

ENERGIE
ZUKUNFT
SCHWEIZ

Vorprojekte Eigenverbrauch Solarstrom

Resultate aus 3 Vorprojekten im Portfolio der Stadt Dübendorf

Erstellt von: Lena Kern, Patrick Aemisegger, Elias Berweger, Energie Zukunft Schweiz AG
lena.kern@ezs.ch, +41 61 500 12 35

Im Auftrag von: Marco Forster, Stadt Dübendorf

Datum: 29.04.2022



Abbildung 1: Die wichtigsten Resultate der Vorprojekte. Hintergrundbild: Ausschnitt Google.maps der Hermikonstr. 68 in Dübendorf




Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	VORGEHEN/ABKLÄRUNGEN	5
3	DOKUMENTATION EINZELPROJEKTE	6
3.1	CURLINGHALLE: HERMIKONSTR. 68, DÜBENDORF	6
3.1.1	Zusammenfassung & Ausgangslage	6
3.1.2	Technisches Vorprojekt	7
3.1.3	Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt	9
3.1.4	Empfehlung & Nächste Schritte.....	11
3.1.5	Fotos und Schemata.....	11
3.1.6	Details Wirtschaftlichkeit.....	14
3.2	STADTBIBLIOTHEK: BETTLISTRASSE 22, DÜBENDORF	16
3.2.1	Zusammenfassung & Ausgangslage	16
3.2.2	Technisches Vorprojekt	17
3.2.3	Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt	19
3.2.4	Empfehlung & Nächste Schritte.....	21
3.2.5	Fotos und Schemata.....	21
3.2.6	Details Wirtschaftlichkeit.....	23
3.3	STADTHAUS: USTERSTR. 2, DÜBENDORF	25
3.3.1	Zusammenfassung & Ausgangslage	25
3.3.2	Technisches Vorprojekt	26
3.3.3	Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt	28
3.3.4	Empfehlung & Nächste Schritte.....	30
3.3.5	Fotos und Schemata.....	30
3.3.6	Details Wirtschaftlichkeit.....	32

1 Zusammenfassung

- Energie Zukunft Schweiz AG («EZS») hat für die Stadt Dübendorf bereits 2019 eine Portfolioanalyse zur Identifikation des Solarstrompotenzials auf ihren Liegenschaften durchgeführt. Die Resultate sind durchaus positiv, sodass auf rund 14 von 50 stadteigenen Liegenschaft ein wirtschaftlicher Betrieb der Solarstromanlagen möglich wird.
- In diesem Kontext hat Herr Forster (Stadt Dübendorf), EZS im August 2021 für die weitere Planungsphase (Vorprojekt) für drei konkrete Umsetzungsprojekte angefragt. Bei der Besprechung am 20.09.2021, wurde der Zeitplan und die konkreten Liegenschaften definiert. Die Eishalle, das Stadthaus und das Sozialamt Dübendorf gehören zu jenen Liegenschaften, welche für eine vertiefte Analyse ausgewählt wurden.
- Die Resultate der Vorprojekte werden im vorliegenden Bericht vorgestellt. Eine Übersicht zu den wichtigsten Resultaten findet sich auf den folgenden Seiten.
- Gemäss den durchgeführten Abklärungen können auf **2 der 3 Liegenschaften Solarstromanlagen realisiert und wirtschaftlich (Nettorendite ROI > 4.0%) betrieben werden**. Die installierbare Anlagenleistung beträgt total 228 kWp, bei einem Investitionsvolumen (vor Abzug Einmalvergütung, inkl. MwSt) von total CHF 481'000.
- Der Solarstrom kann bei allen Liegenschaften direkt vor Ort verbraucht werden. Hierbei kommen verschiedene Abrechnungskonzepte zum Einsatz. Bei der Curlinghalle wird der Solarstrom direkt an den Anlagebetreiber verkauft. Im Stadthaus erfolgt der Eigenverbrauch direkt durch die Stadt Dübendorf. Bei der Stadtbibliothek kann der Solarstrom den Mietern angeboten werden, wobei die Abrechnung durch den lokalen Energieversorger erfolgen kann. Dies ist im Kapitel des jeweiligen Projekts detailliert ausgeführt.
- Auf dem Stadthaus und der Curlinghalle ist derzeit keine permanente Absturzsicherung vorhanden. EZS empfiehlt unabhängig vom Bau der PV-Anlage die Nachrüstung einer SUVA-konformen Absturzsicherung für die Dachwartung. Daher werden diese Kosten der Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage nicht eingerechnet.
- In einem nächsten Schritt empfiehlt EZS, bei der Curlinghalle die statischen Reserven prüfen zu lassen und bei der Stadtbibliothek eine Dachzustandsprüfung durchführen zu lassen (fortgeschrittenes Dachalter). Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann der Entscheid für die weitere Projektverfolgung gefällt werden.
- Beim Stadthaus wird empfohlen, das Projekt bei der nächsten Dachsanierung umzusetzen, da die Wirtschaftlichkeit knapp und das Dachalter fortgeschritten ist.

Tabelle 1: Projektübersicht mit den wichtigsten Resultaten. «Brutto-Investition»: Geschätzte Kosten (+/- 15%) für die komplette Installation, inkl. Planung und Begleitung durch EZS, vor Abzug Einmalvergütung, inkl. MwSt. «Nettorendite (ROI)»: Nettorendite gemäss SIA d213: Jährlicher Nettoertrag (inkl. Betriebskosten) geteilt durch Nettoinvestition. Die Reihenfolge bezieht sich auf die Höhe der Nettorendite absteigend.

	Projektname	Anlagen-grösse	Investition Brutto (Inkl. MwSt)	Kosten ABS (inkl. MwSt)	CO ₂ - Einsparung	Nettor- endite (ROI)	Empfehlung	Geplante Inbetrieb- nahme	Kommentar
	<u>Curlinghalle</u> Hermikonstr. 68, Dübendorf	145 kWp	CHF 293'752	CHF 14'000	10 t/a	5.5%	Projekt vorantreiben Dachstatik prüfen	2023	Trapezdach, möglicherweise geringe statische Reserven Hoher Stromverbrauch durch Eisermittlung Stromverkauf an Betreiberfirma der Eis - / Curlinghalle
	<u>Stadtbibliothek</u> Bettlistr. 22, Dübendorf	83 kWp	CHF 186'896	-	6 t/a	5.5%	Projekt vorantreiben Dachzustand prüfen	2023	Fortgeschrittenes Dachalter Eigenverbrauch des Solarstroms durch die Mieter im Gebäude, Abrechnung durch Glattwerke
	<u>Stadthaus</u> Usterstr. 2, Dübendorf	30 kWp	CHF 111'146	CHF 12'500-	2.2 t/a	3.5%	Projekt zurückstellen – Umsetzung bei nächster Dachsa- nierung	2024/ 2025	Eigenverbrauch durch Stadt Dübendorf (interne Verrechnung) Nur begrüntes Flachdach für PV Falls Umsetzung vor nächste Dachsanierung wird eine Dachzustandsprüfung empfohlen

2 Vorgehen/Abklärungen

- In der unterstehenden Abbildung wurden die wichtigsten Projektaufgaben und der Stand der Vorprojekte zusammengefasst. Mit diesem Bericht sind die präsentierten 3 Vorprojekte abgeschlossen.

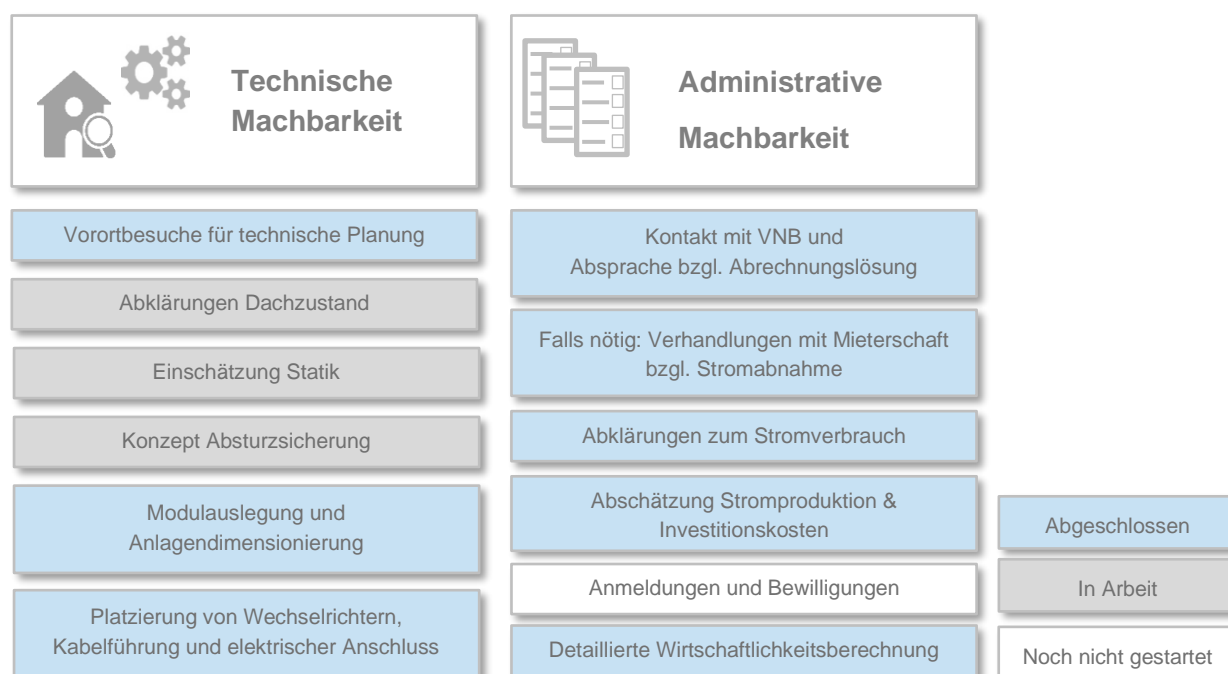


Abbildung 2: Übersicht zu den im Rahmen der Vorprojekte vorgenommenen Abklärungen

