



## Villa Castelli



Operazione co-finanziata dall'Unione Europea, Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, dallo Stato Italiano, dalla Confederazione elvetica e dai Cantoni nell'ambito del Programma di Cooperazione Interreg V-A Italia-Svizzera. (Codice progetto 603882)

## Einführung

Die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als herrschaftliche Villa errichtete Villa Castelli ist ein historisches Gebäude in einer außergewöhnlich schönen Landschaft am Ostufer des Comer Sees. Ursprünglich als Nobelvilla für den Adel erbaut, wurde sie im Laufe der Jahre hauptsächlich als Ferienhaus genutzt. Die heutige Architektur der Villa ist das Ergebnis einer Reihe von Erweiterungen und Renovierungen. Die Integration von Photovoltaikmodulen auf dem Dach der Villa ist Teil der jüngsten Energieeffizienzmaßnahme im Rahmen eines Instandhaltungsprojekts.

## Designansatz

Das Instandhaltungsprojekt ging von der Notwendigkeit aus, die Probleme im Zusammenhang mit der Lage am Rande des Sees zu lösen, die zur Absenkung des Gebäudes und zu Problemen mit aufsteigender Feuchtigkeit führte. Der Entwurf sieht eine grundlegende Erneuerung der Gebäudehülle und den Anlagen vor, wobei die wertvollen architektonischen Merkmale erhalten bleiben. Das Gebäude unterliegt den Artikeln 136 und 142 (Galasso-Gesetz) des Städtebaugesetzes sowie einer städtebaulichen Auflage, die den Erhalt wertvoller Innenstrukturen vorschreibt. Die Arbeit war das Ergebnis der Zusammenarbeit eines fachübergreifenden Teams unter der Leitung des Bauherrn, der die Planungsziele vorgab und auch die technischen Aspekte der Planung verfolgte.

Das Bauprojekt wurde von der Architektin Valentina Cari durchgeführt, die das Team koordinierte und die Bauleitung, die Instandhaltungsarbeiten und die Innenraumgestaltung überwachte. Der strukturelle Teil wurde vom Ingenieurbüro STI übernommen, das sich mit der statischen Sicherung der bestehenden Strukturen befasste. Das Energiekonzept wurde vom Studio Solarraum in Bozen erstellt, das sich um die Energieeffizienz der Gebäudehülle, die Anlagenplanung und die Energieberechnung kümmerte. Das Institut für erneuerbare Energien der Europäischen Akademie (EURAC) in Bozen überprüfte in speziellen Werkstätten die Ausführungsdetails mittels dreidimensionaler thermohygro-metrischer Simulationen und richtete ein „post operam“-Überwachungssystem ein, um Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Kohlendioxidkonzentration, Oberflächentemperaturen und Beleuchtungsstärke des Gebäudes in Echtzeit zu überwachen. Die Firma Solbian leitete die Planung und Installation der in das Dach integrierten Photovoltaikanlage. Die Villa diente zudem als Pilotgebäude für die Validierung von Berechnungen und Zertifizierungsverfahren nach dem CasaClimaR©-Protokoll. Das Projekt hat darüber hinaus den CasaClima Award 2016 gewonnen.

## Ästhetische Integration

Die Integration der Photovoltaikmodule auf dem Dach beruht auf folgenden Kriterien: Koplanarität, Linienführung, Anordnung der Module, Wahrung der Form und der Proportionen der Dachneigung, Liebe zum Detail und Farbwahl. Die Module liegen in der gleichen Ebene wie das Dach und folgen dessen Symmetrielinien. Sie wurden speziell entwickelt, um die Dreiecks- oder Trapezform der Dachflächen zu berücksichtigen und den Eindruck einer möglichst homogenen Abdeckung der gesamten Fläche zu vermitteln. Darüber hinaus haben alle Module die gleiche Ausrichtung, die mit der allgemeinen Ausrichtung des Gebäudes übereinstimmt, damit sie sich möglichst wenig von der Umgebung abheben. Was die farbliche Integration betrifft, so wurde ein metallfarbener Ton für das Dach gewählt, der an die typischen, hier vorherrschenden Materialien erinnert. Dadurch passt sich die Farbe vom See aus gesehen gut der Umgebung an und integriert sich in den umliegenden urbanen Kontext.

