

5 Schritte zur fachgerechten Auslegung von Photovoltaikanlagen

Inhaltsverzeichnis

Einführung - Herausforderungen der Photovoltaik	01
Schritt 1 - Definition des Projekts und Vorplanung	03
Definition des PV-Projekts	04
Bestimmung des Standorts	05
Auslegung der PV-Module	05
Schritt 2 - Dimensionierung und Verkabelung	08
Komponentenwahl	09
Verkabelung	10
Schritt 3 - Verschattung und Sonneneinstrahlung	13
Verschattungsarten	14
Verschattung und Verkabelung	15
Schritt 4 - Ertragsprognose	18
P50- und P90-Wert	19
Ertragsverluste	20
Schritt 5 - Eigenverbrauch und Wirtschaftlichkeit	22
Eigenverbrauchsquote	23
Wirtschaftlichkeitsanalyse	24
Stromgestehungskosten	24
archelios PRO - Vorstellung der Software zur PV-Planung	27
Was ist archelios PRO?	28
Ein an die Bedürfnisse angepasstes Sortiment	29
Überblick über die vier Versionen	29

Einführung

Herausforderungen der Photovoltaik

Einführung



In Zeiten des Klimawandels ist die Energieerzeugung zu einer zentralen Herausforderung geworden, die unsere Art zu produzieren und zu konsumieren grundlegend infrage stellt. Im Laufe der Jahre hat sich die Photovoltaik, insbesondere neben der Windenergie, als eine der wichtigsten Alternativen zu fossilen Energieträgern etabliert, um CO₂-Emissionen zu senken und eine klimaneutrale Zukunft anzustreben. Entsprechend nimmt die Zahl der PV-Projekte weltweit kontinuierlich zu.

Die Planung einer Photovoltaikanlage ist jedoch alles andere als trivial. Zahlreiche technische und wirtschaftliche Parameter müssen berücksichtigt werden, um eine effiziente Anlage zu konzipieren, die die im Pflichtenheft definierten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Dieses White Paper stellt fünf wesentliche Schritte vor, mit denen sich Photovoltaikanlagen fachgerecht planen lassen.



Schritt 1

Definition des Projekts und Vorplanung





| Definition des PV-Projekts

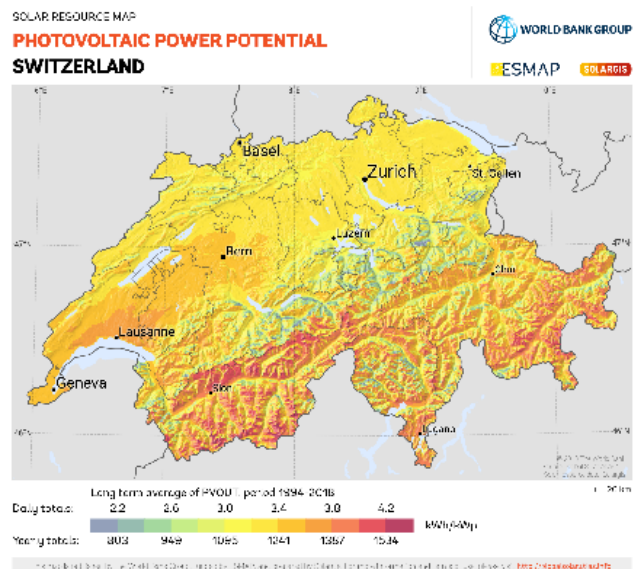
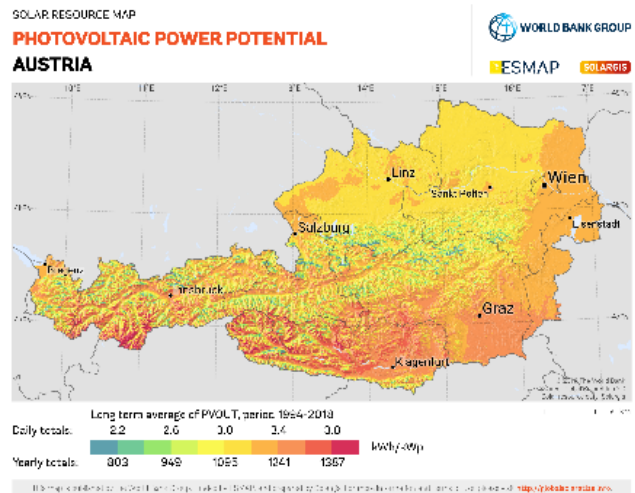
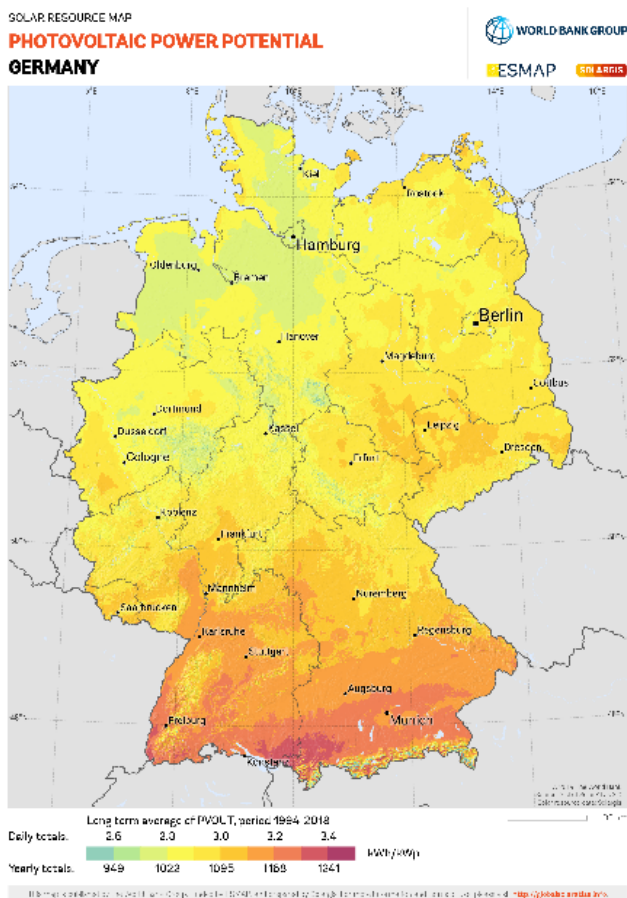
Im ersten Schritt gilt es, die Umwelt- und Rahmenbedingungen zu erfassen, die das PV-Projekt grob eingrenzen. Handelt es sich um eine Dachanlage, einen Solarpark oder einen Carport? Je nach baulichen und örtlichen Gegebenheiten eignet sich ein Anlagentyp besser als ein anderer.

