Entarkon Solutions

BENUTZERHANDBUCH

PV-Systemplaner und Energiesimulator

Dachflächen und PV-Belegung planen, Verschattung und Ertrag simulieren, Strings, Kabelführung und Montage auslegen sowie Speicher, Verbraucher und Wirtschaftlichkeit analysieren.

Inhalt des Handbuchs:

Die ersten drei Anleitungsseiten führen chronologisch durch ein vollständiges Projekt. Danach erklärt das Handbuch jede Funktion, die automatische Systemauslegung und die Ergebnisinterpretation im Detail.

KURZANLEITUNG 1/3

Vom Konto zur belastbaren Dachgeometrie

1	**Anmelden und Projekt öffnen** Über das Nutzerkonto anmelden, in Konto & Projekte ein vorhandenes Projekt öffnen oder ein neues Projekt anlegen. Das Diskettensymbol im Menü speichert den aktuellen Stand schnell.
2	**Adresse und Kartenquelle prüfen** Adresse suchen, Gebäude kontrollieren und zwischen automatischer Kartenquelle, Google Satellit oder verfügbarem amtlichem Orthofoto wählen. Der Digitalzoom vergrößert bis 400 %, ersetzt aber keine höhere Bildauflösung.
3	**PV-Anlage anlegen** PV-Anlage 1 aktivieren; weitere Dachflächen über + ergänzen. Bis zu zehn Anlagen können getrennt gezeichnet, belegt und parametriert werden.
4	**Dachfläche zeichnen** Dachpunkte in sinnvoller Reihenfolge anklicken und das Polygon schließen. Dachtyp Schrägdach oder Flachdach festlegen. Mit Dachfläche anpassen lassen sich Eckpunkte später verschieben.
5	**Referenzkante wählen** Die gelbe Referenzkante ist die Belegungsbasis. Beim Schrägdach grundsätzlich eine reale untere Dachkante wählen. Sie ändert sich nur über Referenzkante wählen/wechseln.
6	**Dachneigung beziehungsweise Aufständerungsneigung festlegen** Dachneigung beziehungsweise Aufständerungsneigung eingeben. Gegebenenfalls ist über die Google Solar API eine automatisch ermittelte Dachneigung verfügbar. Diese dient lediglich als grober Richtwert und muss anhand verlässlicher Unterlagen oder eines Aufmaßes überprüft werden.
7	**Höhenverhältnisse festlegen** Ab PV-Anlage 2 den relativen Höhenunterschied zur Referenzanlage angeben. Maße und Δz-Werte einblenden und auf Plausibilität prüfen.
8	**Sperrflächen setzen** Gauben, Fenster und freizuhaltende Bereiche als Sperrpolygone zeichnen. Bereits gesetzte Module bleiben zunächst bestehen und werden als unzulässig markiert, wenn sie die neue Sperrfläche schneiden.

Entscheidend

Eine falsche Referenzkante oder Dachneigung beeinflusst Belegung, 3D-Geometrie, Kabellängen, Montage und Ertrag. Diese Angaben immer vor der weiteren Planung prüfen.

KURZANLEITUNG 2/3

Von der Modulbelegung zur elektrischen Planung

1	**PV-Modul auswählen** Modulvorlage oder eigenes Modul wählen. Leistung, Maße, elektrische STC-Kennwerte, Temperaturkoeffizienten, Voll-/Halbzelle und Bypassdioden kontrollieren. KI-Suchergebnisse sind Vorschläge und anhand des Datenblatts zu prüfen.
2	**Module automatisch belegen** Toolbar „auto.“ verwenden, Ausrichtung und Belegungsart wählen und Module belegen. Variable Reihenabstände, Reihenverschiebung und automatische Orientierung nur aktivieren, wenn sie gewünscht sind.
3	**Module manuell korrigieren** Toolbar „man.“ verwenden, Module auswählen, verschieben, drehen, hinzufügen oder löschen. Mehrfachauswahl behält Reihen- beziehungsweise Spaltenstruktur beim Drehen bei. Rot markierte Module sind unzulässig.
4	**Verschattungsobjekte anlegen** Im Tab Verschattung Bäume oder Baukörper hinzufügen, Form, Höhe, Breite, Position und Transmissionsgrad einstellen. Objektgeometrie auf der Karte und später im 3D-Modell prüfen.
5	**Bypassaufteilung prüfen** Im Tab Bypass-Dioden die Diodenanzahl und Orientierung des gewählten PV-Moduls angeben. Halbzellenmodule teilen jeden Bypassbereich zusätzlich in zwei räumlich getrennte Teilstrings. Dieser Teil unterliegt üblicherweise den Herstellerangaben.
6	**Strings und Wechselrichter festlegen** Stringführung aktivieren, Strings manuell oder per Auto-String bilden und Wechselrichter zuweisen. Warnungen zu Voc, Vmpp, Isc, Impp, MPPT-Bereich und Eingangszahl beseitigen.
7	**Kabelführung anlegen** Einzugspunkte setzen, Strings zuordnen und Zusatzlänge auf dem Dach sowie Weiterführung im Haus eingeben. Manuelle Stützpunkte nur für den gewählten Einzugspunkt bearbeiten; Stringbrücken und Dachneigungen werden berücksichtigt.

