



Erkenntnisse aus der Alpin PV Anlage Muttsee

Energiegespräche Disentis 2026

Yael Frischholz, CRYOS, EPFL

Überblick

1. 000

2. 0000000

3. 000

1. **Stromertrag:** Erwartungen erfüllt?
2. **Schnee:** Vorteil, Hindernis oder beides?
3. **Einschränkungen:** Welche Repräsentativität für Alpine-PV-Herausforderungen?



1. Stromertrag

1. 000

2. 0000000

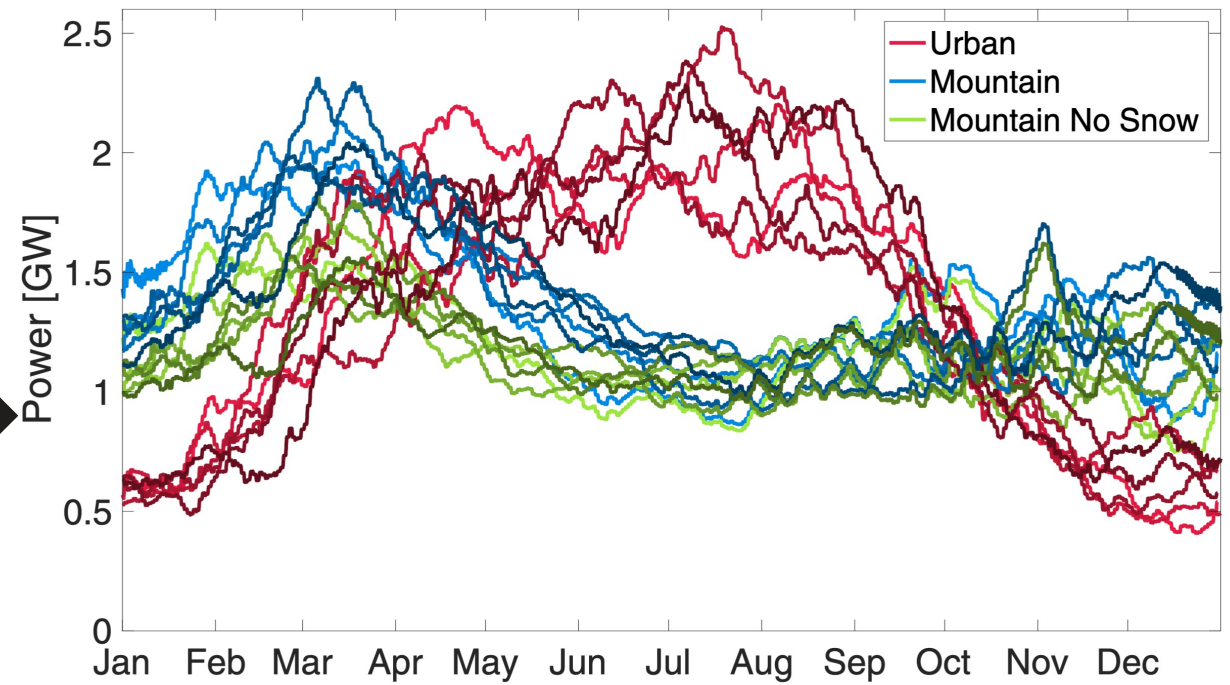
3. 000



Lukmanier



Totalp, ZHAW (2020)



