

Bau alpiner Freiflächenanlagen

Erkenntnisse aus den Pionierprojekten

Faszination Energie OST

David Baselgia, Markus Forster, Curdin Caprez, Adrian Riedi (ZENDRA & X STATIK AG)
Andreas Hügli, Tamás Szacsvay, Dominik Schaedler, Philip Racine,
René Mettler, Lukas Hüppi, Urs Kühne (ZENDRA & REECH AG)
Marco Graf, Jonathan Senn, Fadri Jecklin, Yussef Shamoun (ZENDRA & InfraDigital)

29.01.2026

Vertraulich / Confidential



Herausforderung Winterstrom

Grundlage parlamentarischer Beschluss 09/2022

Fachkonferenz in Bern

«Risiko einer Strommangel- lage ist real und gross»

Im Winter könnte es eng werden mit der Versorgung von Gas und Strom in der Schweiz. Fachleute des Bundes haben in Bern über vorsorgliche Massnahmen informiert.

Publiziert: 20.07.2022, 10:57
Aktualisiert: 20.07.2022, 13:10

Plan des Bundesrats

Schweiz soll im Notfall 50 Prozent Strom sparen

Der Schweizer Notfallplan bei Strommangel ist derzeit in Arbeit. In drei Stufen soll der Stromverbrauch gedrosselt werden.

Publiziert: 22.10.2022 um 10:31 Uhr | Aktualisiert: 22.10.2022 um 12:17 Uhr

Kein Strom während zweier Tage: Das droht der Schweiz ohne neue Verträge mit der EU

Nach dem Scheitern des Rahmenabkommens setzt die Schweiz auf technische Vereinbarungen mit EU-Ländern, um die Stromversorgung im Winter zu sichern. Falls dies nicht klappt, könnte es zu Blackouts kommen.

Christof Forster, Bern
13.10.2021, 19.22 Uhr

Hören

Merken

Drucken

Teilen

Abo Knappe Stromreserve

Die Schweizer Stauseen sind so leer wie seit Jahren nicht mehr

Die Wasserreserven sind kleiner als im Winter üblich. Kommt eine Kälteperiode, könnte der Strom knapp werden – dann müsste die Schweiz erstmals ihr Notkraftwerk nutzen.



Cyril Pinto

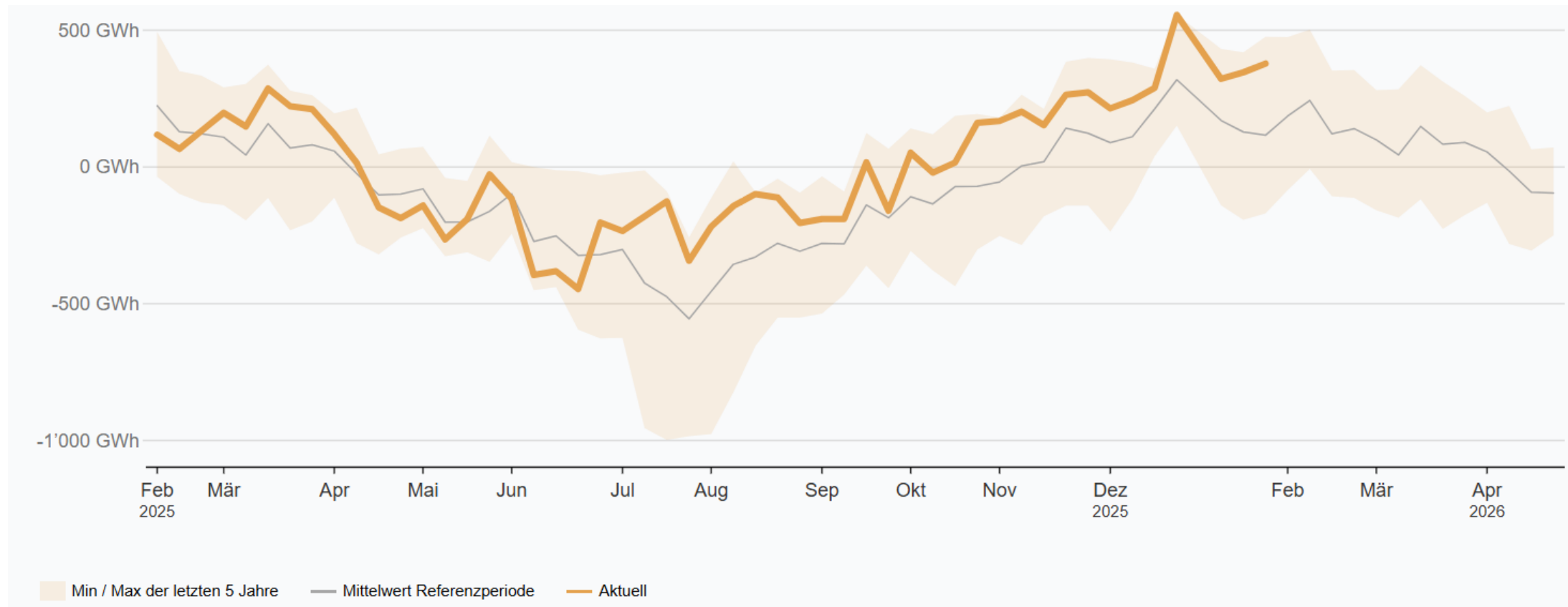
Publiziert heute um 05:11 Uhr

191





Strom Import/Export

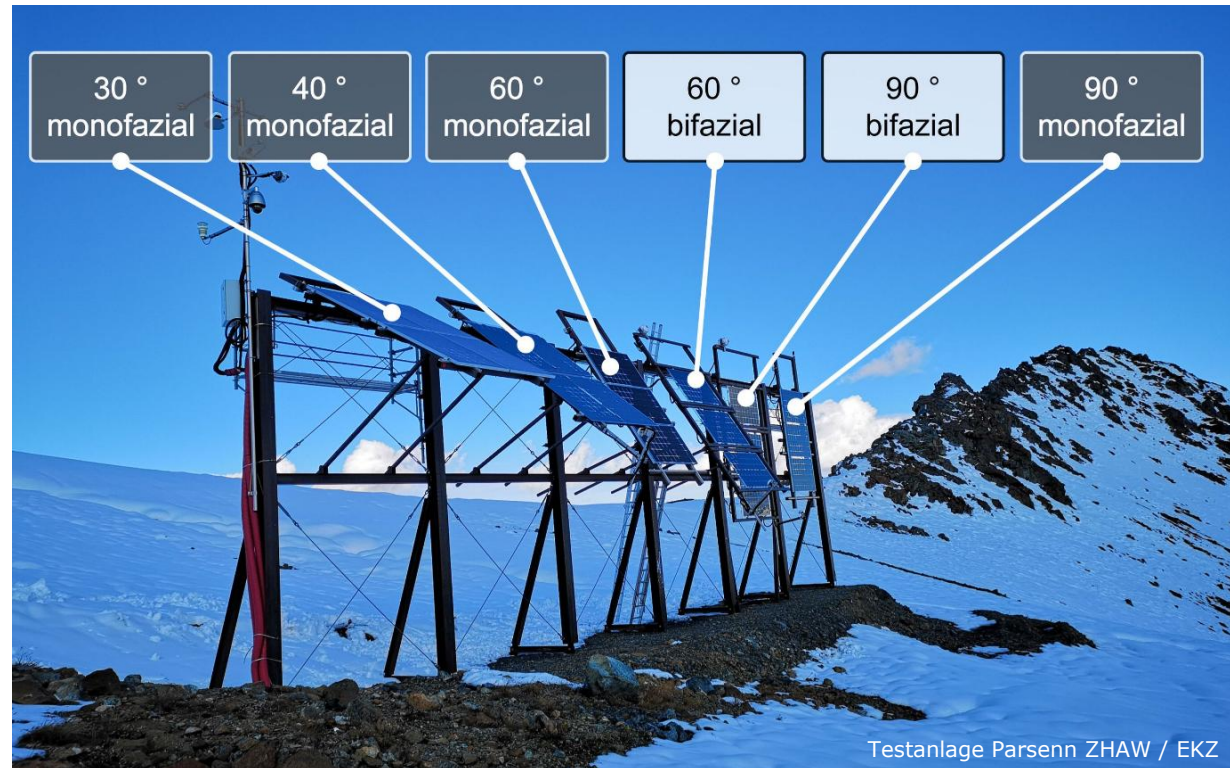


Quelle: <https://www.energiesdashboard.admin.ch/strom/import-export>

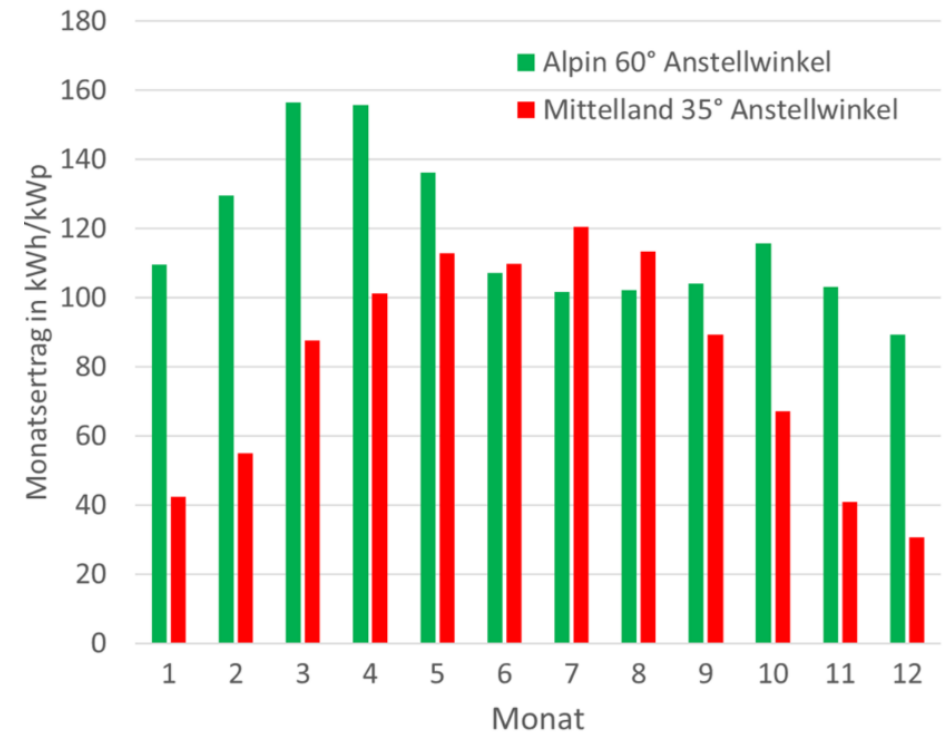
Lösungsansatz alpine PV-Freiflächenanlagen



Warum «alpin»?

