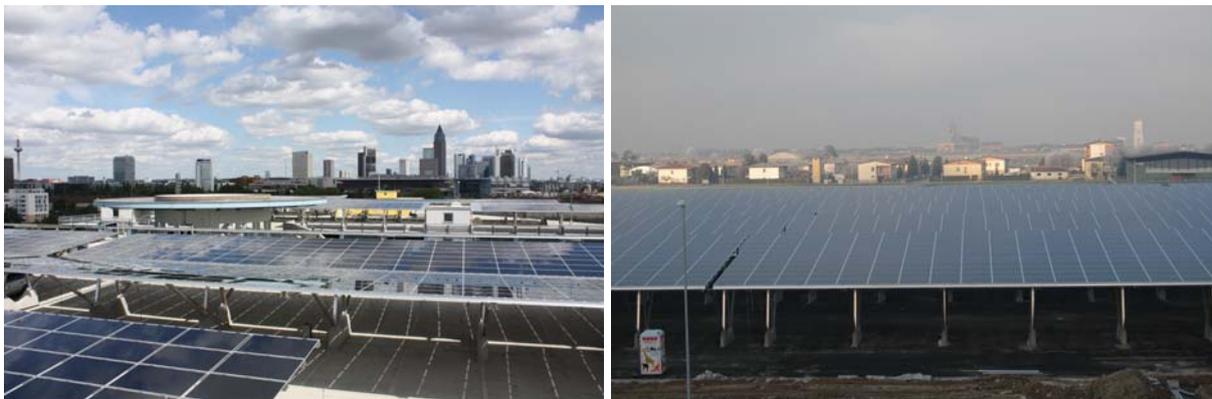


Bild 18 0,8 MWp auf Parkhaus in Frankfurt **Bild 19** 6 MWp in Piadena Italien

6. Zusammenfassung

Im vorliegenden Aufsatz werden baurechtliche und baupraktische Argumente sowie Erwartungen an die Marktentwicklung systematisch erläutert und aufbereitet, die die Einschätzung stützen, dass Solar-Carportanlagen die neue Projektkategorie für Großprojekte werden dürften. Neben den eindeutigen Mehrwerten wie Sonnen- und Regenschutz und einer hohen Akzeptanz für Projekte auf Flächen, die bereits versiegelt sind, liefern neuartige Fertigungsmethoden und eine rationalisierte Installation die Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit von Carportprojekten. Damit sind bereits im gegenwärtigen Stadium attraktive Projekte realisierbar. Die zunehmende Tendenz zur Elektromobilität, der zusätzliche Komfort durch überdachte Parkplätze und der Imagegewinn durch Einsatz regenerativer Energien für die Betreiber von Einzelhandelsunternehmen und Produktions- und Dienstleistungsfirmen zeigen eine Perspektive für Solar-Carportprojekte auf, die ein deutlich zunehmendes Interesse an dieser Projektkategorie erwarten lässt.