Prüfreihenfolge

Erst Modulbelegung, dann Bypass und Strings, anschließend Kabelführung. Eine spätere Systemoptimierung kann Kabelführung und Montage verändern; orange prüfen-Hinweise ernst nehmen.

KURZANLEITUNG 3/3

Von Montage und Verbrauch zu Berechnung und Bericht

1	**Montageparameter festlegen** Schienen je Modul, Lieferlänge, Überstand, Sparren-/Dachhakenabstand und Montageart für Querformate einstellen. Beim Kreuzverbund werden zusätzliche Schienenlage und Kreuzverbinder berücksichtigt.
2	**Schienen bearbeiten** Schienenbearbeitung aktivieren, Schienen verlängern, neu setzen, verschieben oder löschen. Ergänzungen sind farblich unterscheidbar; Rückgängig/Wiederherstellen und Alle Ergänzungen entfernen sichern den Arbeitsablauf.
3	**Dachhaken und Sparren bearbeiten** Einblendung aktivieren, Bearbeitung freischalten, Maße anzeigen, Raster gemeinsam verschieben, Sparren hinzufügen, auswählen, verschieben oder löschen. Die Darstellung ist eine überschlägige Vorplanung.
4	**Verbraucher und Komponenten erfassen** Haushalte/Einzelverbraucher, individuelles Lastprofil, Speicher, Wärmeversorgung und E-Autos aktivieren. Bei mehreren elektrischen Bilanzkreisen Versorgungsgruppen vollständig zuweisen.
5	**Kosten, Tarife und Management setzen** Investitionen, Betriebskosten, Stromtarif und Einspeisemodell prüfen. Nur verfügbare Energiemanagementstrategien aktivieren; V2H ist in der aktuellen Oberfläche nicht auswählbar.
6	**Berechnung starten** Vorprüfung beachten und 3D-Verschattung und Ertrag berechnen. Die Berechnung läuft serverseitig weiter, auch wenn der Browser-Tab vorübergehend nicht aktiv ist.
7	**Ergebnisse lesen** Mit System- und Plausibilitätscheck beginnen, danach Verschattung/Elektrik, Energieversorgung, Speicher und Wirtschaftlichkeit prüfen. Erst anschließend Varianten vergleichen.
8	**Automatische Systemauslegung verwenden** Ausgangszustand speichern, Ziel und Freiheitsgrade wählen, Auslegung ermitteln, Vorher/Nachher prüfen und nur eine plausible Auslegung übernehmen. Ursprüngliche und optimierte Variante bleiben im Dialog erhalten.
9	**Projekt und Bericht sichern** Projekt schnell speichern, Materialliste als CSV exportieren und den PDF-Bericht gezielt konfigurieren. Gespeicherte Berichte sind dem Projekt zugeordnet.

Vor Umsetzung

Material-, Kabel-, Montage- und Ertragswerte sind Vorabschätzungen. Datenblätter, Aufmaß, Statik, Wind-/Schneelast, Klemmzonen, Leitungsquerschnitte, Schutzkonzept und Netzanschluss sind extern fachlich zu prüfen.

Inhaltsverzeichnis

1 Orientierung, Konto und Projekte	6
2 Karte, Anlagen und Bedienlogik	7
3 Dachgeometrie, Referenzkante und Höhen	8
4 PV-Module parametrisieren	9
5 Module automatisch und manuell belegen	10
6 Verschattungsobjekte und Bypass-Dioden	11
7 Stringführung und Wechselrichter	12
8 Kabelführung planen	13
9 Montage, Schienen, Dachhaken und Sparren	14
10 Verbraucher und individuelle Lastprofile	16
11 Batteriespeicher, Wärmeversorgung und E-Auto	17
12 Versorgungsgruppen und Energiemanagement	18
13 Kosten, Tarife und Wirtschaftlichkeit	19
14 Berechnung, Modelle und Datenbasis	20
15 Automatische Systemauslegung – vollständige Bedienung	21
16 Ergebnisse: Verschattung, Ertrag und Elektrik	23
17 Ergebnisse: Versorgung, Speicher und Wirtschaftlichkeit	24
18 Materialliste, PDF-Bericht und Export	26
19 Plausibilitätsprüfung und Fehlerhilfe	27
20 Modellgrenzen, Fachplanung und rechtliche Einordnung	28
Anhang A Glossar und Farblegende	29