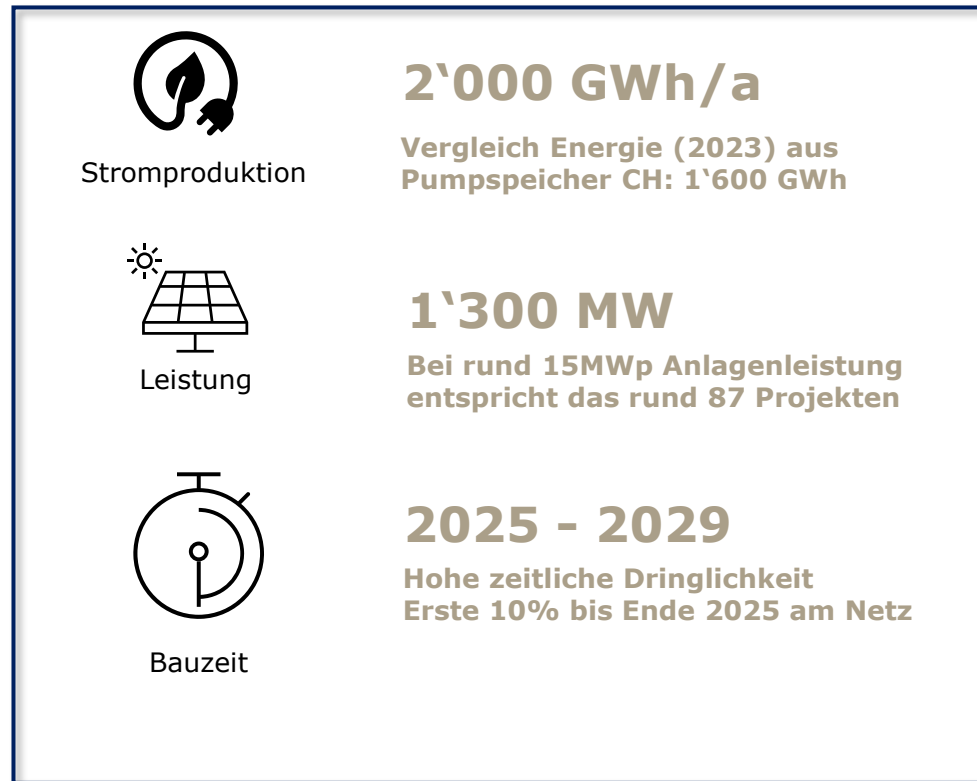


→ Faktor 2.3 bis 3.6 höherer Winterstromertrag



Solarexpress

Ausbauziel 2 TWh gemäss Art. 71a EnG, Beschluss Parlament vom 09/2022



Zeit

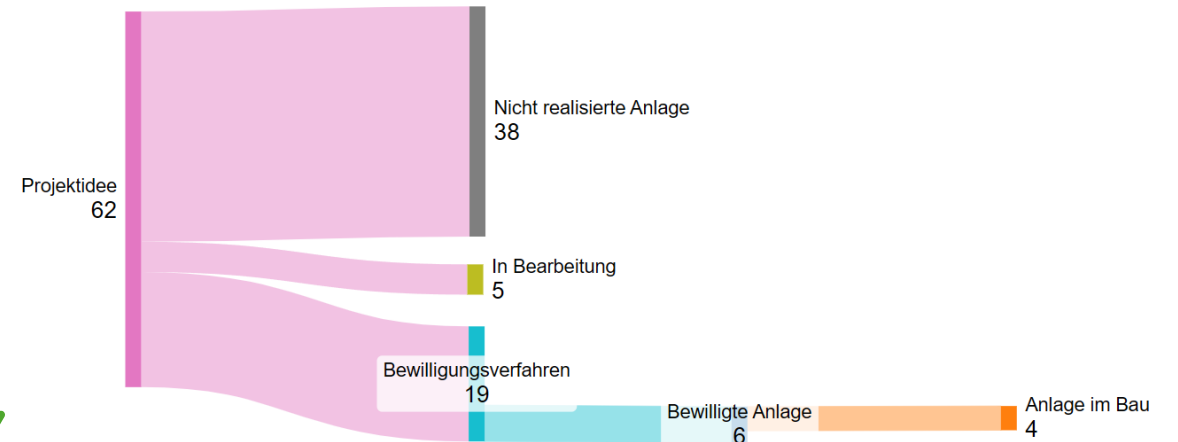
2022 / 2023

„Goldrausch“ 🤑

04/2024 (VSE)

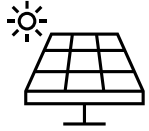
- 60 Projekt am Start
- 26 erste Hürden erfolgreich gemeistert
- 8 aufgelegt.

3Q/2025

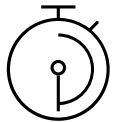


Solarexpress

Kriterien und Nutzen



≥ 10 GWh/Jahr Gesamtproduktion
 ≥ 500 kWh/kWp im Winterhalbjahr



bisher: bis Ende 2025 ≥ 10 % der Produktion am Netz
neu: bis Ende 2025 öffentlich aufgelegt

Inbetriebnahme bis Ende 2030

=

Förderung

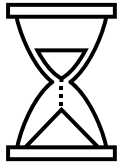
Einmalvergütung: bis zu 60 % der Investitionskosten

+



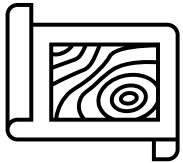
vereinfachtes Bewilligungsverfahren,
nationales Interesse / Dringlichkeit

Herausforderungen



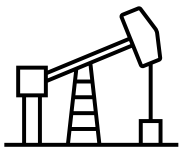
Zeit

- Deadline 2025 / 2030
- Verwaltungsverfahren
- Bausaison auf > 2000 m ü. M.



Planung

- Standortevaluation
- Alpine Topografie
- Schutzzonen



Konstruktion
& Betrieb

- Entwicklung Trägerstruktur
- Physikalische Lasten
- Stückzahlen, optimierte Prozesse
- PV-Modul (Einstrahlung, Temperaturgradienten, >2'000m.ü.M)
- Keine Erfahrung zur grossflächigen Solarstromproduktion bifazial, hochalpin

Systemlösung für alpine Freiflächenanlagen

Business Ökosystem – Erfahrungen bündeln, gemeinsam Pionierarbeit leisten



la vacha zendra



ZENDRA

Ein Joint Venture der

XSTATIK

REECH
Renewable Energy Solutions

INFRADIGITAL

Spezialtiefbau,
Naturgefahren,
alpines Bauen

Photovoltaik,
Systemtechnik,
PV-Modultechnik,
PV-Prüflabor

Geoinformatik,
digitales Bauen

Bündner Partner, Konsortium seit 2022, Gründung ZENDRA 2024

Systemlösung

 ALPIN QUATTRO

Softwarelösung

 ALPIN QUATTRO

Solarfeldplanung

Joint Development

Messtechnik, Monitoring und
alpine Produktions-Prognosen



Gantner
instruments

ZENDRA

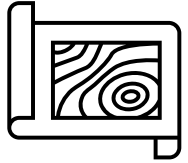
Planung



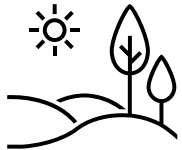
Quelle: Madrisa Solar AG / Yanik Bürkli

Planung

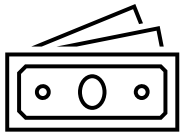
Gegebenheiten:



Alpine Topografie

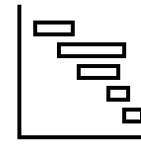


Umwelt



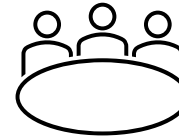
Kosten

verlangen nach:



Geodaten

Zusammenführung unterschiedlichster Datenquellen:
OpenData, GIS-Layer, Aufnahmen, ...



