

## Technik alpine PV-Anlagen: Erfahrungen und aktuelle Lösungsansätze

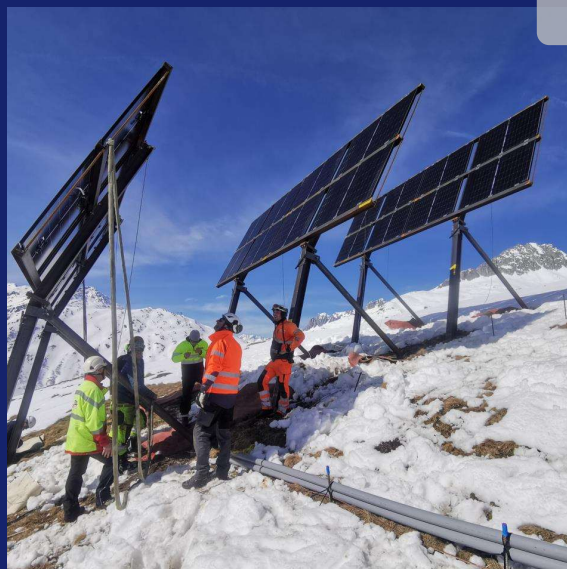
22. Schweizer Photovoltaik-Tagung  
21. März 2024

Tamás Szacsvey

[www.reech.ch](http://www.reech.ch)

### Inhalt

- Kurzvorstellung REECH AG
- Betriebserfahrungen mit hochalpinen Anlagen
- Erfahrungen mit Testanlagen hochalpiner Freiflächenanlagen
- Beispiele technischer Lösungen
- Herausforderungen
- Fazit