1 Orientierung, Konto und Projekte

1.1 Anmelden und Rechner öffnen

Die Anmeldung und Registrierung erfolgt über das Nutzerkonto. Ist der Nutzer bereits auf entarkon.de angemeldet, erkennt der Rechner die Sitzung und öffnet direkt.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Konto & Projekte	Öffnet die Projektübersicht. Projekte stehen mit Name, Stadt, PV-Größe, Version und Änderungszeit untereinander; das neueste Projekt steht oben.
Diskettensymbol	Führt eine Schnellspeicherung des aktuell geöffneten Projekts aus, ohne das Projektfenster zu öffnen.
Projekt öffnen	Lädt Eingaben, Kartenobjekte, Modulbelegung, Strings, Kabelführung, Montagebearbeitung, Versorgungsgruppen und gespeicherte Ergebnisse des Projekts.
Projekt umbenennen	Ändert den sichtbaren Projektnamen, ohne die Projekt-ID oder Berechnungsdaten zu verändern.
PDF-Berichte	Die drei neuesten Berichte werden direkt angezeigt. Weitere Berichte befinden sich in einem aufklappbaren Bereich und öffnen in einem neuen Browserfenster.
Feedback	Öffnet ein Textfeld. Das Feedback wird mit Nutzerbezug, Uhrzeit und einer unabhängigen Projektkopie an den Administrator übertragen; das Originalprojekt bleibt unverändert.

1.2 Speichern, Wiederöffnen und Versionsbezug

Ein gespeichertes Projekt enthält die fachlichen Eingaben und die Darstellungseinstellungen, die für die Wiederherstellung benötigt werden. Ältere Projekte behalten ihre Versionsangabe. Nach Änderungen an Geometrie, Modulen, Strings oder Parametern können gespeicherte Ergebnisse als veraltet markiert werden; dann ist eine neue Berechnung notwendig.

Speicherempfehlung

Nach Dachgeometrie, Stringführung, Kabelführung, Montagebearbeitung und vor einer automatischen Systemauslegung jeweils speichern. So bleiben sinnvolle Zwischenstände nachvollziehbar.

2 Karte, Anlagen und Bedienlogik

2.1 Kartenquelle, Suche und Zoom

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Adresse suchen	Positioniert die Karte. Haus, Dachform und Umgebung vor dem Zeichnen eindeutig identifizieren.
Automatische Kartenquelle	Verwendet die am Standort verfügbare geeignete Quelle. Amtliche Orthofotos können je Bundesland eine andere Auflösung besitzen.
Google Satellit	Satellitenaufnahme mit Google-Quellenhinweisen. Hinweise und Logo bleiben Bestandteil der Karte.
Digitalzoom 125–400 %	Vergrößert den gerenderten Karteninhalt zusätzlich. Die Google-Zoomstufe und der Digitalzoom sind getrennt; Plus/Minus bleiben an fester Stelle.
Pfeiltasten	Verschieben den sichtbaren Kartenausschnitt. Bearbeitungswerkzeuge besitzen teilweise zusätzlich eine Hand-/Pan-Funktion.

2.2 Tabs und Anlagenbezug

Die Kartenarbeit ist in Modul-Belegung, Verschattung, Stringführung, Bypass-Dioden, Kabelführung und Montage gegliedert. Beim Tabwechsel wird eine aktuelle Bearbeitungsauswahl aufgehoben; nur die für den aktiven Tab nötigen Overlays werden aktualisiert. Dadurch bleiben große Anlagen reaktionsfähig.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
PV-Anlage bedienen	Im Tab Modul-Belegung zwischen bis zu zehn Anlagen wechseln oder eine neue Anlage ergänzen. Alle Anlagen besitzen eigene Geometrie, Module, Bypassangaben und Höhen.
Aktive Anlage	Eingabefelder und Kartenwerkzeuge wirken immer auf die ausgewählte Anlage. Andere Anlagen bleiben zur Orientierung sichtbar.
Orange prüfen	Nach übernommener automatischer Systemauslegung kann Kabelführung oder Montage prüfbedürftig sein. Der Hinweis verschwindet nach einer Änderung im jeweiligen Tab.
Darstellungsstandard	Module sehen in allen Tabs grundsätzlich gleich aus. Stringfarben, Kabel, Schienen, Klemmen und Bearbeitungspunkte werden tabbezogen ergänzt.

3 Dachgeometrie, Referenzkante und Höhen

3.1 Dachpolygon und Dachtyp

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Dachfläche zeichnen	Eckpunkte nacheinander setzen und Polygon schließen. Die Fläche darf sich nicht selbst schneiden.
Dachfläche anpassen	Verschiebt bestehende Eckpunkte. Automatisch belegte Module werden auf die neue Fläche angepasst; manuelle Positionen bleiben möglichst erhalten und werden bei Konflikten markiert.
Schrägdach	Die eingegebene Dachneigung gilt für Dach- und Modulebene. Die Referenzkante bestimmt die lokale Unterkante.
Flachdach	Dachfläche bleibt horizontal; Modulazimut, Aufständerungsneigung, Reihenabstand oder Ost/West-Doppelreihe bestimmen die Modulgeometrie.
Sperrfläche	Beliebige Polygone für Dachfenster, Gauben oder Freizonen. Neue Sperrflächen lösen keine automatische Neubelegung aus; betroffene Module werden als unzulässig gekennzeichnet.

