

Machbarkeitsstudie

Photovoltaikanlage Hallenbad Dübendorf



Graphik von Markus Schietsch Architekten GmbH

Projektverfasser:

BE Netz AG
Samuel Summermatter
Pascal Wieser
Luzernerstrasse 131
CH-6014 Luzern

041 319 00 41
samuel.summermatter@benetz.ch
www.benetz.ch

Datum: 3. Februar 2022
Version: MK_001
Projektnummer: 4021118

Auftraggeber:

MSA Generalplaner GmbH
Herr Stefan Uhl
Hardstrasse 69
CH-8004 Zürich

044 444 38 49
su@markusschietsch.com
http://www.markusschietsch.com

Revisionskontrolle:

Version	Revisionsnotizen	Datum
V 001	Erste Version	31.01.2022
V 002	Zweite Version gemäss Anpassungen Architekten	03.02.2022

Inhaltsverzeichnis

Machbarkeitsstudie	1
1 Zusammenfassung	3
1.1 Kurzbeschreibung	3
1.2 Weiteres Vorgehen	3
2 Ausgangslage	4
2.1 Ziele Machbarkeitsstudie	4
2.2 Objekt	4
2.3 Standort.....	4
2.4 Verschattung	5
2.5 Netzanschluss / Energiekonzept.....	6
2.6 Statik	6
2.7 Baumeldung / Baubewilligung	6
2.8 Energiebedarf.....	6
3 Anlagenvarianten	7
3.1 Varianten	7
3.2 Modullayouts.....	9
3.3 Wirtschaftlichkeit	10
4 Anlagendetails	11
4.1 Montagekonstruktion	11
4.2 Dachsicherheit	11
4.3 Kabelführung	11
4.4 Wechselrichter-Standort.....	12
5 Anhang	13

1 Zusammenfassung

1.1 Kurzbeschreibung

Auf dem Dach vom Hallenbad Dübendorf kann eine PV- Anlage mit einer maximalen Leistung von rund 565 kWp installiert werden. Mit der Energieproduktion von rund 430 MWh kann ca. 20 % vom berechneten Jahresbedarf der Anlage produziert werden. Der meiste produzierte Strom kann entsprechend direkt vor Ort verbraucht werden. Damit können rund 60t CO₂ pro Jahr eingespart werden¹.

Die Betriebskosten für den Strombezug werden durch die PV- Anlage jährlich um durchschnittlich 39'000 CHF reduziert. Zusätzlich können von Fördergeldern in der Höhe von bis zu 158'000 CHF profitiert werden. Somit können 1'337'000 Fr. der gesamthaften Investitionskosten von 3'082'000 CHF über 30 Jahre amortisiert werden. Aufgrund des sehr tiefen Energiepreises für Grossbezüger von 13 Rp./kWh (inkl. Netznutzung) und den hohen Investitionskosten der ästhetischen Lösung ist es nicht möglich die Anlage über die Lebensdauer zu amortisieren.

Um das Dach optimal in die Architektur zu integrieren wurden gemeinsam mit dem Architekten mehrere gestalterische Varianten ausgearbeitet. Bei der einen Variante werden die Module in zwei unterschiedlichen Farbkombinationen per Keramikdruck verändert, sodass diese als opake, satinierte Platten wirken. Zudem sollen die Module bei dieser Variante als Rauten angeordnet werden. Bei einer weiteren Variante werden die Solarzellen hervorgehoben gezeigt und die Module als durchscheinende Platten dargestellt. Beide Varianten haben eine Leistungs- und Ertragsreduktion von ca. 30% zur Folge, entweder durch Farbe oder durch eine schlechtere Flächenausnutzung wegen dem grösseren Zellabstand. Dies reduziert entsprechend auch den Payback.

Die Anforderungen an die Grösse vom Netzanschluss, den Platzbedarf der technischen Einrichtungen sowie die statischen Anforderungen an die Tragwerkskonstruktion ändern sich mit dem Bau der PV- Anlage. Die konkreten Einflüsse und Lösungen müssen im nächsten Projektschritt genauer untersucht werden.

1.2 Einschätzung BE Netz

Im Vergleich zu einer Standard PV- Aufdachanlage hat die PV- Anlage rund doppelt so hohe Energieproduktionskosten. Mit den sehr tiefen Energiekosten ist ein wirtschaftlicher Betrieb nicht möglich. Eine Verbesserung wäre möglich, wenn die sehr nahe gelegenen Bäume entfernt würden, da diese starken Schattenwurf zur Folge haben.