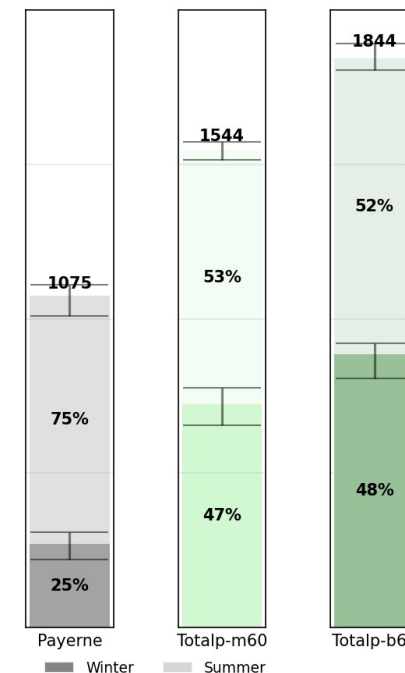
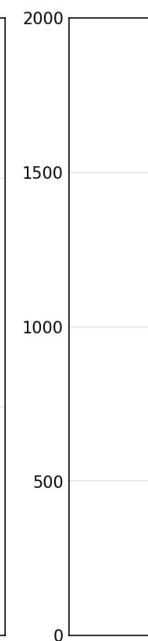
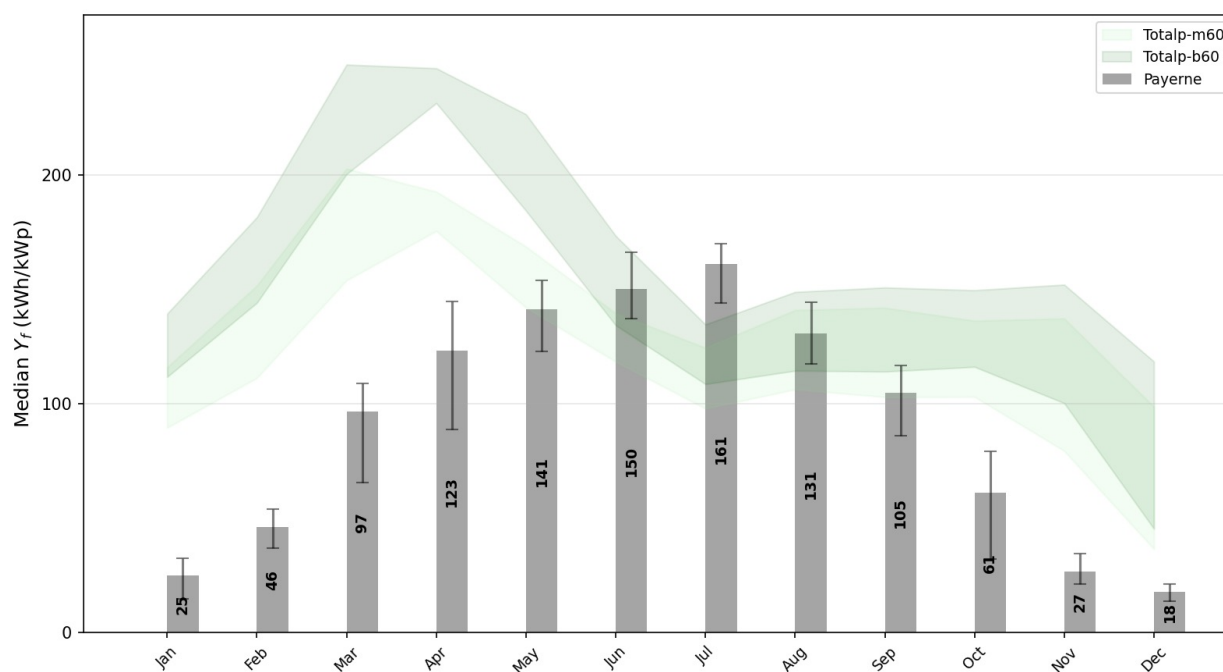
Kahl et al (2019)

1. Stromertrag

1. 000

2. 0000000

3. 000



Totalp:
5 Jahre



ZHAW (2020)