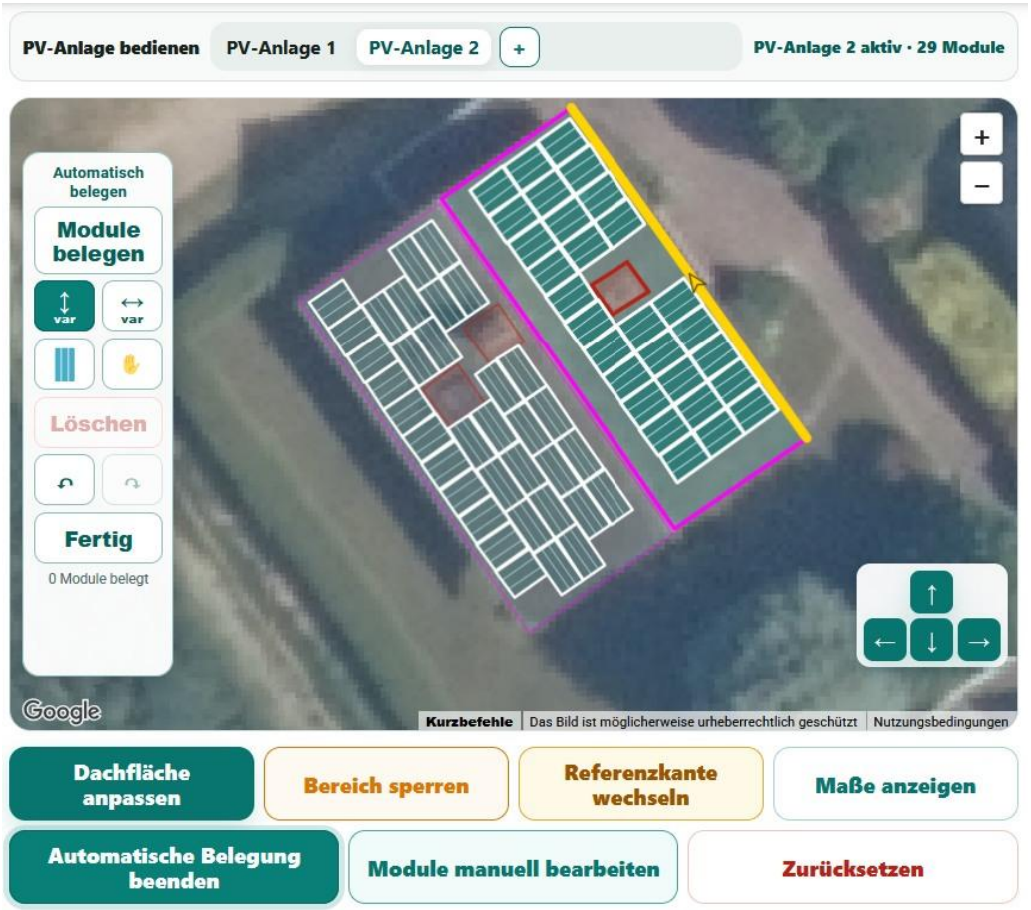

Abbildung 1: Zwei getrennte PV-Anlagen werden über die Anlagen-Tabs unabhängig bearbeitet

3.2 Referenzkante

Die Referenzkante wird gelb dargestellt und ändert sich ausschließlich über Referenzkante wählen beziehungsweise wechseln. Sie definiert die horizontale Belegungsrichtung, die lokale Dachkoordinate, die Ausrichtung der Sparren und den Bezug vieler Maße.

Schrägdachregel

Eine tatsächliche untere Traufkante wählen. Eine First- oder Seitenkante kann zu spiegelverkehrter Höhe, falschen Δz-Werten und unplausibler Belegung führen.

3.3 Neigung, relative Höhe und Maße

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Dach-/Modulneigung	Schrägdachneigung in Grad. Bei Übernahme aus einer externen Dachinformation trotzdem visuell und anhand bekannter Maße prüfen.
Relative Dachhöhe	Für PV-Anlagen ab Nummer 2: Höhenunterschied des höchsten Dachpunkts zur Referenzanlage. Positive Werte liegen höher, negative tiefer.
Maße anzeigen	Zeigt Kantenlängen, Winkel, Azimut und Δz-Werte. Im Tab Montage kann separat zwischen PV-Anlagen umgeschaltet werden.
Perspektivische Kalibrierung	Gleicht schräge Bildaufnahmen mithilfe eines Kalibriermusters an. Nur einsetzen, wenn die Draufsicht erkennbar perspektivisch verzerrt ist.