Der Bau der PV- Anlage kann aber trotzdem empfohlen werden. Für dieses Gebäude ist das Dach eher als Fassade zu werden da es sehr prägnant für die Architektur ist. Die PV- Elemente können zur Gestaltung dieser Fassade eingesetzt werden. Zudem ist auf öffentlichen Gebäuden die Produktion von erneuerbaren Energien sehr wichtig, da diese auch einen Vorbildcharakter haben. Dazu eignet sich das gut einsehbare Dach vom Hallenbad optimal.

1.3 Weiteres Vorgehen

Das weitere Vorgehen kann nach den SIA Phasen gegliedert werden. Nach einem ersten Variantenentscheid kann in einem Vorprojekt die gewählte Variante präzisiert werden, sodass eine Baueingabe erarbeitet werden kann.

Im Bauprojekt müssen alle technischen Schnittstellen geklärt werden, damit eine Ausschreibung erstellt werden kann.

Es empfiehlt sich während dem Bau einen PV- Fachplaner für die fachliche Bauleitung einzusetzen.

Gerne Unterstütze Sie BE Netz weiter als Fachplaner in diesem Projekt.

¹ Strom-Konsummix CH: 181 g CO₂-eq/kWh | PV- Strom 42 g CO₂-eq/kWh |Einsparung 139 g CO₂-eq/kWh

2 Ausgangslage

2.1 Ziele Machbarkeitsstudie

Die Gemeinde Dübendorf hat als Bauherrin nachträglich im Projekt eine PV- Anlage auf dem Dach gefordert. In der Machbarkeitsstudie werden gemeinsam mit dem Architekten gestalterische Lösungsvorschläge erarbeitet um das geplante Dach mit einer integrierten PV- Anlage auszuführen. In Abstimmung mit der Bauherrschaft wird auf Grund der prägnanten Erscheinung der Dachflächen als Hauptfassade eines öffentlichen Gebäudes kein standardisiertes Indachsystem untersucht.

Für die Varianten werden jeweils eine Kostenschätzung, eine Ertragsberechnung und eine Simulation vom Eigenverbrauch gemacht. Mit den gesammelten Informationen können dann die Projektmehrkosten über eine Lebensdauer von 30 Jahre berechnet werden da sich das Solardach durch die Energieproduktion teilweise selber refinanziert. Zudem können auch Fördergelder mit berücksichtigt werden.

2.2 Objekt

Es geht um den Neubau eines Hallenbades anstelle der heutigen Garderobengebäude vom Aussenbad. Die Technik vom Aussenbad bleibt im Keller von heutigen Bau, wird jedoch auch erneuert. Das neue Hallenbad wird über den bestehenden Keller mit der Schwimmbadtechnik vom Aussenbad gebaut.

