

Diplomarbeit

Autor ***Mettler Mark***
Abteilung ***Techniker HF / Energie und Umwelt***
Fachgebiet ***Energieerzeugung***
Thema ***Projektierung PV-Anlage***



Diplomlehrer **S. Ryf**
Prüfungsexperte **A. Bösiger**
Startdatum **09. September 2024**
Abgabedatum **04. November 2024**

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Management Summary	5
3	Beruflicher Lebenslauf	7
4	Qualifikationsprofil	9
5	Projektinitialisierung	11
5.1	Themeneingabe	11
5.2	Pflichtenheft	12
5.3	Organigramm	16
5.4	Zielscheibe	17
5.5	Stakeholder-Analyse	18
6	Projektplanung	19
6.1	Projektstrukturplanung	19
6.2	Projektablaufplanung	20
6.3	Meilensteine	21
6.4	Risikoanalyse	22
6.5	Eignungsanalyse	24
6.6	Dachausrichtung	24
6.6.1	Südausrichtung	25
6.6.2	Südwest/Südostausrichtung	25
6.6.3	Ost-Westausrichtung	25
6.7	Dachart	26
6.7.1	Zustand des Daches	26
6.7.2	Dachlast	26
6.7.3	Montagesystem	27
6.8	Verschattung	27
6.9	Sonnenpotenzial	28
7	Projektrealisierung	29
7.1	Offerte	29
7.2	Drohnenaufnahmen	30
7.2.1	Vorbereitung auf den Drohnenflug	31
7.2.2	DJI GO 4:	31
7.2.3	Pix4D capture:	32
7.2.4	Ausmessung im 3D-Model	33
7.3	Sketch Up Model	34
7.4	Modulldesign	36
7.4.1	Arbeit im Modulldesign	37
7.4.2	Datenblätter	39
7.5	Bauplan	43

7.5.1	Meldeformular für Solaranlagen.....	44
7.5.2	Baugesuch.....	45
7.5.3	Pronovo AG.....	45
7.6	Strangplan.....	46
7.6.1	Strings.....	47
7.6.2	Maximum Power Point Tracking (MPPT).....	47
7.6.3	Bedeutung der MPPT-Zahlen.....	48
7.7	Elektroprinzipschema.....	49
7.7.1	Aufbau des Elektroprinzipschemas.....	50
7.7.2	Symbole im Elektroprinzipschema.....	50
7.7.3	Ticket-System der CKW.....	52
7.7.4	Antrag TAG und IA.....	53
7.7.5	Zweck des TAG's.....	56
7.7.6	Zweck der IA.....	56
7.8	Gerüstplan.....	57
7.8.1	Externer Gerüstbauer.....	58
7.9	Dachhakenpläne.....	59
7.9.1	PV-Planung im K2 Base.....	61
7.10	Wechselrichter Disposition.....	64
7.10.1	Platzierung Wechselrichter und Installation.....	65
7.10.2	Hauptverteilung.....	65
7.10.3	Sicherungen und Smart-Meter.....	66
7.11	Feuerwehrplan.....	67
7.11.1	Sicherheit der Feuerwehr.....	68
7.12	Zuweisung des Montage-Teams im PEP.....	69
7.13	Material-Bestellung.....	70
7.14	Anfrage Transportunternehmen.....	72
7.15	Einblick in die Bauphase.....	73
7.16	SWOT – Analyse.....	74
7.17	Risiko - Analyse.....	74
7.18	Solar Manager App.....	76
7.19	Nachkalkulation (NAKA).....	77
8	Projektabschluss.....	78
8.1	Reflexion Weg zum Ziel.....	78
8.2	Lessons learnt.....	79
8.3	Ausblicke.....	80
9	Eigenständigkeitserklärung.....	81
10	Evaluation der Zielerreichung.....	82
11	Verzeichnisse.....	83

11.1	Abkürzungsverzeichnis	83
11.2	Abbildungsverzeichnis	84
11.3	Tabellenverzeichnis	85
11.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	86
12	Anhang.....	88
12.1	Projektstatusberichte.....	88

2 Management Summary

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema Projektierung der PV-Anlage der Familie Frei.

Ausgangslage

Herr Kevin Frei ist in meinem Arbeitsbetrieb einer meiner Vorgesetzten und in dieser Arbeit gleichzeitig mein Fachexperte und Kunde. Aktuell bin ich als Junior-Projektleiter angestellt und möchte im kommenden Jahr zum Projektleiter ernannt werden. Kevin möchte in diesem Jahr für sein Haus eine PV-Anlage realisieren. Da er erst aber kürzlich Vater geworden ist, sind seine Prioritäten natürlich ganz wo anders. Unter Rücksprache mit ihm, haben wir uns darauf geeinigt, dass ich die Projektierung seiner PV-Anlage übernehmen werde und er als Betreuer fungieren wird. Mit dieser Diplomarbeit möchte ich aufzeigen, wie die Firma CKW Egerkingen AG eine PV-Anlage projektiert und die nötigen Massnahmen umsetzt. Sie werden auf detaillierte Baupläne treffen, die den Grundbaustein für die Umsetzung der Anlage sind. Das Ziel ist es mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Kevin die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.

Vorgehen

Es werden detaillierte Baupläne der zu behandelte Liegenschaft aufgezeigt. Zudem wird auf eine logische Aufbaustruktur geachtet mit der nötigen Erläuterung des jeweiligen Projektschrittes. Sie werden in den Genuss kommen einen kompletten Projektprozess aufzufinden und zu sehen, wie ein Projektleiter der Firma CKW eine Solaranlage fachkorrekt projektiert. Es werden mögliche Risiken gezeigt, die beim Bau der Anlage entstehen können und wie diese vermieden werden können. Ebenfalls werden sie wichtige Schnittstellen der Projektierung sowie die notwendigen Gesuche, Anträge und Projekt Unterlagen erblicken.

Ergebnisse

Der Klimawandel wird mit jedem Jahr spürbar stärker. Für mich ist es umso schöner einen Beitrag leisten zu können, um diesem Effekt entgegenzuwirken. Eine Solaranlage ist eine erneuerbare Energiequelle und stösst somit keine Emissionen in die Atmosphäre aus. Durch die Sonne haben wir eine riesige Energiequelle, die man sich meiner Meinung nach zu Nutze machen sollte. Genau aus diesem Grund bin ich seit Januar 2024 in der Solar-Branche tätig und möchte mich dementsprechend weiterentwickeln. Damit ich die Anlage von Herrn Frei überhaupt projektieren kann, musste ich im Vorfeld Drohnensbilder des Gebäudes machen und das Gebäude in einem CAD-Programm aufzeichnen. Mit der Modellierung des Gebäudes, lassen sich die notwendigen Baupläne erstellen, die das Montage-Team in der Realisierung Phase benötigte. Die wichtigsten Pläne, die ich erstellen musste, sind das Modullayout, Bauplan, Strangplan, Elektroprinzipschema, Gerüstplan, Dachhackenplan, Wechselrichter Disposition und den Feuerwehrplan. Natürlich gibt es noch andere wichtige Pläne, die aber nicht dem Montage-Team abgegeben wurden, sondern als Anträge an externe Partner weitergeleitet wurden, oder Gesuche, die der zuständigen Baubehörden übergeben wurden, die unsere Anlage bewilligten oder ablehnten. Als Projektleiter trägt man die Hauptverantwortung eines Projekts und arbeitet mit allen Schnittstellen bilateral zusammen, was in dieser Arbeit ebenfalls aufgezeigt wird. Nach den erstellten Plänen musste das benötigte

Material bestellt werden und in unserer Logistik-Software «SAP» hinterlegt werden. Unser Lager-Chef bereitete das benötigte Material vor und koordinierte den Transport von unserem Lager zu der Baustelle. Während dieser Zeit ist es meine Aufgabe den Kunden auf dem aktuellen Stand zu halten und einen regelmässigen Kundenkontakt zu garantieren. Wenn alle Pläne erstellt sind, das Material bestellt ist und der Baustart-Termin mit dem Kunden, den externen Partnern, der Elektro-Abteilung und unserer Logistik-Abteilung definiert ist, startete die Bauphase. In der Bauphase lag es in meiner Verantwortung regelmässige Qualitätskontrollen durchzuführen, Rücksprache mit dem Montage-Team zu nehmen und natürlich den Kundenkontakt zu gewährleisten, um auf allfällige Probleme reagieren zu können. In der Abschlussphase wurde die Inbetriebnahme der Wechselrichter erstellt und der Sicherheitsnachweis sowie die Mess- und Prüfprotokolle durchgeführt. Als krönender Abschluss wurde mit dem Kunden auf seinem Smartphone die App «Solar Manager» installiert. Mit dieser App kann der Kunde die gesamte Produktion und den Energieverbrauch seiner Anlage überwachen und steuern. Die Familie Frei besitzt nun eine Solaranlage mit einer Leistung von 42,3 kWp und profitiert in Zukunft von niedrigeren Stromeinkaufskosten und einem reinen Gewissen, nicht mehr abhängig von fossilen Energieträgern zu sein.

Ausblick

Familie Frei ist mit ihrer neuen Solaranlage zufrieden und plant bereits die nächsten Schritte. In nicht allzu ferner Zukunft möchten sie noch einen Batteriespeicher installieren, um überschüssigen Solarstrom zu speichern. Aus diesem Grund haben wir bereits jetzt zwei Wechselrichter installiert, wovon einer ein Hybrid-Wechselrichter ist, der kompatibel mit einem Batteriespeicher ist. Wenn sich die Familie Frei dazu entschliesst die Nachrüstung zu starten, steht bereits eine provisorische Offerte bereit, die man dann in einer Besprechung detailliert ausarbeiten kann.

3 Beruflicher Lebenslauf

Personalien:

Name und Vorname: Mettler Mark
Adresse: Steinhölzlistrasse 14
PLZ/Ort: 4563 Gerlafingen
E-Mail: mark@gawnet.ch
Geburtsdatum: 10.02.2001



Berufserfahrung:

2024 – heute 80 % Pensum Fachspezialist Solartechnik
CKW Egerkingen AG, Egerkingen

2021 - 2023 80 % Pensum Montage-Elektriker EFZ
CKW Hägendorf AG, Hägendorf

2019 - 2021 100 % Pensum Montage-Elektriker EFZ
Späti Elektro Anlagen AG, Gerlafingen

2016 – 2019 Lehre als Montage-Elektriker EFZ
Späti Elektro Anlagen AG, Gerlafingen

Weiterbildung / Kurse:

2021 – 2024 Dipl. Techniker HF Energie und Umwelt

2024 Drohnenpilot Kategorie A1, A2, A3

2023 Hubarbeitsbühnen–Bediener

2022 PSA gegen Absturz

2020 Berufsbildner in Lehrbetrieben gemäss Art. 44 Abs. 2 der Verordnung über die Berufsbildung

Tätigkeiten:

- Unterstützung bei der Kalkulation und Planung von Solartechnik-Projekten
- Erstellung von Projektabläufe und Erarbeitung von Logistikkonzepte sowie technische Dokumentationen
- Nacherfassung von Kundenaufträgen und Abfragen der Kundenzufriedenheit, telefonisch oder schriftlich
- Verwaltung des firmeninterne Kalkulations- und Kundenmanagementtool (CRM)
- Unterstützung bei Vergabe- und Werkvertragsverhandlungen und Koordination der internen Ressourcen

Sprachen:

Deutsch	Muttersprache
Französisch	Schulkenntnisse im 7. Jahr
Englisch	Schulkenntnisse im 7. Jahr
Italienisch	Schulkenntnisse im 8. Jahr

IT-Kenntnisse:

MS-Word	Gut
MS-Excel	Gut
MS-Power-Point	Sehr gut

Interessen:

Schützenmeister SV Luterbach SO

Wandern

Camping

4 Qualifikationsprofil

Qualifikationsprofil

Dipl. Techniker HF, Energie und Umwelt

<p>Unternehmens- und Führungsprozesse gestalten und verantworten (A1)</p>	<p>Aufgrund von Unstimmigkeiten zwischen einem Monteur und einem Lehrling betreffend einer Lampenschienen-Montage entstand ein lautstarker Konflikt. Als Bauleiter griff ich in die Situation ein und forderte beide Parteien auf, ihre Vorschläge für die Montage zu argumentieren. Zusammen erarbeiteten wir ein Lösungskonzept, womit alle Parteien einverstanden waren.</p>
<p>Kommunikation situationsangepasst und wirkungsvoll gestalten (A2)</p>	<p>Bevor eine Solaranlage gebaut werden darf, musste ich der Administration der Firma CKW den Antrag in schriftlicher Form für das technische Anschlussgesuch einreichen. Hier wurden Informationen bezüglich der Nennleistung der Anlage, der verwendeten Komponenten wie dem Wechselrichter und der Solarmodule sowie dem Baustart-Datum, dem Bauende-Datum und des Inbetriebnahme-Datum angegeben.</p>
<p>Persönliche Entwicklung reflektieren und vorantreiben (A3)</p>	<p>Des Öfteren sind mir bei Bauplänen für die Baubewilligung einer Solaranlage Fehler passiert, die dazu führten, dass die genannten Pläne erneut zu ergänzen waren. Durch Reflektion meiner Fehler wurde dieser Arbeitsprozess optimiert und das Projekt kam in die nächste Projektphase.</p>
<p>Projekte planen, leiten und evaluieren (B5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die PV-Anlage von Herrn Pfister in 5453 Remetschwil mit einer Leistung von 167,35 kWp geplant, sämtliche Layouts erstellt, das Baugesuch vorbereitet, das Standard-Formular für die Fördergelder bei Pronovo erstellt und bei der Behörde eingereicht. • Die Gesamtanlage in Teilaufgaben gegliedert, den Mitarbeitenden zugeteilt und das Montage-Team in Bezug auf die Installation der gesamten Solaranlage instruiert.
<p>Anlagen planen (B6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mit der Software K2 Base die genaue Ausrichtung, Ballastierung und Layout einer PV-Anlage ausgelegt und projiziert. • Eine PV-Anlage mit einer Lebenszeit von 25 Jahren auf dem Hausdach eines Einfamilienhauses projiziert.
<p>Projektierung von Anlagen beauftragen (B7)</p>	<p>Mehrere Elektropinzipschemas von Projektleitern analysiert, Korrekturen vorgenommen und im Projektordner abgelegt.</p>

Daten erfassen und auswerten (B8)	<ul style="list-style-type: none"> • In der Zeichnungs-Software Sketch Up ein Gebäude modelliert und eine Schattenanalyse des Daches durchgeführt, damit Ertragsverluste ersichtlich gemacht werden konnten. • Vor Netzanschluss der elektrischen Anlage der Familie Frei ein Mess- und Prüfprotokoll (MuPP) ausgefüllt.
Realisierung von Anlagen planen und begleiten (B9)	Während der Bauphase am Bahnweg 12 in 4543 Deitingen regelmässige Kontrollen des Bauprozesses durchgeführt und allfällige Probleme (z. B. fehlendes Material) durch das Montage-Team beseitigt.
Wartung sicherstellen und Verfügbarkeit der Anlage garantieren (B10)	Bei Störungen von Wechselrichtern mithilfe der dazu angebotenen Software Solar Edge Monitoring den Fehler gefunden und einem Servicetechniker den Auftrag erteilt, diesen zu beheben.
Anlagen optimieren (B12)	Bei einer bestehenden Anlage mit Süd-/Ost-Ausrichtung zusätzliche Module auf der Westseite für eine Optimierung nach 2 Jahren Betriebszeit für die noch nicht verwendete Fläche des Daches eingeplant.

Tabelle 1: Qualifikationsprofil (Vorlage TEKO)

5 Projektinitialisierung

5.1 Themeneingabe

Name	Mettler
Vorname	Mark
Adresse, Ort	Steinhölzlistrasse 14, 4563 Gerlafingen
Tel: P, G	079 895 48 35 / 076 332 57 96
e-mail	mark@gawnet.ch
Klasse	O-TEU-21-T-a
Abteilung	Energie und Umwelt
Thema	Projektierung PV-Anlage
Fachgebiet	Energieerzeugung
Firma	CKW Egerkingen AG / Fachexperte: Kevin Frei (Senior-Projektleiter Solartechnik)

Vorschlag Diplomarbeit

Thema	Herr Frei möchte auf seinem eigenen Haus eine Solaranlage bauen. Als mein Vorgesetzter wird mich Herr Frei betreuen, während ich die Rolle des Projektleiters übernehmen werde.
Ziel	Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.
⇒ Kunde	Familie Frei
⇒ Sinn und Zweck	Durch die Projektierung soll der Kunde in die Lage versetzt werden, erneuerbare Energien effizient zu nutzen und gleichzeitig die Betriebskosten langfristig zu senken.
⇒ Endergebnis	Das Endergebnis des Projekts ist eine vollständig funktionsfähige Photovoltaikanlage auf dem Dach von Herrn Frei. Diese Anlage soll den Energiebedarf des Haushalts zu einem signifikanten Anteil durch erneuerbare Energie decken und gleichzeitig die jährlichen Betriebskosten senken.
⇒ Erfolgskriterien	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Das Projekt gilt als erfolgreich, wenn die Photovoltaikanlage termingerecht und innert des Budgetrahmens installiert und in Betrieb genommen wird. ⇒ An den Vorzeigeterminen müssen die Diplomelehrer die Akzeptanz und Machbarkeit bestätigen können.

Tabelle 2: Themeneingabe (Vorlage TEKO)

5.2 Pflichtenheft

1. Einleitung

Die Firma CKW Egerkingen AG ist auf den Bau von Solaranlagen jeglicher Grössen spezialisiert. Mit rund 20 Mitarbeitenden sind wir ein kleines Ressort, das allerdings hohe Affinität auf Qualität und Betreuung legt. Als Fachspezialist Solartechnik ist es meine Aufgabe, die Projektleiter in meinem Ressort bei der Projektierung zu unterstützen. Gemäss Absprache mit meinem Fachexperten und Senior-Projektleiter Kevin Frei bezieht sich meine Diplomarbeit auf die Projektierung der Solaranlage der Familie Frei. Mein Fachexperte nimmt bei diesem Projekt die Rolle des Betreuers ein und ist gleichzeitig der Kunde meiner Diplomarbeit. Ich werde die Rolle des Projektleiters vollumfänglich übernehmen und in dieser Arbeit einen detaillierten Einblick geben, wie die Firma CKW Egerkingen AG eine Solaranlage projektiert. Herr Frei hingegen erhält zusätzlich zu seiner Solaranlage ein anschauliches Bild meines aktuellen Wissenstandes in unsrem Betrieb, was sich auf meine zukünftige Laufbahn positiv auswirken wird.

2. Fachexperte

Herr Kevin Frei
Senior-Projektleiter Solartechnik
kevin.frei@ckw.ch



3. Sinn und Zweck

Der Sinn und Zweck dieser Diplomarbeit ist es, den Kunden in die Lage zu versetzen, erneuerbare Energien effizient zu nutzen. Diese Anlage soll den Energiebedarf des Haushalts zu einem signifikanten Anteil durch erneuerbare Energie decken und gleichzeitig die jährlichen Betriebskosten senken.

4. Zielsetzung

Funktionale Anforderungen
Analyse der aktuellen Situation <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bild-Aufnahmen des Hausdaches mithilfe einer Drohne. ➤ Unterkonstruktionsbewertung des Hausdaches, um die Notwendigkeit einer Dachsanierung bestimmen zu können.
Auftragsöffnung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Massnahmen wie Erstellung der Offerte, Beantragung von Fördergeldern und die nötigen Baupläne erarbeiten. ➤ Bilateraler Austausch mit dem Fachexperten, um ihn auf dem aktuellsten Stand der Projektphase zu halten.
Machbarkeitsstudie <ul style="list-style-type: none"> ➤ Analyse der Einsatzmöglichkeiten der geplanten Solaranlage. ➤ Untersuchung der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte.
Bewertung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Diese Anlage soll den Energiebedarf des Haushalts zu einem signifikanten Anteil durch erneuerbare Energie decken und gleichzeitig die jährlichen Betriebskosten senken. ➤ Das Projekt gilt als erfolgreich, wenn die Solaranlage termingerecht und innert des Budgetrahmens installiert und in Betrieb genommen wird.

Nicht-funktionale Anforderungen
<p>Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alle Ergebnisse und Analysen sind klar und verständlich zu dokumentieren. ➤ Bereitstellung einer schriftlichen Arbeit mit umfassender Analyse und Schlussfolgerungen.
<p>Nachhaltigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Das Konzept muss nachhaltige Lösungen und Technologien berücksichtigen. ➤ Langfristige Einsparungen und Umweltvorteile sollen im Vordergrund stehen.

Tabelle 3: Anforderungen (Selbst erstellt)

5. Endergebnisse und Erfolgskriterien

Aus den vorgängig beschriebenen Zielen werden nun Endergebnisse und die dazu gehörenden Erfolgskriterien beschrieben. Ziel davon ist es, einen Projektumfang definieren zu können und aufzuzeigen, was nötig ist, damit die Ziele erreicht sind.

Endergebnisse	Erfolgskriterien
Ein umfassendes Konzept für die Implementierung der Solaranlage wurde erstellt.	Das Konzept deckt alle technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte (neuester technischer Stand, weniger externer Stromeinkauf, Förderung erneuerbarer Energien) ab.
Empfehlungen zur praktischen Umsetzung der Solaranlage wurden erarbeitet.	Die Empfehlungen berücksichtigen potenzielle Herausforderungen (Hindernisse auf Hausdach, durch das Bauamt zu bewilligende Gesuche etc.) und Lösungsstrategien (Bild des Hausdaches durch Drohnenflug, Baupläne mit korrekten Masseinheiten etc.).
Eine Machbarkeitsstudie zur Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Durchführarbeiten wurde abgeschlossen.	Die Machbarkeitsstudie zeigt klare Vorteile der geplanten Solaranlage (tiefere Stromkosten, Beitrag zur Energieförderung erneuerbarer Energien).
Der Kunde kann seinen eigenen Verbrauch stets überwachen.	Die App «Solar Manager» wird vor der Inbetriebnahme auf einem elektronischen Gerät installiert und ein Kundenkonto angelegt.
Bei Projektabschluss steht eine vollständige und funktionsfähige Solaranlage bereit.	Der Kunde kann seinen benötigten Solarstrom selbstständig beziehen und nutzen. Die App «Solar Manager» hilft ihm dabei, die Funktionalität sowie den richtigen Zeitpunkt des Verbrauchs zu nutzen und zu überwachen.

Tabelle 4: Endergebnisse und Erfolgskriterien (Selbst erstellt)

6. Aufgabenabgrenzung

Die Diplomarbeit fokussiert sich auf die Projektierung der Solaranlage der Familie Frei. Die Aufgaben umfassen die Analyse des Hausdaches und deren Hindernisse (Cheminée, Lukarnen Fenster, Antenne etc.) sowie die Projektierung der Anlage, die gebaut werden soll. Es werden sämtliche Pläne erstellt, die für den Bau der Anlage notwendig sind. Dies beinhaltet: Modullayout, Bauplan, Strangplan, Elektroprinzipschema, Wechselrichter Disposition, Technisches Anschlussgesuch, Installationsanzeige, Einmalvergütung, Ballastierungsplan, Gerüstplan und die Projektdokumentation. Nicht behandelt werden detaillierte historische Analysen, Experimente oder Pilotprojekte, die Entwicklung spezifischer, technischer Komponenten sowie baurechtliche Aspekte. Die Arbeit endet mit einer umfassenden Dokumentation und praktischen Empfehlungen zur Umsetzung der Solaranlage.

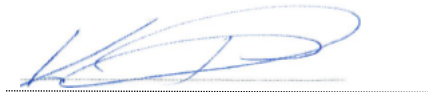
7. Freigabe des Pflichtenheftes

Hiermit wird das vorliegende Pflichtenheft für das Projekt von allen beteiligten Personen zur Weiterführung freigegeben.

Fachexperte

Ort, Datum Holderbank, 9. September 2024

Kevin Frei



Projektleiter

Ort, Datum Gerlafingen, 9. September 2024

Mark Mettler



Diplomlehrer

Ort, Datum Läufelfingen, 8. September 2024

Sandro Ryf



5.3 Organigramm

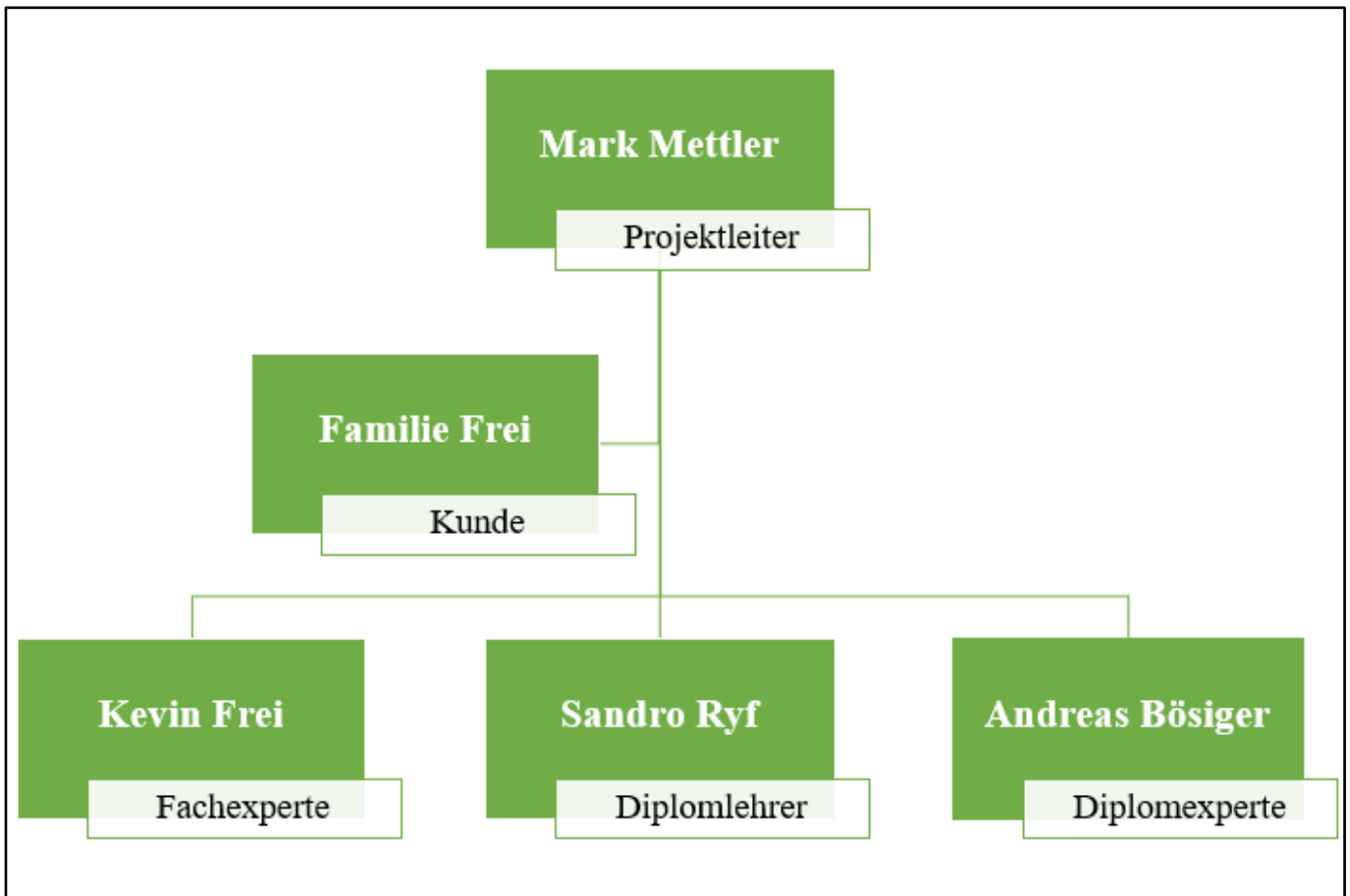


Abbildung 1: Organigramm (teko.ch)

5.4 Zielscheibe

<p>Richtziel: Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Das Endergebnis des Projekts ist eine vollständig funktionsfähige Photovoltaikanlage auf dem Dach von Herrn Frei. Diese Anlage soll den Energiebedarf des Haushalts zu einem signifikanten Anteil durch erneuerbare Energie decken und gleichzeitig die jährlichen Betriebskosten senken. 	<ul style="list-style-type: none"> TEKO Olten Familie Frei Sandro Ryf Andreas Bösiger
<p><u>Endergebnisse</u> Sinn und Zweck</p>	<p><u>Kunde</u> Erfolgs-kriterien</p>
<ul style="list-style-type: none"> Durch die Projektierung soll der Kunde in die Lage versetzt werden, erneuerbare Energien effizient zu nutzen und gleichzeitig die Betriebskosten langfristig zu senken. 	<ul style="list-style-type: none"> Das Projekt gilt als erfolgreich, wenn die Photovoltaikanlage termingerecht und innert des Budgetrahmens installiert und in Betrieb genommen wird. An den Vorzeigeterminen müssen die Diplomlehrer die Akzeptanz und Machbarkeit bestätigen können.

Abbildung 2: Zielscheibe (teko.ch)

5.5 Stakeholder-Analyse

Die Stakeholder-Analyse ist ein systematischer Prozess, bei dem alle Interessensgruppen eines Projekts, Unternehmens oder Vorhabens identifiziert und deren Interessen, Einflüsse sowie deren potenzieller Beitrag zum Erfolg analysiert werden. Stakeholder können Personen, Gruppen oder Organisationen sein, die von einem Projekt betroffen sind oder es beeinflussen können.

