



Winterstrom: Alpine Anlagen

19. Nationale Photovoltaik-Tagung in Bern,
1. & 2. Juli 2021

Tamás Szacsvay

www.reech.ch

1

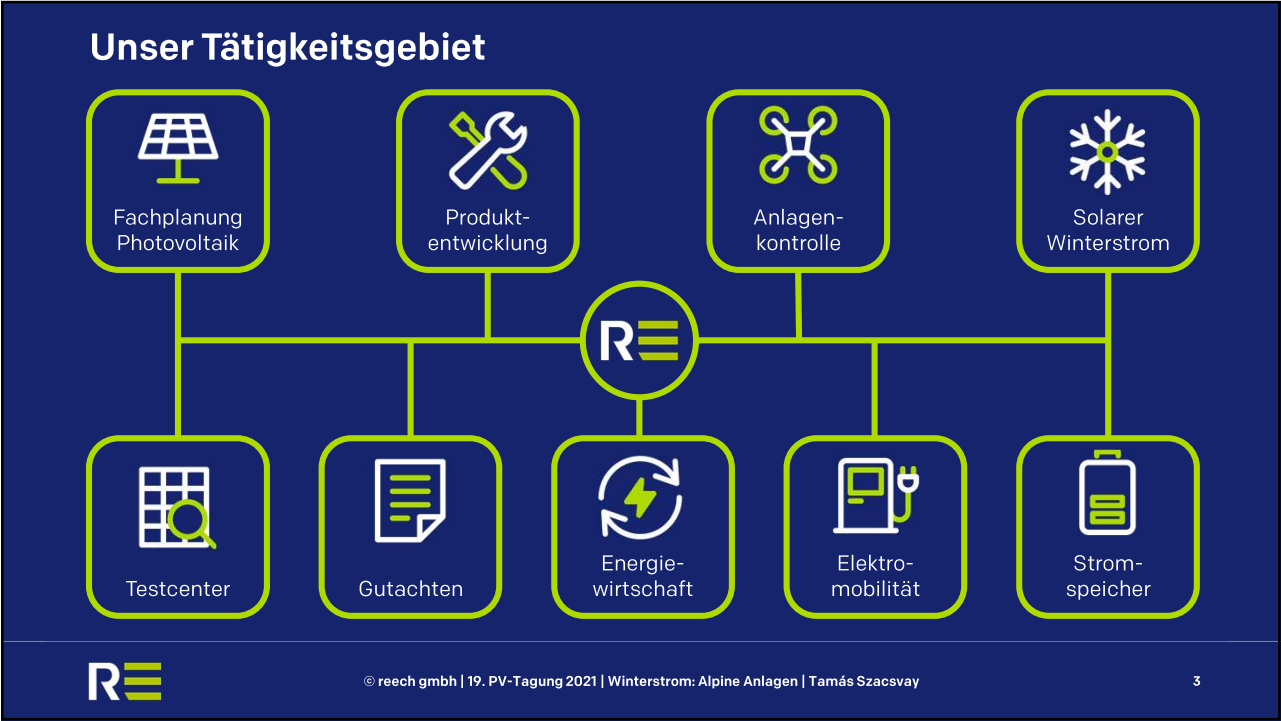
Inhalt

Thema

- Kurzvorstellung reech gmbh
- Hintergrund für diesen Vortrag
- Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus?
- Anlagenbeispiele
- Fazit



2



3

Hintergrund für diesen Vortrag

- Bündner Firma mit Erfahrung mit PV Projekten im alpinen Raum
- Mehrere winterstromfähige Projekte realisiert
- Projektunterstützung durch das BFE

(Quelle: Google earth)

RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

4

4

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus?