Anschließend werden die Anforderungen an Energieerzeugung und Energieverbrauch genauer definiert. Handelt es sich um eine netzgekoppelte Anlage oder eine Inselanlage? Soll der erzeugte Solarstrom vollständig in das Netz eingespeist oder ganz beziehungsweise teilweise selbst verbraucht werden? Und welche Energiemenge soll die Anlage pro Jahr bereitstellen?

Sind diese Grundfragen geklärt, wird im nächsten Schritt die standortspezifische Sonneneinstrahlung betrachtet.

| Bestimmung des Standorts

Je nach Standort unterscheidet sich die Sonneneinstrahlung deutlich und damit auch der mögliche Solarertrag einer PV-Anlage. Bei ansonsten vergleichbaren Anlagen ist der Ertrag im Süden Deutschlands deutlich höher als im Norden. Ähnliche Unterschiede zeigen sich in Österreich und der Schweiz zwischen den besser bestrahlten Regionen und den weniger begünstigten Gebieten.



© 2020 Weltbank, Quelle: Global Solar Atlas 2.0, Daten zur Sonneneinstrahlung: Solargis.

| Auslegung der PV-Module

Die PV-Module müssen zudem sinnvoll verlegt werden, da sich der Sonnenstand (Azimut und Höhe) im Tages- und Jahresverlauf ständig ändert. Positionierung, Ausrichtung und Neigung der Module beeinflussen die auf die Generatorfläche auftreffende Einstrahlung (kWh/m² pro Jahr) und damit direkt den erzielbaren Solarertrag.

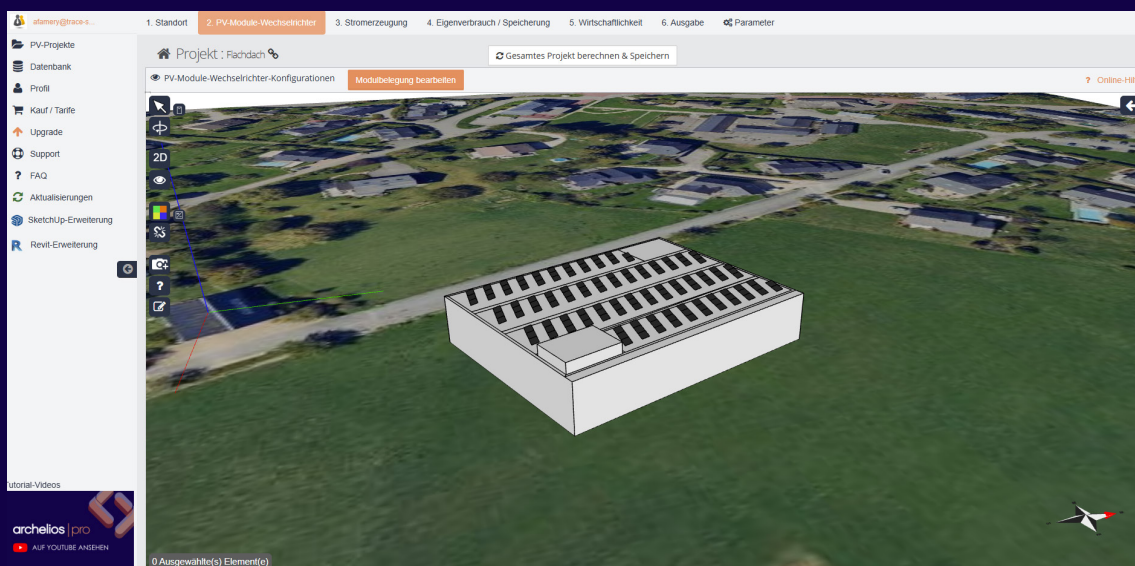
Module mit einer Neigung von 30° nach Süden erzeugen beispielsweise deutlich mehr Energie als Module mit derselben Neigung nach Norden. Sowohl Nahverschattungen (z. B. Gebäude oder Vegetation in der Nähe der Anlage) als auch Fernverschattungen (z. B. Geländestrukturen) können zu spürbaren Ertragsverlusten führen. Daher ist eine präzise Verschattungsanalyse erforderlich, damit diese Effekte in die Berechnung der Einstrahlung einfließen.

Ebenso wichtig ist eine gute Hinterlüftung der PV-Module, da hohe Modultemperaturen den Energieertrag reduzieren. Bei Indach-Anlagen ist dieser Faktor besonders kritisch.

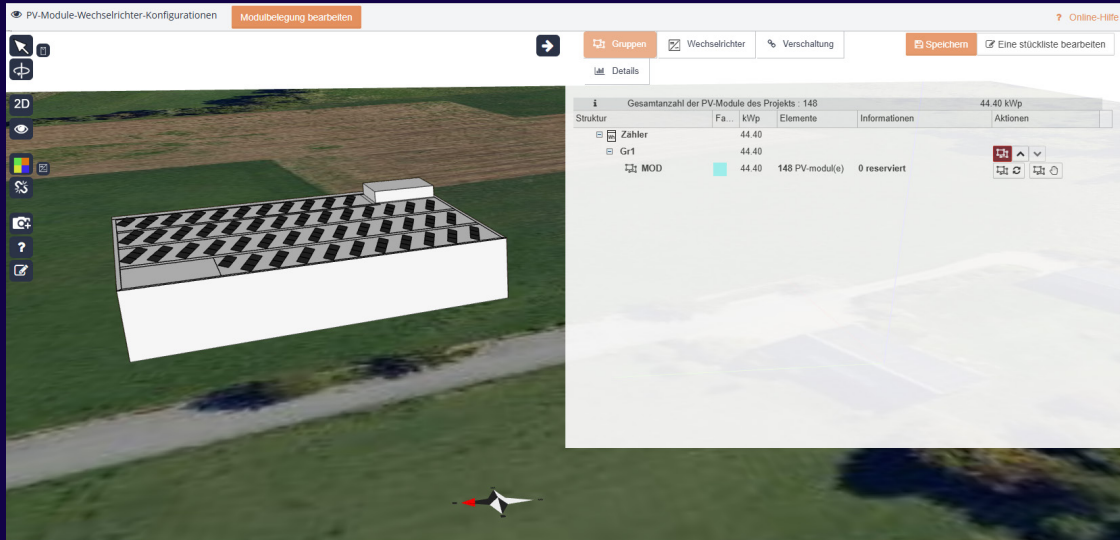
| Wie funktioniert das in archelios PRO?

All diese Aspekte werden in unserer Software zur PV-Planung berücksichtigt. archelios PRO integriert die relevanten Parameter, um alle Arten von PV-Anlagen konsistent zu planen und zu dimensionieren. Die 3D-Modellierungsfunktion ermöglicht es, die Solarmodule frei zu platzieren und Nahverschattungen im Detail abzubilden, um die tatsächliche Sonneneinstrahlung möglichst realistisch zu analysieren.