2.3 Standort

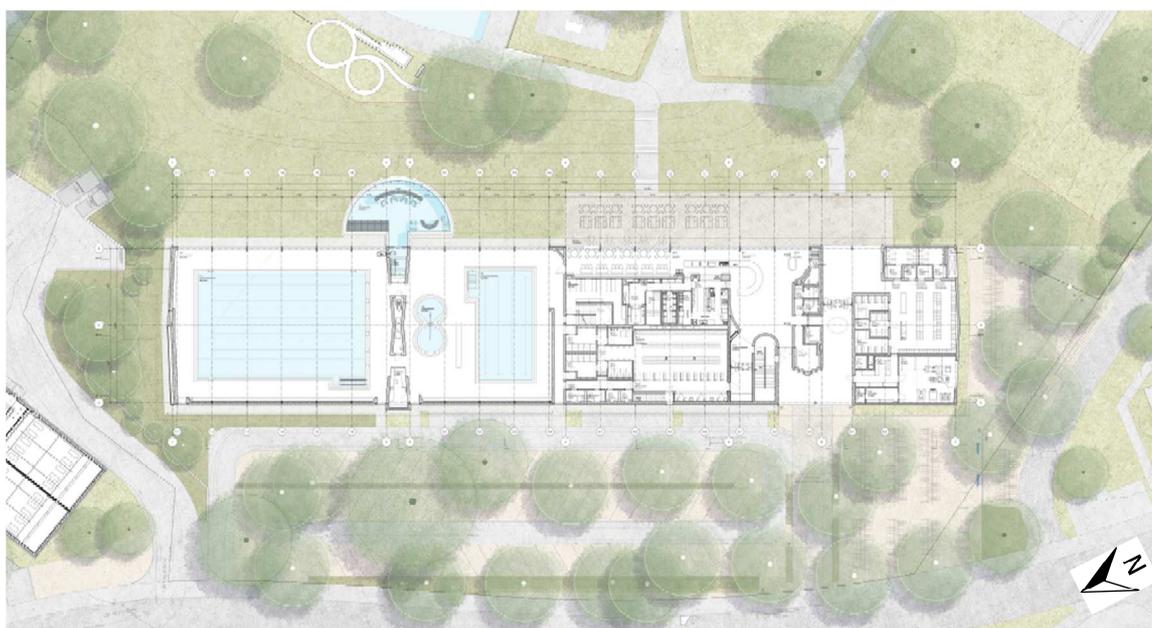


Abbildung 1: Umgebungsplanung Hallenbad mit diversen Bäumen

Koordinaten	Breite 47.3942/ Länge 8.6244
BFS- Nummer	191
Adresse	Oberdorfstrasse 23, 8600 Dübendorf
Zone	Eingeschränkte Bauzone (Erholungszone)

2.4 Verschattung

Aufbauten

Bisher sind keine Aufbauten bekannt. Es sind diverse Oblichter geplant, welche in das PV- Anlagenlayout architektonisch integriert werden. Die Restflächen um die Oblichter bleiben inaktiv. Es ist auf möglichst geringe Verschattungseffekte zu achten.

Horizont

Die Ostfläche zum Aussenbad hin weist wenig Verschattung durch nahegelegene Bäume auf. Die Westseite wird durch Bäume relativ stark verschattet. Auf Stufe Machbarkeitsstudie wird der Einfluss der Bäume für die Ertragsberechnung grob im Horizont mit berücksichtigt (mittlere Horizontlinie). Für genauere Aussagen wäre eine 3D Simulation im Vorprojekt notwendig.