4 PV-Module parametrisieren

4.1 Auswahl und gespeicherte Moduldefinitionen

Jede PV-Anlage verweist auf eine Moduldefinition. Der Zusammenfassungsbereich übernimmt Leistung und Maße der tatsächlich ausgewählten Definition und wird zusammen mit dem Projekt gespeichert. Ein Modulwechsel versucht, vorhandene Modulmittelpunkte und Reihen beizubehalten; nur geometrisch notwendige Korrekturen werden vorgenommen.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Bezeichnung	Eindeutiger Name der Moduldefinition.
Länge / Breite / Pmpp	Bestimmen Geometrie und Generatorleistung. Abmessungen immer als Außenmaß des Rahmens eintragen.
Voc / Vmpp / Isc / Impp	Elektrische STC-Werte für String-, MPPT- und Stromprüfung.
Temperaturkoeffizienten	Verschieben Leistung, Spannung und Strom mit der Zelltemperatur. Vorzeichen und Einheit aus dem Datenblatt übernehmen.
Vollzelle / Halbzelle	Halbzelle bildet zwei räumlich getrennte, parallel gekoppelte Halbteilstrings je Bypassbereich ab. Die räumliche Verschattungsprüfung wird entsprechend feiner.
Bypassdioden	Anzahl und Orientierung müssen dem internen Modulschaltbild entsprechen.
Physikalische PV-Parameter	Serien-/Parallelwiderstand, Zellzahl und Diodenfaktor erscheinen nur, wenn die administrative Individualisierung aktiviert ist; sonst gelten zentral kalibrierte Werte.

4.2 KI-Datenblattsuche

Die Suche zeigt mehrere deduplizierte Modellvarianten. Eine Auswahl übernimmt Werte, entfernt aber die übrigen Treffer nicht. Treffer bleiben nach Schließen des Fensters erhalten; Weitere Ergebnisse suchen erweitert die Liste. Quelle, exakte Modellkennung und Datenblattvariante sind vor Übernahme zu prüfen.

Farbe	Status	Aktion
Grün	Direkt gefunden	Datenblattwert, trotzdem Modellvariante prüfen
Orange	Berechnet oder angenähert	Herleitung lesen und nach Möglichkeit bestätigen
Rot	Nicht belastbar gefunden	Nicht als bestätigten Produktwert verwenden

5 Module automatisch und manuell belegen

5.1 Automatische Toolbar

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Module belegen	Erzeugt die Belegung mit den aktuellen Modulmaßen, Abständen, Sperrflächen und Dachparametern.
Abstände übereinander optimieren	Verändert Abstände zwischen parallelen Reihen, der eingestellte Modulabstand bleibt Untergrenze.
Reihen links/rechts verschieben	Verschiebt vollständige Reihengruppen entlang der Referenzkante, um Restflächen besser zu nutzen.
Modulausrichtung	Schaltet zwischen Hochkant, Quer und automatisch je Reihe. Flachdächer verwenden zusätzlich die gewählte Aufständerungsart.
Flachdach-Optimierungen	Vergleichen Ausrichtung, Neigung, Abstände und Aufständerungsart nach Ertrag beziehungsweise Kosten-Nutzen.
Löschen	Entfernt die Modulbelegung der aktiven Anlage; Dachpolygon und Referenzkante bleiben bestehen.
Rückgängig / Wiederherstellen	Navigiert durch die Belegungshistorie mit einheitlichen Pfeilsymbolen.
Fertig	Schließt die Toolbar. Der Zustand ist bereits vorher im Projektmodell vorhanden.