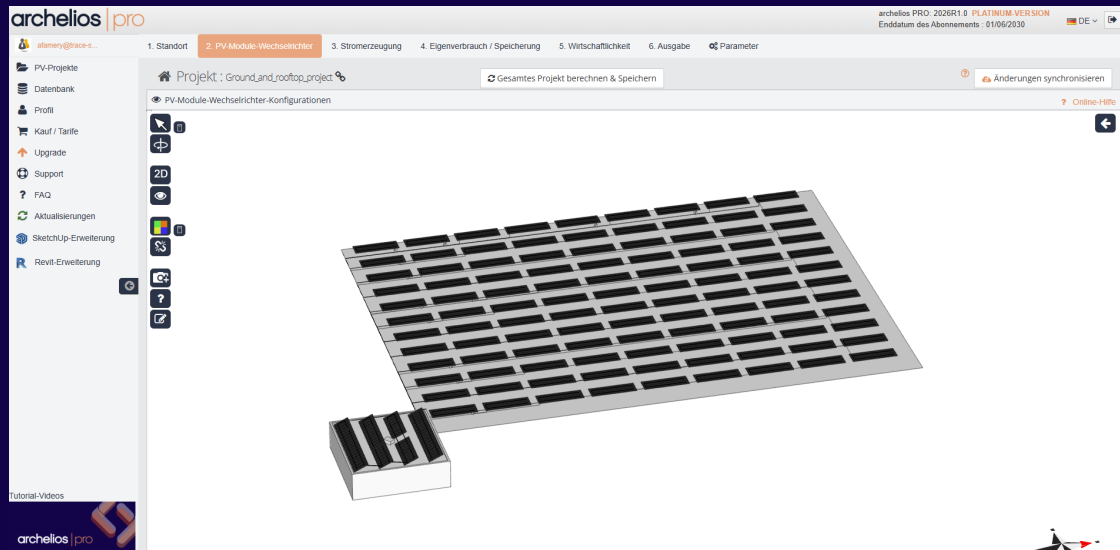
| 3D-Modell einer Dachanlage



Einstellung der Module und Wechselrichter



3D-Modell einer Photovoltaik-Freiflächenanlage



Schritt 2

Dimensionierung und Verkabelung





| Komponentenwahl

Nachdem die Grundlagen des Projekts definiert wurden, muss die Anlage normgerecht dimensioniert werden. Ziel ist es, geeignete Kombinationen elektrischer Betriebsmittel zu wählen, die einen sicheren Betrieb und einen möglichst hohen Solarertrag ermöglichen. Entscheidend sind insbesondere Wechselrichter, PV-Module und, falls vorgesehen, Solarbatterien.

Eine falsche Dimensionierung, also die Auswahl ungeeigneter Komponenten, kann entweder zu unnötig hohen Investitionskosten oder zu Ertragsverlusten führen. Ein überdimensionierter Wechselrichter wird nicht ausgelastet, während ein unterdimensionierter Wechselrichter nicht in der Lage ist, die von der gesamten PV-Anlage erzeugte Leistung vollständig umzuwandeln. Die Folge sind Leistungsbegrenzungen (Clipping), die sich direkt in der Jahresenergie niederschlagen.



Darüber hinaus unterscheidet sich die optimale Dimensionierung von Projekt zu Projekt. Daher ist zu prüfen, welche speziellen Technologien für den jeweiligen Anwendungsfall sinnvoll sind. Ist es beispielsweise zweckmäßig, mono- oder polykristalline Module einzusetzen? Sind bifaziale Solarmodule für eine Freiflächenanlage geeignet? Soll mit Trackern gearbeitet werden? Und ist für das Projekt der Einsatz von Mikrowechselrichtern oder von String-Wechselrichtern mit Leistungsoptimierern die bessere Wahl - etwa im Hinblick auf Verschattung, Wartung und Kosten?

| Verkabelung

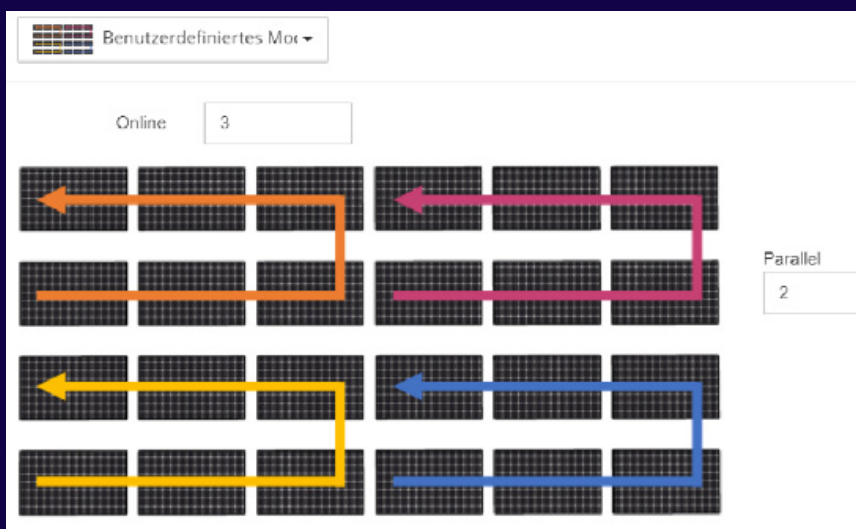
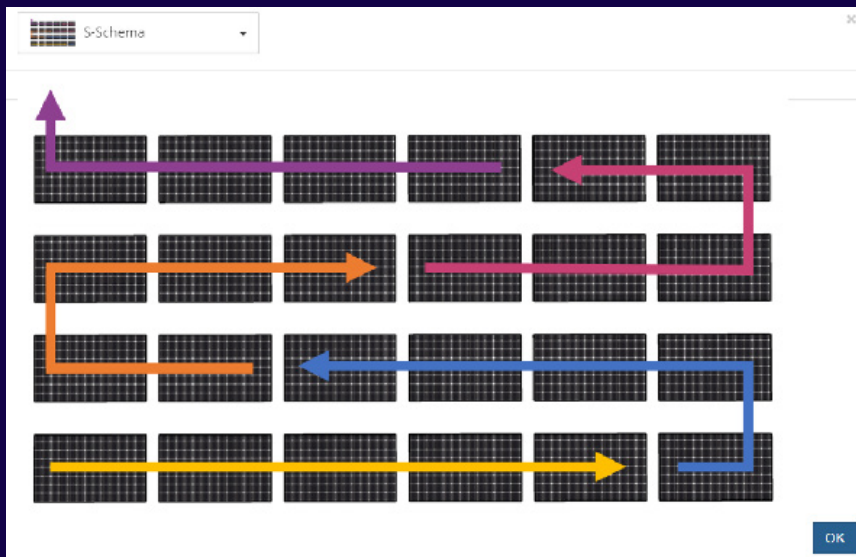
Auch die Modul- und Stringverkabelung hat direkten Einfluss auf die Dimensionierung der PV-Anlage. Jede Verschaltungsart bringt spezifische Vor- und Nachteile mit sich, etwa hinsichtlich Kabellängen, Verlusten, Verhalten bei Verschattung oder der späteren Wartung. Entscheidend ist, die PV-Module so zu verkabeln, dass die resultierenden Stränge zu den Projektzielen, zur Sonneneinstrahlung und zu den geltenden Normen (z. B. IEC 60364-7-712 / VDE 0100-712) passen.