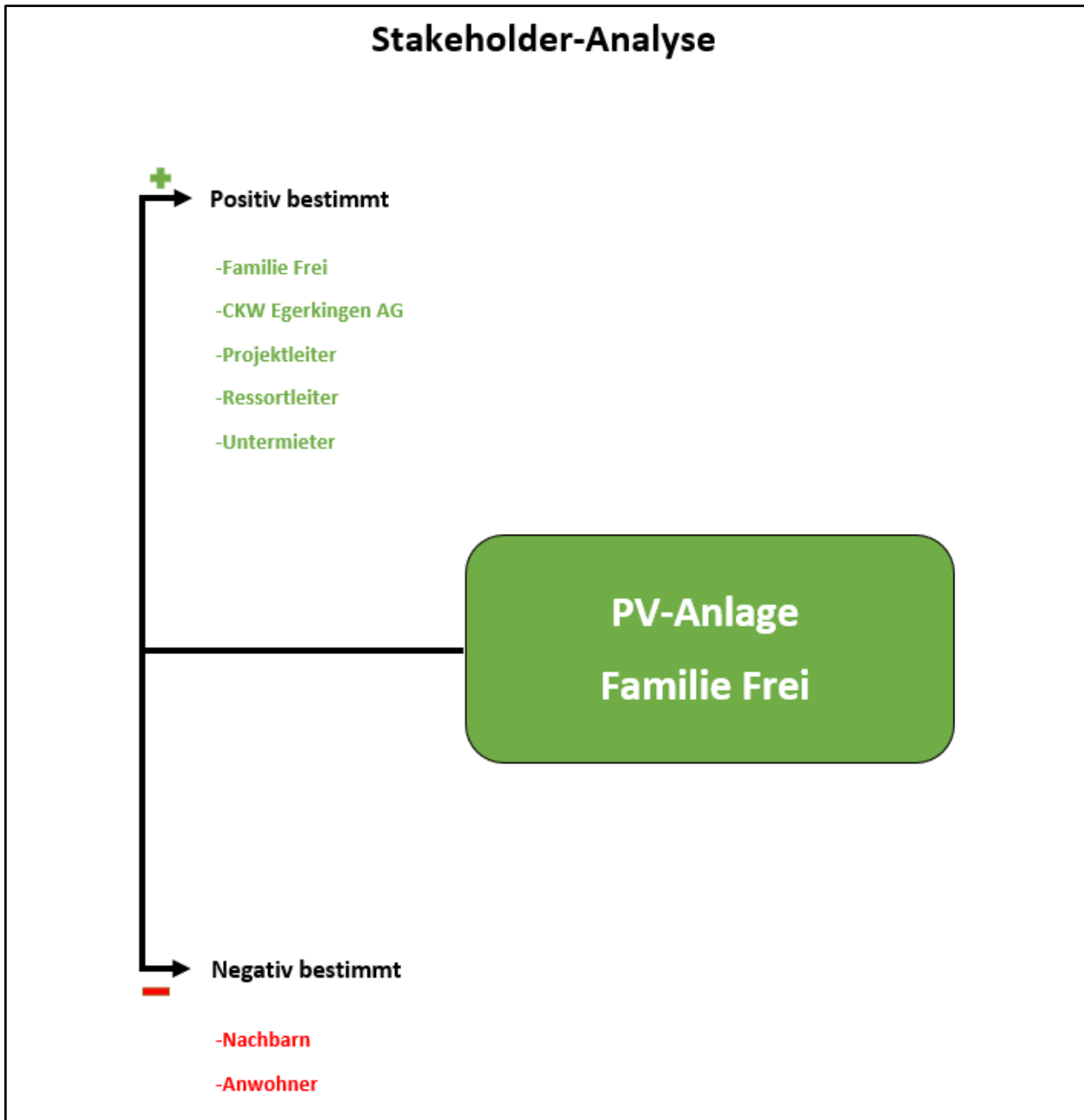


Abbildung 3: Stakeholder-Analyse (teko.ch)

6 Projektplanung

6.1 Projektstrukturplanung

Mit dem Projektstrukturplanung (kurz PSP) wird das Projekt in Arbeitspakete aufgeteilt, welche in der Summe die Endergebnisse des Projektes ergeben. Die folgende Abbildung zeigt unseren Projektstrukturplan als Strukturbaum, welcher nach dem 4-Phasenmodell aufgebaut ist.

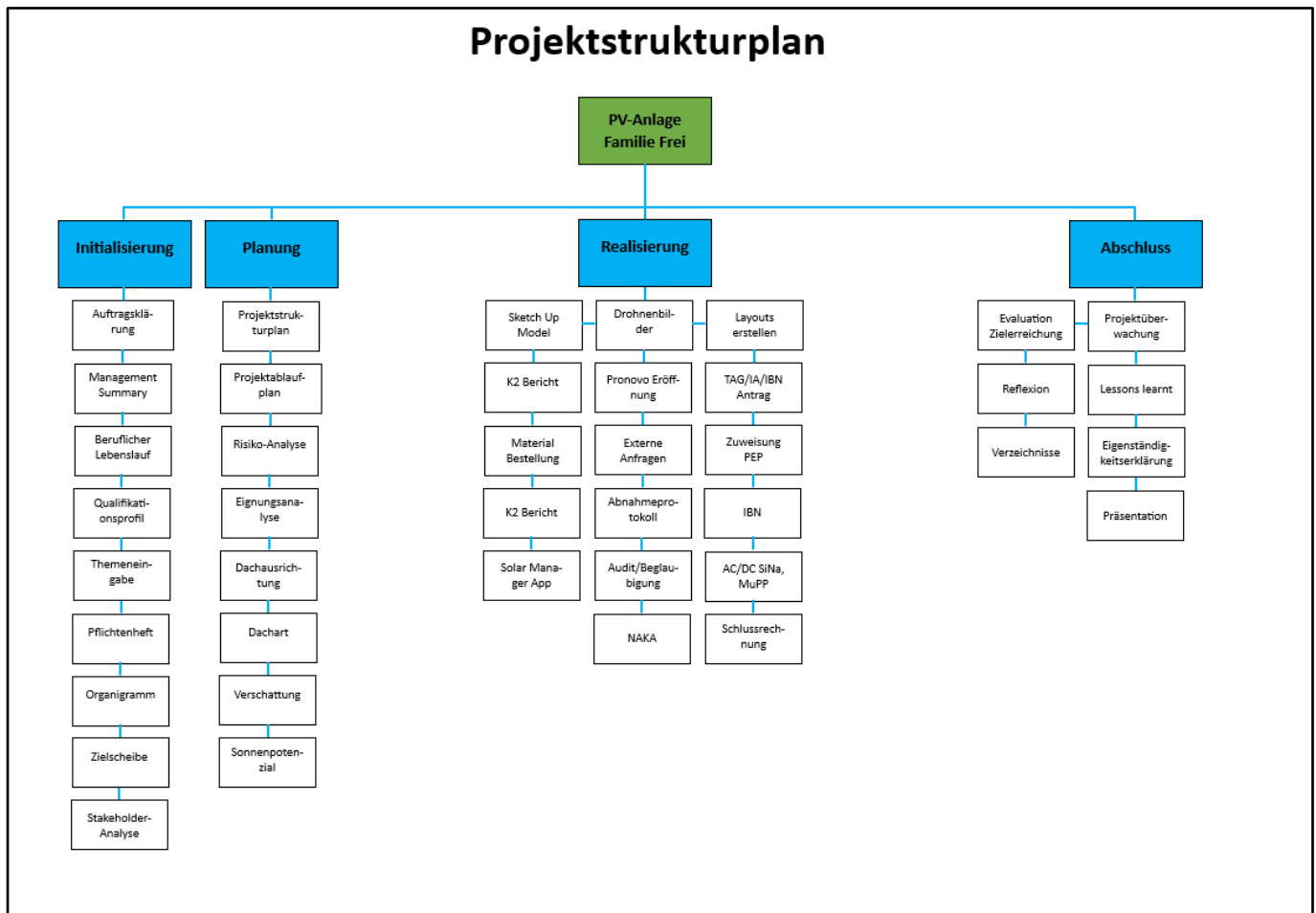


Abbildung 4: Projektstrukturplan (teko.ch)

6.2 Projektablaufplanung

Arbeitspakete	September				Oktober				November		
	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45	KW46
Initialisierung											
Auftragsklärung											
Management Summary											
Beruflicher Lebenslauf											
Qualifikationsprofil											
Themenangabe	20.06.2024										
Pflichtenheft											
Organigramm											
Zielscheibe											
Stakeholder-Analyse											
Planung											
Projektstrukturplan											
Projektablaufplan											
Risiko-Analyse											
Meilensteine											
Eignungsanalyse											
Dachausrichtung											
Dachart											
Verschattung											
Sonnenpotenzial											
Realisierung											
Auftrags-Eröffnung											
Drohnenbilder											
Sketch-Up-Modell											
K2-Bericht											
Pronovo-Eröffnung											
Modul-Layout											
Bauplan											
Strangplan											
Elektroprinzipschema											
TAG/IA/IBN-Antrag											
Gerüstplan											
Statik, Ballastierung											
Wechselrichter-Disposition											
Feuerwehrplan											
Material-Bestellung											
Anfragen											
Montage-Team-Zuweisung PEP											
IBN											
SWOT-Analyse											
Risiko-Analyse											
Solar-Manager-App											
AC/DC-SI/Na und MuPP											
Abnahme-Protokoll											
Audit/Begläubigung											
Schlussrechnung											
NAKA											
Abschluss											
Projektüberwachung											
Evaluation-Zielerreichung											
Lessons learned											
Reflexion Mark Mettler											
Eigenständigkeitserklärung											
Abkürzungsverzeichnis											
Abbildungsverzeichnis											
Literatur und Quellenverzeichnis											
Endprodukt mit Fachexperten											
Abgabe											
Präsentation											

Abbildung 5: Projektablaufplan (teko.ch)

6.3 Meilensteine

Meilensteine sind in Projekten ein wichtiges Instrument für die Planung und Überwachung des Fortschritts. Sie markieren zentrale Ereignisse oder Etappen im Projekt, die erreicht werden müssen. So kann überprüft werden, ob das Projekt im Zeitplan liegt. Das Erreichen eines Meilensteins zeigt den Fortschritt und motiviert das Team, da sichtbare Erfolge gefeiert werden können. Ebenfalls dienen sie als Orientierungspunkte für die Berichterstattung an Auftraggeber oder andere Beteiligte. Sie ermöglichen es, komplexe Projekte in nachvollziehbare Abschnitte zu unterteilen.

Meilenstein	Beleg	Grobes Datum
Projektstart	Kick-off Sitzung.	11.09.2024
Planung abgeschlossen	Projektstrukturplan und Projektablaufplan erstellt.	20.09.2024
Sämtliche Pläne erstellt	Alle Pläne wurden bewilligt und wurden im SharePoint abgelegt.	27.09.2024
Anfragen und Bestellungen getätigt	Externe Partner wurden angefragt und das Material für den Bau wurde bestellt.	04.10.2024
Bau-Phase abgeschlossen mit Inbetriebnahme	Die PV-Anlage wurde realisiert und die Anlage wurde inbetrieb genommen.	31.10.2024

Tabella 5: Überblick Meilensteine (Selbst erstellt)

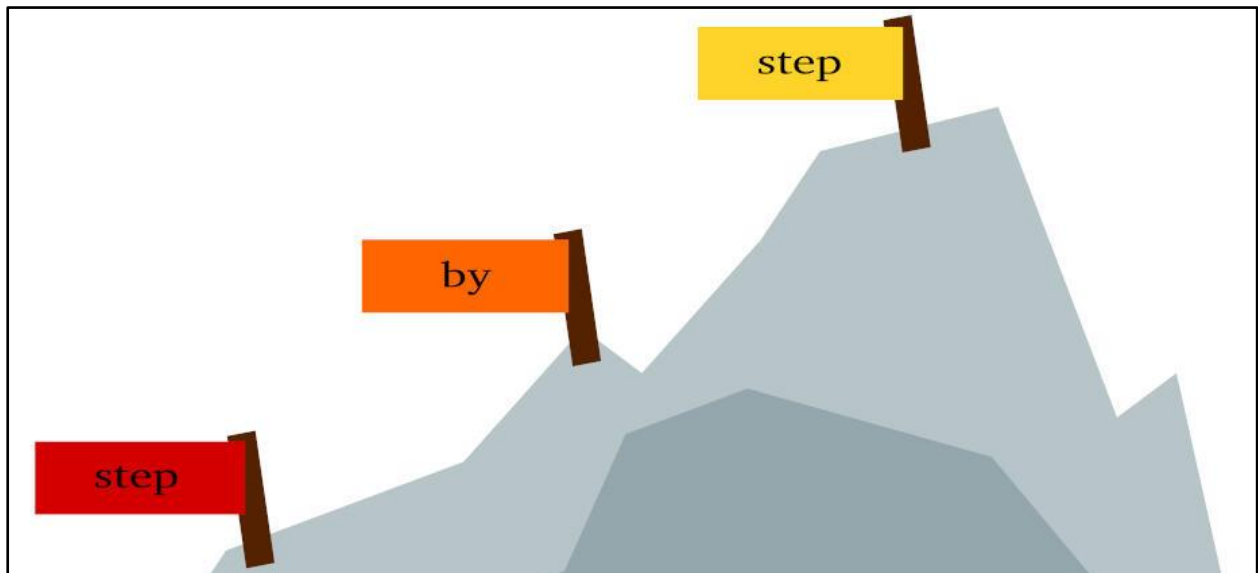


Abbildung 6: Symbolbild Meilensteine (google.com)

6.4 Risikoanalyse

Dadurch wird ihre Umsetzungsvariante hinsichtlich Risiken und deren Eintretenswahrscheinlichkeit sowie den sich daraus ergebenden Folgen analysiert. Grosse Risiken sollen vermieden oder mindestens abgesichert werden.

Gewichtung	sehr hoch														
	hoch	1	5												
	mittel		4	2+3											
	niedrig														
		sehr unwahrscheinlich	unwahrscheinlich	wahrscheinlich	sehr wahrscheinlich										
		Wahrscheinlichkeit													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 100px;">1. Projektabbruch</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Schäden am Gebäude jeglicher Art</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Konflikt mit Anwohnern</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Budget-Überschreitung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Abweisung von Gesuchen und Anträgen</td> <td></td> </tr> </table>						1. Projektabbruch		2. Schäden am Gebäude jeglicher Art		3. Konflikt mit Anwohnern		4. Budget-Überschreitung		5. Abweisung von Gesuchen und Anträgen	
1. Projektabbruch															
2. Schäden am Gebäude jeglicher Art															
3. Konflikt mit Anwohnern															
4. Budget-Überschreitung															
5. Abweisung von Gesuchen und Anträgen															

Abbildung 7: Risikoanalyse (teko.ch)

Projektabbruch

Das schlimmste Szenario, das eintreten kann, ist ein Projektabbruch. Es müssen allerdings mehrere Probleme gleichzeitig auftauchen oder ein Problem muss so gross sein, dass die Weiterführung des Projekts als unrealistisch angesehen wird. Die bekanntesten Ursachen für einen Projektabbruch sind z. B. Budgetüberschreitungen, Änderung der Prioritäten während der Realisierungsphase, geringe Rentabilität oder rechtliche sowie regulatorische Probleme. Wir sind uns aber stets im Klaren, wie wir dieses Szenario so unwahrscheinlich wie möglich gestalten. Zudem bin ich stark davon überzeugt, dass das Szenario eines Projektabbruchs bei einem Senior-Projektleiter der eigenen Firma nicht eintreten wird.

Schäden am Gebäude jeglicher Art

Als Handwerker weiss man nur zu gut, dass auf einer Baustelle immer Schäden passieren können. Für eine PV-Anlage arbeitet man proaktiv mit anderen Firmen zusammen, was Probleme auslösen kann. Wir arbeiten auf einem Hausdach mit einem bestimmten Neigungswinkel. Unsere Monteure betreten das Dach mit einem rund 20 kg schweren Modul. Es kann immer passieren, dass man ausrutscht und das Modul sowie die Ziegel beschädigt werden oder sogar kaputt gehen. Auch bei der Montage des Montagesystems kann man die Unterkonstruktion beschädigen, was zu einem undichten Dach mit Folgeschäden führen kann.

Konflikt mit Anwohnern

Die Liegenschaft befindet sich in einem kleinen Quartier, wo auch andere Anwohner vertreten sind. Sämtliche Materialien, die für den Bau einer Solaranlage benötigt werden, werden durch ein Transportunternehmen angeliefert. Dabei wird ein LKW benötigt, um die schweren Lasten direkt an die Bauzone zu bringen. Der LKW könnte die Quartierstrasse blockieren oder zumindest die Anwohner beim Verlassen oder Nachhausekommen behindern, was wiederum einen Konflikt veranlassen kann. Dies betrifft ebenso den Aufbau eines Schwerlastkrans, der eine definierte Position haben muss, um die Lasten auf das Hausdach zu befördern.

Budget-Überschreitung

Nachdem uns der Kunde einen Auftrag für den Bau einer Solaranlage erteilt hat, wird umgehend eine Offerte erstellt, die mit ihm detailliert besprochen wird. Somit besitzen wir vor dem Bau ein fixes Budget, dass alle anfälligen Kosten decken muss. Allerdings können immer wieder Änderungen am bestehenden Projekt seitens Bauherrschaft oder des eigenen Unternehmens vorgenommen werden, um Richtlinien und Vorschriften einzuhalten. Dies kann aber die berechneten Kosten verändern, so dass eine Nachkalkulation in Betracht gezogen werden muss.

Abweisung von Gesuchen und Anträgen

Die Bauverwaltung hat die Möglichkeit, unsere erstellten Baupläne zu bewilligen oder abzulehnen. Dies gilt ebenso für die Einmalvergütung, die man von der Firma Pronovo AG erhält. Unkorrekte, ungenügende oder rechtswidrige Gesuche werden abgelehnt und müssen nach Überarbeitung erneut eingereicht werden, was viel Zeit in Anspruch nimmt. Auch für den Transport der Komponenten von unserem Lager bis zur Bauzone können Probleme auftreten. Wir arbeiten häufig mit dem Transportunternehmen Häuselmann Transport zusammen. Meistens stellen wir dem Transportunternehmen einen E-Mail-Antrag, um das Material abzuholen und an ein bestimmtes Ziel zu liefern. Es kann aber immer wieder vorkommen, dass das aktuelle Transportunternehmen zu viele Aufträge hat und unseren Antrag ablehnt. Somit muss ein anderes Transportunternehmen angefragt werden.

6.5 Eignungsanalyse

Photovoltaikanlagen können auf eine Vielzahl von Dächern gebaut werden. Hauptsächlich unterscheidet man zwischen Schrägdächern und Flachdächern. Allerdings muss jedes Dach betreffend Eignung einer PV-Anlage auf mehrere Faktoren geprüft werden. Um einen ersten Eindruck zu erhalten, werden Drohnenaufnahmen des Daches gemacht. Diese Bilder liefern wichtige Informationen über den Zustand des Daches und deren Unterkonstruktion. Zudem lassen sich Hindernisse wie z. B. ein Kamin, Abluftrohre oder dergleichen leichter auffinden. Ebenfalls bewährt sich bei einem Flachdach die alte Methode des Ausmessens. Im Idealfall ist man bei der Begehung mindestens zu zweit unterwegs, was die Ausmessung einfacher gestaltet.

6.6 Dachausrichtung

Die Sonne liefert viel Energie; in Fachkreisen spricht man über einen Faustwert von $1000\text{W}/\text{m}^2$. Ein erstaunliches Potenzial, das die Sonne zur Verfügung stellen kann, nur leider reicht dieser Faustwert allein nicht aus. Das Ziel einer Solaranlage ist es, eine möglichst grosse Leistungsfähigkeit zu erzielen. Dies bedeutet, dass wir eine hohe Sonneneinstrahlung erlangen sollten. Je länger und rechtwinkliger die solare Bestrahlung ausfällt, desto mehr Produktionsleistung ist von einer Solaranlage zu erwarten.

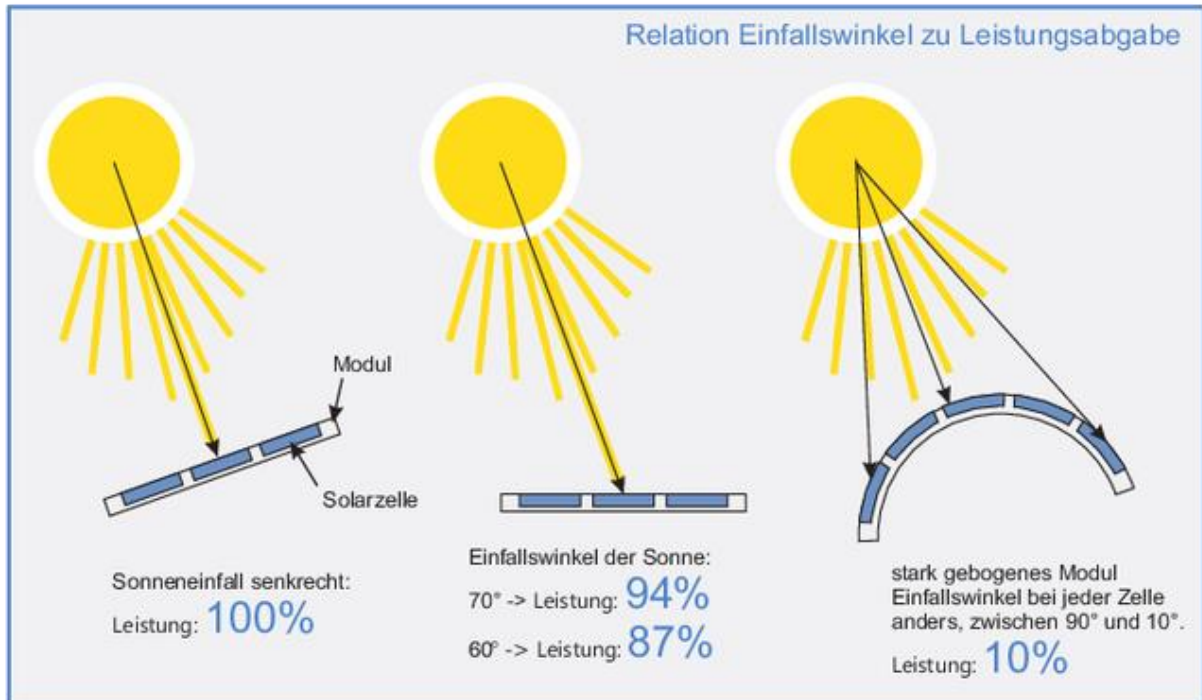


Abbildung 8: Solarer Einstrahlungswinkel (sunware.de)

6.6.1 Südausrichtung

Die Südausrichtung stellt für die meisten Leute ein verständlicher Begriff dar. Wir befinden uns auf der Nordhalbkugel, was bedeutet, dass die Sonne die Erde von Süden bestrahlt. Es ist klar, dass wir mit einer Südausrichtung eine hohe Sonneneinstrahlung erhalten werden, allerdings nur für kurze Zeit am Tag. Wenn die Sonne im Sommer am Mittag ihren höchsten Punkt erreicht hat, stehen die Sonne und die Südmodule fast rechtwinklig zueinander. Die Zellen der Solarmodule erreichen in diesem Zeitraum das Maximum ihrer Leistung. Eine Südausrichtung würde sich für Menschen und deren Energieverbrauch lohnen, die tagsüber viel Strom beziehen, wie z. B. für die Elektromobilität oder Homeoffice.

6.6.2 Südwest/Südostausrichtung

Eine Süd-Westausrichtung erzielt etwa 91 bis 95 Prozent des Jahresertrags im Vergleich zu einer reinen Südausrichtung. Allerdings hängt dies noch von anderen Faktoren wie der Dach- und Modulneigung sowie der Qualität der Komponenten und Verschattung ab. Bei einer Süd-Ostausrichtung erreichen wir 90 Prozent. Der Grund für diesen minimalen Verlust basiert auf der typischen täglichen Verteilung der Sonnenstrahlung und ebenso den Effizienzüberlegungen.

6.6.3 Ost-Westausrichtung

Eine ebenfalls sehr komfortable Art der Auslegung ist die Ost-Westausrichtung. Am Morgen geht die Sonne im Osten auf und am Abend geht sie im Westen unter. Die Einstrahlung ist auf einer Modulseite nie gleich hoch wie bei einer reinen Südausrichtung. Allerdings kann sie am Tag länger genutzt werden, da die Einstrahlung direkter ausfällt. Dies ist besonders für Familien vorteilhaft, wenn sie den Solarstrom nach Energiebedarf verwenden. Am Morgen produziert die Ost-Westanlage früher Strom als eine reine Südanlage und sie produziert auch am Abend länger Strom. Kurz gesagt: die Leistung bleibt länger konstant als bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage, die aber in kürzerer Zeit einen höheren Ertrag liefert.

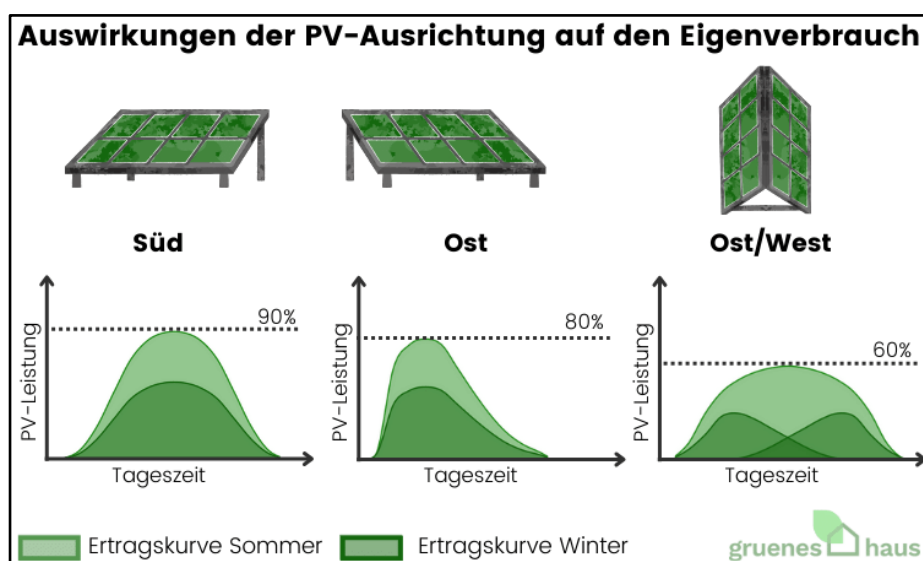


Abbildung 9: Auswirkung der PV-Ausrichtung (gruenes.haus)

6.7 Dachart

Wenn man eine Solaranlage auf einem Hausdach anbringen will, müssen verschiedene Faktoren analysiert und gewichtet werden. Dies ist ein grösseres Kapitel für die Projektierung, da das Dach und die darauf montierte Anlage sämtlichen Wettereinflüssen standhalten müssen. Wir wissen bereits, dass man grundsätzlich zwischen Flachdächern und Schrägdächern unterscheidet. Die Variationen dazu beinhalten allerdings mehrere Ausführungsmöglichkeiten.

Ausführungen von Flachdächern und Schrägdächern

Flachdach:	Schrägdach:
<ul style="list-style-type: none">• Intensivbegrünung• Extensivbegrünung• Foliendach• Bitumendach• Warmdach• Umkehrdach	<ul style="list-style-type: none">• Satteldach• Pultdach• Zeltdach• Zwerchdach• Schleppdach• Walmdach• Krüppelwalmdach• Mansarddach• Sheddach• Tonnendach

Tabelle 6: Arten von Dächern (Selbst erstellt)

6.7.1 Zustand des Daches

Bevor eine Solaranlage auf einem Hausdach angebracht wird, muss der Zustand des Daches sowie deren Unterkonstruktion begutachtet werden. Eine Solaranlage hat eine Lebenszeit von 25 – 30 Jahren. Wenn in diesem Zeitraum eine Dachsanierung fällig wird, muss man die ganze Solaranlage demontieren, das Dach sanieren und anschliessend wieder montieren. Es zahlt sich also aus, den Zustand des Daches genau zu analysieren, bevor eine Solaranlage gebaut wird. Im Idealfall kann man als erstes die Dachsanierung durchführen und danach die Solaranlage montieren. Somit muss das Gerüst nur einmal aufgebaut werden, was die Kosten erheblich senkt.

6.7.2 Dachlast

Wir montieren eine nachhaltige Anlage auf ein Hausdach und selbst diese sorgt für ein Mehrgewicht, welches das Hausdach zusätzlich belastet. Dazu gehören nicht nur die Solarmodule und die dazugehörigen Kabel, sondern auch das gewählte Montagesystem, zusätzliche Ballastierung und Verstärkungspunkte. Wenn sich das betroffene Haus zum Beispiel an der Hauptstrasse einer Gemeinde befindet, so muss ein Schneefangsystem installiert werden, was das Gewicht ebenfalls erhöht. Als Hilfe für diese Aufgabe kann man die Statik und Ballastierungs-Software K2 Base verwenden. Diese Software ermöglicht, die genaue Ballastierung sowie die Anzahl an Modulen zu ermitteln. Ebenfalls erstellt die Software die Montagepläne, Artikellisten und Statikberichte, was unsere Arbeit stark vereinfacht.