Planungsmodell

Gemeinsame, 3-dimensionale Datenbasis für das gesamte Planungsteam



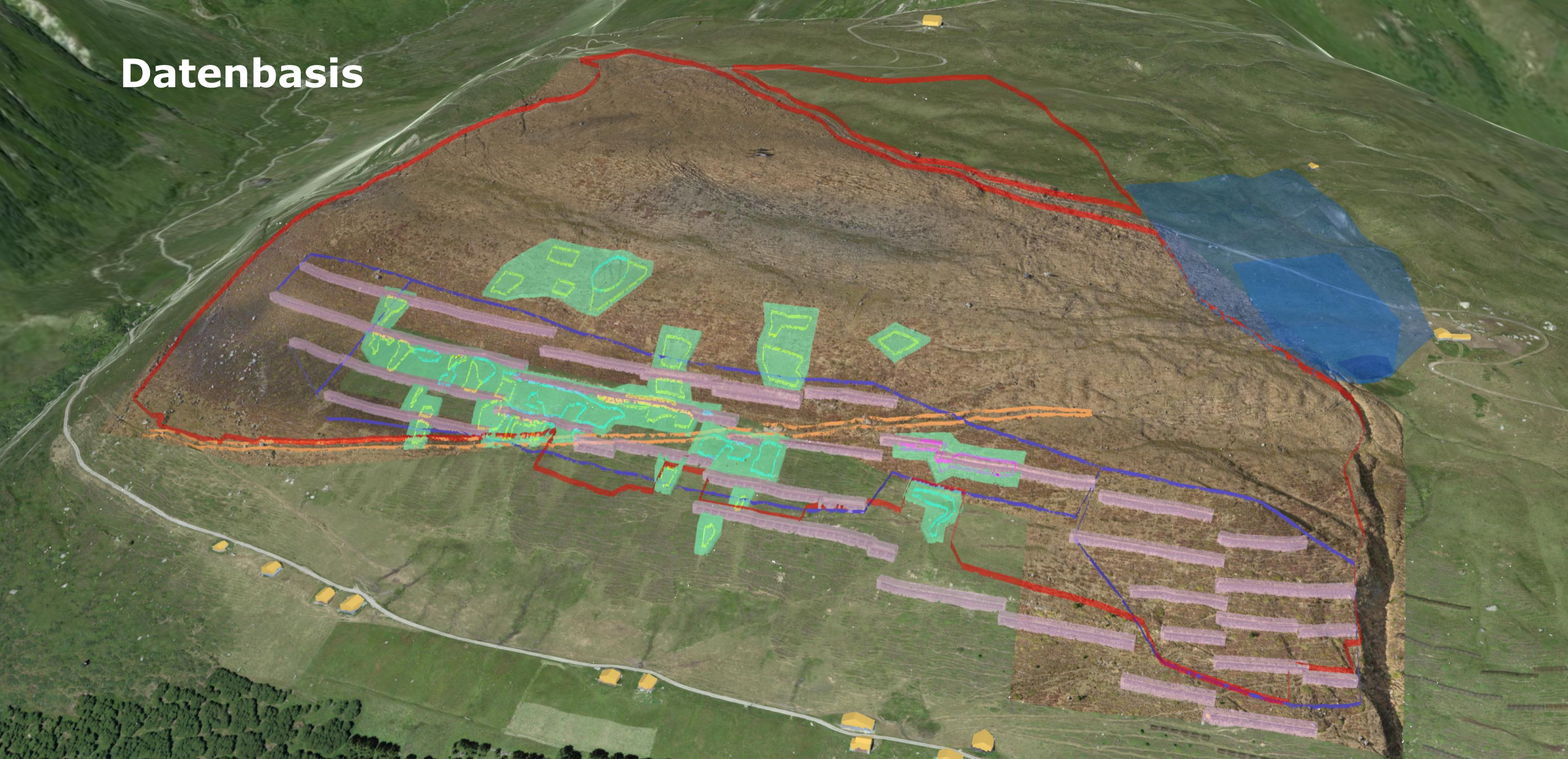
Algorithmen

Optimierung von Ertrag und Baukosten
mehrerer Tausend Konstruktionen

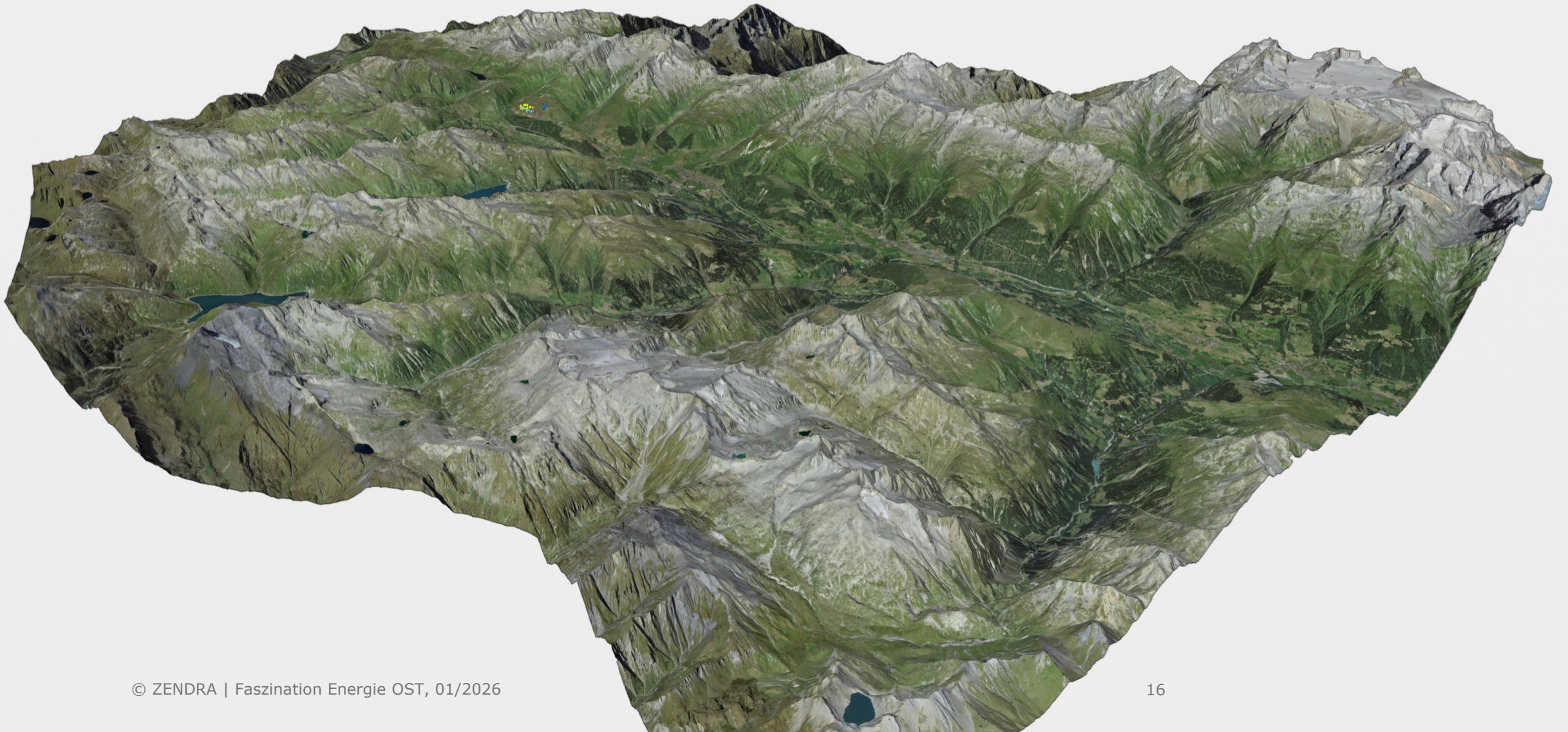


Digitalisierung

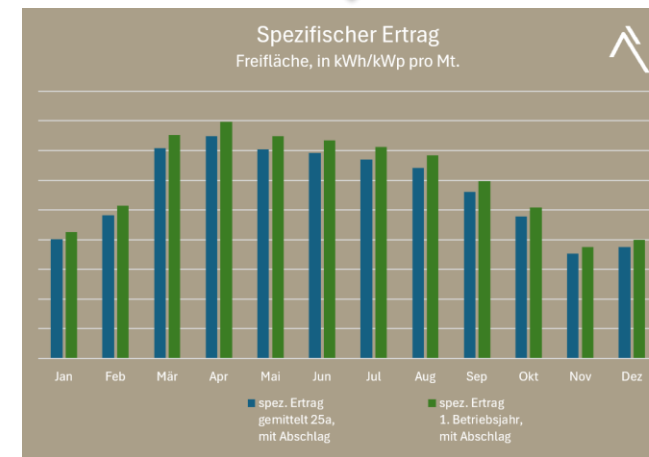
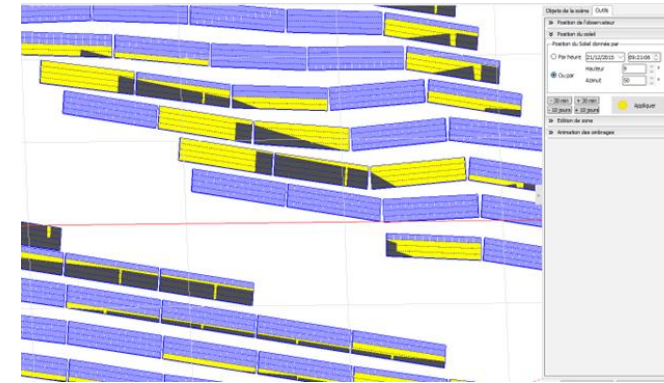
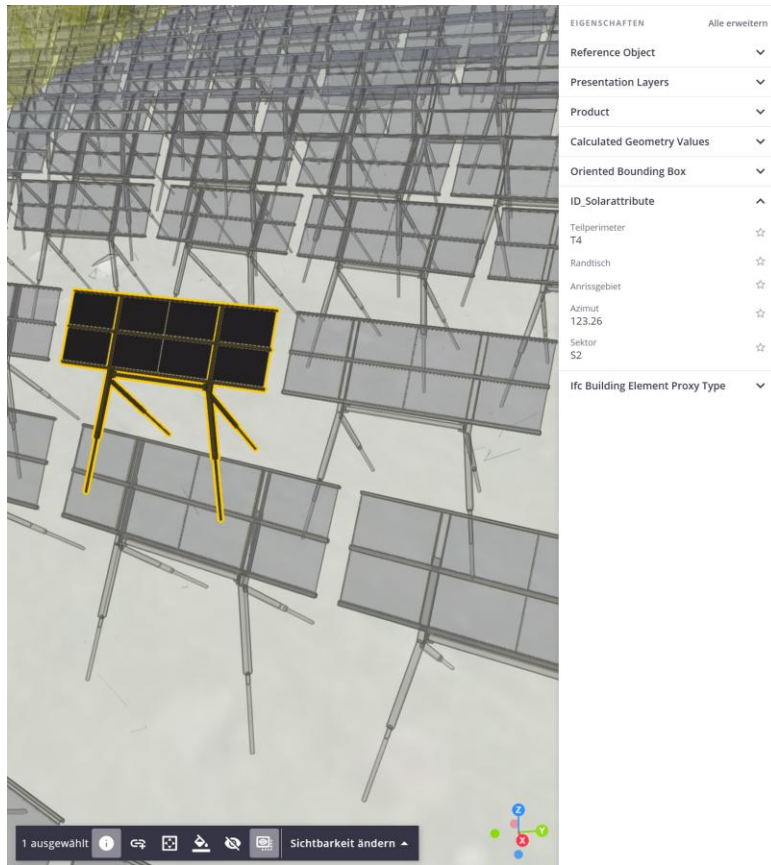
Datenbasis



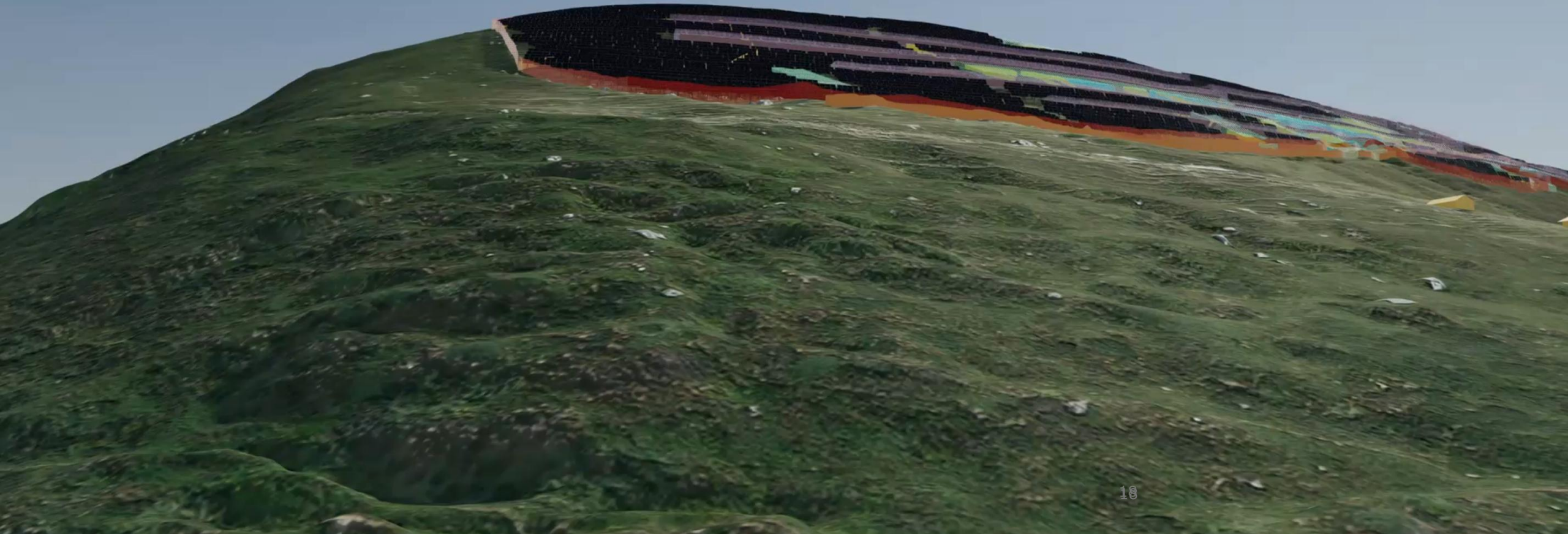
Kontextmodell



Simulation, Ertragsprognosen



Planung Stand Baueingabe





Augmented Reality



© ZENDRA, APV Sidenplangg



© ZENDRA AG, Sedrun Solar

Detailplanung

Harte Kriterien

-  Topografie
-  Schneehöhen
-  Systemgrenzen des Tisches
-  Ausschlusszonen
- ↔ Tisch- & Reihenabstände
- ...