Testanlage Sedrungsolar  
energia alpina, X STATIK, REECH

## Auszug aus unseren Tätigkeitsgebieten



Geminus.90°, Unterwerk Flimselectric



Testanlage NandroSolar, ewz, Systemlösung ALPIN QUATTRO®



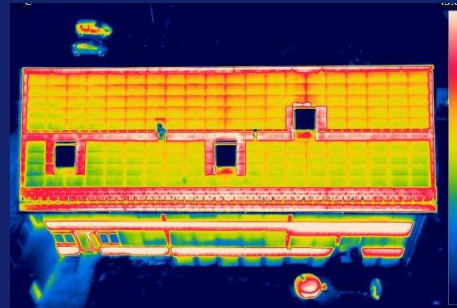
Kantonsschule Burggraben, St. Gallen



PVA Oberaarstaumauer, KWO



Testcenter REECH AG



Aufnahme Drohnenthermografie



Betriebserfahrungen mit hochalpinen Anlagen

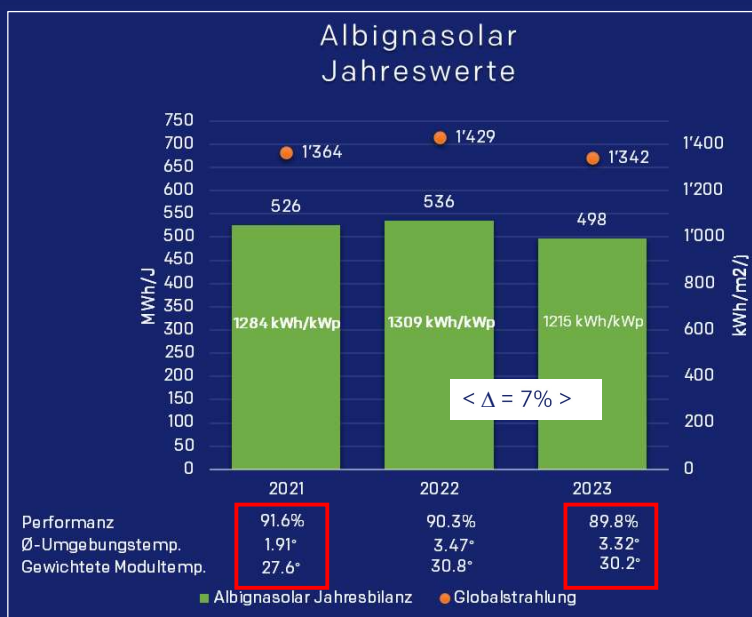


# PV-Anlage an der Albigna Staumauer

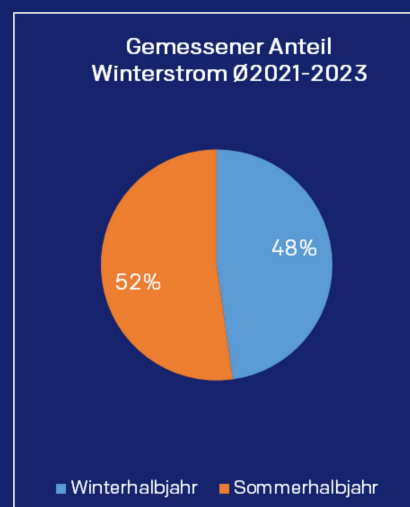
- IBN September 2020
- 1280 monofaziale G/G-Module in 5 Feldern
- 410 kWp
- BFE-finanziertes Messprojekt

ewz

## PVA Albigna, Jahreswerte

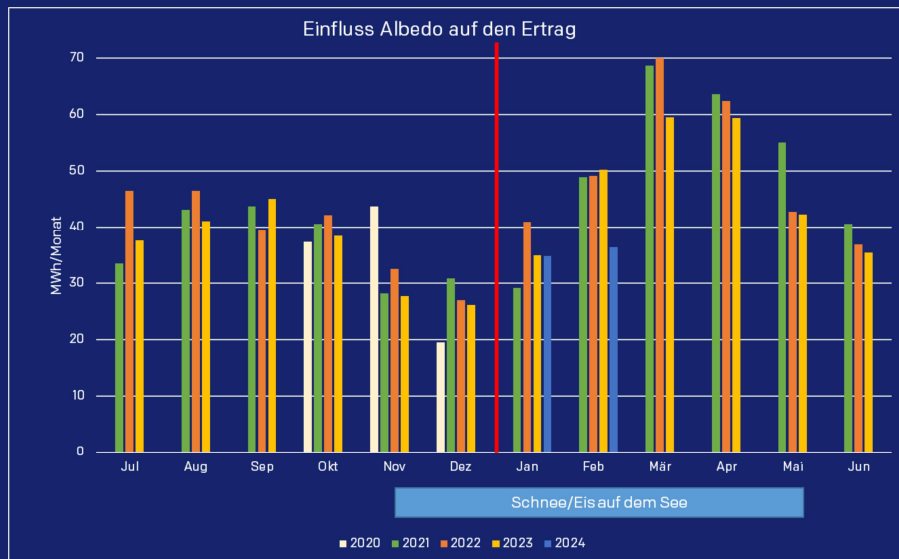


- Anstellwinkel 78°
- Azimut Südost bis Südwest



Investor, Anlagebetreiber und Auftraggeber: ewz

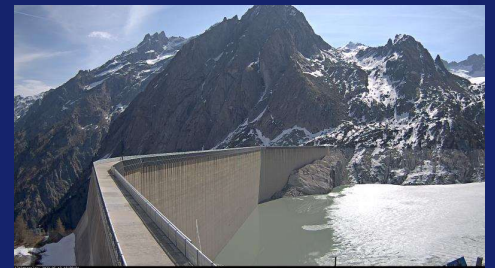
# PVA Albigna, Einfluss der Albedo



Datenquelle: ewz



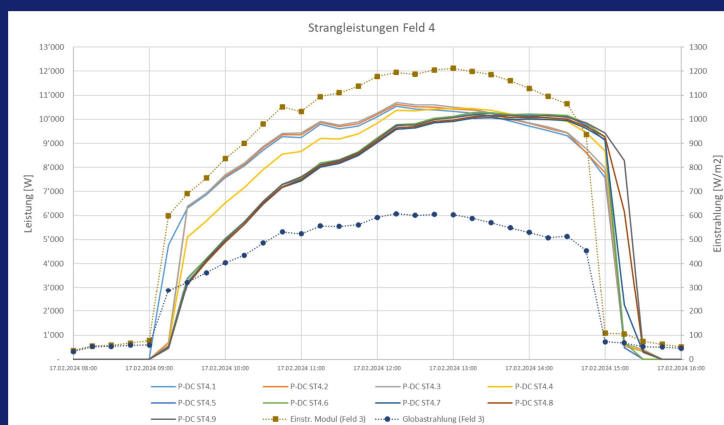
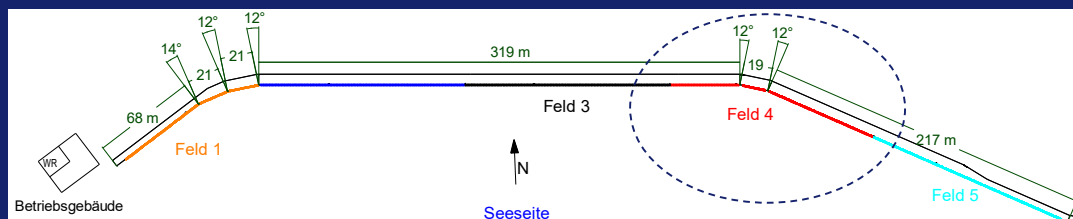
7. Januar 2021; Foto: M. Tam, ewz