6.7.3 Montagesystem

Um eine Aufdach-Anlage zu realisieren, benötigen wir ein geeignetes Montagesystem. Um die Modulschienen zu befestigen, werden sogenannte Dachhaken eingesetzt. Die Dachhaken werden auf die Dachlattung des Daches geschraubt und durch den Zwischenraum zweier Ziegel geführt. Um den Dachhaken überhaupt montieren zu können, muss vorher der Ziegel bearbeitet werden. Wie auf dem Bild ersichtlich benötigen wir zwei Kerben, die in die Ziegel reingefräst werden. Dieser Vorgang bezeichnet man auch als schroten. Mit neuwertigen Ziegeln ist die Bearbeitung einfacher als mit alten Ziegeln. Ältere Ziegel sind anfälliger auf Brüche, was eine genaue Arbeitsweise unerlässlich macht. Natürlich müssen aber immer auch Ersatzziegel bereitgehalten werden.



Abbildung 10: Dachhaken PV-Anlage (google.com)

6.8 Verschattung

Eine Solaranlage nutzt die Photonen der Sonne, um elektrischem Strom zu generieren. Dieser Prozess kann aber durch verschiedene Ereignisse gestört werden. Die häufigsten Vorkommen sind Wolken, Hindernisse wie andere Gebäude oder Bäume. Wenn Wolken aufziehen bedeutet dies allerdings nicht, dass die Solaranlage rein gar nichts mehr produziert. Ein Teil der Photonen wird jedoch durch diese zurück ins All reflektiert. Gegen Wolken und die Natur können wir wenig ausrichten, nicht aber gegen Hindernisse wie Häuser und Begrünung. Mit unserem Zeichnungsprogramm «Sketch Up» können diese Ereignisse frühzeitig berücksichtigt werden. Mit dem Tool «Solar Integration» oder wie wir es nennen die Verschattungsanalyse, können wir genau erkennen welche Fläche eines Daches zu welchem Zeitpunkt und in welchem Monat verschattet wird. Mit einem simplen Farbprinzip zeigt uns die Verschattungsanalyse die stärksten Verschattungen an. Je dunkler die Farbe auf dem Hausdach, desto grösser ist die Verschattung in diesem Bereich.

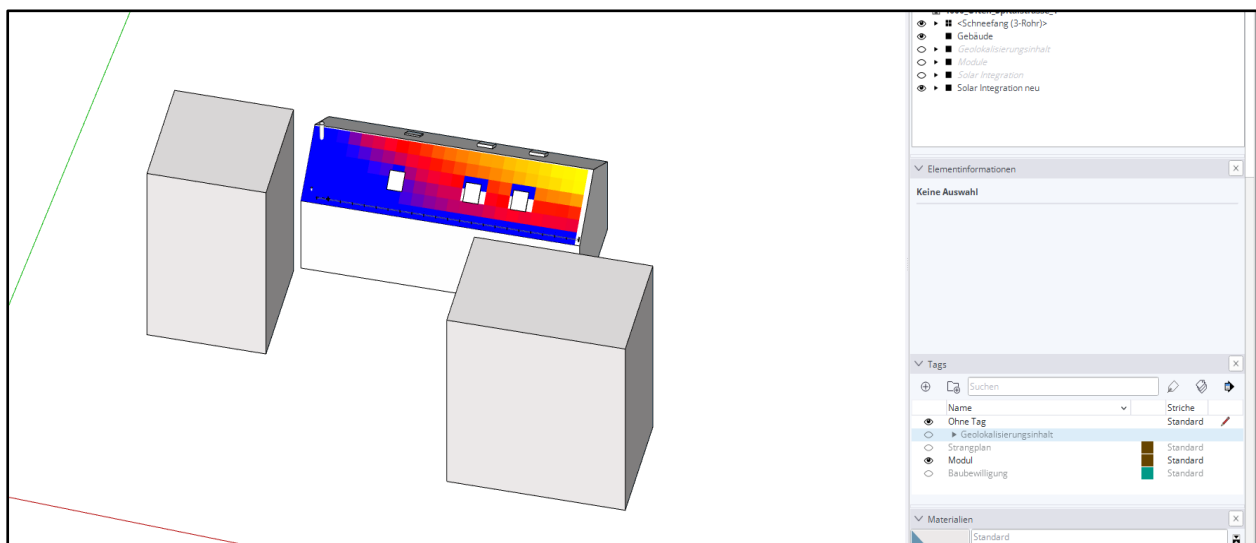


Abbildung 11: Solar Integration (Screenshot Sketch Up)

6.9 Sonnenpotenzial

Der Begriff Sonnenpotenzial beschreibt die Fähigkeit einer Region, Solarenergie zu erzeugen, indem man die durch die Sonne gelieferte Energie nutzbar macht. Auch hier ist das Sonnenpotenzial von mehreren Faktoren abhängig, wie z. B. die geografische Lage, das Klima, die Anzahl Sonnenstunden am Tag, die Infrastruktur und die Topografie. Regionen, die sich in höheren Gebieten eines Landes befinden, haben grundsätzlich ein höheres Sonnenpotenzial. In einer Grossstadt können viele Gebäude Verschattung mit sich bringen. Aber gerade die Schweiz hat hier einen entscheidenden Vorteil bezüglich des Sonnenpotenzials. Fast zwei Drittel der Schweiz befindet sich im Alpengebiet. Diese Fläche ist bestens für Alpine-Solaranlagen geeignet. Es gibt keine Gebäude, die eine grossflächige Verschattung verursachen könnten und diese befindet sich mehrheitlich über 2000 m. ü. M., so dass die Wolken das Flachland bedecken und wir die Energie der Sonne über den Wolken wahrnehmen können. Leider stellt dies für einen Teil der Bevölkerung einen Konflikt dar, da gemäss deren Aussage eine Alpine-Solaranlage das Landschaftsbild schädigt.




Abbildung 12: Sonnenpotenzial (google.com)

7 Projektrealisierung

7.1 Offerte

Unser Projekt beginnt mit der Offerte, die unsere Verkäufer anhand unserer Informationen zusammenstellen. Mit Herrn Frei habe ich eine kleine Sitzung abgehalten, bei dem wir die Prioritäten sowie die Einzelheiten festlegten, die für ihn besonders von Bedeutung waren. Wir haben verschiedene Modul-Varianten zusammen angeschaut und kompatible Wechselrichter aufgeführt. Ebenfalls wurden wichtige Informationen über das Gebäude und die Zufahrtswege in den Projektunterlagen vermerkt. Nach der Sitzung kontaktierte ich umgehend einen unserer Verkäufer und wies ihn in das bevorstehende Projekt ein. Nach rund einer Woche erhielt ich diesem die angefragte Offerte und besprach sie erneut mit meinem Fachexperten. Da er keine Ergänzungen oder Korrekturen für notwendig erachtete, dient uns diese Offerte für den Bau der PV-Anlage.



ANGEBOT FÜR IHR SOLARKRAFTWERK

AUFTRAGGEBER
Kevin & Daniela Frei
██████████
4718 Holderbank SO

OBJEKT
██████████
4718 Holderbank SO

DOKUMENT
PVA, ██████████ 4718 Holderbank SO

Angebot-Nr.: A243921
Egerkingen, 30.10.2024

IHR KONTAKT

David Schriever
david.schriever@ckw.ch
██████████

UNTERNEHMER
CKW Gebäudetechnik AG
Bleumattstrasse 1
4622 Egerkingen

ÜBERBLICK

Listenpreis	CHF 57'192.10
Rabatt: 4.00%	CHF 2'287.70
Nettopreis	CHF 54'904.45
8.1% MWSt.	CHF 4'447.25
Bruttoinvestition	CHF 59'351.70
Einmalvergütung*	CHF -15'090.00
Gesamtinvestition	CHF 44'261.70

* Über Anspruch und Höhe der Vergütung entscheidet die entsprechende Vollzugsstelle ([Pronovo](#)).

Abbildung 13: Offerte PVA (von Verkäufer erstellt)

7.2 Drohnenaufnahmen

Die erste Massnahme, die bei der Montage einer PV-Anlage auftritt, sind die Drohnenaufnahmen des Hausdaches. Sie liefern wichtige Informationen über die Dachart, die Unterkonstruktion und allfällige Hindernisse. Für die Aufnahmen verwenden wir die Drohne Mavic 2 Pro, die gemäss BAFU die Kategorie A3 hat. Drohnen der Kategorie A3 erlauben Drohnenflüge mit einem Startgewicht von bis zu 25 kg einschliesslich ihrer Nutzlast. Allerdings gibt es rechtliche Vorschriften wie z. B. das Verbot, über Menschenansammlungen zu fliegen oder mit einer bestimmten Geschwindigkeit auf einer bestimmten Höhe an nicht beteiligten Personen vorbeizufliegen. All diese Vorschriften dienen der Sicherheit aller Beteiligten, dem Datenschutz von Dritter und der Sicherheit im Luftraum.



Abbildung 14: Drohne Mavic 2 pro (Foto von Smartphone)

7.2.1 Vorbereitung auf den Drohnenflug

Bevor der Drohnenflug überhaupt startet, müssen zuerst diverse Vorbereitungen getroffen werden. Normalerweise darf nur mit einer Drohne geflogen werden, falls man direkten Sichtkontakt zum UAV hat. Da wir allerdings im Besitz eines Controllers sind, der kompatibel mit einem Smartphone ist, wird das Drohnenbild auf dem Smartphone angezeigt. Damit dieser ganze Prozess funktioniert, benötigt man zwei Apps, um das Drohnenbild überhaupt zu erhalten und diese ebenfalls autonom fliegen lassen zu können. Diese zwei Apps möchte ich kurz vorstellen.

7.2.2 DJI GO 4:



Die DJI GO 4 App ist eine mobile Anwendung, die speziell für die Steuerung und Verwaltung von DJI-Drohnen entwickelt wurde. Die App ermöglicht die Steuerung der Drohne und bietet eine benutzerfreundliche Oberfläche, über die Piloten die Flugparameter überwachen und anpassen können. Die Nutzer können die Kameraeinstellungen direkt in der App anpassen, einschliesslich Belichtung, Weissabgleich und Auflösung. Dies eignet sich bestens für Luftaufnahmen und Videoaufnahmen. Die App überträgt das Kamerabild der Drohne in Echtzeit auf das verbundene Smartphone, sodass Piloten sehen können, was die Drohne in diesem Moment sieht. Die DJI-App unterstützt verschiedene intelligente Flugmodi wie «ActiveTrack» oder «Waypoints», die es erleichtern, komplexe Flugmanöver und Kamerabewegungen automatisch auszuführen. Ein wichtiger Faktor liegt bei der Flugsicherheit. Die App bietet Sicherheitsfunktionen wie No-Fly-Zonen, Flugverbotszonen und Warnungen bei niedrigem Batteriestand oder schlechtem GPS-Signal, um den sicheren Betrieb der Drohne zu gewährleisten. Wichtig zu erwähnen ist, dass man ein Drohnenbild nur mit Apple-Smartphones erhält. Piloten, die ein Android-Smartphone besitzen, erhalten kein Drohnenbild und müssen somit auf Sicht fliegen.



Abbildung 15: Controller Drohne Mavic 2 pro (Foto von Smartphone)



Abbildung 16: Dashboard DJI GO 4 App (Screenshot von Smartphone)

7.2.3 Pix4D capture:



Die Pix4D capture-App ist speziell für die Planung und Steuerung von Drohnenflügen zur Erfassung von Luftbildern entwickelt worden. Mit Hilfe der Pix4D-Software dienen diese Bilder als Grundlage für die Erstellung von 3D-Modellen, Orthomosaiken und anderen geospatialen Datenprodukten. Benutzer können verschiedene Arten von Flugmissionen wie zum Beispiel Gitterflüge, Freiflüge, Kreisflüge und Doppelklickmissionen planen. Diese Missionen sorgen für eine systematische und effiziente Datenerfassung. Die App ermöglicht die Anpassung wichtiger Parameter wie Überlappung der Bilder, Flughöhe, Geschwindigkeit und Kamerawinkel, um die Erfassungsqualität und Genauigkeit zu optimieren. Zudem unterstützt Pix4D eine breite Palette von Drohnenmodellen und Kameras von Herstellern wie DJI, Parrot und anderen. Während des Flugs bietet die App Echtzeitüberwachung und Telemetriedaten, so dass Benutzer den Fortschritt der Mission verfolgen und bei Bedarf Anpassungen vornehmen können. Nach der Planung kann die Drohne die Mission automatisch ausführen, wobei Start, Flugroute, Fotos, und Landung ohne manuelles Eingreifen erfolgen.

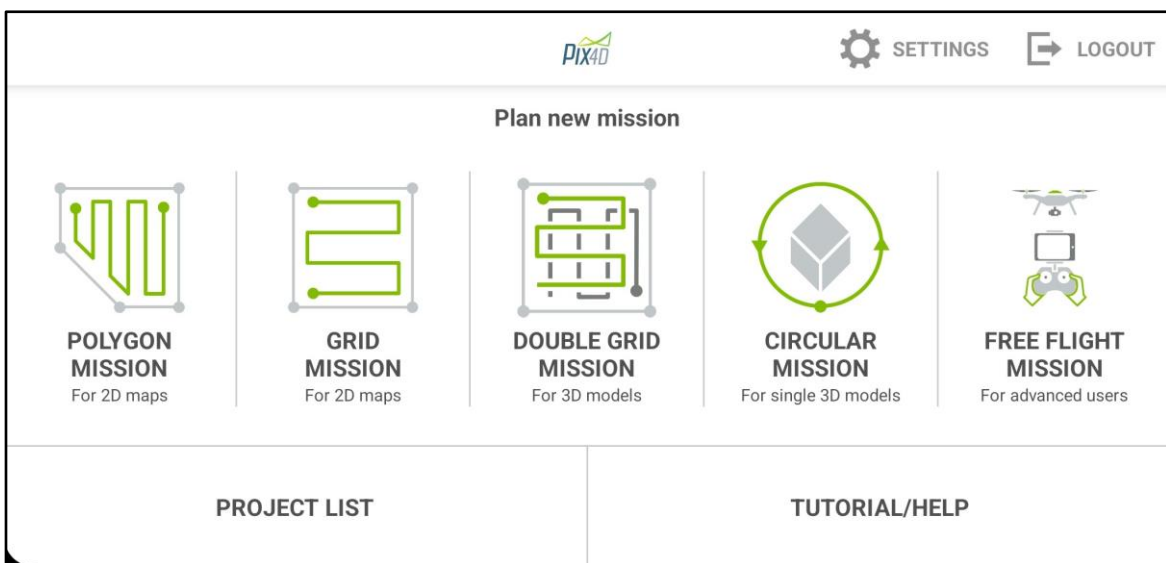


Abbildung 18: Mission Auswahl Pix4D capture (Screenshot von Smartphone)



Abbildung 17: Einstellungsmenu Pix4D capture (Screenshot von Smartphone)

7.2.4 Ausmessung im 3D-Model

Nachdem wir sämtliche Vorbereitungen für den Drohnenflug getroffen haben, lassen wir sie aufsteigen, um deren Teil der Projektierung zu erhalten. Zuerst lassen wir sie manuell fliegen und machen mehrere Bilder des gesamten Hausdaches, die in unserem Projektordner abgelegt werden. Im zweiten Flug lassen wir die Drohne mit der App Pix4D autonom fliegen und verwenden dazu die «Double Grid Mission». Durch den ersten Flug wissen wir bereits, welches der höchste Punkt in einem Umfeld von rund 150 m ist und stellen im Pix4D die benötigte Flughöhe ein. Dies ist zwingend erforderlich, damit die Drohne nicht mit Bäumen, Häusern oder anderen Hindernissen kollidiert. Während dem autonomen Flug schalten wir auf dem Smartphone die Kamera Funktion ein, um den Flug mitzuverfolgen und gegebenenfalls einzugreifen. Nach den zwei erfolgreichen Flügen gehen wir zurück in die Firma und lassen die Datensätze in der Software Pix4D Cloud verarbeiten, welche uns schlussendlich das 3D-Model zur Verfügung stellt. Dies kann einige Zeit in Anspruch nehmen, je nachdem, wie gross das Gebiet ist, dass abgeflogen werden muss. Sobald das 3D-Model erfolgreich verarbeitet worden ist, starten wir mit dem Ausmessen des gesamten Gebäudes. Hierbei ist wichtig, dass vorher ein Referenzmass definiert wurde. Dazu verwenden wir üblicherweise einen Doppelmeter, den wir auf den Boden legen und der auf den Drohnenbildern ersichtlich ist.

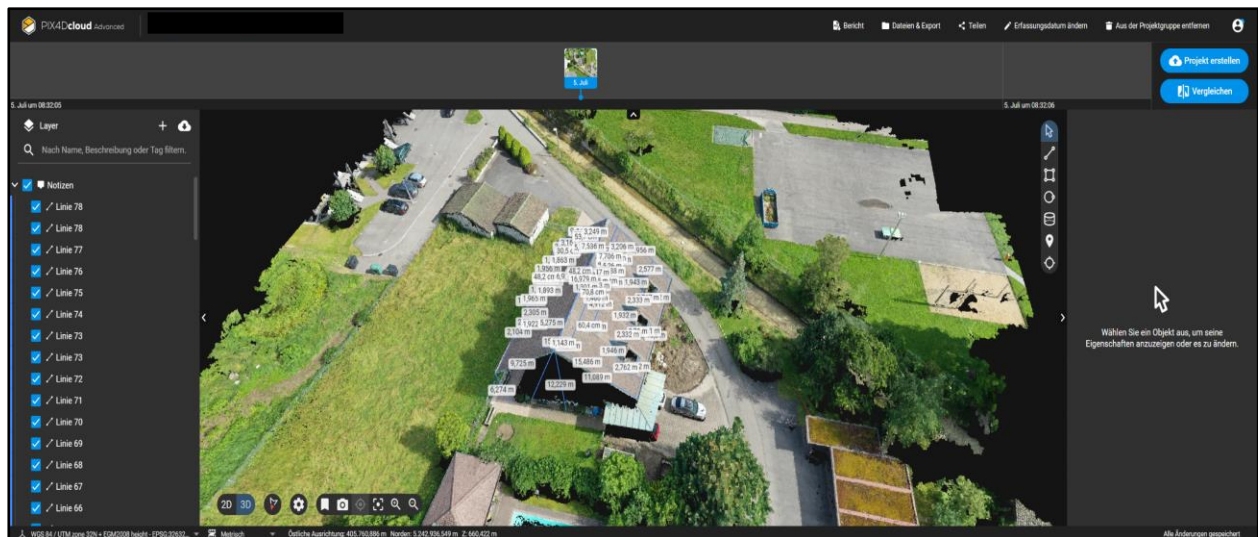


Abbildung 19: Vermessung in Pix4D Cloud (cloud.pix4d.com)

Die Arbeit des Ausmessens nimmt viel Zeit in Anspruch und muss so genau wie möglich ausfallen. Wie auf dem Bild erkennbar ist, habe ich das ganze Dach mit First- und Traufhöhe sowie Hindernisse wie Fenster, Lukarnen und Kamin gemessen sowie weitere eingezeichnet. Im Zweifel fliegen wir das Gebäude mit der Drohne erneut ab, vergleichen die erhaltenen Werte und nehmen mögliche Anpassungen vor. Das Wichtigste, was jedoch immer ersichtlich sein muss, ist das gesamte Hausdach, weil wir natürlich dort unsere Solaranlage montieren. Wenn eine Wandseite wie hier im Beispiel nicht erkennbar ist, verursacht dies nicht zwingend ein Problem. Für die First- und Traufhöhe messen wir vom Boden bis zur Spitze des Daches, wo sich beide Dachhälften kreuzen. Nun kann unser 3D-Model in die nächste Projektphase gehen, das Zeichnen des Gebäudes mit der geplanten Solaranlage in der Zeichnungs-Software Sketch Up.

7.3 Sketch Up Model

In der nächsten Phase zeichnen wir das Gebäude der Familie Frei mit der Zeichnungs-Software Sketch Up. Diese Software ist eine 3D-Modellierungssoftware, die vor allem für Architektur, Innenarchitektur, Bauwesen, Produktdesign und sogar Film- und Videospieldentwicklung genutzt wird. Sie wurde ursprünglich von @Last Software entwickelt und später von Google übernommen, bevor sie 2012 von Trimble Inc. erworben wurde. Sketch Up wird häufig in der Konzeptphase von Projekten verwendet, was schnelle und unkomplizierte Ideen in 3D ermöglicht. Die Software eignet sich sowohl für grobe Skizzen als auch für detaillierte Modellierungen, was sie zu einem flexiblen Werkzeug für viele verschiedene Projekte macht.

Durch die Vermessung in der Software Pix4D besitzen wir alle nötigen Masse, um das Gebäude genau nachzuzeichnen. Als Fundament zeichnen wir zuerst das Gebäude und anschliessend die Hindernisse, die sich auf dem Dach befinden. In einer nächsten Phase setzen wir die Module, die in der Realisierungsphase auf dem Hausdach verbaut werden sollen. Hier erhalten wir einen ersten Einblick, wie viele Module überhaupt auf das Hausdach passen und verbaut werden können. In der letzten Phase erstellen wir sogenannte Szenen. Diese Szenen legen den Baustein für die weitere Erstellung der Baupläne, die direkt dem Montage-Team weitergegeben werden und für die Projektdokumentation unerlässlich sind.

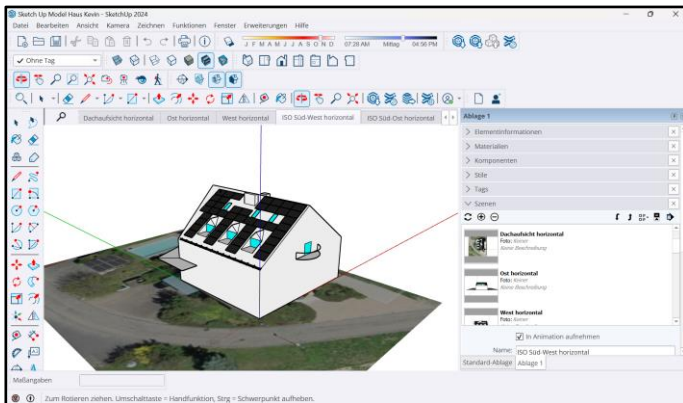


Abbildung 20: Modellierung Süd-West (Sketch Up.com)

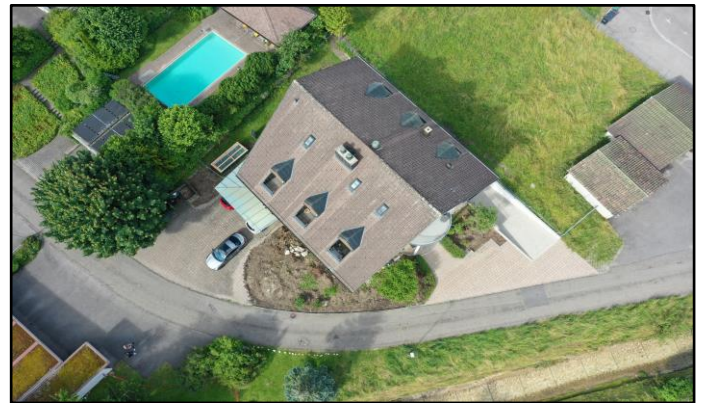


Abbildung 21: Drohnenbild Süd-West (cloud.pix4d.com)

3D-Ansicht Süd-West Seite

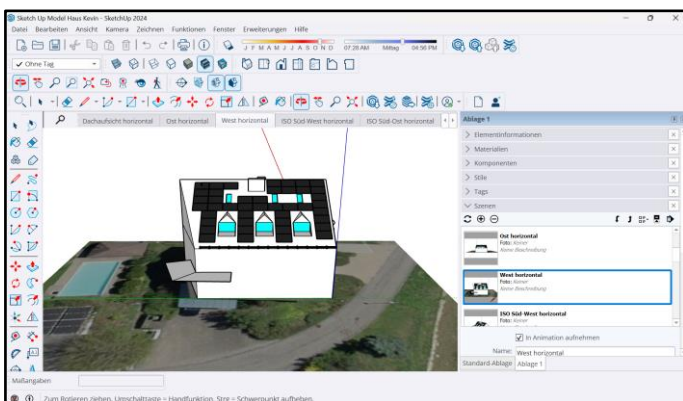


Abbildung 22: Modellierung West (Sketch Up.com)



Abbildung 23: Drohnenbild West (cloud.pix4d.com)

West Ansicht

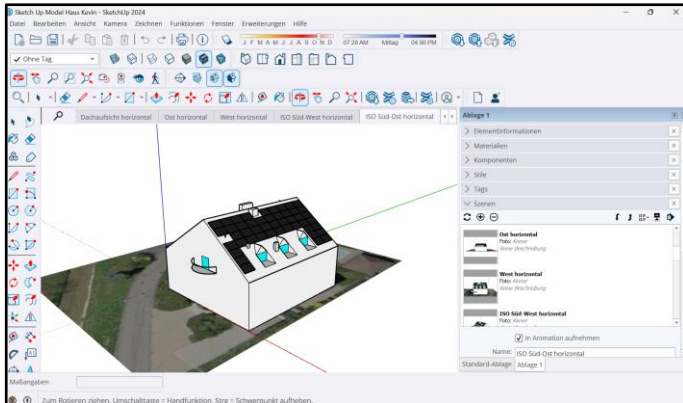


Abbildung 24: Modellierung Süd-Ost (Sketch Up.com)



Abbildung 25: Drohnenbild Süd-Ost (cloud.pix4d.com)

3D-Ansicht Süd-Ost Seite

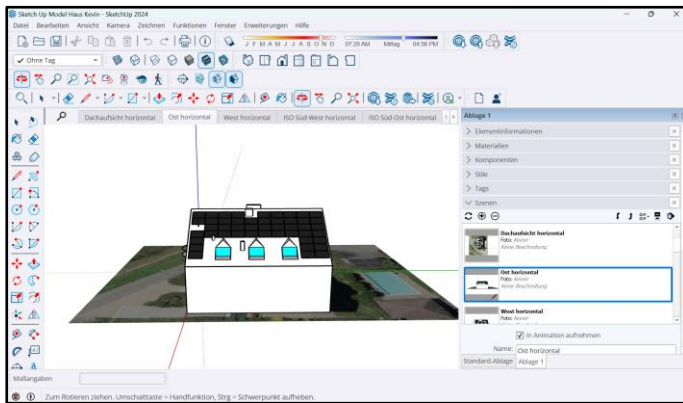


Abbildung 26: Modellierung Ost (Sketch Up.com)



Abbildung 27: Drohnenbild Ost (cloud.pix4d.com)

Ost Ansicht

Das Model wurde mit den geplanten Modulen erstellt und nochmals überprüft. Damit sich alle Beteiligten ein konkretes Bild des Models machen können, habe ich den Geostandort hinzugefügt. Der Geostandort ermöglicht uns, ein Bild der Liegenschaft unter unserem Model einzusetzen, was eine Überprüfung der Vermessung ermöglicht und eine visuellere Darstellung unseres Models gewährleistet. Herr Frei hat sich für eine Vollausslegung mit horizontal angeordneten Modulen entschieden. Zusätzlich wird auf der West-Seite ein Schneefangsystem montiert, so dass im Winter keine grösseren Schneemengen auf die Einfahrt fallen können. Für den Bau werden AIKO Solar Neostar 2P A470-MAH54MW G2 Module mit den Massen 1757mm x 1134mm und einer Leistung pro Modul von 470 Watt verwendet. Wir von der Firma CKW Egerkingen AG arbeiten seit Mai 2024 mit AIKO-Solarmodulen. Uns sind diese Module bestens bekannt und wir empfehlen sie unseren Kunden aufgrund der (Fullblack) Beschichtung. Je dunkler die Oberfläche eines Moduls ist, desto besser fällt die Leistung pro Modul aus. Nachdem wir die Szenen des Sketch Up Models erstellt haben, widmen wir uns dem Modullayout und allen anderen Plänen, die für den Bau notwendig sind.

