

An aerial photograph of a vast solar farm installed in a high-altitude alpine valley. The solar panels are arranged in neat, rectangular rows across a snow-covered slope. In the background, majestic snow-capped mountains rise against a clear blue sky. The foreground shows a dense forest of evergreen trees, also partially covered in snow. The overall scene conveys a sense of clean energy harnessed in a pristine natural environment.

# **Swiss Solar Express**

## **Digitalisierung in alpinen Höhen**

Marco Graf, InfraDigital AG / ZENDRA AG

# 01

## **Der Solarexpress**

Eine politische Entscheidung

# Beweggründe

Fachkonferenz in Bern  
**«Risiko einer Strommangel-  
lage ist real und gross»**

Im Winter könnte es eng werden in  
der Schweiz. Fachleute des Bundes  
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  
Stufen soll der Stromverbrauch gedrosselt werden

Publiziert: 22.10.2022 um 10:31 Uhr | Aktualisiert: 22.10.2022 um 11:00 Uhr

Kein Strom während zweier Tage: Das  
droht der Schweiz  
der EU  
Nach dem Scheitern  
technischer Massnahmen  
im Notfall  
neue Verträge mit

Die Schweiz auf  
die Stromversorgung  
ante es zu Blackouts

**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.

Cyrill Pinto  
Publiziert heute um 05:11 Uhr

191 |    

# Solarexpress

## Ziel

- ⚡ 2 TWh Zubau an Stromproduktion

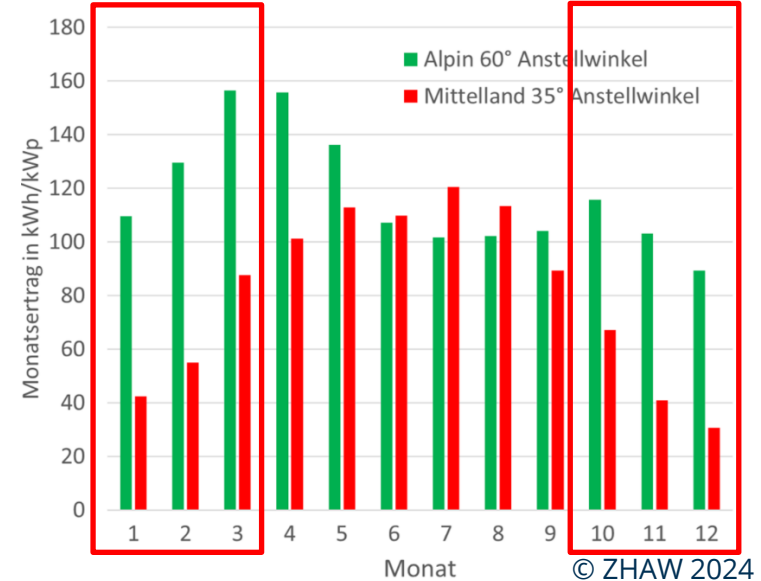
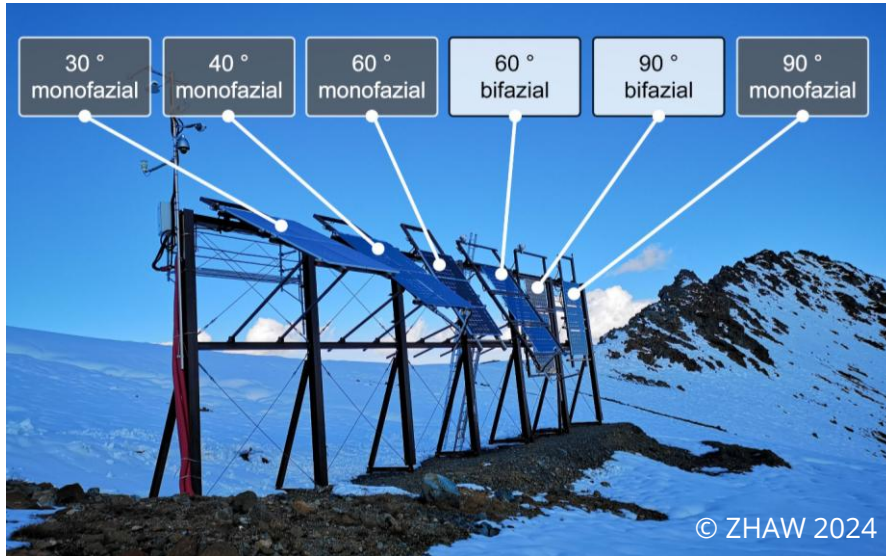
## Bedingungen

- 📅 Zeitnahe Umsetzung: 10 % der Anlage bis Ende 2025 am Netz / Abschluss bis Ende 2030
- ⚡ Anlagengrösse: jährliche Mindestproduktion von min. 10 GWh
- ❄ Winterproduktion: min. 500 kWh pro 1 kWp installierter Leistung
- 🌿 Naturschutz: kein Verbauen von Schutzgebieten (Moore, Biotope, ..) & Fruchtfolgeflächen
- 🛠 Rückbaubarkeit der Anlage muss gegeben sein

## Vorteile

- 🧑 Vereinfachtes Bewilligungsverfahren
- 💰 Einmalvergütung: bis zu 60 % der Investitionskosten