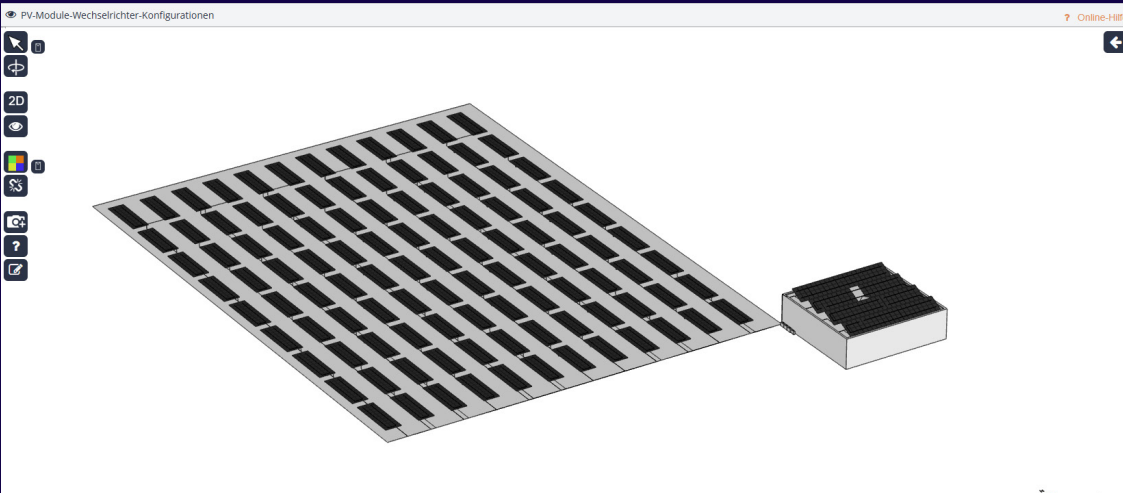
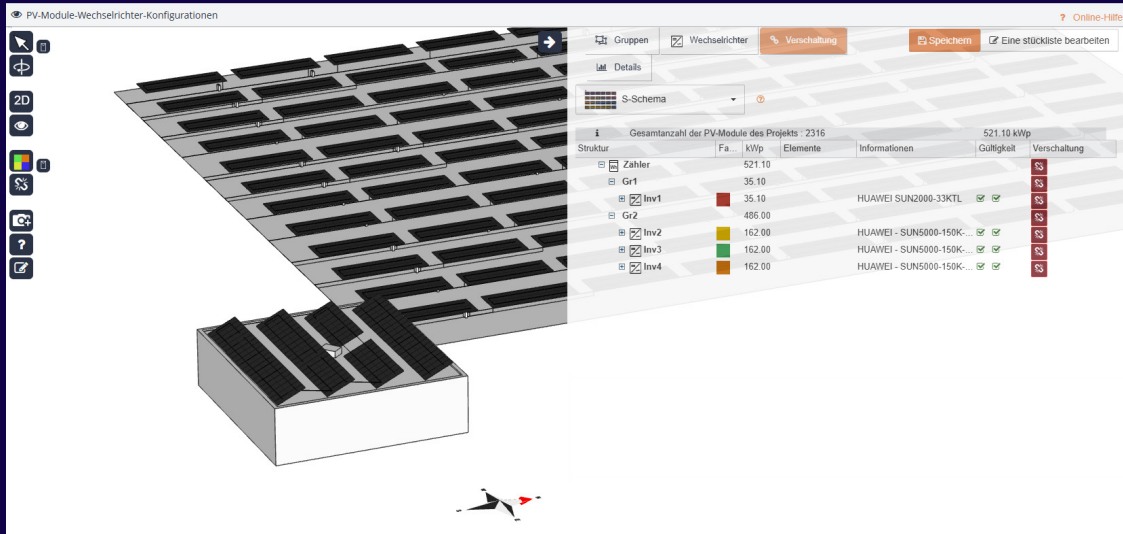
| Wie funktioniert das in archelios PRO?

In archelios PRO steht dafür ein herstellerübergreifender Katalog zur Verfügung. Auf dieser Basis lassen sich PV-Anlagen flexibel planen und dimensionieren. Die Software bietet verschiedene Verschaltungsarten und ermöglicht zusätzlich projektspezifische Varianten, um besonderen Randbedingungen gerecht zu werden. Die Modulverkabelung erfolgt dabei intuitiv, und unterschiedliche Verkabelungskonfigurationen können direkt hinsichtlich ihres Einflusses auf Spannungslagen, Ströme und Energieertrag verglichen werden.

| Verkabelungsarten



Modulverkabelung



Schritt 3

Verschattung und Sonneneinstrahlung



| Verschattungsarten

Wie bereits erwähnt, entstehen Verschattungen durch unterschiedliche Hindernisse im Umfeld der Anlage. Sie sind ein wichtiger Einflussfaktor bei der Berechnung der Einstrahlung und damit für den Energieertrag. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Verschattung unterscheiden: Nahverschattungen und Fernverschattungen.

Nahverschattung	Fernverschattung
Modulreihen Aufbauten auf Dächern Bäume Gebäude	Berge Relief Hügel
Starke Variation der Verschattung	Geringe Variation der Verschattung (egal welches PV-Modul berücksichtigt wird)
Die Einstrahlung kann von Modul zu Modul zu einem bestimmten Zeitpunkt sehr unterschiedlich sein.	Alle Module werden im Wesentlichen zur gleichen Zeit verschattet. Während Fernverschattungen im Flachland häufig vernachlässigbar sind, kann ihr Einfluss in Bergregionen, insbesondere in Tal- oder Hanglagen, sehr deutlich ausfallen.

Verschattungen verändern sich im Jahresverlauf. Zwei Effekte sind dafür verantwortlich:

- die Bewegung der Erde um die Sonne
- und die geneigte Erdachse.