7.4 Modullayout

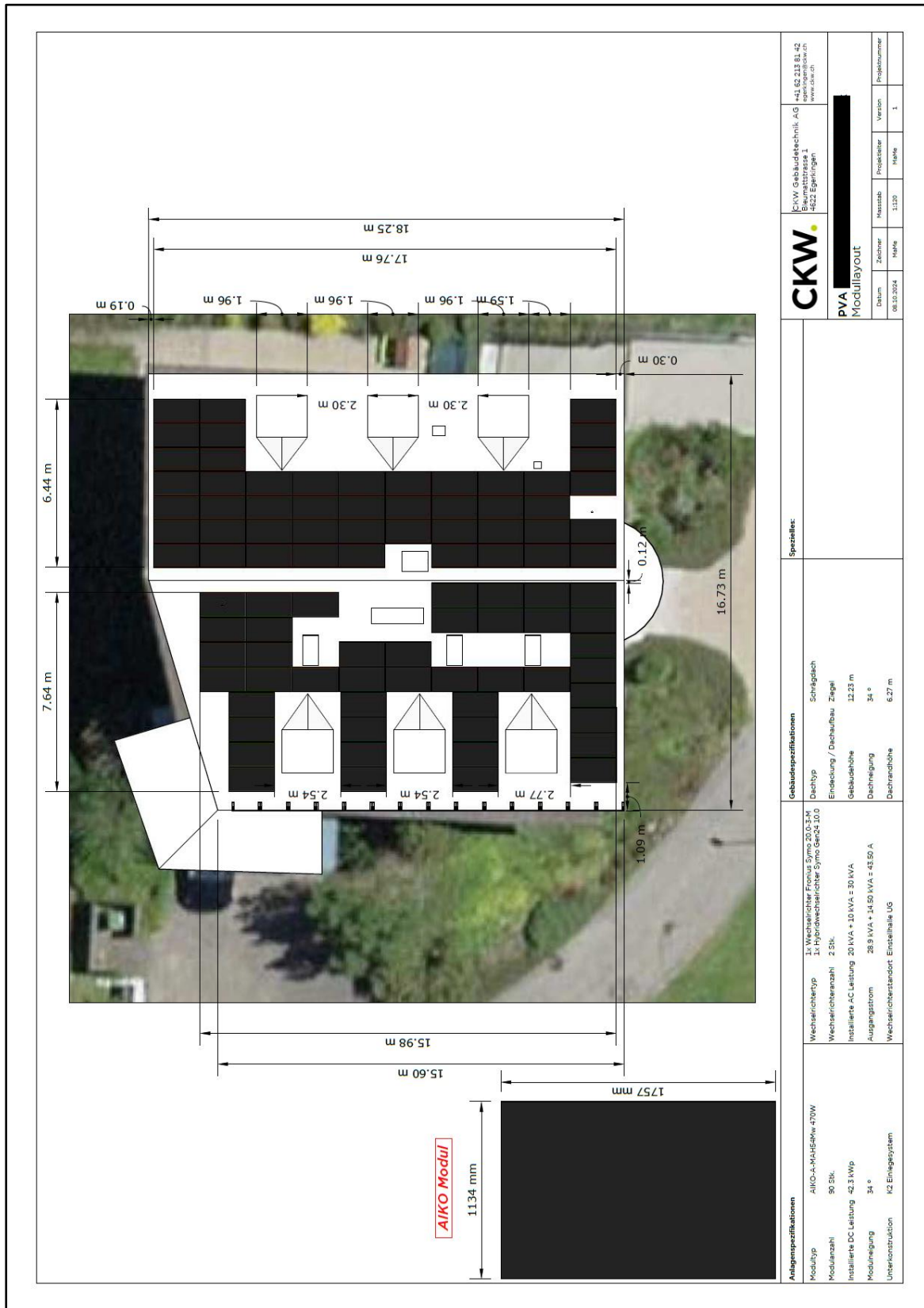


Abbildung 28: Modullayout (Sketch Up.com)

7.4.1 Arbeit im Modullayout

Das Modullayout dient zur Planung und Optimierung der Platzierung von Solarmodulen auf einer bestimmten Fläche, in diesem Fall auf dem Hausdach. Durch eine optimale Anordnung der Solarmodule wird der Energieertrag maximiert, indem Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Ausrichtung, Neigungswinkel und Verschattung berücksichtigt werden. Das Layout hilft, den verfügbaren Platz effizient zu nutzen, indem die Solarmodule so angeordnet werden, dass eine optimale Ausschöpfung erfolgt, ohne unnötige Freiräume oder Überschneidungen. Eine gute Layoutplanung führt z. B. dazu, dass Kabelwege minimiert werden und nicht unnötig Kupfer verbaut wird, was ebenfalls zu höheren Installationskosten führen kann. Einer der wichtigsten Aspekte sind Sicherheits- und Wartungsflächen. Es muss eine Zugänglichkeit der Wartungsgänge im Falle von defekten Modulen oder andere Komponenten gewährleistet werden. Bei diesem Projekt sind Lukarnen-Fenster an der Liegenschaft vorhanden, was den Austritt auf das Hausdach für einen Servicetechniker stark vereinfacht.

Damit wir dem Kunden wie auch allen Beteiligten das Modullayout so einfach wie möglich erklären können, verfügt das Modullayout über eine Legende. In dieser Legende sind spezifische Angaben hinterlegt, die für die Montage der Solaranlage unerlässlich sind. Damit wir die Angaben so detailliert wie möglich aufzeigen können, stelle ich die Legende tabellarisch vor:

Modultyp	AIKO-A-MAH54Mw 470W
Modulanzahl	90 Stk.
Installierte DC-Leistung	42.3 kWp
Modulneigung	34 °
Unterkonstruktion	K2 Einlegesystem

Wechselrichtertyp	1x Wechselrichter Fronius Symo 20.0-3-M 1x Hybridwechselrichter Fronius Symo Gen24 10.0
Wechselrichteranzahl	2
Installierte AC-Leistung	20 kVA + 10 kVA = 30 kVA
Ausgangstrom	28,9 A + 14,5 A = 43,5 A
Wechselrichterstandort	Einstellhalle UG

Dachtyp	Schrägdach
Eindeckung / Dachaufbau	Ziegel
Gebäudehöhe	12,23 m
Dachneigung	34 °
Dachrandhöhe	6.27 m

Tabelle 7: Legende Modullayout (Selbst erstellt)

CKW.		CKW Gebäudetechnik AG Bleumattstrasse 1 4622 Egerkingen	+41 62 213 81 42 egerkingen@ckw.ch www.ckw.ch		
PVA [REDACTED] Modulldayout					
Datum	Zeichner	Masstab	Projektleiter	Version	Projektnummer
08.10.2024	MaMe	1:120	MaMe	1	

Abbildung 29: Legende Modulldayout (Sketch Up.com)

Als Abschluss im Modulldayout wird der Masstab des Layouts eingefügt, danach der Zeichner und der Projektleiter, was in unserem Szenario mein Kürzel ist (MaMe / Mark Mettler).

Als Schlusswort in diesem Kapitel möchte ich erwähnen, dass die Massen zwingend im Modulldayout eingezeichnet werden müssen. Sie dienen als Referenz für unser Montage-Team, so dass sie die Anlage Masstabgetreu montieren können.

7.4.2 Datenblätter

Jedes Solarmodul und jeder Wechselrichter besitzen wichtige Informationen über Ausgangsströme, Masse, Leistungen etc. Ich als Fachmann kenne diese Angaben über unsere Komponenten bereits, da ich auch schon mit diesen gearbeitet habe. Um einem Laien aber aufzeigen zu können, von wo wir diese Daten nehmen, werden hier die Datenblätter der Solarmodule und der beiden Wechselrichter aufgezeigt. Die für mich wichtigsten Daten habe ich gelb markiert. Diese überschneiden sich mit den Angaben aus der Legende des Modullayouts.

AIKO-Solarmodul:

Neostar 2P

AIKO-A-MAH54Mw

470W
Output

23.6%
Efficiency

≤1%
First-year Degradation

≤0.35%
Annual Degradation from Year 2-30

30-year Linear Performance Warranty

Legend: ABC Mono-glass Module (red line), PERC Mono-glass Module (black line)

Tolerance: L: ±2mm, W: ±2mm, Unit: mm

Electrical Characteristics (STC: AM1.5 1000W/m ² 25°C NOCT: AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s)							Power Tolerance 0- + 3%			
Module Type	AIKO-A450-MAH54Mw		AIKO-A455-MAH54Mw		AIKO-A460-MAH54Mw		AIKO-A465-MAH54Mw		AIKO-A470-MAH54Mw	
Test Conditions	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
P _{max} [W]	450	339	455	343	460	346	465	350	470	354
V _{oc} [V]	40.49	38.24	40.59	38.33	40.69	38.43	40.79	38.52	40.89	38.62
V _{mp} [V]	33.50	31.64	33.60	31.73	33.70	31.83	33.80	31.92	33.90	32.02
I _{sc} [A]	14.21	11.49	14.31	11.57	14.41	11.66	14.51	11.74	14.61	11.82
I _{mp} [A]	13.44	10.72	13.55	10.81	13.66	10.90	13.76	10.98	13.87	11.07
Module Efficiency	22.6%		22.8%		23.1%		23.3%		23.6%	

Mechanical Specification

Cell Type	N-Type ABC
Front Cover Mono glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminum
Cable	4mm ² (IEC) 12AWG(U.L) 1200mm
No. of Cells	108(6*18)
Junction Box	IP68,3 bypass diodes
Connector	MC4-Evo2
Weight	21.5kg
Dimension	1757*1134*30mm
Package Detail	36pcs per pallet / 216pcs per 20'GP / 936pcs per 40'HC

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+ 0.05% / °C
Temperature Coefficient of V _{mp}	- 0.22% / °C
Temperature Coefficient of P _{max}	- 0.26% / °C

Installation Guide

Operation Temperature	-40°C - +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Protection Class	Class II
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V
Maximum Static Loading	Front 5400Pa Back 2400Pa
Hall Test	25 mm diameter hall at 23 m/s
Fire Rating	IEC Class C

www.aikosolar.com
marketing@aikosolar.com

*AIKO Energy reserves right to update the specification without notice
AEWHS_ELV6.3

Abbildung 30: Datenblatt PV-Modul (krannich-solar.ch)

Wechselrichter Fronius Symo 20.0-3-M

TECHNISCHE DATEN FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

EINGANGSDATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Anzahl MPP-Tracker			2		
Max. Eingangsstrom ($I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$)	27,0 A / 16,5 A ¹⁾			33,0 A / 27,0 A	
Max. Eingangsstrom ($I_{dc\ max\ 1} + I_{dc\ max\ 2}$)	43,5 A			51,0 A	
Max. Kurzschlussstrom Modulfeld MPP1/MPP2 ($I_{sc\ pv}$)*	56 A / 34 A			68 A / 56 A	
DC-Eingangsspannungsbereich ($U_{dc\ min} - U_{dc\ max}$)			200 - 1000 V		
Einspeisung Startspannung ($U_{dc\ start}$)			200 V		
Nutzbarer MPP-Spannungsbereich			200 - 800 V		
Anzahl DC-Anschlüsse (PV)			3+3		
Max. PV-Generatorleistung ($P_{dc\ max}$)	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}

AUSGANGSDATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC-Nennleistung ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Max. Ausgangsleistung / Scheinleistung	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
AC-Ausgangsstrom ($I_{ac\ nom}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Netzanschluss (Spannungsbereich)		3-NPE 400 V / 230 V oder 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frequenz (Frequenzbereich)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Klirrfaktor	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Leistungsfaktor ($\cos\ \phi_{ac,r}$)		0 - 1 ind. / cap.			

ALLGEMEINE DATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)			725 x 510 x 225 mm		
Gewicht	34,8 kg			43,4 kg	
Schutzart			IP 66		
Schutzklasse			1		
Überspannungskategorie (DC / AC) ²⁾			2 / 3		
Nachtverbrauch			< 1 W		
Wechselrichterkonzept			Trafoslos		
Kühlung			Geregelte Luftkühlung		
Montage (Tragschiene)		Innen- und Außenmontage (106 x 90 x 66 mm)			
Umgebungstemperatur-Bereich		-40 - +60 °C			
Zulässige Luftfeuchtigkeit		0 - 100 %			
Max. Höhe über Meeresspiegel		2.000 m / 3.400 m (uneingeschränkter / eingeschränkter Spannungsbereich)			
Anschlusstechnologie DC		6x DC+ und 6x DC- Schraubklemmen 2,5 - 16 mm ²			
Anschlusstechnologie AC		5 polige AC Schraubklemmen 2,5 - 16 mm ²			
Zertifikate und Normerfüllung		ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G98, G99, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097			
Herstellungsland		Österreich			

Abbildung 31: Datenblatt WR Fronius Symo 20.0-3-M (krannich-solar.ch)

Hybridwechselrichter Fronius Symo Gen24 10.0

Technische Daten

6.0/8.0/10.0 kW

			Symo GEN24/GEN24 Plus							
			6.0		8.0		10.0			
Eingangsdaten	Anzahl MPP-Tracker		2		2		2			
	DC-Eingangsspannungsbereich (Udc min - Udc max)	V	80 - 1.000		80 - 1.000		80 - 1.000			
	Nominale Eingangsspannung (Udc,r)	V	610		610		610			
	Einspeisung Startspannung (Udc start)	V	80		80		80			
	Nutzbarer MPP-Spannungsbereich	V	80 - 800		80 - 800		80 - 800			
	MPP voltage range (at rated power) (U _{mpp} min - U _{mpp} max)	V	174 - 800		224 - 800		278 - 800			
			MPPT1	MPPT2	MPPT1	MPPT2	MPPT1	MPPT2		
	Max. nutzbarer Eingangsstrom (Idc max)	A	25	12,5	25	12,5	25	12,5		
	Max. Kurzschlussstrom Modulfeld (Isc pv) ¹	A	40	20	40	20	40	20		
	Anzahl DC-Anschlüsse		2	1	2	1	2	1		
		MPPT1	MPPT2	Summe	MPPT1	MPPT2	Summe	MPPT1	MPPT2	Summe
Max. nutzbare DC-Leistung	W	6.220	6.000	6.220	8.260	6.000	8.260	10.300	6.000	10.300
Max. PV-Generatorleistung	Wpeak	7.500	6.500	9.000	10.000	7.000	12.000	12.500	7.500	15.000

Ausgangsdaten	AC-Nennleistung (Pac,r)	W	6.000		8.000		10.000	
	Scheinleistung	VA	6.000		8.000		10.000	
	Max. Ausgangsleistung	VA	6.000		8.000		10.000	
			380 Vac	400 Vac	380 Vac	400 Vac	380 Vac	400 Vac
	Nom. AC-Ausgangsstrom	A	9,1	8,7	12,1	11,6	15,2	14,5
	Netzanschluss (Uac,r)	V	3~ NPE 400/230 oder 3~ NPE 380/220				+20%/-30%)	
	Frequenz (Frequenzbereich fmin - fmax)	Hz	50/60 (45 - 65)					
	Klirrfaktor	%	< 3		< 3		< 3	
Leistungsfaktor (cos φac,r)		0,7 - 1 ind. / cap.						

Ausgangsdaten PV Point	Nom. Ausgangsleistung PV Point	VA	3.000		3.000		3.000	
	Netzanschluss PV Point	V	1~ NPE 220/230					
	Umschaltzeit	Sek.	< 23		< 23		< 23	

 Die Batterie- und Full Backup Notstromfunktion sind nur beim GEN24 Plus verfügbar.

			Symo GEN24 Plus					
			6.0		8.0		10.0	
Ausgangsdaten Full Backup ²	Nom. Ausgangsleistung Full Backup	VA	6.000		8.000		10.000	
	Nominale Phasenleistung Full Backup	VA	3.680		3.680		3.680	
	Netzanschluss Full Backup	V	3~ NPE 400/230 oder 3~ NPE 380/220					
	Umschaltzeit	Sek.	< 35		< 35		< 35	

Batterieanschluss	Anzahl DC-Eingänge		1		1		1	
	Max. Eingangsstrom (Idc max)	A	22		22		22	
	DC-Eingangsspannungsbereich (Udc min - Udc max)	V	160 - 531		160 - 531		160 - 531	
	Anschlusstechnologie DC-Batterie		1 x BATT+ und 1 x BATT- Push-in-Federzugklemmen 2,5 - 10 mm ²					
	Max. DC-Eingangs-/Ausgangsleistung ³	W	6.220		8.260		10.300	
	Max. Ladeleistung bei AC-Kopplung ³	W	6.000		8.000		10.000	
	Kompatible Batterien ⁴		BYD Battery-Box Premium HVS/HVM & LG FLEX ⁵					

Abbildung 32: Datenblatt 1 WR Fronius Symo Gen24 10.0 (krannich-solar.ch)

			Symo GEN24/GEN24 Plus		
			6.0	8.0	10.0
Allgemeine Daten	Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)	mm	595 x 529 x 180		
	Gewicht (Wechselrichter / mit Verpackung)	kg	23,4/28,5	23,4/28,5	23,4/28,5
	Schutzart		IP 66	IP 66	IP 66
	Schutzklasse		1	1	1
	Nachtverbrauch	W	<10	<10	<10
	Überspannungskategorie (DC/AC) *		2/3	2/3	2/3
	Wechselrichterkonzept		Trafolos		
	Kühlung		Active Cooling Technologie		
	Montage		Innen- und Außenmontage		
	Umgebungstemperatur-Bereich	°C	-25 bis +60	-25 bis +60	-25 bis +60
	Zulässige Luftfeuchtigkeit	%	0 - 100	0 - 100	0 - 100
	Geräuschemissionen	dB (A)	< 47	< 47	< 47
	Max. Höhe über Meeresspiegel	m	3.000/4.000 (uneingeschränkter/eingeschränkter Spannungsbereich)		
	Anschlusstechnologie DC PV		3 x DC+ und 3 x DC- Push-in-Federzugklemmen 2,5 - 10 mm ²		
	Anschlusstechnologie AC		5-polige AC Push-in-Federzugklemmen 1,5 - 10 mm ² 3-polige Notstrom Push-in-Federzugklemmen 1,5 - 10 mm ² 5 x PE Schraubklemmen 2,5 - 16 mm ²		
	Zertifikate und Normerfüllungen †		IEC 62109, IEC 62116, IEC 61727, IEC 62909, VDE 0126, VDE AR-N4105, AS/NZS 4777.2, EN 50549, CEI 0-21, G98/G99, R25		
Notstromfunktionen *		PV Point oder Full Backup			
Lebenszyklusanalyse		Nach ÖNORM EN ISO 14040 und 14044 (überprüft von Mitarbeitern des Fraunhofer IZM)			
Wirkungs-grad	Max. Wirkungsgrad	%	98,2	98,2	98,2
	Europ. Wirkungsgrad (η _{EU})	%	97,7	97,8	97,9
	MPP-Anpassungswirkungsgrad	%	> 99,9	> 99,9	> 99,9
Schutzein-richtungen	DC-Isolationsmessung		Integriert		
	Übertastverhalten		Arbeitspunktverschiebung, Leistungsbegrenzung		
	DC-Trennschalter		Integriert		
	Verpolungsschutz		Integriert		
Schnittstellen	WLAN / 2 x Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
	6 digitale Eingänge 6 digitale Ein-/Ausgänge		Anbindung an Rundsteuerempfänger, Energiemanagement		
	Notausschaltung (WSD)		Integriert		
	Datalogger und Webserver		Integriert		
	2 x RS485		Modbus RTU SunSpec (Drittanbieter) / Fronius Smart Meter, Batterie (GEN24 Plus), Fronius Ohmpilot		

Abbildung 33: Datenblatt 2 WR Fronius Symo Gen24 10.0 (krannich-solar.ch)

7.5 Bauplan

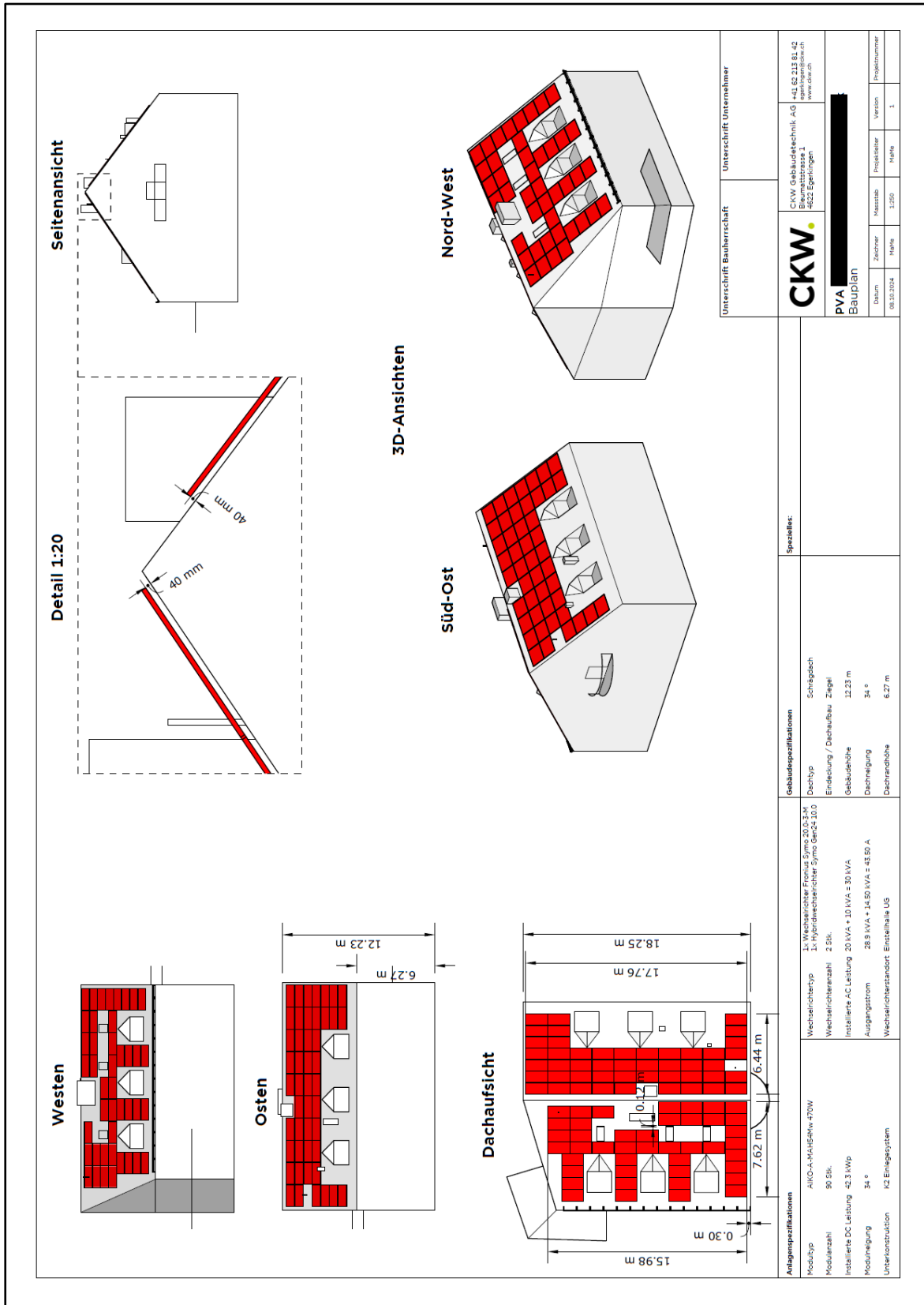



Abbildung 34: Bauplan (Sketch Up.com)

7.5.1 Meldeformular für Solaranlagen



Bau- und Justizdepartement

Meldeformular für Solaranlagen auf (Flach-)Dächern zur Prüfung durch die örtliche Baubehörde, ob es sich um eine baubewilligungspflichtige oder meldepflichtige Anlage handelt

Information
Dieses Formular ist ausgefüllt und mit den erforderlichen Unterlagen der Baubehörde der Standortgemeinde einzureichen. Die örtliche Baubehörde prüft, ob es sich um eine bewilligungs- oder meldepflichtige Anlage handelt. Wenn bewilligungspflichtig, wird sie das ordentliche Baugesuchsverfahren einleiten (Anlagen ausserhalb der Bauzone brauchen zusätzlich die Zustimmung durch das Bau- und Justizdepartement). Wenn meldepflichtig, wird sie die Bauherrschaft, die Solothurnische Gebäudeversicherung und evtl. andere Instanzen wie Feuerwehr etc. darüber informieren.

Personalien / Anlage / Beilagen	
Bauherrschaft	
Vorname Name / Firma:	Kevin Frei
Strasse Haus-Nr., PLZ Ort:	[REDACTED]
Telefon / E-Mail:	[REDACTED]
Anlage	
Vorhaben:	<input type="checkbox"/> Solarwärmanlage <input checked="" type="checkbox"/> Solarstromanlage / Photovoltaikanlage <input type="checkbox"/> Die Abklärungen mit dem Netzbetreiber haben ergeben, dass zusätzliche Leitungsbauprojekte oder Transformatorenstationen erforderlich sind.
Gemeinde (inkl. Ortsteil):	[REDACTED]
Grundstück-Nr.:	724
Gebäude-Nr.:	-
Beilagen	
Diese Beilagen sind zwingend erforderlich und unterschrieben dem Formular beizulegen:	
<input checked="" type="checkbox"/> Baubeschrieb <input checked="" type="checkbox"/> Situationsplan <input checked="" type="checkbox"/> Fassadenplan	
Unterschrift Bauherrschaft	
Datum: <i>08.10.2024</i>	Unterschrift: CKW Gebäudetechnik AG Solartechnik Egerkingen Bleumattstrasse 1 4622 Egerkingen <i>M. Mellor</i>
Beurteilung durch die örtliche Baubehörde	
Liegt die Anlage auf einem Kulturdenkmal von kantonaler Bedeutung (siehe Rückseite)?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Liegt die Anlage in einer Ortsbildschutzzone?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Liegt die Anlage in der Juraschutzzone?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Erfüllt die Anlage die Vorschriften gemäss Art. 32a Abs. 1 oder Abs. 1 ^{ter} RPV (siehe Rückseite)?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
Die Anlage ist:	
<input type="checkbox"/> baubewilligungspflichtig <input type="checkbox"/> meldepflichtig	
Unterschrift örtliche Baubehörde	
Datum:	Unterschrift:
Das Meldeformular ist der örtlichen Baubehörde der Standortgemeinde spätestens 30 Tage vor Baubeginn einzureichen.	

Abbildung 35: Meldeformular für Solaranlagen (so.ch)

7.5.2 Baugesuch

Damit wir unsere Anlage überhaupt montieren dürfen, erstellen wir einen Bauplan, der gleichzeitig auch als Baugesuch eingestuft wird. Dieses Dokument wird der Bauverwaltung übergeben. Diese entscheiden, ob wir die geplante Anlage mit Rücksicht auf Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz umsetzen dürfen. Grundsätzlich gibt der Bauplan Auskunft über die technische Planung und Installation, aber auch über die Sicherheit und Compliance. Dies bedeutet, dass der Bauplan geltende Bauvorschriften, Sicherheitsstandards und den Netzanforderungen entsprechen muss. Nur wenn diese Faktoren gegeben sind, erhält man die Genehmigung für die Montage, was sicherstellt, dass die späteren Inspektionen bestanden werden können. Der Bauplan dient auch als Hilfe für die Berechnung von Materialmengen, der Arbeitszeit und der Gesamtprojektkosten. Dies ermöglicht eine genaue Budgetierung und Angebotserstellung. Als letzter Punkt ist der Bauplan ein zentrales Kommunikationsmittel zwischen Ingenieuren, Architekten, Installateuren und Auftraggebern, um zu gewährleisten, dass alle Beteiligten über das gleiche Verständnis des Projekts verfügen.

7.5.3 Pronovo AG

Pronovo AG ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der Strom-Übertragungsnetzbetreiberin Swissgrid AG und untersteht der Aufsicht des Bundesamtes für Energie (BFE). Pronovo AG ist die akkreditierte Zertifizierungsstelle für die Erfassung von Herkunftsnachweisen und die Abwicklung der Förderprogramme für erneuerbare Energien des Bundes. Sie prüft die erfassten Daten und gibt die Anlage im Herkunftsnachweissystem frei. Über die Firma Pronovo AG ist es möglich, eine Einmalvergütung für unsere Solaranlage zu beantragen. Mit einer Einmalvergütung erhalten Anlagenbetreiber von Solaranlagen einen einmaligen Investitionsbeitrag. Einmalvergütungen für Photovoltaikanlagen werden in drei unterschiedlichen Programmen gewährt: Einmalvergütungen für kleine Photovoltaikanlagen (KLEIV) mit einer Leistung von weniger als 100 kWp, Einmalvergütungen für grosse Photovoltaikanlagen (GREIV) mit einer Leistung ab 100 kWp und die hohe Einmalvergütung (HEIV) für Photovoltaikanlagen (2 kW bis 149,99 kW) ohne Eigenverbrauch. Für unsere Solaranlage mit einer Leistung von 42,3 kWp kommt somit die KLEIV in Frage. Über die Pronovo-Homepage oder über die Energiefranken-Homepage lassen sich die Einmalvergütungen berechnen. Wir haben auf der Pronovo-Homepage die Berechnungen für die Gemeinde Holderbank SO durchgeführt und kommen auf folgendes Ergebnis.

pronovo Förderung Herkunftsnachweise Unternehmen Services PV-Auktionen Kundenportal Energieportal Mein Projekt

Berechnen Sie hier Ihren Förderbetrag / Vergütungssatz

Photovoltaik Einmalvergütung Photovoltaik EVS Biomasse Wasserkraft Windenergie

Felder, die mit einem Stern (*) gekennzeichnet sind, müssen ausgefüllt werden.

