

brenet Forschungslunch 9. Juni 2026

ZHAW, IEFE Photovoltaik Labor
Markus Klenk

Unsere F&E Themen

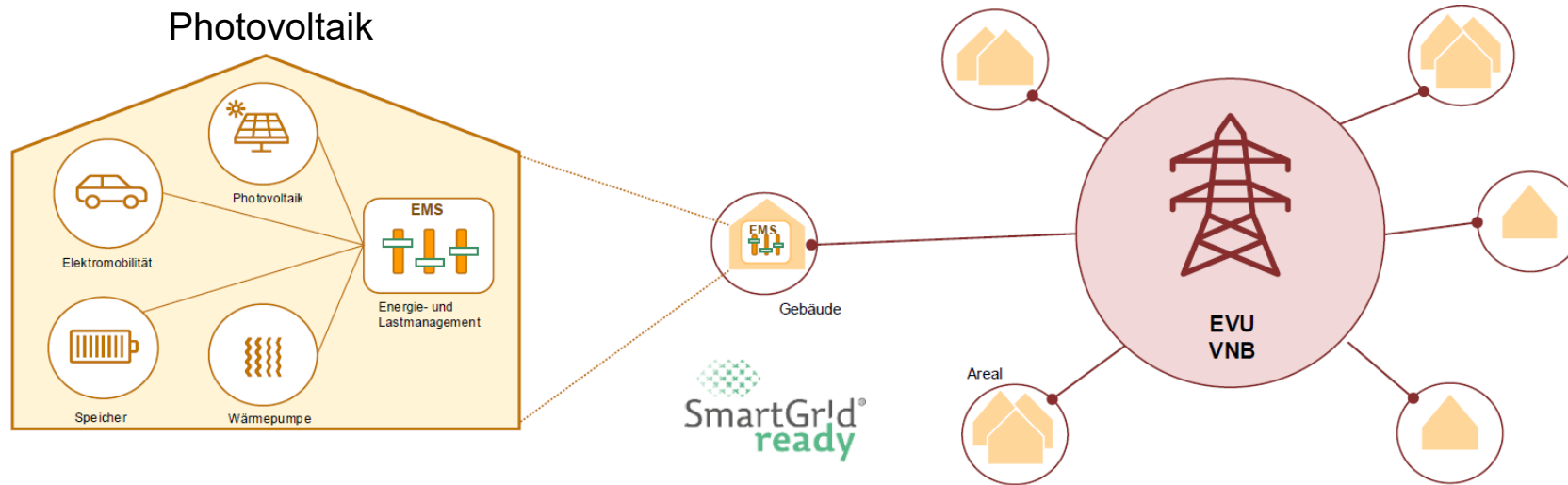
Technisch und wirtschaftlich optimale Nutzung von Gebäuden, Infrastruktur und sonstigen Flächen zur photovoltaischen Stromerzeugung (Gründächer, Systemauslegungen, Alpine PV,...)



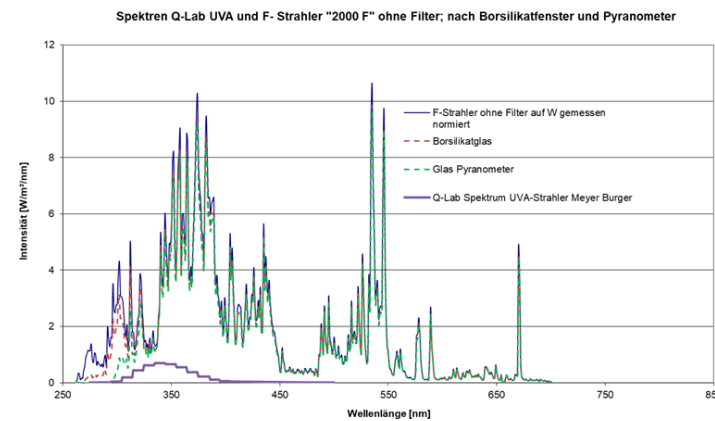
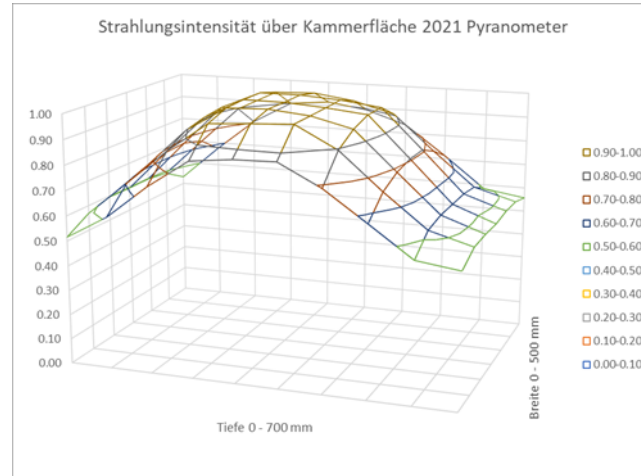
Intelligente Steuerung der Energieflüsse und Anbindung ans Netz mit dynamischen Tarifen