# Warum «alpin»?

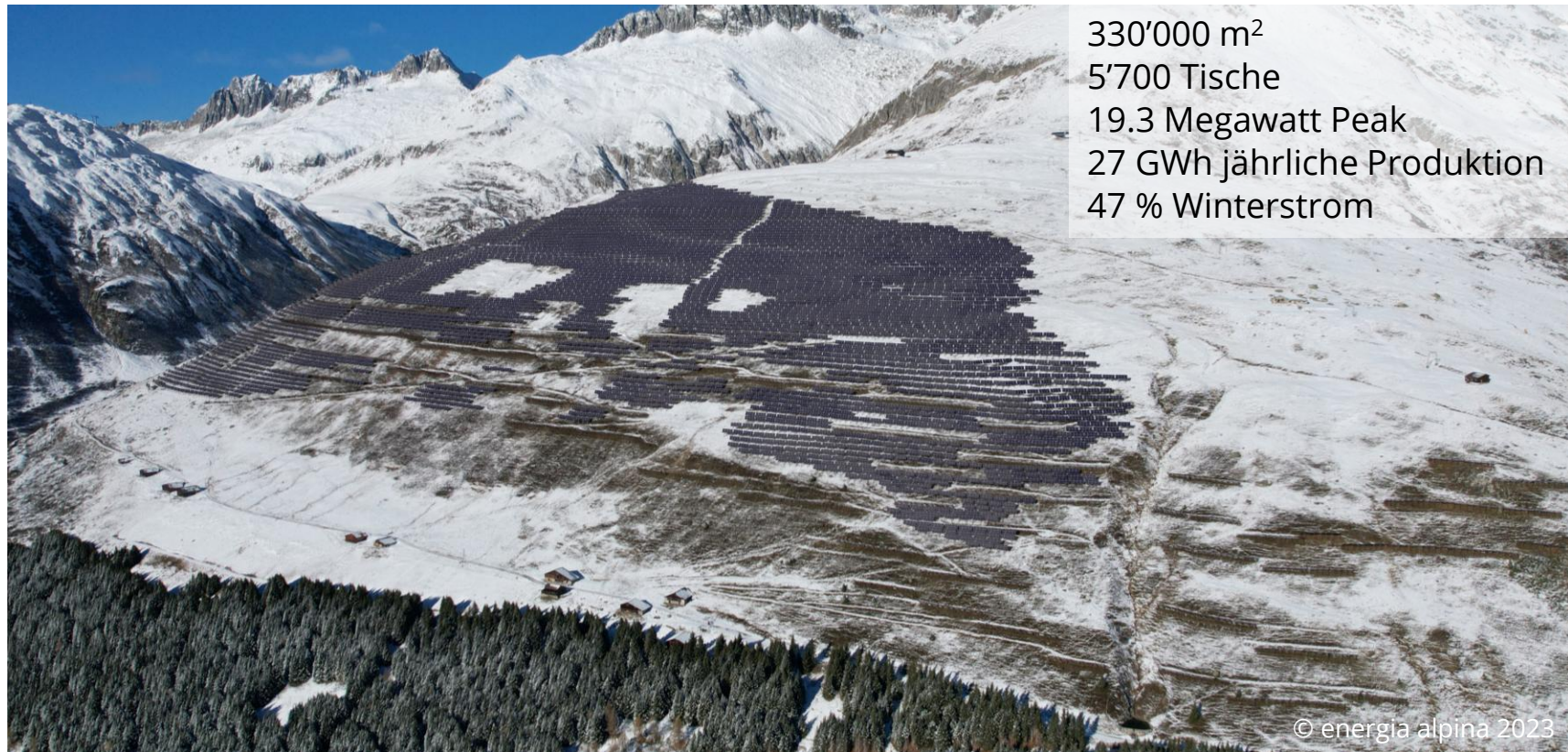


**Faktor 2.3 – 3.6 höherer Winterstromertrag**

# Wie «alpin»?



# Grössenordnungen



# 02

## **Personen & Firmen**

# Marco Graf



- MSc. in Geomatik
- Ingenieurvermessung, Laserscanning, Mobile Mapping
- Seit 2020 Mitinhaber und Geschäftsführer der InfraDigital AG

# InfraDigital AG



- Digitales Bauen im Infrastrukturbau
- Mitarbeitende aus Geomatik, Maschinenbau und 3D-Animation
- Bestandesmodelle, CDE, Koordination, digitale Prozesse und Entwicklung

# ZENDRA

## ZENDRA

**XSTATIK**

**REECH**   
Renewable Energy Solutions

  
INFRA  
DIGITAL

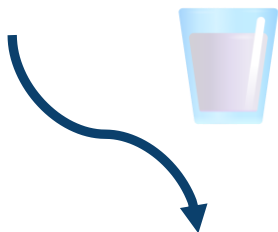
System  ALPIN QUATTRO

ALPIN QUATTRO System

ALPIN QUATTRO Software

Planning Services

# «ZENDRA»



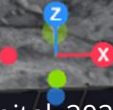
**03**

# Herausforderungen

# Zeitraahmen

Zeit, bis Ende 2025 10 % ans Netz zu bringen

- Standortevaluation
- Zustimmung der Bevölkerung
- Baubewilligung
- Einsprachen
- Planung
- Lieferzeiten
- Bauzeit



# Natürliche Gegebenheiten

- Windlasten
- Schneehöhen
- Kriechschnee
- Lawinen, Steinschläge, Murgänge, ..

# Planung

- Einspeisepunkt
- Materiallogistik
- Schutzgebiete
- Rückbaubarkeit
- **Keine existierende Planungslösung für alpine Solarparks**



# Öffentlichkeit & Akzeptanz

- Verschiedenste Stakeholder & Interessen
- Bevölkerung
- Alpwirtschaft
- Tierschutzorganisationen
- Landschaftsschutz



# Finanzierbarkeit / Rentabilität

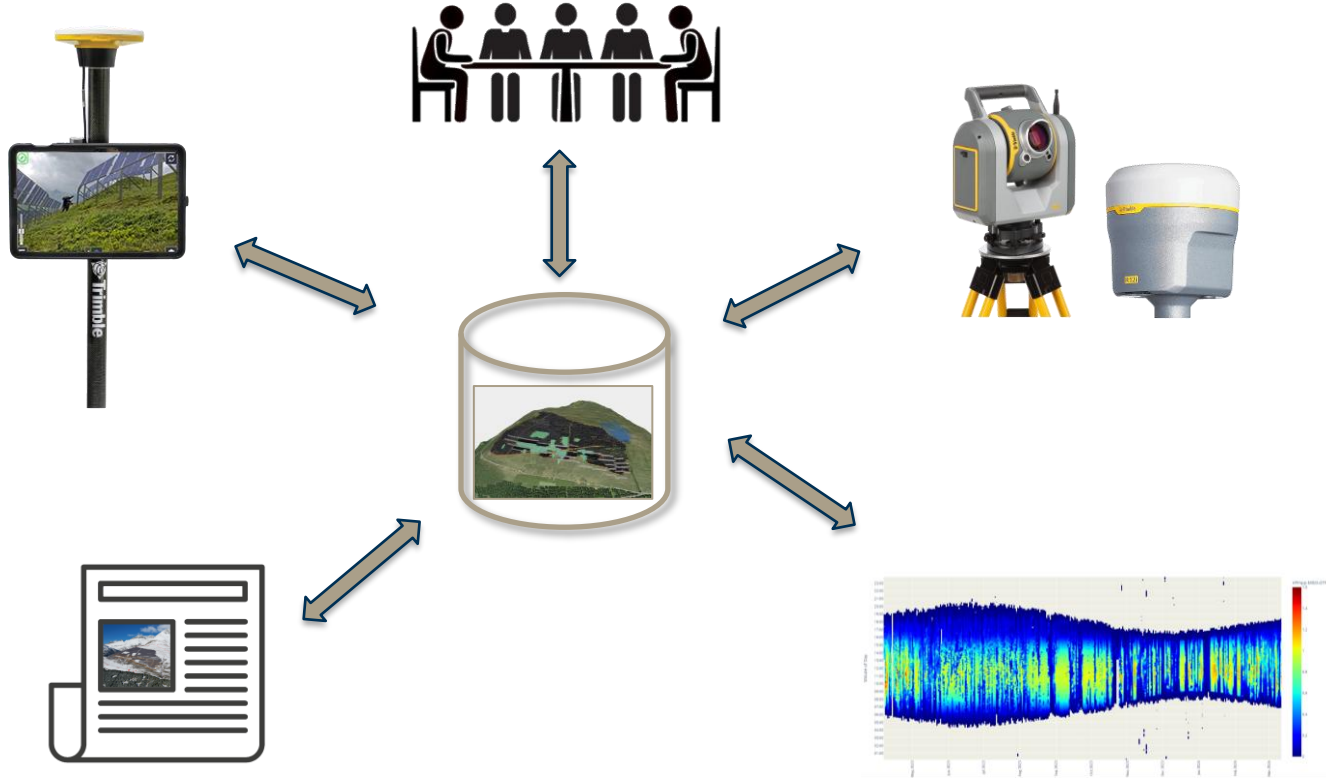
- Installationskosten um ein Mehrfaches höher als im Flachland
- Energiepreisszenarien
- Saisonalität
- Rentabilität ist trotz Förderung eine Herausforderung