Basisdaten der Anlage							Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*	Neigungswinkel ≥ 75 Grad	Höhenbonus ab 1500m	kein Eigenverbrauch			
42.30	31.10.2024	Angebaut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grundbeitrag	0.00	
						Leistungsbeitrag	15'089.90	
						Neigungswinkelbonus	0.00	
						Höhenbonus	0.00	
						Förderbeitrag (unverbindlich)	15'089.90 CHF	

berechnen

Abbildung 36: Berechnung Einmalvergütung (pronovo.ch)

7.6 Strangplan

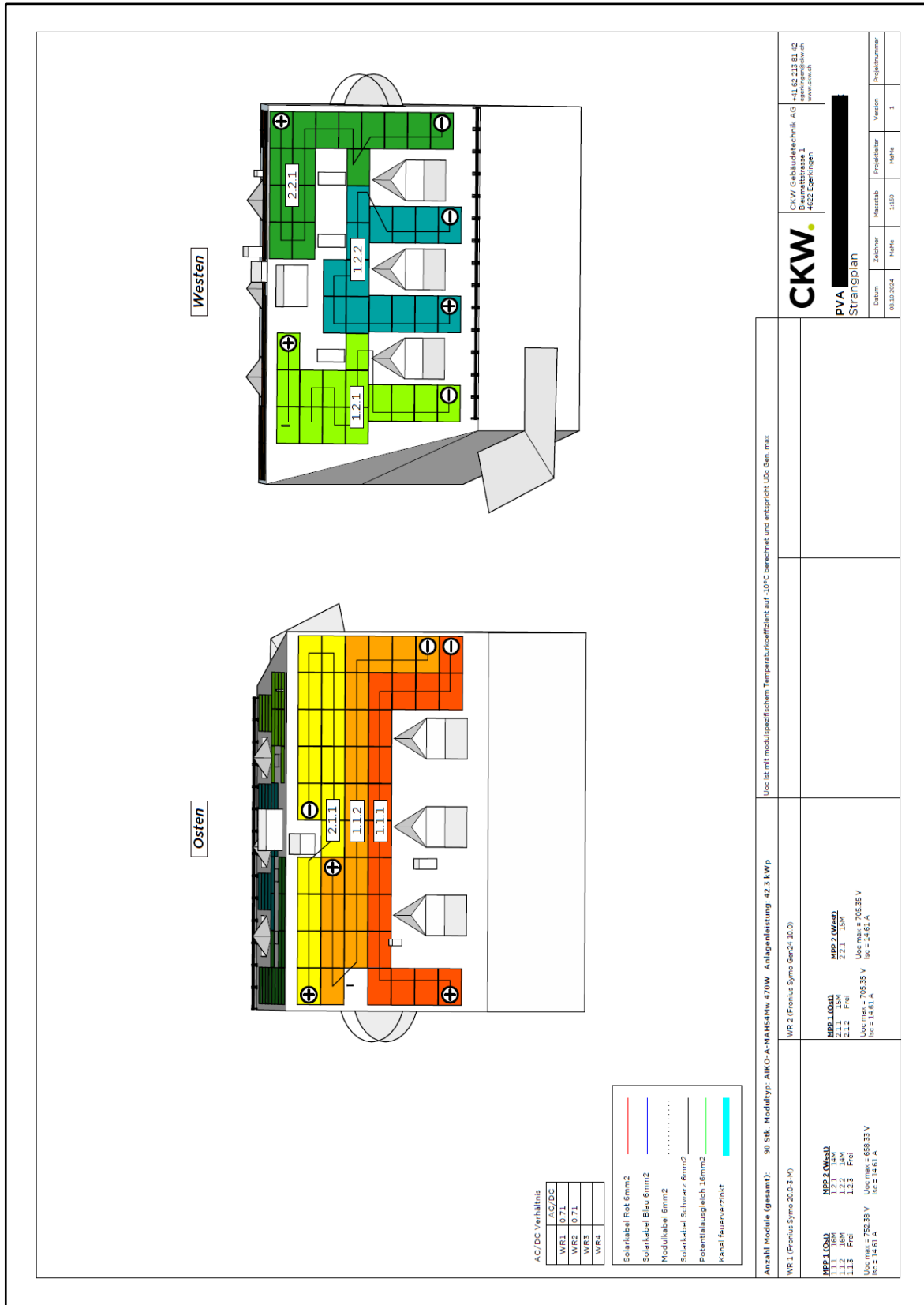


Abbildung 37: Strangplan (Sketch Up.com)

7.6.1 Strings

Der Begriff String bezeichnet eine Kette von Solarmodulen, die seriell zueinander angeschlossen sind. Dabei wird die Spannung von jedem Modul addiert, während der Strom konstant bleibt. Die Reihenschaltung der Module erhöht die Spannung auf ein für den Wechselrichter geeignetes Niveau. Der Wechselrichter wandelt den erzeugten Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) um, der in das Stromnetz eingespeist oder im Haushalt genutzt werden kann. Auf den Datenblätter der Wechselrichter ist angegeben, in welchem Spannungsbereich die Strings angeschlossen sein müssen, um einen optimalen Betrieb zu gewährleisten. Bei den meisten Wechselrichtern ist ein Spannungsbereich von 200V – 1000V ideal. Da wir mit AIKO-Solarmodulen arbeiten, müssen wir auch auf deren Datenblatt die Spannung herauslesen und mit der Anzahl Modulen, die sich in unseren Strings befinden, multiplizieren. Bei den Strings ist es zudem wichtig zu beachten, dass immer nur Module derselben Strings mit denselben Ausrichtungen verwendet. Es können Beschädigungen an den Modulen oder selbst am Wechselrichter auftreten, wenn wir z. B. Ost und West-ausgerichtete Module im selben String zusammenschliessen und keine Optimierer vorhanden sind. In unserem Strangplan kann man sich ein konkretes Bild davon machen, wie man diese Strings auslegen könnte. Zur Überprüfung rechnen wir die Gesamtspannung jedes Strings zusammen und multiplizieren die Spannung mit dem Faktor 1,15. Danach wird der vorhandene Spannungsbereich vermerkt.

Damit es zu keinen Unstimmigkeiten kommt und nicht die Datenblätter hinzugezogen werden müssen, erwähne ich hier, dass die AIKO-Solarmodule eine Spannung pro Modul von 40,89V haben und wir eine Wechselrichter-spannung von 200V – 1000V erzielen müssen.

String Spannungsbereich		
MPPs	Modul pro String	Spannung pro String
1.1.1	16x	752,38V
1.1.2	16x	752,38V
1.2.1	14x	658,33V
1.2.2	14x	658,33V
2.1.1	15x	705,35V
2.2.1	15x	705,35V

Tabelle 8: Legende Strangplan (Selbst erstellt)

7.6.2 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Die «Maximale-Leistungspunkt-Nachführung» ist eine Technologie, die in Solarreglern und Wechselrichtern verwendet wird, um die maximal verfügbare Leistung aus einer Solaranlage zu gewinnen. Die Solarmodule haben je nach Sonneneinstrahlung und Temperatur unterschiedliche Leistungskennlinien. Der MPPT-Algorithmus stellt sicher, dass das Solarmodul immer unter den optimalen Bedingungen betrieben wird, um den höchst möglichen Strom zu erzeugen. Er passt dabei die Spannung und den Strom so an, dass der maximale Leistungspunkt erreicht wird. Zusammengefasst optimiert der MPPT den Energieertrag von Solaranlagen. Wie schon im Kapitel Strings erwähnt, haben die meisten Wechselrichter einen Spannungsbereich von 200V – 1000V. Wir dürfen also mit einem String unter Berücksichtigung des Spannungsfaktors den Wert von 1000V nicht überschreiten. Für mich stellt sich die Frage, wie viele Module darf ich bei diesem Projekt unter Berücksichtigung des Spannungsfaktors maximal in einem String zusammenfassen. Dies möchte ich in einem kurzen Rechenbeispiel aufzeigen:

$$\text{Maximale Modulanzahl pro String} = 21 \text{ Module} \times 40,89\text{V} \times 1,15 = \underline{987,5\text{V}}$$

7.6.3 Bedeutung der MPPT-Zahlen

In der Tabelle des String-Spannungsbereiches sind unsere MPPT bereits ersichtlich. Sie liefert die Informationen über den verwendeten Wechselrichter, den verwendeten MPP und dem verwendeten String. Grafisch lässt sich dies wie folgt aufzeigen:

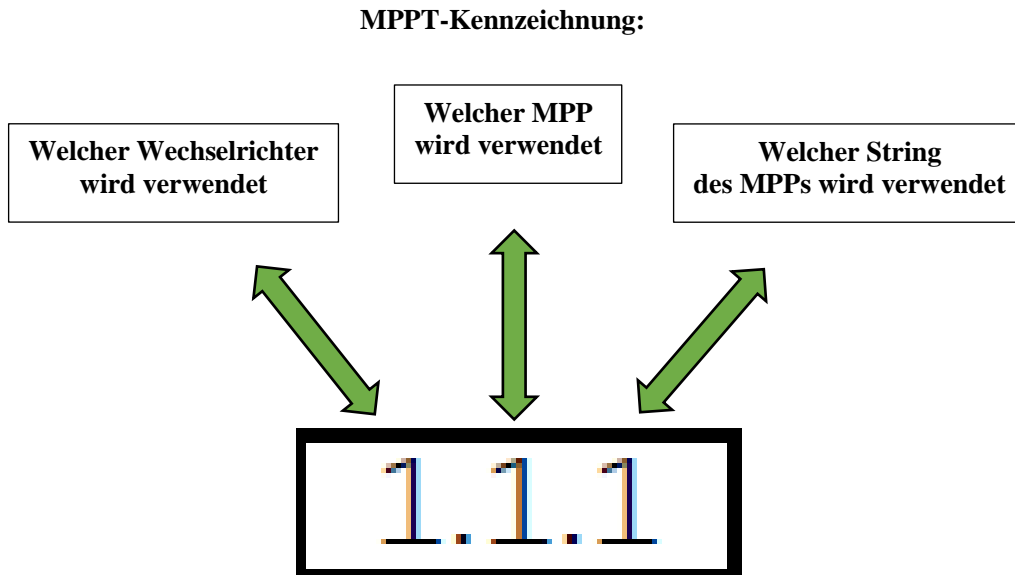


Abbildung 38: MPPT (Sketch Up.com)

Legende Strangplan:

WR 1 (Fronius Symo 20.0-3-M)		WR 2 (Fronius Symo Gen24 10.0)	
<u>MPP 1 (Ost)</u>	<u>MPP 2 (West)</u>	<u>MPP 1 (Ost)</u>	<u>MPP 2 (West)</u>
1.1.1 16M	1.2.1 14M	2.1.1 15M	2.2.1 15M
1.1.2 16M	1.2.2 14M	2.1.2 Frei	
1.1.3 Frei	1.2.3 Frei		
Uoc max = 752.38 V	Uoc max = 658.33 V	Uoc max = 705.35 V	Uoc max = 705.35 V
Isc = 14.61 A	Isc = 14.61 A	Isc = 14.61 A	Isc = 14.61 A

Abbildung 39: Legende Strangplan (Sketch Up.com)

7.7 Elektroprinzipschema

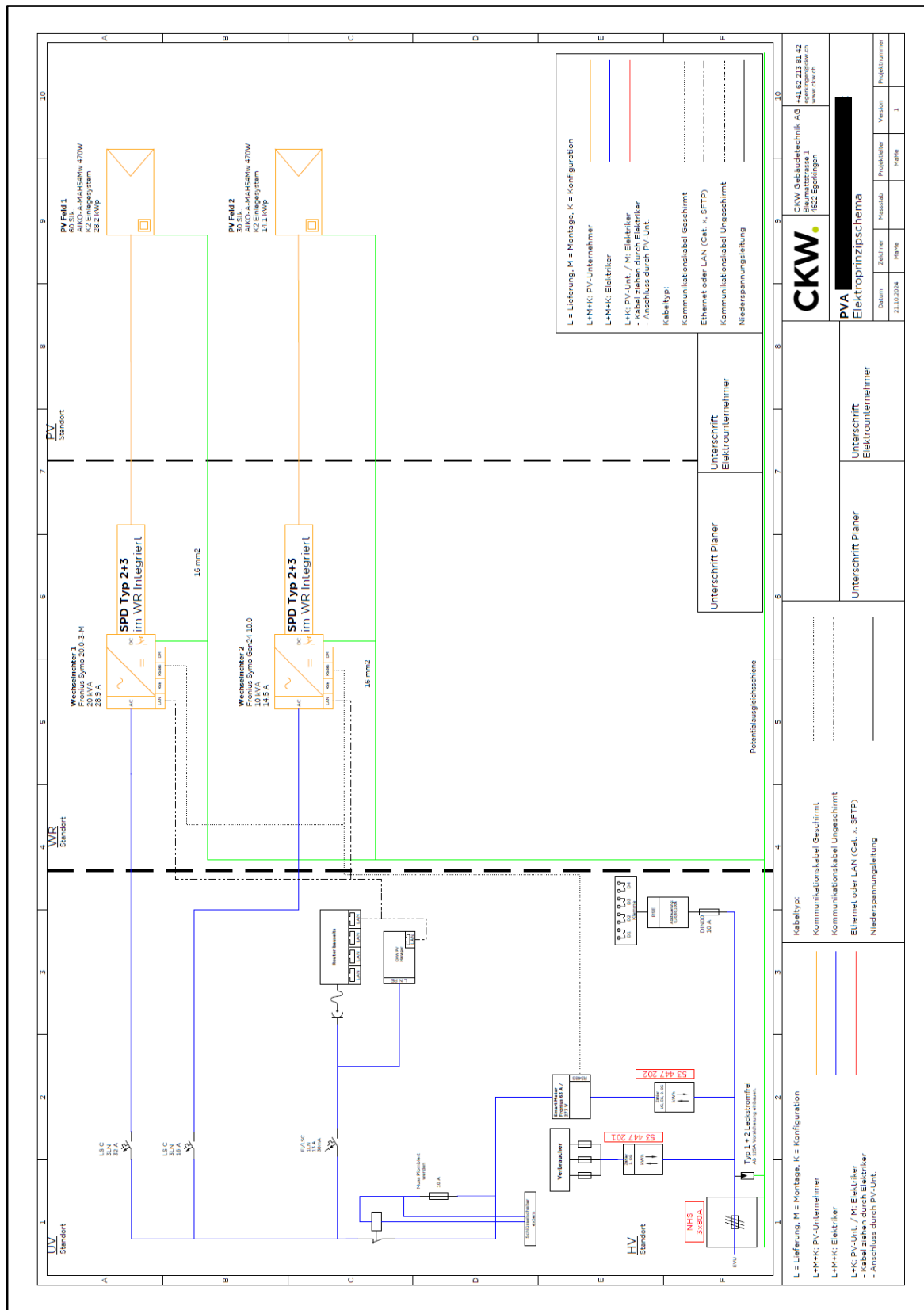


Abbildung 40: Elektroprinzipschema (Sketch Up.com)

7.7.1 Aufbau des Elektroprinzipschemas

Seit Mai 2024 besitzt die Firma CKW Egerkingen AG ein neues Konzept für die Elektroprinzipschemas. Das Konzept umfasst die NIV-Normen nach der aktuellsten Ausgabe der NIN von 2020. Ein Elektroprinzipschema, auch Stromlaufplan oder Schaltplan genannt, erfüllt den Zweck, den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweise einer elektrischen Schaltung darzustellen. Es zeigt die Verbindungen und Wechselwirkungen zwischen den elektrischen Komponenten wie Widerständen, Schaltern, Stromquellen und weiteren elektrischen Apparaturen. Das Schema bietet eine schematische Darstellung der gesamten elektrischen Schaltung, ohne dabei auf räumliche Details einzugehen. So können Techniker oder Ingenieure den Aufbau und die Funktion einer Schaltung leicht nachvollziehen.

7.7.2 Symbole im Elektroprinzipschema

In einem Elektroschema egal welcher Ausführung trifft man immer wieder auf die klassischen Symbole, die für einen spezifischen Komponenten stehen. Aufgrund der Vielfältigkeit dieser Symbole habe ich aus unseren Elektro-Vorlagen die Wichtigsten für die Montage einer Solaranlage herausgefiltert und in drei Tabellen-Kategorien unterteilt.

Klemmenbeschriftungen Prinzipschemata		Relais, Schütze und Steuerungen	Schalter / Steckdosen	Schutz und Sicherungen	Leistungsschalter und Lasttrennschalter vereinfachte Darstellung
Einpolig		Schütz 1S (links separat, rechts verbunden)	Anlage-Drehschalter 1 polig	Leitungsschutzschalter LS vereinfachte Darstellung 1- und 3 polig	
Allpolig		Schütz 1O (links separat, rechts verbunden)	Anlageschalter Vereinfachte Darstellung 1 polig	Leitungsschutzschalter LS 1 polig	
Lichtsteuerung 1 polig T1 = Testorientiert L1 = Lampenorientiert		Schütz 1S 1O	Anlage-Drehschalter Abschliessbar 1 polig	Leitungsschutzschalter LS 3 polig	
Lichtsteuerung 3 polig T1 = Testorientiert L1 = Lampenorientiert		Kontakte 3S	Anlage-Drehschalter Abschliessbar 3 polig	FI-Schutzschalter Vereinfachte Darstellung	
Hand-Null-Automat Steuerung 1 polig H = Hand A = Automat		Kontakte 4S	Anlage-Drehschalter Abschliessbar 3 polig + N	FI-Schutzschalter schematische Darstellung	
Hand-Null-Automat Steuerung 3 polig H = Hand A = Automat		Relais Ein- / Ausschaltverzögert	Schlüsselschalter 1 polig	FI-LS 3 polig	
		Schrittschalter Rechts ausschaltverzögert	Drehschalter Hand-Null-Automat	FI-LS vereinfachte Darstellung 1- und 3 polig	
			Steckdose 230V 1- und 3 Fach Aparatekabel	FI-LS 3 polig	
			Netzwerksteckdose RJ45 1- und 2 Fach Aparatekabel	Diazed / NH Sicherung 1 polig	
			Verbraucher div.	Diazed / NH Sicherung 3 polig	
				Überspannungsschutz SPD	
				Überspannungsschutz SPD Rechts mit Rückmeldekontakt	

Abbildung 41: Elektro Symbole 1 (Sketch Up.com)

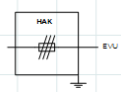
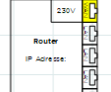
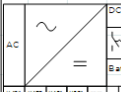
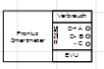
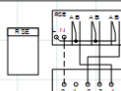
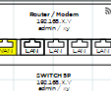
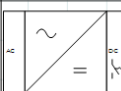
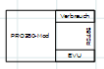

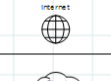

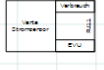
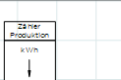
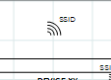
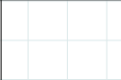

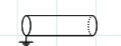

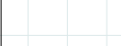

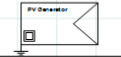


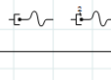
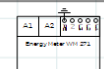
Planobjekte	Netzwerk	Wechselrichter	Smartmeter
Hausanschlusskasten 	Router / Modem 	Wechselrichter Kostal PrimoCore L401 Ladepuffer EVU L402 PV-SE-Ennegetrometer L403 Ladepufferleistung L404 Batteriecommunication 	Fronius Smartmeter 
Rundsteuerempfänger 	Router / Modem Switch 	Wechselrichter Fronius Symo 	PRO380-Mod 
Energiezähler EW Verbrauchszähler Netzmessung 	Internet Cloudserver 	Wechselrichter Fronius Symo Hybrid 	Varta Stromsensor 
Energiezähler EW Produktionszähler 	Funk / WLAN Diverses 	Wechselrichter ABB 200 	Solaredge Modbusmeter 
Geerdetes Rohr 	RJ45 Stecker 	Wechselrichter Kostal Primo 2000 	Stromwandler 
PV-Generator 	Endgeräte 		Kostal EM300 LR 
	Netzwerksteckdose RJ45 1- und 2 Fach Aparatemarken 		Sonnen Energy Meter WM 271 

Abbildung 42: Elektro Symbole 2 (Sketch Up.com)

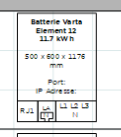
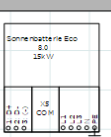

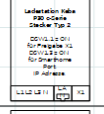

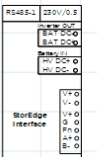

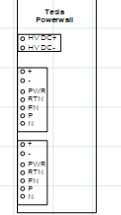

Speichersysteme	Speichersysteme	Zusatzkomponenten Speichersysteme	Ladestationen
Varta Element 	Sonnen Eco 8,0 	Fronius Checkbox für Batteriecommunication (LiB) 	Ladestation KEBA Li-Anschluss Drehstromer für manuelle Ladung 
Fronius 		StoreEdge Interface für Batteriecommunication 	Ladestation Tesla 
Tesla Powerwall 			
BYD B-Box H7.7 			

Abbildung 43: Elektro Symbole 3 (Sketch Up.com)

7.7.3 Ticket-System der CKW

Im Juni 2024 hat unsere Administration in Microsoft Teams ein neues Ticket-System erstellt. Nach der Erstellung des Elektroprinzipschemas, eröffnet der jeweilige Projektleiter das Ticket, dass zu der Überprüfung des Schemas, den Antrag des TAG's und der IA sowie die Festlegung des IBN-Datums dient. Hier arbeiten wir das erste mal mit unserer Elektro-Abteilung zusammen, die die nötigen Massnahmen treffen. Das Elektroprinzipschema wird mittelst vier-Augen-Prinzip von mir und dem Abteilungsleiter Elektro kontrolliert. Bei allfälligen Anpassungen leitet mir der Abteilungsleiter das Schema zurück mit den Notizen für die korrekte Erstellung. Wenn das Schema in Ordnung ist, werden die Anträge für das Technische Anschlussgesuch (TAG) und die Installationsanzeige (IA) gefertigt und der zuständigen Behörden übergeben. Diese entscheiden nun, ob die geplante Anlage realisiert werden darf, oder nicht. Wenn alles von Seiten der Behörden genehmigt wird, erhalten wir die zwei Gesuche bewilligt zurück, was uns die Erlaubnis gibt, die Anlage zu bauen.

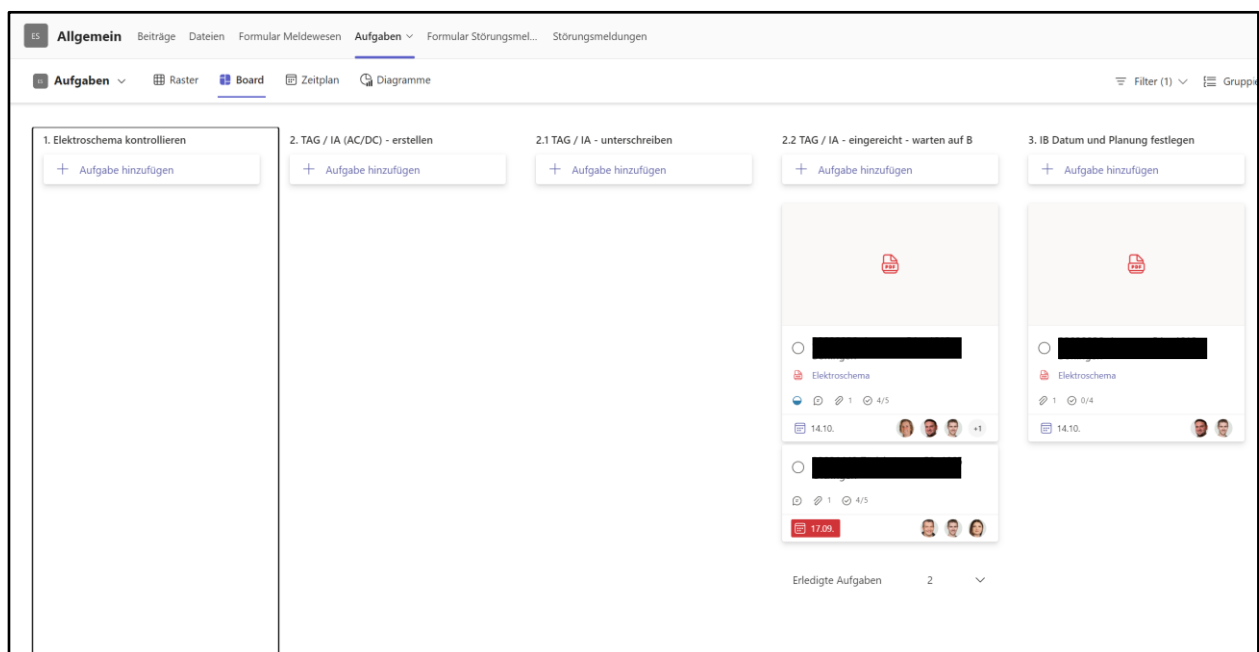


Abbildung 44: Ticket-System (teams.microsoft.com)

Hier erblicken wir das Ticket-System mit anderen Projekten, bei denen ich mitbeteiligt bin. Wie wir sehen können, wurden die zwei Gesuche erstellt und bereits eingereicht. Aktuell warten wir für auf die Bewilligungen, damit wir in einer nächsten Phase das Inbetriebnahme Datum festlegen können. Falls wir mit einem externen Elektriker zusammenarbeiten, muss uns dieser die Apparaten-Bestellung (AB) für die AC-Installation zukommen lassen, dass dies in der Schlussrechnung berücksichtigt wird. Auch die Apparaten-Bestellung wird im Ticket-System aufgelistet, die man ganz einfach als PDF einfügen kann.

7.7.4 Antrag TAG und IA

Technisches Anschlussgesuch (TAG)			
Netzbetreiberin (VNB)		Aare Energie AG	
VNB Objekt-Nr.			
Meldungs-Nr. VNB		/	
Allgemeine Angaben			
Name und Anschrift des Eigentümers (Betriebsinhaber)			Sprache <input checked="" type="checkbox"/> de <input type="checkbox"/> fr <input type="checkbox"/> it
Name Frei		Vorname Kevin	
Strasse		PLZ 4718	Ort Holderbank
Tel.		E-Mail kevin.frei@ckw.ch	
Standort der Anlage			
Strasse		Nr.	Gebäudeart Mehrfamilienhaus
PLZ 4718	Ort Holderbank		<input type="checkbox"/> neu <input checked="" type="checkbox"/> bestehend
Gemeinde Holderbank	Parzellen Nr. 724		<input type="checkbox"/>
Zähler-Nr.	Netzanschluss (HAK)	80 A	<input type="checkbox"/> neu <input checked="" type="checkbox"/> bestehend
Name und Anschrift des einreichenden Unternehmens			Sprache <input checked="" type="checkbox"/> de <input type="checkbox"/> fr <input type="checkbox"/> it
Name CKW Gebäudetechnik AG		Vorname Solartechnik Egerkingen	
Strasse Bleumattstrasse		Nr. 1	PLZ 4622 Ort Egerkingen
Tel. 062 213 81 42		E-Mail	
Sachbearbeiter/-in		Voraussichtliche Inbetriebnahme 30.10.2024	
Anschlussgesuch für folgende Geräte			
<input type="checkbox"/> Elektrische Wärme/WP <input checked="" type="checkbox"/> EEA <input type="checkbox"/> Anlagen mit Netzurückwirkungen <input type="checkbox"/> Energiespeicher <input type="checkbox"/> Ladestationen Elektrofahrzeuge			
Energieerzeugungsanlagen (EEA)			
<input checked="" type="checkbox"/> Neuanlage <input type="checkbox"/> Änderung/Erweiterung			
Art des Gerätes/Anlage PV-Anlage		Gerätehersteller Fronius	
Art des Betriebs <input checked="" type="checkbox"/> Netzverbund <input type="checkbox"/> Inselbetrieb <input type="checkbox"/> Notstromanlage		Gerätetyp Symo 20.0-3-M / Symo Gen24 10.0	
Eigenverbrauch		<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja	Wenn Ja: <input type="checkbox"/> einzel <input checked="" type="checkbox"/> mehrere
Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)		<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	Wenn Ja, Vorsicherung des VNB ZEV-Zählers A
Notstromanlage zeitweise mit Netz verbunden		<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	
Umschaltung Netzverbund/Notstrom und umgekehrt mit Netzunterbruch		<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	
Teilnahme an der Systemdienstleistung		<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	Anbieter
Gerätedaten Seite AC			
Anschluss <input checked="" type="checkbox"/> 3x400V <input type="checkbox"/> 1x230V <input type="checkbox"/> Andere		Anzahl Geräte 2 Stk	Nennleistung Gerät 20 + 10 kVA
			Nennleistung Total 30 kVA
			*Max. Leistungsabgabe ans Netz 30 kVA
(*Gesamtsystem inkl. bereits installierter Leistung und allfällig installiertem Energiespeicher mit Rückspeisung in das Verteilnetz)			
Einspeisebegrenzung <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja		cos Φ im Betrieb 0.71	
Photovoltaik: Leistung DC (bei einem Zubau die Angaben der Erweiterung)/Datenblätter (WR und Module) müssen nicht eingereicht werden.			
		Leistung Total 42.3 kWp	
Energieträger			
<input checked="" type="checkbox"/> Sonne (PV) <input type="checkbox"/> Wasser <input type="checkbox"/> Wind <input type="checkbox"/> WWK Anlage/BHKW <input type="checkbox"/> Biogas <input type="checkbox"/> Andere			
Technisches Anschlussgesuch (TAG) – Fortsetzung			
Einreich. Unternehmen		Meldungs-Nr. VNB /	
Name CKW Gebäudetechnik AG Ort Egerkingen		VNB Objekt-Nr.	
Standort der Anlage		Netzbetreiberin (VNB) Aare Energie AG	
Strasse		PLZ 4718	Ort Holderbank

Abbildung 45: Antrag TAG 1 (diewerke.ch)

Technisches Anschlussgesuch (TAG) – Fortsetzung

Einreich. Unternehmen	Meldungs-Nr. VNB	/
Name CKW Gebäudetechnik AG	Ort Egerkingen	VNB Objekt-Nr.
Standort der Anlage	Netzbetreiberin (VNB) Aare Energie AG	
Strasse	PLZ 4718	Ort Holderbank

Weitere allgemeine Angaben

Bemerkungen des einreichenden Unternehmens

Unterschrift des einreichenden Unternehmens

Datum

Unterschrift

Entscheid VNB

Elektrische Wärme/WP <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt mit Massnahmen	Bemerkungen	
EEA <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt mit Massnahmen	Bemerkungen cos Φ 0.71 Andere	
Anlagen mit Netzzrückwirkungen <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt mit Massnahmen	Bemerkungen	
Energiespeicher <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt mit Massnahmen	Bemerkungen	
Ladestationen für Elektrofahrzeuge <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt <input type="checkbox"/> Anlage bewilligt mit Massnahmen	Bemerkungen	
Weitere Bemerkungen des VNB	Rundsteuerfrequenz VNB	Hz
	Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt S_{KV}	kVA
	Anlagenleistung S_A	kVA
Die «Werkvorschriften WV CH» und die «Technischen Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen DACHCZ» müssen am Verknüpfungspunkt eingehalten werden. Das Anschlussgesuch hat eine Gültigkeit für 1 Jahr.		
Unterschrift VNB		
Datum	Unterschrift	

Abbildung 46: Antrag TAG 2 (diewerke.ch)

7.7.5 Zweck des TAG's

Das «Technische-Anschlussgesuch» (TAG) wird beim Netzbetreiber eingereicht und dient dazu, die Möglichkeit und die Voraussetzungen für den Netzanschluss der PV-Anlage zu klären. Es enthält wichtige technische Anlagedaten und stellt den ersten Schritt im Anmeldeprozess dar. Das TAG prüft, ob die geplante PV-Anlage an das Stromnetz angeschlossen werden kann, ohne dass Probleme bei der Netzstabilität auftreten. Insbesondere wird untersucht, ob das örtliche Stromnetz die Einspeisung der erzeugten Energie aufnehmen kann. Das aufgezogene TAG kann durch uns – wie hier erkennbar - bereits vorgefertigt werden, oder der zuständige Netzbetreiber fertigt den Antrag von Grund auf selbst an. Wir haben uns für die digitalisierte Variante entschieden, so dass wir dem Netzbetreiber AEN das vorgefertigte Exemplar nur noch zusenden können.