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

5

5

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Eigenschaften

Eigenschaften

- Durchgehend Ertrag auch im Hochwinter



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

6

6

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Eigenschaften

Eigenschaften

- Durchgehend Ertrag auch im Hochwinter
- Keine Schäden



(Quelle: Solarserver)



(Foto: reech)



(Quelle: ENVARIS GmbH)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

7

7

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Eigenschaften

Eigenschaften

- Durchgehend Ertrag auch im Hochwinter
- Keine Schäden
- Unterhaltsfrei



(Quelle: St. Moritz Energie)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay


8

8


Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Eigenschaften

Eigenschaften

- Durchgehend Ertrag auch im Hochwinter
- Keine Schäden
- Unterhaltsfrei
- Förderberechtigung Kanton Graubünden für Winterstrom-Anlagen



(Quelle: map.geo.gr)



Amt für Energie und Verkehr Graubünden

Uffiz d'energia e da traffic dal Grischun

Ufficio dell'energia e dei trasporti del Grigioni

Ringstrasse 10, 7001 Chur

Tel. 081 257 36 30, E-Mail: info@aev.gr.ch, Internet: www.aev.gr.ch

Version 1/21

verabschiedet vom Departement, Infrastruktur- Energie und Mobilität am 16.12.2020

Förderprogramm Kanton Graubünden

Photovoltaikanlagen für Winterstrom

Leitfaden und Bedingungen

GESETZLICHE GRUNDLAGEN:


ENERGIEGESETZ (BEG) UND ENERGIEVERORDNUNG (BEV) DES KANTONS GRAUBÜNDEN

BEDINGUNGEN

Beitragsberechtigt sind Photovoltaikanlagen auf Bauten und Infrastrukturanlagen. Massgebend für die Förderberechtigung sind:

- Globalstrahlung > 1250 kWh/m²a (gemäss Potenzialkarte)
- Neigungswinkel zwischen 60° und 90°
- Exposition zwischen O – S – W. (Bifaciale Anlagen sind von der Anforderung befreit).

(Quelle: Amt für Energie und Verkehr Graubünden)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

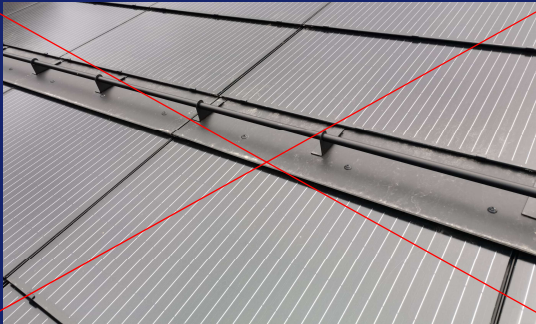

9

9


Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Mögliche Lösungen

Mögliche Lösungen


- Verzicht auf Schneefang bei Steildächern



(Foto: reech)



(Foto: reech)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

10

10

5

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Mögliche Lösungen

Mögliche Lösungen

▪ Verzicht auf Schneefang bei Steildächern

▪ Steiler Anstellwinkel und entsprechender Fallraum



(Quelle: St. Moritz Energie)



(Quelle: Google Streetview (Celerina))



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacs vay

11

11

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Mögliche Lösungen

Mögliche Lösungen

▪ Verzicht auf Schneefang bei Steildächern

▪ Steiler Anstellwinkel und entsprechender Fallraum

▪ Vertikale Modulanordnung



(Quelle: Internet; PVA Solarspar (Vals))



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacs vay

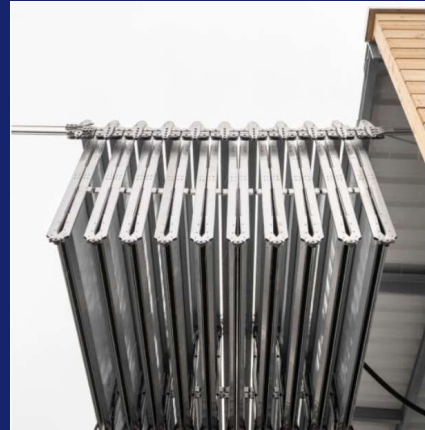
12

12

Was zeichnet eine winterstromfähige PV-Anlage aus? | Mögliche Lösungen

Mögliche Lösungen

- Verzicht auf Schneefang bei Steildächern
- Steiler Anstellwinkel und entsprechender Fallraum
- Vertikale Modulanordnung
- Vermeidung der Anlagerung von Schnee