## Energietechnische Integration

Die erzeugte Strommenge deckt fast vollständig den Bedarf des Gebäudes, nämlich (i) den Stromverbrauch einer geothermischen Wärmepumpe, die zusammen mit einem 8-kW-Heizungsherd Warmwasser für den Sanitärbereich und die Innenraumheizung liefert, und (ii) eines mechanischen Belüftungssystems mit Wärmetauscher, bestehend aus drei Geräten, die auf jeweils einer Etage angebracht sind.

Die BIPV-Anlage ist an ein Überwachungssystem angeschlossen, das die Stromerzeugung und den -verbrauch kontrolliert, sowie an eine Reihe von Funksteckdosen, die eine direkte Steuerung der privilegierten Lasten der Anlage ermöglichen. Das Überwachungssystem sammelt die Daten der Photovoltaikproduktion und die Daten der Energieeinspeisung und -abgabe in das bzw. aus dem Netz. Außerdem ermittelt es anhand der verfügbaren meteorologischen Daten eine Produktionsprognose und rationalisiert auf dieser Grundlage die automatische Aktivierung der gesteuerten Lasten. Durch die Zusammenführung von Produktions- und Verbrauchsdaten wird die Auslastung der Anlage optimiert und ermöglicht insbesondere bei Energieüberschüssen eine dynamische Erhöhung des Eigenverbrauchs durch die Aktivierung von gesteuerten Lasten. Das von Solbian geleitete Projekt berücksichtigte die zu erwartende Beschattung im Tages- und Jahresverlauf sowie eine Schätzung des möglichen künftigen Verbrauchs des Gebäudes.

## Technologische Integration

Die flexiblen Photovoltaikmodule werden auf dem Dach integriert und mit einem speziellen doppelseitigen Strukturkleber, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient mit dem des Dachmaterials vergleichbar ist, direkt auf die Aluminiumoberfläche geklebt. Diese Technologie wurde in Zusammenarbeit mit CNR entwickelt und zeichnet sich durch ein innovatives Laminierungsverfahren der monokristallinen Zellen aus, bei dem spezielle und ausgewählte Technopolymere als Verkapselungsmaterial verwendet werden.

## Entscheidungsfindung

Ziel des Bauherrn war es, das Gebäude instand zu setzen und gleichzeitig seine Energieeffizienz deutlich zu verbessern, um es in seiner Gesamtheit bewohnbar zu machen und gleichzeitig die Betriebskosten niedrig zu halten. Die Grundlage für den Entscheidungsprozess war die enge Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Eigentümern, Experten und Fachkräften.

## Lessons learnt

Die mit dem Projekt beauftragte Aufsichtsbehörde bewertete folgende Kriterien als grundlegend für die Integration: die ästhetischen Eigenschaften der BIPV-Module (Farbe und Oberflächenbeschaffenheit), ihre geometrische Anordnung in Bezug auf die Form der Dachschrägen und die Ausrichtung des Gebäudes (Form der Anlage, Modularität), Haftung und Koplanarität auf dem Dach, nicht reflektierende Oberflächen und Wahrnehmbarkeit von der Umgebung aus, insbesondere in Bezug auf das Niveau der Straße, des Sees und der umliegenden Landschaft.

Der Entwurf für die Bedachung war das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Architekten, der Bauaufsichtsbehörde und dem Unternehmen, das die Module und die Überdachung

herstellt. Die Photovoltaikmodule waren bereits in Produktion, wurden aber fast ausschließlich für Segelboote und kleine Gebrauchsgegenstände verwendet, die flexible Systeme erfordern.