Effekte von Optimizern im PV-System

Neu auch mit verschattungsresistenten Modulen. Ertrag und Reliability (BPD, Hot Spots)

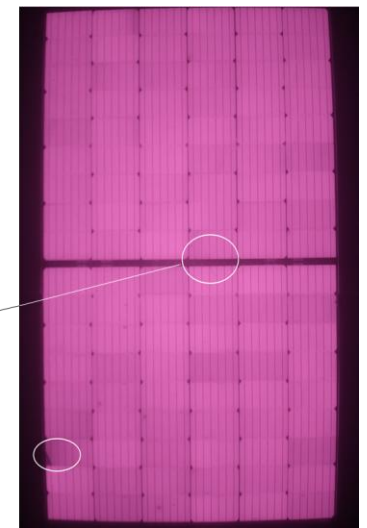


PV-Labor



- Klimakammer mit integrierter UV-Bestrahlung

- TLM (Kontakt, Linienwiderstand) Zellebene
- Elektrolumineszenz
- Pasan-Modulflasher
- LED-Modulflasher
- ...

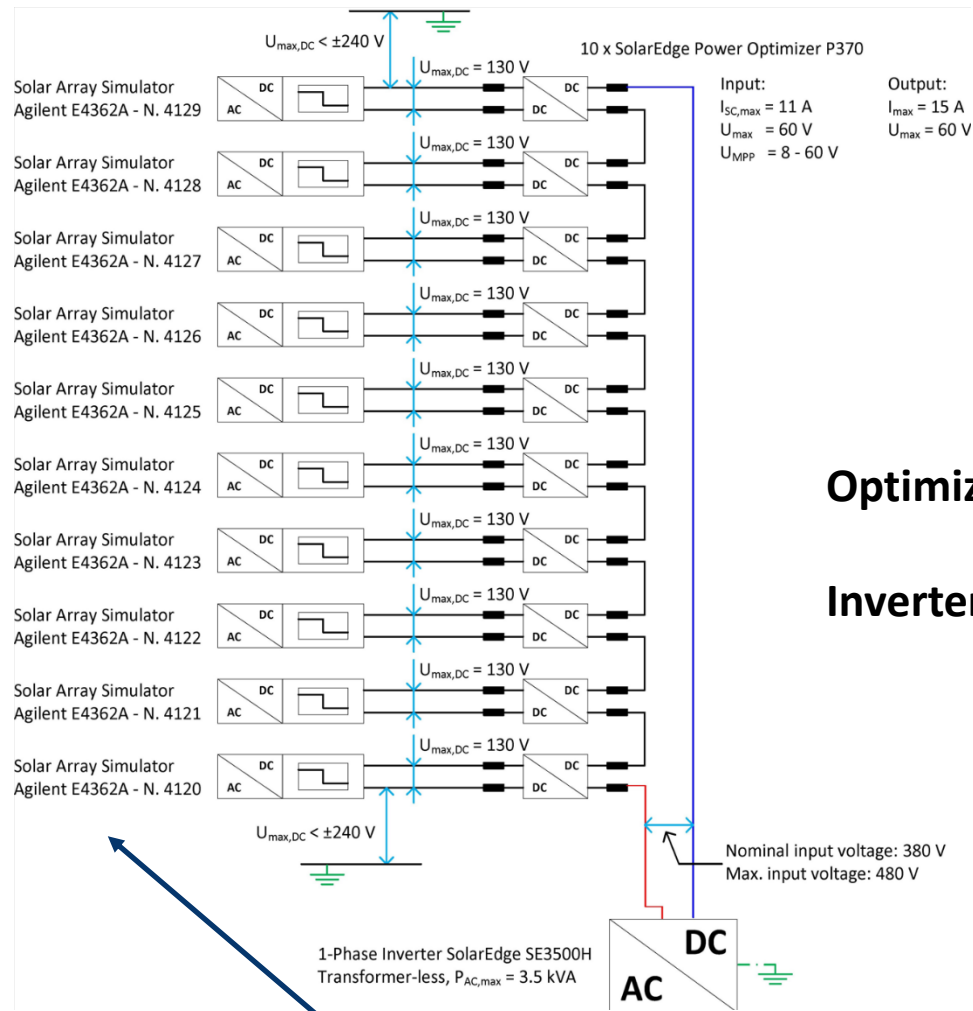


Renewable Energy Lab («REE-Lab»)

Auch zur Ausbildung von Studenten, aber generell insbesondere zur Untersuchung von energierelevanten Themen: Batterien, Inverter, Optimizer, Netze,... (Partnergruppen am IEFE) und von PV (Systeme und Komponenten)