(Quelle: dhp technology AG)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

13

13

Projektbeispiele



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

14

14



15

Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial St. Moritz

Bauherrschaft

- St. Moritz Energie

Anlagenauslegung

- 81 Module Meyer Burger bifacial 380 (rahmenlos)
- Bifazialitätskoeffizient ca. 92%
- 25.5 kWp
- Einzelmoduloptimierer
- Inbetriebnahme Dez. 2017

(Foto: reech)

reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

16

16

Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial St. Moritz

Messkonzept (BFE-Pilotanlage)

Einstrahlungsfühler


Modul- und Umgebungstemperatur

Pyranometer


Windmesser

Einzelmoduloptimierer


Webcam, Schneehöhenmessung



(Quelle: St. Moritz Energie)



(Foto: reech)



(Foto: reech)

RE

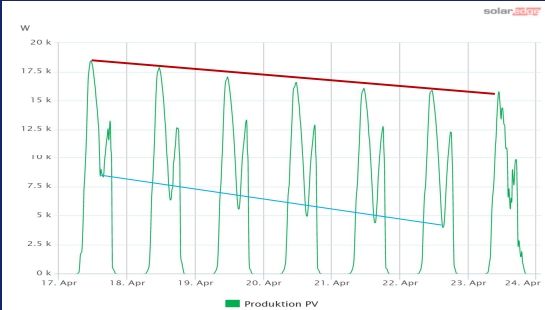
© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay


17

17


Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial St. Moritz

Einfluss der Albedo







17. April 2018



19. April 2018



21. April 2018



23. April 2018

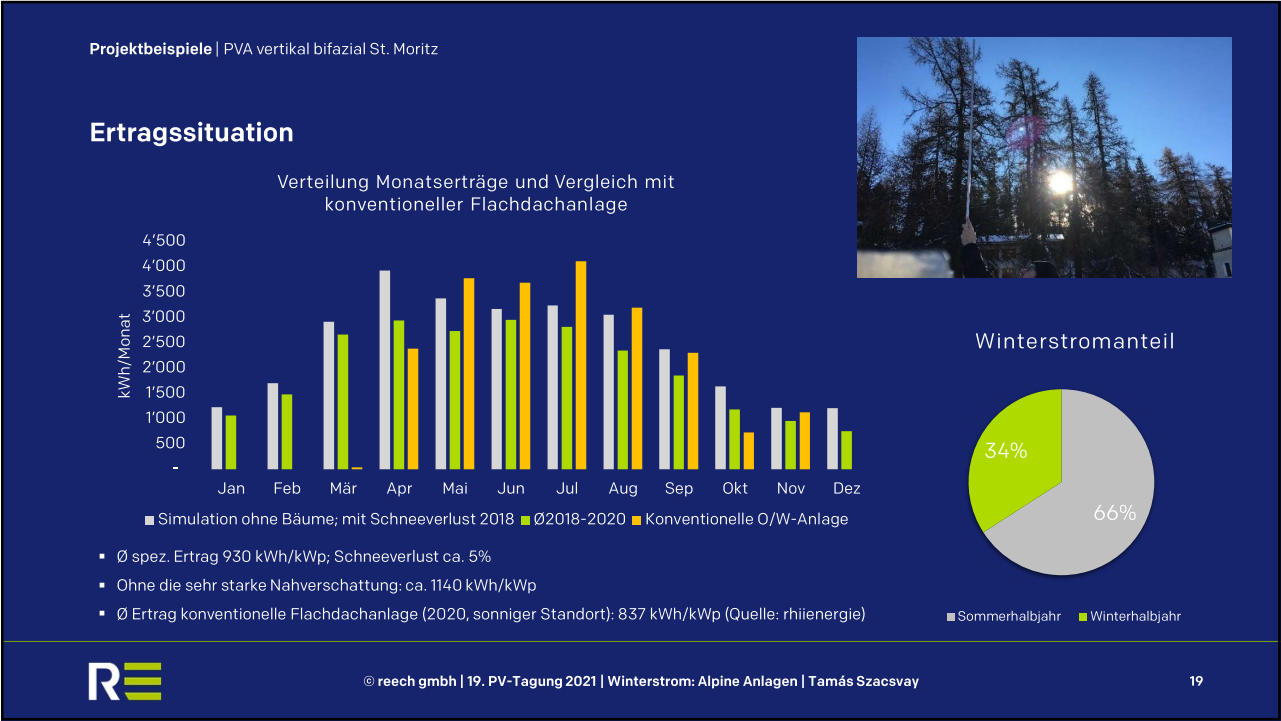
RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