# 04

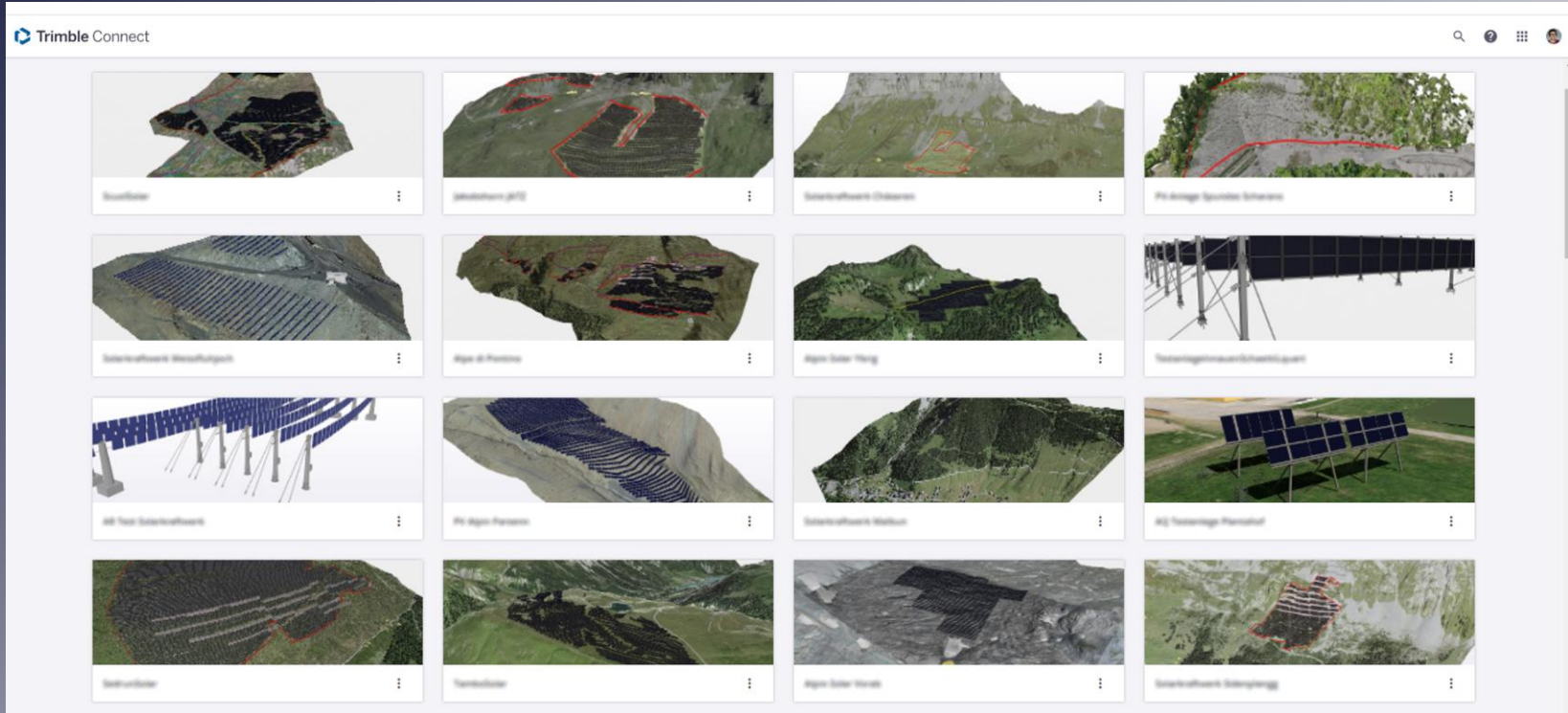
## Lösungsansatz

Für die Standortevaluation

# AQ Digital Twin



# Projektübersicht



# Vorstudie

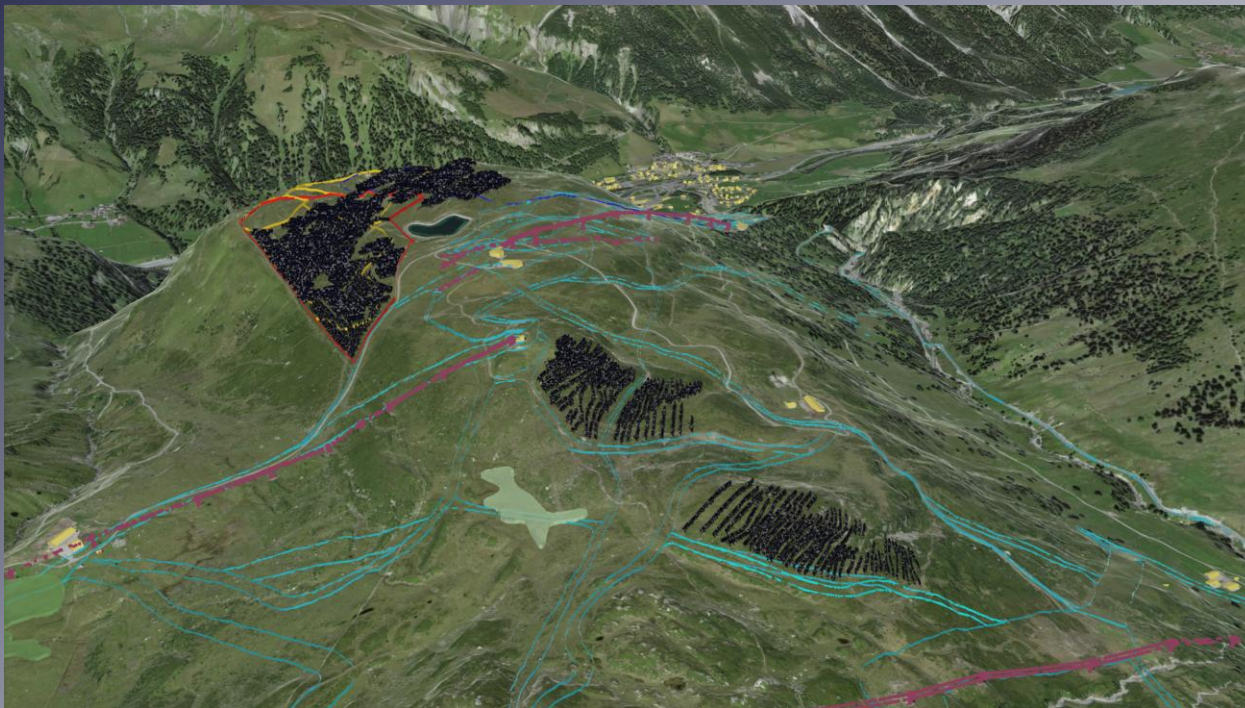
## 1. Nutzung von Open Data

- LiDAR-Daten swissSURFACE3D
- Luftbilddaten SWISSIMAGE
- Gebäudemodelle swissBUILDINGS3D
- GIS-Daten unterschiedlichster Quellen
- Anlagenspezifische Daten (Lawinenschutzverbauungen, Murmeltiere, Quellschutz, ..)
- Anlagenperimeter



