Solarzaun GmbH
Schützenstrasse 1
CH-8400 Winterthur
Tel. +41 78 878 80 35
info@solarzaun.ch
www.solarzaun.ch

Machbarkeitsstudie
Solarzaun Tägerwilen

Für:

Kanton Thurgau, Abteilung Energie
Hr. Hunziker
Promenadenstrasse 8
CH-8510 Frauenfeld

Daniel Ruch, Solarzaun GmbH
Projektkoordination
02.Februar 2022

DETAILS ZUM DOKUMENT

Titel	Machbarkeitsstudie Solarzaun Tägerwilen
	Copyright: Alle Rechte bei der Solarzaun GmbH, CH-8400 Winterthur
Filename	20220202_Machbarkeitsstudie_Solarzaun Tägerwilen

Änderungsindex

Revision	Beschreibung	Erstellt	Datum
00	Erstabgabe Kanton	DAR	02.02.2022
01			

Verteiler

Name	Datum	Stückzahl	Form
Kanton TG, Herr Hunziker	02.02.2022	1	pdf
Herr Ch. Schwarz	02.02.2022	1	pdf

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZUSAMMENFASSUNG 4

2 ZIELE DER SOLARZAUNANLAGE 5

3 ANLAGENKONZEPT 6

3.1 Standort 6

3.2 Planung 7

3.1.1 Solarmodule und Montagesystem 7

3.1.2 Der Wechselrichter 9

3.1.3 Elektroschema 9

4 BAU UND IBN 10

4.1 Bau des Solarzauns 10

4.1.1 Die Südseite 11

4.1.2 Die Westseite 12

4.2 Elektroarbeiten 13

4.3 Inbetriebnahme IBN 14

5 AUSWERTUNG 15

5.1 Solarertrag 15

5.1.1 Farbiges Modul 19

6 KOMMENTAR 20

7 WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG ZHAW (MARKUS KLENK) 21

8 ANHANG 25

Anhang I: Elektroschema 25

Anhang II: Modulausrichtung 25

Anhang III: Infotafel 25

Anhang IV: Datenblatt PV-Modul Standard bifazial 25

Anhang V: Datenblatt PV-Modul farbig monofazial 25

Anhang VI: Datenblatt Wechselrichter 25

1 Zusammenfassung

In Tägerwilen wurde mit der Unterstützung der Abteilung Energie des Kantons Thurgau ein Solarzaun errichtet und eine Machbarkeitsstudie darüber gemacht. Besitzer des Zauns ist der in Tägerwilen wohnhafte Christian Schwarz.

Die Machbarkeitsstudie hat die Praxistauglichkeit verschiedenere Variationen eines Solarzaunsystems aufgezeigt.

Die südliche und die westliche Mauer des ehemaligen Klärbeckens der alten Kläranlage der Gemeinde Tägerwilen boten sich gut für den Solarzaun an. Auf der Südmauer konnte der Solarzaun auf einer Länge von 4 Solarmodulen geplant werden. 2 doppelreihige Module bilden das östlichen Teilstück und 2 einreihige Module das westliche. Auf der Westmauer wurden auch 2 einreihige Module montiert, aber das Montagesystem (Pfosten und Querriegel) ist farbig. Als drittes Modul wurde ein farbiges Solarmodul gewählt.

Der Bau des Solarzauns startete am 12.Juli 2021.

Die Inbetriebnahme der Solaranlage erfolgte am 12.November 2021.

Seit dem 28 November 2021 kann über Fernzugriff auf den Wechselrichter zugegriffen und die Ertragsdaten können ausgewertet werden.

Der Solarzaun ist öffentlich zugänglich und bietet Besuchern eine spannende Demonstration mit Infotafel, wie er aufgebaut ist und was für verschiedene Variationen es gibt.

Im Zusammenhang mit den Erwartungen an das neue System wurden von der ZHAW Simulationen (PVSyst) zu vertikal installierten Modulen durchgeführt.

Wir sind zufrieden, dass die Demonstrations- und Pilotanlage zeigen kann, dass das Zaunsystem mit den vertikalen Modulen gut funktioniert.

Die Datenspeicherung des Wechselrichters erlaubte eine Analyse der Solaranlage. Und die Daten bestätigen die 2 typischen Eigenschaften eines Solarzauns:

- Durch die vertikale Aufstellung der Solarmodule ist die Leistung im Winter höher als im Sommer, da der Anstellwinkel der Sonne auf die Module steiler ist. Der Tagesenergieertrag ist trotzdem kleiner, da im Winter die Sonnendauer kürzer ist
- Durch die Ost-/West-Ausrichtung des Zauns lassen sich die Ertragsspitzen auf den Vor- und den Nachmittag verteilen

2 Ziele der Solarzaunanlage

Die Machbarkeitsstudie hat die Praxistauglichkeit verschiedenere Variationen eines Solarzaunsystems aufgezeigt.

Der Solarzaun ist öffentlich zugänglich und bietet Besuchern eine spannende Demonstration mit Infotafel, wie er aufgebaut ist und was für verschiedene Variationen es gibt.

Im Zusammenhang mit den Erwartungen an das neue System wurden von der ZHAW Simulationen (PVSyst) zu vertikal installierten Modulen durchgeführt.

3 Anlagenkonzept

3.1 Standort

Als idealer Standort für den Solarzaun bot sich die alte Kläranlage der Gemeinde Tägerwilen an. Die Mauern des ehemaligen Klärbeckens bieten ein gutes Fundament für den Zaun.

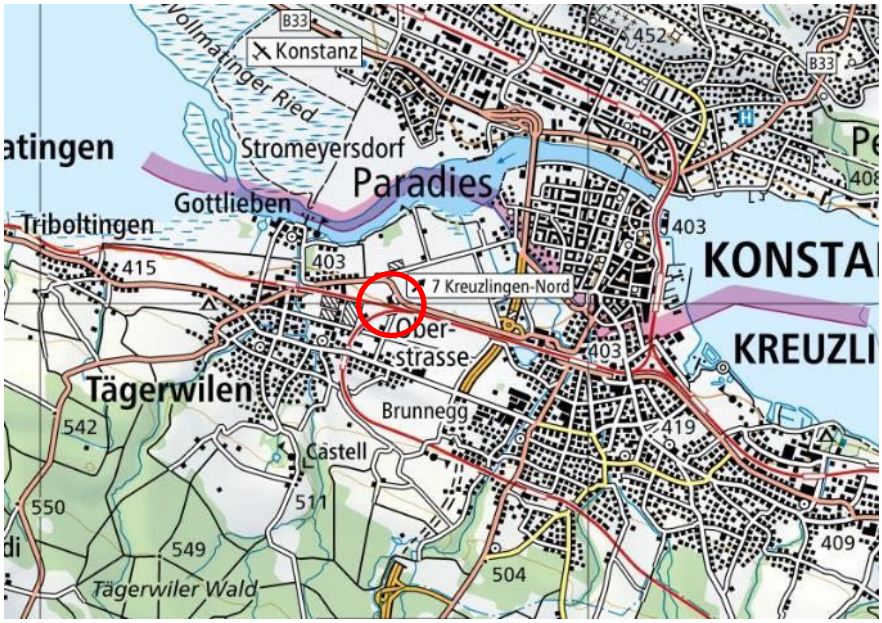


Abb. 1: Standort des Solarzauns auf der alten Kläranlage

Abb. 2: Ehemaliges Klärbecken der alten Kläranlage

Der Standort hat folgende Vorteile:

- Zugänglich für die Öffentlichkeit
- Das Gelände gehört der Gemeinde, die sehr positiv dem Projekt gegenübersteht. Das Becken wird nicht mehr benutzt.
- Die Mauern sind das ideale Fundament für den Solarzaun
- Angrenzend hat es eine Metallwerkstatt, welche die Montage unterstützt und wo der Strom ins Netz eingespeist werden kann

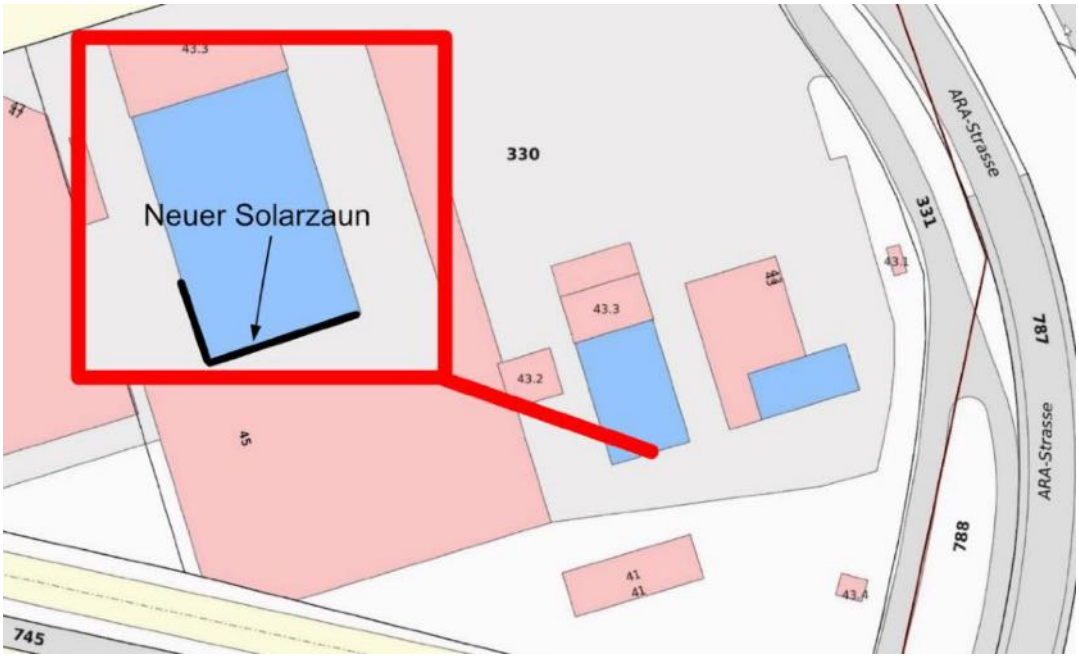


Abb. 3: Standort des Solarzauns auf der alten Kläranlage in Tägerwilen

Nach Gesprächen mit der Gemeinde wurde das Baugesuch eingereicht und am 23.Juli 2021 genehmigt.