Dadurch steht die Sonne im Sommer höher als im Winter; Verschattungen fallen in der Regel geringer aus und die entsprechenden Ertragsverluste sind geringer.



| Verschattung und Verkabelung

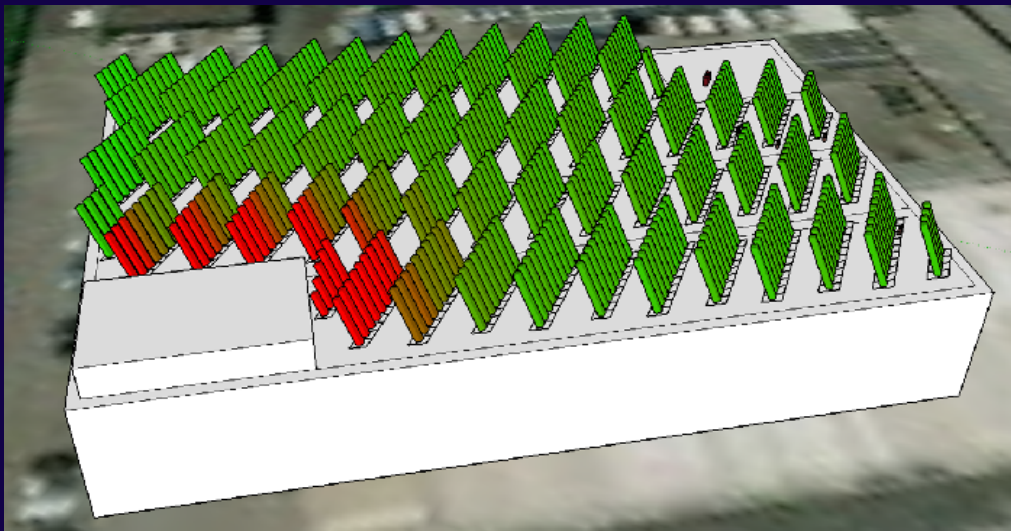
Um die Auswirkungen von Verschattungen zu begrenzen, spielt auch die elektrische Verschaltung der PV-Module eine wichtige Rolle. Je nach Verschaltung wirkt sich eine Verschattung unterschiedlich stark auf die Sonneneinstrahlung und den resultierenden Energieertrag aus. Bei einer Reihenschaltung führt bereits ein teilweise verschattetes Modul dazu, dass der Strom im gesamten String sinkt, mit entsprechend spürbaren Ertragsverlusten.

| Wie funktioniert das in archelio PRO?

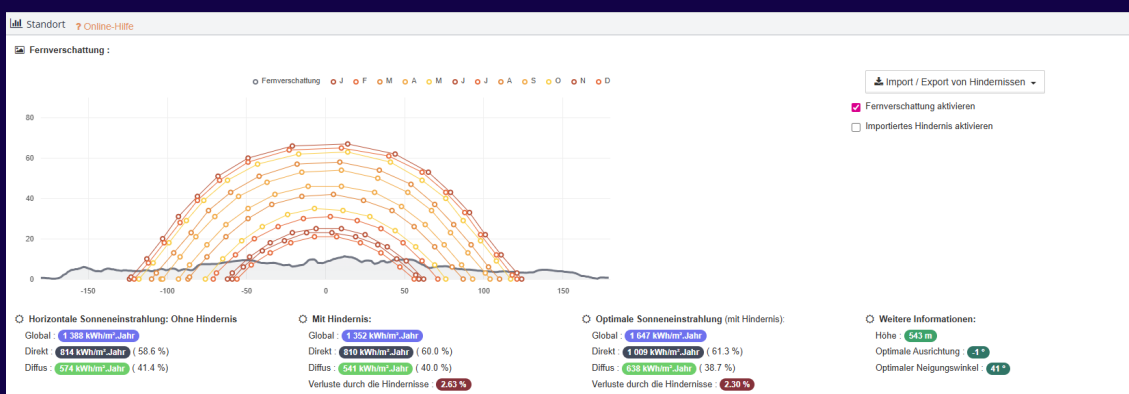
In archelios PRO werden Fernverschattungen auf Basis von Daten der NASA ermittelt und zur Berechnung der Verluste der Sonneneinstrahlung an jedem einzelnen Modul herangezogen. Nahverschattungen können über die integrierte 3D-Modellierung abgebildet werden, um die Umgebung der Anlage möglichst realitätsnah zu simulieren. Auf dieser Grundlage lassen sich die Auswirkungen von Verschattungen auf den Energieertrag gezielt bewerten.

Darüber hinaus stellt das Planungstool zahlreiche Auswertungen und Grafiken bereit, mit denen sich Verschattungen und Einstrahlung für frei wählbare Zeiträume visualisieren lassen.

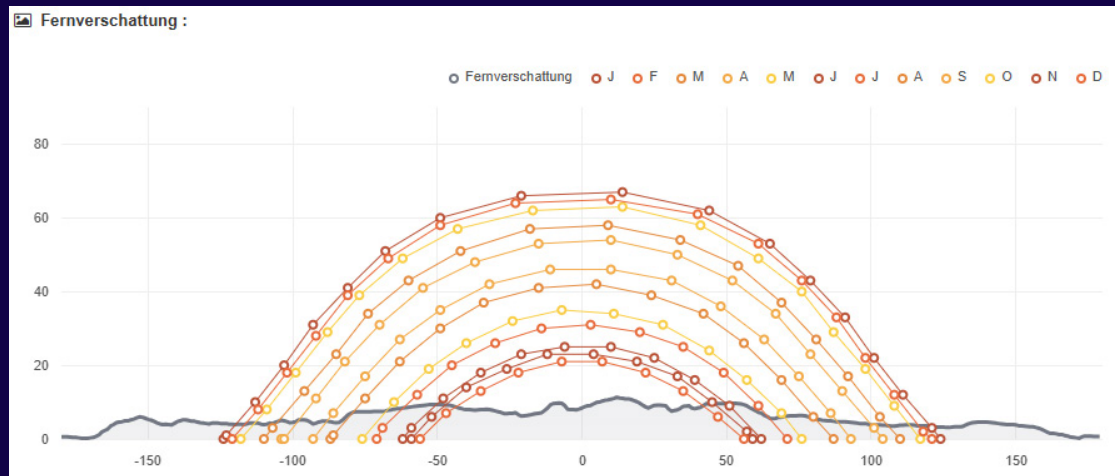
| Simulation der Verschattungen



| Verschattungsanalyse und Sonneneinstrahlung



| Darstellung der Fernverschattung



archelios PRO nutzt hierfür unter anderem Meteonorm Version 8, eine umfangreiche meteorologische Datenbasis mit aktuellen Zeitreihen für Strahlungsdaten (1996 - 2015) und weitere Parameter wie Temperatur, Wind und Niederschlag (2000 - 2019).