# Vorstudie

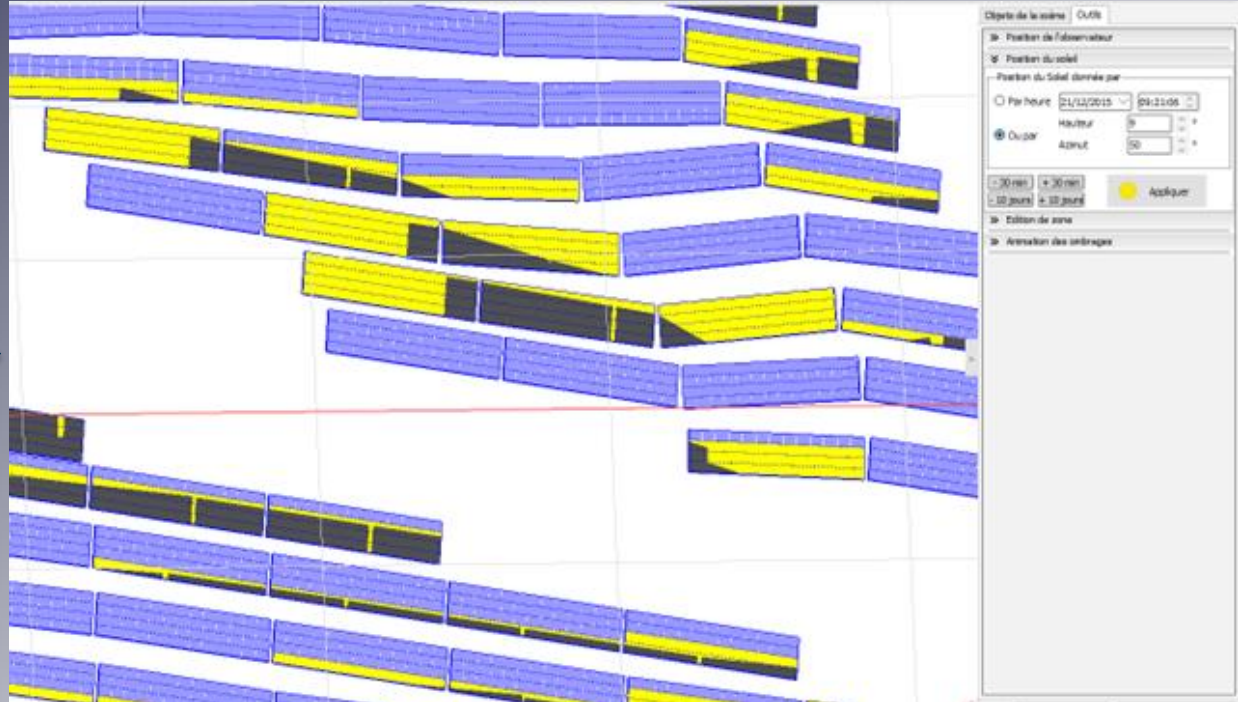
## 2. Layout Potenzialabschätzung



# Vorstudie

## 3. Simulation des PV-Potenzials

| xhucc7                                                                                |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|
| LINestring Z (2697244.979, 1168685.709, 1985.924, 2697247.123, 1168688.537, 1983.279) | ☆ |
| Traegerpfad_links_m                                                                   | ☆ |
| 3.811                                                                                 |   |
| Traeger_links_m                                                                       | ☆ |
| 4.5                                                                                   |   |
| String_Pos                                                                            | ☆ |
| 1                                                                                     |   |
| Nord_m                                                                                | ☆ |
| 1168683.116                                                                           |   |
| Stuetze_rechts_m                                                                      | ☆ |
| 4.077                                                                                 |   |
| Rechenmodell_Config_Hash                                                              | ☆ |
| da3109360778ea0256bf8810a0af0ba2                                                      |   |
| Hilfsanker_rechts_P                                                                   | ☆ |
| NA                                                                                    |   |
| Traeger_rechts_m                                                                      | ☆ |
| 4.5                                                                                   |   |
| Stuetze_links_L                                                                       | ☆ |
| LINestring Z (2697244.979, 1168684.171, 1985.924, 2697243.675, 1168687.070, 1983.213) |   |
| Hilfsanker_rechts_L                                                                   | ☆ |
| NA                                                                                    |   |
| Stuetze_links_P                                                                       | ☆ |
| POINT (2697243.675, 1168687.070, 1983.213)                                            | ☆ |



# Vorstudie

## 4. Trimble SiteVision (AR)



# 05

## Geodaten

für die Ausführungsplanung

# Ziel

## Das “perfekte” Layout

-  Maximierung der Produktion
-  Sicherstellung der strukturellen Stabilität
-  Minimierung von Produktionsverlusten
-  Minimierung der Baukosten

## ..unter:

- .. Berücksichtigung der Terrain-Charakteristik
- .. Einhaltung der Systemgrenzen des Tischsystems (Baubarkeit)
- .. wandelnden Projektbedingungen