ZHAW Indoor-Laboraufbau (REE-LAB) für PV-Komponenten

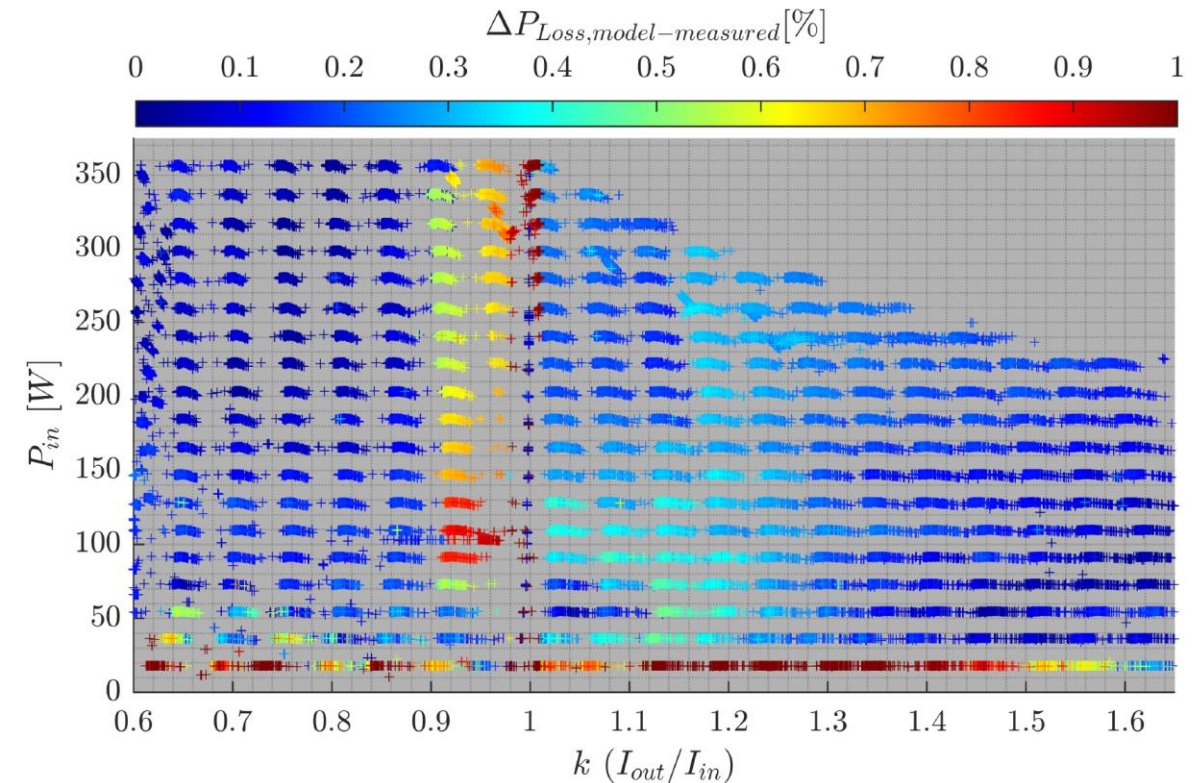
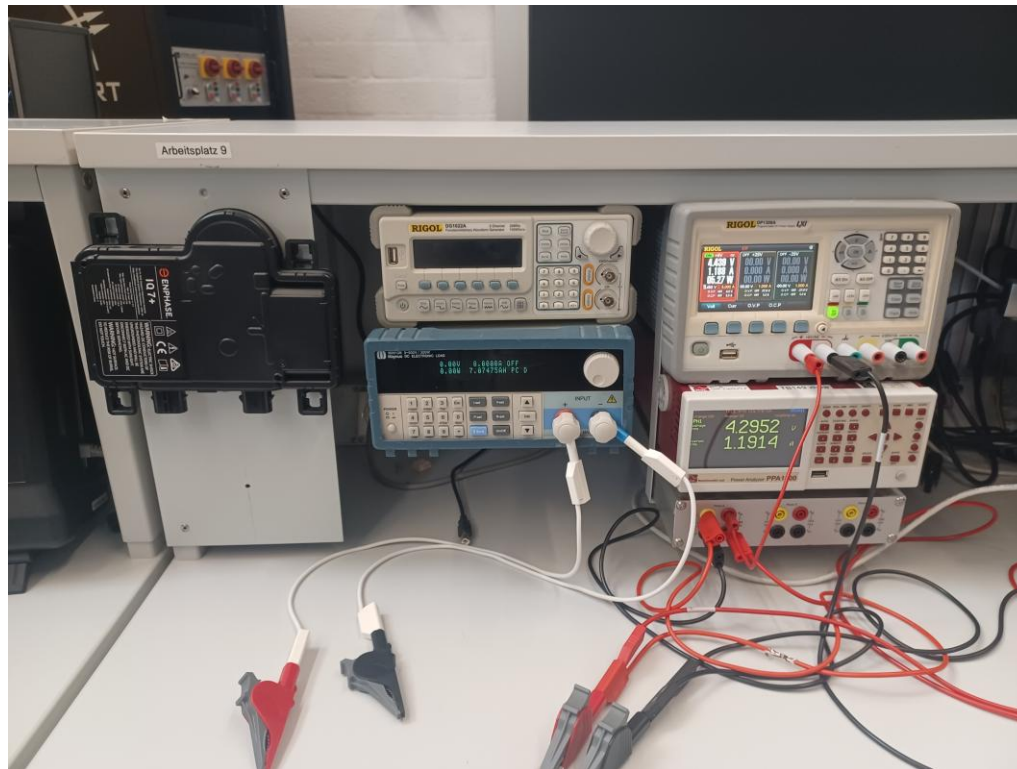