- Generell ist EZS für die Planung der gesamten Solarstromanlage, der Wahl des optimalen Betriebsmodells, sowie den Mieterverhandlungen zur Abnahme des Solarstroms verantwortlich.
- Die technischen Voraussetzungen zum Bau der Anlagen, wurden von EZS bei den Standortbegehungen für alle Liegenschaften untersucht. Bei den Begehungen wurden unter anderem elektrischen Verteilungen, Steigzonen, bestehenden Reserven zur Solarstromeinspeisung, Zugänge zum Dach, verfügbaren Dachflächen und Aufbauten für die Planung der Photovoltaikanlagen berücksichtigt. Zudem hat EZS Kontakt mit den jeweiligen Verwaltungen aufgenommen und zusätzliche benötigte Dokumente bei den zuständigen Elektroplanern, Architekten und Hauswartungen eingeholt.
- Stromverbrauchsdaten (Lastgänge, wenn vorhanden) und Simulationen der Solarstromproduktion der entsprechenden Photovoltaikanlagen wurden ebenfalls bewertet und verglichen, um der Eigenverbrauchsanteil der verschiedenen Anlagen zu berechnen.
- Die hier aufgeführten Informationen dienen als Grundlage für die Ausschreibungsphasen, in welcher mehrere Offerten von Installateuren für den Bau der Solarstromanlage eingeholt werden können. Nach Angebotseingang sind die exakten Kosten für die Realisierung der Anlage bekannt und der definitive Investitionsentscheid kann gefällt werden.

3 Dokumentation Einzelprojekte

3.1 Curlinghalle: Hermikonstr. 68, Dübendorf



Abbildung 3: Übersicht über die geplante Solarstromanlage auf der Curlinghalle an der Hermikonstr. 68 in Dübendorf (Bildquelle: Google Maps).

3.1.1 Zusammenfassung & Ausgangslage

Adresse	Hermikonstr. 68, Dübendorf
Nutzungstyp	Curlinghalle & Eishalle
Technische Ausgangslage	Hier wird nur das extensiv begrünte Flachdach betrachtet, da die restliche Dachfläche zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden soll. Das begrünte Flachdach (Trapezdach mit Folie) wurde 2006 gebaut und bisher nicht saniert. Gemäss Hauswart und damaligem Architekten ist das Dach in gutem Zustand.
Betriebskonzept	Single Tenant Der Solarstrom kann dem Betreiber der Eis- und Curlinghalle Sport- und Freizeitanlagen Dübendorf AG (SFD) angeboten werden.
Messung & Abrechnung	Die Messung erfolgt durch geeichte Zähler des lokalen Energieversorgers. EZS kann jährlich eine Abrechnungsgrundlage für die Verrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms erstellen. Dies wird in Kapitel 3.1.3 genauer beschrieben.
Wirtschaftlichkeit (ROI)	5.5%
Empfehlung	Projekt vorantreiben – Dachstatik prüfen

3.1.2 Technisches Vorprojekt

Nachfolgend werden die technischen Details zur Photovoltaikanlage sowie notwendige Bewilligungen in tabellarischer Form aufgeführt.

Tabelle 2: Allgemeine Angaben zum technischen Vorprojekt.

Dachfläche	Ca. 1'000 m ²
Anlagengrösse	145 kWp
Dachneigung	Flachdach (<10° Neigung)
Dachtyp	Extensiv begrüntes Flachdach (Trapezdach mit Folie)
Zusätzliche Dachlast	Ca. 70 kg/m ² bezogen auf die komplette Modulfläche – im Randbereich bis zu 90 kg/m ²
Dachzugang	Das Dach ist mittels mobiler Leiter über das Nebengebäude erreichbar. Für den Bau der PV-Anlage wird ein Treppenturm empfohlen.
Modul Ausrichtung	Ost/West Aufständigung, 10° geneigt.
Modultyp	Monokristallin, Standardmasse 1.05m x 1.75m
Unterkonstruktion	Um die Ertragsverluste aufgrund von Verschattung durch Pflanzen zu verringern wird eine erhöhte Unterkonstruktion empfohlen. Die Unterkonstruktion (z.B. Soltop Duraklick GR 10°) kann direkt auf das Substrat gestellt werden. Die Ballastierung erfolgt mit Pflastersteinen. Es ist keine Dachdurchdringung nötig.
Äusserer Blitzschutz	Vorhanden, die Solaranlage wird eingebunden
Temporäre Absturzsicherung	Als Absturzsicherung während der Bauarbeiten können Dachgeländer oder ein Gerüst installiert werden.
Permanente Absturzsicherung	Auf dem Dach ist derzeit keine permanente Absturzsicherung vorhanden. Für eine SUVA-konforme Absturzsicherung ist ein Seilsystem (2.5m vom Dachrand) notwendig. Hierfür ist gemäss der Richtofferte von der Firma Aschwanden mit Kosten von ca. CHF 14'000 inkl. MwSt. zu rechnen. Dieses wird unabhängig vom Bau der Solaranlage empfohlen. Entsprechend werden diese Kosten in der Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt.
Dachzustand	Das Gebäude wurde 2006 gebaut und bisher nicht saniert. Gemäss Hauswart, Verwaltung und Herrn René Meier (Architekt beim Bau, war bei Begehung anwesend) gab es bisher keine Probleme mit dem Dach.
Statik	Keine Angaben bezüglich Statik vorhanden. EZS empfiehlt die statischen Reserven durch einen spezialisierten Unternehmer vor dem Bau der Anlage zu prüfen. Diese Kosten sind in der Wirtschaftlichkeit eingerechnet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Ausführungspläne von Herrn Meier (Architekt) zur Verfügung gestellt werden können. Bei geringen statischen Reserven besteht die Möglichkeit, dass das Substrat abgesaugt und als Ballastierung verwendet wird. Hierbei ist mit Mehrkosten von ca. CHF 40'000 zu rechnen. Auch in diesem Fall ist die PV-Anlage wirtschaftlich mit ROI 4.7%.
Bewilligungen	Für den Bau der Solaranlage ist aufgrund der erhöhten Unterkonstruktion eine Baubewilligung notwendig. Die Baubewilligung wird durch die Installationsfirma eingereicht werden.

Tabelle 3: Details zur elektrischen Installation

Kabelführung	Im Gebäude ist keine zugängliche Steigzone vorhanden. Entsprechend werden die Kabel Aufputz bei der Kasse nach unten geführt. (siehe Abbildung 8).
Standort Wechselrichter	Der Wechselrichter wird im Kälteraum direkt neben der Elektroverteilung platziert.
Anschluss an die Elektroverteilung	Die Liegenschaft verfügt über zwei separate Netzanschlüsse, welche die Überbauung über eine nördliche und eine östliche Hauptverteilung erschliessen. Über die nördliche Hauptverteilung werden die Eiserzeugung (ca. 965 MWh/a) und das Restaurant (ca. 82 MWh/a) erschlossen. Die östliche Hauptverteilung versorgt die Eishalle mit Strom (abgesehen von der Eiserzeugung, 262 MWh/a). Die Einspeisung erfolgt beim der Eiserzeugung, da dort der grösste Stromverbrauch vorliegt. Für die PV-Komponenten ist ein neuer Elektroschrank in der Hauptverteilung Nord notwendig.
Elektrischer Anschluss	Der Netzanschluss der Hauptverteilung Nord ist mit 800 A ausreichend dimensioniert für eine dortige Einspeisung des PV-Stroms.



- Eingang Gebäude
- HV & HAK (UG)
- UV Kälte (UG)
- Einspeisung
- WR (UG, Kälteraum)

Abbildung 4: Übersicht Standort Wechselrichter («WR»), Hauptverteilung («HV»), Hausanschluss («HAK») und Einspeisung.

3.1.3 Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt

3.1.3.1 Abrechnung und Tarife

Im Folgenden wird beschrieben, wofür der Solarstrom verwendet und wie dieser abgerechnet werden soll. Eine detailliertere Auflistung aller Einflussfaktoren und deren Werte befindet sich im Anhang.

Tabelle 4: Angaben zum Betriebskonzept der geplanten PV-Anlagen

Betriebskonzept	<p>Single Tenant über Eiserzeugung von Sport- und Freizeitanlagen Dübendorf</p> <p>Der Solarstrom wird dem Mieter Sport- und Freizeitanlagen Dübendorf AG (SFD) angeboten. Bei diesem Abrechnungsmodell erfolgt der Eigenverbrauch über einen bestehenden Stromzähler. Da die Eiserzeugung bei weitem den grössten Stromverbrauch hat, erfolgt der Eigenverbrauch über diesen Zähler.</p>
Abrechnung	<p>Der eigenverbrauchte Solarstrom der bestehenden Anlage wird der SFD einmal jährlich verrechnet. EZS erstellt hierbei die Abrechnungsgrundlagen. Die Verrechnung erfolgt durch die Verwaltung. Hierbei kann auch die neue Anlage integriert werden.</p>
Tarife	<p>Derzeit bezahlt die SFD für den Strom ca. 12 Rp/kWh. Dies lässt sich nicht ganz genau definieren, da der lokale Stromtarif für Winter und Sommer variiert.</p> <p>Für die Netzeinspeisung des Solarstroms wird durch den Energieversorger derzeit 12 Rp/kWh (inkl. Herkunftsnachweis) vergütet.</p> <p>Somit entspricht der Tarif für den Eigenverbrauch auch jenem für die Netzeinspeisung. Durch den Eigenverbrauch vor Ort kann das Stromnetz entlastet werden. Ausserdem bietet es Vorteile für die Stadt Dübendorf bezogen auf das Marketing der Anlage gegenüber den Anwohnern. Ausserdem ist zukünftig tendenziell mit höheren Strompreisen und tieferen Entschädigungen für die Netzeinspeisung zu rechnen.</p>

3.1.3.2 Resultat der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die unterstehende Tabelle fasst die wichtigsten Resultate der Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammen.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage an der Hermikonstr in Dübendorf. Die verwendeten Parameter werden im Anhang im Detail beschrieben. Alle Zahlen exkl. MwSt.