→ **aktuelle, genaue & detaillierte (Geo-)daten**

# Helimap

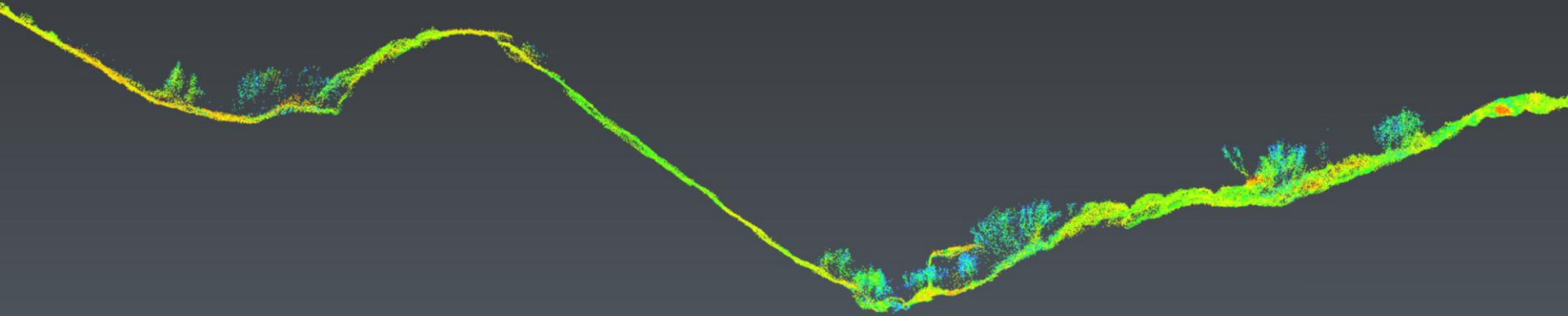


© Sixsense Helimap SA 2024

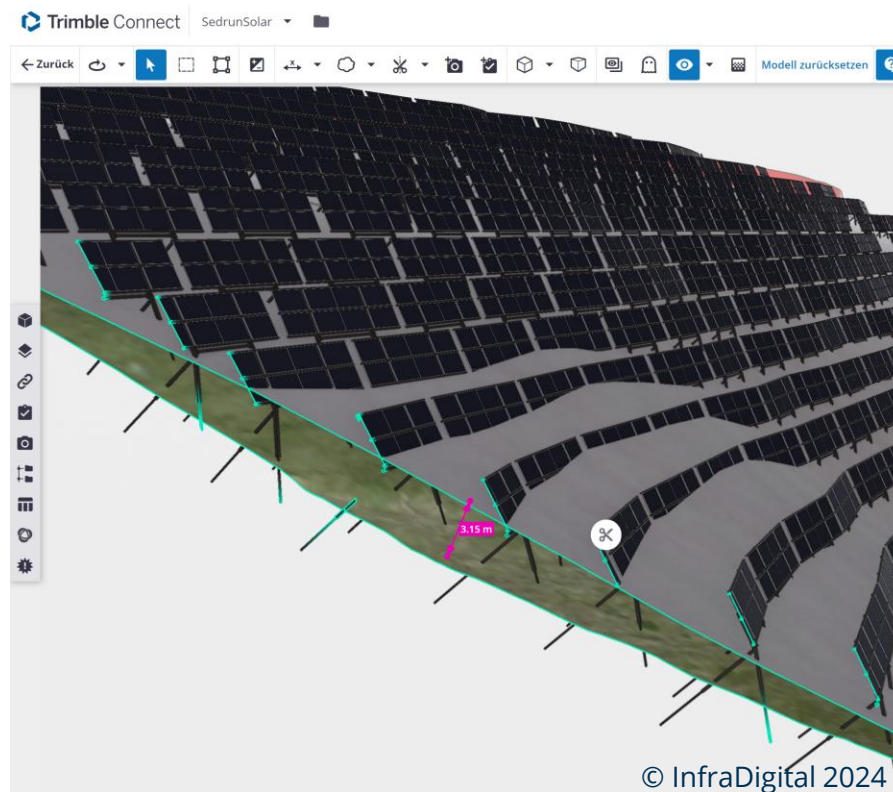
**Orthofoto 2 cm**



# Aerial LiDAR



# Schneehöhenmessungen



# 06

## Planungslösung

Ausbalancieren der Planungsparameter

# Harte Bedingungen

 **Terrain:** muss respektiert werden, keine Massenbewegungen

 **Schneehöhen:** Schadenspotenzial und Produktionsverlust

 **Tischdimensionen:** Tische müssen baubar sein

 **Ausschlusszonen:** Flora & Fauna muss geschützt werden

↔ **Tischabstände:** Minimale Reihen- und Tischabstände



# Zielkonflikt

Beide Lösungen

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

→ welche soll man wählen?



# Kostenanalyse

## Materialkosten

- Durch die Tischstruktur verursachte Kosten
- Material für Beinverlängerungen, statisch unterstützende Elemente, Verankerungen, ..

## Baukosten

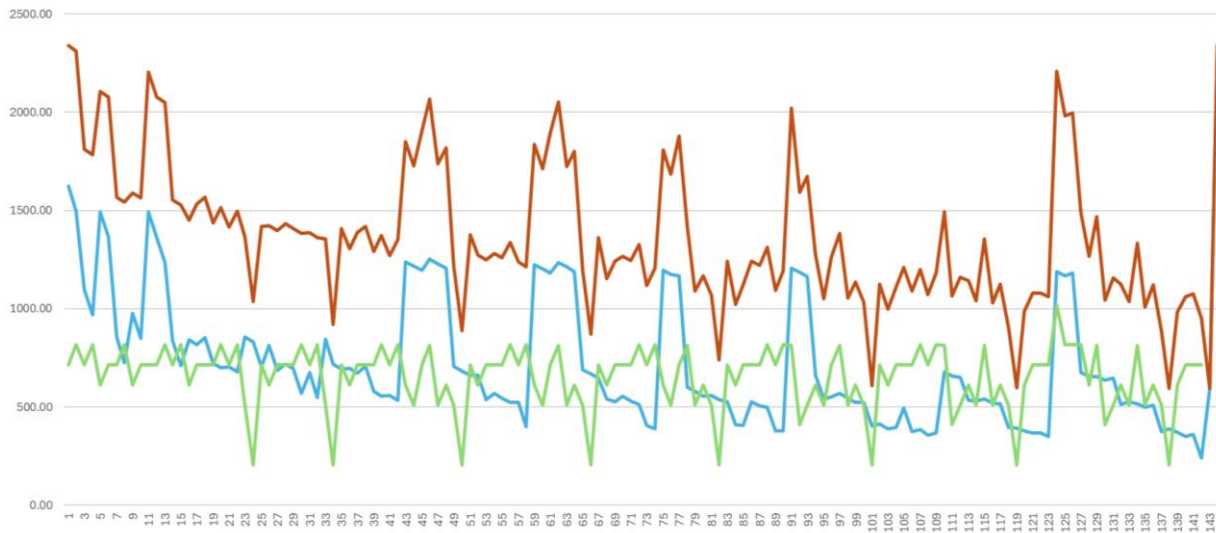
- Grab- und Bohrkosten

## Verlustkosten

- PV-technisch suboptimale Bedingungen

# Resultat

Material &  
Baukosten  
+  
Verluste  
=  
Gesamtkosten





# Modellbasierte Zusammenarbeit

Trimble Connect

Back | [Navigation Icons] | Reset model | [Settings Icon]

**ToDo's**  
All ToDo's in project

Group by: No grouping

6 selected | [Selection Icons] | Change visibility

**SEDR-201**  
Wieder 2x3, oder unten +2 Tische?

☒ Mark as closed

**Details**

Description  
möglich wäre beides

Due date  
2025-02-14

Priority  
Normal

Status  
New

Completion %  
...