3.2 Planung

3.1.1 Solarmodule und Montagesystem

Die südliche und die westliche Mauer des ehemaligen Klärbeckens boten sich gut für den Solarzaun an. Auf der Südmauer konnte der Solarzaun auf einer Länge von 4 Solarmodulen geplant werden. 2 doppelreihige Module bilden das östlichen Teilstück und 2 einreihige Module das westliche. Das Montagesystem des Südzauns sollte verzinkt sein. Dazwischen hat die Infotafel Platz. Auf der Westmauer sollten auch 2 einreihige Module montiert werden, aber das Montagesystem (Pfosten und Querriegel) soll farbig sein. Als drittes Modul wurde ein farbiges Solarmodul gewählt.

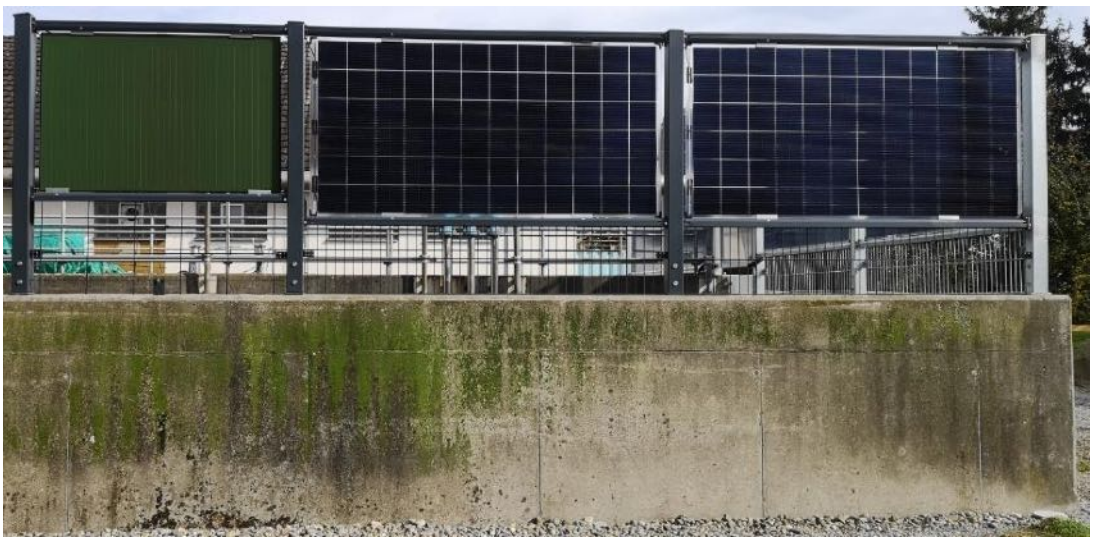


Abb. 4: Farbiges Solarmodul (grün) links und Standard bifaziale Solarmodule daneben. Montagesystem in Anthrazit pulverbeschichtet, ausser der Pfosten ganz rechts, vom Südzaun, welcher verzinkt blieb.

Das farbige Solarmodul wurde von der Firma 3S aus Thun geliefert. Es ist monofazial, liefert also nur auf der Hauptseite Strom, und hat eine Leistung von 140 Wp und ist rahmenlos . Da es kürzer und schmaler ist als die Standard Zaunmodule, musste das Montagesystem angepasst werden.

Abb. 5: farbiges Solarmodul

Das Standard Solarmodul kommt von der Firma Jolywood in China. Es ist bifazial, d.h. beide Modulseiten liefern Strom. Das Modul ist 2m lang und 1m hoch. Es ist rahmenlos, Glas/Glas und hat eine Leistung von 400 Wp.

Abb. 6: Standard Solarmodul

Das Montagesystem besteht aus Pfosten und horizontalen Riegeln. Die Solarmodule werden zwischen den Riegeln mit Modulhaltern fixiert.

Die Pfosten des zweireihigen Systems wurden speziell für diesen Standort hergestellt, das restliche Montagesystem wurde von unserem Lieferanten in DE eingekauft.

Abb. 7: Montagesystem Solarzaun

3.1.2 Der Wechselrichter

Als Wechselrichter wurde ein Gerät der Firma Delta gewählt. Die Vorteile dieser Geräte sind, dass sie schon bei relativ tiefen Strangspannungen den Solarertrag optimieren. Der Wechselrichter wurde im Gebäude an die Wand montiert.

Abb. 8: Wechselrichter Delta

3.1.3 Elektroschema

Die 6 Solarmodule vom Südzaun wurden in Serie geschaltet und bilden Strang 1. Die 2 bifazialen Solarmodule vom Westzaun wurden in Serie geschaltet und bilden Strang 2.

Das farbige Modul wurde nicht angehängt, da es wegen der geringeren Leistung die anderen beiden Module in ihrer Leistung herabsetzen würde. Es wurden deswegen sogenannte Optimizer für die 3 Module eingesetzt, aber das funktionierte nicht, der Wechselrichter erkannte keine Spannung mehr. Recherchen im Internet und bei Experten haben gezeigt, dass eine serielle Verschaltung der 3 Module mit spezieller Elektronik wahrscheinlich möglich wäre. Aber der Aufwand wäre zu gross. Deshalb bleibt das farbige Modul als reines Anschauungsobjekt im Zaun und liefert keine Energie. Wichtig ist aufzuzeigen, dass es auch farbig geht und die Nachfrage ist seit der Montage tatsächlich stark gestiegen. Leider schreckt der (noch) hohe Preis die Kunden aber ab.

Anhang I: Elektroschema.

4 Bau und IBN

4.1 Bau des Solarzauns

Der Bau des Solarzauns startete am 12.Juli 2021. Der Zaun wurde am 12.August fertig gestellt.

Für die Fussanker der niedrigen Pfosten wurden Gewindeanker in die Mauern eingemörtelt.

Abb. 9: Gewindeanker

Dann wurden die Fussanker und die Pfosten montiert.

Abb. 10: Fussanker und Pfosten des einreihigen Zaunsystems

Abb. 11: Die Pfosten des zweireihigen Zaunsystems wurden mit 4 Gewindeankern auf der Mauer fixiert.

Abb. 12: Südseite und Westseite des fertigen Solarzauns

Abb. 13: Südseite des fertigen Solarzauns

4.1.1 Die Südseite

Der südwärts orientierte Solarzaun besteht aus 2 Modulfeldern. Das östliche Feld zeigt das zweireihige Zaunsystem und das westliche Feld das einreihige. Zwischen der Mauer und dem Solarzaun wurden zu Demonstrationszwecken verschiedene Absperrungen montiert.

In der Mitte der beiden Solarfelder ist die Infotafel montiert. Sie orientiert über die Art und Bauweise des Solarzauns und listet die involvierten Parteien auf.

Abb. 14: Infotafel

4.1.2 Die Westseite

Abb. 15: Der westliche Solarzaun

4.2 Elektroarbeiten

Abb. 16: Wechselrichter und Elektrotableau

Die Kabel der beiden Solarstränge kommen durch die Mauer in die Werkstatt (1) und sind am DC-Überspannungsschutz angeschlossen (2). Von da gehen die Kabel zum Wechselrichtereingang (3a). Der Wechselrichter (3) wandelt den Solarstrom in Wechselstrom um. Er leitet ihn über ein Kabel (3b) zum Elektrotableau (5), wo er ins öffentliche Stromnetz eigespeist wird. Zur Sicherheit vor Stromschlägen ist der gesamte Zaun geerdet (4).

4.3 Inbetriebnahme IBN

Die Inbetriebnahme der Solaranlage erfolgte am 12.November 2021.

Seit dem 28 November 2021 kann über Fernzugriff auf den Wechselrichter zugegriffen werden. Bis dahin gab es Verbindungsprobleme mit der WLAN-Verbindung und dem Wechselrichter, die aber dank der richtigen Router-Einstellungen gelöst werden konnten.

5 Auswertung

5.1 Solarertrag

Die Solardaten können über Fernzugriff auf den Wechselrichter betrachtet und ausgelesen werden.