13. Mai 2022; webcam ewz



## PVA Albigna; parallelgeschaltete Stränge mit unterschiedlicher Ausrichtung



Beispiel Feld 4:

- Winkelabweichung  $2 \times 12^\circ$
- 9 parallel geschaltete Stränge zu 30 Modulen (1 Mpp)
- Zeitlich verschobene Strangleistungen gut erkennbar
- Kein negativer Einfluss auf Ertrag bemerkbar
- (Bis anhin) keine Probleme im Betrieb

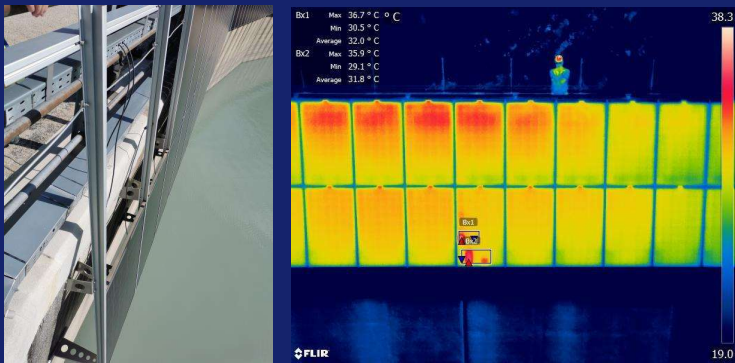
17. Februar 2024



# Albigna; Anlagenkontrolle (BFE-Projekt «ALPINE»)

## Kontrolle an der Anlage vor Ort

- visuelle Kontrolle
- Wärmebildaufnahmen



12. September 2023

## Labortests (jeweils dieselben zwei Module)

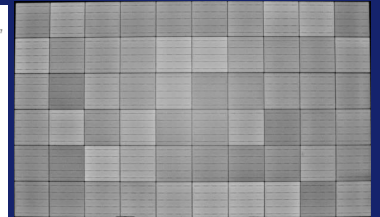
- Visuelle Kontrolle
- Leistungsmessung

Leistungsverlust in 2 Jahren nach Anfangsdegradation ca. 1.5%  
(Nähe Messtoleranz)

- EL-Bild und Isolationswiderstand: bisher einwandfrei



Flash-Messung 2021



EL-Bild 2021

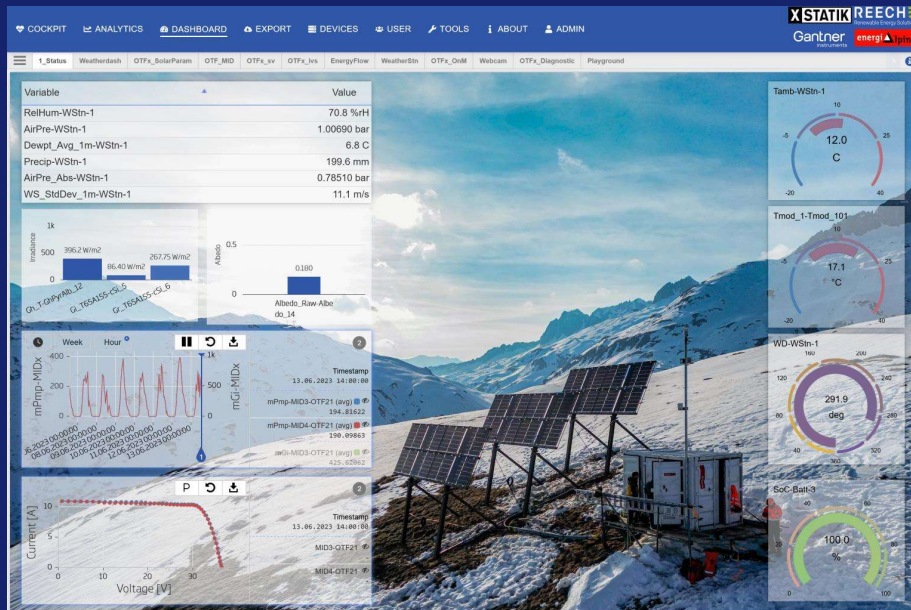


Erfahrungen mit Testanlagen  
hochalpiner Freiflächenanlagen



# Testanlagen 2023

## SedrunSolar und NandroSolar



↑ Testanlage NandroSolar, Oktober 2023  
(ewz, ZENDRA)