Anlagengrösse [kWp]	145
Investitionsvolumen brutto [CHF]*	258'750
Staatliche Einmalvergütung [CHF]	44'900
Investitionsbetrag netto [CHF]:	213'850
Stromproduktion [kWh/a]:	130'633
Geschätzter Nettoertrag [CHF/a]:	11'816
Amortisationsdauer [Jahre]	18
Rendite (ROI)	5.5%
Rendite (IRR)	3.7%

* inkl. Begleitung durch EZS und elektrischem Anschluss. Eine detaillierte Aufstellung findet sich im Anhang

Tabelle 6: Detaillierte Kostenaufstellung für die geplante PV-Anlage an der Hermikonstr in Dübendorf

Parameter	Wert	Kommentar
Installationskosten [CHF]	237'950	Erwartete Kosten für den Bau der Solarstromanlage, inkl. Reserven
Zusatzkosten [CHF]	800	Zusatzkosten, welche durch die Statikprüfung
Honorar EZS [CHF]	20'000	Erwartete Kosten für die komplette Begleitung des Projektes durch EZS.
Kosten PV-Anlage [CHF]	258'750	Gesamtinvestition zur Realisierung des Eigenverbrauchsprojektes - vor Abzug der Subventionen
Kosten Absturzsicherung [CHF]	14'000	Kosten gemäss Richtofferte durch die Firma Aschwanden zum Ausbau der permanenten Absturzsicherung gemäss SUVA-Richtlinien.
Kosten Gesamtprojekt [CHF]	272'750	Gesamtinvestition, inkl. Ausbau Absturzsicherung, vor Abzug der Subventionen
MWST 7.7 % [CHF]	21'002	
Kosten Gesamtprojekt inkl. MwSt [CHF]	293'752	

3.1.4 Empfehlung & Nächste Schritte

- Die im Rahmen des Vorprojektes vorgenommenen Analysen und Abklärungen haben ergeben, dass der Bau einer Solarstromanlage technisch möglich ist und sich diese im Eigenverbrauchsmodell rentabel betreiben lässt.
- EZS empfiehlt den Eigenverbrauch des Solarstroms durch den Mieter (SFD). Hierdurch entsteht kein finanzieller Mehrwert, es kann jedoch das Stromnetz geschont und als Pluspunkt gegenüber den Einwohnern betrachtet werden. Ausserdem ist zukünftig tendenziell mit höheren Strompreisen und tieferen Entschädigungen für die Netzeinspeisung zu rechnen.
- Die Messung erfolgt durch geeichte Zähler des Energieversorgers und EZS kann basierend auf diesen Werten jährlich eine Abrechnungsgrundlage für den Eigenverbrauch erstellen.
- **EZS empfiehlt, den Bau der Solarstromanlage voranzutreiben und die Ausschreibung zu starten. Hierzu sollte vorgängig zur Sicherheit noch die statischen Reserven abgeklärt werden.**

3.1.5 Fotos und Schemata

Nachfolgend wird das Modullayout der Solaranlage, das Elektroschema und eine Skizze des Gebäudes in Zusammenhang mit der geplanten Photovoltaikanlage aufgezeigt.

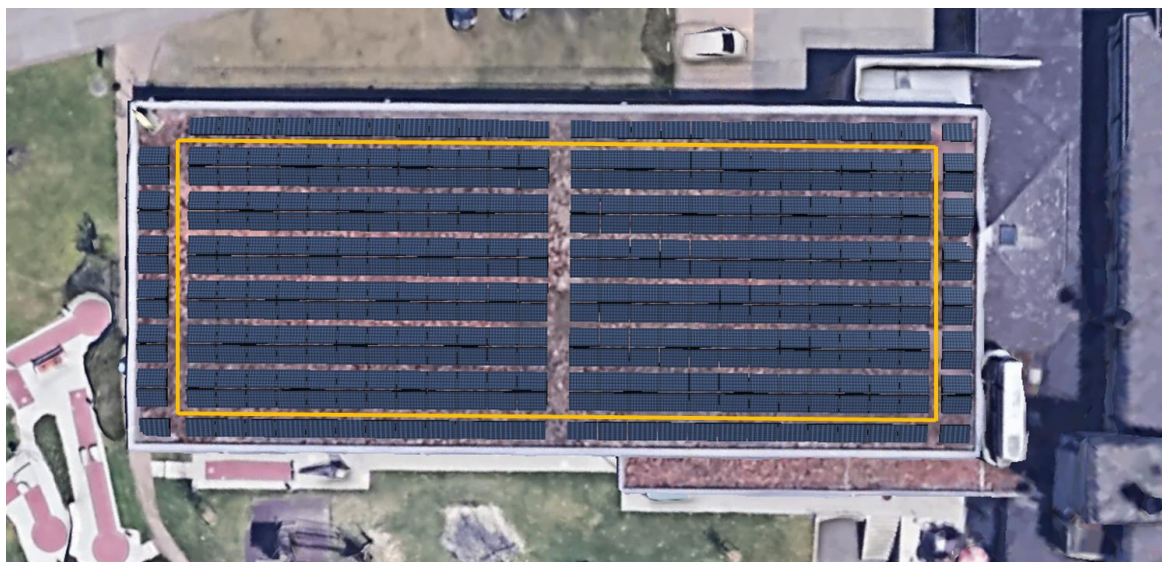


Abbildung 5: Dachaufsicht mit PV Anlagen mit Ost/West-Ausrichtung, die permanente Absturzsicherung gem. Richtofferte der Firma Aschwanden AG

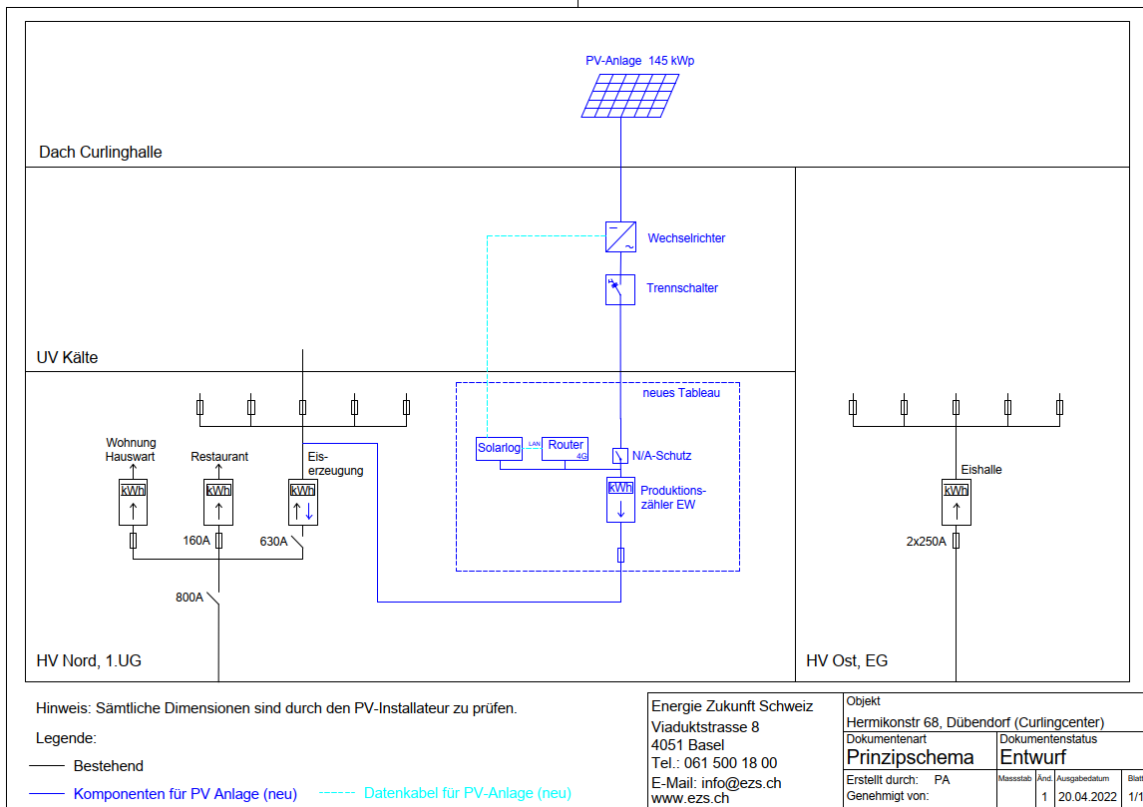


Abbildung 6: Prinzipschema für die Anordnung der PV Anlage, Einspeisepunkt und der benötigten Zähler (Produktion). Die zusätzlichen Komponenten für die PVA sind blau markiert.