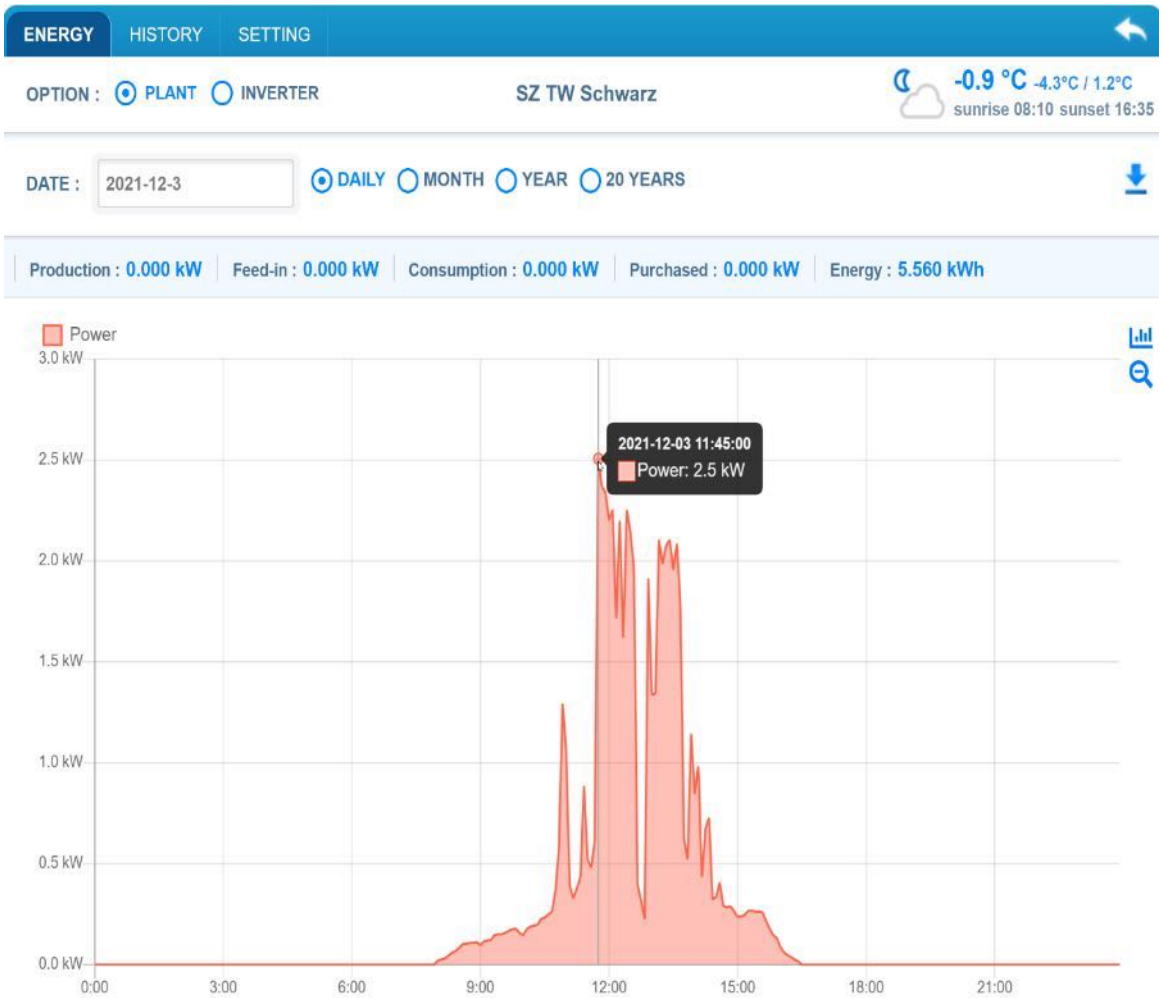
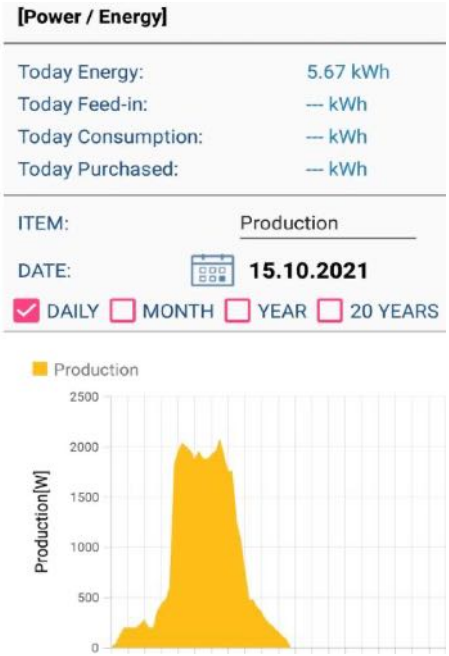


Abb. 17: Solardaten vom 3.12.2021

In Abbildung 17 ist die generierte Solarleistung über den Tagesverlauf dargestellt. Um 11:45h wurde die Höchstleistung mit 2.5 kW erreicht. Das ist kein Zufall, weil zu dieser Zeit die Sonne fast rechtwinklig zum südlichen Solarzaun steht. Die maximale Leistung ist dann 2.4 kW (6x400 W/Modul). Die restlichen 100 W kommen vom westlichen Solarzaun. Der Energieertrag war an diesem Tag 5.56 kWh.

Man erkennt in der Grafik auch die zahlreichen Einschnitte im Ertrag. Dies ist wegen vorbeiziehenden Wolken und Schattenwurf vom Funkmast nebenan und anderen Landschaftsobjekten.



Interessant ist ein Vergleich mit einem sonnigen Tag im Oktober (Abb. 17). Die maximale Leistung war nur 2 kW. Der Tagesertrag war aber höher mit 5.67 kW. Der Mehrertrag ist der längeren Sonnendauer geschuldet, die Tage waren länger im Oktober und es hatte weniger sporadische Wolken. Da die Sonne im Dezember tiefer steht als im Oktober, ist der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf die Solarmodule steiler und somit der Ertrag höher. Das ist eine typische Eigenschaft des Solarzauns.

Abb. 18: Solardaten vom 15.10.2021

Die Software erlaubt auch eine Analyse der einzelnen Solarstränge.

Abb. 19: DC-Strom und Spannung der beiden Solarstränge. Solarstrang 1 ist der Südzaun, Solarstrang 2 ist der Westzaun

Abb. 20: Südzaun, Strang 1

Sobald der Tag beginnt, bauen die 6 Solarmodule die Betriebsspannung auf (ca. 250 V). Jedes Modul hat ca. 42 V und alle sind in Serie geschaltet. Sobald die Sonne kommt, fliesst Strom und sobald die Sonne direkt auf die Module strahlt, erreicht der Strom 6-9 Ampere.

Abb. 21: Westzaun, Strang 2

Der Westzaun hat nur ca. 80-90 V Spannung, da nur 2 Module in Serie geschaltet sind. Die maximale Leistung wird etwa um 13:30h erreicht (ca. 390 W).

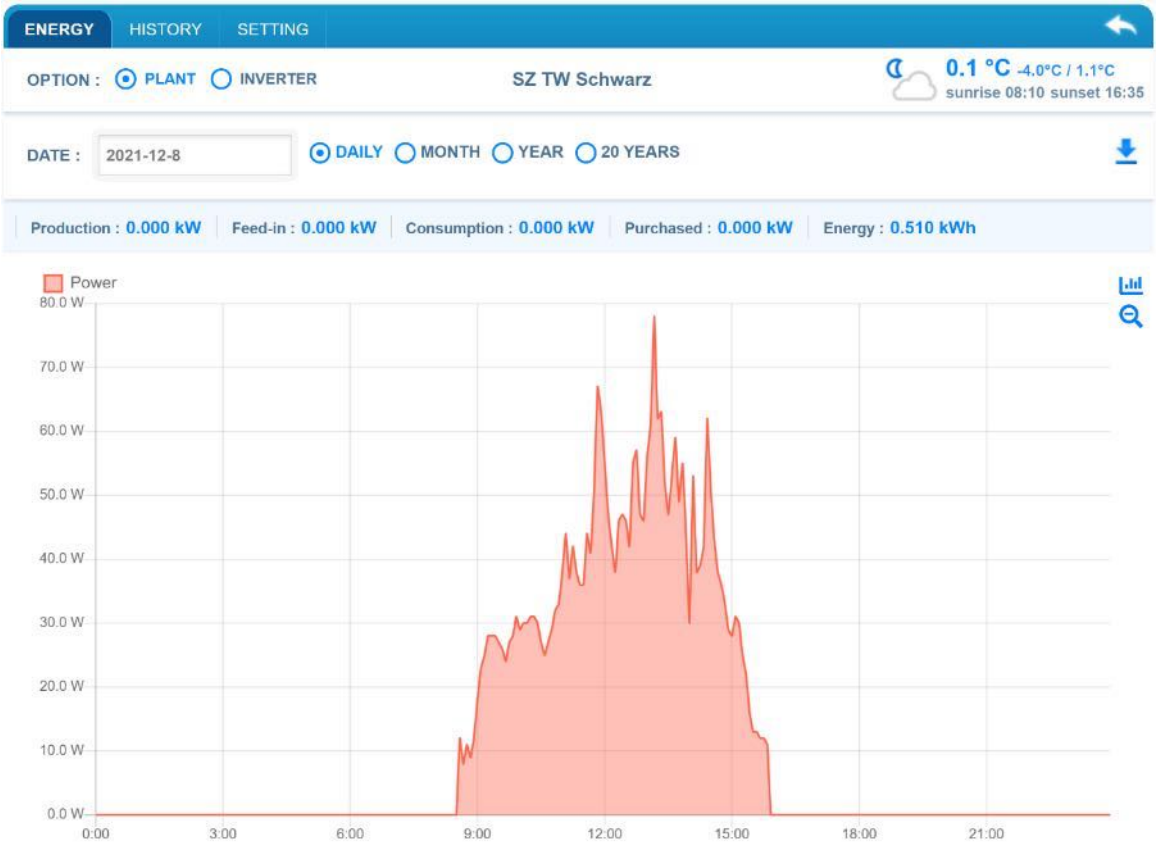


Abb. 22: Solarertrag an einem Regentag im Dezember

Abb. 22 zeigt den Minimalertrag der Solaranlage. Am 8.Dezember war es den ganzen Tag regnerisch und trüb. Die Maximalleistung betrug 78 W und der Tagesertrag 0.51 kWh.

Abb. 23: Solarertrag an einem Regentag im Dezember

Die Stromverläufe der beiden Stränge sind fast identisch, da das bisschen Leistung nur vom diffusen Licht generiert wird.

Abb. 24: Solarertrag an einem Regentag im Dezember

An einem bewölkten Wintertag beträgt die maximale Leistung ca. 200 W und der Tagesertrag ca. 1.1 kW.

5.1.1 Farbiges Modul

Nicht angehängt, keine Daten.

6 Kommentar

Wir sind zufrieden, dass die Demonstrations- und Pilotanlage zeigen kann, dass das Zaunsystem mit den vertikalen Modulen gut funktioniert.

Die Datenspeicherung des Wechselrichters erlaubt eine Analyse der Solaranlage. Und die Daten bestätigen die 2 typischen Eigenschaften eines Solarzauns:

- Durch die vertikale Aufstellung der Solarmodule ist die Leistung im Winter höher als im Sommer, da der Anstellwinkel der Sonne auf die Module steiler ist. Der Tagesenergieertrag ist trotzdem kleiner, da im Winter die Sonnendauer kürzer ist.
- Durch die Ost-/West-Ausrichtung des Zauns lassen sich die Ertragsspitzen auf den Vor- und den Nachmittag verteilen.