Payerne:
8 Jahre



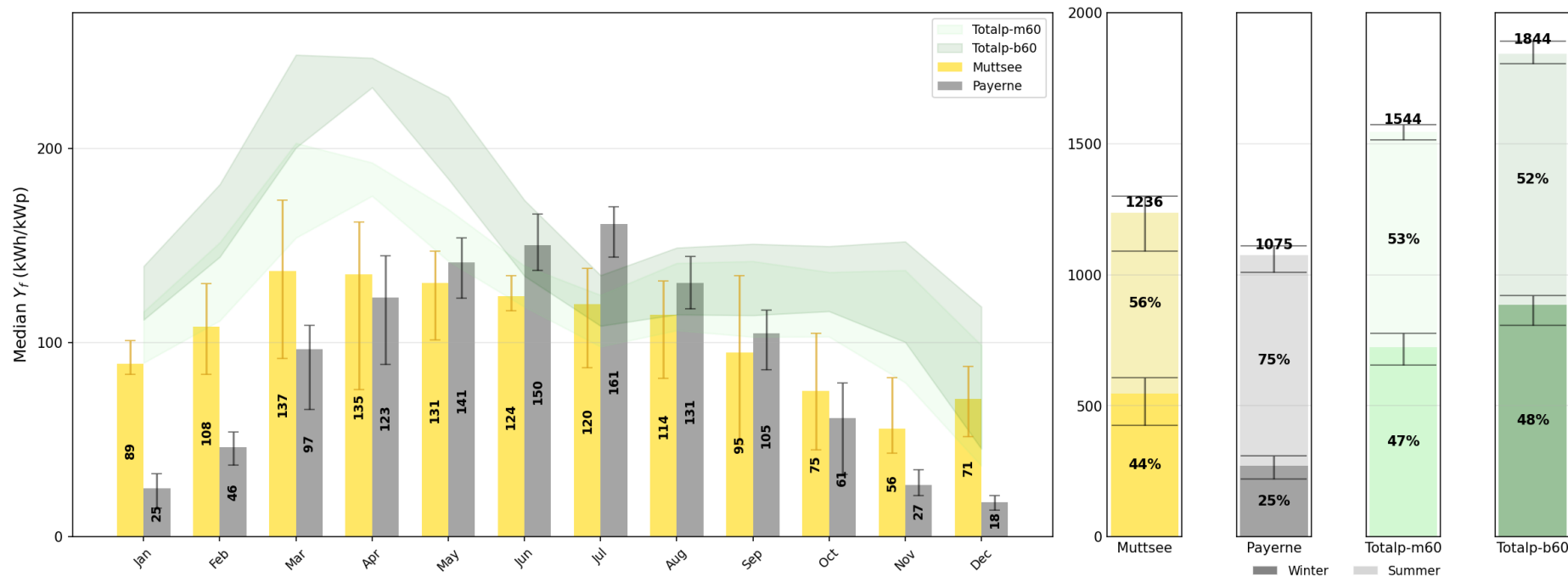
Bulletin.ch

1. Stromertrag

1. 000

2. 0000000

3. 000



Muttsee:
4 Jahre



Totalp:
5 Jahre



ZHAW (2020)

Payerne:
8 Jahre



Bulletin.ch

1. Stromertrag

1. 000

2. 0000000

3. 000



Take-home

- Verschiebung des Produktionsmaximums in den Winter: **Ja**
- Spezifische Ertragsziele von Solar Express: **Ja** (meistens)
- Durchschnittliche Jahresproduktion: **2.6 GWh** = 493 CH Einfamilienhäuser (EFH)

Jahr	kWh / kWp	GWh	EFH
2023	1372	3.0	577
2024	968	2.1	403
2025	1181	2.6	500
Mittl.	1174	2.6	493