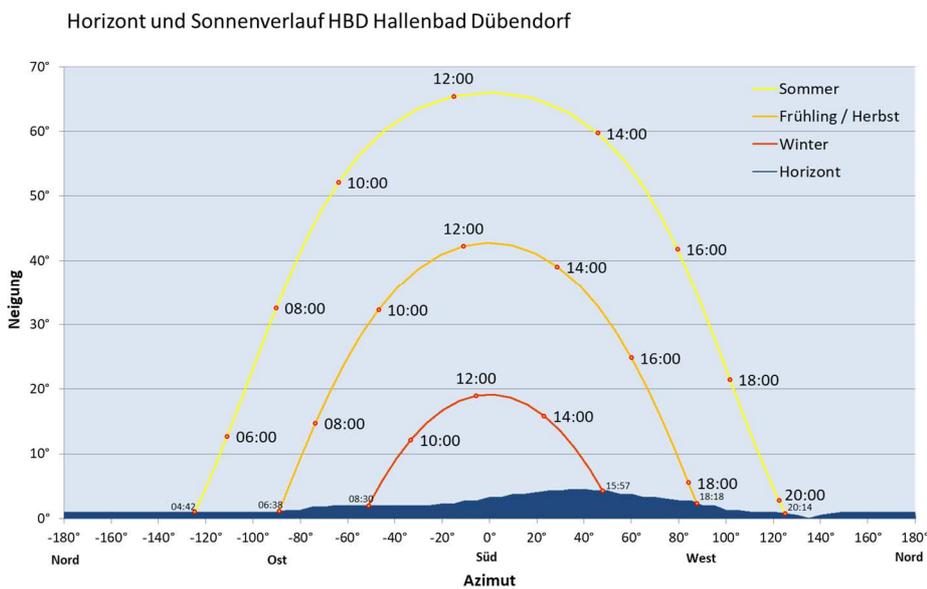


Abbildung 2: Horizont und Sonnenverlauf beim Gebäude ohne Bäume

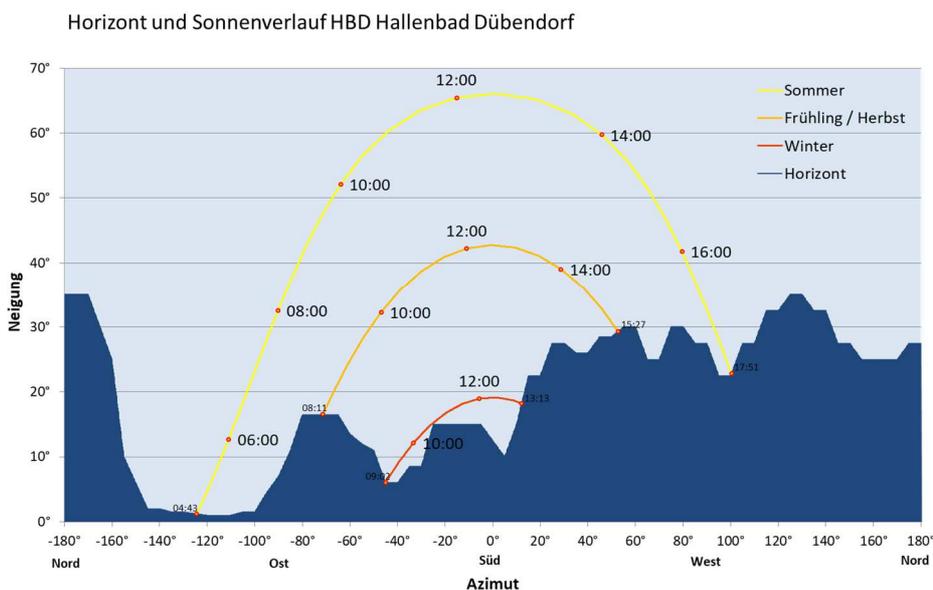


Abbildung 3: Horizont und Sonnenverlauf beim Gebäude mit Bäume (mittlere Horizontlinie)

Es ist mit einer Ertragseinbusse zwischen 10 – 15% durch den Verschattungseffekt der Bäume zu rechnen. Dies wurde bei den Wetterdaten und der Ertragsprognose entsprechend mit diesem Horizont berücksichtigt.

2.5 Netzanschluss / Energiekonzept

Gemäss Berechnung vom Elektroplaner Schmidiger Rosasco AG ist der Anschluss vom neuen Hallenbad mit 400A geplant. Der Anschluss vom neuen Hallenbad wird mit dem bestehenden Anschluss vom Aussenbad zusammengelegt.

Der Netzanschluss muss je nach Anlagenvariante **massiv vergrössert werden**. Das Anschlussgesuch muss entsprechend erneuert werden.

2.6 Statik

Die statischen Zusatzanforderungen sind im Vorprojekt genauer zu klären. Es ist mit einer ungefähren zusätzlichen Dachlast durch das Solarglas von 15 – 23 kg/m² zu rechnen.

2.7 Baumeldung / Baubewilligung

Das Objekt liegt in einer Bauzone mit eingeschränkter Nutzung. Ob für die Solaranlagen ein neues Baugesuch eingereicht werden muss ist durch den Architekten zu klären.

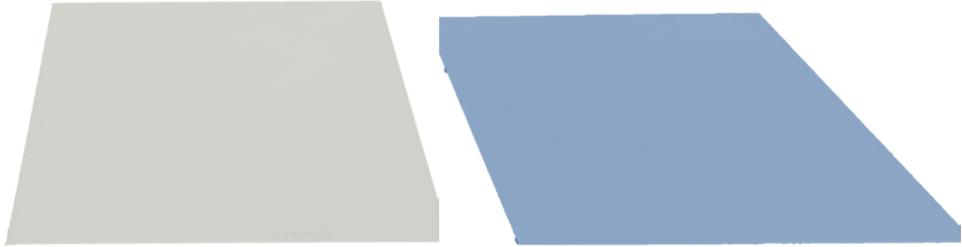
2.8 Energiebedarf

Vom Planungsteam liegt keine Energiebedarfsabschätzung vor. Für die Berechnung vom Eigenverbrauch wurde eine grobe Abschätzung vom PV- Planer gemacht. Hierzu wurde der Schnellcheck nach SIA 2056 angewendet. Es wurde von einer relevanten Energiebezugsfläche von ca. 3'000 m² ausgegangen. Die Resultate wurden verglichen mit einer Bedarfsabschätzung nach dem BFE Leitfaden „Energie in Hallen- und Freibäder“. Die Resultate vom elektrischen Gesamtenergieverbrauch (inkl. Wärme mit Wärmepumpen und Abwärmenutzung) sind vergleichbar, wenn auch die Aufteilung zwischen Wärme und Technik bei den Methoden etwas unterschiedlich ist. Für das Lastprofil wird wie nach VDEW empfohlen das Verbraucherprofil G2 verwendet. Dazugezählt werden noch die bestehenden Verbrauchsdaten vom Aussenbad, wobei die Technik erneuert wird und eher mit einem geringeren Verbrauch gerechnet werden muss