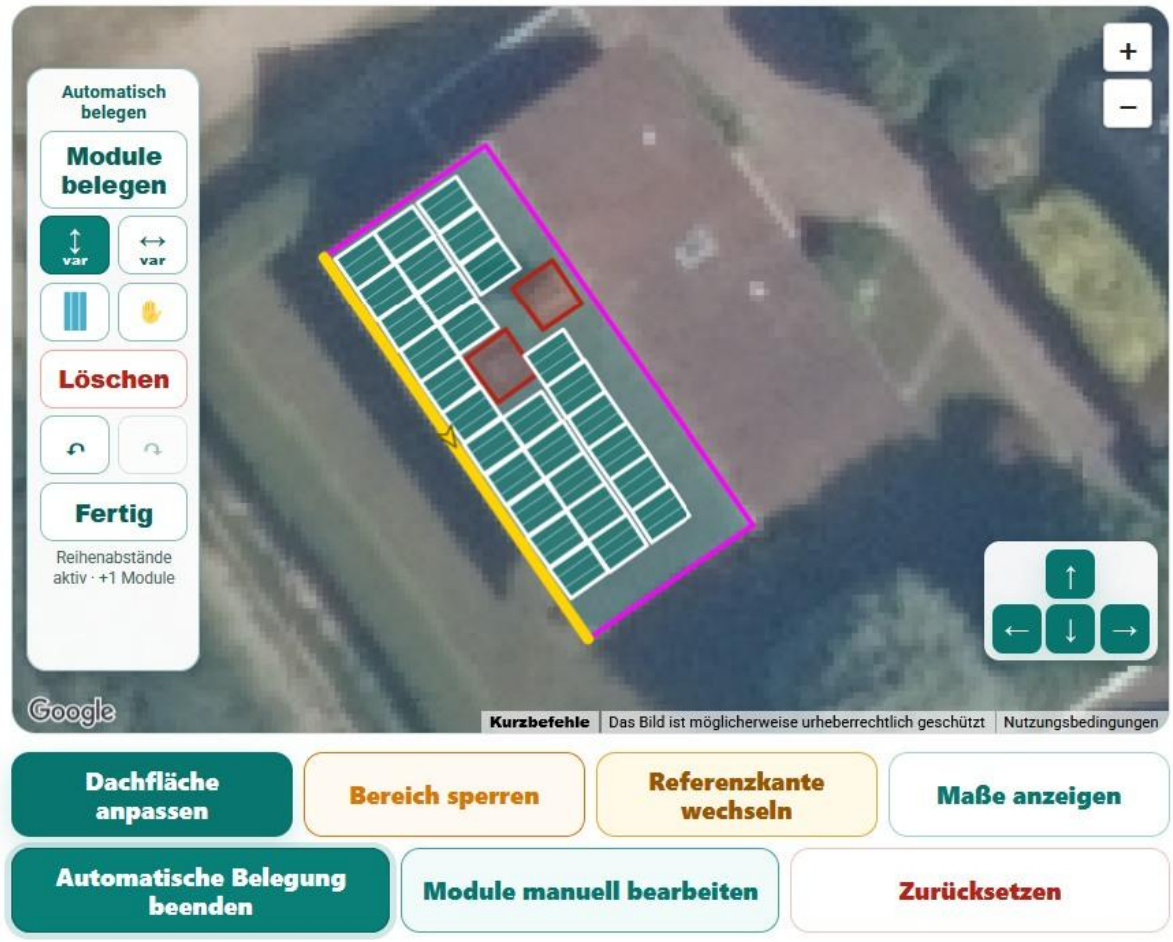

Abbildung 2: Gelbe Referenzkante, magentafarbenes Dachpolygon und rote Sperrbereiche

5.2 Flachdach: Reihen hintereinander

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Ausrichtung der Module (°)	Azimut in 1°-Schritten: 0° Nord, 90° Ost, 180° Süd, 270° West. Referenzkante und Zahlenfeld sind gleichberechtigte Bedienwege.
Aufständerungsneigung (°)	Neigung gegenüber der horizontalen Dachfläche. Die Dachfläche selbst bleibt horizontal.
Module direkt hintereinander	Anzahl gleich ausgerichteter Module innerhalb einer Modulgruppe.
Abstand zwischen Modulgruppen (m)	Freier Abstand zwischen aufgeständerten Gruppen. Der Hilfsbutton ermittelt einen geometrischen Abstand für 30° Sonnenhöhe.
Pfeile in den Modulen	Zeigen die Absenkrichtung beziehungsweise die Richtung der aktiven Modulvorderseite.



Abbildung 3: Flachdachbelegung mit gleich ausgerichteten Reihen

5.3 Flachdach: Ost/West-Aufständerung

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Belegungsart	Die Toolbar schaltet zwischen Reihen hintereinander und Ost/West-Aufständerung. Das Symbol zeigt die aktive Aufständerungsart.
Ausrichtung der Module (°)	Richtung der ersten Modulfläche. Die gegenüberliegende Seite wird intern um 180° gedreht.
Module direkt hintereinander	Ein oder mehrere Module pro geneigter Seite. Gegenüberliegende Module bilden ein Dreieckspaar ohne Abstand an der Hochkante.
Durchgang zwischen Ost/West-Doppelreihen (m)	Wartungs- beziehungsweise Durchgangsabstand zwischen den Doppelreihen; Standard 0,50 m.
Farbunterschiede und Pfeile	Kennzeichnen die beiden entgegengesetzten Neigungen. Gegenüberliegende Paarmodule dürfen sich an der Hochkante berühren; nebeneinander gilt weiterhin der Modulabstand.