7.7.6 Zweck der IA

Nach der Genehmigung des TAG's muss die «Installationsanzeige» (IA) beim Netzbetreiber eingereicht werden. Diese zeigt an, dass die Installation der PV-Anlage durchgeführt wurde oder in Kürze abgeschlossen wird. Die IA informiert den Netzbetreiber darüber, dass die Anlage betriebsbereit ist und nun an das Stromnetz angeschlossen werden kann. Gleichzeitig können nun die technischen Daten der PV-Anlage in das System des Netzbetreibers eingespeist werden. Auf Basis der IA erfolgt oft auch die Installation eines neuen Stromzählers durch den Netzbetreiber. Auch bei unserer IA wurde ein digitales Dokument vorgefertigt und kann somit dem Netzbetreiber nur noch übermittelt werden.

7.8 Gerüstplan



Abbildung 48: Gerüstplan (Sketch Up.com)

7.8.1 Externer Gerüstbauer

Wo gearbeitet wird, muss Sicherheit vorhanden sein. Wir begehen ein um 34 ° geneigtes Dach, das zudem noch mehrere Hindernisse aufweist. Unsere Logistik-Abteilung verfügt über keine Art von Gerüst, das wir bei der Montage einer Solaranlage errichten können. Exakt aus diesem Grund arbeiten wir auch mit externen Partnern, wie in diesem Beispiel der Gerüstbauer. Dies ist allerdings nicht nur unser einziger externer Partner. Häufig wird die AC-Installation, also sämtliche elektrischen Installationen, die mit Wechselstrom funktionieren, von einer externen Elektroinstallationsfirma erstellt. Dies bedeutet, dass wir den externen Partnern eine Anfrage per E-Mail zukommen lassen müssen, wo alle Projekt-spezifischen Angaben hinterlegt sind. Wenn wir einen Gerüstbauer beauftragen ein Sicherheitsgerüst aufzustellen, senden wir ihm unser Projekt-Modulldayout. Darauf sind die Haus-Vermessungen sowie der erstellte Gerüstplan ersichtlich, damit Ort und Art des Gerüsts bestimmt werden können. Ich habe für das Projekt der Familie Frei einen geeigneten Gerüstbauer gefunden und möchte die Anfrage in dieser Arbeit festhalten.

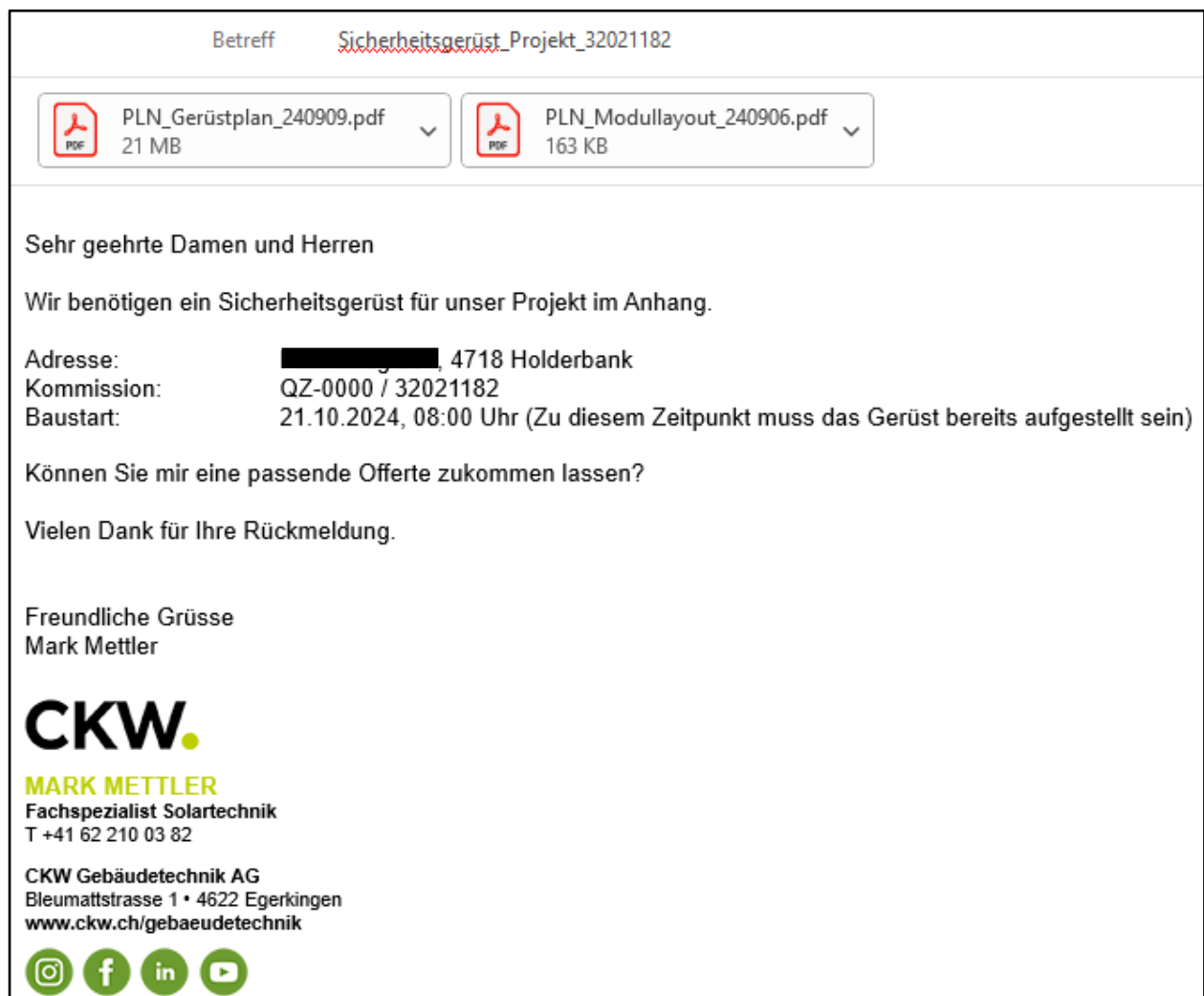


Abbildung 49: Anfrage an Gerüstbauer (outlook.com)

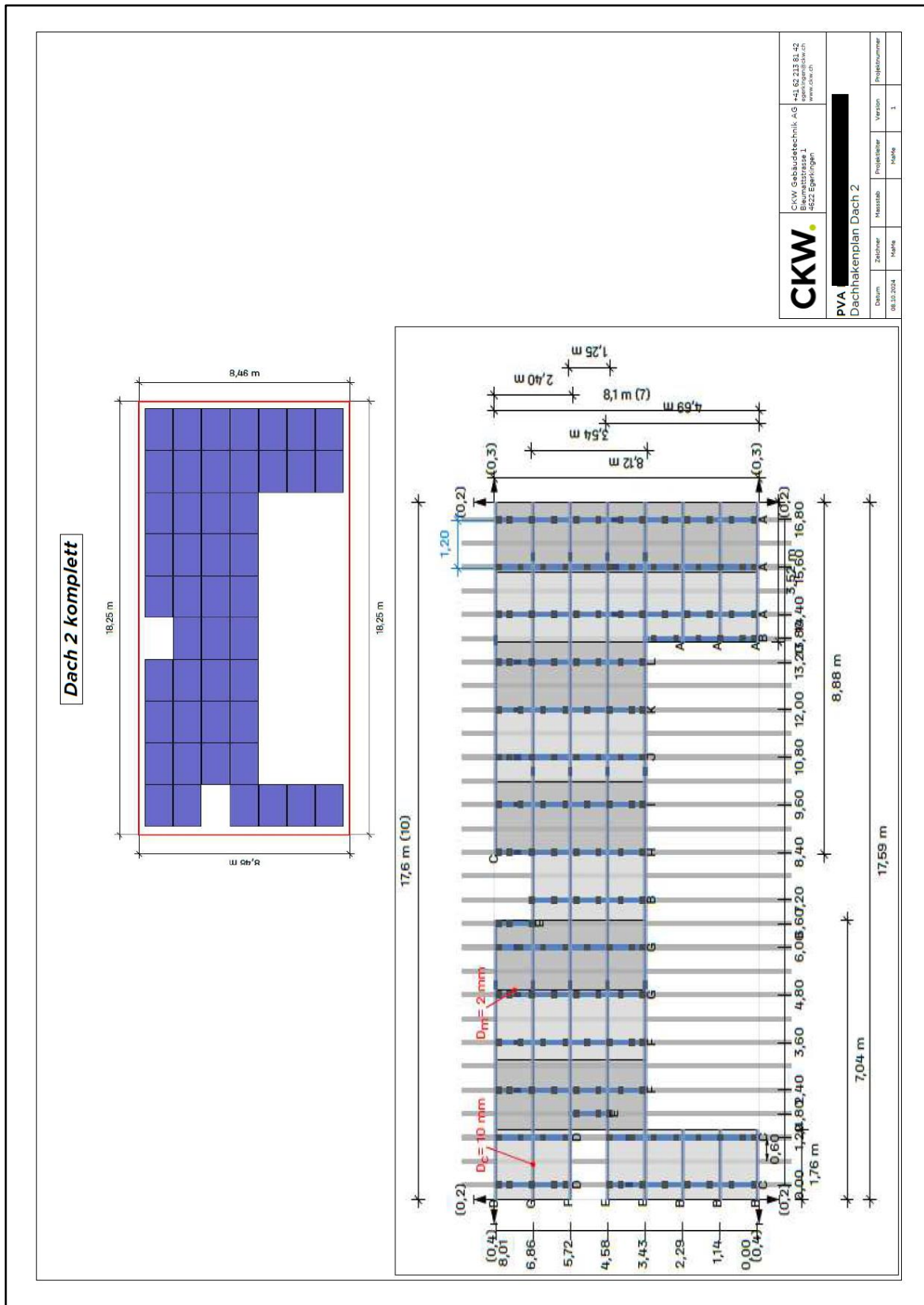


Abbildung 51: Dachhakenplan Dach 2 (Sketch Up.com)

7.9.1 PV-Planung im K2 Base

K2 Base ist eine Planungssoftware der Firma K2 Systems, die speziell für die Planung und Auslegung von Montagesystemen für Solaranlagen entwickelt wurde. Die Software ermöglicht es, Solaranlagenplaner und Installateuren schnell und einfach eine geeignete Unterkonstruktion für die PV-Module zu erstellen, die den statischen Anforderungen und den baulichen Gegebenheiten des jeweiligen Daches entsprechen. In K2 Base können Nutzer verschiedene Dachtypen, z. B. Flachdächer oder Schrägdächer, modellieren und die richtige Befestigungsart auswählen. Zudem berücksichtigt sie Wind- und Schneelasten und führt statische Berechnungen durch, um die Sicherheit und Stabilität der Solaranlage zu gewährleisten. Am Ende der Planung wird eine vollständige Dokumentation erstellt, die alle relevanten, technischen Informationen enthält. Wir Solar-Spezialisten benötigen den Montageplan, die Artikelliste und den Statikbericht. Da dieser Bericht für unser Projekt 45 Seiten enthält, wird er in der Arbeit nicht ausdrücklich aufgezeigt. Gerne möchte ich die benutzerfreundliche Oberfläche zeigen, wobei unser Projekt diese Projektphase im Hintergrund durchläuft.

Dashboard:

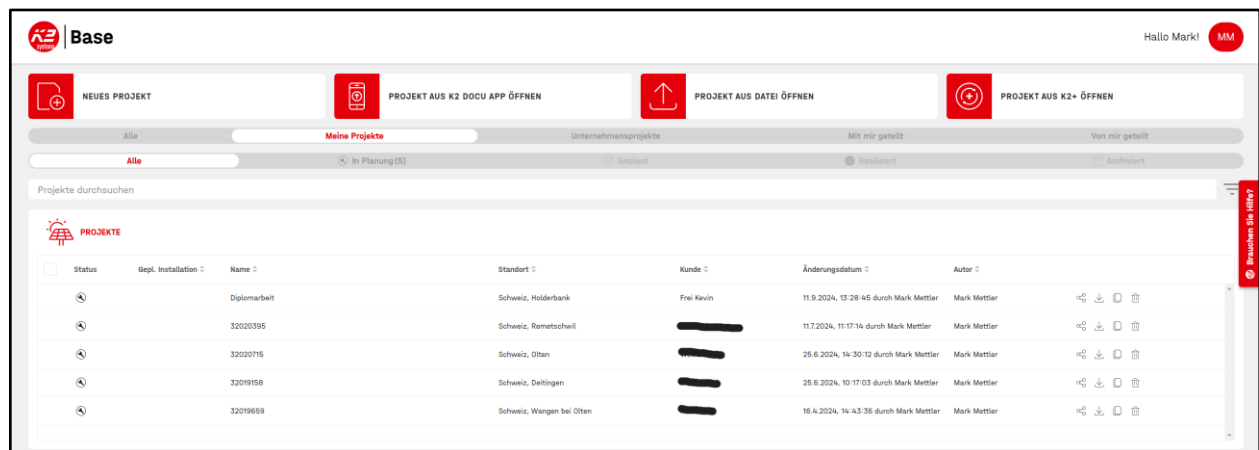


Abbildung 52: Dashboard K2 Base (k2-systems.com)

Hier erblicken wir die Hauptseite der Software K2 Base. Wie man erkennen kann, musste ich dieses Tool bereits für fünf Projekte verwenden. Aus Datenschutzgründen wurden die Kunden bei vier Projekten geschwärzt. Das oberste Projekt ist die Liegenschaft, die in dieser Arbeit behandelt wird. Als Start wird das Kästchen «Neues Projekt» ausgewählt.

Grundlegende Informationen:

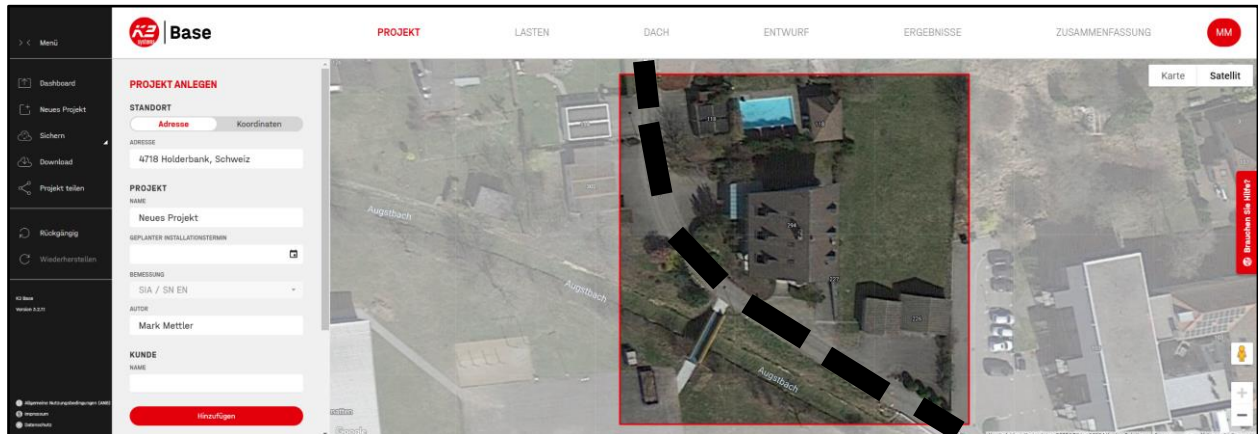


Abbildung 53: Grundinformationen in K2 Base (k2-systems.com)

Für den Startschuss geben wir die Adresse unseres Projektes ein und geben der Software alle Informationen über den Kunden, die Dachart, Notizen sowie ein allfälliges Schneefangsystem, dass bei unserem Projekt auf der West-Seite des Daches benötigt wird.

Dach, Hindernisse und Modulfelder:

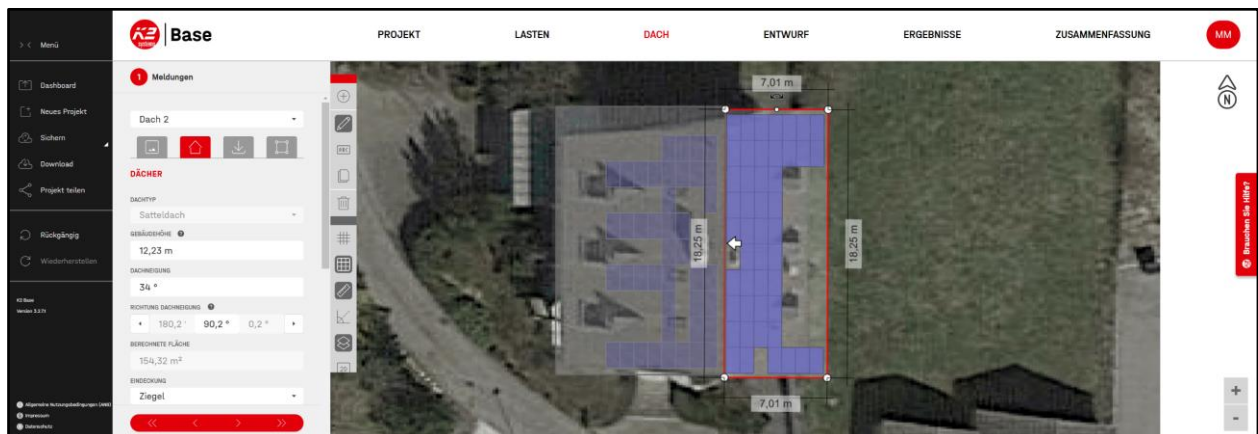
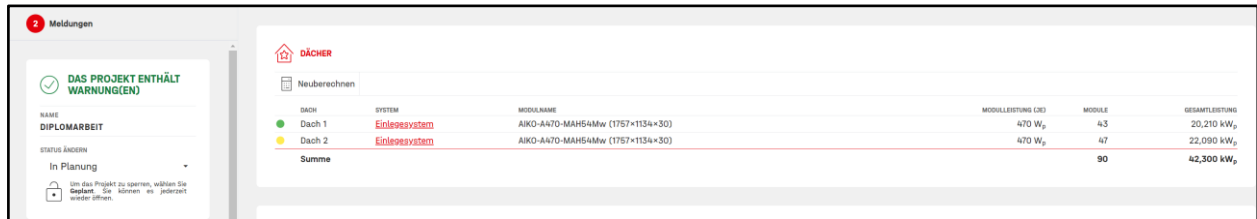


Abbildung 54: Dach und Modulfelder in K2 Base (k2-systems.com)

In einer nächsten Phase zeichnen wir die Dachränder ein und definieren Sperrzonen. Die Software erkennt aufgrund der Sperrzonen, dass sich dort Hindernisse wie Fenster, Kamin, oder anderes befinden. In diesem Schritt ist es zu dem erforderlich die Gebäude Spezifikationen anzugeben, wie z.B. die Dachneigung, oder die Gebäudehöhe. Wenn wir diese Informationen alle angegeben haben und die Dachränder eingezeichnet haben, folgt das Auslegen der Modulfelder. Wie im Bild erkennbar ist, habe ich zwei Modulfelder definiert und dies wäre das Ost-Dach und das West-Dach. Hier ist wichtig zu erwähnen das die Module nicht exakt modelliert werden müssen, wie in unserem Modullayout. Die Software berücksichtigt das Montagesystem, dass auf das jeweilige Hausdach gebaut werden soll und nicht auf die exakte Auslegung der PV-Module.

Meldungen und Abschluss:



The screenshot shows the 'Meldungen' (Messages) section of the K2 Base software. On the left, a green checkmark indicates 'DAS PROJEKT ENTHÄLT WARNUNG(EN)'. Below this, the project name 'DIPLOMARBEIT' and status 'In Planung' are visible. On the right, a table titled 'DÄCHER' (Roofs) lists the modules. The table has columns for 'DACH' (Roof), 'SYSTEM', 'MODULNAME', 'MODULLEISTUNG (kWp)', 'MODULE', and 'GESAMTLEISTUNG'. Two roof entries are shown, both with a yellow warning icon and the system 'Einleisesystem'. A 'Summe' (Total) row is at the bottom.

DACH	SYSTEM	MODULNAME	MODULLEISTUNG (kWp)	MODULE	GESAMTLEISTUNG
Dach 1	Einleisesystem	AIKO-AN70-MAH54Mw (1757*1134*30)	470 W _p	43	20,210 kW _p
Dach 2	Einleisesystem	AIKO-AN70-MAH54Mw (1757*1134*30)	470 W _p	47	22,090 kW _p
Summe				90	42,300 kW _p

Abbildung 55: Ergebnis in K2 Base (k2-systems.com)

Wenn wir die Modellierung abgeschlossen haben, meldet uns die Software, ob sich aufgrund unserer Auslegung, Statik Probleme entstehen würden, oder einzelne Komponenten überlastet sind. Dies würde rot gekennzeichnet werden mit der Bemerkung das einige Komponenten überlastet sind. Unsere Auslegung bringt eine grüne Meldung vor, die unser Projekt in die nächste Projektphase bringt. Wir haben eine kleinere Warnung für das Ost-Dach erhalten, da die Software erkannt hat, dass wir mit unseren Modulen sehr nahe am Dachrand sind. Dies beunruhigt uns aber wenig, da wir die Module tatsächlich nahe dem Dachrand auch montieren werden.



The cover page features the K2 systems logo on the left and the slogan 'Connecting Strength' in large blue letters. Below this, the title 'K2 Base Bericht' is followed by 'Diplomarbeit' in red. On the right side, the CKW logo is displayed. At the bottom, project details are listed in a two-column format.

Projektadresse	4718 Holderbank, Schweiz
Kunde	Frei Kevin
Gesellschaft	CKW Gebäudetechnik AG
Autor	Mark Mettler
Ausgabedatum & Version	20.09.2024 K2 Base Version 3.2.9.1

Abbildung 56: Bericht in K2 Base (k2-systems.com)

Als Abschluss haben wir nun die Möglichkeit diverse Berichte als PDF herunterzuladen. In den meisten Fällen benötigen wir drei Berichte. Dies wäre die Artikelliste, um das nötige Material zu bestellen, den Montageplan, der direkt dem Montage-Team weitergegeben wird und der Statikplan, der beim Abschluss des Projektes in die Projektdokumentation mit einfließt.

7.10 Wechselrichter Disposition




Einstellhalle UG

● Durchbruch 50mm

	WR Fronius Symo 20.0-3-M		Kanal 60mm x 90mm weiss
	Hybrid-WR Fronius Symo Gen24 10.0		Durchbruch für HV

CKW.		CKW Gebäudetechnik AG 4510 Sissach Blumenstrasse 1 4622 Egerkingen www.ckw.ch	
PVA		Wechselrichterdisposition	
Datum	Zeichner	Herzstab	Projektziele
08.10.2024	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Blatt	Blatt	Blatt	Blatt
1	1	1	1

Abbildung 57: Wechselrichter Disposition (Sketch Up.com)

7.10.1 Platzierung Wechselrichter und Installation

Die Wechselrichter-Disposition ist ein Plan, der den ersten Eindruck der Wechselrichtermontage und deren Elektroinstallationen grafisch darstellt. Mit dem Kunden wurde im Vorfeld der Installationsweg sowie der Standort der beiden Wechselrichter definiert. Der Hybrid-Wechselrichter wurde aus einem ganz bestimmten Grund am aufgezeigten Standort platziert. Herr Frei möchte zudem zu einem späteren Zeitpunkt einen Batteriespeicher mit einer Leistung von 10 kWh nachrüsten. Ein normaler Wechselrichter wie der Fronius Symo 20.0-3-M ist nicht mit einem Batteriespeicher kompatibel. Genau aus diesem Grund hat sich Herr Frei für zwei Wechselrichter entschieden, wobei der Zweite ein Hybrid-Wechselrichter ist, der mit dem Batteriespeicher verträglich ist. Der Batteriespeicher soll rechts hinter der Wand, wo die beiden Wechselrichter Standorte sind, aufgestellt werden. Des Weiteren müssen wir die Wechselrichter mit den AC- und DC-Kabel erreichen. Für die Verkabelung wird ein Installationskanal mit den Massen 60mm x 90mm erstellt. Dieser sollte über ausreichend Platz verfügen, um alle benötigten Kabel zu den Wechselrichtern zu bringen. Damit wir dies überhaupt realisieren können, müssen wir zusätzlich einen Durchbruch mit einem Durchmesser von 50mm erstellen. Direkt hinter dem Durchbruch treffen wir dann auf die Hauptverteilung, wo die Sicherungen für die Wechselrichter sowie der Smart-Meter eingebaut werden, womit der Solarstrom direkt abgelesen werden kann.

7.10.2 Hauptverteilung

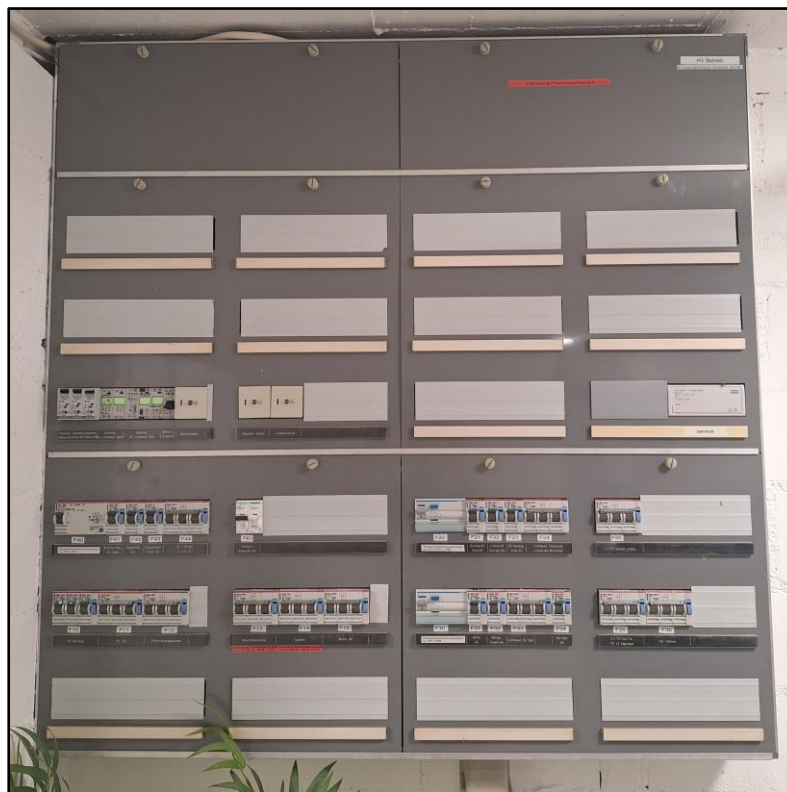


Abbildung 58: Hauptverteilung Familie Frei (Foto von Smartphone)

Als gelernter Montage-Elektriker EFZ kann ich behaupten, dass dies eine gute Hauptverteilung (HV) für Nachrüstungen von Sicherungselementen ist. Wir sehen, dass ungefähr die Hälfte der HV noch zur Verfügung steht, um zwei 4-polige Leitungsschutzschalter sowie den Smart-Meter einzubauen. Auf den ersten Blick bevorzuge ich die obere rechte Hälfte der Verteilung. Die kleine rote Aufschrift am obersten Punkt verrät mir, dass sich dort die Hauptanschlussklemmen befinden, von wo wir den Strom abnehmen werden.

7.10.3 Sicherungen und Smart-Meter

Der LS C 16A von Hager ist ein Leitungsschutzschalter, der vor Überlast und Kurzschluss in elektrischen Installationen schützt. Die Auslösecharakteristik «C» bedeutet, dass der Schalter bei einem kurzzeitigen Strom von 5 bis 10-fachem Nennstrom (hier 16A) auslöst. Diese Charakteristik wird häufig in Kreisläufen mit induktiven Lasten wie zum Beispiel Elektromotoren verwendet. Die Bemessungsspannung ist für 230V/400V Wechselspannung ausgelegt.