Detailplanung

Weiche Kriterien

Beide Lösungen

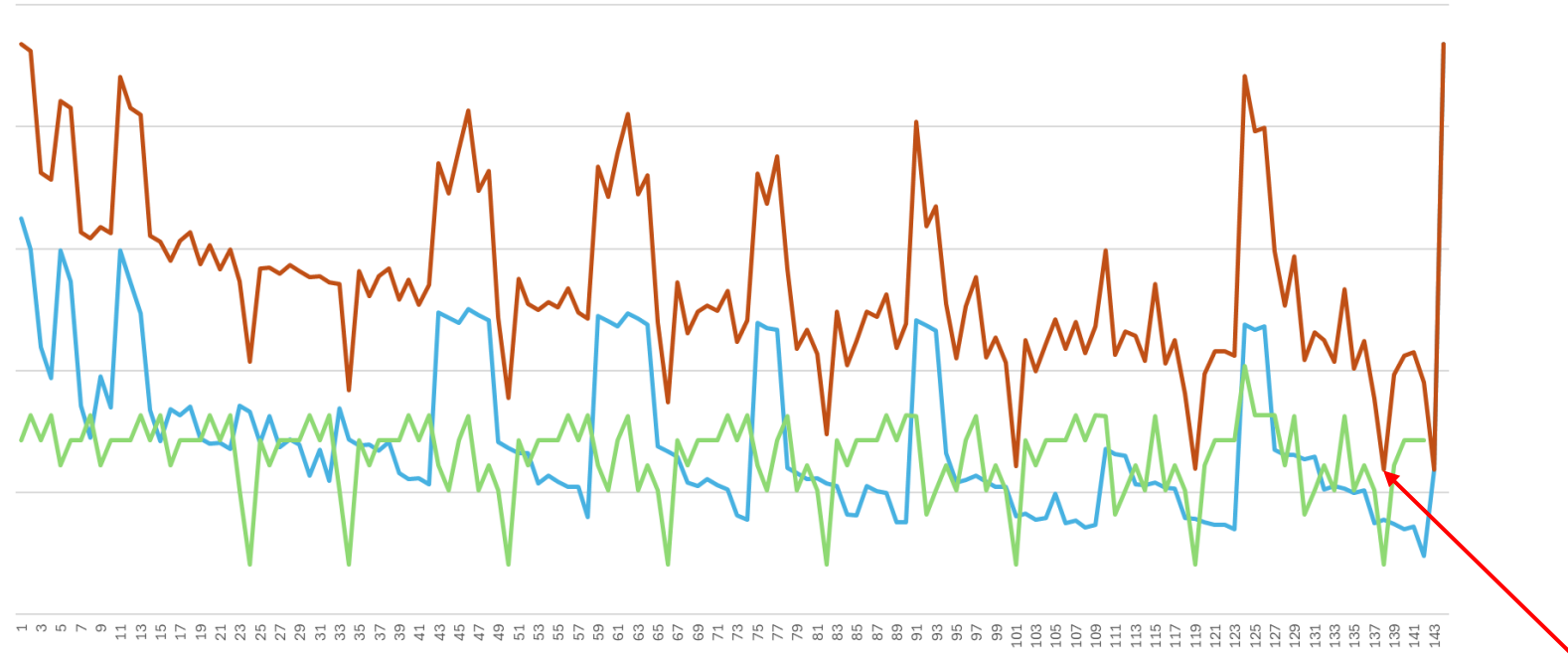
- ✓ respektieren das Gelände
- ✓ sind baubar
- ✓ funktionieren PV-technisch

→ welche soll man wählen?