<- Testanlage SedrunSolar, März 2023  
(energia alpina, ZENDRA)



## Messtechnik Testanlagen & Fragestellungen

- Validierung der Simulationsmodelle
- Erkenntnisse betreffend Anforderung an PV-Module für den alpinen Einsatz
- Einfluss der Reihenverschattung
- Einfluss der Rückseitenverschattung: günstigere Tischkonstruktion vs. Ertragsverluste
- Testen von:
  - Verkabelungsmethode (Modulverschaltung)
  - Modulaustausch in der Anlage
  - bautechnischen Methoden im alpinen Raum
- Beobachten Schneeabrutschen & Designoptimierung
- Aufschluss zu Vorkommen und Verhalten von Tieren im Bereich der Solarmodultische
- Auswirkungen auf die Vegetation



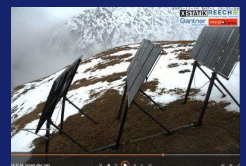
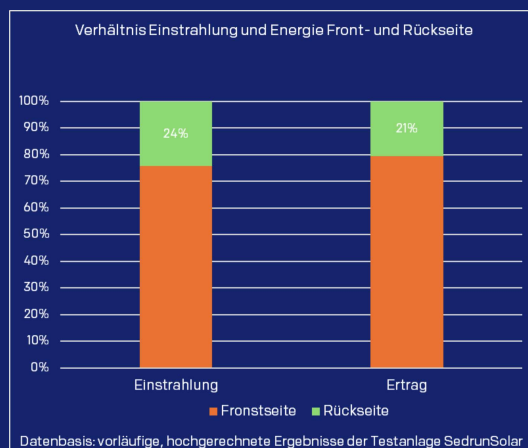
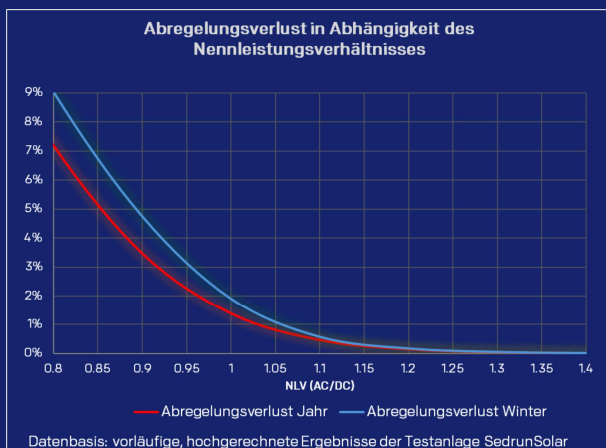
Testanlage SedrunSolar (energia alpina, ZENDRA, gantner instruments)



# Bauerfahrung 1. Testanlage SedrunSolar



## Vorläufige Auswertungen zu Auslegungsverhältnis und Verhältnis Vorder- zu Rückseite



Mitte November 23



Mitte Januar 24



Mitte Februar 24

© energia alpina, ZENDRA, gantner instruments

Winteranteil ca. 42%

# Einfluss der rückseitigen Tischkonstruktion

mit Verschattungsbalken

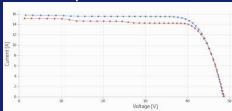
oberes Modul (MID3)