Abbildung 7: links: Übersichtsbilder der Dachflächen, rechts Ansicht Tragkonstruktion Dach Curlinghalle



Abbildung 8: links & rechts: Standort Fassadenleitung (blau)

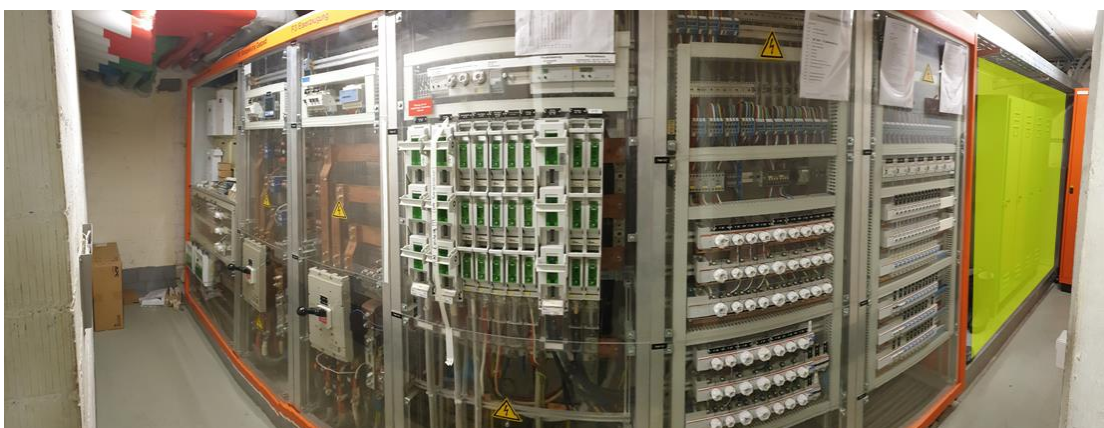


Abbildung 9: links: Nördliche Hauptverteilung für PV-Einspeisung mit Platz für neuen Elektroschrank für PV-Komponenten

3.1.6 Details Wirtschaftlichkeit

In den folgenden Tabellen sind die Werte aufgelistet, welche die Grundlage zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage bilden.

Tabelle 7: Parameter zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Hermikonstr in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Dachfläche [m ²]	1'000	Gemäss Dachplan
Energieversorger	Glattwerk	-
Stromverbrauch [kWh/a]	975'700	Stromverbrauch Eiserzeugung gemäss Lastgang von 2021
PV-Leistung [kWp]	145	Wirtschaftlich optimale Anlagenleistung, die auf der verfügbaren Dachfläche realisierbar ist
Anlagen-Lebensdauer [a]	30	Swissolar geht von einer Lebensdauer von 30 Jahren aus
Degradation (linear)	90%	Zu erwartende Abnahme der Modulleistung über 30 Jahre
Kosten Unterhalt [Rp/kWh]	3.0	Geschätzter Aufwand für den Betrieb der Anlage (Anlagenüberwachung, Abrechnung) sowie für Rückstellungen (Ersatz Wechselrichter nach 10-15 Jahren)
Bezugstarif Mieter [Rp/kWh]	12.0	Durch Eigenverbrauch vermiedene Stromkosten nach Hoch- und Niedertarif gewichtet. Zu diesem Preis kann der eigenverbrauchte Solarstrom voraussichtlich an die Mieter verrechnet werden.
Einspeisetarif ins Netz [Rp/kWh]	12.0	Tarif, welcher für den eingespeisten Solarstrom und HKN (Herkunftsnachweis) vom lokalen Energieversorger bezahlt wird.
Spezifischer Jahresenergieertrag [kWh/kWp]	950	Durchschnittliche Einstrahlung in der jeweiligen Region bei der entsprechenden Modulausrichtung
Solarstromproduktion [kWh/a]	130'600	Durchschnittliche jährliche Solarstromproduktion anhand PV Leistung und Einstrahlung
CO ₂ Einsparungen [tCO ₂ /a]	10.5	CO ₂ -Einsparung, die sich aus der Differenz der CO ₂ -Intensität des produzierten Solarstroms (ca. 70 g/kWh) und des CH-Verbrauchermixes (ca. 150 g/kWh) ergibt
Eigenverbrauchsgrad	86.3%	Eigenverbrauchsgrad, der sich gemäss Erfahrungswerten aus dem geschätzten Stromverbrauch und der jährlichen Stromproduktion ergibt. Der hier ausgewiesene Wert beruht auf einem Berechnungsalgorithmus, welchen EZS im Laufe der Jahre über die Analyse von zahlreichen Projekten entwickelt hat.
Kosten PV-Anlage [CHF]	258'750	Erfahrungswert für die Kosten einer schlüsselfertigen PV-Anlage der entsprechenden Grösse, inkl. AC-Anschluss, Planungskosten EZS und Reserven
Einmalvergütung [CHF]	44'900	Gültiger Tarif für eine Aufdachanlage mit der entsprechenden Leistung (ab April 2022)
Kosten PV-Anlage Netto [CHF]	213'850	Nettoinvestition zur Erstellung der Anlage, inkl. Planung, abzüglich Einmalvergütung
Kosten Absturzsicherung [CHF]	14'000	Zusätzliche Kosten zum Ausbau der Absturzsicherung - wird nicht in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt.

Tabelle 8: Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Hermikonstr in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Ertrag Einspeisung [CHF/a]	2'154	Jährlicher Ertrag aus der Einspeisung des überschüssigen Solarstroms
Ertrag Eigenverbrauch [CHF/a]	13'522	Jährlicher Ertrag durch den Stromverkauf an die Mieter
Rückstellungen [CHF/a]	-1'959	Rückstellungen zum technischen Betrieb der Anlage (Ersatz Wechselrichter, Reinigung, etc.)
Betriebskosten [CHF/a]	-1'900	Erwartete Kosten für die Anlagenüberwachung und die Erstellung der Abrechnungsunterlagen
Nettoeinnahmen [CHF/a]	11'816	Jährlicher Ertrag aus Einspeisung und Eigenverbrauch, abzüglich Betriebs- und Abrechnungskosten
Statische Amortisationsdauer [a]	18	-
Rendite (IRR)	3.7%	Dynamische Investitionsrechnung gemäss interner Zinsfuss-Methode (100 % Eigenkapital)
Rendite (ROI)	5.5%	Nettorendite gemäss SIA d 213

3.2 Stadtbibliothek: Bettlistrasse 22, Dübendorf



Abbildung 10: Übersicht über die geplante Solarstromanlage auf der städtischen Liegenschaft in welcher sich die Bibliothek, Sozialamt und Stiftung WBK befindet (Bildquelle: Google Maps).

3.2.1 Zusammenfassung & Ausgangslage

Adresse	Bettlistrasse 22, Dübendorf
Nutzungstyp	Sozialamt, Stadtbibliothek, Stiftung WBK
Technische Ausgangslage	Das südliche Giebeldach mit Ziegeleindeckung eignet sich gut für die Nutzung von Solarenergie. Bei den Umbauarbeiten im Jahr 1999 wurden am Dach einzelne Ziegel ausgetauscht. Gemäss Hauswart und damals zuständigem Architekten ist das Dach in gutem Zustand.
Betriebskonzept	Praxismodell VNB (Eigenverbrauchsgemeinschaft) Der Solarstrom kann von Bibliothek, Sozialamt und WBK und weiteren Zählerkreisen der Bettlistr. 22 genutzt werden.
Messung & Abrechnung	Die Rechnungsstellung erfolgt wie bis anhin über die Glatwerke und ist administrativ einfach realisierbar.
Wirtschaftlichkeit (ROI)	5.5%
Empfehlung	Projekt vorantreiben – Dachzustand prüfen

3.2.2 Technisches Vorprojekt

Nachfolgend werden die technischen Details zur Photovoltaikanlage sowie notwendige Bewilligungen in tabellarischer Form aufgeführt.

Tabelle 9: Allgemeine Angaben zum technischen Vorprojekt.

Dachfläche	Ca. 610 m ²
Anlagengrösse	83 kWp
Dachneigung	Giebeldach (ca.35° Neigung)
Dachtyp	Giebeldach mit Ziegeleindeckung
Zusätzliche Dachlast	Ca. 15 kg/m ² bezogen auf die komplette Modulfläche
Dachzugang	Das Dach ist über eine senkrechte Steigleiter bei der Sunrise-Antenne zugänglich.
Modul Ausrichtung	Südwest, 35° geneigt (Dachneigung).
Modultyp	Monokristallin, Standardmasse 1.05m x 1.75m
Unterkonstruktion	Angebaute Anlage. Die Unterkonstruktion der PV-Anlage wird auf der Holzunterkonstruktion des Daches befestigt.
Äusserer Blitzschutz	Vorhanden, die Solaranlage muss eingebunden werden.
Temporäre Absturzsicherung	Als Absturzsicherung während der Bauarbeiten können Dachgeländer oder ein Gerüst installiert werden.
Permanente Absturzsicherung	Auf dem Dach ist bereits eine permanente Absturzsicherung vorhanden (Seilsystem). Für das definitive Modullayout müssen die Laufwege am Seil berücksichtigen werden.
Dachzustand	Das Gebäude wurde 1936 als Kaserne des nah gelegenen Militärflugplatzes erbaut und später an die Stadt Dübendorf für die weitere Nutzung übergeben. 1998 wurde die Liegenschaft umgebaut und dabei wurden am Dach auch einzelne Reparaturen ausgeführt und defekte Ziegel getauscht (Auskunft Christian Seeger an Umbau beteiligter Architekt) In letzten Jahren mussten gemäss Hauswart Raphael Egli lediglich kleine Undichtigkeiten aufgrund der Fixierung der Absturzsicherung behoben werden.
Statik	Es sind keine Angaben bezüglich Statik vorhanden. Da die PV-Anlage jedoch nicht mit zusätzlicher Auflast ballastiert werden muss, werden keine weiteren Abklärungen empfohlen.
Bewilligungen	Die Solarstromanlage kann im Baumeldeverfahren für Solaranlage bei Bauamt gemeldet werden. Gemäss Frau Krieg vom Bauamt Dübendorf, sei das Gebäude auch in keinem Inventar der Denkmalpflege zu finden.