Zielkonflikt lösen

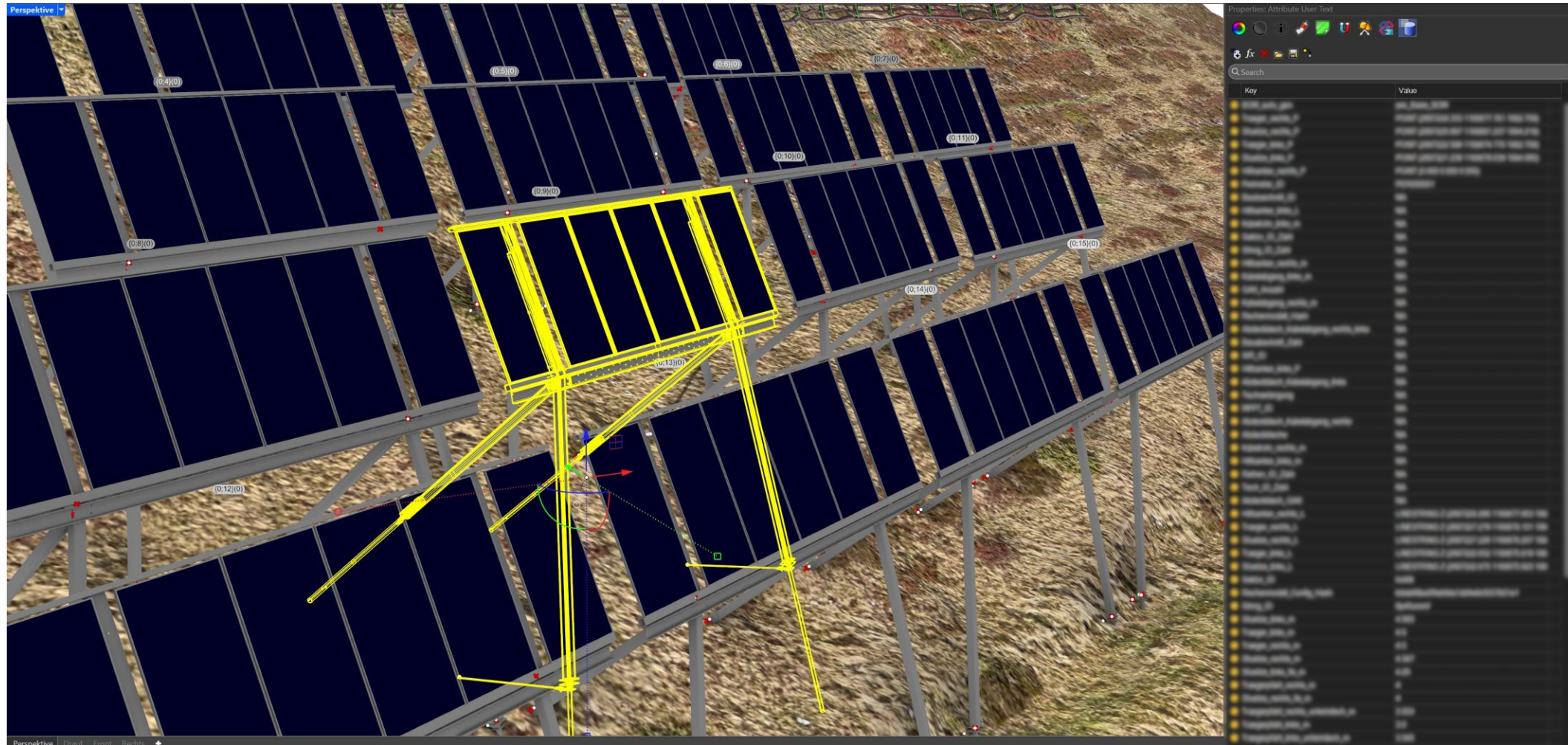
Kostenanalyse

Material &
Baukosten
+
Minderertrag
=
Gesamtkosten

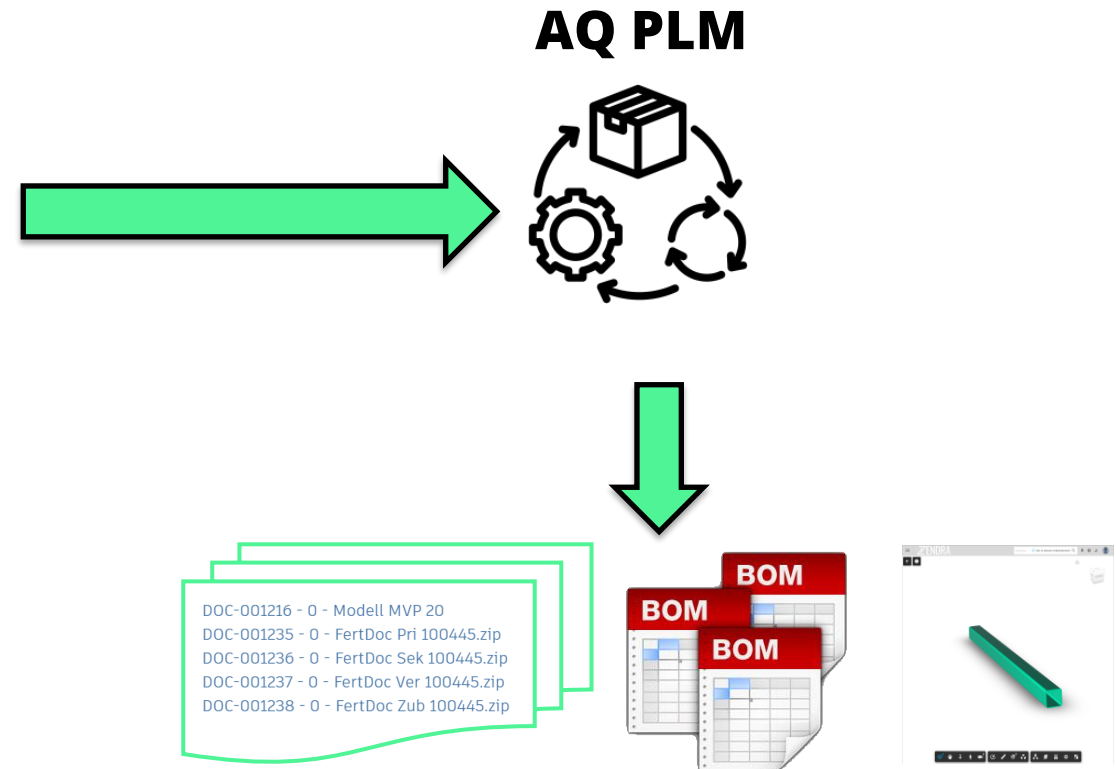


Wirtschaftliches Optimum

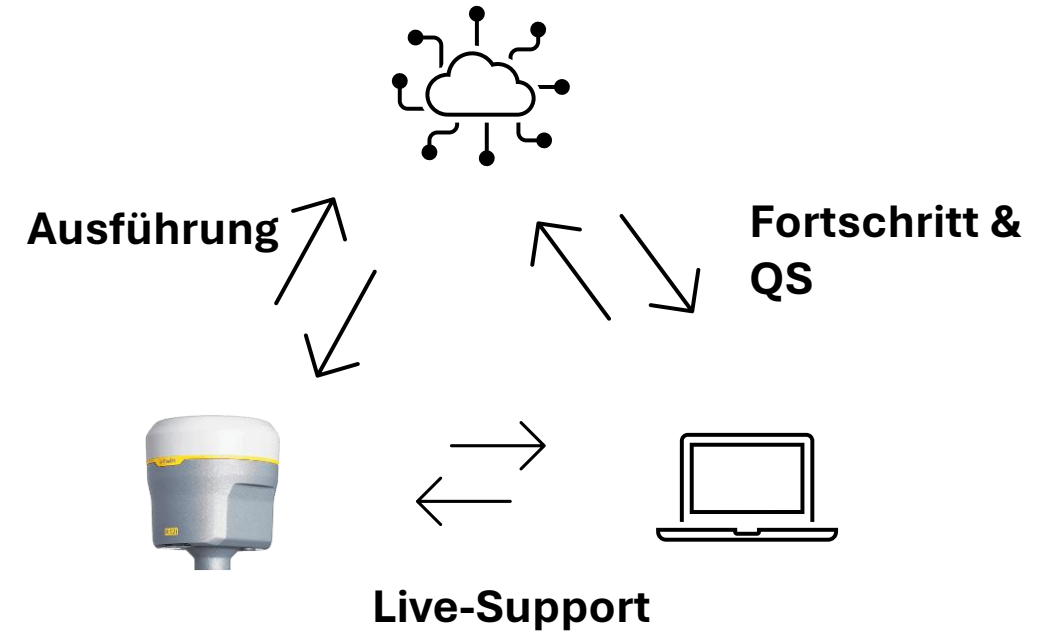
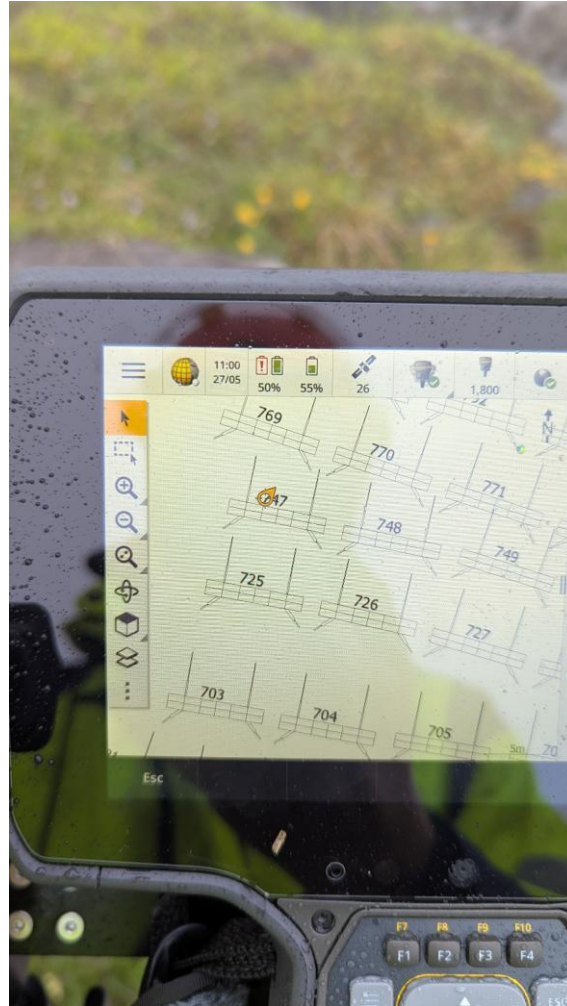
Resultat



Produktionsdaten



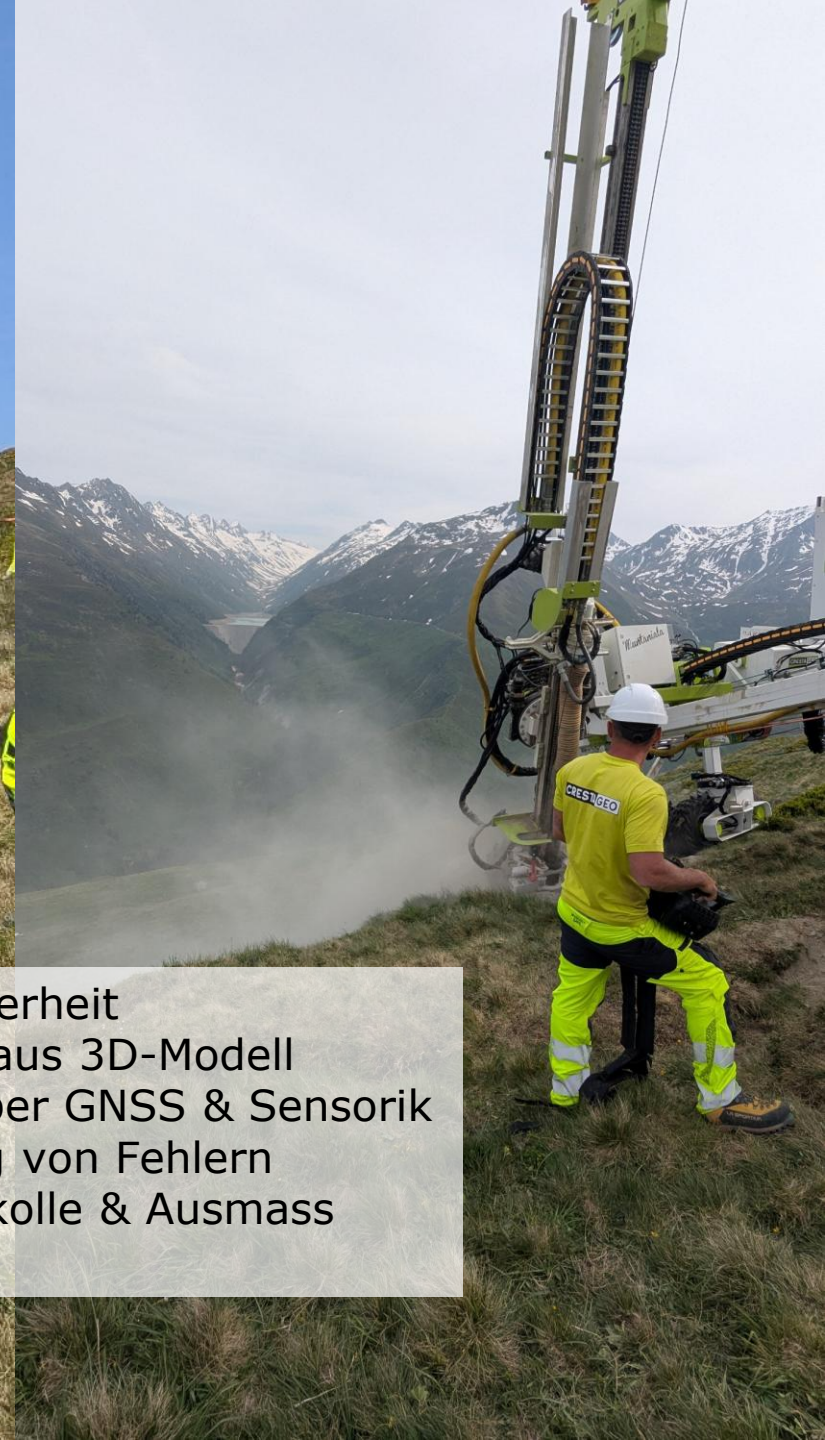
Absteckungsprozess (AQ FieldApp)



La Muntaniala (CRESTAGEO AG)



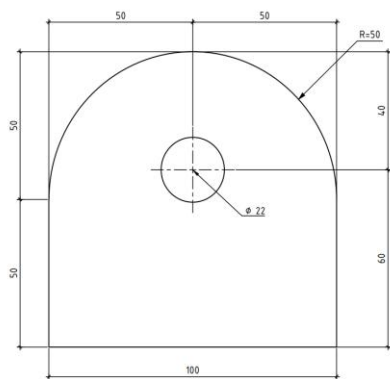
- Fernsteuerung für Arbeitssicherheit
- Übernahme des Bohrvektors aus 3D-Modell
- Ausrichtung des Bohrkopfs über GNSS & Sensorik
- Bohreffizienz und Vermeidung von Fehlern
- Datenrückfluss für Bohrprotokolle & Ausmass
- Bodenschonend