7 Wissenschaftliche Begleitung ZHAW (Markus Klenk)

Das hier untersuchte PV-System hat mehrere Merkmale, in welchen es sich von einem Standardsystem unterscheidet. Die Lage im Innenhof wird sich über Abschattung durch die dicht stehenden Gebäude auf den Ertrag auswirken. Auch die Ausrichtung der Module und des Systems entspricht nicht einer ertragsoptimierten Freiflächenanlage. Hervorstechend ist insbesondere die vertikale Montage der bifazialen Module. Die generellen Eigenschaften entsprechender Systeme werden im Folgenden anhand von Simulationen (PVSyst) untersucht. Dabei wird der Einfluss der Gebäude noch nicht berücksichtigt, der Fokus liegt auf den Eigenschaften der vertikalen Installation und der Ausrichtung. Die Berechnungen sind somit keine echte quantitative Analyse für das aktuelle System, die Daten sind jedoch für eine grobe Schätzung geeignet und spiegeln die allgemeinen Gegebenheiten wider.

Die Genauigkeit der Ertragssimulation bifazialer Module ist geringer als im Falle üblicher Standardsysteme, was nochmals verstärkt bei vertikaler Installation gilt. Dies wird in Abbildung 25 beispielhaft anhand einer früheren Messung an der ZHAW gezeigt. Dabei werden Messdaten eines vertikal montierten bifazialen Moduls mit Ost/West-Ausrichtung mit Simulationsergebnissen verglichen. Bei dem Modul handelt es sich um ein anderes Produkt als die im Projekt verbauten Module, die Messung wurde an einem sonnigen Tag im Mai durchgeführt. Typisch für die vertikale Installation sind die charakteristischen Höcker, welche die maximalen Erträge jeweils vor- und nachmittags erzeugen, anstelle eines Maximalpeaks zur Mittagszeit, wie es bei typischen, südausgerichteten Standardanlagen der Fall ist. Die Simulation gibt die Erzeugung annähernd wieder, durch die Simulation können jedoch relative Änderungen durch Variation der Bedingungen gut dargestellt werden.

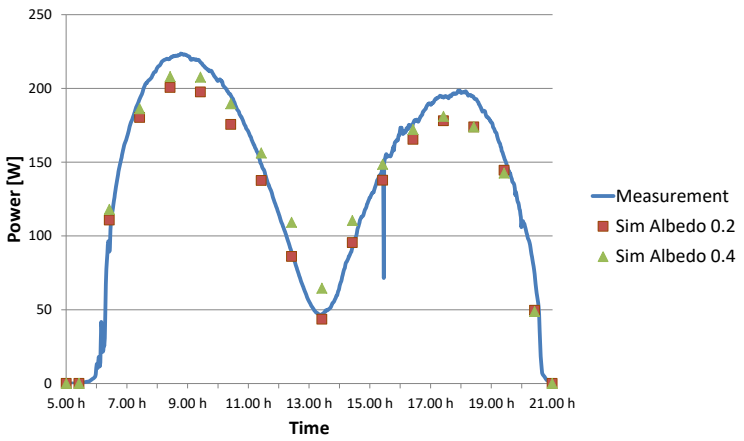


Abb. 25: Vergleich von Simulation und Messung bei einem vertikal installierten bifazialen Modul und Ost/West-Ausrichtung.

Simuliert man einzelnstehende Module wird mit vertikal montierten Ost/West-ausgerichteten bifazialen Modulen ein höherer Ertrag erzielt als mit optimal südausgerichteten, monofazialen Modulen (37° Kippwinkel), wie weiter unten demonstriert wird. Der Gewinn ist dabei jeweils von der Albedo der Umgebung abhängig und kann bis zu ca. 30 % betragen.

Das Konzept der vertikal montierten Ost/West-ausgerichteten bifacialen Module scheint also ein offensichtlich vorteilhafter Ansatz zu sein, allerdings müssen auch zusätzliche Aspekte berücksichtigt werden. Der tatsächliche Energieertrag eines Solarmoduls hängt stark von der Ausrichtung und den Verschattungsbedingungen ab, die insbesondere bei vertikaler Installation eine grosse Rolle spielen.

Die exakt im Projekt umgesetzte Anordnung mit Gebäuden und der abgewinkelten Anordnung wird hier nicht abgebildet. Es geht zunächst um die generellen Eigenschaften und den Einfluss der Ausrichtung. Hierzu werden Systeme verglichen bei welchen die Orientierung, das Rückstrahlverhalten der Umgebung, die Höhe und der Reihenabstand variiert werden. Simuliert wird jeweils ein einzelnes Modul. Da die Module nicht einzeln stehen, sondern in Reihen angeordnet sind, wird die Abschattung des Bodens, durch die anderen Module der Reihe, jeweils durch weitere Module links und rechts, sowie durch Reihen gleicher Breite davor und dahinter abgebildet. Ein sehr grosser Reihenabstand steht für nicht vorhandene gegenseitige Abschattung der Modulreihen, also eine einzelne Modulreihe.

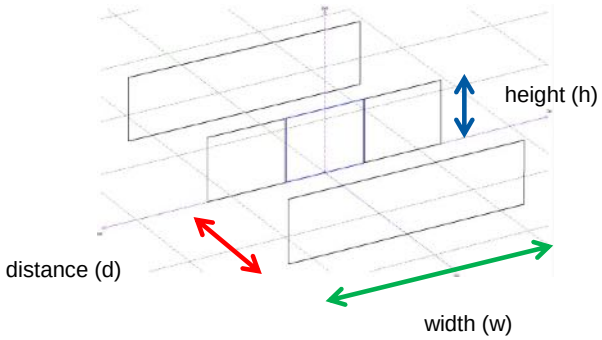


Abb. 26: Darstellung der wesentlichen Parameter einer Installation mit bifazialen Modulen.

In Abb. 27 ist die simulierte Leistung des zentralen bifazialen Moduls, ausgedrückt durch den Jahresertrag (DC) in kWh, für die oben beschriebenen Arrays dargestellt. Datensätze stellen die jeweilige Variation von Breite (w) und Ausrichtung dar, während die horizontale Achse den Abstand (d) zwischen benachbarten Reihen bei einer festen Höhe (h) von 1 m angibt. Die Variation der Breite wird jeweils für 5 Werte zwischen 5 m und 50 m berechnet. Als Albedo wird ein Wert von 0.2 angenommen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Simulationen in Abb. 26, so fällt die deutliche Trennung zwischen den beiden Ausrichtungen ins Auge, wie sie auch beim Projekt in Tägerwilen realisiert sind. Die Ost/West-Ausrichtung (Vorderseite zeigt nach Osten) ist immer vorteilhaft, der Unterschied nimmt mit zunehmenden Abständen zwischen den Reihen zu.

«No shading» entspricht einzelnen Modulreihen oder unendlicher Entfernung und somit einzelnen Modulreihen wie auch im Projekt ausgeführt. Wie gesagt ist damit die fehlende gegenseitige Verschattung durch andere Modulreihen gemeint und nicht die Abschattung durch die umstehenden Gebäude. In diesem Fall wird mit der Ost/West-Ausrichtung, entsprechend in etwa jener der Westmauer in Tägerwilen, ein ca. 12 % höherer Ertrag erzielt, als bei Nord/Süd-Ausrichtung (grob Südwand (grüne und braune Kurven, jeweils am Ende bei «no shading»).

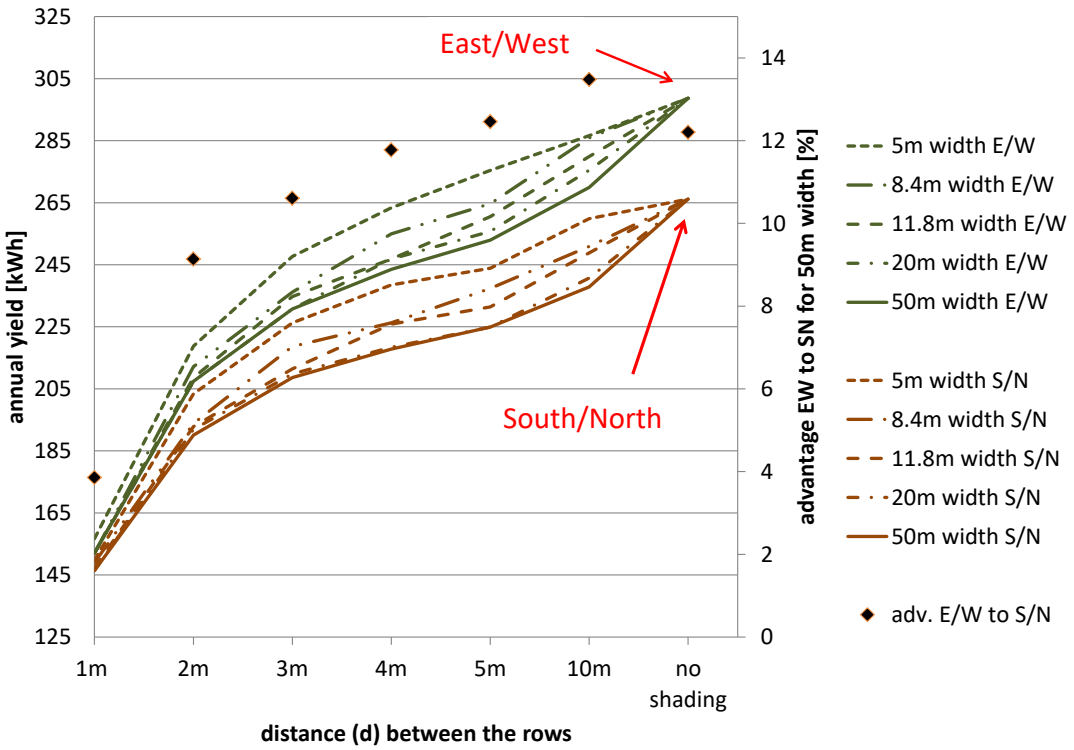


Abb. 27: Simulation variierter Parameter entsprechend Abbildung 26, wobei der Albedo konstant auf 0.2 gesetzt wurde als Modulhöhe wurde 1 m angenommen. Die Ausrichtung Ost/West entspricht in etwa der Westmauer beim Tägerwilen-Projekt, Süd/Nord entsprechend der Südmauer. Die Anordnung im Projekt wird am besten durch Einzelreihen, also ohne Abschattung «no shading» wiedergegeben. Dabei wird beim Jahresertrag mit der Ost/West-Ausrichtung (Westmauer) ein Vorteil von etwa 12 % erreicht.

