

# Alpine Photovoltaik Versuchsanlage Davos Totalp

## Wichtigste Erkenntnisse aus 5 Jahren Betrieb

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Dionis Anderegg, Sven Strebel, Jürg Rohrer

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Forschungsgruppe Erneuerbare Energien

### Einleitung

Im Gebiet Davos-Parsenn auf 2500 m ü.M. betreibt die ZHAW Wädenswil zusammen mit den EKZ eine alpine Photovoltaik-Versuchsanlage (Abbildung 1). Die Inbetriebnahme erfolgte im Oktober 2017.



Abbildung 1: Alpine Photovoltaik-Versuchsanlage Davos Totalp. Die Anlage verfügt über sechs nach Süden ausgerichtete Anlagensegmente mit 30, 60 und 90° geneigten mono- und bifazialen Modulen. Jedes Modul ist mit einem Optimierer ausgerüstet und wird DC-seitig an einem separaten Energiemeter ausgemessen. Daneben werden die Wetterbedingungen kontinuierlich erfasst. Zusätzlich wird die Einstrahlung in unterschiedlichen Ebenen gemessen.

### Jahres- und Winterstromertrag

Zwischen 2018 und 2022 wurden bei der Versuchsanlage abhängig von der Neigung mittlere Jahreserträge zwischen 1329 und 1851 kWh/kWp gemessen (Säulen in Abbildung 2). Hervorzuheben sind die hohen Erträge im Winterhalbjahr von 580 bis 885 kWh/kWp.

- Höchste Jahreserträge mit bifazialen Modulen bei 60-70° Neigungswinkel
- Grösse Winterstromerträge und mittlerer Winterstromanteil von 52 % sind bei 90° geneigten bifazialen Modulen zu erwarten
- Doppelte Jahreserträge gegenüber Vergleichsanlage in Wädenswil (70° bifazial) und bis zu 3.5-fache Winterstromerträge (90° bifazial)
- Bifaziale Mehrerträge betragen 20 % (60° Neigung) bis 24 % (90° Neigung) im Winterhalbjahr, bzw. 20 bis 34 % im Sommerhalbjahr

Der Abbildung 2 können ausserdem die maximalen und minimalen Energieerträge pro Winterhalbjahr, Jahr und Neigungswinkel entnommen werden (Doppel-T).