Assignees (2)  
Philip Racine | Jonathan Senn

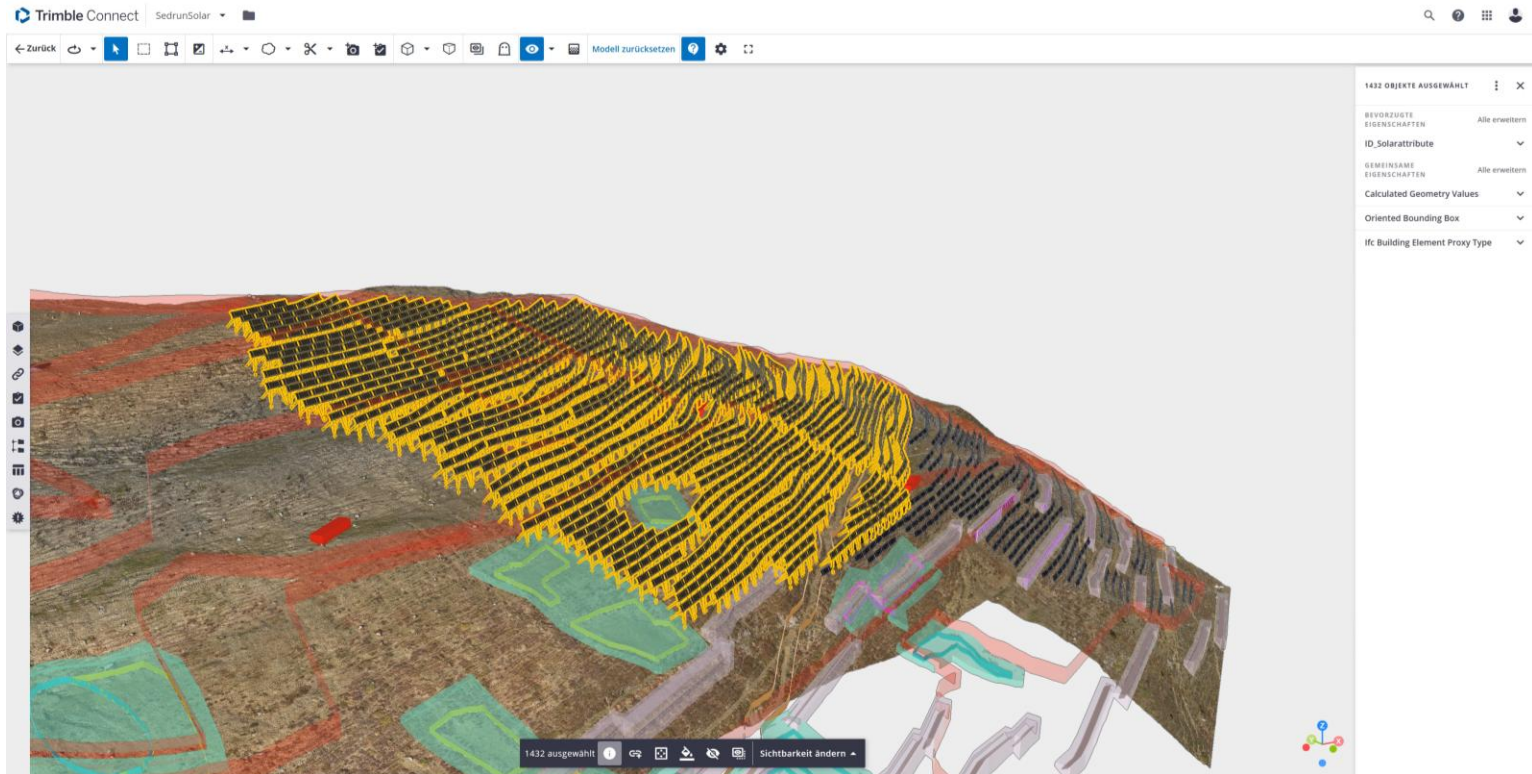
Type  
Undefined

Created  
2025-02-14 by Jonathan Senn

Modified  
2025-02-14 by Jonathan Senn

+ Add a comment...

# Elektrische Planung in Connect

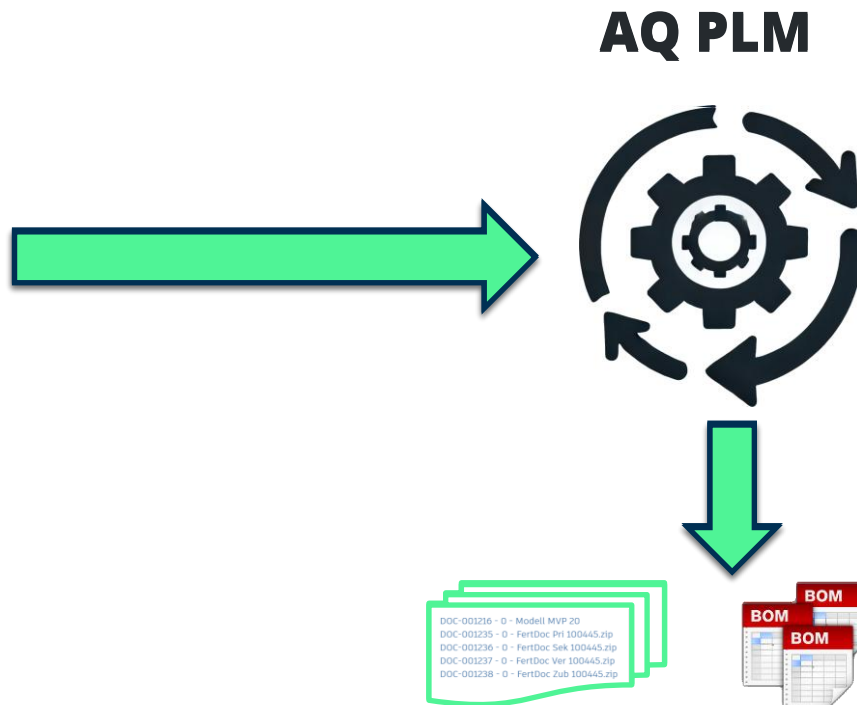
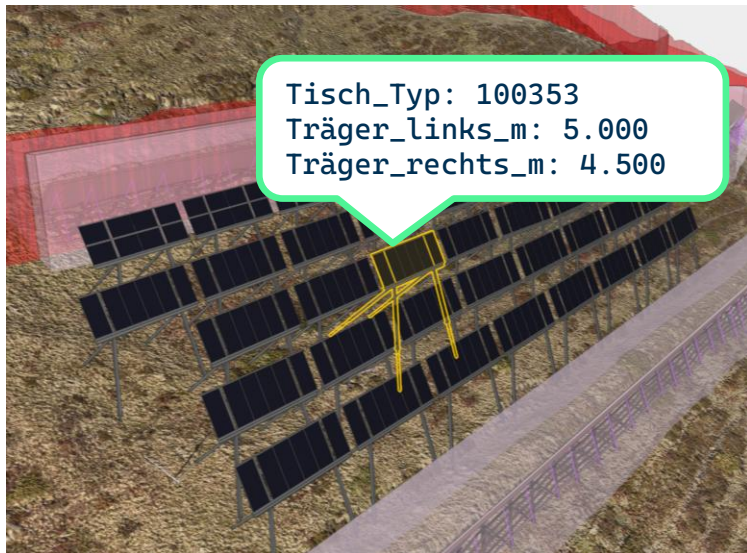


