

**1. Titel des Projekts:**

**BifiSolar – Bifaziale Solar-Systeme**

Schlüsselprojekt im Maßnahmenbereich Mobilität / Energie

**2. Projektträger:**

**International Solar Energy Research Center Konstanz e.V. (ISC Konstanz)**

Rudolf-Diesel-Str. 15, 78467 Konstanz

Ansprechpartner: Dr. Kristian Peter

**3. Kooperationspartner:**

**Ehoch4:** Bereitstellung Infrastruktur für Solar-Allee Ehoch4, Kaufmännische Betriebsführung, Gezieltes Marketing, Präsentationsveranstaltungen

**ESCAD Energy:** Entwicklung und Lieferung Systemkomponenten, Ehoch4 Solar-Allee, Projektierung, Visualisierung, Technische Betriebsführung

**Stadt Radolfzell:** Infrastruktur Konzertsegel RZ

**Schwarz Außenwerbung:** Bereitstellung Buswartestellen

**Form TL:** Statik, Gestaltung Konzertsegel

**AZP Consulting:** LED-Konzertsegel, Buswartestellen

**Rmsolar:** PV-System-Technik SIG

**Sunny Solartechnik:** PV-System-Technik KN

**Zebotec:** E-Boot Radolfzell

**HTWG Konstanz:** Gestaltung, Energietechnik

**Energieagentur Kreis Konstanz:** Bidirektionales Laden von E-Boot in RZ, Einbindung KMU's

**Energieagentur:** KMU-Netzwerk Sigmaringen

**4. Projektbeschreibung mit Zielen und Maßnahmen:**

**Teilprojekt 1: Photovoltaik-Allee als Leuchtturm**

Auf dem Gelände Ehoch4 werden bifaziale Solarmodule auf einer Nord-Süd-Achse entlang eines Verkehrsweges aufgestellt, so dass die Vorderseiten- und Rückseiten-Flächen nach Osten und nach Westen ausgerichtet sind. An den installierten Modulen werden Ertragsmessungen durchgeführt und mit Computer-Simulationen verglichen. Der Einfluss durch den Einsatz verschiedener transparenter Materialien bei der Verkapselung der Module auf den Energieertrag werden ebenso untersucht wie der Einfluss der Abstände der Solarzellen und Module untereinander sowie der

möglichen Abweichung von der Nord-Süd-Achse.

Erfahrungen der Praxistests gehen über eine Feedback-Schleife kontinuierlich in die Weiterentwicklung der bifazialen Solarmodule am ISC Konstanz ein, um letztendlich den maximalen Energieertrag im Winter bei gleichzeitig möglichst hohem Gesamtenergieertrag zu erreichen. Der Erlebnispark bringt Energiethemen den Bürgern näher. Die Forschung und Entwicklungsarbeiten beinhalten folgende Punkte:

- Herstellung und Zertifizierung bifazialer Solarmodule
- Entwicklung Trägersystem f. rahmenloser Glas/Glas-Module
- Anpassung der Leistungselektronik (Wechselrichter etc.)
- Zeitlich aufgelöste Energieertragsmessungen
- Untersuchung der Abhängigkeit des Energieertrages von der Abweichung der Nord-Südrichtung (Straße macht Bogen)
- Beeinträchtigung der Energieerträge bei Teilabschattung
- Eigennutzung der Energie auf dem Gelände

### **Teilprojekt 2: Konzertsegel als Leuchtturm**

Das Radolfzeller Konzertsegel an der Seepromenade wird mittels bifazialer Solarmodule ausgestattet. Dazu werden die bestehenden Acrylglasplatten dauerhaft ersetzt. Die installierte Solarleistung von 25-30kWp soll jährlich eine Energie von bis zu 40.000 kWh erzeugen, die bevorzugt im lokalen Netz (Veranstaltungen, Kiosk, Fahrradladestation, Bootsstege) verbraucht wird.

Als besondere Attraktion für Touristen und andere interessierte Bürger soll ein elektrisch betriebenes Sportboot gefertigt werden, das exklusiv mit Solarstrom geladen wird und als mobiler Speicher dient.

Die Arbeiten beinhalten im Einzelnen:

- Entwicklung leichter wetterfester bifazialer Solarmodule
- Auswahl der Modul-Materialien (GFK, Glas, Acrylglas)
- Austausch der bestehenden Acrylglas-Platten durch PV
- Statische Berechnung unter Berücksichtigung der Unterkonstruktion
- Systemauslegung, Dimensionierung einzelner Modul-Strings
- LED-Beleuchtung des Konzertsegels für den Abend
- Einbindung des lokalen Stromnetzes mit Kiosk, Kellerraum, Bootshafen und Elektrofahrrad-Ladestation
- Einbindung eines stationären elektrischen Speichers (6-8kWh)
- Einbindung eines E-Bootes als mobilen Speicher (85 kWh) mit bidirektionaler Lade- und

- Entlademöglichkeit
- Erprobung und Demonstration der E-Mobilität auf dem See
- Direkte DC-Ladung des Bootes mit Photovoltaik