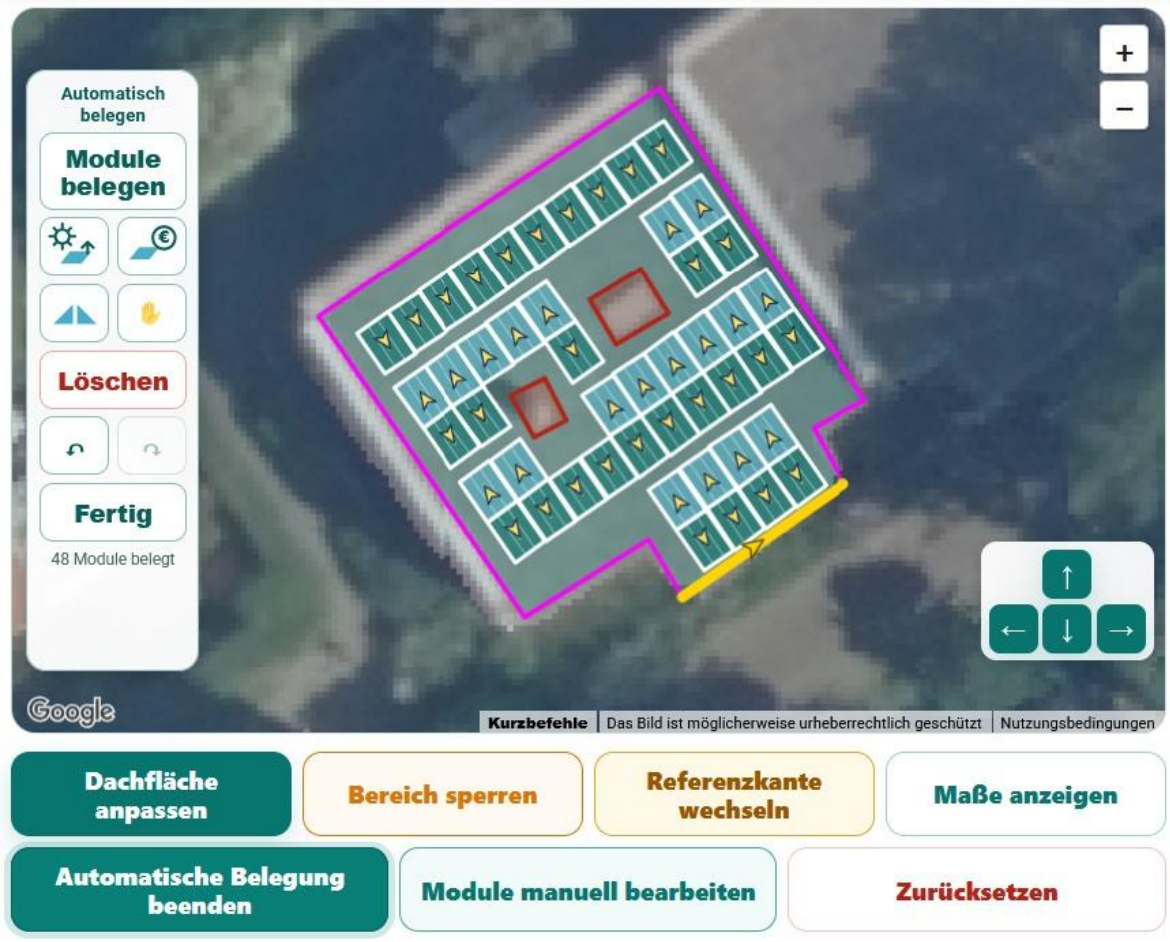

Abbildung 4: Ost/West-Doppelreihen mit entgegengesetzten Richtungspfeilen

5.4 Flachdach-Optimierungsbuttons

Ertragsoptimale Auslegung und Bestes Kosten-Nutzen-Verhältnis testen die Flachdachgeometrie mehrstufig. Der Azimut wird für Deutschland in einem plausiblen Bereich von 110° bis 250° untersucht; Reihenaufständerungen werden mit 5° bis 40°, Ost/West mit 5° bis 30° Neigung geprüft. Belegungsart, Azimut, Neigung, Stapelung und Reihen-/Durchgangsabstand werden zunächst grob gefiltert und anschließend verfeinert. Nur wenige Finalisten erhalten die vollständige 60-Minuten-Jahresverschattungsprüfung.

> **Warum die Optimierung Zeit benötigt**
>
> Für jede Geometrie müssen Module neu platziert, Sperrbereiche geprüft, Selbstverschattung abgeschätzt und bei Finalisten die 3D-Verschattung berechnet werden. Fortschrittsbalken und Statuszeile zeigen den laufenden Schritt.



Abbildung 5: Abgeschlossene ertragsoptimale Flachdachauslegung mit Status und Parametern

5.5 Manuelle Toolbar

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Auswählen / Mehrfachauswahl	Module anklicken oder überfahren. Mehrfachauswahl bleibt bis Auswahl aufheben aktiv.
Verschieben	Einzelne oder mehrere Module ziehen. Der Einrastbereich ist bewusst klein; Modulachsen und Fugen dienen als Fanglinien.
Drehen	Wechselt Hoch-/Querformat. Reihen bleiben bündig und überlappungsfrei, wenn die Auswahl zuvor geordnet war.
Modul hinzufügen / löschen	Ergänzt oder entfernt Module ohne vollständige Neubelegung.
Rot markiert	Modul schneidet Dachrand, Sperrbereich oder ein anderes Modul beziehungsweise verletzt Abstände.

5.5 Abhängige Montageschienen

Manuell ergänzte Schienen und Schienenverlängerungen folgen den zugehörigen Modulen beim Verschieben. Wird eine gemeinsam unterführte Zusatzschiene durch das Auseinanderziehen von Modulen getrennt, wird sie in passende Abschnitte mit korrekten End- beziehungsweise Mittelklemmen geteilt.