Optimizer
Inverter



ZHAW Indoor-Laboraufbau (REE-LAB) für PV-Komponenten

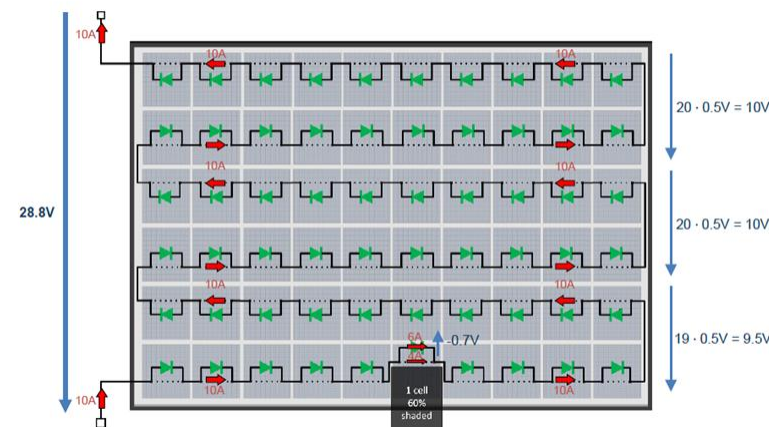
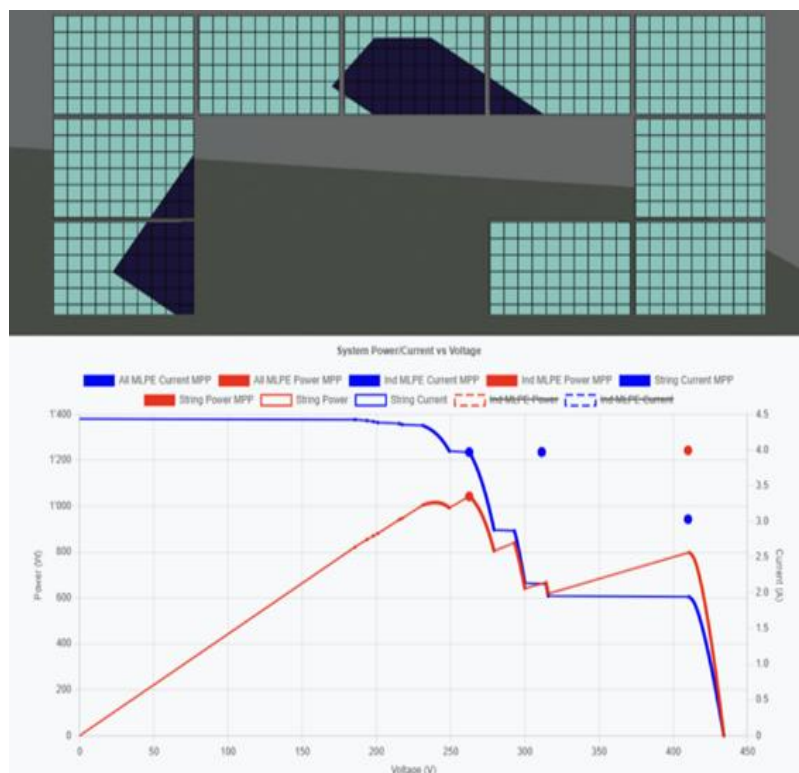
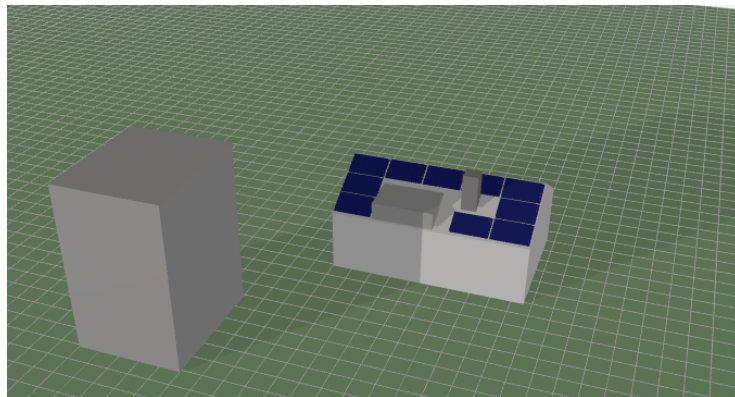
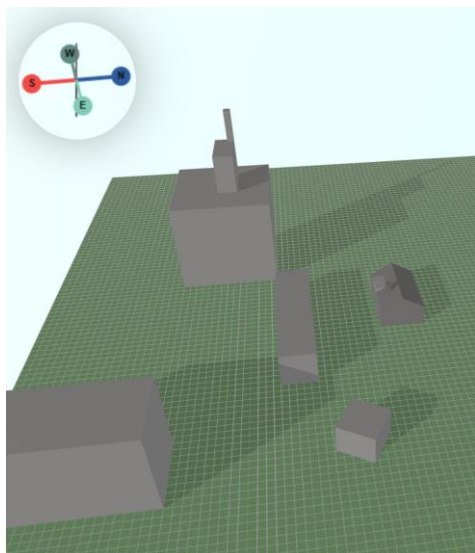
Vermessen tatsächlicher Kennlinienverläufe von Optimizern, auch im System