# 07

## **Beschaffung & Produktion**

in industriellem Massstab

# Stücklistengenerierung

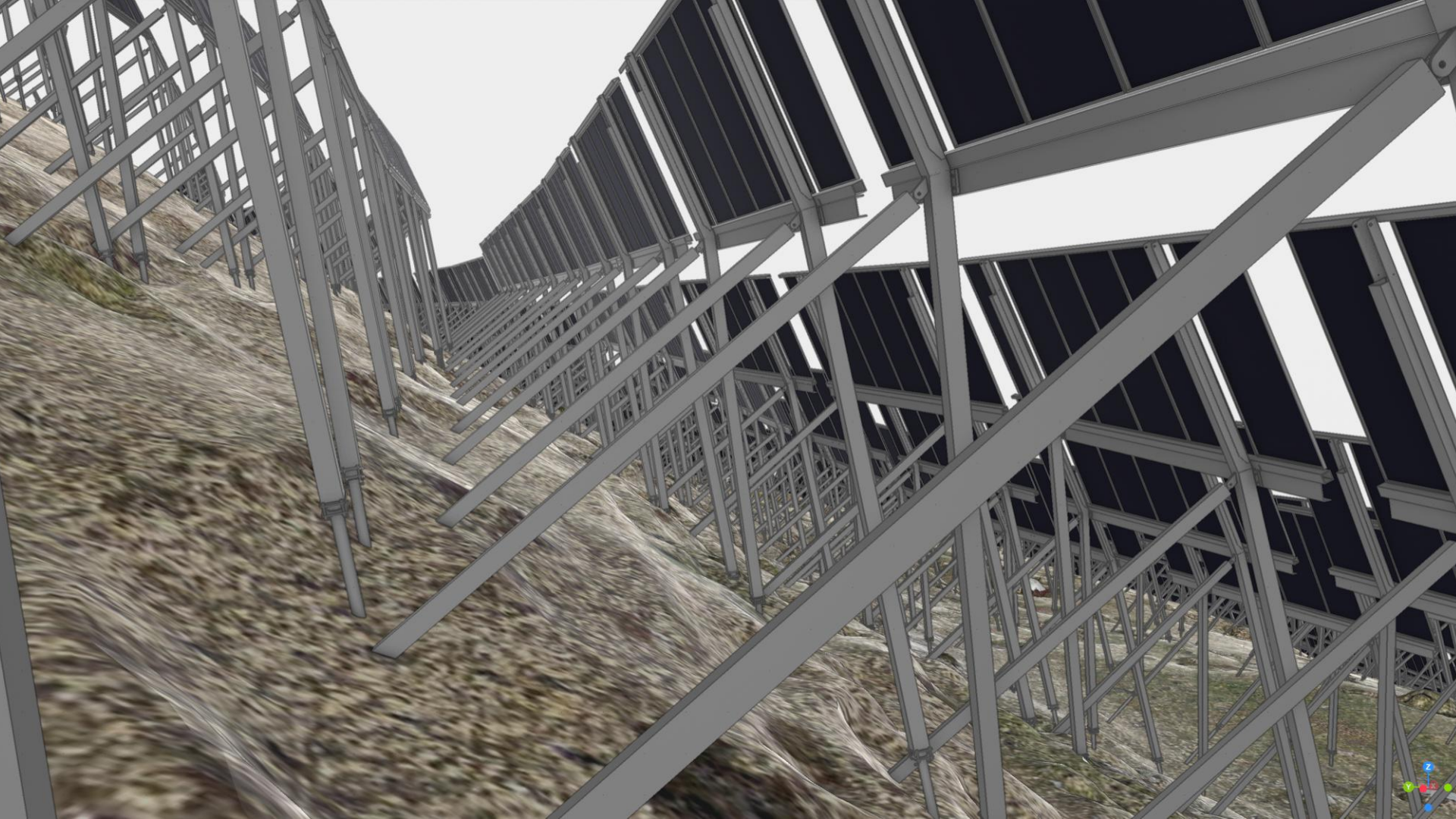


42

# 08

## Bau

mit digitaler Unterstützung



# Datengrundlage

Trimble Connect SedrunSolar

← Zurück ↻ 🔍 📏 📐 📊 📋 📌 📍 📎 📏 📐 📊 📋 📌 📍 📎 Modell zurücksetzen

1 ausgewählt Sichtbarkeit ändern

Inhalt anzeigen für: Alle Objekte

GRUPPIEREN NACH: GUID

|   | GUID       | Anz... | Traeger_links_L             | Traeger_links_P             | Traeger_rechts_L            | Traeger_rechts_P            | Stuetze_links_L             | Stuetze_links_P             | Stuetze_rechts_L            | Stuetze_rechts_P            |
|---|------------|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| > | 8iez6a (1) | 1      | LINESTRING Z (2697237.64... | POINT (2697237.259,11686... | LINESTRING Z (2697242.05... | POINT (2697243.203,11686... | LINESTRING Z (2697237.59... | POINT (2697236.283,11686... | LINESTRING Z (2697242.00... | POINT (2697240.734,11686... |
| > | 9zxeyp (1) | 1      | LINESTRING Z (2697235.42... | POINT (2697235.091,11686... | LINESTRING Z (2697238.66... | POINT (2697239.746,11686... | LINESTRING Z (2697235.36... | POINT (2697234.006,11686... | LINESTRING Z (2697238.60... | POINT (2697237.386,11687... |
| > | bxi988 (1) | 1      | LINESTRING Z (2697215.83... | POINT (2697215.458,11686... | LINESTRING Z (2697220.24... | POINT (2697221.374,11686... | LINESTRING Z (2697215.78... | POINT (2697214.588,11686... | LINESTRING Z (2697220.19... | POINT (2697219.014,11686... |
| > | ep5mrh (1) | 1      | LINESTRING Z (2697233.20... | POINT (2697232.818,11686... | LINESTRING Z (2697237.57... | POINT (2697238.749,11686... | LINESTRING Z (2697233.15... | POINT (2697231.734,11686... | LINESTRING Z (2697237.52... | POINT (2697236.138,11686... |
| > | gbrxjn (1) | 1      | LINESTRING Z (2697230.09... | POINT (2697229.757,11686... | LINESTRING Z (2697234.44... | POINT (2697235.624,11686... | LINESTRING Z (2697230.04... | POINT (2697228.488,11686... | LINESTRING Z (2697234.39... | POINT (2697232.866,11686... |
| > | gcc9ts (1) | 1      | LINESTRING Z (2697237.35... | POINT (2697236.935,11686... | LINESTRING Z (2697241.82... | POINT (2697242.948,11686... | LINESTRING Z (2697237.30... | POINT (2697235.924,11686... | LINESTRING Z (2697241.77... | POINT (2697240.444,11686... |

## Absteckungselemente

# AQ Field App

The screenshot displays the AQ Field App interface. On the left is a blue sidebar menu with the following items: 'Projekt AlpinQuattro', 'Job 20240815', 'Favoriten', 'Job-Daten', 'AlpinQuattroField', three 'Absteckung' entries with yellow robot icons, 'Instrument', 'Einstellungen', 'Hilfe', 'Info', and 'Exit'. The top status bar shows the time (14:30), date (18/09), battery levels (62% and 48%), signal strength, and a Trimble 360 sensor. The main map area shows a 3D perspective view of a construction site with black rectangular structures. A red label 'n7ok2v' is overlaid on the map. A scale bar indicates 5m. The right-hand panel is titled 'Absteckung' and contains a star icon, a text input field for 'Tisch Nr. n7ok2v', a 'Messen Tisch' button, and sections for 'Abstecken links' and 'Abstecken rechts', each with 'Terrain', 'Bohrer', and 'Kugel' buttons. The bottom of the screen has a dark bar with 'Esc', 'Exit', and 'Ende' buttons.