Tabelle 10: Details zur elektrischen Installation

Kabelführung	Im Gebäude ist keine zugängliche Steigzone vorhanden. Entsprechend können die Kabel über das nördliche Dach und Aufputz an der Fassade entlang des Regenfallrohres geführt werden. (siehe Abbildung 8).
Standort Wechselrichter	Der Wechselrichter kann im Raum der Elektroverteilung platziert werden.
Anschluss an die Elektroverteilung	Die Elektro- Hauptverteilung liegt im östlichen Teil der Liegenschaft im Untergeschoss. Hier kann die Einspeisung der Solarstromanlage erfolgen, wo der Solarstrom an die Zählerkreise verteilt wird. Dafür sind bereits Reserve Sicherungen von max. 160 A vorhanden.
Elektrischer Anschluss	Der Netzanschluss der Hauptverteilung ist mit 200 A ausreichend dimensioniert.

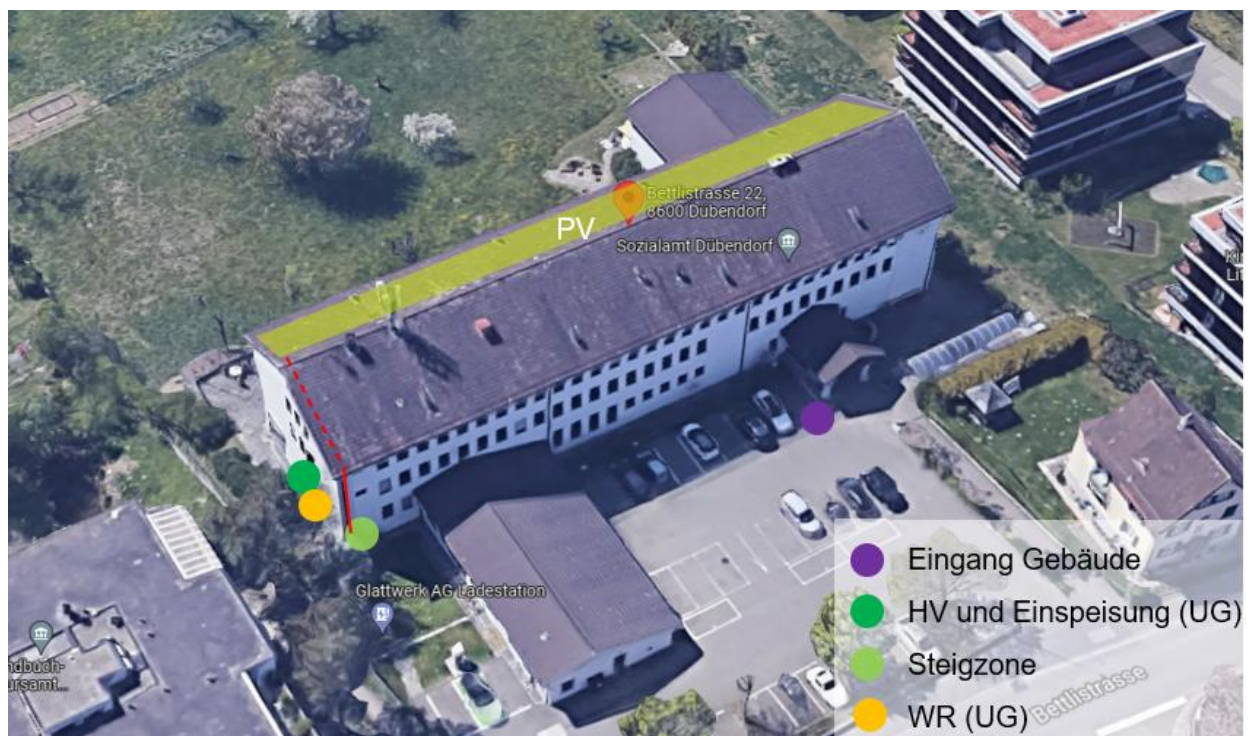


Abbildung 11: Übersicht Standort Wechselrichter («WR»), Hauptverteilung («HV»), Einspeisung (Ansicht Nord-ost).

3.2.3 Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt

3.2.3.1 Abrechnung und Tarife

Im Folgenden wird beschrieben, wofür der Solarstrom verwendet und wie dieser abgerechnet werden soll. Eine detailliertere Auflistung aller Einflussfaktoren und deren Werte befindet sich im Anhang.

Tabelle 11: Angaben zum Betriebskonzept der geplanten PV-Anlagen

Betriebskonzept	Multitenant (VNB) – Stromverkauf an die Mieter über den lokalen Energieversorger. Dafür ist eine Einwilligung aller Rechnungsempfänger der Zähler notwendig (inkl. Sunrise). Parteien, welche am Eigenverbrauch nicht teilnehmen möchten, können virtuell ausbalanciert werden.
Abrechnung	Die Glattwerke stellen die Messinfrastruktur bereit, übernimmt die Abwicklung von der Messung bis zur Abrechnung und liefert nach wie vor den Netzstrom. Sämtliche Bezüger bleiben weiterhin Kundinnen und Kunden der Glattwerke AG und erhalten die Abrechnung über ihren tatsächlichen Verbrauch. Für die Abrechnungsdienstleistung verrechnen die Glattwerke pro Zähler und pro Monat CHF 2.50.
Tarife	Derzeit bezahlt die Stadt Dübendorf für den Allgemeinstrom ca. 17.6 Rp/kWh. Gemäss Aussage Herr Nager (Glattwerke) wird der Strompreis zukünftig tendenziell steigen, was sich positiv auf die Rendite der Solarstromanlage auswirken. Für 2023 wird ein Tarif von 21 Rp/kWh erwartet. Für die Netzeinspeisung des Solarstroms wird durch den Energieversorger 12 Rp/kWh (inkl. Herkunftsnachweis) vergütet.

3.2.3.2 Resultat der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die unterstehende Tabelle fasst die wichtigsten Resultate der Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammen.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage an der Bettlistr. in Dübendorf. Die verwendeten Parameter werden im Anhang im Detail beschrieben. Alle Zahlen exkl. MwSt.

Anlagengrösse [kWp]	83
Investitionsvolumen brutto [CHF]*	173'534
Staatliche Einmalvergütung [CHF]	27'650
Investitionsbetrag netto [CHF]:	145'884
Stromproduktion [kWh/a]:	77'137
Geschätzter Nettoertrag [CHF/a]:	8'021
Amortisationsdauer [Jahre]	18
Rendite (ROI)	5.5%
Rendite (IRR)	3.7%

* inkl. Begleitung durch EZS und elektrischem Anschluss. Eine detaillierte Aufstellung findet sich im Anhang

Tabelle 13: Detaillierte Kostenaufstellung für die geplante PV-Anlage an der Bettlistr. in Dübendorf

Parameter	Wert	Kommentar
Installationskosten [CHF]	145'220	Erwartete Kosten für den Bau der Solarstromanlage, inkl. Reserven
Zusatzkosten [CHF]	6'314	Zusatzkosten für Aufsetzung der Eigenverbrauchslösung
Honorar EZS [CHF]	22'000	Erwartete Kosten für die komplette Begleitung des Projektes durch EZS.
Kosten PV-Anlage [CHF]	173'534	Gesamtinvestition zur Realisierung des Eigenverbrauchsprojektes - vor Abzug der Subventionen
MWST 7.7 % [CHF]	13'362	
Kosten Gesamtprojekt inkl. MwSt [CHF]	186'896	

3.2.4 Empfehlung & Nächste Schritte

- Die im Rahmen des Vorprojektes vorgenommenen Analysen und Abklärungen haben ergeben, dass der Bau einer Solarstromanlage technisch möglich ist und sich diese im Eigenverbrauchsmodell rentabel betreiben lässt.
- EZS empfiehlt den Eigenverbrauch des Solarstroms durch die Strombezüger der Liegenschaft. Dies ermöglicht die beste Nutzung des Solarstromes vor Ort und die Verrechnung im Betrieb kann einfach abgewickelt werden. Die Verrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms an die Mieter erfolgt über den lokalen Energieversorger (Glattwerke).
- **EZS empfiehlt, den Bau der Solarstromanlage voranzutreiben. Mit einer Rendite von 5.5 % (ROI) ist der Bau der PV Anlage aus wirtschaftlicher Perspektive attraktiv. Jedoch ist das Dach bereits über 40-jährig. Daher empfiehlt EZS vor dem Bau der Solarstromanlage eine Dachzustandsprüfung durchzuführen.**

3.2.5 Fotos und Schemata

Nachfolgend wird das Modullayout der Solaranlage, das Elektroschema und eine Skizze des Gebäudes in Zusammenhang mit der geplanten Photovoltaikanlage aufgezeigt.