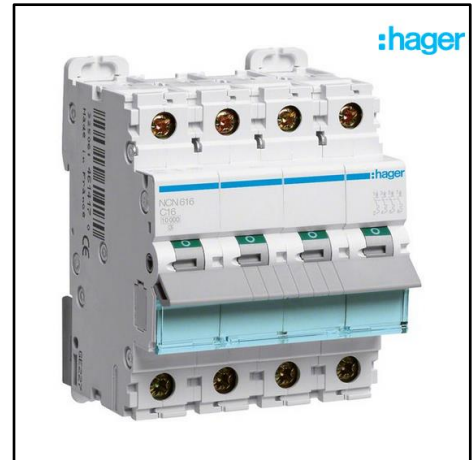


Abbildung 59: LS C 16A (elektro-material.ch)

Der LS C 32A von Hager ist ebenfalls ein Leitungsschutzschalter, der vor Überlast und Kurzschluss schützt. Auch dieser LS besitzt die Auslösecharakteristik «C». Der Nennstrom ist bei diesem Exemplar aber höher. Dieser LS ist für 32A ausgelegt und dient für den grösseren Wechselrichter (Fronius Symo 20.0-3-M). Wenn man sich die beiden Bilder der Leitungsschutzschalter genau ansieht, erkennen wir beim oberen Exemplar eine 16 und bei diesem eine 32, was den Nennstrom angibt. Die Bemessungsspannung liegt hier ebenfalls bei 230V/400V Wechselstrom.



Abbildung 60: LS C 32A (elektro-material.ch)

Der Fronius Smart-Meter ist ein intelligenter Zähler, der den Stromverbrauch und die Energieproduktion in einem Haushalt oder einem Unternehmen misst. Er ist Teil eines Energiemanagementsystems, das vor allem in Verbindungen mit PV-Anlagen verwendet wird. Der Smart-Meter wird in der Regel in das Netz integriert, um genaue Informationen über den Stromverbrauch und die Einspeisung ins Netz zu liefern. Der Zähler liefert sehr genaue Messdaten, die in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten können über das «Fronius Solar.web-Portal» oder über andere Energiemanagement-Systeme eingesehen werden.



Abbildung 61: Smart Meter TS 100A-1 (krannich-solar.ch)

7.11 Feuerwehrplan

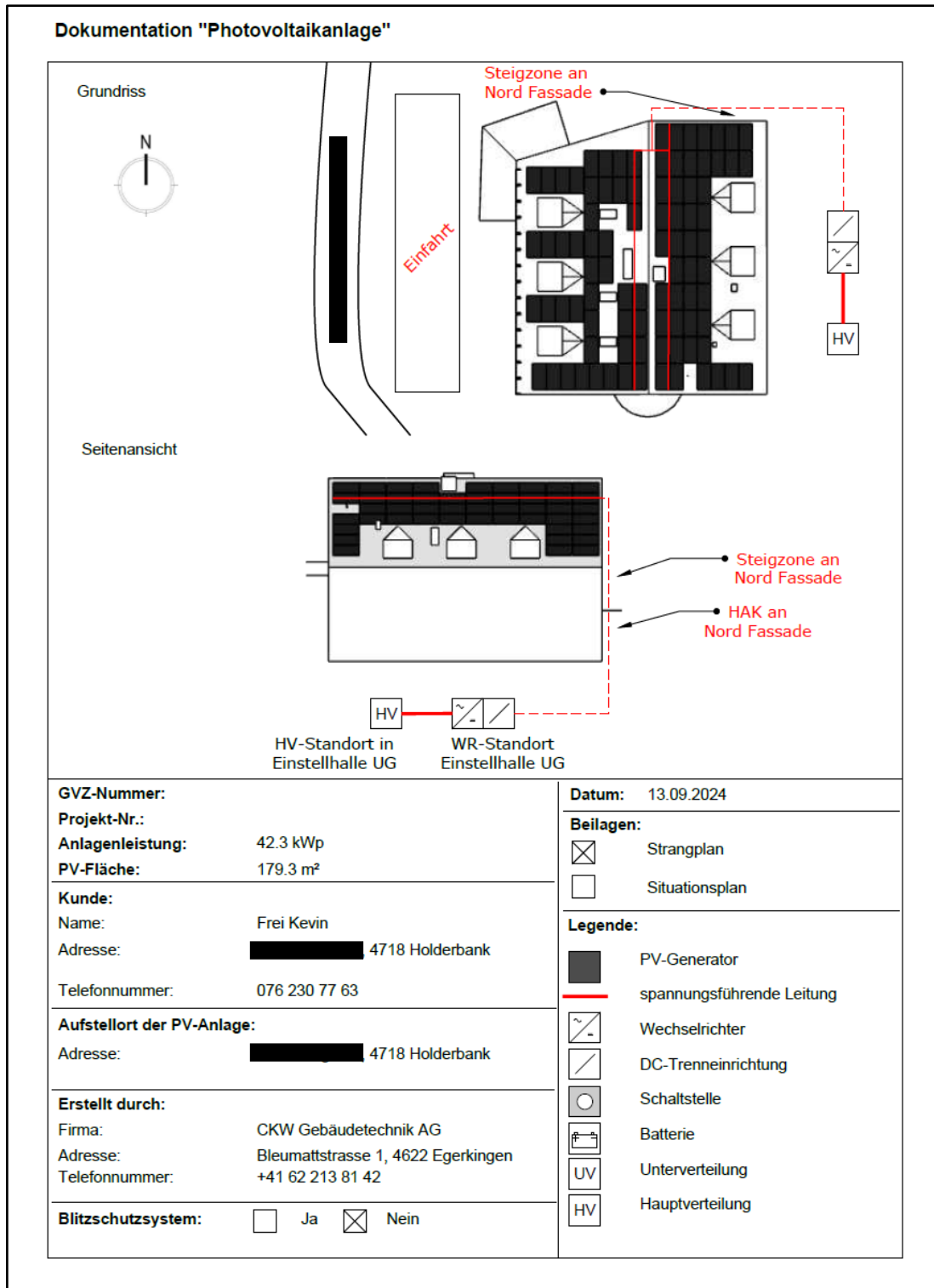


Abbildung 62: Feuerwehrplan (Sketch Up.com)

7.11.1 Sicherheit der Feuerwehr

Ein Feuerwehrplan ist ein wichtiger Bestandteil der Sicherheitsvorkehrungen, um den Brandschutz und die sichere Brandbekämpfung zu gewährleisten. Da Solaranlagen besondere Risiken für die Feuerwehr mit sich bringen, zum Beispiel elektrische Spannung, existieren spezifische Plananforderungen. Der Feuerwehrplan muss einen detaillierten Lageplan enthalten, der die Position der Solaranlage auf dem Gebäude oder Gelände zeigt. Auch Zugangspunkte des Areals wie Einfahrten, Zufahrtswege und Notfallzugänge müssen eingezeichnet werden. Am wichtigsten ist die genaue Beschreibung des Wechselrichter-Standortes, der Hauptverteilung und des Hausanschlusskastens (HAK). Was wir zusätzlich angeben, sind Steigzonen, die PV-Fläche und die Anlagenleistung. Ebenfalls muss im Vorfeld abgeklärt werden, ob die Liegenschaft über ein Blitzschutzsystem verfügt oder ein solches erstellt wird. Wenn wir die Kundendaten und diejenigen unserer Firma vermerkt haben, wird der Feuerwehrplan der zuständigen Gemeinde-Feuerwehr zugestellt, welche den Plan erneut überprüft und bewilligt oder ablehnt. Mit dem Feuerwehrplan haben wir den letzten benötigten Plan angefertigt, um den Bau der Solaranlage zu realisieren. Nun müssen wir das Montage-Team zuweisen und alle Materialien bestellen, die uns das K2 Base in der Artikelliste zusammengestellt hat, ebenfalls die Besprechungsdetails des Kunden, welche in der Offerte mit dem Kunden besprochen wurden.



Abbildung 63: Brand einer Solaranlage (google.com)

7.12 Zuweisung des Montage-Teams im PEP

Abbildung 64: Excel Tabelle PEP (microsoft.excel.com)

Mit der Personellen-Einsatz-Planung (kurz PEP) weisen wir die aktuellen Projekte unseren Monteuren zu. Mit einem einfachen Farbsystem unterteilen wir diverse Aufträge und gleichzeitig geben die Farben vor, welcher Projektleiter für das jeweilige Projekt zuständig ist. Jedes Projekt erhält eine Projektnummer, mit welcher wir so unsere Arbeitszeiten erfassen, Material auf das bestehende Projekt verbuchen und dieses dient gleichzeitig als Kommissionierungs-Angabe für externe Anfragen. Im PEP werden allerdings nur die letzten fünf Zahlen der insgesamt achtstelligen Projektnummer angegeben. Der Grund dafür ist, dass die ersten drei Zahlen bei allen Projekten identisch sind. Als Beispiel nehmen wir ein Projekt, dass hellblau auf dem Bild ersichtlich ist. Die vollständige Projektnummer lautet 32020180, wovon im PEP aber nur noch 20180 übrigbleibt. Unsere Monteure haben ebenfalls Zugriff auf die Personelle-Einsatz-Planung, damit sich vor allem die Montage-Leiter dementsprechend auf das zugewiesene Projekt vorbereiten können. Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern beläuft sich der Installationsaufwand zwischen 3 bis 10 Tagen und bei grösseren Anlagen wie Industrien zwischen 2 bis 5 Wochen. Hier können die Monteure, das Logistik-Team und die Projektleiter zudem ihre Ferien eintragen, damit alle Beteiligten über die Abwesenheiten der anderen informiert sind.

7.13 Material-Bestellung

Nach der Zuweisung reservieren und bestellen wir das benötigte Material. Einige Komponenten müssen wir bei Solar-Händlern wie z. B. Krannich-Solar oder Solarmarkt einkaufen. In den meisten Fällen sind dies Wechselrichter und Smart-Meter. Von früheren Projekten haben wir noch einen Rest an Montageschienen und Kleinmaterial. Am Anfang des Jahres kaufen wir grosse Mengen an Solarmodulen ein, die wir aufgrund der beträchtlichen Quantitäten zu einem günstigeren Preis erhalten. Von den Modulen verfügen wir ebenfalls über Lagerbestände, von denen wir Gebrauch machen werden. Die eingelagerten Elemente reservieren wir über unsere Software «SAP», welches durch unseren Lager-Chef eingesehen wird und der diese dann bereitstellt. Die SAP-Software ist allerdings ein sehr kompliziertes Tool und verfügt über sensible Daten, was es schwierig gestaltet, die Software detailliert vorzustellen. Den Versuch möchte ich aber trotzdem wagen.

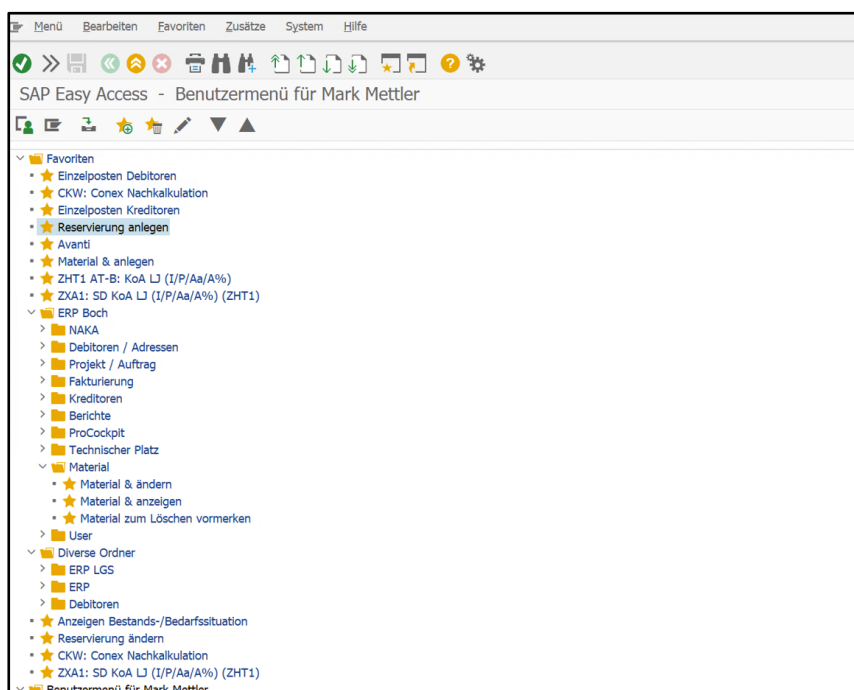


Abbildung 65: Benutzermenü SAP (sap.com)

Auf dem Benutzermenü sehen wir die verschiedensten Ordner und Dokumente. Dies beinhaltet den gesamten Projektprozess von der Offerterfassung bis zum «Finance-Controlling». Um die Komponenten auszuwählen, gehen wir auf den Ordner «Reservierung anlegen».

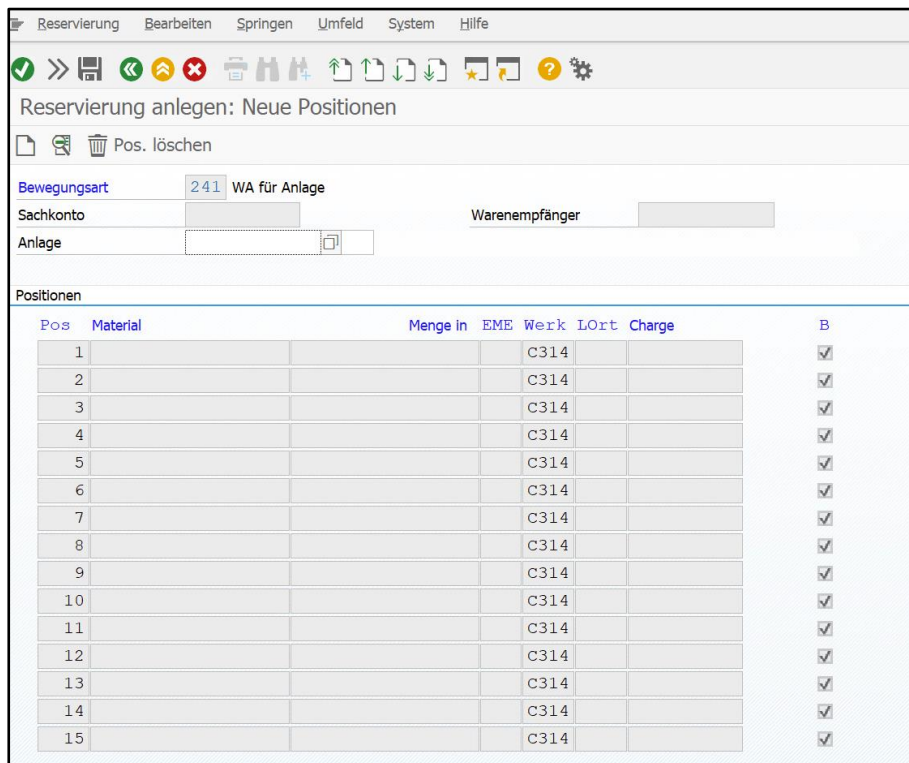


Abbildung 66: Reservierung anlegen (sap.com)

Wenn wir diesen Ordner im Benutzermenü anklicken, öffnet sich die obenstehende Grafik. In dieser können wir nun die Materialien für die gesamte Anlage erfassen. Die Bezeichnung «C314» steht für das Ressort Egerkingen und gibt logischerweise an, welches Ressort diese Reservierung getätigt hat.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Hersteller-Nr.	Krannich-Nr.	Solarmarkt-Nr.	E-Nr. (EM)	Alltron	SAP-Material-Nr.	Materialbezeichnung
2	1004767	6318160				135720	Abdeckkappe K2 Cross-/SingleRail 36
3	1004765	6318162				135721	Abdeckkappe K2 SolidRail Light
4	1005828	6319287				135722	Abrutschsicherung K2 SlideGuard
5	2004125	6348007				135723	Abstützung hoch K2 Dome 6.10 Peak
6	2003243	6348008				135724	Abstützung tief K2 Dome 6.10 SD
7	7690001628	6334029	110.318.322			135725	AC-Schalter Weidm. LTS32 PFLH A4
8	2002544	6326481				135726	Adapterblech K2 Stockschraube M10
9	6827	6319602				135727	Alulappen Solrif Mage Flex Anschluss 5m
10	12868314-00	6331384	109.350.090			135728	Anschluss-Set BYD HVM/HVS
11	12940054-00	6332856	109.350.071			135729	Anschluss-Set BYD LVS
12	AST03129	6351204				135730	Anschluss-Set Sungrow Batterie
13	SE-ANT-ENET-HB-01	6348126	105.198.047			135731	Antenne SolarEdge Net SE-ANT-ENET-HB-01
14	SE-ZBSLV-B-S1-RW	6315414	105.198.122			135732	Antenne SolarEdge SE-ZBSLV-B-S1-RW
15	2030524	6321149				135733	Anzeige Solarfox SF-300 24"
16	2030232	6319778				135734	Anzeige Solarfox SF-300 32"
17	2003150	6333173				135735	Ballastsch. K2 Dome 6 Porter 1448-1779mm
18	2002300	6325244				135736	Ballastträger K2 SpeedPorter
19	2004095	6344177				135737	Basisschienset K2 D-Dome 6.10
20	12868340-00	6331400	109.350.092			135738	Batteriemodul BYD HVM 2.76kWh
21	12911241-00	6331385	109.350.091			135739	Batteriemodul BYD HVS 2.56kWh
22	12940053-00	6332855	109.350.074			135740	Batteriemodul BYD LVS 4.0kWh

Abbildung 67: Stammdaten (microsoft.excel.com)

Damit wir die korrekten Artikelnummern erfassen können, hat unsere Administrationsabteilung eine Excel-Tabelle mit dem Namen «Stammdaten» erstellt. In dieser sind über 2'000 registrierte Positionen der unterschiedlichsten Komponenten hinterlegt. Wenn wir alle Nummern, Bezeichnungen und die Menge eingetragen haben, geben wir die Reservierung frei, so dass unser Lager-Chef seinen Teil des Projektes beitragen kann.

7.14 Anfrage Transportunternehmen

Das Material, welches für die Anlage von Herrn Frei benötigt wird, haben wir bestellt und ist nun bei uns im Lager eingetroffen. Unser Logistik-Chef hat alle Elemente mit der Liegenschaftsadresse sowie meinem Namen gekennzeichnet und für den Transport auf die Baustelle vorbereitet. Nun müssen wir diesen von unserem Lager zur Baustelle organisieren. Die Ladung umfasst ungefähr 10 Paletten, welche auch Langwaren wie Montageschienen enthält, die je etwa eine Länge von 6 Metern aufweisen. Dies bedeutet, dass wir in jedem Fall einen LKW-Transport benötigen. Allein das Gewicht einer Palette, beladen mit Solarmodulen, wiegt rund 750 kg. Meistens arbeiten wir mit dem Transportunternehmen Häuselmann zusammen, das wir schon seit Jahren kennen. Wie auch schon bei der Anfrage des Gerüstbauers möchte ich die Anfrage an die Firma Häuselmann in dieser Arbeit schriftlich festhalten.

Betreff	Bestellung Transport _ [REDACTED], 4718 Holderbank
Guten Tag Frau Häuselmann	
Gerne möchte ich einen Transport bestellen.	
<ul style="list-style-type: none">• Montag, 21.10.2024• LKW-Transport• Kran wird vor Ort sein und ist um 08:00 Uhr zugbereit.• Ca. 10 Paletten (5x Module, 2x Wechselrichter, 1x Kleinmaterial, 2x Langware 6m)	
Start:	07:00 Uhr CKW Egerkingen, Bleumattstrasse 1, 4622 Egerkingen
Ziel:	[REDACTED] 4718 Holderbank
Kommission:	32021182
Freundliche Grüsse Mark Mettler	
CKW.	
MARK METTLER Fachspezialist Solartechnik T +41 62 210 03 82	
CKW Gebäudetechnik AG Bleumattstrasse 1 • 4622 Egerkingen www.ckw.ch/gebaeudetechnik	
	

Abbildung 68: Anfrage Transportunternehmen (outlook.com)

7.15 Einblick in die Bauphase

Gerne möchte ich hier einige Bilder teilen, die ich selbst während der Bauphase «geschossen» habe. Im Vordergrund möchte ich aufzuzeigen, wie sich das Zusammenspiel zwischen Projektierung und Umsetzung verhalten hat.



Abbildung 69: Montagesystem mit Single-Rail-Schienen (Foto von Smartphone)



Abbildung 70: Kontrolle der UK (Foto von Smartphone)

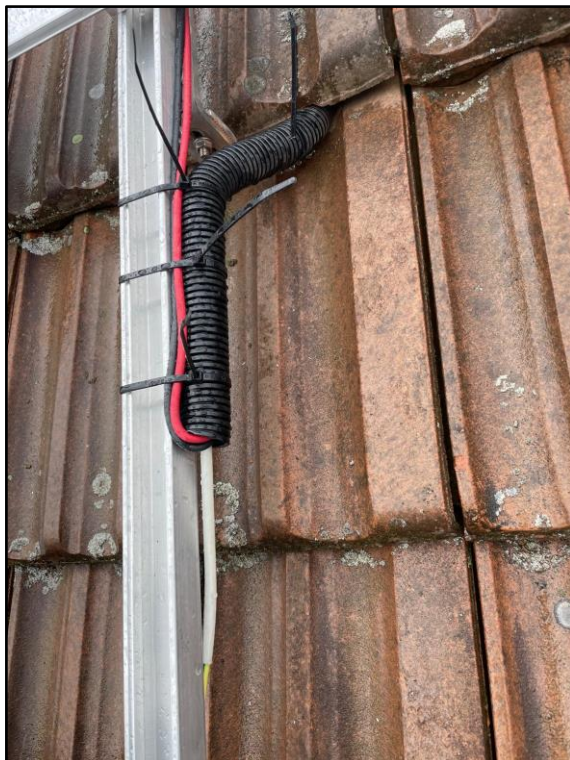


Abbildung 71: Kabelführung durch die Ziegel (Foto von Smartphone)



Abbildung 72: Dachhaken mit Modulverlegung (Foto von Smartphone)

7.16 SWOT – Analyse

Die SWOT-Analyse dient dazu, die Chancen und Gefahren sowie die Stärken und Schwächen transparent aufzuzeigen. Damit erhält der Auftraggeber hilfreiche Informationen, was alles bei einer allfälligen Umsetzung zu beachten ist.

S (Stärken) <ul style="list-style-type: none"> • Emissionsarme Stromproduktion • Reduziert den CO2 Ausstoss • Sichere Energiequelle • Finanzielle Einsparmöglichkeit 	W (Schwächen) <ul style="list-style-type: none"> • Komplex in der Umsetzung • Störungs-Anfälligkeit • Sehr viele Schnittstellen (externe Partner)
O (Chancen) <ul style="list-style-type: none"> • Energiequelle ohne Emissionen • Ausbau erneuerbare Energieträger • Unabhängigkeit von Kohle, Gas und Öl • Rückvergütung durch Elektrizitätswerk AEN 	T (Risiken) <ul style="list-style-type: none"> • Schäden am Gebäude und der Anlage • Budgetüberschreitung • Termin Einhaltung • Konflikt mit Anwohnern

Abbildung 73: SWOT-Analyse (teko.ch)

7.17 Risiko - Analyse

Die Umsetzungsvariante wird hinsichtlich ihrer Risiken und deren Eintretenswahrscheinlichkeit und den sich daraus ergebenden Folgen analysiert. Grosse Risiken sollen vermieden oder mindestens abgesichert werden.

Gewichtung	sehr hoch	4	1+3		
	hoch	2	1+3		
mittel	2	1+3	1+3		
niedrig	1	1	1	1	
		sehr unwahrscheinlich	unwahrscheinlich	wahrscheinlich	sehr wahrscheinlich
		Wahrscheinlichkeit			
1. Schäden am Gebäude und der Anlage					
2. Budgetüberschreitung					
3. Termin-Einhaltung					
4. Konflikt mit Anwohnern					

Abbildung 74: Risikoanalyse (teko.ch)

Schäden am Gebäude und der Anlage

Es kann immer vorkommen, dass man ausrutscht und Modul sowie Ziegel beschädigt werden oder sogar kaputt gehen. Auch bei der Montage des Montagesystems kann man die Unterkonstruktion beschädigen, was zu einem undichten Dach mit Folgeschäden führen kann.

Budgetüberschreitung

Es können immer wieder Änderungen am bestehenden Projekt seitens Bauherrschaft oder des eigenen Unternehmens vorgenommen werden, um Richtlinien und Vorschriften einzuhalten. Dies kann aber die berechneten Kosten verändern, so dass eine Nachkalkulation in Betracht gezogen werden muss.

Termin-Einhaltung

Wir haben einen klar definierten Zeitplan, der den gesamten Bau-Prozess regelt. Da wir als Projektleiter aber nicht nur ein Projekt, sondern meistens zwischen 5 bis 10 gleichzeitig bearbeiten, können Terminkollisionen auftreten. Zudem kann ein Projekt ein Einfamilienhaus und ein anderes eine Industrieanlage betreffen, welches extrem mehr Zeit in Anspruch nimmt als dasjenige einer Einfamilienhaus-Solaranlage.

Konflikt mit Anwohnern

Sämtliche Materialien, die für den Bau einer Solaranlage benötigt werden, werden durch ein Transportunternehmen angeliefert. Dabei bedarf es eines LKWs, um die schweren Lasten direkt an die Bauzone zu bringen. Der LKW könnte die Quartierstrasse blockieren oder zumindest die Anwohner beim Verlassen oder Nachhausekommen behindern, was wiederum einen Konflikt auslösen kann. Dies betrifft ebenso den Aufbau eines Schwerlastkrans, der eine definierte Position haben muss, um die Lasten auf das Hausdach zu befördern.

7.18 Solar Manager App

Die Solar-Manager-App ist eine Softwarelösung, die es ermöglicht, das Management und die Optimierung von Solaranlagen effizient zu steuern. Mit dieser App können Nutzer ihre Solarstromproduktion, den Eigenverbrauch, den Batteriestatus und weitere relevanten Daten in Echtzeit überwachen. Die App zielt darauf ab, den Eigenverbrauch von Solarstrom zu maximieren und den Energiefluss in einem Haushalt oder Unternehmen optimal zu steuern.

Die App kann automatisch verschiedene Geräte wie Wärmepumpen, Elektroautos oder Batteriespeicher ansteuern, um den Stromverbrauch zu optimieren. Zum Beispiel wird die Ladung eines Elektroautos dann gestartet, wenn überschüssiger Solarstrom zur Verfügung steht. Es werden detaillierte Statistiken zur Produktion und zum Verbrauch angezeigt. Nutzer können den historischen Verlauf ihrer Energienutzung einsehen und so ihre Energieeffizienz verbessern. Die App ermöglicht zudem die Fernüberwachung der Anlage durch Fachleute oder des Installationsunternehmens, was bei Störungen oder betreffend Wartungszwecken praktisch ist.



Abbildung 75: Solar Manager App (google.com)



Abbildung 76: Dashboard Solar Manager App (Screenshot von Smartphone)

In der Hauptansicht der App erhält man umgehend die wichtigsten Informationen, welche die Solaranlage liefert. Wir sehen die aktuelle Produktion der Solaranlage, den aktuellen Stromverbrauch im Haus sowie den Anteil, der bei einer überschüssigen Produktion ins Netz eingespeist wird. Um sich ein anschauliches Bild des täglichen Stromverbrauches zu machen, wird im Dashboard ebenfalls die tägliche Stromproduktion angezeigt. Damit der Kunde feststellen kann, wie hoch der Verbrauch in seinem Eigenheim aus der Produktion der Solaranlage tatsächlich ist, gibt es den Autarkiewert. Der Autarkiewert beschreibt die Abhängigkeit des Gebäudes vom Stromnetz. Als Beispiel nehmen wir an, dass wir einen Autarkiewert von 70 % haben. Dies bedeutet, dass 70 % der Energie mit dem selbst erzeugtem Solarstrom gedeckt werden und 30 % vom Netz eingekauft werden. Einfach erklärt bedeutet dies, je höher der Autarkiewert ist, desto mehr Strom wird aus der Produktion der Solaranlage verwendet. Wir wollen für unser Gebäude nämlich so wenig Strom vom Elektrizitätswerk (EW) wie möglich einkaufen und den maximalen Solarstromanteil nutzen. Dies führt schlussendlich dazu, dass während des Jahres die Stromeinkaufskosten vom EW minimiert werden.

7.19 Nachkalkulation (NAKA)

In der Solar-Branche dient die Nachkalkulation dazu, nachträglich die Kosten und Wirtschaftlichkeit eines Projekts zu überprüfen und mit den ursprünglich geplanten Werten zu vergleichen. Sie ermöglicht es, die tatsächlichen Kosten eines Solarprojekts (Material, Arbeitszeit, Installationsaufwand, etc.) zu erfassen und eventuelle Abweichungen von der Vorkalkulation zu erkennen. Durch die Analyse von Abweichungen zwischen geplanten und realisierten Kosten können Unternehmen ihre Kalkulationsmethoden verbessern und zukünftige Projekte präziser planen. Investoren oder Kreditgeber fordern häufig einen Nachweis, dass ein Solarprojekt wirtschaftlich umgesetzt wurde. Die Nachkalkulation liefert diese Information und zeigt, ob die erwarteten Renditen erreicht werden. Zudem erlauben sie dem Unternehmen den tatsächlichen Gewinn oder Verlust eines Projekts zu ermitteln. Abweichungen zwischen geplanter und tatsächlicher Leistung oder Kosten können auf Probleme in der Ausführungsphase hinweisen, was Verbesserungen im Management und den betrieblichen Abläufen ermöglicht. Durch die «NAKA» können also sowohl operative als auch strategische Entscheidungen in der Solar-Branche auf eine fundierte Basis gestellt werden.