	Energiebedarf	Verbrauchsprofil
Energieverbrauch Neubau	1'800 MWh/a	VDEW (G2)
Erneueres Aussenbad	260 MWh/a	Gemessene Lastgangdaten

3 Anlagenvarianten

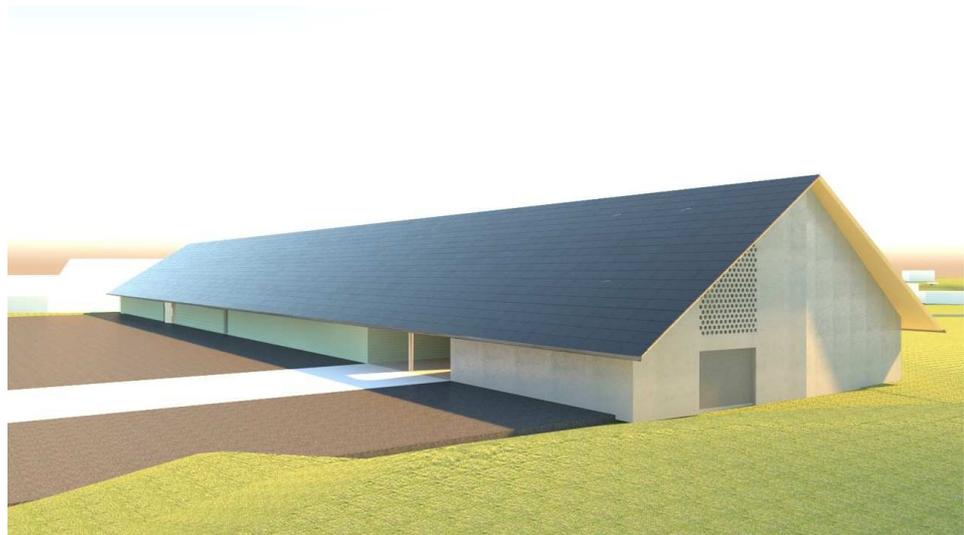
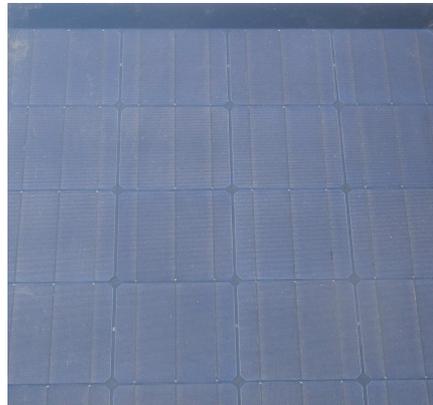
3.1 Varianten

Variantenbeschrieb	
Variante 02 transparent	<p>Quadratische, transparente Module, Glas leicht satiniert um Blendungen zu reduzieren, erhöhter Zellabstand erzeugt durch die Durchsicht auf die Unterkonstruktion eine Tiefenwirkung in der Ansicht.</p>  
Variante 03 farbig	<p>Quadratische Module um 45° gedreht, als Rauten angeordnet, zwei unterschiedliche, vermutlich helle Farben, pro Modul jedoch monochrome Farbe (siehe Visualisierung Titelbild). Für ein einheitliches Erscheinungsbild werden ein schwarzer Hintergrund und abgedeckte Busbars benötigt. Erzeugt durch Abwechslung von Farbe entsprechende Musteroptik.</p> 