Winter	kWh / kWp	GWh
22-23	586	1.3
23-24	414	0.9
24-25	547	1.2
Mittl.	516	1.1

2. Einfluss von Schnee

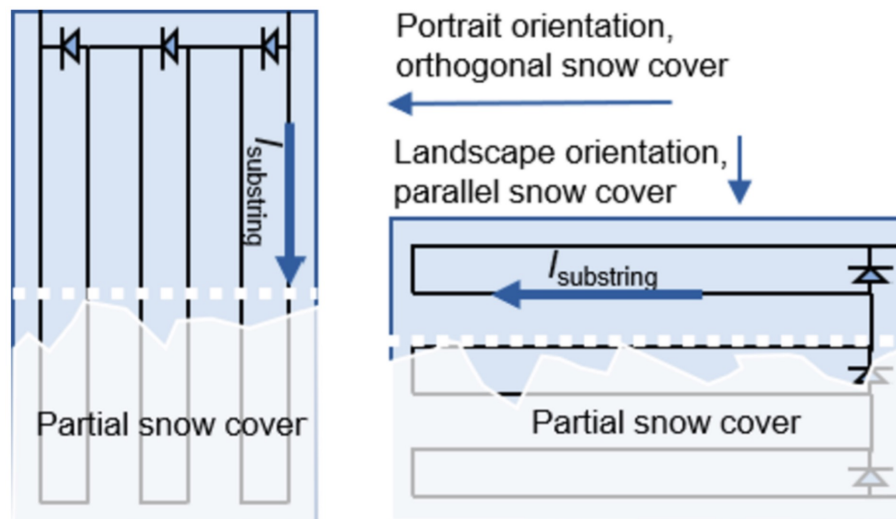
1. 000

2. 0000000

3. 000



Bedeckt / Vergräbt PV-Module

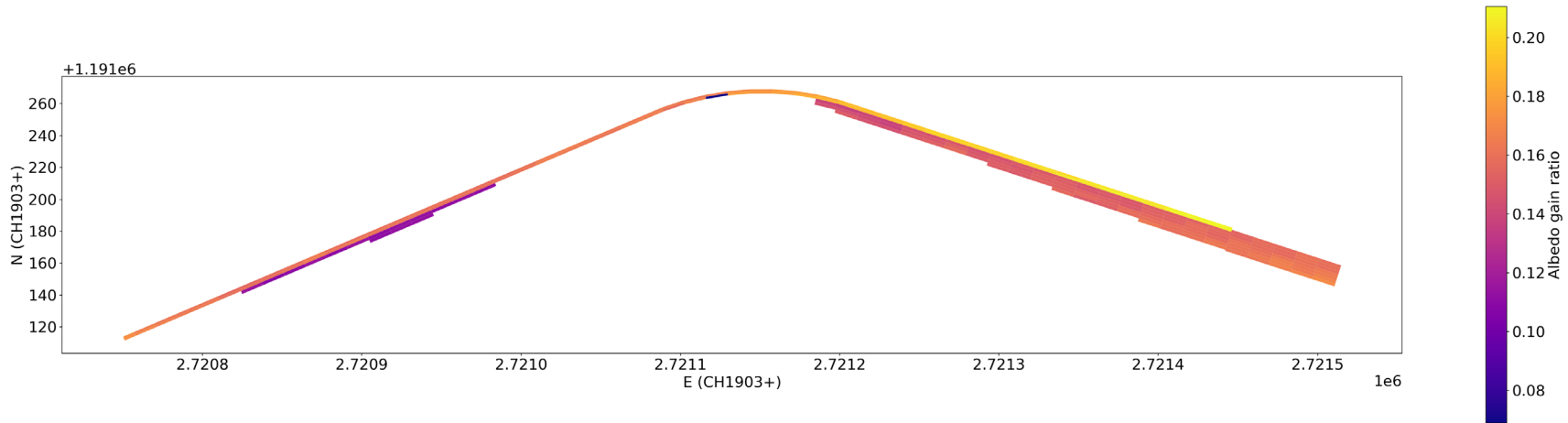


Erhöht die Umgebungsalbedo



2. Einfluss von Schnee

1. 000 2. 0000000 3. 000



ENERGIEGESPRÄCHE DISENTIS 2026

2022-2023	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Year
Yf_AC [Wh/Wp]	108	75	67	147	137	129	128	142	133	117	108	141	1432
Snow / noSnow	1.17	1.16	1.17	1.17	1.17	1.18	1.19	1.18	1.15	1.14	1.0	1.0	1.14
Gain [Wh/Wp]	18.4	12	11.4	25	23.3	23.3	24.3	25.6	20.0	16.4	0	0	200