unteres Modul (MID4,5) Testanlage Sedrungsolar

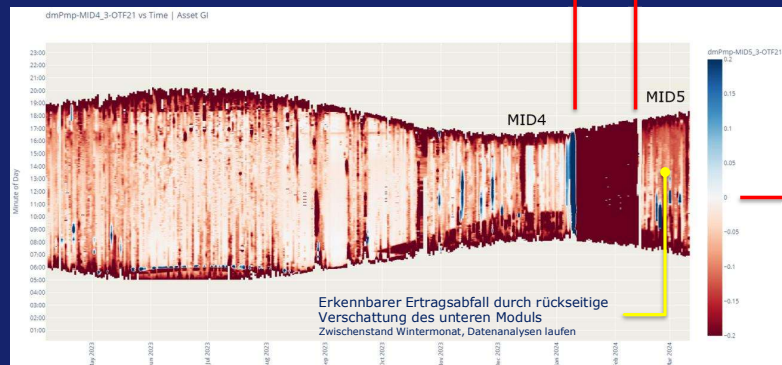


Verschattungsbalken NandroSolar und Beispielkennlinie



ohne Verschattungsbalken

mit Verschattungsbalken



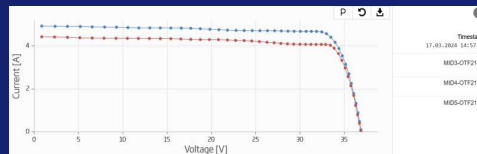
+20%

Mehr Leistung  
unteres Modul

Weniger Leistung  
unteres Modul

-20%

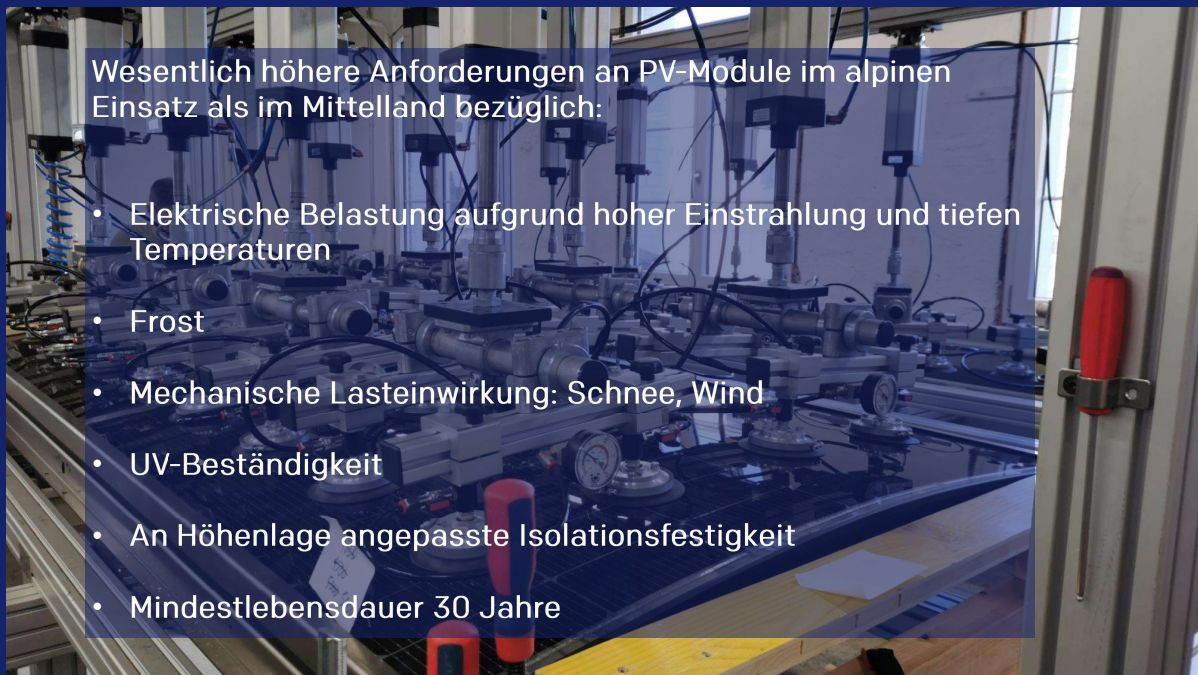
Differenz der Leistung zwischen oberem und unterem Modul; ganz rechts mit Rückseitenverschattung  
(© energia alpina, ZENDRA, gantner instruments)



Beispiel von Kennlinien bei 460W/m<sup>2</sup>  
Gesamtstrahlung; unteres Modul in rot  
(270 W/m<sup>2</sup> Frontseite, 191 W/m<sup>2</sup> Rückseite;  
14:57 am 17. 3. 24)



## ALPINE PV-Module



Wesentlich höhere Anforderungen an PV-Module im alpinen Einsatz als im Mittelland bezüglich:

- Elektrische Belastung aufgrund hoher Einstrahlung und tiefen Temperaturen
- Frost
- Mechanische Lasteinwirkung: Schnee, Wind
- UV-Beständigkeit
- An Höhenlage angepasste Isolationsfestigkeit
- Mindestlebensdauer 30 Jahre