Einmessen und Kontrolle der Ankerposition



Erzeugung Zeichnungen und Stücklisten aus dem digitalen Zwilling



Stücknummer	Index	Artikel Beschreibung	Menge
000001	1	Stückhalter 100x100	1
000002	1	1/2" Schraube 100x100	1
000003	1	Stückhalter 100x100	1
000004	1	Stückhalter 100x100	1
000005	1	Stückhalter 100x100	1
000006	1	Stückhalter 100x100	1
000007	1	Stückhalter 100x100	1
000008	1	Stückhalter 100x100	1
000009	1	Stückhalter 100x100	1
000010	1	Stückhalter 100x100	1
000011	1	Stückhalter 100x100	1
000012	1	Stückhalter 100x100	1
000013	1	Stückhalter 100x100	1
000014	1	Stückhalter 100x100	1
000015	1	Stückhalter 100x100	1
000016	1	Stückhalter 100x100	1
000017	1	Stückhalter 100x100	1
000018	1	Stückhalter 100x100	1
000019	1	Stückhalter 100x100	1
000020	1	Stückhalter 100x100	1
000021	1	Stückhalter 100x100	1
000022	1	Stückhalter 100x100	1
000023	1	Stückhalter 100x100	1
000024	1	Stückhalter 100x100	1
000025	1	Stückhalter 100x100	1
000026	1	Stückhalter 100x100	1
000027	1	Stückhalter 100x100	1
000028	1	Stückhalter 100x100	1
000029	1	Stückhalter 100x100	1
000030	1	Stückhalter 100x100	1
000031	1	Stückhalter 100x100	1
000032	1	Stückhalter 100x100	1
000033	1	Stückhalter 100x100	1
000034	1	Stückhalter 100x100	1
000035	1	Stückhalter 100x100	1
000036	1	Stückhalter 100x100	1
000037	1	Stückhalter 100x100	1
000038	1	Stückhalter 100x100	1
000039	1	Stückhalter 100x100	1
000040	1	Stückhalter 100x100	1
000041	1	Stückhalter 100x100	1
000042	1	Stückhalter 100x100	1
000043	1	Stückhalter 100x100	1
000044	1	Stückhalter 100x100	1
000045	1	Stückhalter 100x100	1
000046	1	Stückhalter 100x100	1
000047	1	Stückhalter 100x100	1
000048	1	Stückhalter 100x100	1
000049	1	Stückhalter 100x100	1
000050	1	Stückhalter 100x100	1

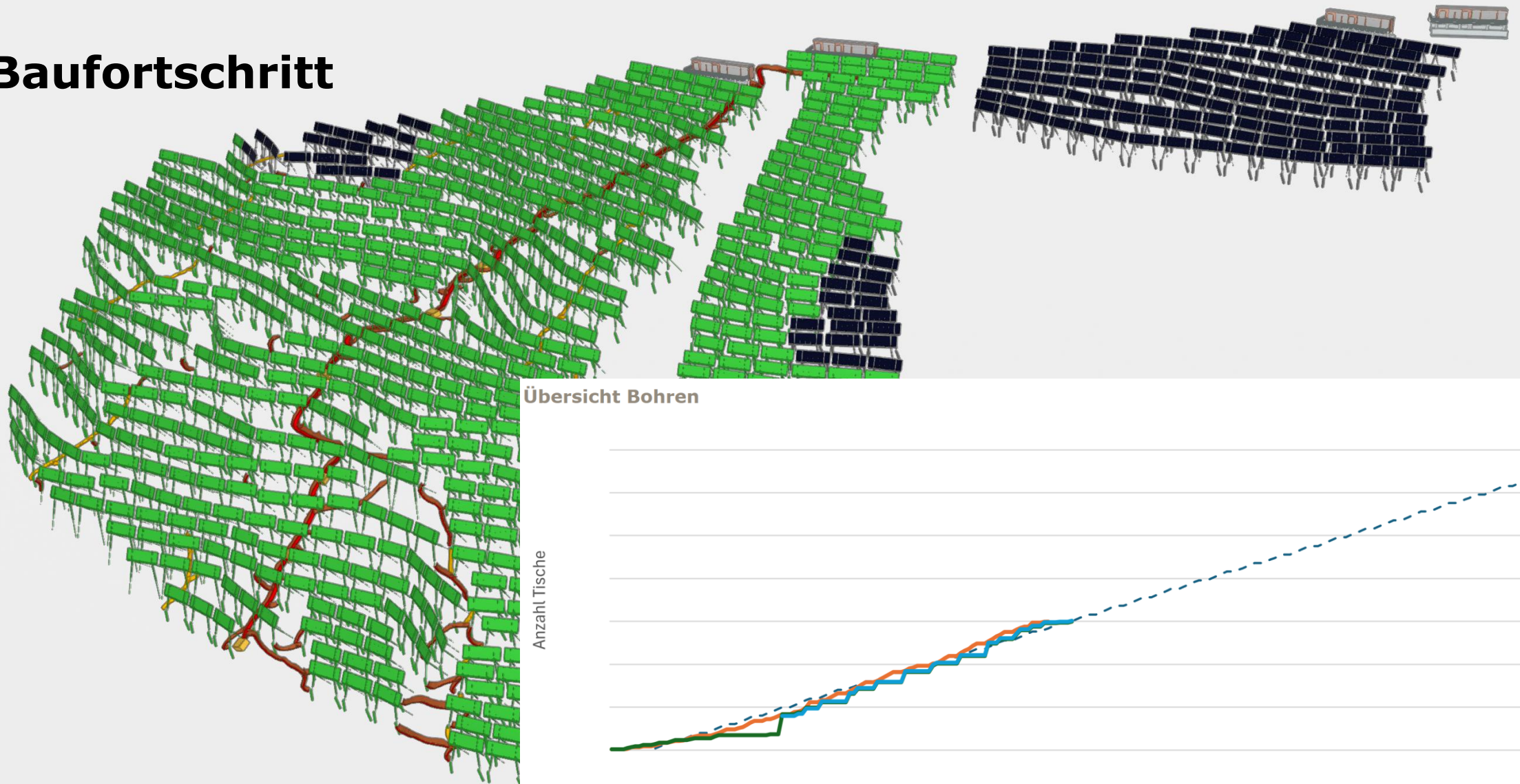
Pos.-Nr.	Anzahl:	Benennung:	Profil:	Material:	Länge:	Gewicht:	G-Gewicht:
1	1	Lasche Stütze	BLE 100x100x12	S355	100	0.9	0.9
Gesamtgewicht (kg)							0.9
ZENDRA ZENDRA AG Felsenaustrasse 47 7004 Chur Tel. +41 81 286 44 44 info@zendra.ch www.zendra.ch							
Objekt : System ALPIN QUATTRO® Primärkonstruktion; Stütze							
Name Einzelteil: Lasche Stütze				Dokumenten- Nr. DOC-000464		Doc-Rev 1	
Massstab: 1:1	Gezeichnet: dh		Geprüft: --	Datum: 30.07.2024		Revisions Datum: 10.09.2024	
Verzicht: Diese Zeichnung stellt unser geistiges Eigentum. Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf es nicht kopiert, vervielfältigt, übermalt oder Dritten zugänglich gemacht werden.							



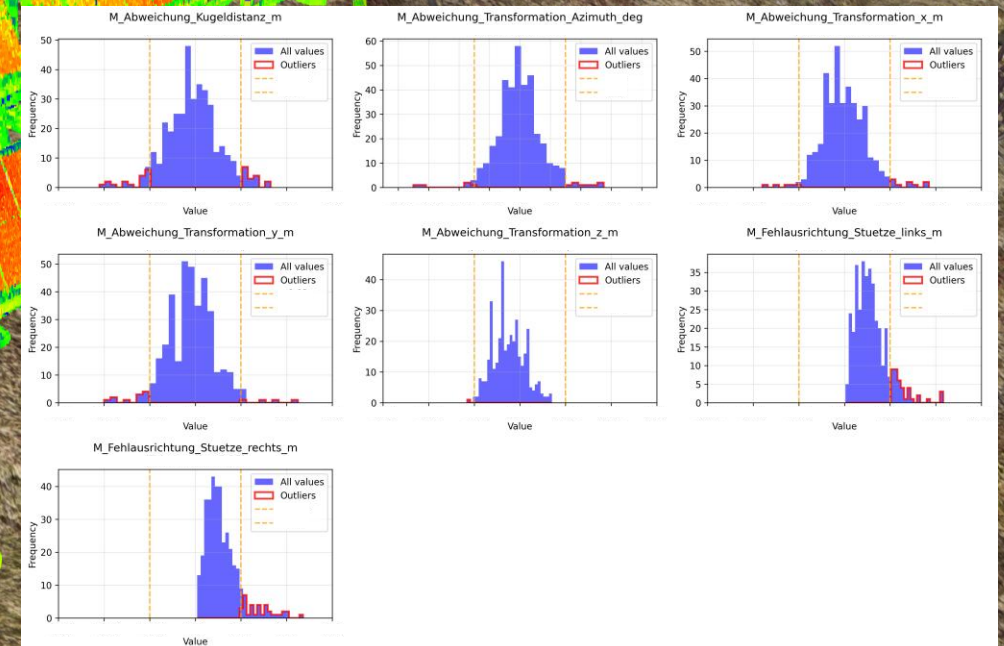
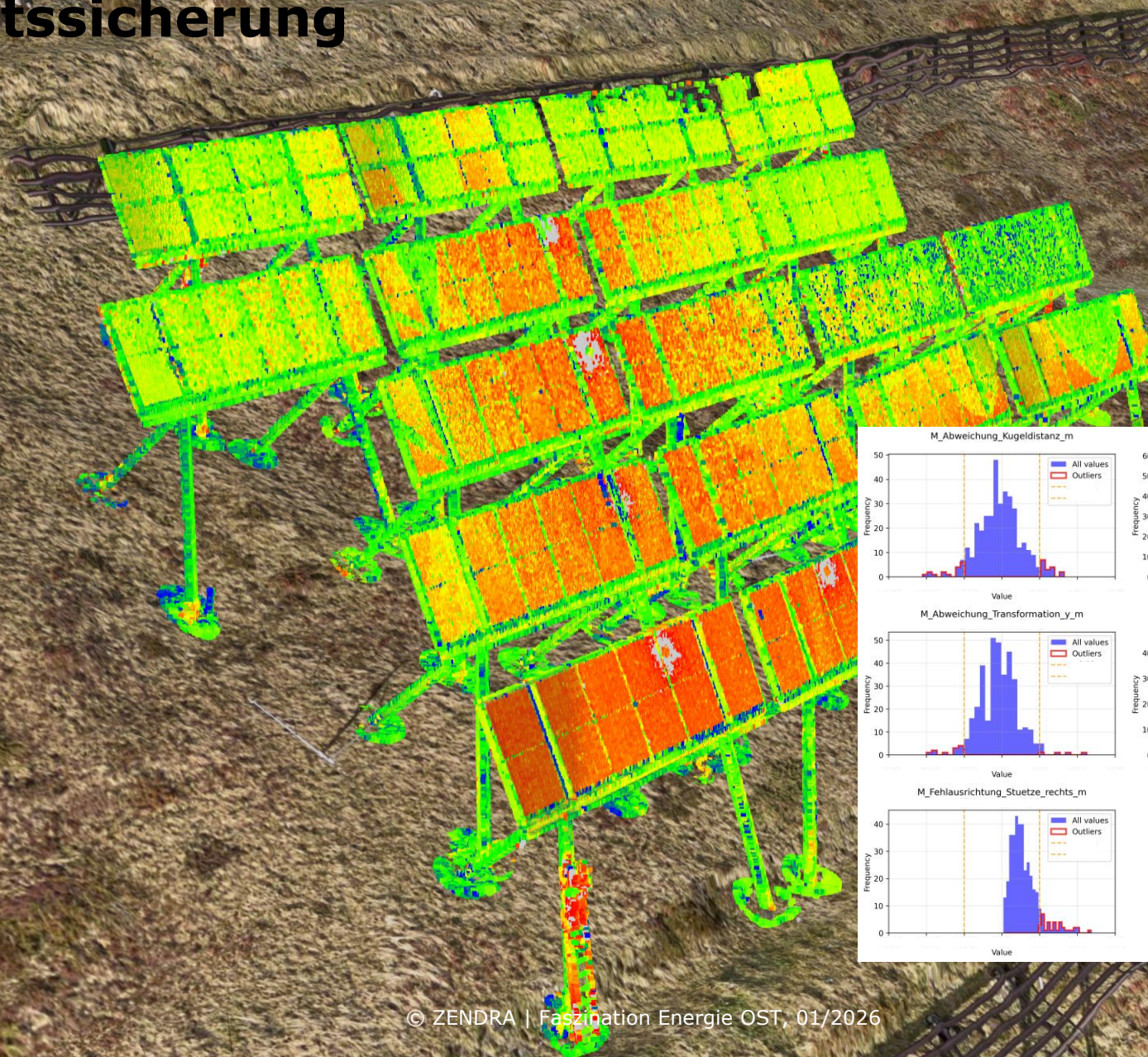
Erzeugung Liefer- und Montagetabellen aus dem digitalen Zwilling



