

Winterstrom mit alpiner Photovoltaik

Messergebnisse nach zwei Jahren Versuchsbetrieb

Dionis Anderegg, Sven Strebel & Jürg Rohrer

Kontakt: dionis.anderegg@zhaw.ch und juerg.rohrer@zhaw.ch

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Forschungsgruppe Erneuerbare Energien, CH-8820 Wädenswil

Die alpine Testanlage in Davos-Totalp lieferte 2018 und 2019 jeweils bis zu 2000 kWh/kWp bei circa 50 % Winterstromanteil. Dies entspricht gegenüber einer Vergleichsanlage im Mittelland einem Mehrertrag von 100 % über das gesamte Jahr und 350 % im Winterhalbjahr.

Versuchsanlage Davos Totalp



Abb. 1: Ansicht der Versuchsanlage auf 2400 m.ü.M. in Davos von vorne. Alle Module sind gegen Süden ausgerichtet.

Die Versuchsanlage in Davos besteht aus sechs Anlagen-segmenten, mit frei wählbaren Neigungswinkeln (Abb. 1). Die Segmente sind v. l. n. r. jeweils 30°, 70° und 90° geneigt. Für die Neigungswinkel 70° und 90° besteht je ein Segment mit monofazialen und bifazialen Modulen.

Saison- und Jahreserträge

Gegenüber einer Vergleichsanlage im Mittelland (Wädenswil) zeigten sich bei der Anlage in Davos bis 100 % höhere Jahreserträge (Abb. 2). Im alpinen Raum wurden bei allen Segmenten speziell im Winterhalbjahr wesentlich höhere Erträge als im Mittelland gemessen. Die Mehrerträge betragen abhängig vom Neigungswinkel zwischen 120 und 350 %.

Die stark geneigten Segmente mit bifazialen Modulen gingen bisher als beste Konfiguration für alpine PV-Anlagen hervor. Bei den hohen Jahreserträgen von 1782 bis 1992 kWh/kWp fielen gleichzeitig 45 bis 50 % der Erträge im Winterhalbjahr an.



Abb. 2: Gemessene AC-Erträge im Winterhalbjahr (dunkel) und Sommerhalbjahr (hell). Lila: Vergleichsanlage im Mittelland, Standort: 8820 Wädenswil.

Einfluss von Schnee auf den Ertrag

Aufgrund häufigen Schneefalls und lange andauernder Schneebedeckung hat Schnee im alpinen Raum einen aussergewöhnlich grossen Einfluss auf die Erträge.

Zur Analyse der Auswirkungen von Schnee wurden zwei 30-tägige Zeiträume um die Tag- und Nachtgleiche betrachtet. Die Zeiträume unterschieden sich in der Schneebedeckung der Umgebung, während eine identische Sonnenbahn bestand.

Abb. 3 zeigt, dass die Mehrerträge durch Reflexion bei steigendem Modulwinkel zunehmen. Diese kommen durch Vorwärts- und Mehrfachstreuung an der Schneeoberfläche zustande und werden zusätzlich vom SLF modelliert. Im Betrachtungszeitraum betragen die Mehrerträge durch Reflexion bis zu 65 % (90° bifazial, 2018), während die Verluste durch Schneebedeckung maximal 16 % ausmachten (30° monofazial, 2018).

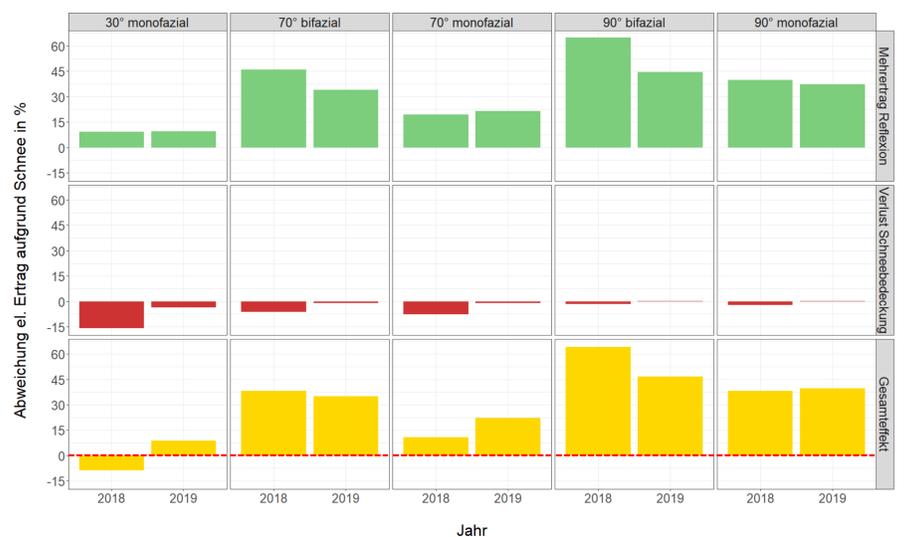


Abb. 3: Einfluss von Schnee auf den el. Ertrag aufgrund höherer Einstrahlung durch Reflexion (oben), Schneebedeckung von Modulen (Mitte) und als Gesamteffekt beider Einflüsse (unten). Abweichungen schneebedeckt (05.03. bis 04.05) gegenüber schneefrei (08.09. bis 08.10). Mehrertrag normiert pro kWh horizontaler Globalstrahlung und Modultemperatur = 25 °C.

Über das gesamte Jahr betragen die Verluste durch Schneebedeckung von Modulen zwischen 50 und 193 kWh/kWp (Abb. 4). Dies entspricht 3 bis 15 % der gemessenen AC-Jahreserträge (vgl. Abb. 2 und 4).

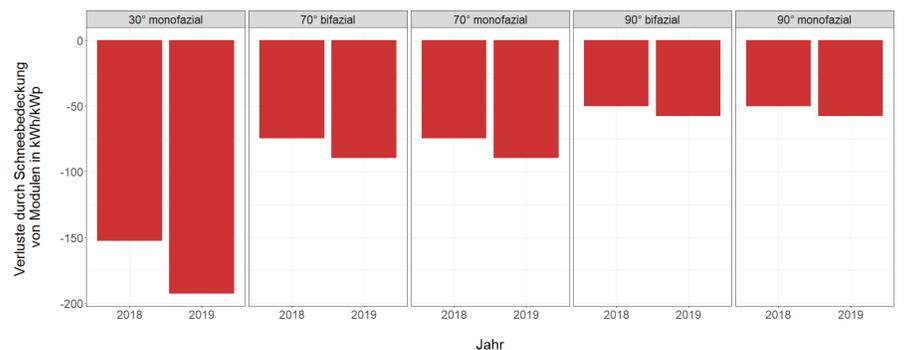


Abb. 4: Gesamte jährliche Verluste durch Schneebedeckung von Modulen.