Schritt 4

Ertragsprognose



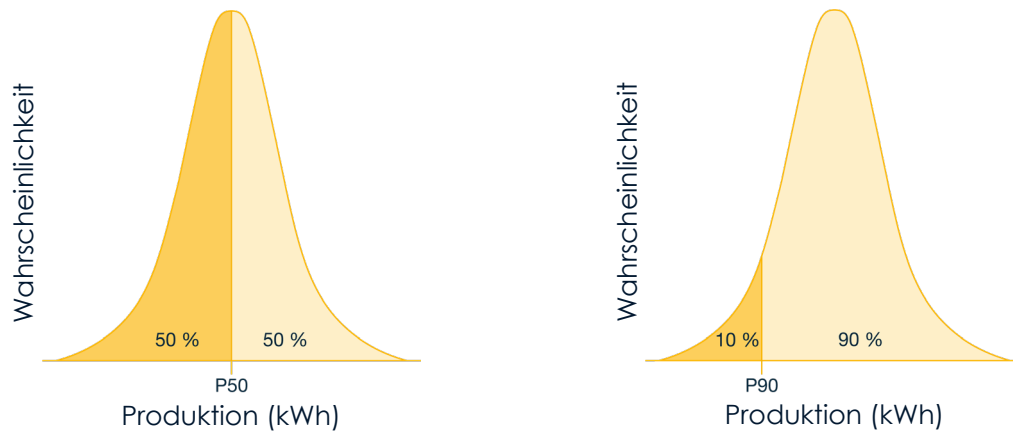


| P50- und P90-Wert

Nachdem alle erforderlichen Einstellungen vorgenommen wurden, ist es an der Zeit, den Ertrag der PV-Anlage zu berechnen, also die elektrische Energiemenge, die die Anlage pro Jahr über den betrachteten Zeitraum voraussichtlich liefern kann.

Für eine belastbare Ertragsprognose wird die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Jahresertrags betrachtet. Im Mittelpunkt stehen dabei zwei Kenngrößen: der P50- und der P90-Wert.

Der P50-Wert gilt als beste Schätzung und beschreibt den Ertrag, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % überschritten wird. Der P90-Wert ist konservativer und entspricht dem Ertrag, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % überschritten wird. Solche Kennwerte sind insbesondere für die Bewertung und Finanzierung von PV-Projekten wichtig (Stichwort: Bankability).



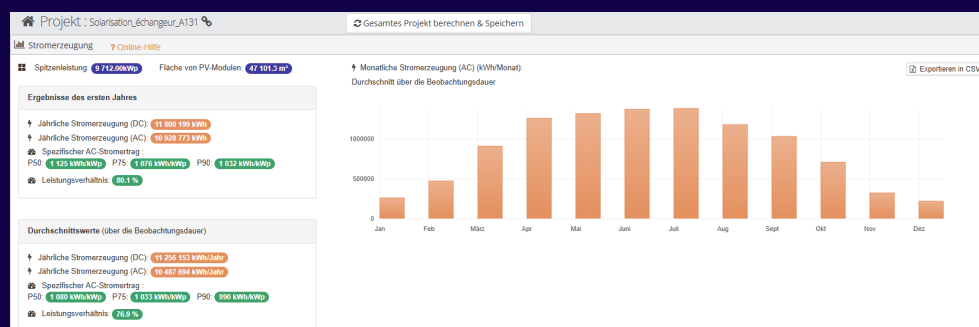
Ertragsverluste

In diesem Schritt werden weitere mögliche Ertragsverluste berücksichtigt, etwa durch Alterung und Verschmutzung der Module, durch elektrische Verluste auf den Leitungswegen oder durch wetterbedingte Schwankungen. Die zugrunde liegenden Wetterdaten orientieren sich an Messreihen und Prognosen der vergangenen Jahre, weshalb eine aktuelle und verlässliche Wetterdatenbank besonders wichtig ist. Auch die zuvor erwähnte Leistungsbegrenzung (Clipping) kann in die Ertragsberechnung einbezogen werden.

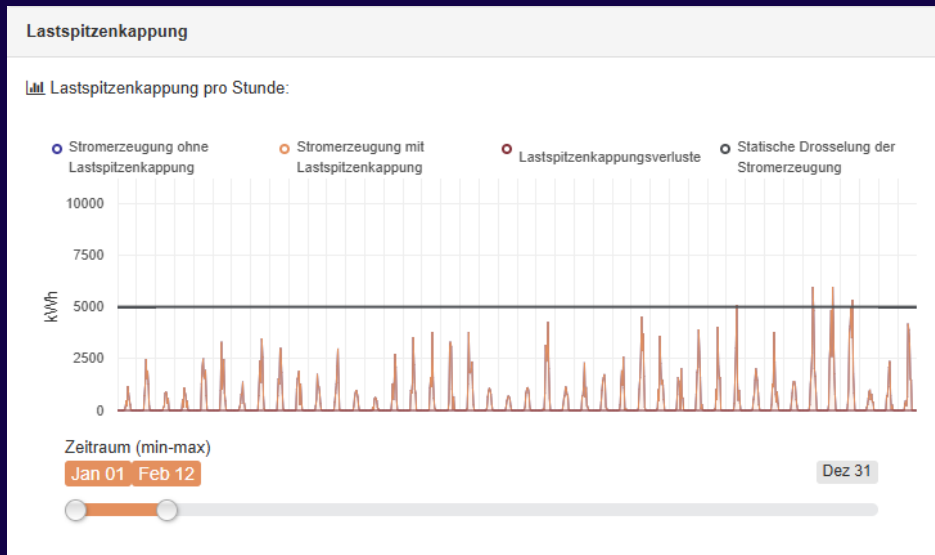
Wie funktioniert das in archelios PRO?

Mit archelios PRO kann der jährliche Solarertrag einer PV-Anlage präzise berechnet, simuliert und ausgewertet werden. Die P50- und P90-Werte werden auf Basis der eingegebenen Parameter automatisch bestimmt, wodurch manuelle Berechnungsfehler vermieden werden. Darüber hinaus stellt die Software detaillierte Auswertungen und Grafiken bereit, mit denen sich Ertrag und Verluste für frei wählbare Zeiträume übersichtlich darstellen und vergleichen lassen.

Produktion und Ergebnisse



| Darstellung der Leistungsbegrenzung



Schritt 5

Eigenverbrauch und Wirtschaftlichkeit



| Eigenverbrauchsquote

Es ist zunächst zu klären, wie der erzeugte Strom genutzt werden soll: Wird er vollständig in das öffentliche Netz eingespeist oder ganz beziehungsweise teilweise vor Ort verbraucht? Bei einer Eigenverbrauchsanlage bezeichnet die Eigenverbrauchsquote den Anteil des selbst genutzten Solarstroms an der Gesamtproduktion der PV-Anlage.