# Vermessung



# AR in der Umsetzung





# SiteVision



Querprofil



© InfraDigital AG 2024

# Realität



© ZENDRA AG 2024

# Muntaniala



## Alpine Bohrlösung



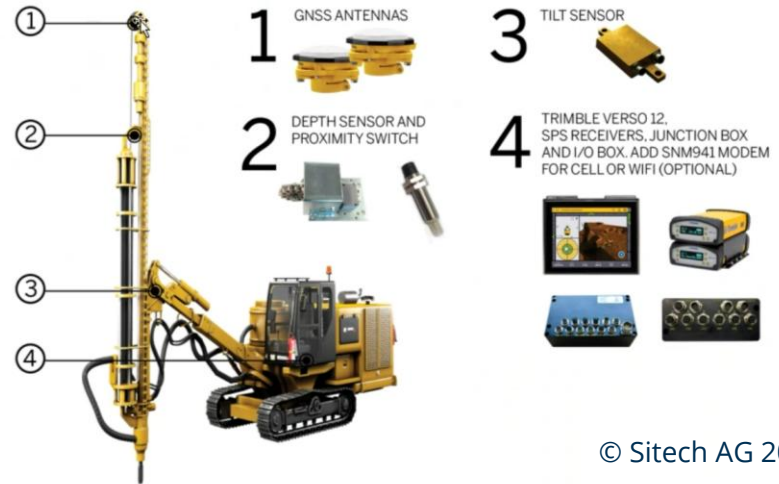
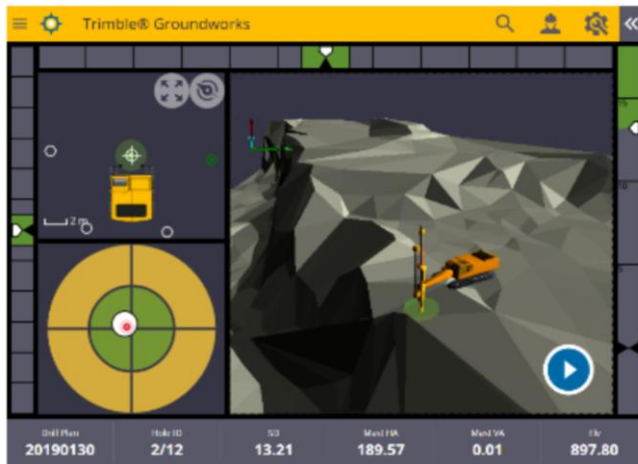
© CrestaGeo AG 2024



© CrestaGeo AG 2024

# Muntaniala

## Maschinensteuerung



© Sitech AG 2024

# 09

## **Betrieb und Unterhalt**

Am digitalen Zwilling

# Lebenszyklusdaten



## Seriennummern

- Rückverfolgbarkeit
- Garantiefälle
- Seriennummern von Komponenten und Bauteilen



## Digitale Inbetriebnahme

- Regulatorische Anforderungen
- Messprotokolle
- Akzeptanztests



Systemlösung ALPIN QUATTRO®



## Bohrprotokolle

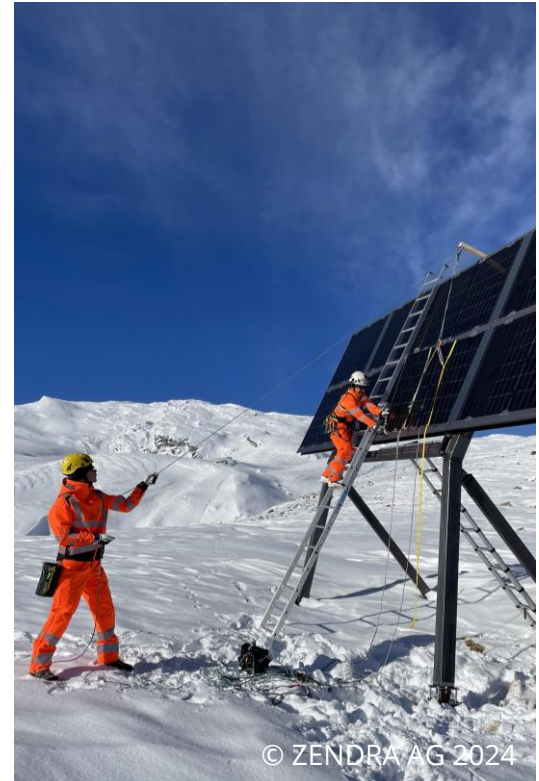
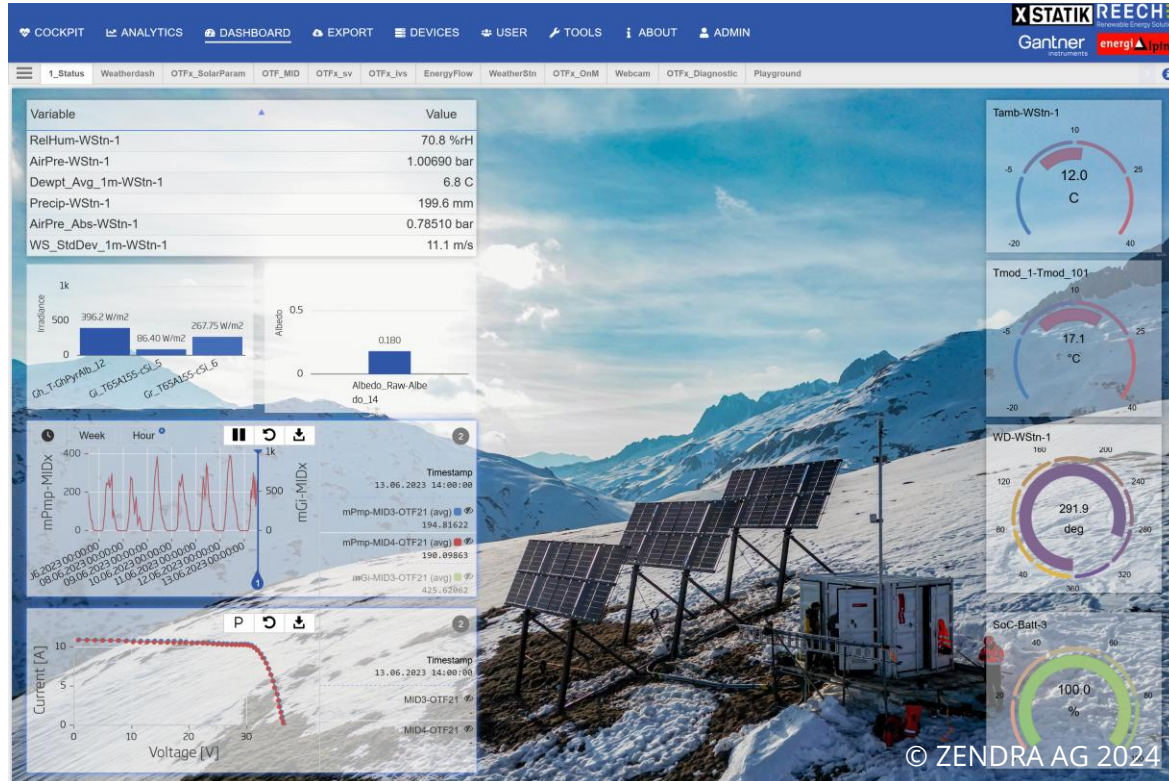
- Qualitätskennwerte
- Anlagendokumentation
- Vermeidung von analogen Daten
- Referenzierung zu Tisch-Individuum



## Betriebsdaten

- Monitoring und Power Plant Control
- Asset Management
- Produktablösung, Wiederbeschaffung
- Repowering

# Betriebs- und Wartungsphase



# Erkenntnisse

-  Planen & Bauen im alpinen Raum ist herausfordernd
-  Digitale Lösungen & Daten sind essenziell für Projekte in diesem Massstab
-  Fehler sind sehr kostenintensiv – modellbasierte Zusammenarbeit vermeidet Fehler
-  Fusion industrieller Produktion mit dem Bau ist entscheidend
-  Offene Datenformate und Datendurchgängigkeit ermöglichen vielseitige Nutzungen
-  Trimble-Lösungen unterstützen den gesamten Prozess

# Fragen & Kontakt

Marco Graf