Davon ausgehend wird der Jahresertrag (DC) eines bifazialen Moduls in einem vertikalen, Ost/West-ausgerichteten bifazialen System mit jenem eines monofazialen Moduls gleicher Leistung mit optimaler Ausrichtung (Süd, 37° Kippwinkel, rote Markierung) und ohne Verschattung verglichen.

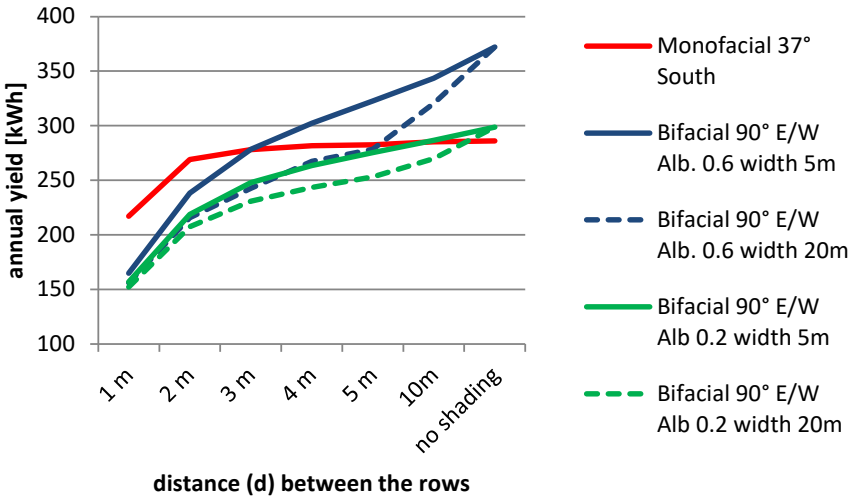


Abb. 28: Vergleich eines Moduls in Ost/West-ausgerichteten bifazialen Systemen mit einem optimal süd-ausgerichteten monofazialen Modul ohne Abschattung (rot) und gleicher STC-Leistung.

In Abbildung 28 entspricht die Situation der Module an der Westwand am ehesten wieder dem «Endpunkt» der grünen Linie bei unendlicher Entfernung, entsprechend «no shading».

In diesem Fall kann mit einem vertikal aufgeständerten bifazialen Modul in einem entsprechenden System eine um etwa 10 % höherer Ertrag erreicht werden als mit dem optimal nach Süden ausgerichteten monofazialen Modul (rote Kurve).

Man könnte somit für das im Projekt realisierte System in Tägerwilen bei der Ertragsabschätzung davon ausgehen, dass für Module an der Westwand maximal ein Ertrag erreicht werden kann, der um diesen Prozentsatz höher liegt als bei der beschriebenen Referenz.

Dies setzt wie gesagt allerdings voraus, dass keine weitere Abschattung vorliegt und der Albedowert von 0.2 angewandt werden kann. Die starke Abhängigkeit des Ertrages von der Albedo wird ebenfalls in Abbildung 27 dargestellt. Im Falle sehr gut diffus reflektierender (weisser) Flächen in der Umgebung, kann als Maximalwert ein Zahlenfaktor 0.6 für die Albedo angenommen werden, reale Werte dürften eher bei 0.5 oder deutlich darunter liegen. Dennoch zeigt die Simulation deutlich welchen Einfluss das Rückstrahlverhalten der Umgebung auf den Ertrag hat. Beim beschriebenen Projekt wurde keine Albedomessung vorgenommen. Als Schätzwert wurde hier 0.2 angenommen, wobei auch dieser Wert eher hoch angesetzt ist. Dieser Wert wird typischerweise für Freiflächenanlagen angesetzt, die Umgebung beim realisierten Projekt dürfte eher eine geringere Albedo aufweisen.

Somit wird selbst unter Idealbedingungen durch die vertikal installierten Ost/West-ausgerichteten Module auf der Westwand maximal mit einem Ertrag zu rechnen sein, der jenem des optimal (37° Kippwinkel) nach Süden ausgerichteten monofazialen Moduls entspricht. Bei den Süd/Nord-ausgerichteten Modulen auf der Südwand ist, entsprechend der in Abbildung 26 gezeigten Simulationen, mit einem etwa 10 % geringeren Ertrag zu rechnen.

Dies kann als Obergrenze des zu erreichenden Ertrags angesehen werden, da zudem keine Abschattung durch die umliegenden Gebäude berücksichtigt wurde, die aufgrund der Gesamtsituation sicherlich nicht unerheblich ist.

Als Faustregel für den Jahresertrag eines monofazialen Moduls wird üblicherweise ein Wert von 1100 kWh/kWp angesetzt.

Für Ost/West-ausgerichtete bifaziale Jollywood-Module (400 Wp) ist somit mit einem Jahresertrag von 1100 h x 0.4 kWp = 440 kWh. Die beiden Module auf der Westmauer sollten somit etwa 880 kWh Jahresertrag erbringen. Die Module auf der Südwand mit Süd/Nord-Ausrichtung bringen laut Abbildung 26, ca. 10 % weniger Jahresertrag, entsprechend etwa 400 kWh pro Modul. Bei 6 Modulen daher 2400 kWh. Das farbige Modul wird für den groben Überschlag nicht berücksichtigt. Insgesamt ergibt sich daraus für den Jahresertrag ein grob abgeschätzter Wert von 3280 kWh.