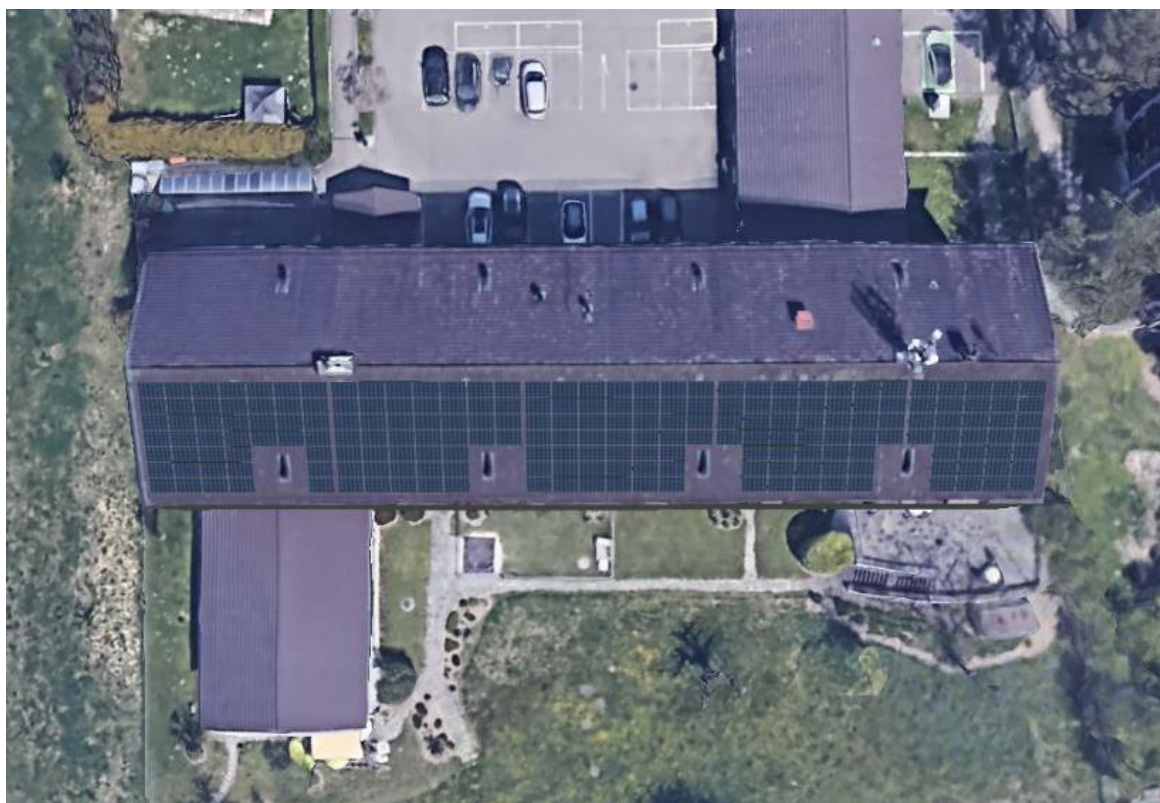


Abbildung 12: Dachaufsicht mit der PV Anlage mit Südwestlicher-Ausrichtung

3.2.6 Details Wirtschaftlichkeit

In den folgenden Tabellen sind die Werte aufgelistet, welche die Grundlage zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage bilden.

Tabelle 14: Parameter zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Bettlistr. in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Dachfläche [m ²]	620	Gemäss Dachplan
Energieversorger	Glattwerke	-
Stromverbrauch [kWh/a]	69'118	Stromverbrauch gemäss Rechnung des Allgemiestrom vom 2021 und Annahmen für restliche Verbraucher
PV-Leistung [kWp]	83	Wirtschaftlich optimale Anlagenleistung, die auf der verfügbaren Dachfläche realisierbar ist
Anlagen-Lebensdauer [a]	30	Swissolar geht von einer Lebensdauer von 30 Jahren aus
Degradation (linear)	90%	Zu erwartende Abnahme der Modulleistung über 30 Jahre
Kosten Unterhalt [Rp/kWh]	3.4	Geschätzter Aufwand für den Betrieb der Anlage (Anlagenüberwachung, Abrechnung) sowie für Rückstellungen (Ersatz Wechselrichter nach 10-15 Jahren)
Bezugstarif Mieter [Rp/kWh]	17.6	Durch Eigenverbrauch vermiedene Stromkosten nach Hoch- und Niedertarif gewichtet. Zu diesem Preis kann der eigenverbrauchte Solarstrom voraussichtlich an die Mieter verrechnet werden.
Einspeisetarif ins Netz [Rp/kWh]	12.0	Tarif, welcher für den eingespeisten Solarstrom und HKN (Herkunftsnachweis) vom lokalen Energieversorger bezahlt wird.
Spezifischer Jahresenergieertrag [kWh/kWp]	980	Durchschnittliche Einstrahlung in der jeweiligen Region bei der entsprechenden Modulausrichtung
Solarstromproduktion [kWh/a]	77'137	Durchschnittliche jährliche Solarstromproduktion anhand PV Leistung und Einstrahlung
CO ₂ Einsparungen [tCO ₂ /a]	6.2	CO ₂ -Einsparung, die sich aus der Differenz der CO ₂ -Intensität des produzierten Solarstroms (ca. 70 g/kWh) und des CH-Verbrauchermixes (ca. 150 g/kWh) ergibt
Eigenverbrauchsgrad	33.0%	Eigenverbrauchsgrad, der sich gemäss Erfahrungswerten aus dem geschätzten Stromverbrauch und der jährlichen Stromproduktion ergibt. Der hier ausgewiesene Wert beruht auf einem Berechnungsalgorithmus, welchen EZS im Laufe der Jahre über die Analyse von zahlreichen Projekten entwickelt hat.
Kosten PV-Anlage [CHF]	173'534	Erfahrungswert für die Kosten einer schlüsselfertigen PV-Anlage der entsprechenden Grösse, inkl. AC-Anschluss, Planungskosten EZS und Reserven
Einmalvergütung [CHF]	27'650	Gültiger Tarif für eine Aufdachanlage mit der entsprechenden Leistung (ab April 2022)
Kosten PV-Anlage Netto [CHF]	145'884	Nettoinvestition zur Erstellung der Anlage, inkl. Planung, abzüglich Einmalvergütung

Tabelle 15: Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Bettlistr. in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Ertrag Einspeisung [CHF/a]	6'199	Jährlicher Ertrag aus der Einspeisung des überschüssigen Solarstroms
Ertrag Eigenverbrauch [CHF/a]	4'480	Jährlicher Ertrag durch den Stromverkauf an die Mieter
Rückstellungen [CHF/a]	-1'157	Rückstellungen zum technischen Betrieb der Anlage (Ersatz Wechselrichter, Reinigung, etc.)
Betriebskosten [CHF/a]	-1'500	Erwartete Kosten für die Anlagenüberwachung und die Erstellung der Abrechnungsunterlagen
Nettoeinnahmen [CHF/a]	8'021	Jährlicher Ertrag aus Einspeisung und Eigenverbrauch, abzüglich Betriebs- und Abrechnungskosten
Statische Amortisationsdauer [a]	18	-
Rendite (IRR)	3.7%	Dynamische Investitionsrechnung gemäss interner Zinsfuss-Methode (100 % Eigenkapital)
Rendite (ROI)	5.5%	Nettorendite gemäss SIA d 213

3.3 Stadthaus: Usterstr. 2, Dübendorf



Abbildung 14: Übersicht über die geplante Solarstromanlage auf dem Stadthaus an der Usterstr. 2 in Dübendorf (Bildquelle: Google Maps).

3.3.1 Zusammenfassung & Ausgangslage

Adresse	Usterstr. 2, Dübendorf
Nutzungstyp	Stadthaushaus
Technische Ausgangslage	Es handelt sich um ein begrüntes Flachdach mit weicher Dämmung aus dem Jahr 1997 (fortgeschrittenes Dachalter).
Betriebskonzept	Single Tenant Da der Stromverbrauch des Gemeindehauses über einen einzigen Zähler gemessen wird, kann die Verrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms intern erfolgen.
Messung & Abrechnung	Die Messung erfolgt durch geeichte Zähler des lokalen Energieversorgers. Der eigenverbrauchte Solarstrom kann intern verrechnet werden
Wirtschaftlichkeit (ROI)	3.5%
Empfehlung	Umsetzung bei nächster Sanierung des Gründachs

3.3.2 Technisches Vorprojekt

Nachfolgend werden die technischen Details zur Photovoltaikanlage sowie notwendige Bewilligungen in tabellarischer Form aufgeführt.

Tabelle 16: Allgemeine Angaben zum technischen Vorprojekt.

Dachfläche	Ca. 900 m ²
Anlagengrösse	30 kWp
Dachneigung	Flachdach (<10° Neigung)
Dachtyp	Extensiv begrüntes Flachdach mit weicher Dämmung
Zusätzliche Dachlast	Ca. 30 - 40 kg/m ² , sofern das Substrat für die Ballastierung verwendet wird Ca. 70 kg/m ² , bezogen auf die komplette Modulfläche – im Randbereich bis zu 90 kg/m ²
Dachzugang	Das Dach ist von der Dachterrasse aus erreichbar.
Modul Ausrichtung	Ost/West Aufständigung, 10° geneigt.
Modultyp	Monokristallin, Standardmasse 1.05m x 1.75m
Unterkonstruktion	Um die Ertragsverluste aufgrund von Verschattung durch Pflanzen zu verringern wird eine erhöhte Unterkonstruktion empfohlen (z.B. K2 Gründach). Die Umsetzung ist bei der nächsten Dachsanierung empfohlen. Dadurch können auf die Dämmung PE-Platten verlegt werden, auf welche die Unterkonstruktion geschraubt wird. Dies gibt der PV-Anlage zusätzliche Stabilität bei weicher Dämmung. Dennoch sollte möglichst eine druckfeste Wärmedämmung verwendet werden. Es ist keine Dachdurchdringung nötig.
Äusserer Blitzschutz	Vorhanden, die Solaranlage wird eingebunden
Temporäre Absturzsicherung	Als Absturzsicherung während der Bauarbeiten können Dachgeländer oder ein Gerüst installiert werden.
Permanente Absturzsicherung	Auf dem Dach ist derzeit keine permanente Absturzsicherung vorhanden. Für eine SUVA-konforme Absturzsicherung ist ein Seilsystem (2.5m vom Dachrand) notwendig. Hierfür ist gemäss der Richtofferte von der Firma Aschwanden (Dachwartungsfirma) mit Kosten von ca. 12'500 CHF inkl. MwSt. zu rechnen. Dieses wird unabhängig vom Bau der Solaranlage empfohlen. Entsprechend werden diese Kosten in der Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt.
Dachzustand	Das Gründach stammt aus dem Jahr 1997. Gemäss Hauswart und Verwaltung sind derzeit keine Probleme mit dem Dach bekannt. Aufgrund des fortgeschrittenen Dachalters wird vor der Ausschreibung der PV-Anlage eine Dachzustandsprüfung empfohlen (Kosten ca. CHF 2'000).
Statik	Keine Angaben bezüglich Statik vorhanden. EZS empfiehlt die statischen Reserven durch einen spezialisierten Unternehmer vor dem Bau der Anlage zu prüfen. Diese Kosten (CHF 800) sind in der Wirtschaftlichkeit eingerechnet.
Bewilligungen	Für den Bau der Solaranlage ist aufgrund der erhöhten Unterkonstruktion eine Baubewilligung notwendig. Die Baubewilligung wird durch die Installationsfirma eingereicht werden.