Bild: Wind- und Schneelastsimulation auf Prüfstand im REECH PV-Testcenter

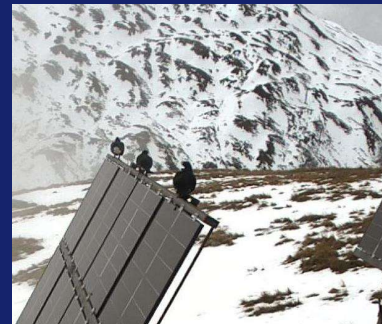


# Tiere an der Testanlage & Vegetation

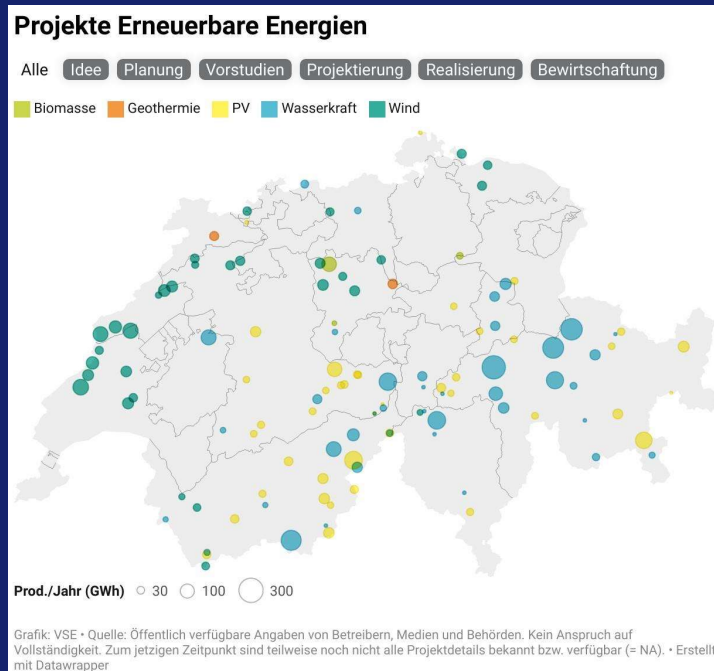
Keine Berührungsängste haben:

- Gämse
- Fuchs
- Schneehase
- Birkhahn
- Kühe

Bereits nach wenigen Wochen sind kaum mehr Vegetationsschäden sichtbar.



## Beispiele technischer Lösungen



Quelle: VSE  
<https://www.strom.ch/de/politik/erneuerbare-energien-das-sind-die-ausbauprojekte>



## Beispiele technischer Lösungsansätze



Modultischkonzept mit Modulen im Hochformat;  
(Bild: SolSarine, Green Energy Venture)



Seilbasierte Systeme  
Im Bild: Solarwings von Bartholet



ALPIN QUATTRO®; Modultische mit Modulen im  
Hoch- oder Querformat; Bild: ZENDRA AG



Tische mit drei Modulen im Querformat;  
Bild: MORGETENSOLAR



Modultischkonzept mit klappbaren Modulen;  
(Bild: BKW)



Solarbäume  
Bild: HELIOPLANT



## Herausforderungen

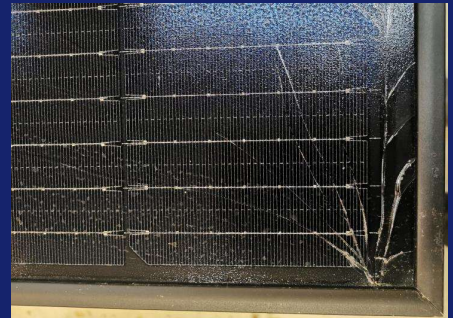


## Herausforderungen /1

- Extreme Umwelteinflüsse: Schnee (Verwehungen!), Wind, Temperatur
- Standardmodule sind aus Sicht REECH schlecht geeignet
- Bifazialtaugliche Montagestruktur
- Modelle kommerzieller Simulationsprogramme berücksichtigen rückseitige Verschattung durch die Montagestruktur nur unspezifisch
- Teilweise sehr anspruchsvolle Topografie
- Pionierarbeit bei allen Beteiligten (auch bei Behörden)
- Hoher Zeitdruck, 10% bis Ende 2025 in Betrieb
  - Sammlung von Betriebs- und Praxiserfahrung für Produkt- und Prozessoptimierung ist entscheidend
- Weisungen, Richtlinien, Erkenntnisse stets im Wandel
- Bewilligungsprozess aufwändig und langwierig (>7 Monate)