Liegt der Strombezugspreis des Energieversorgers über der Einspeisevergütung, kann es aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein, eine möglichst hohe Eigenverbrauchsquote anzustreben. Bis zu 100%, was einer vollständigen Nutzung der erzeugten Energie vor Ort entsprechen würde. Voraussetzung ist, dass der Stromverbrauch tagsüber möglichst gut mit der PV-Erzeugung übereinstimmt oder diese zeitweise sogar übersteigt. Wird der erzeugte Strom nicht vollständig zur selben Zeit verbraucht, kann ein Speichersystem (Batteriespeicher) dazu beitragen, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen.

| Wirtschaftlichkeitsanalyse

Der letzte Schritt besteht darin, die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage zu bewerten. Dazu werden der erwartete jährliche Ertrag, die erforderlichen Investitionskosten sowie die laufenden Betriebs- und Wartungskosten und die gewählte Finanzierungsstruktur betrachtet. Auf dieser Grundlage lässt sich die langfristige Rentabilität des Projekts einschätzen und die Tragfähigkeit gegenüber Banken und Investoren beurteilen. Die wirtschaftliche Analyse ist dabei immer an die Art des Projekts anzupassen: Eine rein netzgekoppelte Anlage und eine Eigenverbrauchsanlage unterscheiden sich deutlich, da Einspeisevergütungen und Strombezugpreise auf unterschiedlichen Vergütungs- und Tarifmodellen basieren.

| Stromgestehungskosten



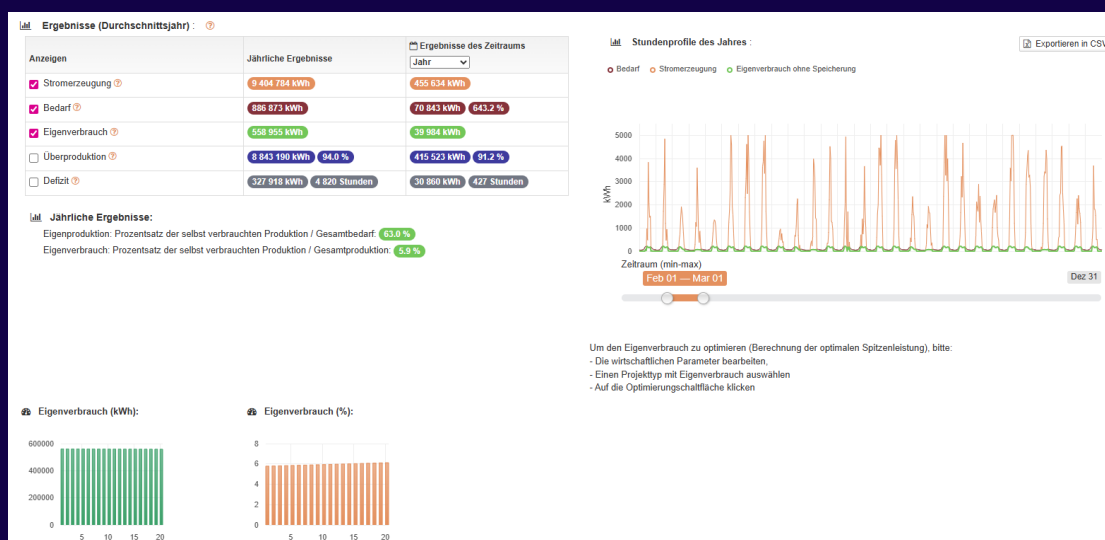
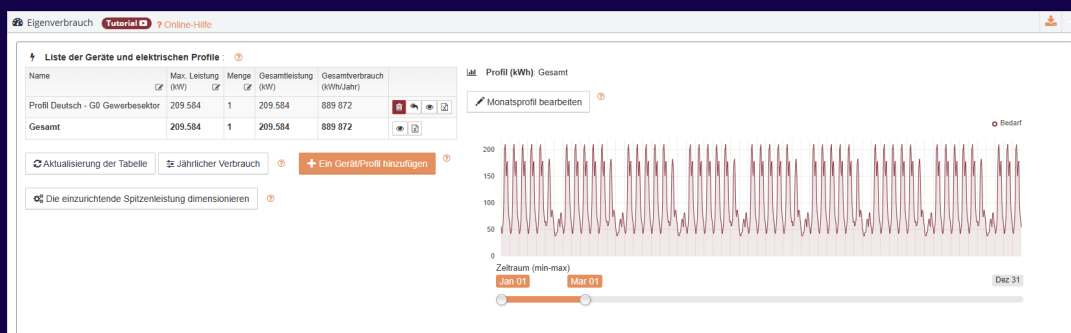
Ein etablierter Kennwert zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage sind die Stromgestehungskosten (engl. Levelized Cost of Energy, LCOE). Im Bereich der Photovoltaik werden dafür sämtliche Kosten, die während des betrachteten Zeitraums anfallen, auf die erzeugte Energiemenge umgelegt. Der LCOE ergibt sich aus der Summe dieser Kosten über den Analysezeitraum, dividiert durch die gesamte Energieerzeugung (kWh). Das Ergebnis wird in €/kWh angegeben und entspricht den durchschnittlichen Erzeugungskosten pro Kilowattstunde Solarsstrom. Je niedriger dieser Wert ausfällt, desto wirtschaftlicher ist die Anlage.

Wie funktioniert das in archelios PRO?

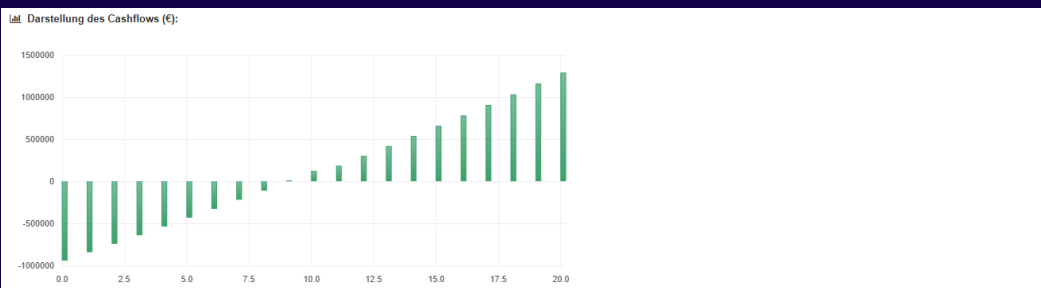
Mit archelios PRO lassen sich Eigenverbrauchsprofile anlegen und projektspezifisch anpassen. Die daraus resultierenden Ergebnisse können detailliert ausgewertet werden, um die langfristige Wirtschaftlichkeit von Eigenverbrauchsanlagen zu analysieren. Das Tool berücksichtigt die hinterlegten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und berechnet daraus automatisch die Stromgestehungskosten (LCOE). Auf diese Weise werden manuelle Rechenfehler vermieden und verschiedene Szenarien besser vergleichbar, um eine zuverlässige Rendite zu garantieren.

Projektberichte und weitere Dokumente können in unterschiedliche Formate (PDF, CSV, DXF, GeoJSON oder KML) exportiert werden, um eine vollständige und strukturierte Dokumentation der PV-Anlage zu erstellen.