Verlustleistungsdifferenz in Prozent zwischen den modellierten Daten und den Messdaten der statischen Wirkungsgradmessung des buck-/boost-type Power Optimizer SolarEdge P370 bei einer Eingangsspannung von 35V als Funktion von $k_1 = I_{OUT}/I_{IN}$ und P_{IN} [W].

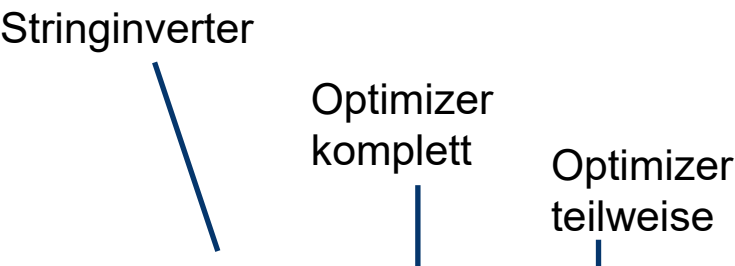
F&E Themen – Systemsimulation mit gemessenen Optimizer-Daten

In geförderten Projekten (BFE, energieschweiz) entwickeltes Software-Tool PVShade und WebPVShade



- Zukünftig auch Effekt von verschattungsresistenten Modulen inkludiert
- Ertrag, Reliability (BPD, Hotspots)

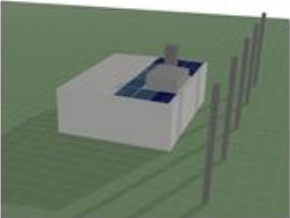
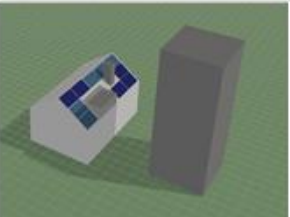
⇒ BFE-Projekt Shady PV



Fazit Optimizer:

Jährlicher Ertrag: Für stark verschattete Systeme gibt es einen **Vorteil durch Einsatz von Optimizern**, aber **eher im mittleren einstelligen Prozentbereich statt teilweise beworbener >30 %**.

Bei geringer Verschattung eher negativer Effekt, neben höheren Kosten und Ausfallrisiko

Flachdach mit Flaggenmasten (Süd) und Aufbauten				
	St: 15.6 %	SINV	alIMLPE	indMLPE
	SA- η [%]:	90.4	95.5	93.0
	SA-η rel. [%]	-5.5	0.0	-2.5
	AC-kWh rel. zu Ref. [%]	57.7	61.1	59.5
Grosses Verschattungsobjekt nahe vor Süd-Dach 30° mit Kamin und Gaube				
	St: 12.7 %	SINV	alIMLPE	indMLPE
	SA- η [%]:	91.3	95.9	94.1
	SA-η rel. to best [%]	-4.6	0.0	-1.8
	AC-kWh rel. zu Referenz [%]	73.9	77.6	76.2
Städtische Umgebung vor Süd-Dach 30° mit Kamin und Gaube				
	St: 10.2 %	SINV	alIMLPE	indMLPE
	SA- η [%]:	93.1	96.4	95.3
	SA-η rel. to best [%]	-3.3	0.0	-1.1
	AC-kWh rel. zu Referenz [%]	83.5	86.5	85.5

Beispiel Projekte – Gründach (Mattenbach)

PV und Gründach:

Abgeschlossenes BFE-Projekt «Entwicklung und vergleichender Test eines Gesamtpaketes für bifaziale PV-Systeme auf Gründächern»