Tabelle 17: Details zur elektrischen Installation

Kabelführung	Im Gebäude ist eine zugängliche Steigzone vorhanden, welche für die Kabelführung vom Dach zur Elektroverteilung verwendet werden kann.
Standort Wechselrichter	Die Wechselrichter werden an der Fassade des Dachaufbaus montiert (siehe untenstehende Abbildung). Hierbei wird ein Witterungsschutz vorgesehen.
Anschluss an die Elektroverteilung	Die Einspeisung erfolgt in der Hauptverteilung des Gebäudes im UG. Hierbei sind diverse leere Elektroschränke vorhanden, in welchen die PV-Komponenten montiert werden können.
Elektrischer Anschluss	Der Netzanschluss der Hauptverteilung ist ausreichend dimensioniert.

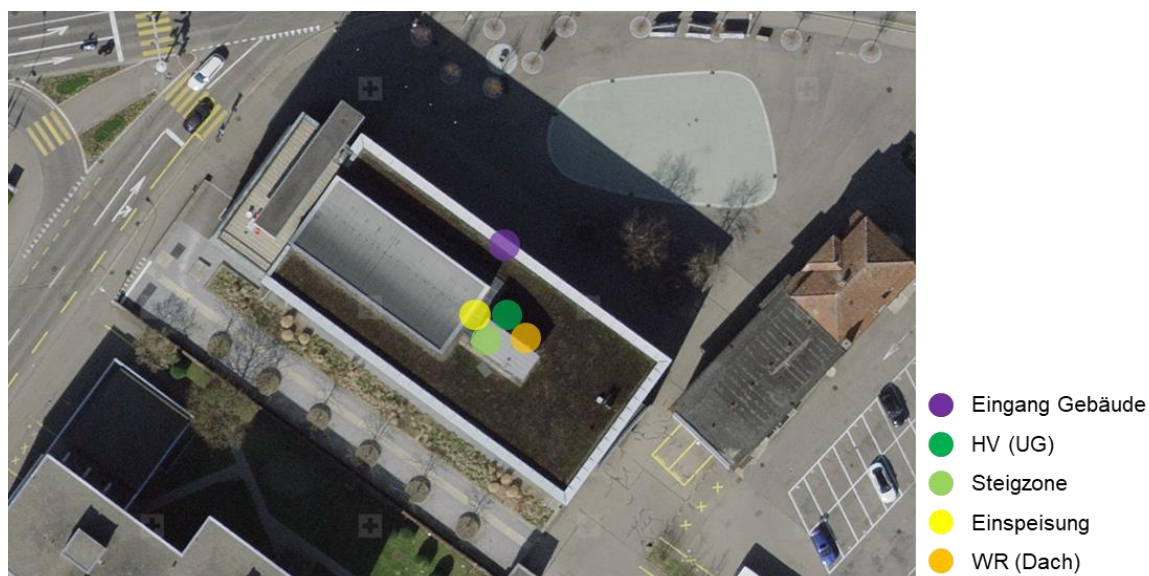


Abbildung 15: Übersicht Standort Wechselrichter («WR»), Hauptverteilung («HV»), Hausanschluss («HAK») und Einspeisung.

3.3.3 Administrativ-wirtschaftliches Vorprojekt

3.3.3.1 Abrechnung und Tarife

Im Folgenden wird beschrieben, wofür der Solarstrom verwendet und wie dieser abgerechnet werden soll. Eine detailliertere Auflistung aller Einflussfaktoren und deren Werte befindet sich im Anhang.

Tabelle 18: Angaben zum Betriebskonzept der geplanten PV-Anlagen

Betriebskonzept	<p>Single Tenant – Stadthaus</p> <p>Der gesamte Stromverbrauch des Stadthauses wird durch einen Zähler gemessen. Über diesen Zähler erfolgt der Eigenverbrauch des Solarstroms.</p>
Abrechnung	<p>Die Abrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms erfolgt intern. Daher wird empfohlen, dass dies direkt durch die Immobilienverwaltung erfolgt.</p>
Tarife	<p>Derzeit bezahlt die die Stadt Dübendorf für den Netzstrom 13.4 Rp/kWh. Entsprechend wird dieser Tarif beim Eigenverbrauch eingespart und kann der PV-Anlage angerechnet werden.</p> <p>Für die Netzeinspeisung des Solarstroms wird durch den Energieversorger 12 Rp/kWh (inkl. Herkunftsnachweis) vergütet.</p>

3.3.3.2 Resultat der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die unterstehende Tabelle fasst die wichtigsten Resultate der Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammen.

Tabelle 19: Zusammenfassung der Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage an der Usterstr. in Dübendorf. Die verwendeten Parameter werden im Anhang im Detail beschrieben. Alle Zahlen exkl. MwSt.

Anlagengrösse [kWp]	30
Investitionsvolumen brutto [CHF]*	91'200
Staatliche Einmalvergütung [CHF]	11'750
Investitionsbetrag netto [CHF]:	79'450
Stromproduktion [kWh/a]:	27'028
Geschätzter Nettoertrag [CHF/a]:	2'770
Amortisationsdauer [Jahre]	29
Rendite (ROI)	3.5%
Rendite (IRR)	0.3%

* inkl. Begleitung durch EZS und elektrischem Anschluss. Eine detaillierte Aufstellung findet sich im Anhang

Tabelle 20: Detaillierte Kostenaufstellung für die geplante PV-Anlage an der Usterstr. in Dübendorf

Parameter	Wert	Kommentar
Installationskosten [CHF]	68'400	Erwartete Kosten für den Bau der Solarstromanlage, inkl. Reserven
Zusatzkosten [CHF]	2'800	Zusatzkosten, durch die Statik- und Dachzustandsprüfung
Honorar EZS [CHF]	20'000	Erwartete Kosten für die komplette Begleitung des Projektes durch EZS.
Kosten PV-Anlage [CHF]	91'200	Gesamtinvestition zur Realisierung des Eigenverbrauchsprojektes - vor Abzug der Subventionen
Kosten Absturzsicherung [CHF]	12'000	Kosten gemäss Richtofferte durch die Firma Aschwanden zum Ausbau der permanenten Absturzsicherung gemäss SUVA-Richtlinien.
Kosten Gesamtprojekt [CHF]	103'200	Gesamtinvestition, inkl. Ausbau Absturzsicherung, vor Abzug der Subventionen
MWST 7.7 % [CHF]	7'946	
Kosten Gesamtprojekt inkl. MwSt [CHF]	111'146	

3.3.4 Empfehlung & Nächste Schritte

- Aufgrund des fortgeschrittenen Dachalters und der knappen Wirtschaftlichkeit wird die Umsetzung der PV-Anlage bei der nächsten Dachsanierung empfohlen. So können Synergien genutzt und dadurch die Investitionskosten gesenkt werden. Falls die PV-Anlage vor der nächsten Dachsanierung umgesetzt werden sollte, wird eine Dachzustandsprüfung empfohlen.
- EZS empfiehlt den Eigenverbrauch des Solarstroms als Single Tenant (durch Stadt Dübendorf). So wird der eigenverbrauchte Solarstrom intern verrechnet.
- Aufgrund der knappen Wirtschaftlichkeit der Anlage und der internen Verrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms wird die Abrechnung des Solarstroms direkt durch die Verwaltung empfohlen. Dadurch können die jährlichen Betriebskosten der PV-Anlage optimiert werden, was in der Wirtschaftlichkeitsberechnung so berücksichtigt wurde.
- **EZS empfiehlt, den Bau der Solarstromanlage bei der nächsten Dachsanierung.**

3.3.5 Fotos und Schemata

Nachfolgend wird das Modullayout der Solaranlage, das Elektroschema und eine Skizze des Gebäudes in Zusammenhang mit der geplanten Photovoltaikanlage aufgezeigt.