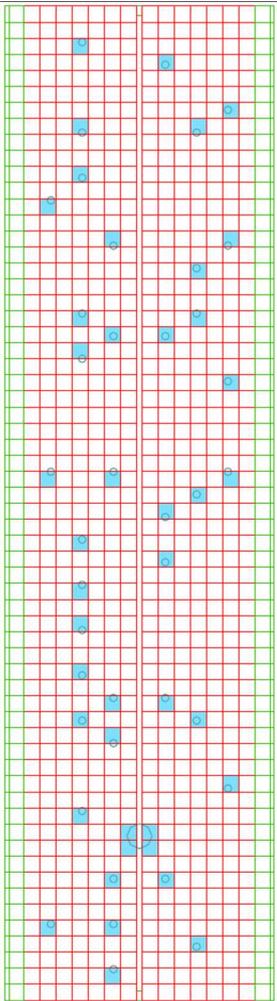
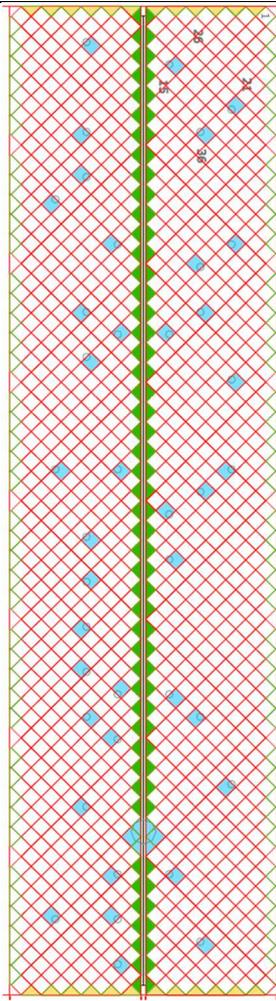
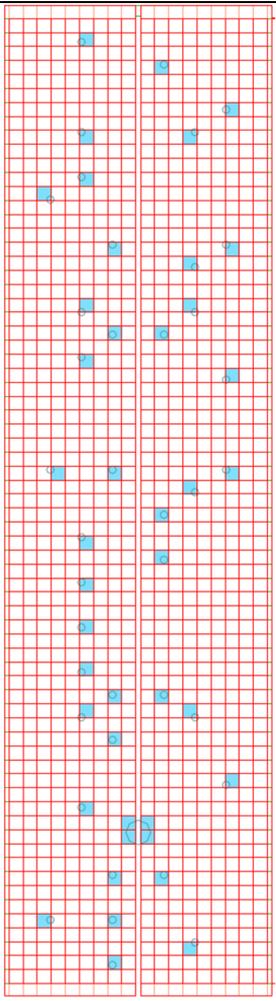


Variante 04
schwarz

Quadratische Module schwarz, mit eingefärbten Busbars und satinierter Oberfläche.
Möglichst geringe Verluste.



3.2 Modullayouts

	Variante 02 transparent	Variante 03 farbig	Variante 04 schwarz
Dachflächen total	brutto ca. 3'800m ²	brutto ca. 3'800m ²	brutto ca. 3'800m ²
Anzahl Zellen M3 (Fullsquare) Nom. 5.3Wp	825 Module à 100 Zellen = 82'500 Zellen	1'149 Module à 100 Zellen = 114'900 Zellen	1'027 Module à 100 Zellen +134 Module à 70 Zellen +32 Module à 80 Zellen = 114'640 Zellen
Abminderung durch Satinieren und Farbe	-7%	-35%	-7%
Layout			
Mögliche Leistung ² :	406 kWp	426 kWp	565 kWp
Spez. Ertrag Ost:	899 kWh/kWp/a	899 kWh/kWp/a	899 kWh/kWp/a
Spez. Ertrag West:	622 kWh/kWp/a	622 kWh/kWp/a	622 kWh/kWp/a
Jährlicher Ertrag:	307'830 kWh/a	323'000 kWh/a	428'400 kWh/a

² Für die Ertragsberechnung wird die Leistung pro Dachhälfte symmetrisch aufgeteilt und die Verteilung der Oblichter nicht beachtet, da diese sowieso noch ändern könnten