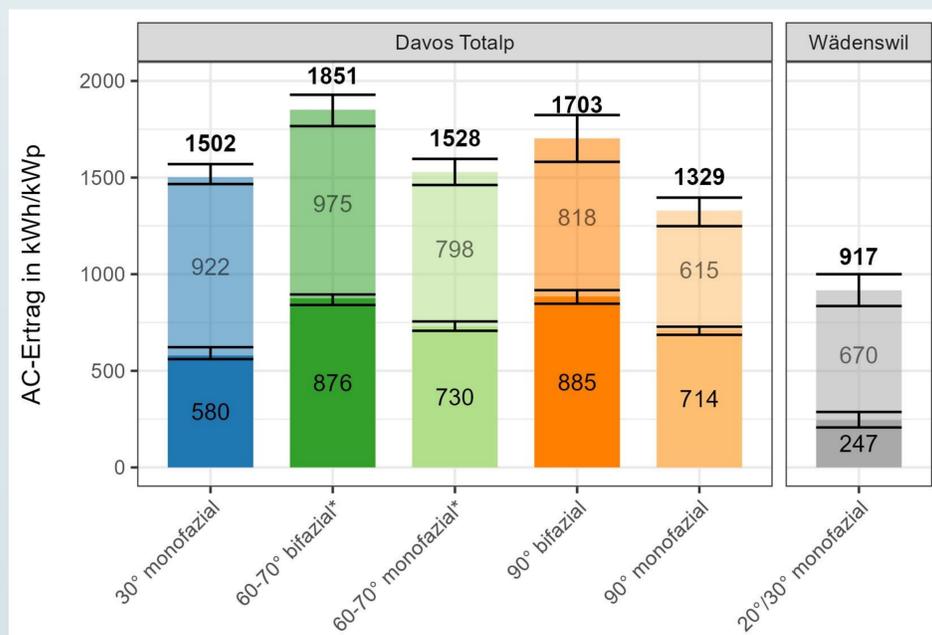


Abbildung 2: Durchschnittliche AC-Erträge als Säulen (Winterhalbjahr dunkel, Sommerhalbjahr hell) mit jeweiligen Minimal- und Maximalwerten als Doppel-T. Betrachtungszeitraum: 1. Januar 2018 bis 31. Dezember 2022. \* Der Neigungswinkel dieser Segmente wurde im Verlauf des Betrachtungszeitraums von 70° auf 60° verändert. Aufgrund der geringen Auswirkungen auf die Saison- und Jahreserträge wurden 60° und 70° geneigte Segmente zusammengefasst.

### Dank

Die Autoren danken den EKZ für die Zusammenarbeit und finanzielle Unterstützung des Projekts.

### Monatserträge bifazialer Module

Abbildung 3 zeigt die mittleren Monatserträge von 60° und 90° geneigten bifazialen Modulen der Versuchsanlage im Vergleich zu einer Aufdach-Anlage in Wädenswil (Säulen). Ausserdem sind die Maximal- und Minimalwerte während knapp drei Jahren gezeigt.

- Bei der Versuchsanlage im Vergleich zu Wädenswil ausgeglicheneres Jahresprofil mit enormer Ertragssteigerung in den Wintermonaten
- Maximaler Ertrag der Versuchsanlage zwischen März und Mai (u.a. durch Reflexion an der Schneeoberfläche)
- Grösste monatliche Ertragsunterschiede im Mai und Juni durch unterschiedlich lange Schneebedeckung der Umgebung (Reflexion)

Der hohe Ertrag zwischen März und Mai deckt sich mit tiefen Füllständen der Stauseen und kann somit zur Versorgungssicherheit beitragen.

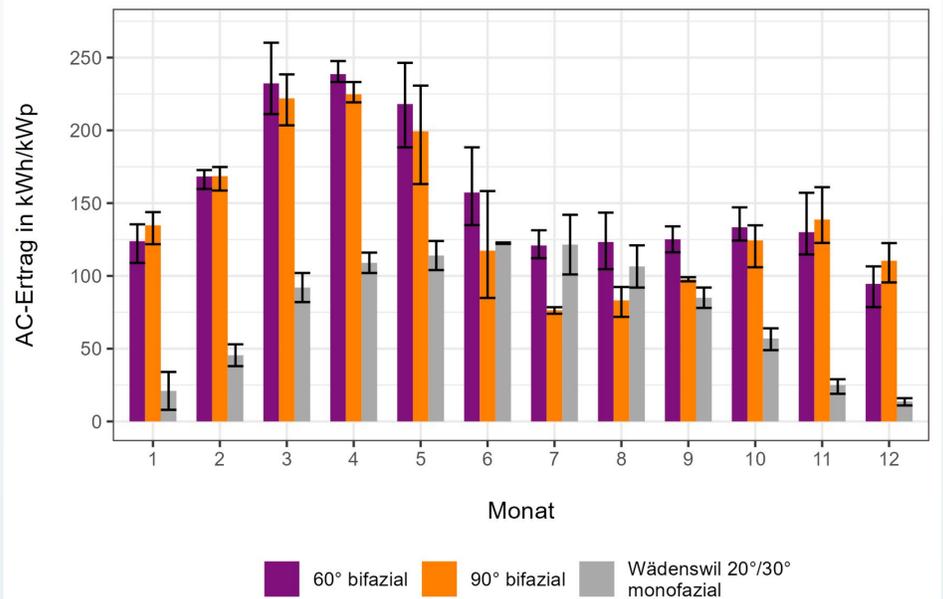


Abbildung 3: Durchschnittliche AC-Monatserträge als Säulen mit Maxima und Minima als Doppel-T. Versuchsanlage Totalp im Vergleich zu einer Aufdach-Anlage in Wädenswil ZH. Betrachtungszeitraum 1. Oktober 2020 bis 31. August 2023.