8 Anhang

Anhang I: Elektroschema

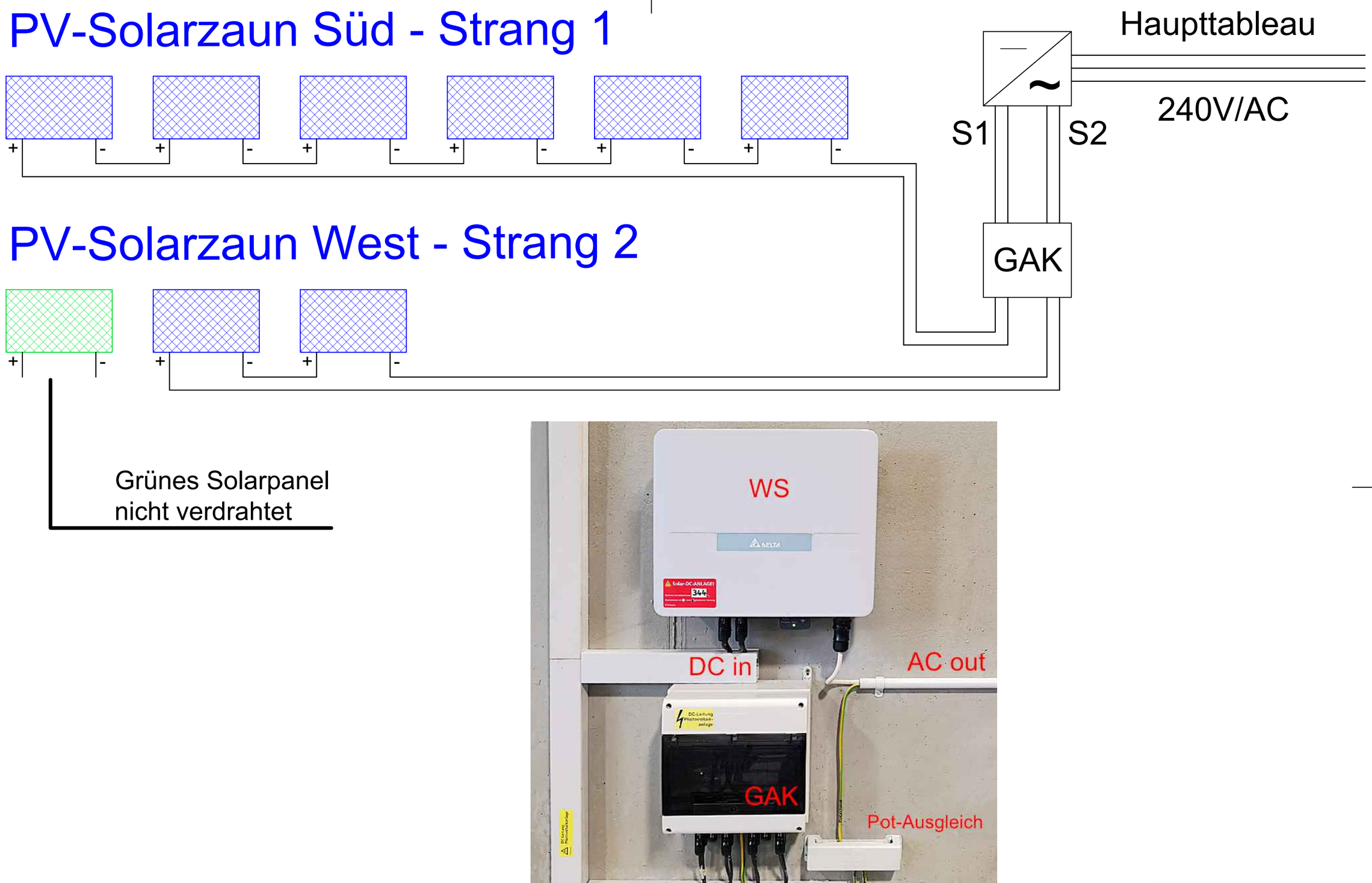
Anhang II: Modulausrichtung

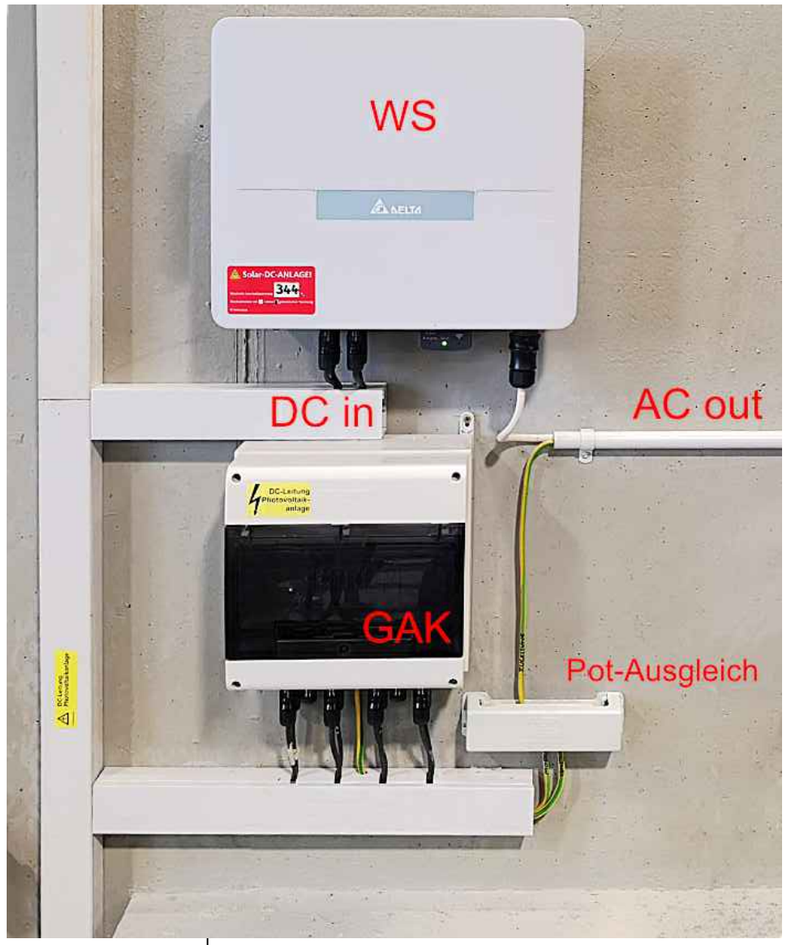
Anhang III: Infotafel

Anhang IV: Datenblatt PV-Modul Standard bifazial

Anhang V: Datenblatt PV-Modul farbig monofazial

Anhang VI: Datenblatt Wechselrichter





SOLARZAUN

Solarzaun GmbH
Schützenstrasse 1
CH-8400 Winterthur

Constructor: Solarzaun GmbH	Drawing # 21-000560
Subject: Solarzaun Schwarz, Tägerwilen	Date 13/01/2022
Project status: Erstellt	Review PES
View: Elektroschema	Design DAR
Name: Solarzaun Schwarz, Tägerwilen	Revision -
	M M

A3

N

SOLARZAUN

Solarzaun GmbH
Schützenstrasse 1
CH-8400 Winterthur

Constructor:	Solarzaun GmbH
Subject:	Solarzaun Schwarz, Tägerwilen
Project status:	Erstellt
View:	Ausrichtung der Anlage
Name:	Solarzaun Schwarz, Tägerwilen

Drawing #	21-000561
Date	13/01/2022
Review	PES
Design	DAR
Revision	-
Revision	
Revision	
Revision	
Revision	
Revision	
Revision	
Revision	
Revision	

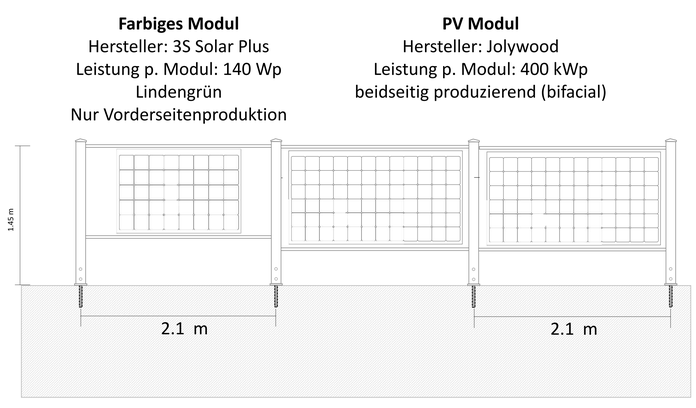
M
M

A3

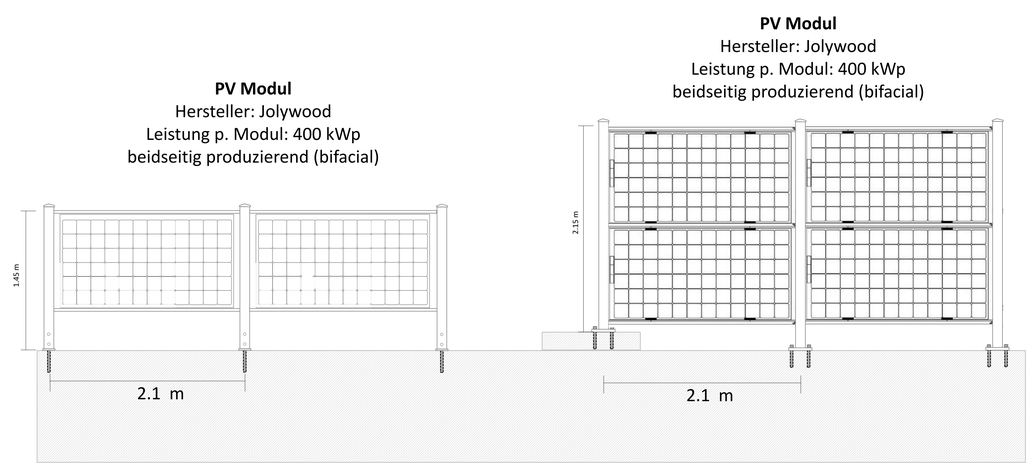
«Pilotstandort Gewerbe und Industrie» Tägerwilen

Materialien Gestell:	Stahl und Aluminium (PV Modulhalter)
Oberfläche Gestell:	Silberfarbiger Teil verzinkt
	die farbigen Elemente pulverbeschichtet
Erwartete Produktion:	ca. 2700 kWh pro Jahr.
	Je nach Einstrahlung und Ausrichtungswinkel werden 5-10%
	Mehrertrag von den Modulen mit Rückseitenproduktion erwartet
Errichtet	August 2021

Eigentümer, Betreiber sowie Informationen vor Ort:	Christian Schwarz, Hof Pfaffenbüel, Tägerwilen. 071 669 16 88
Errichtet von:	Solarzaun GmbH, Winterthur
Wissenschaftliche Begleitung:	ZHAW; Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering Fachgruppe Photovoltaik
Unterstützt von:	Energiefachstelle Kanton Thurgau
	Gemeinde Tägerwilen (Standort)



Leistung : 1 x 140 Wp
2 x 400 Wp = 0.940 kWp;
Verwendung von Optimizern um Produktion trotz unterschiedlichen Leistungen und Teilverschattungen zu optimieren.



Leistung : 6 x 400 Wp (Vorderseite) = 2.4 kWp.

SCAN ME

Weitere Infos zu weiteren Zaunvarianten unter www.solarzaun.ch

中来股份 JOLYWOOD

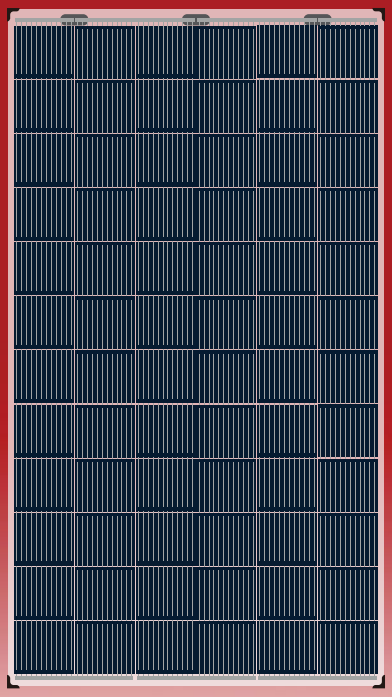
JW-D72N

N-type Bifacial High Efficiency
Mono Silicon Double Glass Module

390-400W

Cell Type

12BB



400W
Maximum Power Output

19.98%
Maximum Module Efficiency

0~+5W
Power Output Guarantee

Additional Power Generation Gain
At least 30-year product life, more than 10%- 30% additional power gain comparing with conventional module

Better Weak Illumination Response
Wide spectral response, higher power output evenunder low-light settings like smog or cloudy days

ZERO LID (Light Induced Degradation)
N-type solar cell has no LID naturally, can increase power generation

Better Temperature Coefficient
Higher power generation under working conditions, thanks to passivating contact cell technology

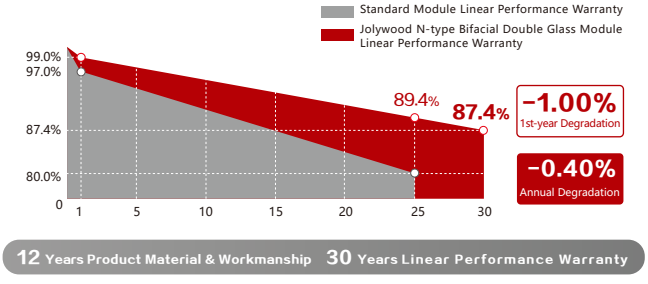
Lower LCOE
High power and 1500V system voltage,saving BOS cost

Wider Applicability
BIPV,vertical installation, snowfield, high-humid area, windy and dusty area

Jolywood Delivers Reliable Performance Over Time

- Global leader in N-cell & module production
- Fully automatic facility and world-class technology
- Long term reliability tests
- 100% EL inspection ensuring defect-free modules

Linear Performance Warranty



Additional Insurance Backed by Munich Re

IEC CE

中来股份 JOLYWOOD

Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. is the world's leading manufacturer of N-type bifacial solar cells and modules. At present, we have more than 3GW production capacity of N-type monocrystalline bifacial solar cells and modules, and our technology covers the world-leading N-PERT, Passivating Contact, IBC, TBC and other cell and moudle technology. The parent company, Jolywood (Suzhou) Sunwatt Co.,Ltd. (stock code: SZ300393), which is established in 2008 and successfully listed in the GEM in 2014, is the world's largest professional PV backsheet manufacturer, committing to becoming the world's top manufacturer of advanced integrated PV products.