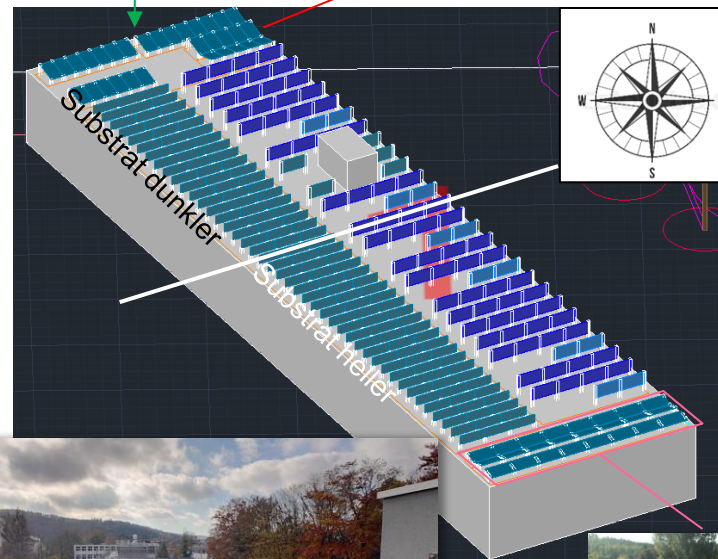
Aktuell BFE-Projekt mit Swissolar zu PV-Gründächern