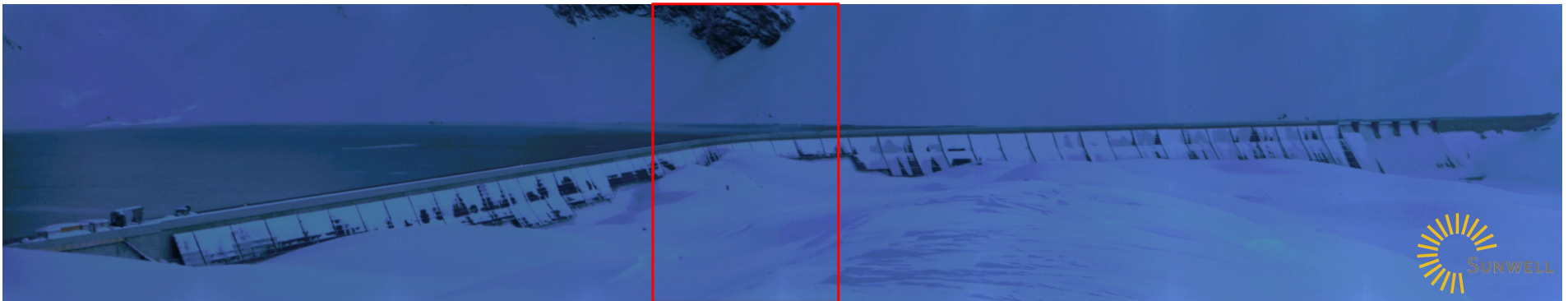
Model: Groundeye (von Rütte et al., 2021)