非规组件

JW-D72N Series | N-type Bifacial High Efficiency Mono Silicon Double Glass Module

Electrical Properties | STC*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (Pmax) (W)	390	395	400
MPP Voltage (Vmp) (V)	40.8	41.2	41.5
MPP Current (Imp) (A)	9.56	9.60	9.64
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	49.2	49.5	49.8
Short Circuit Current (Isc) (A)	10.02	10.08	10.14
Module Efficiency (%)	19.48	19.73	19.98

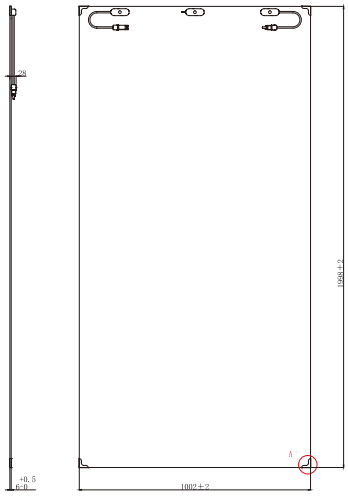
*STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, AM1.5
The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the pratical testing

Electrical Properties | NOCT*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (Pmax) (W)	295	299	303
MPP Voltage (Vmp) (V)	38.3	38.6	38.9
MPP Current (Imp) (A)	7.71	7.74	7.77
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	47.0	47.3	47.6
Short Circuit Current (Isc) (A)	8.08	8.13	8.18

*NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

Engineering Drawing (unit: mm)



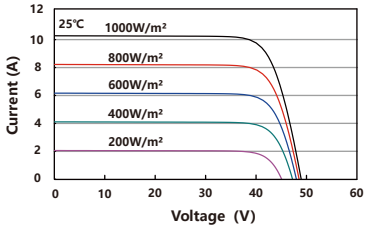
A Corner protector

Operating Properties

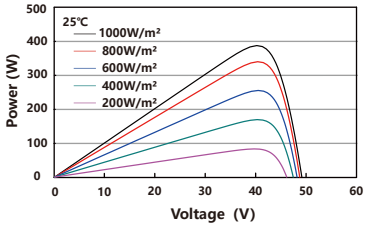
Operating Temperature (℃)	-40℃~+85℃
Maximum System Voltage (V)	1500V (IEC)
Maximum Series Fuse Rating(A)	20
Power Tolerance	0~+5W
Bifaciality*	80%

*Bifaciality=Pmaxrear (STC) /Pmaxfront (STC) , Bifaciality tolerance:±5%

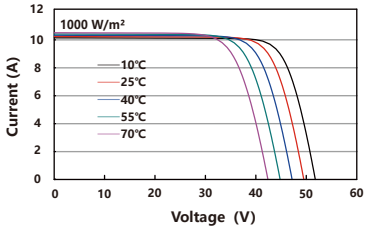
Characteristic Curves | D72N-395



I-V Characteristics
At Different Irradiations



P-V Characteristics
At Different Irradiations



I-V Characteristics
At Different Temperatures

Temperature Coefficient

Temperature Coefficient of Pmax*	-0.320%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.260%/℃
Temperature Coefficient of Isc	+0.046%/℃
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42±2℃

Mechanical Properties

Cell Type	158.75mm*158.75mm
Number of Cells	72pcs(6*12)
Dimension	1998mm*1002mm*6mm
Weight	29.5±0.5kg
Front /Rear Glass*	2.5mm/2.5mm
Frame	Anodized Aluminium
Junction Box	IP67 (3 diodes)
Length of Cable*	4.0mm², 300mm
Connector	MC4 Compatible

*Heat strengthened glass
*Cable length can be customized

With Different Power Generation Gain (regarding 395W as an example)

Power Gain (%)	Peak Power (Pmax) (W)	MPP Voltage (Vmp) (V)	MPP Current (Imp) (A)	Open Circuit Voltage (Voc) (V)	Short Circuit Current (Isc) (A)
10	427	41.2	10.35	49.5	10.87
15	442	41.3	10.72	49.6	11.26
20	458	41.3	11.10	49.6	11.65
25	474	41.3	11.47	49.6	12.05
30	490	41.3	11.85	49.6	12.44

Packaging Configuration

Packing Type	20'GP	40'GP	40'HQ
Piece/Pallet		30	
Pallet/Container	5	11	22
Piece/Container	150	330	660

*The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to ongoing innovation, R&D enhancement,Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

www.jolywood.cn

中来股份 JOLYWOOD

JOLYWOOD (TAIZHOU) SOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
Add: No.6 Kaiyang Rd., Jiangyan Economic Development Zone, Taizhou, Jiangsu Province, China, 225500
TEL: +86 523 80612799 **mkt@jolywood.cn**

Version 2020.03©Jolywood (Taizhou) Solar Technology Co., Ltd. All rights reserved

3S Solar Plus

[Vorserie]

MegaSlate® Flair

Das Original Schweizer Solarmodul erhält Farbe

Ergänzt das erfolgreiche **MegaSlate**® Solardach

Entwickelt & produziert in Thun

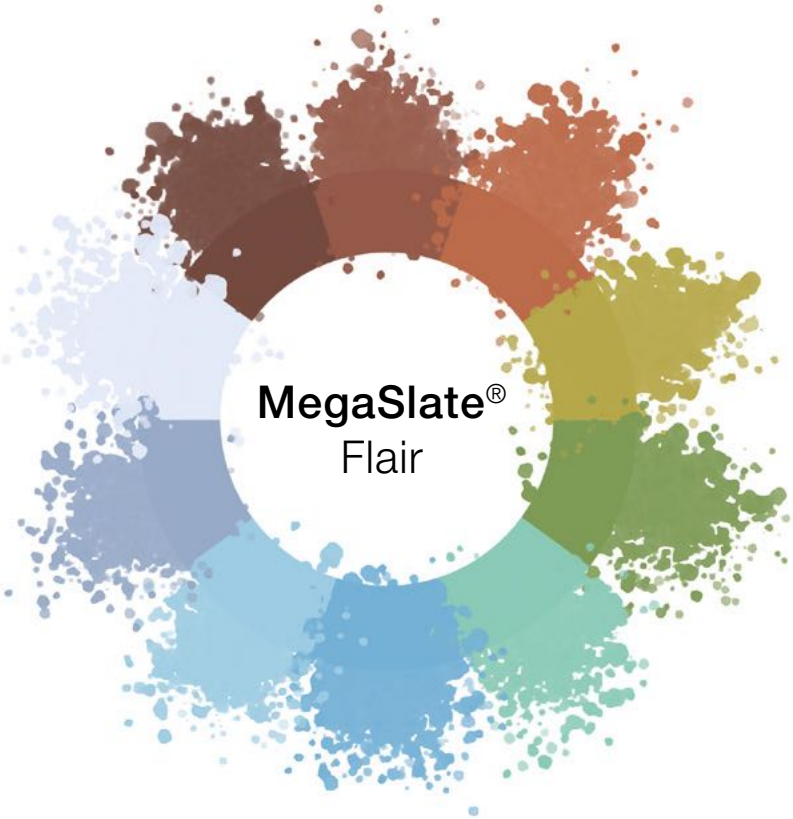
Massgeschneidert für jedes Dach

Ästhetisch & elegant

MADE SWISS

MegaSlate® Flair

Mit der Energiestrategie 2050 wird die Stromerzeugung aus der Sonne in der Schweiz einen wichtigen Stellenwert einnehmen. Um kein wertvolles Kulturland zu verbauen, soll ein Grossteil der Produktion auf heute bestehenden Flächen (Dächer und Fassaden) erfolgen. Damit dies in Einklang mit der Raumplanung erfolgt, ist es wichtig, dass einerseits Baumaterialien und Solarmodule zu einem Produkt verschmelzen und auf der anderen Seite der Architektur Gestaltungsmöglichkeiten gegeben werden. Die Entwicklung und der Einsatz von farbigen Solarmodulen tragen einen wichtigen Teil dazu bei, die Verbreitung von Photovoltaik zu erhöhen.



MegaSlate®-System

Das MegaSlate Solardach gewinnt Energie aus Sonnenlicht und verwandelt Ihr individuelles Dach in ein Plusenergiedach der Extraklasse. Das MegaSlate-System bietet Flexibilität und Integration auf höchstem technologischen und ästhetischen Niveau. Mit Hilfe des MegaSlate-Systems machen Sie einen Schritt in Richtung Zukunft und leisten Ihren persönlichen Beitrag zur Energiewende.

MegaSlate® Flair in Gneiss Grau

[Vorserie]