Portrait Süd monofazial



Butterfly monofazial



48-Zeller Vertikal Bifazial 72-Zeller



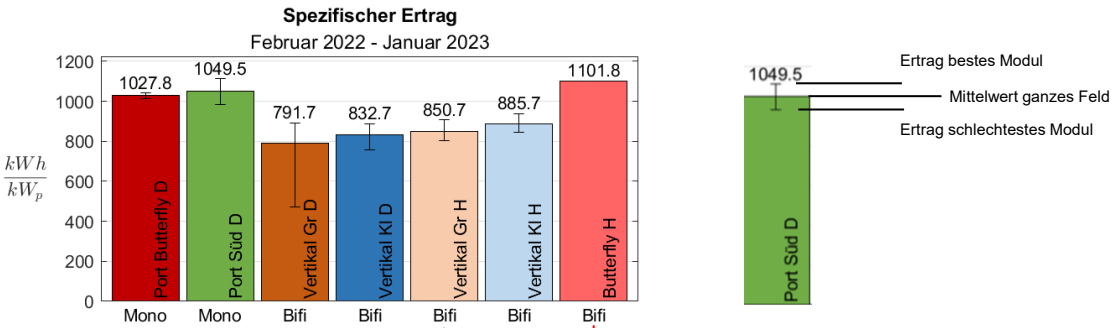
Butterfly bifazial



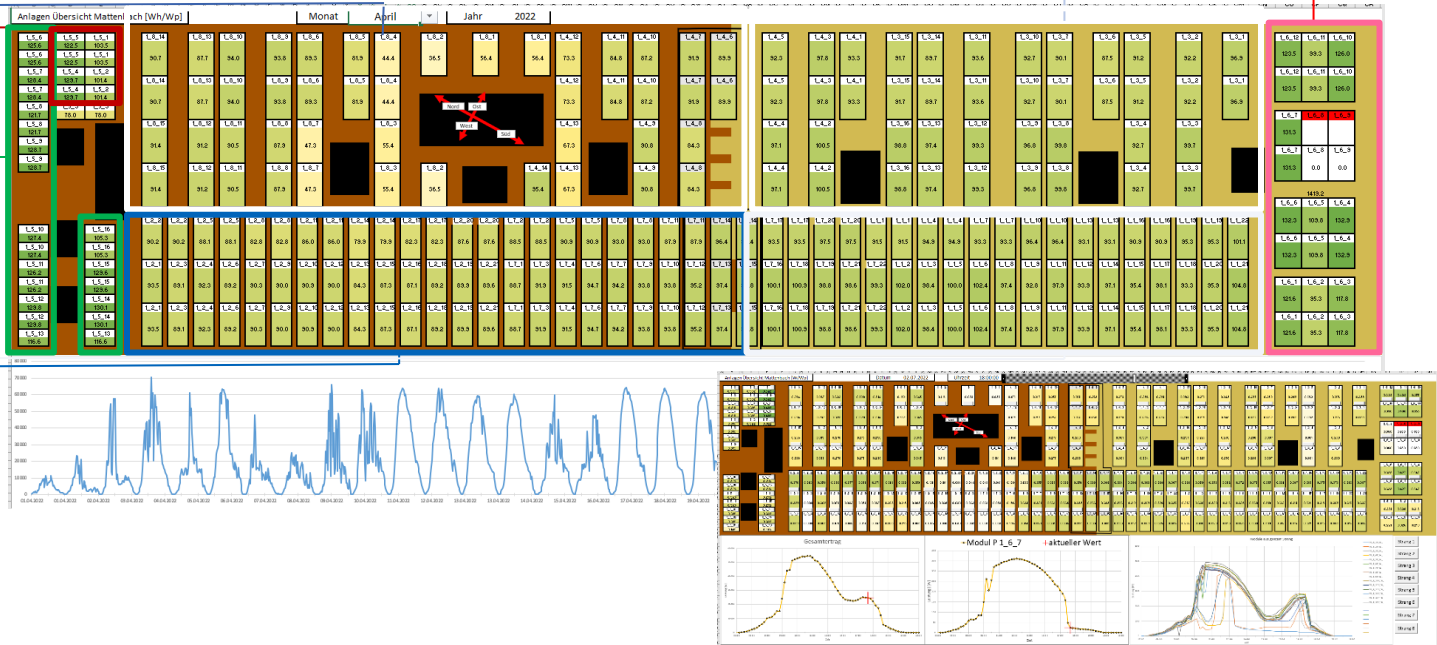
Fast zwei Jahre kontinuierliche Datenerfassung



Beispiel Projekte - Gründach (Mattenbach)



Einfluss von
Einstrahlungsbedingungen,