3.3 Wirtschaftlichkeit

	Variante 02 transparent	Variante 03 farbig	Variante 04 schwarz
Energiedaten			
Mögliche Leistung:	406 kWp	426 kWp	565 kWp
Spez. Ertrag:	758 kWh/kWp/a	758 kWh/kWp/a	758 kWh/kWp/a
Jährlicher Ertrag:	308 MWh/a	323 MWh/a	428 MWh/a
Energiebezugsfläche Neubau (EBF):	3'000 m ²	3'000 m ²	3'000 m ²
el. Energieverbrauch Neubau: ³	ca. 1'600 MWh/a	ca. 1'600 MWh/a	ca. 1'600 MWh/a
el. Energieverbrauch Freibad: ⁴	ca. 260 MWh/a	260 MWh/a	260 MWh/a
Energieanalyse			
Deckungsgrad:	15 %	15 %	21 %
Eigenverbrauchsgrad:	100 %	100 %	97 %
Autarkie:	15 %	15 %	20 %
Wirtschaftliche Daten			
Preis ⁵ :	2'704'000 Fr.	3'074'000 Fr.	2'982'000 Fr.
Dachverstärkung	100'000 Fr.	100'000 Fr.	100'000 Fr.
Einmalvergütung:	- 115'370 Fr.	- 120'770 Fr.	- 158'300 Fr.
Gestehungskosten ohne Zins ^{6,7} :	33.8Rp./kWh	36.3Rp./kWh	27.0Rp./kWh
Ø Jährlicher Payback ⁸ :	28'605 Fr./Jahr	30'014 Fr./Jahr	39'296 Fr./Jahr
Erwarteter Payback in 30 Jahren:	858'150 Fr.	900'420 Fr.	1'178'880 Fr.

In allen Berechnungen wurde mit einem Strombezugspreis (zu bezahlen an VNB) von 13 Rp./kWh gerechnet. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass die Strompreise längerfristig steigen werden, dies würde den Payback der Solaranlage zusätzlich verbessern.

³ Gewerbeprofil G2 gemäss Empfehlung VDEW

⁴ Lastverteilung gemäss bestehende Lastgangmessung Freibad

⁵ PV- Komplett inkl. AC- Installation und Fachplanung, exkl.: Gerüst, dichtes „unter“-Dach, +-25%

⁶ inkl. 3 Rp./kWh Betriebs- und Unterhaltskosten

⁷ Betriebsdauer 30 Jahre

⁸ Eigenverbrauch mit 13 Rp./kWh Einsparung (Glattpower industry Wasser), 8 Rp./kWh Rücklieferarif, abzgl. Betriebs- und Unterhaltskosten

4 Anlagendetails

4.1 Montagekonstruktion

Mit der Anforderung einer planen Fläche ohne Überlappung der Module fällt ein „klassisches“ Indach Montagesystem weg. Geeignet für offene Fugen ohne Überlappung und Rahmen ist ein Fassaden Montagesystem. Es wird eine Trägerschiene vertikal auf das Solarmodul aufgeklebt und eine Einhängeschiene horizontal auf dem Dach (z.B. Trapezblech hinterlüftet) montiert. Die Module können dann einzeln in der Einhängeschiene befestigt werden. Wichtig ist für den Unterhalt auch die einzelne Ersetzbarkeit der Module.

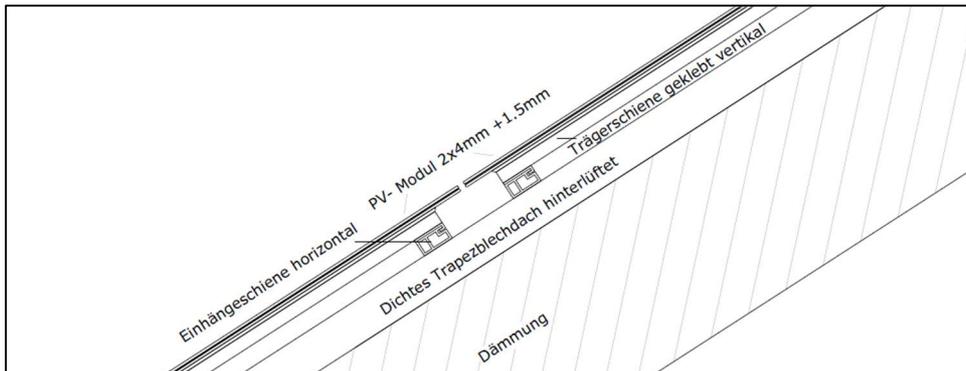


Abbildung 4: Prinzipschnitt Dachaufbau

4.2 Dachsicherheit

Auf dem First muss ein fix installiertes Sicherheitssystem montiert werden. Dies kann ein Seilsystem oder auch ein Schienensystem sein, welches sich besser integrieren liesse. Die genaue Ausbildung vom First muss im Vorprojekt genauer untersucht werden.