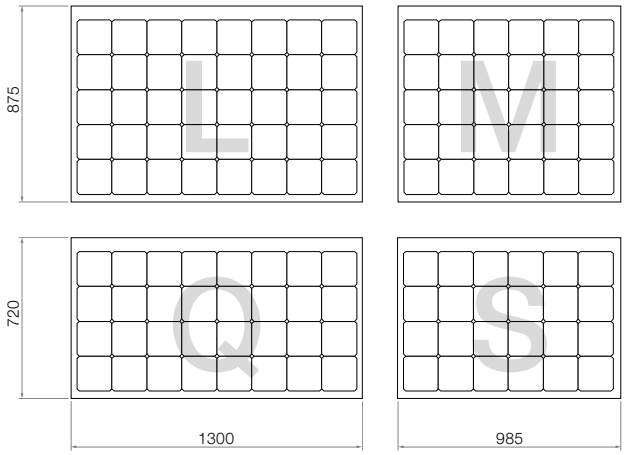
Elektrische Spezifikationen*

		L	Q	M	S
S05 - Eis Blau	Nennleistung	140 Wp	110 Wp	105 Wp	80 Wp
	Artikel-Nummer	31001205	31001981	31001982	31001983
	Spannung U_{mpp}	22.3 V	17.8 V	16.7 V	13.4 V
	Strom I_{mpp}	6.5 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.0 V	21.6 V	20.2 V	16.2 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	6.8 A			
S15 - Gneis Grau	Nennleistung	170 Wp	135 Wp	130 Wp	100 Wp
	Artikel-Nummer	31001206	31001984	31001985	31001986
	Spannung U_{mpp}	22.3 V	17.8 V	16.7 V	13.4 V
	Strom I_{mpp}	8.0 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.3 V	21.8 V	20.5 V	16.4 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	8.5 A			
S25 - Himmel Blau	Nennleistung	145 Wp	115 Wp	110 Wp	85 Wp
	Artikel-Nummer	31001190	31001936	31001937	31001938
	Spannung U_{mpp}	22.2 V	17.7 V	16.6 V	13.3 V
	Strom I_{mpp}	7.1 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.1 V	21.7 V	20.3 V	16.3 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.5 A			
S30 - See Blau	Nennleistung	140 Wp	115 Wp	105 Wp	85 Wp
	Artikel-Nummer	31001194	31001948	31001949	31001950
	Spannung U_{mpp}	22.2 V	17.7 V	16.6 V	13.3 V
	Strom I_{mpp}	7.2 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.1 V	21.7 V	20.3 V	16.3 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.5 A			
J55 - Patina Grün	Nennleistung	140 Wp	110 Wp	105 Wp	80 Wp
	Artikel-Nummer	31001193	31001945	31001946	31001947
	Spannung U_{mpp}	22.2 V	17.7 V	16.6 V	13.3 V
	Strom I_{mpp}	6.5 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	26.9 V	21.5 V	20.2 V	16.1 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	6.9 A			
J70 - Linden Grün	Nennleistung	140 Wp	110 Wp	105 Wp	85 Wp
	Artikel-Nummer	31001200	31001966	31001967	31001968
	Spannung U_{mpp}	22.2 V	17.7 V	16.6 V	13.3 V
	Strom I_{mpp}	6.6 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.0 V	21.6 V	20.2 V	16.2 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	6.9 A			
C70 - Pistazien Grün	Nennleistung	150 Wp	120 Wp	115 Wp	90 Wp
	Artikel-Nummer	31001187	31001927	31001928	31001929
	Spannung U_{mpp}	22.1 V	17.7 V	16.5 V	13.2 V
	Strom I_{mpp}	7.2 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.1 V	21.7 V	20.3 V	16.3 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.5 A			
T75 - Terracotta Rost	Nennleistung	145 Wp	120 Wp	110 Wp	90 Wp
	Artikel-Nummer	31001202	31001972	31001973	31001974
	Spannung U_{mpp}	22.3 V	17.8 V	16.7 V	13.4 V
	Strom I_{mpp}	7.0 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.1 V	21.7 V	20.3 V	16.3 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.3 A			
B75 - Rost Braun	Nennleistung	160 Wp	125 Wp	120 Wp	95 Wp
	Artikel-Nummer	31001199	31001963	31001964	31001965
	Spannung U_{mpp}	22.3 V	17.8 V	16.7 V	13.4 V
	Strom I_{mpp}	7.4 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.2 V	21.8 V	20.4 V	16.3 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.7 A			
B85 - Erd Braun	Nennleistung	140 Wp	110 Wp	105 Wp	85 Wp
	Artikel-Nummer	31001196	31001954	31001955	31001956
	Spannung U_{mpp}	22.2 V	17.7 V	16.6 V	13.3 V
	Strom I_{mpp}	6.9 A			
	Leerlaufspannung U_{oc}	27.0 V	21.6 V	20.2 V	16.2 V
	Kurzschlussstrom I_{sc}	7.2 A			
	Maximale Systemspannung	1000 V			
	Rückstrombelastbarkeit	18 A			
	Toleranz**	±5%	±5%	±5%	±5%

*Elektrische Leistungsdaten bei STC (1000 W/m², 25 °C, AM 1.5).
**Die Toleranz bezieht sich auf Nennleistung, Spannung und Leerlaufspannung.

Technische Änderungen vorbehalten / 06-2021

Abmessungen Module



Mechanische Spezifikationen

	L	M	Q	S
Anzahl Zellen	8 x 5 = 40	6 x 5 = 30	8 x 4 = 32	6 x 4 = 24
Dimensionen	1300 x 875 x 6.5 mm	985 x 875 x 6.5 mm	1300 x 720 x 6.5 mm	985 x 720 x 6.5 mm
Sichtbare Fläche	1300 x 825 mm	985 x 825 mm	1300 x 670 mm	985 x 670 mm
Gewicht	16.3 kg	12.4 kg	13.5 kg	10.3 kg
Glasstärke	5 mm ESG Solarglas			
Zellentyp	156.75 x 156.75 mm monokristallin PERC			
Anschlussdose	QC Junction-Box (0816431 Series)			
Anschlusskabel	Solarlok 4 mm², Länge je 1 m			
Steckverbinder	Original MC4 (PV-KS(B)T4/6II-UR, Stäubli International AG)			
Maximale Belastung*	5400 N/m² (Druck)			
	8000 N/m² (Druck Alpin)			
	2400 N/m² (Sog)			
Hagelwiderstandsklasse	HW 4 (Hagelkorn Ø 40 mm bei 27.5 m/s)			

*Geprüfte Druck- und Soglast nach IEC 61215.
Die zulässigen Anwendungsgrenzen entnehmen Sie bitte der Montageanleitung.

Zertifikate und Normen

Angewandte Normen	IEC 61730:2016; IEC 61215:2016
Brandsicherheit	DIN-EN 13501-5
Regendichtheit	CEN/TR 15601
Produktgarantie	10 Jahre
Leistungsgarantie	10 Jahre auf 90% der Mindestleistung 25 Jahre auf 80% der Mindestleistung
Witterungsbeständigkeitsgarantie	40 Jahre
SENS eRecycling	inkl. vorgezogene Recyclinggebühr

Temperaturkoeffizenten

α (I_{sc})	+0.0405 %/K
β (U_{oc})	-0.2943 %/K
γ (P_{mpp})	-0.3750 %/K

[Vorserie]

MADE SWISS

SENS eRecycling

Ihr Installationspartner:

3S Solar Plus AG
Schorenstrasse 39
CH-3645 Gwatt (Thun)
+41 33 224 25 00
www.3s-solarplus.ch
info@3s-solarplus.ch

Technische Änderungen vorbehalten / 06-2021

H3A Flex

Hocheffiziente einphasige Wechselrichter mit Wi-Fi –
Die perfekte Wahl für private und kleine kommerzielle PV-Anlagen.

Vielfältige Anwendung

- Aluminiumgehäuse für lang anhaltenden Schutz vor Feuchtigkeit und Korrosion
- Großer Eingangsspannungsbereich (30 bis 600 V)
- Sehr niedrige Einschaltspannung (35 V)
- Für Innen- und Außenbereich geeignet (IP65)
- Kompaktes Design mit außergewöhnlichen Leistungsdichte für einfache Installation
- Niedrige Geräuschemission <20 dB(A)
- Integrierte Wi-Fi-Kommunikation

Maximale Rentabilität

- Spitzenwirkungsgrad 97,5 %
- Lüfterloses Design
- 2 MPP-Tracker – symmetrische und asymmetrische Lasten möglich (0/100 % oder 100/0 %)
- Inbetriebnahme über Wi-Fi-Verbindung

www.solar-inverter.com

3,0 kVA-Solar-Wechselrichter

Technische Daten H3A Flex

EINGANG (DC)	H3A Flex
Empfohlene max. PV-Leistung	3,6 kW_P
Maximale Leistung	3,19 kW
Spannungsbereich	30 bis 600 V
MPP-Betriebsspannungs-bereich	30 bis 550 V
Spannungsbereich für maximale Leistung	180 bis 500 V
Max. Stromstärke	11 A pro MPP / 18 A gesamt
Max. Anzahl von MPP-Trackern	Parallele Eingänge: 1 MPP-Tracker Separate Eingänge: 2 MPP-Tracker
Eingangslast	≤ 3,19 kW pro MPP Tracker, symmetrisch und asymmetrisch (0/100 % oder 100/0 %)

AUSGANG (AC)	
Max. Scheinleistung	3 kVA [1) 2)]
Nenn-Scheinleistung	3 kVA
Spannungsbereich	230 -20 %/+22 %, 1 Phase (L, N, PE) [3)]
Nennstromstärke	14,3 A
Nennfrequenz	50/60 Hz
Frequenzbereich	50/60 Hz ±5 Hz [3)]
Einstellbarer Leistungsfaktor	0,8 kap ... 0,8 ind
Oberschwingungsgehalt (THD)	<3 % bei Nenn-Scheinleistung

ALLGEMEINE SPEZIFIKATION	
Modellname	H3A_220
Teilenummer Delta	RPI302H220000
Max. Wirkungsgrad	97,5 %
Wirkungsgrad EU	96,8 %
Betriebstemperatur	-25 bis +60 °C
Nennleistung ohne Abre-gelung	-25 ... +40 °C
Lagertemperatur	-25 ... +60 °C
Luftfeuchtigkeit	0 bis 95 %, nicht kondensierend
Max. geografische Betriebs-höhe	2.000 m (über Meeresspiegel)
Standardgarantie	5 Jahre (Garantieverlängerung auf Anfrage möglich)

MECHANISCHE AUSFÜHRUNG	
Größe (H x B x T)	318 × 380 × 130 mm
Gewicht	10 kg
Kühlung	Konvektionskühlung
AC-Anschluss	Wieland RST 25I3S (96.031.4154.3)
DC-Anschluss	2 Paar Multi-Contact MC4
Kommunikationsschnitt-stellen	Wi-Fi
DC-Trennschalter	Integriert
Display	Datenvisualisierung über MyDeltaSolar Cloud app

SICHERHEIT / NORMEN	H3A Flex
Schutzart	IP65
Schutzklasse	I
Einstellbare Abschalt-parameter	Ja
Isolierungsüberwachung	Ja
Überlastverhalten	Stromstärkebegrenzung, Leistungsbegrenzung
Inselbildungsschutz/ Netzregulierung	VDE 0126-1-1; VDE-AR-N 4105; EN 50438 2013:Niederlande
EMV	EN61000-6-2, EN61000-6-3
Sicherheit	IEC62109-1/-2, CE-Konformität

1) Cos Phi = 1 (VA = W)
2) Die maximale AC-Scheinleistung gibt die Leistung an, die ein Wechselrichter liefern kann. Diese maximale Scheinleistung muss nicht notwendigerweise erreicht werden.
3) AC-Spannung und Frequenzbereich werden anhand der jeweiligen Länderbestimmungen programmiert.

Deutschland
vertrieb.deutschland@solar-inverter.com
0800 073 4489 (Gratis Anruf)

Österreich
vertrieb.oesterreich@solar-inverter.com
0800 291 514 (Gratis Anruf)

Schweiz
sales.switzerland@solar-inverter.com
0800 562 049 (Gratis Anruf)

28. November 2018 - Alle Informationen und Spezifikationen unterliegen Änderungen ohne vorherige Ankündigung