Eingeschneite Lawinenverbauungen  
Quelle: Adrian Deragisch, Menaschi tecnic Tujetsch



Doppelglasmodul mit Glasbruch



Baueingabe SedrunSolar; Quelle: energia alpina



Im Sturm verbogene Rahmen von Standardmodulen

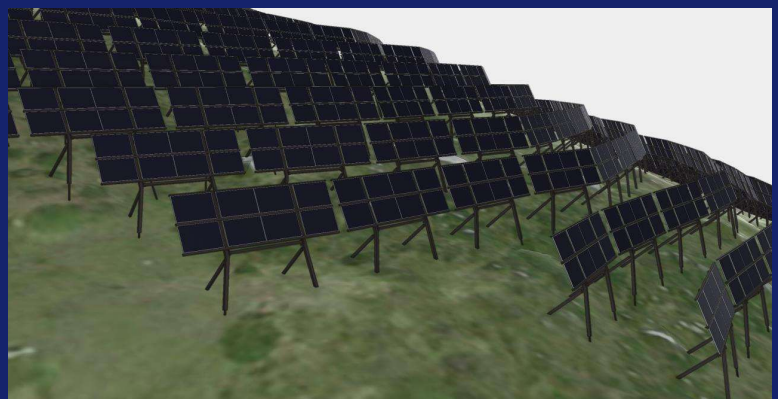


## Herausforderungen /2

- Erwartungen und Anforderungen diverser Anspruchsgruppen müssen früh abgeholt und berücksichtigt werden:
  - Flora, Fauna, Flachmore, Landschaftsbild, Tourismus, Lawinenschutz, Alpwirtschaft...
- Kleinstes Projekt: ca. 8.5 MW, 10'000 Anker, 2'500 Tische, 20'000 Module, Bauzeit 3 Jahre, Baufenster von 5 Monaten
  - hoher Bedarf an Digitalisierung und optimierte Prozesse. Ausbauziel Solarexpress 141x (!)
- Hoher Druck betreffend Wirtschaftlichkeit
  - massive Kostensenkungen für positive Bauentscheide (Industrialisierung, Seriengedanke vs. typische Planerprozesse)



Planungsstand SedrunSolar Baueingabe, ca. 18 MWp

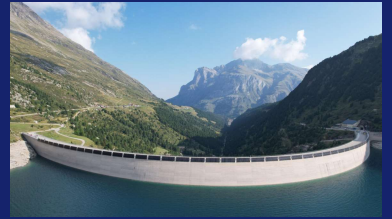


Digitales Modultischlayout inkl. Ankerpositionen



## Fazit bisherige Erfahrungen mit hochalpiner PV

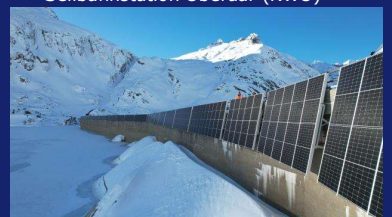
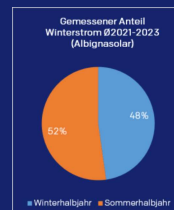
- Um die Ergebnisse der Ertragssimulationen in der Praxis zu erreichen, empfehlen wir eine Bauweise mit Vermeidung relevanter rückseitiger Verschattung durch die Montagestruktur.
- Für zuverlässige und montageeffiziente Lösungen sehen wir Digitalisierung, interdisziplinäre Zusammenarbeit und Testanlagen als einen Schlüssel zum Erfolg.
- An Infrastrukturanlagen sind verhältnismässig günstige Anlagen möglich.
- Hochalpine PV-Anlagen erbringen zuverlässig hohe Winterstromerträge.