18

18

9



Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial auf Gründach in Flims

Bauherrschaft:

- Flims Electric AG

Anlagenauslegung

- 162 x 3S Skyslate Sky GG (315 Wp Front)
- 85% Bifazialitätskoeffizient
- 51 kWp
- Einzelmoduloptimierer
- 6 Stränge
- Inbetriebnahme September 2020



(Foto: reech)



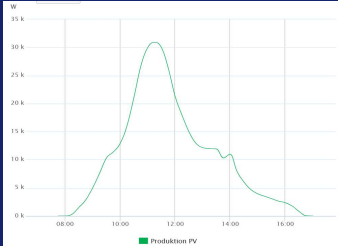
© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

21

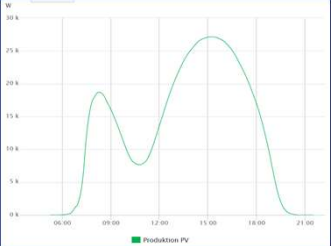
21

Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial auf Gründach in Flims

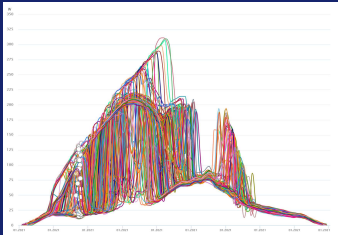
Tagesprofile & Winterstromanteil

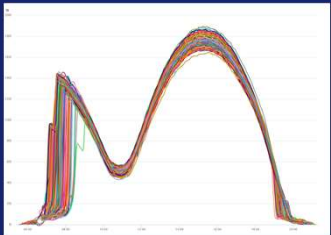


8. Januar 2021

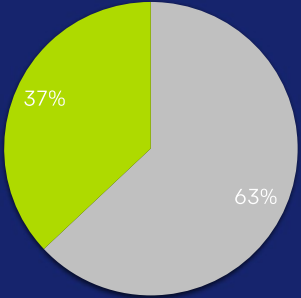


14. Juni 2021






Winterstromanteil



■ Sommerhalbjahr ■ Winterhalbjahr

Spezifischer Ertrag etwa 1000 kWh/kWp/J




© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

22


22

Projektbeispiele | PVA vertikal bifazial auf Gründach in Flims

Winterbetrieb



(Foto: reech)



(Quelle: Flims Electric)



28. Januar 2021
Ein Tag im Schnee

RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

23

PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)



(Foto: Mattia Tam, ewz)

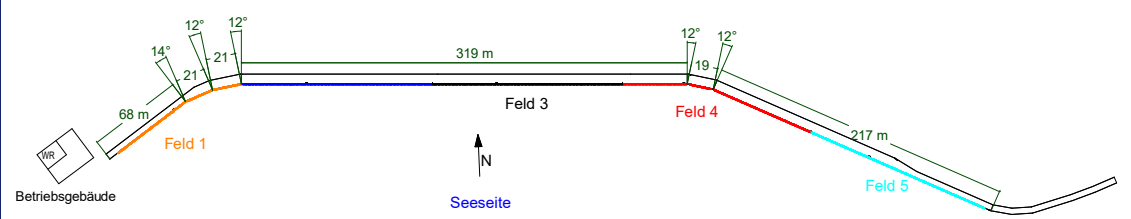
RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