Die angestrebte architektonische Integration wurde in einem langen Planungsprozess entwickelt. Ursprünglich wurden Modultypen mit farbigen Zellen gewählt, um die ästhetische Integration mit den traditionellen örtlichen Baumaterialien und der umgebenden Landschaft in den Vordergrund zu stellen. Für die Dacheindeckung musste ein Material verwendet werden, das auch die Probleme löst, die durch eine große, das Haus überragende Deodara-Zeder verursacht wurden, die dem vorherigen Ziegeldach durch die ständig herunterfallenden Nadeln funktionelle Probleme bereiteten. Aus diesem Grund wurden drei Prototypen entwickelt. Zunächst entschied man sich für eine Dacheindeckung aus Valmalenco-Stein, der häufig für historische Gebäude im gesamten Seegebiet verwendet wird. Es wurde daher versucht, Photovoltaikmodule mit dieser Art der Bedachung zu kombinieren, und es wurden zwei Prototypen hergestellt. Der erste Prototyp bestand aus einem transparenten Substrat, das aus zwei Glasscheiben zusammengesetzt wurde und in das klassische polykristalline Photovoltaikzellen eingesetzt wurden. Die Integration beruhte auf der Transparenz des Substrats. Der zweite Prototyp basierte auf der Farbintegration. Zu diesem Zweck wurde in Deutschland ein spezielles Modul mit grau-grünen Zellen entwickelt, dessen Größe perfekt an die Stärke der Serpentinsteine des Valmalenco angepasst ist. In Zusammenarbeit mit Brandoni, einem italienischen Hersteller von Photovoltaikmodulen, wurde ein Dachprototyp im Maßstab 1:1 hergestellt, um Installationsprobleme zu testen. Das Ergebnis war zwar ästhetisch ansprechend, aber unpraktisch, da die Module nicht begehbar waren und eine komplexe Wartung erforderten. Später wurde ein technischer Arbeitskreis mit Solbian und Prefa eingerichtet und ein dritter Prototyp definiert. Dieser wurde dann für die endgültige Installation mit begehbaren, dünnen und effizienten Modulen, die perfekt mit dem Dach harmonieren, ausgewählt.

Der Designprozess zeigte, wie wichtig die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen technischen, handwerklichen und produktionstechnischen Fachkräften bei der Ausarbeitung eines Sanierungsprojekts ist. Bei der Planung der Ad-hoc-Photovoltaikmodule war die Zusammenarbeit mit dem Dachdeckerunternehmen, das zusammen mit dem Architekten und der Bauaufsichtsbehörde ein ganzheitliches Projekt unter ästhetischen, technologischen und energetischen Gesichtspunkten erarbeiten konnte, entscheidend.

## PROJEKTDATEN

<b>Projektart</b>	Nachrüstung
<b>Gebäudefunktion</b>	Wohnen
<b>Einschränkung</b>	denkmalgeschütztes Gebäude
<b>Bautechnik</b>	Vorindustrielle
<b>Gebäudeadresse</b>	Bellano (LC), Italien

## BIPV-Systems

### BIPV-SYSTEMDATEN

<b>Architektonisches System</b>	Opakes Dach
<b>BIPV-Integrationsjahr</b>	2016
<b>Active material</b>	Monocrystalline silicon
<b>Modultransparenz</b>	undurchsichtig
<b>Modultechnik</b>	flexible Polymerschichten, verstecktes PV, kundenspezifische Module
<b>Systemleistung [kWp]</b>	10
<b>Systembereich [m<sup>2</sup>]</b>	88,76
<b>Modulorientierung</b>	Verschiedene
<b>Module kippen [°]</b>	27,5

### BIPV-SYSTEMKOSTEN

<b>Gesamtkosten [€]</b>	43500
<b>€/m<sup>2</sup></b>	490
<b>€/kWp</b>	4103

## Stakeholder

### Hauptgebäudeplaner

Arch. Valentina Carì - Progetto Serr@

### BIPV-Systemdesigner

Solbian Energie Alternative srl

### Installateur des BIPV-Systems

Solbian Energie Alternative Srl  
Viale Gandhi 21b, Avigliana (TO), Italy  
info@solbian.eu +39 011 966 35 12  
<https://www.solbian.eu/en/>

### Hersteller von BIPV-Komponenten

Solbian Energie Alternative Srl  
Viale Gandhi 21b, Avigliana (TO), Italy  
info@solbian.eu +39 011 966 35 12  
<https://www.solbian.eu/en/>

### Berater

Vincenzo Buizza - STI  
Oscar Stuffer - Solarraum  
Eurac Research

### Betriebsleiter

Arch. Valentina Carì - Progetto Serr@



Das Gebäude vor der energetischen Sanierung © Arch. Valentina Cari



Die von der Aufsichtsbehörde vorgeschlagene alternative Bedachung © Arch. Valentina Cari



Die von der Aufsichtsbehörde vorgeschlagene alternative Bedachung © Arch. Valentina Cari



Das Gebäude nach der energetischen Sanierung © Arch. Valentina Cari



In die Bedachung integrierte Solbian-Photovoltaikmodule © Arch. Valentina Cari



Detail eines Solbian-Photovoltaikmoduls © Myriam Perna, Arch. Valentina Cari

Autor der Fallstudie:

Eurac Research