2. Einfluss von Schnee

1. 000

2. 0000000

3. 000



2. Einfluss von Schnee

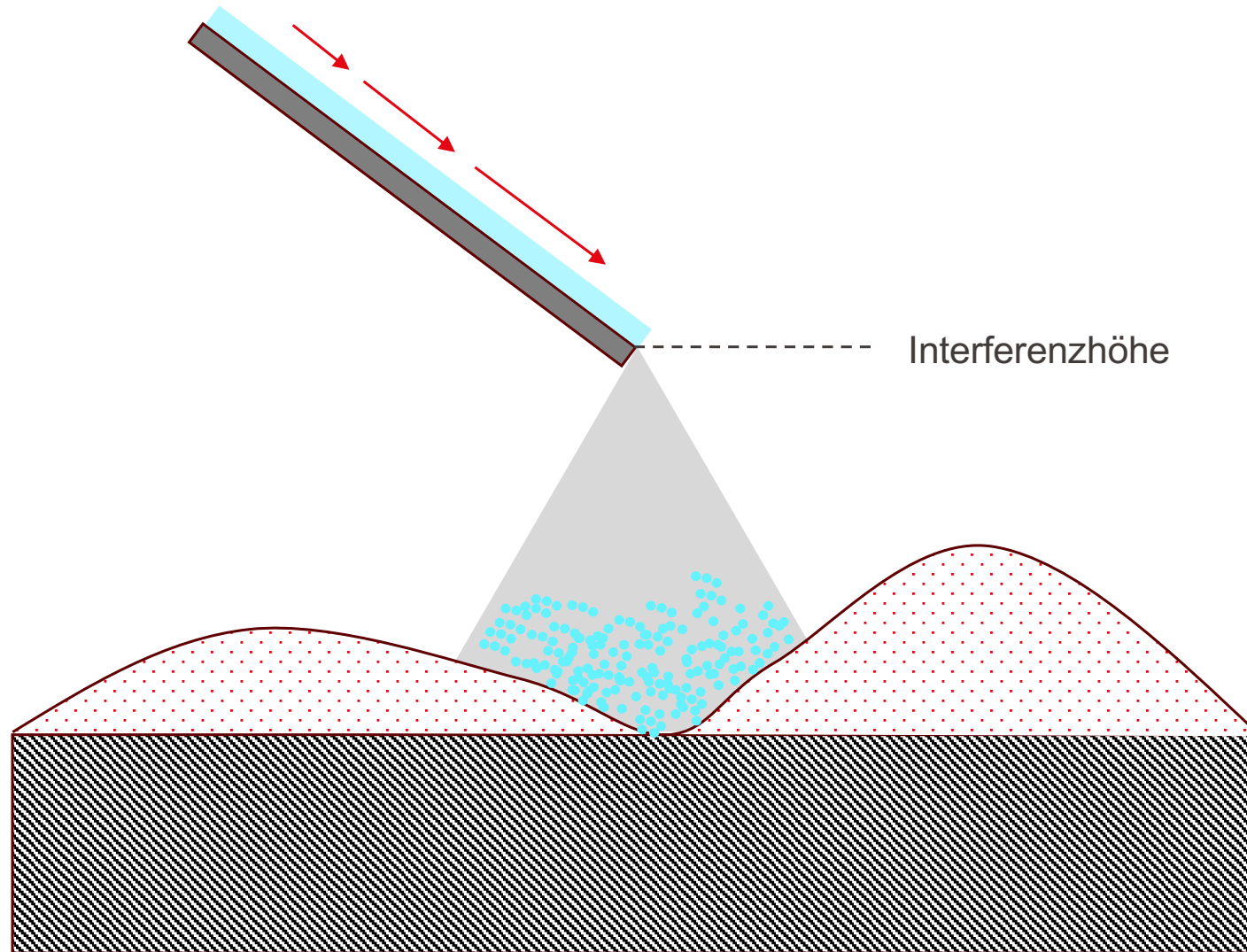
1. 000

2. 0000000

3. 000

10

Y. Frischholz

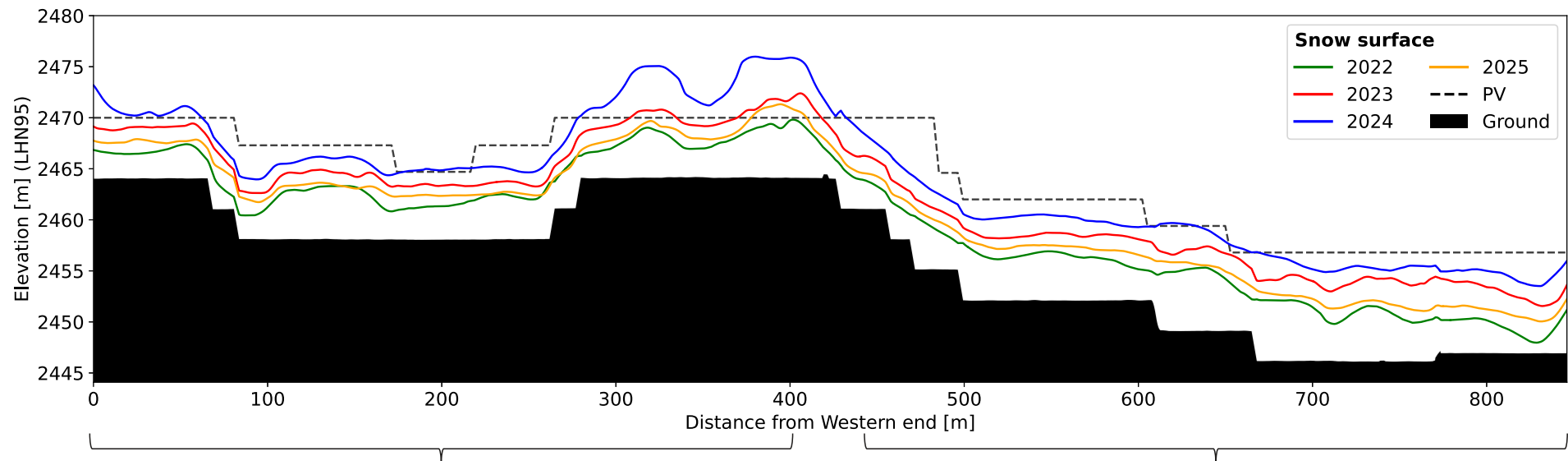


2. Einfluss von Schnee

1. 000

2. 0000000

3. 000



Muttsee, 14.05.24

2. Einfluss von Schnee

1. 000

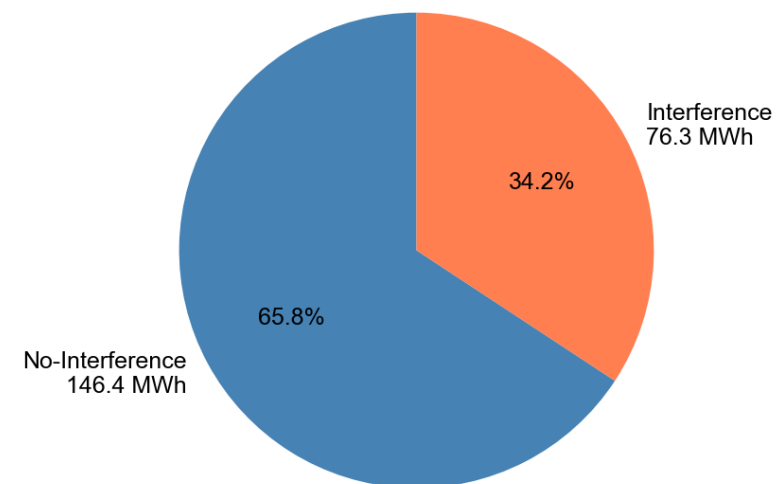
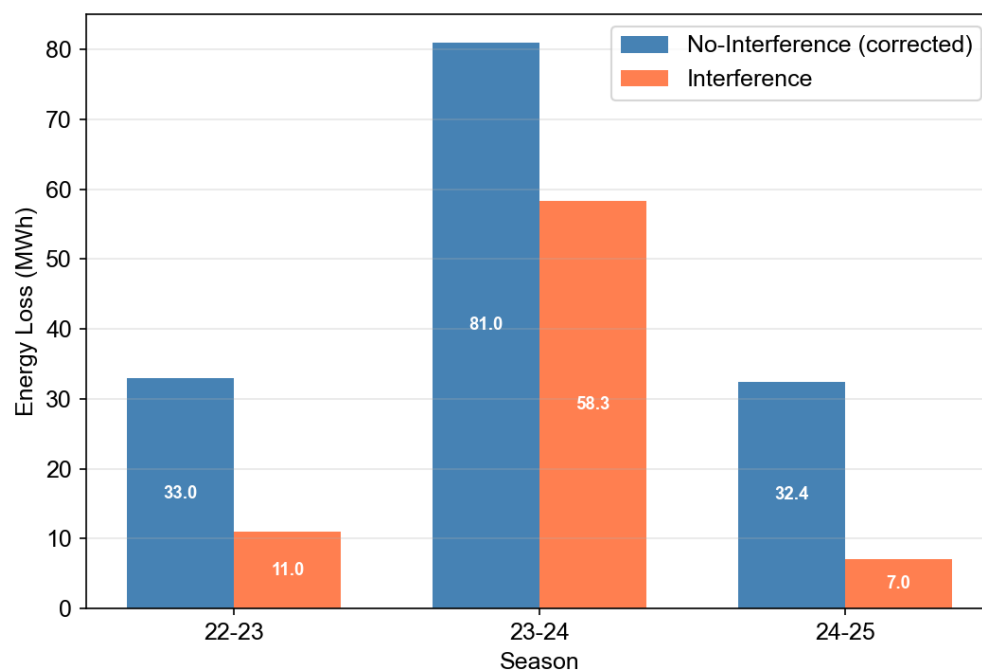
2. 0000000

3. 000

12

Y. Frischholz

22-23	23-24	24-25
Verlust = 2.7% (44.0 MWh)	Verlust = 13.3% (139.3 MWh)	Verlust = 2.6% (39.5 MWh)



2. Einfluss von Schnee

1. 000

2. 00000000

3. 000



Take-home

- Schnee auf Modulen: üblicher **annualisierter Verlust**: ~ 1%
- Interferenzverluste sind normalerweise gering, aber sobald die Interferenzhöhe erreicht wird, steigen die Verluste stark an. **Annualisierter Verlust 23–24**: ~ 7%
- Abrutschender Schnee nicht allein verantwortlich: **Windverfrachteter Schnee** ebenfalls wichtig.

3. Grenzen

1. 000

2. 0000000

3. 000

14

Y. Frischholz

Repräsentativität: Gebäudeintegrierte PV (Muttsee) vs. Alpine-PV?