24

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Anlagendaten



▪ Bauherrschaft:

ewz

▪ Module:

1280x Glas/Glas 320Wp

▪ Installierte Leistung:

410 kWp

▪ Wechselrichter:

5x Kaco Blueplanet 92TL

▪ Max. Systemspannung:

ca. 1350 VDC im Leerlauf bei -25°C

▪ Verschaltung:

Feld 1: 10x20 Module in Serie; Feld 2-5: 9x30 Module in Serie

▪ Inbetriebnahme:


17. September 2020

▪ Montagearbeiten:

ewz

▪ Meereshöhe:

2165m



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

25

25

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Montagekonzept

▪ Zwei Module übereinander im Hochformat

▪ Anstellwinkel 78°

▪ Azimut folgt der Mauerausrichtung

▪ Module von der Mauerkrone aus montier- und entfernbar



(Foto: reech gmbh)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

26

26

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Messsystem

Einstrahlung

- Si-Einstrahlungsfühler
- Pyranometer

Wind

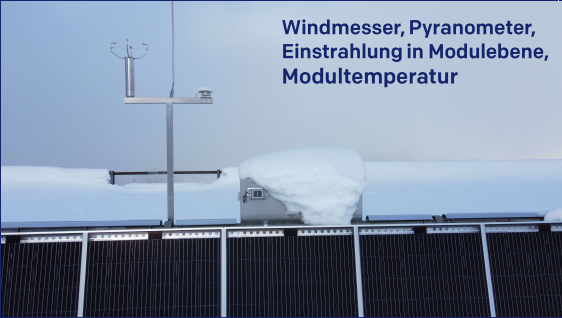
- auf der Mauerkrone
- in Mauer

Temperatur

- Modul
- Umgebung


Leistungs- und Ertragsmessung

- Strangströme & Betriebsspannung
→ Stangleistung
- Leistung und Ertrag der WR



Windmesser, Pyranometer, Einstrahlung in Modulebene, Modultemperatur

(Foto: reech)



Windmesser an der Mauer unterhalb der Module

(Foto: reech)

RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsavay

27

27

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Kenngrößen

Prognose:

- Jahresproduktion (Ø 25 Jahre): ≈ 500 MWh
- Spezifischer Jahresertrag (Ø): ≈ 1'220 kWh/kWp/a

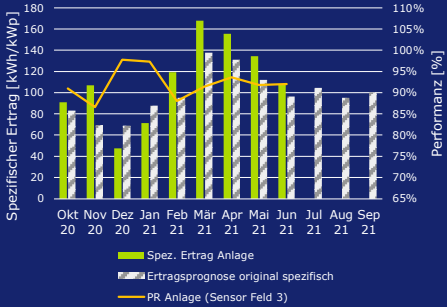
Akt. Hochrechnung:

- Ertrag 1. Betriebsjahr ≈ 540 MWh
- Spez. Ertrag 1. Betriebsjahr: ≈ 1'320 kWh/kWp/a

Investition:

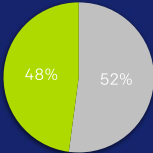
(inkl. Trafo und AC-Arbeiten) ≈ CHF 700'000

Spezifischer Ertrag und PR



Monat	Spez. Ertrag Anlage [kWh/kWp]	Ertragsprognose original spezifisch [kWh/kWp]	PR Anlage (Sensor Feld 3) [%]
Okt 20	90	85	85
Nov 20	105	75	95
Dez 20	50	70	100
Jan 21	75	85	105
Feb 21	110	100	95
Mär 21	165	140	90
Apr 21	155	135	95
Mai 21	135	125	90
Jun 21	105	105	85
Jul 21	105	105	80
Aug 21	95	95	75
Sep 21	95	95	70