Baufortschritt



Qualitätssicherung



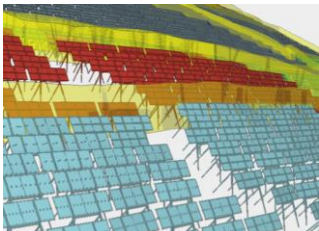
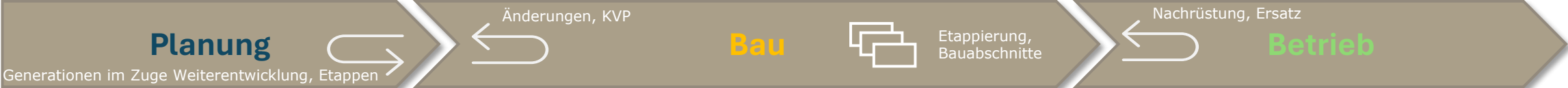
Systemlösung ALPIN QUATTRO ® der ZENDRA AG

Digitaler Zwilling

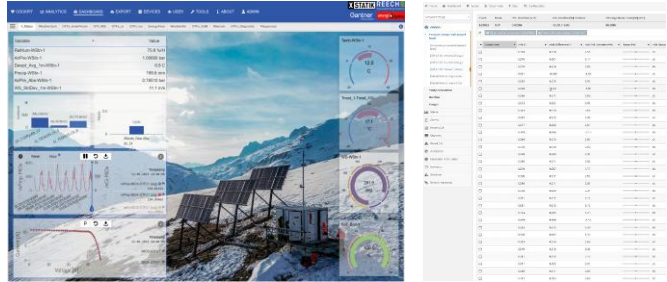
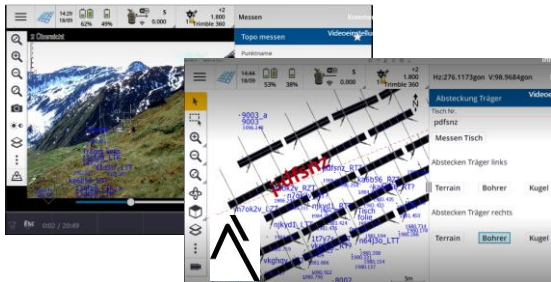


Digitaler Zwilling ALPIN QUATTRO ®

Unterstützung über den gesamten Lebenszyklus, AQ und Drittsysteme



ZENDRA									
Anlagenverzeichnis									
Objekt	Objekttyp	Status	Abweichung	Lebenszyklus	Lebenszyklus	Lebenszyklus	Lebenszyklus	Lebenszyklus	Lebenszyklus
000001	ANLAGE	aktiv		000001	ANLAGE	aktiv		000001	ANLAGE
000002	ANLAGE	aktiv		000002	ANLAGE	aktiv		000002	ANLAGE
000003	ANLAGE	aktiv		000003	ANLAGE	aktiv		000003	ANLAGE
000004	ANLAGE	aktiv		000004	ANLAGE	aktiv		000004	ANLAGE
000005	ANLAGE	aktiv		000005	ANLAGE	aktiv		000005	ANLAGE
000006	ANLAGE	aktiv		000006	ANLAGE	aktiv		000006	ANLAGE
000007	ANLAGE	aktiv		000007	ANLAGE	aktiv		000007	ANLAGE
000008	ANLAGE	aktiv		000008	ANLAGE	aktiv		000008	ANLAGE
000009	ANLAGE	aktiv		000009	ANLAGE	aktiv		000009	ANLAGE
000010	ANLAGE	aktiv		000010	ANLAGE	aktiv		000010	ANLAGE



- Modul 3D-Layoutplanung
- Modul Fertigungsdaten (Product Lifecycle Management)
- Modul Absteckung Mikropfähle (FieldApp)
- Modul AVOR
- Modul Qualitäts-sicherung
- Modul Asset Management
- Modul Monitoring, Prognose



Unsere Erfahrungen aus Bau und Betrieb



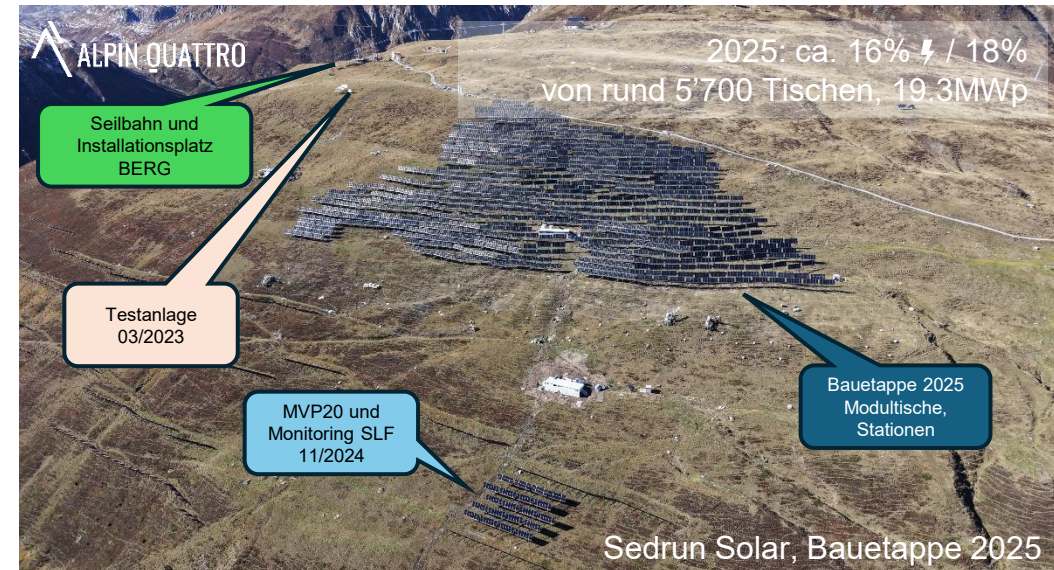
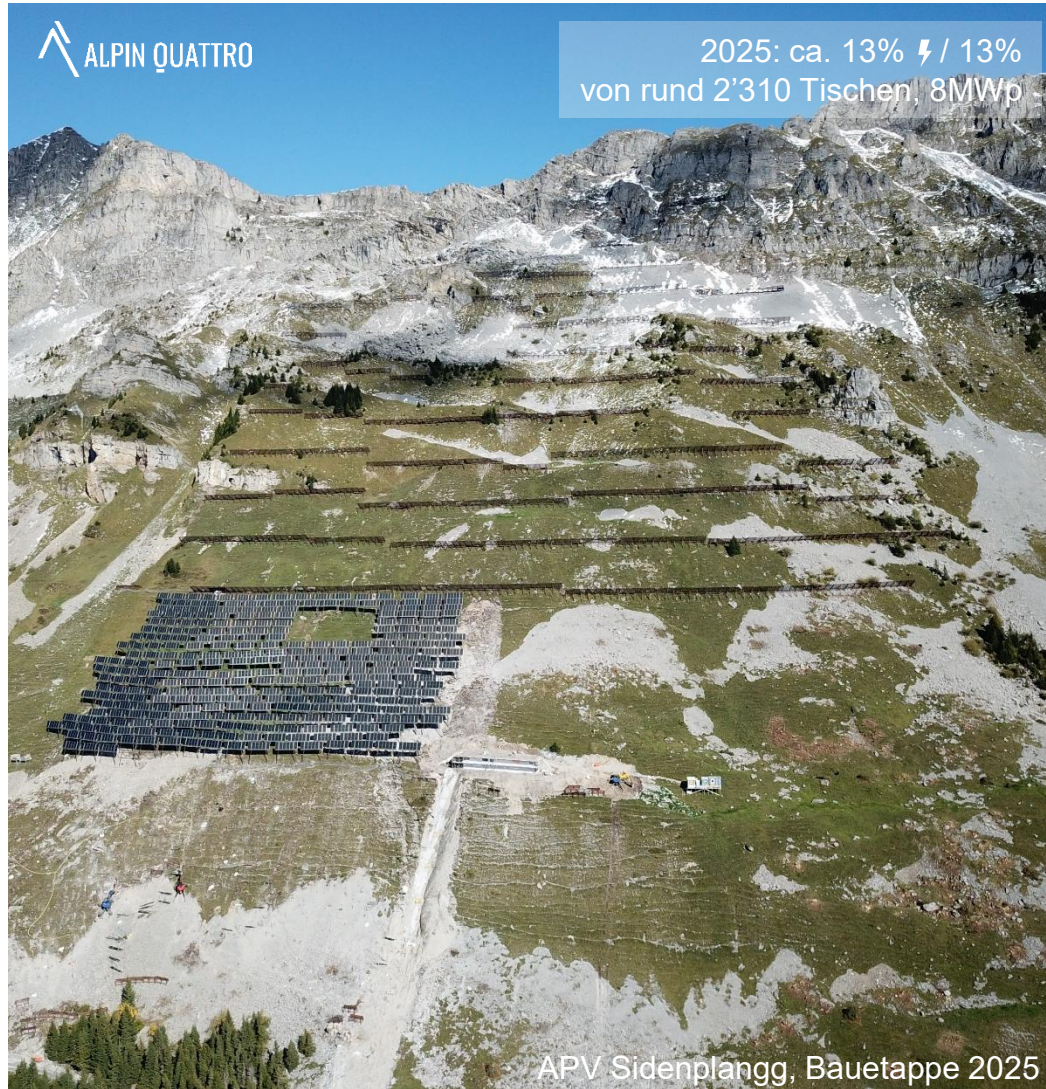
Baustellenübersicht Madrisa Solar