Substrathelligkeit, Vergleich
Aufständertypen, ...



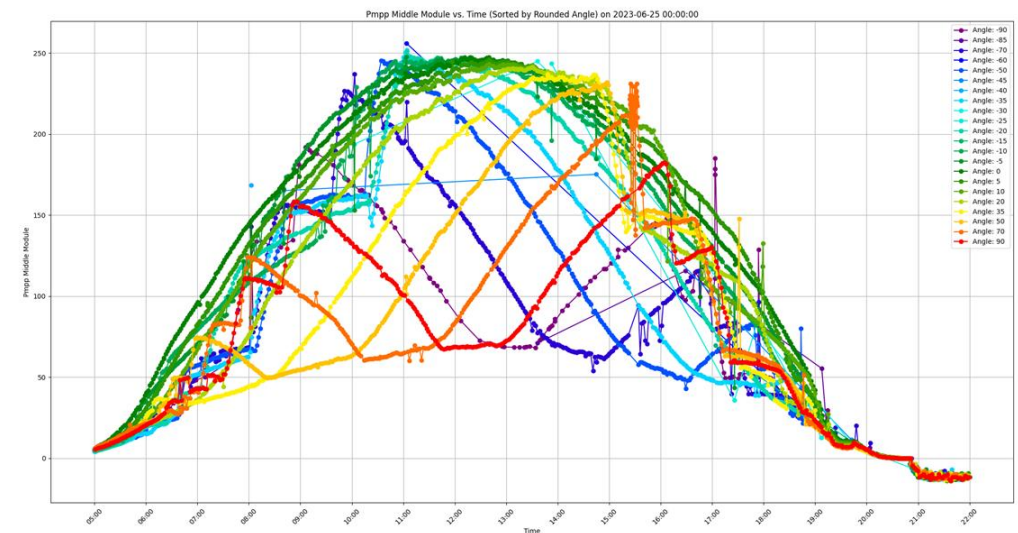
«Outdoor – Labor»



Frühere Projekte und Arbeiten

BIFOROT – Bifacial Rotor Outdoor Test

- Optimale Erträge und Winkel experimentell
- Test von Simulationstools



Miniaturisierte Testsysteme

- Direkter Vergleich unter identischen Bedingungen