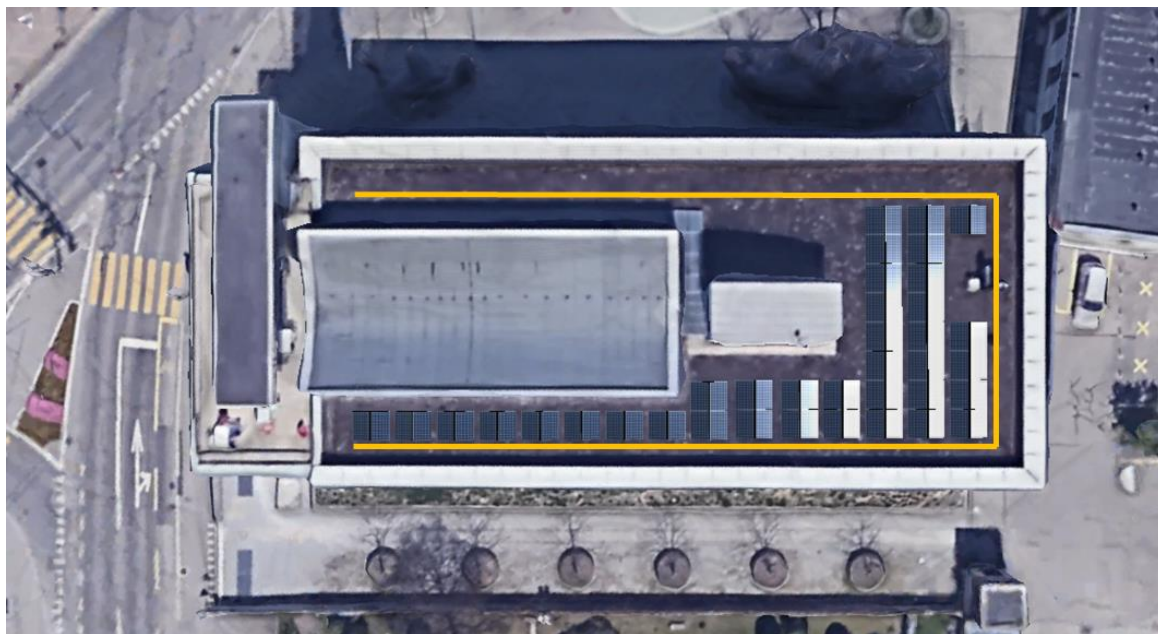


Abbildung 16: Dachaufsicht mit PV Anlagen mit Ost/West-Ausrichtung, die permanente Absturzsicherung gem. Richtofferte der Firma Aschwanden AG

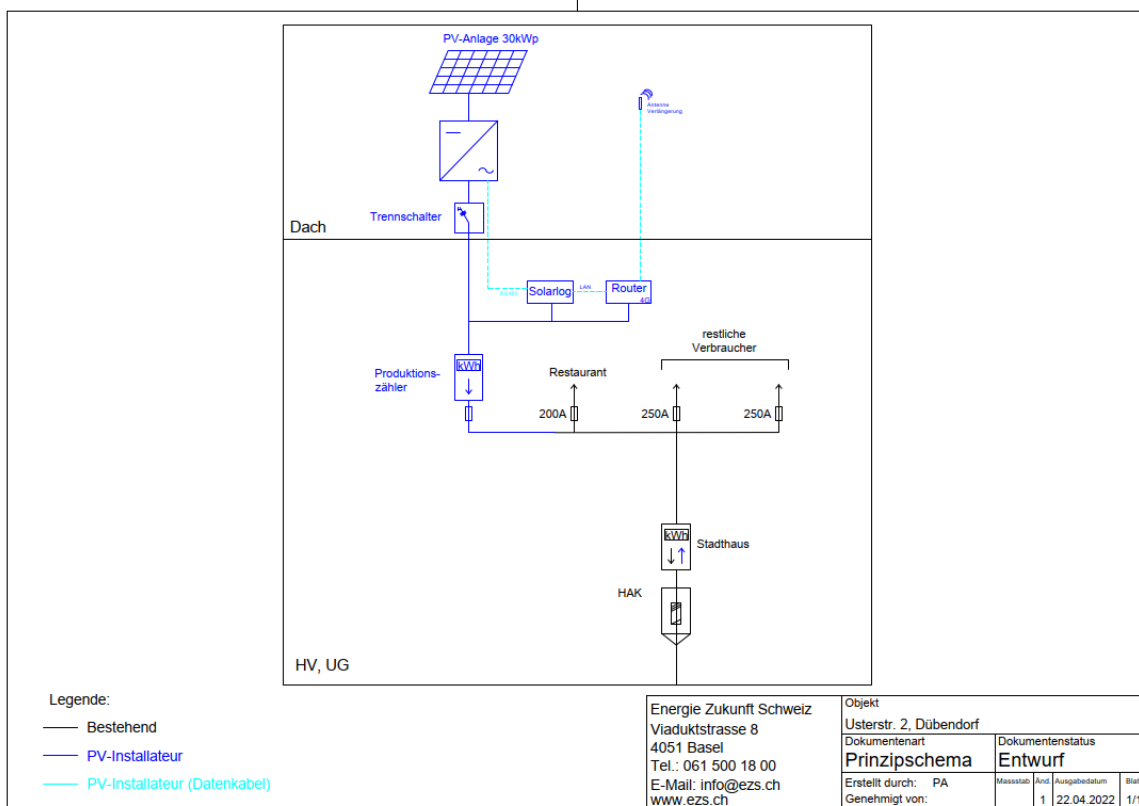


Abbildung 17: Prinzipschema für die Anordnung der PV-Anlage, Einspeisepunkt und der benötigten Zähler (Produktion). Die zusätzlichen Komponenten für die PVA sind blau markiert.

3.3.6 Details Wirtschaftlichkeit

In den folgenden Tabellen sind die Werte aufgelistet, welche die Grundlage zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage bilden.

Tabelle 21: Parameter zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Usterstr in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Dachfläche [m2]	900	Gemäss Abschätzung mittels Satellitenbilder
Energieversorger	Glattwerke	-
Stromverbrauch [kWh/a]	224'000	Stromverbrauch vom Jahr 2021 gemäss Angaben von (Verwaltung)
PV-Leistung [kWp]	30	Wirtschaftlich optimale Anlagenleistung, die auf der verfügbaren Dachfläche realisierbar ist
Anlagen-Lebensdauer [a]	30	Swissolar geht von einer Lebensdauer von 30 Jahren aus
Degradation (linear)	90%	Zu erwartende Abnahme der Modulleistung über 30 Jahre
Kosten Unterhalt [Rp/kWh]	3.0	Geschätzter Aufwand für den Betrieb der Anlage (Anlagenüberwachung, Abrechnung) sowie für Rückstellungen (Ersatz Wechselrichter nach 10-15 Jahren)
Tarif Eigenverbrauch [Rp/kWh]	13.4	Durch Eigenverbrauch vermiedene Stromkosten nach Hoch- und Niedertarif gewichtet. Dieser Tarif wird durch den Eigenverbrauch des Solarstroms eingespart
Einspeisetarif ins Netz [Rp/kWh]	12.0	Tarif, welcher für den eingespeisten Solarstrom und HKN (Herkunftsnachweis) vom lokalen Energieversorger bezahlt wird.
Spezifischer Jahresenergieertrag [kWh/kWp]	950	Durchschnittliche Einstrahlung in der jeweiligen Region bei der entsprechenden Modulausrichtung
Solarstromproduktion [kWh/a]	27'000	Durchschnittliche jährliche Solarstromproduktion anhand PV Leistung und Einstrahlung
CO ₂ Einsparungen [tCO ₂ /a]	2.2	CO ₂ -Einsparung, die sich aus der Differenz der CO ₂ -Intensität des produzierten Solarstroms (ca. 70 g/kWh) und des CH-Verbrauchermixes (ca. 150 g/kWh) ergibt
Eigenverbrauchsgrad	90.0%	Eigenverbrauchsgrad, der sich gemäss Erfahrungswerten aus dem geschätzten Stromverbrauch und der jährlichen Stromproduktion ergibt. Der hier ausgewiesene Wert beruht auf einem Berechnungsalgorithmus, welchen EZS im Laufe der Jahre über die Analyse von zahlreichen Projekten entwickelt hat.
Kosten PV-Anlage [CHF]	91'200	Erfahrungswert für die Kosten einer schlüsselfertigen PV-Anlage der entsprechenden Grösse, inkl. AC-Anschluss, Planungskosten EZS und Reserven
Einmalvergütung [CHF]	11'750	Gültiger Tarif für eine Aufdachanlage mit der entsprechenden Leistung (ab April 2022)
Kosten PV-Anlage Netto [CHF]	79'450	Nettoinvestition zur Erstellung der Anlage, inkl. Planung, abzüglich Einmalvergütung
Kosten Absturzsicherung [CHF]	12'000	Zusätzliche Kosten zum Ausbau der Absturzsicherung - wird nicht in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt.

Tabelle 22: Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit der PV Anlage an der Usterstr in Dübendorf (alle Werte exkl. MwSt)

Parameter	Wert	Kommentar
Ertrag Einspeisung [CHF/a]	324	Jährlicher Ertrag aus der Einspeisung des überschüssigen Solarstroms
Ertrag Eigenverbrauch [CHF/a]	3'252	Jährliche Einsparung durch Eigenverbrauch von Solarstrom
Rückstellungen [CHF/a]	-405	Rückstellungen zum technischen Betrieb der Anlage (Ersatz Wechselrichter, Reinigung, etc.)
Betriebskosten [CHF/a]	-400	Erwartete Kosten für die Anlagenüberwachung. Die Verrechnung des eigenverbrauchten Solarstroms erfolgt durch die Verwaltung
Nettoeinnahmen [CHF/a]	2'770	Jährlicher Ertrag aus Einspeisung und Eigenverbrauch, abzüglich Betriebs- und Abrechnungskosten
Statische Amortisationsdauer [a]	29	-
Rendite (IRR)	0.3%	Dynamische Investitionsrechnung gemäss interner Zinsfuss-Methode (100 % Eigenkapital)
Rendite (ROI)	3.5%	Nettorendite gemäss SIA d 213