Digital Twin - Übersicht



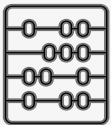
2025: 3 von 4 APV-Baustarts mit ALPIN QUATTRO ®



Herausforderungen technische Aspekte



ALPIN QUATTRO ® Tische im Projekt APV Sidenplangg, Spiringen (energieUri, aventron), Quelle: APV Sidenplangg, ZENDRA



Total 2025 (APV Sidenplangg, Madrisa Solar, Sedrun Solar)
ca. 2'340 Tische (ca. 2'200t Stahl*)
9'360 Bohrungen & Mikropfähle, plus Hilfsanker (ca. 470t Stahl*)
14'040 Alpin PV-Module (ca. 630t, 8.1MWp)
typische Bauzeit jeweils April/Mai bis Oktober

Bauvolumen 2026 diese Projekte: ca. 1.5 bis 2-fach von 2025
Bauzeit 3 bis 4 Jahre je nach Projektgrösse und Gelände
Total rund 11'200 Tische (2025-2028)



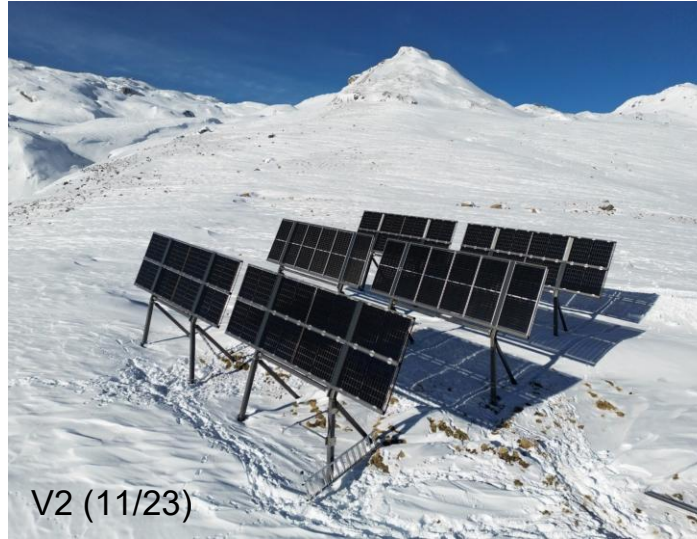
Exemplarisch, Auflistung nicht abschliessend

es braucht ...

Standardisierung, Industrialisierung und Digitalisierung.

* Standortabhängig
(Schneehöhen, Hangneigung, Bodenbeschaffenheit, Windlasten, Topographie, ...)

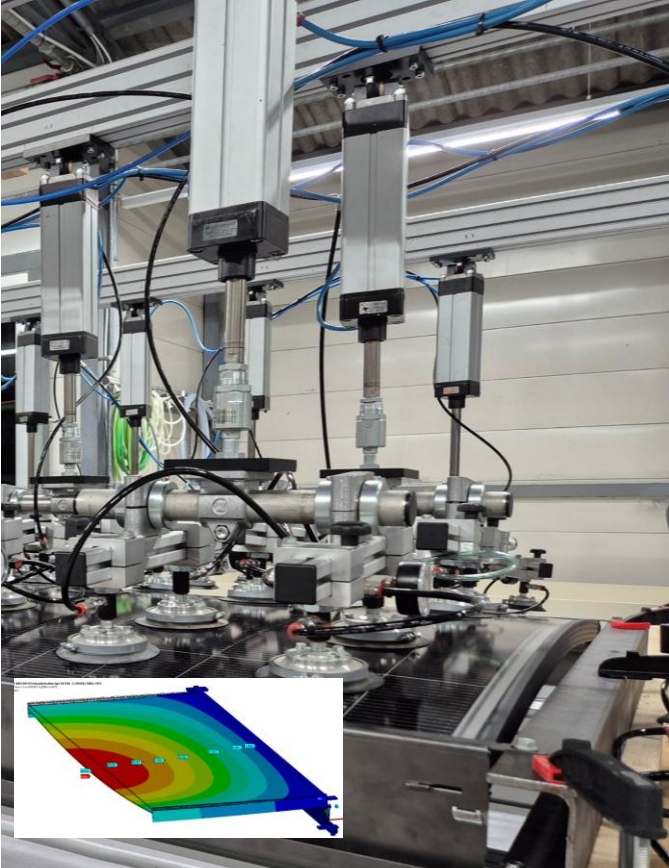
Produktgenerationen, kontinuierliche Entwicklung



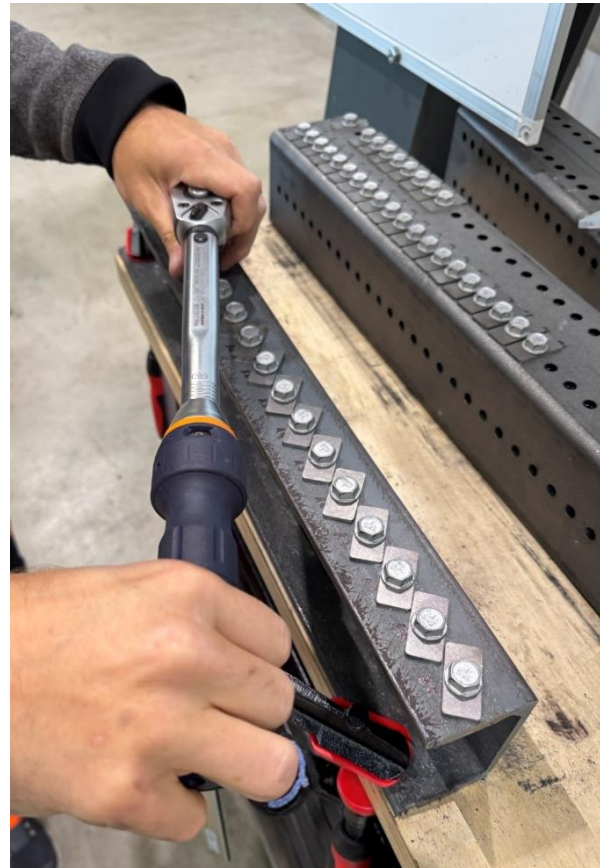
Solarmodulgröße + Alpin
Dynamische Technologieentwicklung

ALPIN QUATTRO
V5 (2026)

Produktgenerationen, kontinuierliche Entwicklung



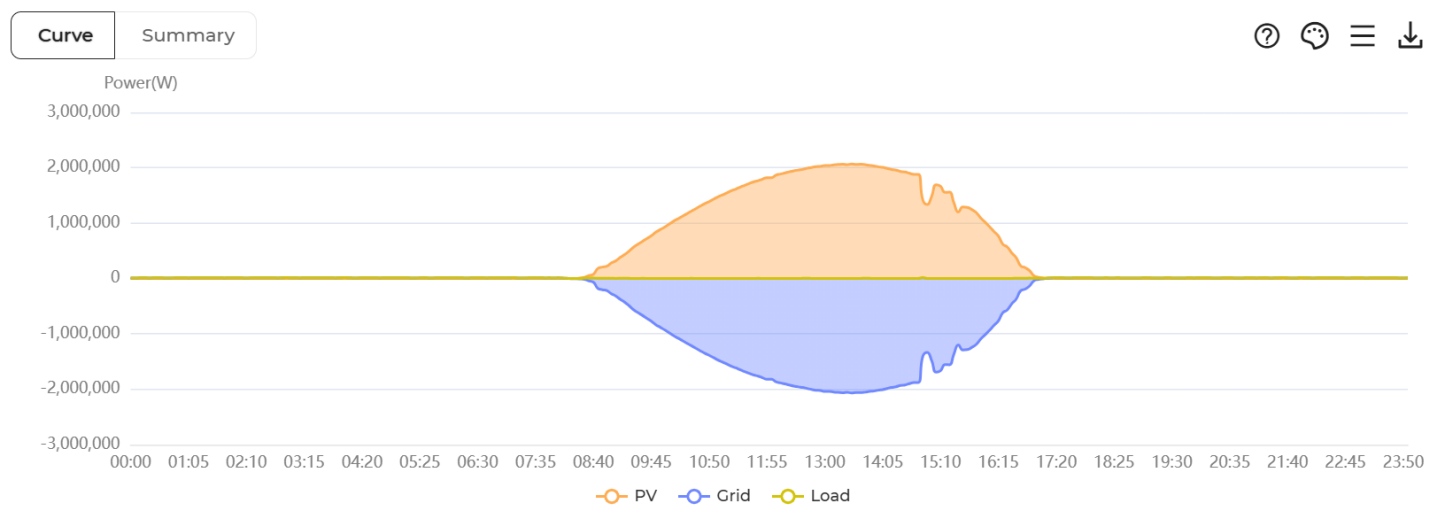
Qualifizierung



Prozessoptimierung



Outdoor Tests







Alpine Freiflächenanlagen

Innovation und hoher Anteil an lokaler Wertschöpfung

-  Solarexpress rollt, wenn auch in reduzierter Grösse
-  Planen & Bauen im alpinen Raum ist herausfordernd & teuer
-  Schafft spannende Arbeitsplätze in Greentech-Bereich, fördert neue Zusammenarbeitsformen
-  Durchgängige, datenbasierte Prozesse für «Planung - Bau – Betrieb» sind zentral und wichtig
-  Starke, entscheidungsfreudige Teams & gute, lösungsorientierte Zusammenarbeit
-  Hoher Wertschöpfungsanteil in Schweiz und Europa, nur ca. 5-8% des CAPEX sind Anteil PV-Module und Wechselrichter.

Herzlichen Dank!
Gemeinsam Pionierarbeit leisten.

Gebündelte Kompetenzen für alpine Freiflächenanlagen

ZENDRA

Ein Joint Venture der X STATIK und REECH
Mit der Systemlösung ALPIN QUATTRO®

www.zendra.ch

Ihr Kontakt:

Andreas Hügli
ahuegli@zendra.ch

Vielen Dank an unsere Kunden, Projektpartner und Unterstützer für die partnerschaftliche und wertschätzende Zusammenarbeit.

ZENDRA