Gerne möchte ich ein kleines Beispiel bei einem derzeitigen Projekt zeigen. Mein Ressortleiter Herr Mario Schustereit gab mir die Erlaubnis einen Ausschnitt der NAKA hier aufzuzeigen und dies kurz zu erläutern.

Erlös Plan excl. MWST	Total Erlös Ist	Kosten Total	Herstellkosten
CHF 150'971.94	CHF 150'971.99	CHF 100'432.17	CHF 50'539.82
Nach der NAKA			
CHF 150'971.94	CHF 150'971.99	CHF 100'943.57	CHF 50'539.82
Differenz nach NAKA			
CHF 0	CHF 0	CHF 511.40	CHF 0

Abbildung 77: Nachkalkulation (microsoft.excel.com)

Erlös Plan excl. MwSt.	Dies ist der geplante Erlös des Projekts vor Steuern.
Total Erlös Ist	Tatsächlicher Erlös, der dem geplantem entspricht.
Kosten Total	Dies sind die tatsächlichen Gesamtkosten, die für das Projekt angefallen sind.
Herstellkosten	Dies bezieht sich auf die Kosten für die Herstellung oder Installation der Anlage.

Tabelle 9: Erläuterung der NAKA-Positionen (Selbst erstellt)

Kurz und knapp erklärt zeigt die Excel-Tabelle, dass der geplante Erlös und der tatsächliche Erlös gleichgeblieben sind. Nach der NAKA sind aber die tatsächlichen Gesamtkosten etwas höher als ursprünglich kalkuliert, mit einer Differenz von CHF 511,40. Grund dafür war, dass wir dreimal einen neuen Generatoranschlusskasten (GAK) für den Überspannungsschutz der Solaranlage bestellen mussten, aufgrund von Änderungen seitens der Bauherrschaft.

8 Projektabschluss

8.1 Reflexion Weg zum Ziel

Zeitplan

Zu Beginn meiner Arbeit musste ich mir einen Gesamtüberblick der zu behandelnden Liegenschaft verschaffen. Den Zeitplan zu gestalten war keine grosse Hürde. Allerdings habe ich einige Baupläne zu früh angefertigt, was zur Folge hatte, dass ich diese abändern musste. Hier hätte man optimierter vorgehen können, in dem man sich sämtliche Informationen beschafft und diese prüft. Natürlich benötigten diese Abänderungen Zeit, was allerdings kein zu grosses Problem darstellte und in anderen Prozessen aufgeholt werden konnte.

Hauptteil

Der Hauptteil dieser Arbeit befasste sich mit der Projektierung der Solaranlage und den dazu benötigten Bauplänen. Hier versuchte ich, mich in die Position eines Laien hinein zu versetzen, um den jeweiligen Projektschritt detailliert zu erläutern. Ebenfalls habe ich in der Realisierungsphase des Öfteren meinen Fachexperten hinzugezogen, um von seinem Wissen profitieren und dadurch meine Wissenslücken reduzieren zu können. Die Zeit seitens CKW reichte jedoch nicht für den gesamten Projektprozess. Aus diesem Grund wurden im Kapitel «Ausblicke» die noch offenen Punkte beschrieben und zukünftige Nachrüstungen erläutert. In der fünften Woche hatten wir alle Bewilligungen erhalten, so dass wir mit der Bauphase starten konnten. Leider befindet sich die Liegenschaft in einer Baukernzone, was bedeutete, dass es den Anwohnern innerhalb eines gewissen Zeitrahmens erlaubt war, eine Einsprache einzureichen, was letztendlich den Baustart verzögerte. Aus diesem Grund konnte die Inbetriebnahme nicht mehr dokumentiert werden. Diese wird nun am 12. November 2024 durchgeführt.

Schlusswort

Ich bin mit meiner Arbeit und dem Ergebnis zufrieden. In diesen 8 Wochen konnte ich mein Wissen stetig erweitern und die Verantwortung eines Projektleiters wahrnehmen. Ich freue mich jetzt schon auf weitere Solartechnik-Projekte, die nun noch kompetenter gestaltet werden können.

8.2 Lessons learnt

Diese Arbeit beschreibt zudem meine erste Solaranlage, die ich als verantwortlicher Projektleiter in die Tat umgesetzt habe. Sie legt das Fundament meiner weiteren, zukünftigen Karriere in der Solar-Branche und ich habe mit hundertprozentigem Einsatz versucht, meine Kompetenzen voll auszuschöpfen.

Nichtsdestotrotz finde auch ich noch Kritikpunkte, die ich verbessern möchte. Grundlegend ist mir aufgefallen, dass ich vieles, wenn nicht sogar alles, lieber alleine mache. Am Anfang wollte ich keine Hilfe akzeptieren, da ich meinem Betrieb und mir etwas beweisen wollte. Ich wollte zu schnell vorwärtskommen und habe Pläne zu früh angefertigt, die ich im Nachhinein abändern musste. Zudem wurde ich mit einer meiner grössten Macken konfrontiert, meinem Temperament. Ich regte mich schnell über Kleinigkeiten auf, was unnötig viel Energie verbrauchte und sich negativ auf die Qualität auswirkte. Als ich dies bemerkte, trat ein anderes Extrem auf, so dass ich bei jedem Prozessschritt unsicher wirkte und unnötig viele Fragen stellte. Man kann mir somit vorhalten, dass ich damals die richtige Balance noch nicht gefunden hatte.

Aber wo Dunkelheit herrscht, wird auch immer Licht sein. So kann ich meine Terminplanung sowie die Gesamtübersicht des Projekts als höchst positiv wahrnehmen. Nach nur einem Jahr in der Solar-Branche bin ich der Meinung, dass meine Arbeit sowie mein Engagement mehr als vorbildlich eingestuft werden können. Ich habe die Verantwortung stets aufrechterhalten und mich um die Fortsetzung des Projektes gekümmert. Besonders positiv fand ich die Kombination aus den vorgegebenen Strukturen der TEKO Olten und meinen Praxiserfahrungen im Solarwesen. Es war nicht einfach, als Fachmann einem Laien detailliert erklären und aufzeigen zu können, welche Schritte notwendig waren und dies auf einfache und konkrete Art und Weise.

Ich bin mit meiner Arbeit und dem Ergebnis absolut zufrieden. In diesen 8 Wochen habe ich nicht nur meine Diplomarbeit erstellt, sondern wurde zudem ins kalte Wasser geworfen und konnte beweisen, welche Fähigkeiten ich entwickelt habe. Ich musste selbst Lösungen finden, um Probleme zu bewältigen, was bedeutete, mit vielen Schnittstellen den Kontakt aufrecht zu erhalten, ohne dabei die Übersicht zu verlieren. Ich bedanke mich herzlich bei Kevin und seiner Familie für deren Vertrauen und Gastfreundschaft.

8.3 Ausblicke

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine solide Grundlage geschaffen, die es ermöglicht, über das aktuelle Ergebnis hinauszudenken. Leider erlaubte es der Zeitaufwand nicht, den gesamten Projektprozess zu dokumentieren. Aus diesem Grund werden die noch offenen Prozesse aufgelistet, so dass die letzten Schritte des Projektes nachvollziehbar sind. Für eine potenzielle Weiterentwicklung entstand eine zukünftige Idee, die höchstwahrscheinlich nächstes Jahr umgesetzt wird.

Batteriespeicher

Wie in der Arbeit bereits erwähnt, möchte die Familie Frei die PV-Anlage in der Zukunft noch mit einem Batteriespeicher nachrüsten, um überschüssigen Solarstrom zu speichern. Aus diesem Grund hat sich mein Fachexperte für zwei Wechselrichter entschieden, davon ein Hybrid-Wechselrichter, der kompatibel mit einem Batteriespeicher ist. Um welchen Typ-Batteriespeicher es sich dabei handelt, ist zurzeit noch unklar. Allerdings ist bereits bekannt, dass der Batteriespeicher eine Leistung von 10 kWh haben soll. Als Vorschlag kann ich die Battery-Box Premium HVS von BYD empfehlen. Sie verfügt über eine Leistung von 10,24 kWh und ist mit dem Hybrid-Wechselrichter von Fronius kompatibel. Zudem besteht der Speicher aus vier einzelnen Modulen mit je 2.56 kWh und ermöglicht eine hohe Effizienz und eine lange Lebensdauer. Die Kosten für den Batteriespeicher liegen bei rund CHF 5'350.

AC/DC SiNa und MuPP

Nach dem Bau einer PV-Anlage und deren Inbetriebnahme folgt die unabhängige Kontrolle. Der «Sicherheitsnachweis» (SiNa) und das «Mess- und Prüfprotokoll» (MuPP) sind wichtige Dokumente, die sicherstellen, dass die Anlage ordnungsgemäss installiert wurde und sicher betrieben werden kann. Sie dienen der Qualitätssicherung und sind oft auch eine Voraussetzung für den Netzanschluss der Solaranlage. Der SiNa bestätigt, dass die Solaranlage den geltenden Sicherheitsvorschriften und Normen entspricht. Diese Normen betreffen sowohl den elektrischen als auch den mechanischen Aufbau der Anlage. Das MuPP ist ein detailliertes Dokument, das technische Messungen der Anlage dokumentiert. Diese Messungen werden durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Anlage wie geplant funktioniert und keine Fehler oder Mängel aufweist.

Abnahmeprotokoll

Das Abnahmeprotokoll markiert den Abschluss des Installationsprozesses und bestätigt, dass die Anlage ordnungsgemäss funktioniert und den vertraglichen Anforderungen entspricht. Es wird festgehalten, dass alle Komponenten der Solaranlage wie Module, Wechselrichter, Verkabelung und Montagesystem korrekt installiert und funktionsfähig sind. Auch stellt dieses Dokument sicher, dass die Anlage den geltenden gesetzlichen Normen, Vorschriften und Sicherheitsstandards entspricht. Dazu gehört oft auch eine elektrische Überprüfung. Mit dem Abnahmeprotokoll wird die Solaranlage formell den Betreibern übergeben. Es bildet die Grundlage für die Gewährleistungsfrist und ist meistens Voraussetzung für die Zahlung des letzten Teils der Auftragssumme.

Audit / Beglaubigung

Im Kontext einer Solaranlage bezieht sich ein Audit oder eine Beglaubigung auf eine formale Überprüfung oder Zertifizierung, die sicherstellt, dass die Anlage bestimmten Standards und gesetzlichen Vorschriften entspricht. Diese Audits oder Beglaubigungen können unterschiedliche Aspekte der Solaranlage betreffen wie z. B. technische Überprüfung, Einhaltung von Vorschriften, Zertifizierungen, finanzielle Überprüfungen sowie Umwelt- und Energieaudits.

9 Eigenständigkeitserklärung

Die Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Inhalte sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschrift:

Datum/Ort:



Mark Mettler

31.10.2024 / 4563 Gerlafingen

10 Evaluation der Zielerreichung

Endergebnisse	Erfolgskriterien	Auswertung
Ein umfassendes Konzept für die Implementierung der Solaranlage wurde erstellt.	Das Konzept deckt alle technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte (neuester technischer Stand, weniger externer Stromeinkauf, Förderung erneuerbarer Energien) ab.	Erfüllt
Empfehlungen zur praktischen Umsetzung der Solaranlage wurden erarbeitet.	Die Empfehlungen berücksichtigen potenzielle Herausforderungen (Hindernisse auf Hausdach, durch das Bauamt zu bewilligende Gesuche etc.) und Lösungsstrategien (Bild des Hausdaches durch Drohnenflug, Baupläne mit korrekten Masseinheiten etc.).	Erfüllt
Eine Machbarkeitsstudie zur Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Durchführbarkeit wurde abgeschlossen.	Die Machbarkeitsstudie zeigt klare Vorteile der geplanten Solaranlage (tiefere Stromkosten, Beitrag zur Energieförderung erneuerbarer Energien).	Erfüllt
Der Kunde kann seinen eigenen Verbrauch stets überwachen.	Die App «Solar Manager» wird vor der Inbetriebnahme auf einem elektronischen Gerät installiert und ein Kundenkonto angelegt.	Erfüllt
Bei Projektabschluss steht eine vollständige und funktionsfähige Solaranlage bereit.	Der Kunde kann seinen benötigten Solarstrom selbständig beziehen und nutzen. Die App «Solar Manager» hilft ihm dabei, die Funktionalität sowie den richtigen Zeitpunkt des Verbrauchs zu nutzen und zu überwachen.	Teilweise erfüllt Der Bau der Solaranlage ist abgeschlossen, allerdings findet die Inbetriebnahme erst am 12.11.2024 statt.

Tabelle 10: Auswertung Endergebnisse & Erfolgskriterien (Selbst erstellt)

11 Verzeichnisse

11.1 Abkürzungsverzeichnis

CKW	Centralschweizerische Kraftwerke AG
AG	Aktiengesellschaft
UK	Unterkonstruktion
PVA	Photovoltaikanlage
z.B.	Zum Beispiel
BAFU	Bundesamt für Umwelt
UAV	Unmanned aerial vehicle (unbemanntes Luftfahrzeug)
WR	Wechselrichter
MPPT	Maximum power point tracking (Maximale-Leistungspunkt-Nachführung)
DC	Direct current (Gleichstrom)
AC	Alternating current (Wechselstrom)
GAK	Generatoranschlusskasten
KLEIV	Einmalvergütung für kleine Photovoltaikanlagen
GREIV	Einmalvergütungen für grosse Photovoltaikanlagen
HEIV	Hohe Einmalvergütung
NIN	Niederspannungs-Installations-Norm
NIV	Niederspannungs-Installationsverordnung
LS	Leitungsschutzschalter
PEP	Personelle-Einsatz-Planung
EW	Elektrizitätswerk
kWp	Kilo Watt peak
kWh	Kilo Watt Stunde
kVA	Kilo Volt Ampère
ZEV	Zusammenschluss Eigenverbrauch
IBN	Inbetriebnahme
SiNa	Sicherheitsnachweis
MuPP	Mess- und Prüfprotokoll
NAKA	Nachkalkulation
TAG	Technisches Anschlussgesuch
IA	Installationsanzeige
AB	Apparaten-Bestellung
SAP	Systemanalyse Programmentwicklung
AEN	Aare Energie AG
VNB	Verteilnetzbetreiber

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organigramm (teko.ch).....	16
Abbildung 2: Zielscheibe (teko.ch).....	17
Abbildung 3: Stakeholder-Analyse (teko.ch).....	18
Abbildung 4: Projektstrukturplan (teko.ch).....	19
Abbildung 5: Projektablaufplan (teko.ch).....	20
Abbildung 6: Symbolbild Meilensteine (google.com).....	21
Abbildung 7: Risikoanalyse (teko.ch).....	22
Abbildung 8: Solarer Einstrahlungswinkel (sunware.de).....	24
Abbildung 9: Auswirkung der PV-Ausrichtung (gruenes.haus).....	25
Abbildung 10: Dachhaken PV-Anlage (google.com).....	27
Abbildung 11: Solar Integration (Screenshot Sketch Up).....	27
Abbildung 12: Sonnenpotenzial (google.com).....	28
Abbildung 13: Offerte PVA (von Verkäufer erstellt).....	29
Abbildung 14: Drohne Mavic 2 pro (Foto von Smartphone).....	30
Abbildung 15: Controller Drohne Mavic 2 pro (Foto von Smartphone).....	31
Abbildung 16: Dashboard DJI GO 4 App (Screenshot von Smartphone).....	31
Abbildung 17: Einstellungsmenu Pix4D capture (Screenshot von Smartphone).....	32
Abbildung 18: Mission Auswahl Pix4D capture (Screenshot von Smartphone).....	32
Abbildung 19: Vermessung in Pix4D Cloud (cloud.pix4d.com).....	33
Abbildung 20: Modellierung Süd-West (Sketch Up.com).....	34
Abbildung 21: Drohnenbild Süd-West (cloud.pix4d.com).....	34
Abbildung 22: Modellierung West (Sketch Up.com).....	34
Abbildung 23: Drohnenbild West (cloud.pix4d.com).....	34
Abbildung 24: Modellierung Süd-Ost (Sketch Up.com).....	35
Abbildung 25: Drohnenbild Süd-Ost (cloud.pix4d.com).....	35
Abbildung 26: Modellierung Ost (Sketch Up.com).....	35
Abbildung 27: Drohnenbild Ost (cloud.pix4d.com).....	35
Abbildung 28: Modullayout (Sketch Up.com).....	36
Abbildung 29: Legende Modullayout (Sketch Up.com).....	38
Abbildung 30: Datenblatt PV-Modul (krannich-solar.ch).....	39
Abbildung 31: Datenblatt WR Fronius Symo 20.0-3-M (krannich-solar.ch).....	40
Abbildung 32: Datenblatt 1 WR Fronius Symo Gen24 10.0 (krannich-solar.ch).....	41
Abbildung 33: Datenblatt 2 WR Fronius Symo Gen24 10.0 (krannich-solar.ch).....	42
Abbildung 34: Bauplan (Sketch Up.com).....	43
Abbildung 35: Meldeformular für Solaranlagen (so.ch).....	44
Abbildung 36: Berechnung Einmalvergütung (pronovo.ch).....	45
Abbildung 37: Strangplan (Sketch Up.com).....	46
Abbildung 38: MPPT (Sketch Up.com).....	48
Abbildung 39: Legende Strangplan (Sketch Up.com).....	48
Abbildung 40: Elektroprinzipschema (Sketch Up.com).....	49
Abbildung 41: Elektro Symbole 1 (Sketch Up.com).....	50
Abbildung 42: Elektro Symbole 2 (Sketch Up.com).....	51
Abbildung 43: Elektro Symbole 3 (Sketch Up.com).....	51
Abbildung 44: Ticket-System (teams.microsoft.com).....	52
Abbildung 45: Antrag TAG 1 (diewerke.ch).....	53
Abbildung 46: Antrag TAG 2 (diewerke.ch).....	54
Abbildung 47: Antrag IA (repower.com).....	55
Abbildung 48: Gerüstplan (Sketch Up.com).....	57
Abbildung 49: Anfrage an Gerüstbauer (outlook.com).....	58
Abbildung 50: Dachhakenplan Dach 1 (Sketch Up.com).....	59
Abbildung 51: Dachhakenplan Dach 2 (Sketch Up.com).....	60
Abbildung 52: Dashboard K2 Base (k2-systems.com).....	61

Abbildung 53: Grundinformationen in K2 Base (k2-systems.com).....	62
Abbildung 54: Dach und Modulfelder in K2 Base (k2-systems.com)	62
Abbildung 55: Ergebnis in K2 Base (k2-systems.com)	63
Abbildung 56: Bericht in K2 Base (k2-systems.com).....	63
Abbildung 57: Wechselrichter Disposition (Sketch Up.com).....	64
Abbildung 58: Hauptverteilung Familie Frei (Foto von Smartphone).....	65
Abbildung 59: LS C 16A (elektro-material.ch).....	66
Abbildung 60: LS C 32A (elektro-material.ch).....	66
Abbildung 61: Smart Meter TS 100A-1 (krannich-solar.ch)	66
Abbildung 62: Feuerwehrplan (Sketch Up.com).....	67
Abbildung 63: Brand einer Solaranlage (google.com).....	68
Abbildung 64: Excel Tabelle PEP (microsoft.excel.com).....	69
Abbildung 65: Benutzermenü SAP (sap.com)	70
Abbildung 66: Reservierung anlegen (sap.com)	71
Abbildung 67: Stammdaten (microsoft.excel.com).....	71
Abbildung 68: Anfrage Transportunternehmen (outlook.com).....	72
Abbildung 69: Montagesystem mit Single-Rail-Schienen (Foto von Smartphone).....	73
Abbildung 70: Kontrolle der UK (Foto von Smartphone)	73
Abbildung 71: Kabelführung durch die Ziegel (Foto von Smartphone)	73
Abbildung 72: Dachhaken mit Modulverlegung (Foto von Smartphone).....	73
Abbildung 73: SWOT-Analyse (teko.ch).....	74
Abbildung 74: Risikoanalyse (teko.ch).....	74
Abbildung 75: Solar Manager App (google.com).....	76
Abbildung 76: Dashboard Solar Manager App (Screenshot von Smartphone).....	76
Abbildung 77: Nachkalkulation (microsoft.excel.com)	77

11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Qualifikationsprofil (Vorlage TEKO).....	10
Tabelle 2: Themeneingabe (Vorlage TEKO)	11
Tabelle 3: Anforderungen (Selbst erstellt)	13
Tabelle 4: Endergebnisse und Erfolgskriterien (Selbst erstellt)	13
Tabelle 5: Überblick Meilensteine (Selbst erstellt)	21
Tabelle 6: Arten von Dächern (Selbst erstellt)	26
Tabelle 7: Legende Modullayout (Selbst erstellt)	37
Tabelle 8: Legende Strangplan (Selbst erstellt).....	47
Tabelle 9: Erläuterung der NAKA-Positionen (Selbst erstellt)	77
Tabelle 10: Auswertung Endergebnisse & Erfolgskriterien (Selbst erstellt).....	82

11.4 Literatur- und Quellenverzeichnis

Sunware.de: Einstrahlungswinkel der Sonne
<https://de.sunware.solar/basiswissen/abschattung>

Gruenes.haus: Auswirkung PV-Ausrichtung
<https://gruenes.haus/ausrichtung-solaranlage/>

Solargis.ch: Geeignete Dachflächen, Funktion PV-Anlage
https://www.solargis.ch/solargis2_ohne_frames.php?seite=solargis2_lexikon

Dji.com: DJI GO 4
<https://www.dji.com/ch/goapp>

Pix4d.com: Pix4D
<https://www.pix4d.com/de/produkt/pix4dcapture/>

Krannich-solar.ch: Datenblatt PV-Modul AIKO 470W
<https://shop.krannich-solar.com/ch-de/solarmodule/aiko-solar/>

Krannich-solar.ch: Datenblatt Wechselrichter Fronius Symo 20.0-3-M
<https://shop.krannich-solar.com/ch-de/wechselrichter/pv-wechselrichter/43773/symo-advanced-20.0-3-m-afci-ovp-type-1-2?c=1764>

Krannich-solar.ch: Datenblatt Hybrid-Wechselrichter Symo Gen24 10.0
<https://shop.krannich-solar.com/ch-de/wechselrichter/hybridwechselrichter/5427/symo-gen24-10.0-plus?c=1764>

So.ch: Meldeformular Solaranlagen
https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/Anhang_II_zu_Bulletin_2_2022.pdf

Pronovo.ch: Arten der Einmalvergütung
<https://pronovo.ch/de/foerderung/einmalverguetung-eiv/>

Pronovo.ch: Einmalvergütung Rechner
<https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/>

Wikipedia.org: Funktion MPPT
https://de.wikipedia.org/wiki/Maximum_Power_Point_Tracking

Diewerke.ch: Vorlage TAG
file:///C:/Users/con-mtmr/Downloads/Formular_Technisches_Anschlussgesuch_TAG_DE.pdf

Repower.com: Vorlage IA
<https://www.repower.com/new-media/vupp4u20/installationsanzeige.pdf>

K2-systems.com: Funktionen in K2 Base
<https://k2-systems.com/digitale-services/k2-base/>

Hager.com: Sicherungen, Smart-Meter

<https://www.elektro-material.ch/de/shop/leitungsschutzschalter-hager-c-10ka-3l-n-16a/p/va-859412?category=ELDAS-1377679670012>

<https://www.elektro-material.ch/de/shop/leitungsschutzschalter-hager-c-10ka-3l-n-32a/p/va-859415?category=ELDAS-1377679670012>

<https://shop.krannich-solar.com/ch-de/wechselrichter/zubehoer/5525/smart-meter-ts-100a-1>

Solarmanager.ch: Funktion Solar-Manager App

https://www.solarmanager.ch/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw05i4BhDiARIsAB_2wfC5ATU6Wtlv1_DvdypdFt1JzgN3yzJs-BIXloemh7NWUiBge7G1p5YaArMrEALw_wcB

Zahlreich Informationen stammen aus eigenem, beruflichen Fachwissen, das über Jahre erlernt wurde und als solche nicht hinterlegt werden können!

12 Anhang

12.1 Projektstatusberichte

Statusbericht 1 / KW36

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 1 / KW36			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand • Projektinitialisierung in Arbeit • Projektplanung in Grob-Planung		Was läuft gut? • Eine saubere Planung wurde erstellt mit definierten Meilensteinen. Was läuft nicht gut? • Vorlagen für Dokumentation zusammensuchen und abarbeiten (Zeit intensiv).			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen • Fertigung Initialisierung: Beruflicher Lebenslauf, Qualifikationsprofil, Organigramm und Zielscheibe • Fertigung Planung: Projektstrukturplan, Projektablaufplan					
<small>Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber</small>					






Statusbericht 2 / KW37

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 2 / KW37			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine ■ □ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen □ ■ □
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand • Projektinitialisierung abgeschlossen • Projektplanung in Arbeit		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Essenzielle Informationen wurden recherchiert und in Ordnern kategorisch abgelegt. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • In der Planungsphase wurde mehrmals das Layout abgeändert um die Verständlichkeit und Struktur anhand der Kriterien sicherzustellen. Dies benötigte mehrere Stunden Arbeit. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Planungsphase abschliessen: Fertigung Eignungsanalyse, Dachausrichtung, Dachart, Verschattung und Sonnenpotenzial. • Start Realisierungsphase: Auftragseröffnung sowie Pronovo Eröffnung, Modellierung im CAD des Gebäudes mit Vermessung. 					
Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber					






Statusbericht 3 / KW38

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 3 / KW38			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine □ ■ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen □ ■ □
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand • Projektplanung im Abschluss • Start Realisierungsphase		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Projektinitialisierung und Planung sind abgeschlossen, oder kurz davor. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Sehr viele widersprüchliche Informationen gefunden. Rücksprache mit Fachexperten für die Konkretisierung. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Planungsphase abschliessen: Fertigung letzter Dokumente • Realisierungsphase starten: Sämtliche Pläne die für den Bau benötigt werden anfertigen. 					
Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber					






Statusbericht 4 / KW39

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 4 / KW39			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Projektplanung abgeschlossen • Baupläne wurden erstellt -> Besprechung mit Fachexperten 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Alle Baupläne wurden erstellt, Vorbereitung Bauphase. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Es ist noch nicht definiert welches Zähler-System verwendet wird. Ohne diese Info kann kein Elektroprinzipschema erstellt werden, das massgebend für das Technische-Anschlussgesuch (TAG) und die Installationsanzeige (IA) ist. • Dies könnte den Baustart verzögern! 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Dringende Abklärung betreffend dem Zähler-System. • Externe Partner Anfragen für das Sicherheitsgerüst und den Material Transport. 					
Projekt-Statusbericht: Stefan Thöni, Josef Räber					






Statusbericht 5 / KW40

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 5 / KW40			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Baustart wurde definiert • Externe Partner wurden angefragt • Mithilfe meinerseits beim Bau der PV-Anlage 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Informationen bezüglich des Zähler-Systems wurde getätigt und somit kann das Elektroprinzipschema erstellt werden. • Der Grossteil der Dokumentation wurde erstellt, nun fehlt nur noch die Bauphase und die Inbetriebnahme. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Persönliche Kritik: Die Zeit wird langsam knapp und ich fange an, mir unnötigen Eigendruck zu machen (Nervenraubend). 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Baustart (Bauaufwand nur PV-Anlage ohne Wechselrichter Inbetriebnahme ca. 3 Tage à 8h Arbeitszeit) • Qualitätskontrollen durchführen, Kundenkontakt aufrecht halten und in der Doku bis Abschlussphase alles fertigstellen. 					
Projekt-Statusbericht: Stefan Thöni, Josef Räber					






Statusbericht 6 / KW41

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 6 / KW41			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Mit Onlinepublikation angefangen • Realisierungsphase demnächst abgeschlossen 			Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Projektabschluss in Aussicht Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Überblick der Gesamtsituation nicht verlieren 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Onlinepublikation so weit führen wie möglich. • Qualitätskontrollen während Bauphase durchführen. 					
Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber					

Statusbericht 7 / KW42

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 7 / KW42			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↘
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Onlinepublikation kurz vor Abschluss • Realisierungsphase abgeschlossen 			Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Bauphase demnächst abgeschlossen • Keine Komplikationen während dem Bau Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell befinden sich noch andere Projekte von der CKW unter meiner Aufsicht, diese nicht vernachlässigen! 		
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation auf Grammatik kontrollieren • Abschluss des Projektes seitens CKW vorbereiten 					
Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber					

Statusbericht 8 / KW43

Projekt: Projektierung PV-Anlage		Statusbericht: Nr. 8 / KW43			
Projektleiter Mark Mettler	Projektziele Ziel ist es, mit meinem derzeitigen Fach- und Studienwissen für Herrn Frei die ganze Projektierung seiner Solaranlage und die Verantwortung vom Start bis zur Inbetriebnahme zu übernehmen.	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Sandro Ryf • Kevin Frei • TEKO Olten 			
Gesamtbeurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	↶
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Onlinepublikation abgeschlossen • Bauphase beendet 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Die Bauarbeiten wurden am 30.10.2024 erfolgreich beendet. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Inbetriebnahme findet offiziell am 12.11.2024 statt. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation fertigstellen • Projekt seitens CKW abschliessen 					
Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Rüber					