Winterstromanteil (Hochrechnung)



Zeitraum	Anteil [%]
Sommerhalbjahr	48%
Winterhalbjahr	52%

RE

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsavay

28

28

14

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Betriebserfahrungen: BFE-Projekt zur Anlagenverlaufskontrolle

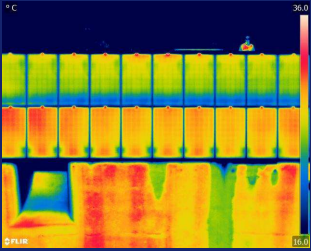
Jährliche Prüfungen

▪ Allgemeine Kontrolle Anlage vor Ort

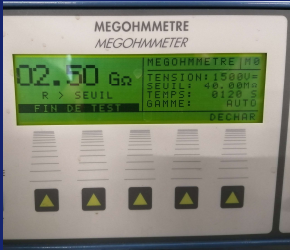
▪ Thermografie

▪ Prüfung zweier Module im Labor (EL, Pmax, WL, VI)

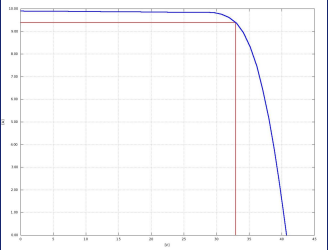
2. Prüfsequenz: Herbst 2021



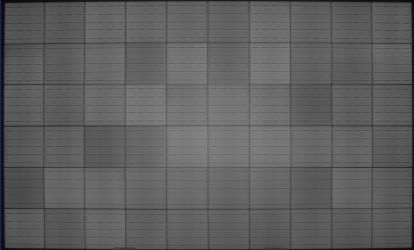
Thermal image showing temperature variations across the solar panel array. The color scale ranges from 15.0 to 35.0 °C.




Megohmmeter reading: 02.50 GΩ. The device is labeled MEGOHMMETER and shows various test parameters like TENSION, TEST, and LIMIT.



Graph showing a sharp drop in resistance (GΩ) over time (s). The curve starts at a high value and drops sharply after approximately 30 seconds.



Close-up view of the solar panels, showing the grid lines and the dark surface.




© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

29

29


Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Betriebserfahrungen: Schneebedeckung




Photograph of the dam structure covered in snow. The dam is a large concrete structure with a curved top. The surrounding area is heavily snow-covered.

09. Dezember 2020, 10:00 Uhr



Photograph of the dam structure covered in snow. The dam is a large concrete structure with a curved top. The surrounding area is heavily snow-covered.

10. Dezember 2020, 13:00 Uhr



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

30

30

15

Projektbeispiele | PVA Albigna am Staudamm, Bergell (ewz)

Betriebserfahrungen

- Bisherige Betriebserfahrungen sind sehr positiv
- Keine Schäden aufgrund Schnee- oder Windlast

Einfluss Albedo

Monat	Spez. Anlagenertrag	Pilotanlage @ 2 Jahre
Jul	-	85
Aug	-	85
Sep	-	110
Okt	90	90
Nov	105	40
Dez	45	65
Jan	70	85
Feb	115	115
Mär	165	160
Apr	150	140
Mai	130	115
Jun	-	90

Daten: Juni 2018 – Mai 2021

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

31

31

Projektbeispiel: Solarfaltdach HORIZON

© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

32

32

Projektbeispiele | Solarfaltdach in Davos

Winterstromproduktion für den Eigenverbrauch am Beispiel der ARA Davos



(Foto: dhp technology)

Anlagendaten

- Betreiberin: Tiefbauamt Gemeinde Davos
- Inbetriebnahme: Dezember 2020
- Installierte Leistung: 252 kWp
- Meereshöhe 1'488m

Wesentliche Merkmale

- Doppelte Nutzung vorhandener Infrastruktur-flächen mit Fokus auf Eigenverbrauch
- Seilbahntechnik schützt vor Witterung → Winterstrom




© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

33

33

Projektbeispiele | Solarfaltdach in Davos

Winterbetrieb

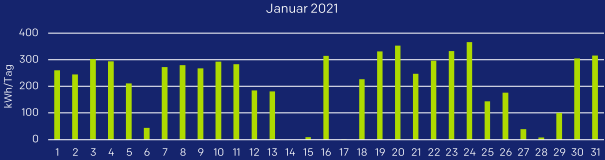


ARA Davos
15-01-2021 08:31:06

Schneeräumung Betriebsareal, Solarfaltdach ARA Davos (dhp technology)


Jahreszeitliche Ertragsverteilung

- Jahreszeitliche Ertragsverteilung ähnlich konv. O/W-Flachdachanlage
- Kaum Ertragsausfall im Winter
- Erwarteter Winterstromanteil ca. 30%




Januar 2021

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
kWh/Tag	250	250	300	250	200	100	250	250	250	250	250	150	150	150	100	300	250	200	350	300	250	300	350	150	100	100	100	100	300	300	



ARA Davos
16-01-2021 08:34:59

Zuverlässiger Winterbetrieb mit schneefreien PV-Modulen, Solarfaltdach ARA Davos (dhp technology)



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

34

34

Fazit



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

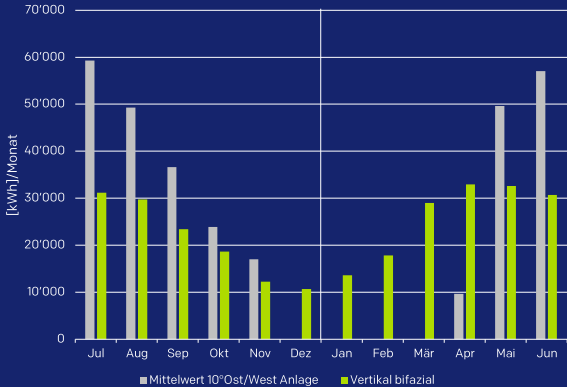
35

35

Fazit | Auswahl Anlagenart

Auswahl Anlagenart: Beispiel

Vergleich Monatserträge konventionelle FD-Anlage vs. vertkal bifazial
Standort HCD Trainingseishalle, Davos (1540 müM)



Anlagenspezifikationen (auf gleichem Dach):

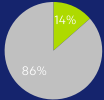
Konventionell 10° Ost/West Anlage (Ø 2 Jahre)

- Installierte Leistung: 387 kWp
- Jahresertrag: 302 MWh
- Spez. Ertrag: 785 kWh/kWp

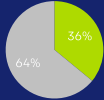
Vertikal bifazial (gleiche Reihenrichtung)

- Installierte Leistung: 247 kWp
- Jahresertrag: 282 MWh
- Spez. Ertrag: ca. 1140 kWh/kWp


Winterstromanteile



■ Winterhalbjahr ■ Sommerhalbjahr



■ Winterhalbjahr ■ Sommerhalbjahr



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvey

36

36

Fazit | Zusammenfassung

- PV an Infrastrukturbauten sowie auf Flachdächern im alpinen Raum kann zuverlässig Winterstrom liefern ohne Belegung von Freiflächen
- Entsprechende Ausführung ermöglicht problemfreien Winterbetrieb
- Wirtschaftlich interessante Lösungen sind möglich
- Kaum ein Tag ohne Ertrag
- Hoher bis sehr hoher Winterstromanteil
- Bisherige Erfahrung zeigt keine Widerstände seitens Anwohnern und Interessensgruppen



© reech gmbh | 19. PV-Tagung 2021 | Winterstrom: Alpine Anlagen | Tamás Szacsvay

37

37

REECH 
Renewable Energy Solutions

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**
 info@reech.ch
 [reech.ch](https://www.reech.ch)
 Weststrasse 7,
CH-7205 Zizers

Tamás Szacsvay
Geschäftsführender Partner
+41 81 325 34 11
tamas.szacsvay@reech.ch

38