### Verluste durch Leistungsbegrenzung am Wechselrichter

Abbildung 4 zeigt durch Abregelung entstehende Energieverluste abhängig vom Verhältnis zwischen den Leistungen der Wechselrichter und den Modulvorderseiten. Es wurden die DC-seitigen Messwerte in 10-Sekunden-Intervallen für die Berechnung verwendet.

- Abregelung betrifft das Winterhalbjahr stärker als das Sommerhalbjahr
- Leistungsverhältnisse im Bereich von 1.1 bis 1.3 sind empfehlenswert, um Verluste im Winterhalbjahr auf unter 5 % am Ertrag zu begrenzen

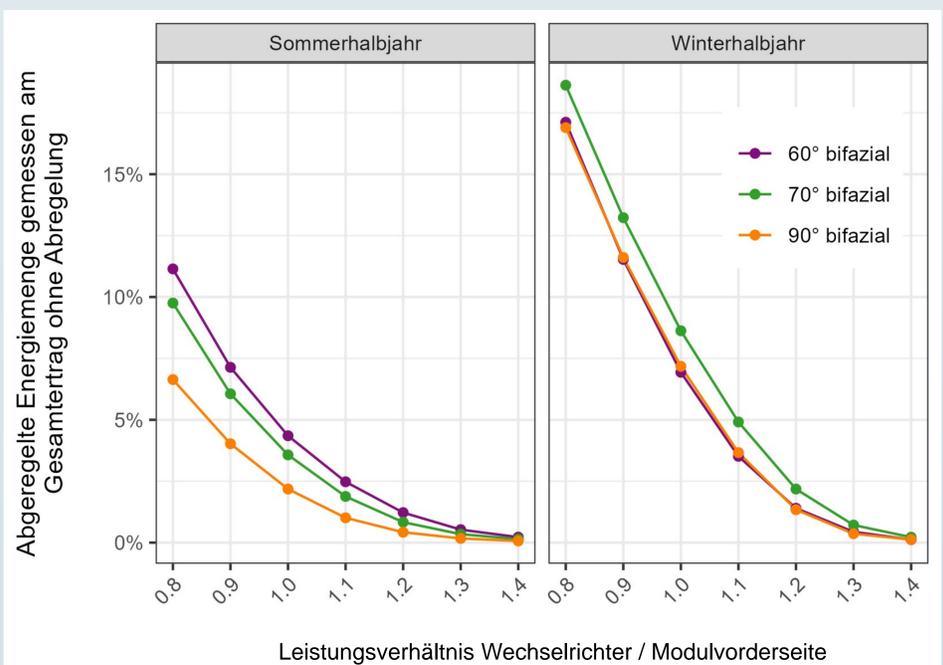


Abbildung 4: Saisonale abgeregelt Energie gemessen am Ertrag ohne Abregelung bei verschiedenen Leistungsverhältnissen zwischen Wechselrichter- und Modulleistung (Vorderseite). Der Bifazialfaktor der Module wird auf 0.6 bis 0.7 geschätzt. Es ist der Mittelwert über den Betrachtungszeitraum gezeigt. Betrachtungszeitraum: 60° Neigung von 1. Januar 2021 bis 31. Dezember 2022, 70° Neigung von 1. Januar 2018 bis 31. Dezember 2019, 90° Neigung von 1. Januar 2018 bis 31. Dezember 2022.



Link zum umfassenden Bericht:  
<https://doi.org/10.21256/zhaw-2524>



Weitere Informationen zur Versuchsanlage:  
[www.winterstrom.ch](http://www.winterstrom.ch)

EKZ