Lago die Lei Staumauer (ewz/KHR)



Seilbahnstation Oberaar (KWO)



Staumauer Räterichsboden (KWO)



**REECH**   
Renewable Energy Solutions



info@reech.ch



reech.ch



Bahnhofstrasse 11,  
7302 Landquart




**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Tamás Szacs vay**  
Geschäftsführender Partner  
+41 81 325 34 11  
tamas.szacs vay@reech.ch

## Anhang: weitere Beispiele

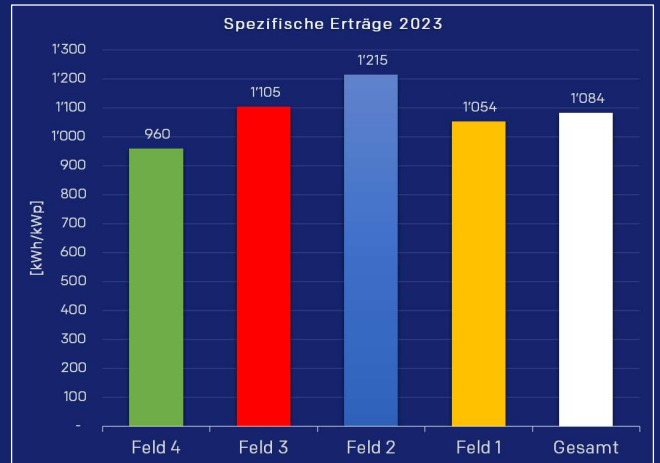
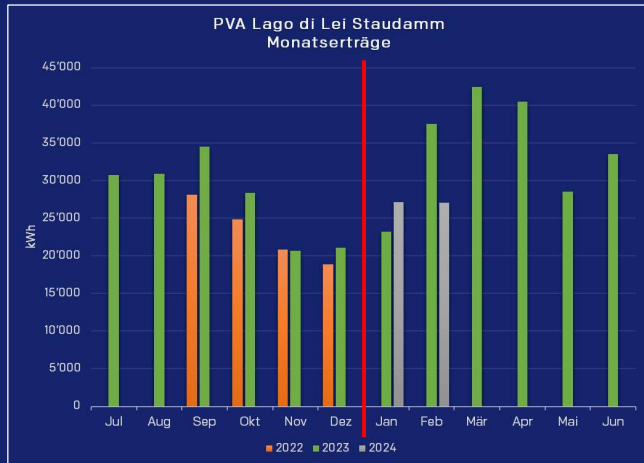
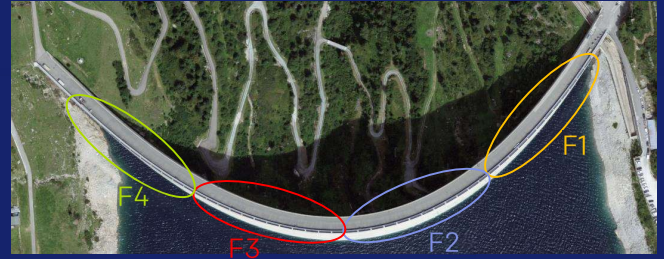


### PV-Anlage an der Lago di Lei Staumauer



Projekt von ewz  
IBN September 2022  
343 kWp  
4 Felder mit je 12 parallelen Strängen  
Anstellwinkel: 70-84°  
Azimut: -52° bis +44°

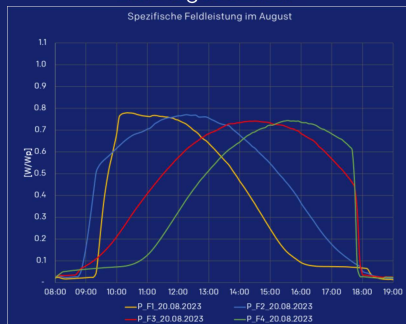
## PVA Lago di Lei: Ertragsdaten



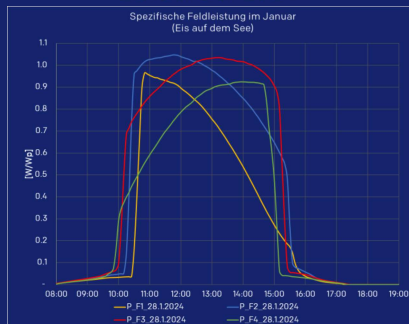
Datenquelle: ewz

## PVA Lago di Lei: Tagesgänge

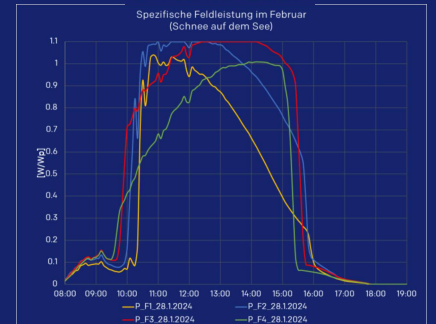
20. August 2023



28. Januar 2024



13. Februar 2024



Webcam: Kraftwerke Hinterrhein