4.3 Kabelführung

Die DC- Leitungsführung muss ortstrennt in einer separaten Steigzone erfolgen. Die sinnvollste Leitungsführung muss noch gemeinsam mit dem Elektroplaner abgesprochen werden. Es sind mehrere Zuleitungen über die äusseren Stützmauern dankbar, dafür wird dann im UG ein horizontales separates Trasse für die Leitungen notwendig. Alternativ können die DC- Leitungen auf dem Dach horizontal gesammelt und in einer gemeinsamen möglichst zentralen Steigzone in den Keller geführt werden. Es wird ein Platzbedarf für mindestens 2 x 350mm Trassen in einer zentralen Steigzone benötigt. Kann eine zentrale, separate Steigzone direkt vom Dach in den Wechselrichterraum geführt werden, können die notwendigen Überspannungsableiter im Wechselrichter angeordnet werden. Optimal wäre ein Platz direkt nach dem Gebäudeeintritt.



Abbildung 5: Beispieltrasse

4.4 Wechselrichter-Standort

Die Photovoltaik-Wechselrichter können grundsätzlich sowohl im Gebäudeinnern als auch ausserhalb der Gebäudehülle angebracht werden. Zu vermeiden sind schlecht belüftete und warme Räume, da ein Wärmestau zu einer Selbstabschaltung der Wechselrichter und damit zu einer Ertragsminderung führen kann. Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Wahl des Wechselrichter-Standorts ist die gute Zugänglichkeit für den Service und Unterhalt der PV-Anlage.

Aus ästhetischen Gründen wird davon ausgegangen, dass die Wechselrichter nicht im Aussenbereich platziert werden können. Es soll ein separater Raum im UG gefunden werden. Dieser ist ausreichend zu belüften und allenfalls zu klimatisieren.

Der Platzbedarf beträgt ca. 10m Wandfläche für Wechselrichter und AC- Grobverteiler. Für die Zugänglichkeit ist nach NIN ein Gang von mindestens 80 cm Lichtmass erforderlich. Die Wechselrichter können entweder an einer Wand oder an einem Gestell in der Raummitte befestigt werden. Es ist mit ca. 4 Geräten gemäss den Beispielen zu rechnen.

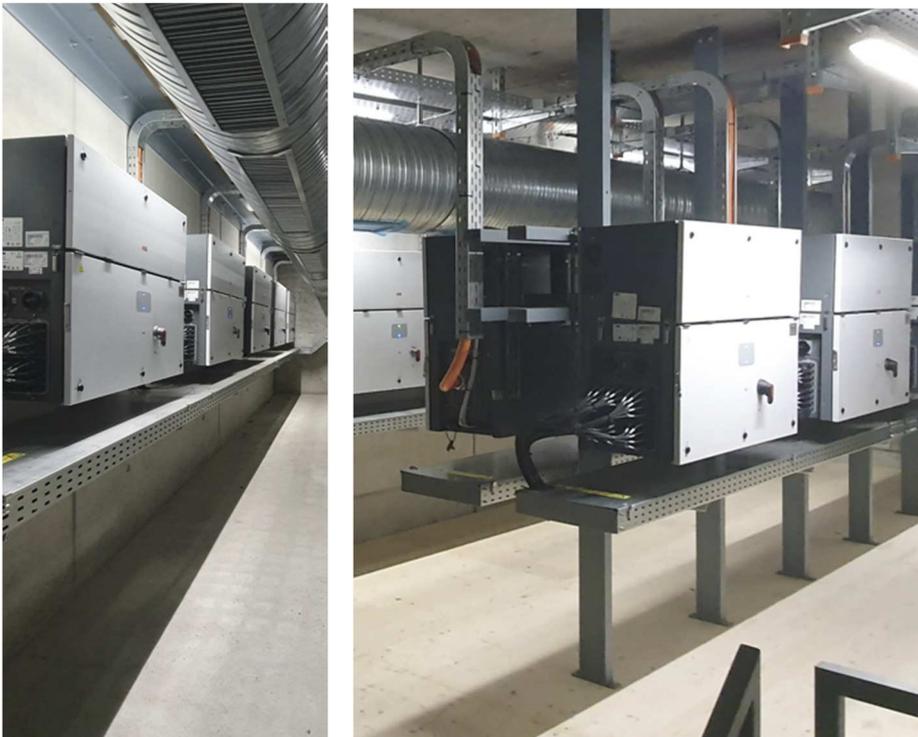


Abbildung 6: links Beispiel Wandmontage, rechts Beispiel freie Montage im Raum an Metallgestell

5 Anhang

- Modullayout
- Ertragsprognosen
- Energieanalyse
- Wirtschaftlichkeit