Analyse des Eigenverbrauchs



Wirtschaftlichkeitsanalyse



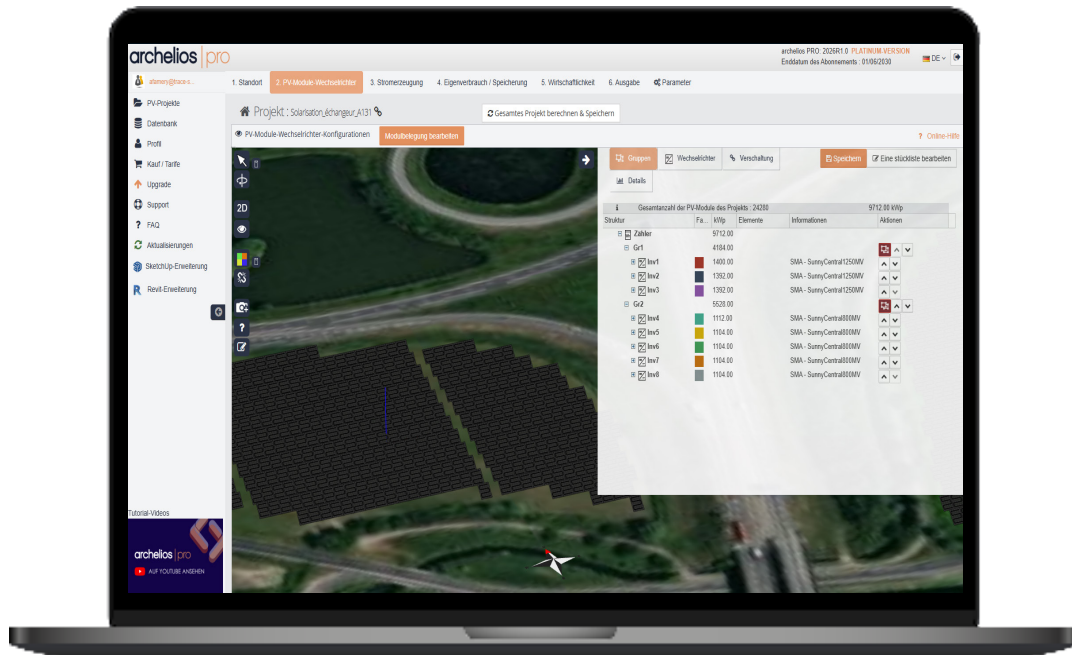
Detaillierte Ergebnisse:

Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stromerzeugung (kWh)	955 082	950 481	945 894	941 324	936 775	932 243	927 729	923 234	918 761	914 305
Verkaufte Produktion (kWh)	574 846	570 575	566 318	562 080	557 862	553 664	549 485	545 328	541 191	537 073
Energieverkauf (€/kWh)	0.0402	0.0404	0.0406	0.0408	0.0410	0.0412	0.0414	0.0416	0.0418	0.0420
Verkaufserträge (€)	23 108.8	23 051.8	22 994.2	22 936.2	22 877.9	22 819.3	22 760.3	22 701.1	22 641.5	22 581.6
Eingesparte Energie (kWh)	380 235	379 906	379 576	379 245	378 913	378 580	378 244	377 907	377 570	377 232
Spartarif (€/kWh)	0.2244	0.2289	0.2335	0.2381	0.2429	0.2478	0.2527	0.2578	0.2629	0.2682
Energieeinsparung (€)	85 324.8	86 956.0	88 618.0	90 311.5	92 037.1	93 795.3	95 586.3	97 411.2	99 270.8	101 165.7
Einkünfte (€)	108 433.7	110 007.8	111 612.2	113 247.7	114 915.0	116 614.6	118 346.6	120 112.2	121 912.3	123 747.2
W und I (€)	-9 567.4	-9 758.7	-9 953.9	-10 153.0	-10 356.1	-10 563.2	-10 774.4	-10 989.9	-11 209.7	-11 433.9
Erneuerung des Wechselrichters (€)	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Ergebnisse (€)	98 866.3	100 249.0	101 658.3	103 094.7	104 559.0	106 051.4	107 572.2	109 122.3	110 702.6	112 313.3

archelios PRO

Vorstellung der Software zur PV-Planung





archelios | pro

| Was ist archelios PRO?

archelios PRO ist eine professionelle Online-Software zur Planung und Simulation von Photovoltaikanlagen. Sie ermöglicht die Dimensionierung ganz unterschiedlicher Anlagen: von kleinen Dachanlagen über Projekte mittlerer Größe bis hin zu großen Freiflächenanlagen. Die benutzerfreundliche Oberfläche kombiniert umfangreiche Funktionen für Ertragsprognosen, Wirtschaftlichkeitsanalysen und Bankability-Bewertungen. Mithilfe der integrierten 3D-Modellierung lässt sich die PV-Anlage inklusive Umgebung detailliert abbilden, sodass Verschattungen und Einstrahlung realitätsnah berücksichtigt werden. Darüber hinaus können vollständige Berichte erstellt werden, die alle Berechnungen, relevanten technischen Daten und Ergebnisse des Projekts enthalten.

| Eine an die Bedürfnisse angepasste Produktfamilie

Mit archelios PRO steht Experten der Photovoltaikbranche ein auf ihre Anforderungen abgestimmtes Planungswerkzeug zur Verfügung. Die Produktlinie umfasst vier Versionen, darunter eine kostenlose Einstiegsversion. Jede Version bietet einen auf die typische Projektgröße zugeschnittenen Funktionsumfang

| Überblick über die vier Versionen

Funktionalität	Free	Silver	Gold	Platinum
Projektleistung	< 35 kWp	< 100 kWp	< 1 MWp	unbegrenzt
Dimensionierung von Wechselrichtern	✓	✓	✓	✓
Dimensionierung von Modulen	✓	✓	✓	✓
Ertragsberechnung	✓	✓	✓	✓
Wirtschaftlichkeitsberechnung	✓	✓	✓	✓
Eigenverbrauchsanlage	✓	✓	✓	✓
SketchUp-Plug-in für die 3D-Modellierung		✓	✓	✓
Hinzufügen eigener Bauteile		✓	✓	✓
3D-Verkabelung von Modulen und Strings		✓	✓	✓
Begrenzung der eingespeisten Leistung		✓	✓	✓
Berücksichtigung von Produktionsschwellen		✓	✓	✓
Export von 3D-DXF-Dateien (AutoCAD)			✓	✓
3D-Verkabelung von Abzweigdosen und Wechselrichtern			✓	✓
Import von Daten zur Fernverschattung			✓	✓
Unterstützung von Trackern			✓	✓
3D-Tool für Erdbau				✓
Optimierung der Leistungsbegrenzung				✓
Detaillierte Verlustanalyse für PV-Freiflächenanlagen				✓



Kontaktieren Sie uns:

Trace Software GmbH
c/o Pramex International GmbH
Savignystraße 43
60325 Frankfurt am Main

www.trace-software.com/de/

Handelsregister Frankfurt am Main: HRB 118657
Ust.-ID: DE337047254

© 2024 Trace Software GmbH, alle Rechte vorbehalten.