### Teilprojekt 3: Solarbetriebene Buswarteallen

Buswarteallen der Schwarz Außenwerbung GmbH beinhalten eine integrierte elektrische Beleuchtung sowie eine beleuchtete Werbetafel. Abgesehen vom Energieverbrauch dieser Stationen ist der Anschluss an das Stromnetz manchmal aufwendig. Zur Energieversorgung bieten sich deshalb energieautarke solarbetriebene Konzepte an. Die Glasbauteile für Dach und Rückwand sollen aus speziellen bifazialen Solarmodulen gefertigt werden. Gegenstand des Vorhabens ist die Dimensionierung und Erprobung des Gesamt-Energiesystems. Nach der Entwicklungsphase sind die Erfolgsaussichten für die wirtschaftliche Umsetzung aus folgendem Gründen vielversprechend:

- Solarmodule sind mittlerweile günstig und effizient
- Bifaziale Solarmodule ermöglichen hohe Energieerträge
- Bifaziale Solar-Dachelemente lassen durch die rückseitige Lichtabsorption den Schnee schnell schmelzen
- Moderne LED-Technik reduziert den Strombedarf erheblich
- Akkus speichern die Energie über mehrere Tage. Die verbleibenden wenigen Tage, an denen die gespeicherte Energie nicht ausreicht, werden durch eine Brennstoffzelle bedient.

### 5. Angestrebte Ergebnisse und Wirkungen:

Als **Output entstehen 5 prototypische Anwendungen**. Damit sind die drei solarbetriebenen Buswarteallen, das Konzertsegel und die Solar-Allee gemeint. Das Ergebnis sind weit über die Projektlaufzeit hinaus große Anwendungsmöglichkeiten, z.B. entlang von Bahnlinien und Straßenverkehrswegen und in der Gebäudeintegration. Vorsichtig geschätzt ergeben sich auf Sicht von 5 Jahren regional mehr als **100 umsetzbare Anwendungen** (60 Buswarteallen, 20 weitere gebäudeintegrierte PV Systeme und 20 bifaziale Freiflächensysteme).

Pro km Solar-Allee werden **jährlich 350 Tonnen CO<sub>2</sub>** eingespart, vgl. Abschnitt 13. Innerhalb der Projektlaufzeit entstehen voraussichtlich kurzfristig mehr als 10 neue Arbeitsplätze bei den Projektpartnern. Mittelfristig können 50 und langfristig über 100 neue Arbeitsplätze entstehen.

Letztendlich müssen für den weiteren Ausbau der Photovoltaik in Europa weniger Energiespeicher eingesetzt werden, denn die bifazialen Module erzeugen bevorzugt dann Energie, wenn konventionell schräg nach Süden aufgestellte Solarmodule schwach sind, nämlich morgens, abends und im Winter. Investoren und die Öffentlichkeit sollen den Nutzen und das Potential moderner bifazialer Photovoltaiksysteme erfahren.

#### **6. Innovationspotenzial:**

Leichte Glas-Glas-Module mit zwei dünnen Gläsern statt einem einzigen Frontseitenglas und einer Rückseitenfolie garantieren eine hohe Lebensdauer der Module von 30 Jahren und damit niedrige kWh-Preise für Solarstrom. Halbleiterphysikalische Herausforderungen bei der optisch transparenten Metallisierung und Passivierung der Silizium-Oberflächen werden durch hoch innovative Lösungen realisiert. Die Module überzeugen durch hohe Erträge jedoch nicht in den Mittagsstunden. Interessant ist auch die einfache Integration in das Landschaftsbild bzw. die Verkehrsinfrastruktur. Farbige Solarmodule durch Doppel-Antireflexschichten sind Optionen für die architektonisch anspruchsvolle Gebäudeintegration. BifiSolar ist wegen der CO<sub>2</sub>-armen Energieerzeugung der Prioritätsachse B zuzuordnen.

#### **7. Zukunftspotenzial des Projektes:**

Bifaziale Solarmodule können sowohl in der Gebäudeintegration als auch in der Landschaft einen spürbaren Beitrag zur Energieerzeugung leisten. Sie ergänzen die traditionellen Solarsysteme, indem sie die Energieerzeugung in den Morgen, den Abend und in den Winter ausweiten. Ein Schienen- bzw. Straßennetz von 1000 km mit BifiSolar, würde eine installierte Solarleistung von bis zu 1GWp ermöglichen. Zudem könnte die Fläche im Falle von Freiland-Feld-Anlagen zwischen den senkrechten Modulen landwirtschaftlich genutzt werden.

#### **8. Herausforderungen in der Umsetzungsphase:**

Derzeitiger Plan ist es, Teilprojekt 1 „Photovoltaik-Allee“ zusammen mit Erdgas Südwest, Ehoch4 und Sunovation umzusetzen, falls noch ein Programm gefunden wird, das ca. 30 % der Kosten übernimmt.

Teilprojekt 2 „Konzertsegel als Leuchtturm“ wird derzeit in vereinfachter Form von der Stadt Radolfzell auf Finanzierbarkeit geprüft.

Die Stadt Radolfzell hat an der Ausschreibung „kommunale Klimaschutz-Modellprojekte“ mit der Projektskizze „Vom Konzertsegel zum Solarsegel“ teilgenommen. Leider wurde der Antrag abgelehnt.

#### **9. Erfahrungen und Empfehlungen:**

Es ist sehr schwierig, eine Finanzierung für die Teilprojekte zu bekommen. Photovoltaik scheint nicht gefördert zu werden, da man die Investition durch die Stromvermarktung zurück bezahlen kann. Bei der erstmaligen Demonstration eines neuartigen Konzeptes ist die wirtschaftliche Darstellung jedoch nicht oder nur schwer gegeben, zumal ja auch Equipment und Personalaufwand für die wissenschaftlichen Messungen und Auswertungen notwendig wären.