Schrägaufständerung



alpine-pv.ch

Vertikalfassaden



Helioplant



gondosolar.ch

3. Grenzen

1. 000

2. 0000000

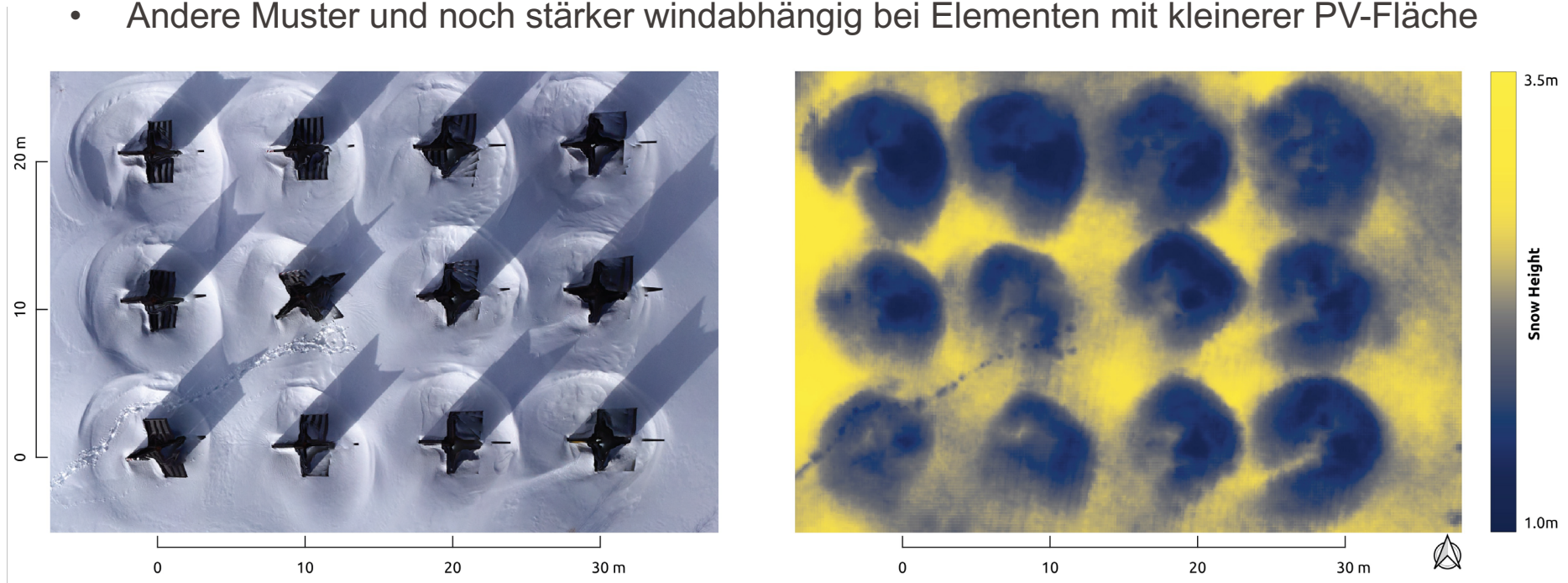
3. 000

15

Y. Frischholz

Schneeverteilung

- Andere Muster und noch stärker windabhängig bei Elementen mit kleinerer PV-Fläche



3. Grenzen

1. 000

2. 0000000

3. 000

16

Y. Frischholz

Bifazialität & Zwischenreihen-Verschattung

- Bifazialität: bis ca. **20%** des Jahresertrags bei **einzelnen isolierten Elementen** (Test: Totalp)
- Bodenverschattung reduziert den Jahresertrag um **10% bis 20%** bei **Elementgruppen** (num. Mod.)



alpine-pv.ch



Fazit

- Die Verschiebung des Alpine-PV-Produktionsprofils **bestätigt** sich. **Intensitäten** können aber **geringer** ausfallen als erwartet.
- Die **Schneeklimatologie** ist ein Schlüsselparameter. Interferenzhöhe bestimmt massgeblich **Verluste und Schäden**.
- **Windbedingte** Schneeablagerungsmuster beeinflussen die Dimensionierung dieser Interferenzhöhe.
- Analysen von bodengestützten Alpine-PV-Projekten sind für **repräsentativere Ergebnisse** erforderlich.

Snow Event 38

2023-10-15 05:00 – 2023-10-16 08:00