6 Verschattungsobjekte und Bypass-Dioden

6.1 Verschattungsobjekte

Bis zu zehn Verschattungsobjekte werden relativ zur ersten PV-Anlage räumlich gespeichert. Je Objekt stehen Form, Position, Höhe, Abmessungen und Transmission zur Verfügung. Bäume werden als vereinfachte Krone, Baukörper als opake oder teiltransparente Geometrie modelliert.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Höhe	Absolute Objekthöhe über der Referenzebene. Dachhöhen und relative Anlagenhöhen müssen dazu passen.
Transmission	0 % bedeutet opak, höhere Werte lassen einen Anteil der Direktstrahlung durch. Teilverschattung reduziert die Einstrahlung statt nur binär ein/aus zu schalten.
Position / Drehung / Größe	Direkt auf der Karte verändern; im 3D-Modell anschließend auf richtige Lage prüfen.
Objektübersicht	Listet alle angelegten Objekte. Nicht angelegte Objekte erscheinen nicht im Ergebnisbericht.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Wand	Linienförmiges, opakes oder teiltransparentes Hindernis mit Länge, Drehung und Höhe.
Kreis / Zylinder	Runder Grundkörper für Schornsteine, Masten oder runde Aufbauten.
Baum	Zylinderstamm und Krone. Baumkronenanteil, Kronendurchmesser, Oberkante und Transmissionsgrad bestimmen die Geometrie.
Rechteck	Quaderförmiger Aufbau mit Länge, Breite, Drehung und Höhe.
Prisma / Giebel	Quader mit darüberliegendem Giebelprisma. Der Höhenanteil des Prismas wird über einen Schieberegler festgelegt.

6.2 Bypass-Dioden und Halbzellen

Vollzellenmodule teilen das Modul in die gewählte Zahl von Bypassbereichen. Halbzellenmodule teilen jeden dieser Bereiche räumlich nochmals in obere und untere beziehungsweise gedrehte Hälften. Die Verschattung dieser Teilstrings fließt in das elektrische MPP-Modell ein. Der Rechner modelliert keinen zusätzlichen, herstellerspezifischen Vorwärtsspannungsabfall der Bypassdiode.

7 Stringführung und Wechselrichter

7.1 Stringführung aktivieren

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Manuelle Stringbildung	Module über farbige Mittelpunkte verbinden; Linien und Richtungspfeile zeigen die Reihenfolge.
Auto-String	Verwendet typische Wechselrichtervorlagen und gruppiert elektrisch/geometrisch homogene Module.
Auto-String (Nur definierte Wechselrichter)	Verwendet ausschließlich die im Parametrierfenster angelegten Wechselrichter.
Auto-String (Freie Wechselrichterwahl)	Prüft typische und selbst definierte Geräte innerhalb ihrer elektrischen Grenzen.
Wechselrichter A, B, C …	Mehrere gleiche Geräte werden eindeutig gekennzeichnet. Die Zuordnungsübersicht zeigt je Gerät und String die Modulanzahl je PV-Anlage.
Wechselrichter-Schaltfläche	Hebt alle Module des gewählten Geräts auf der Karte gold/gelb hervor.

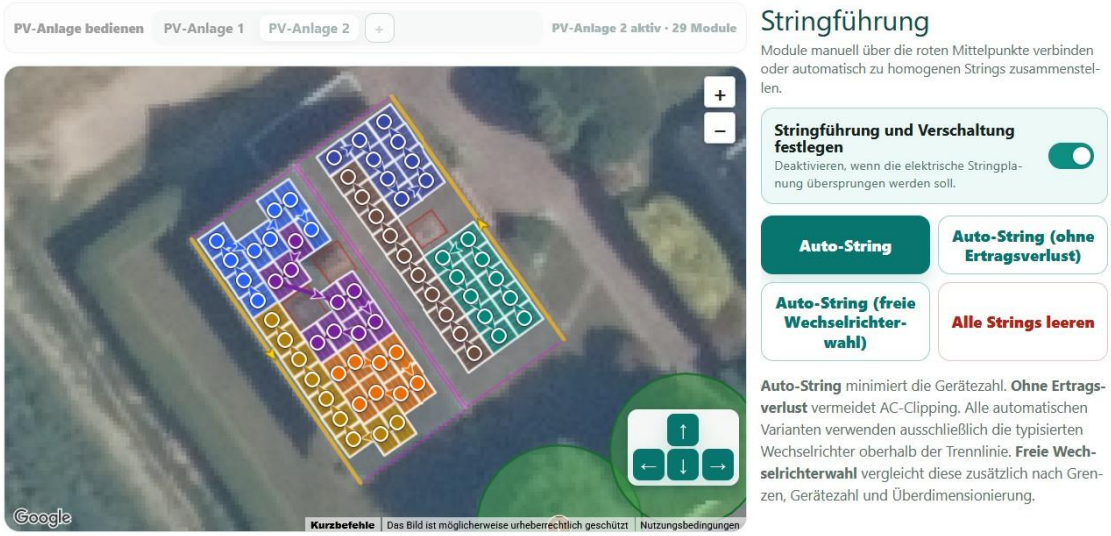

Abbildung 6: Automatisch gebildete Strings über zwei unterschiedlich ausgerichtete PV-Anlagen

7.2 Elektrische Prüfung

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Voc bei Kälte	Prüft maximale DC-Spannung einschließlich 1.000-V-Grenze.
Vmpp bei Kälte/Wärme	Prüft, ob der String im MPPT-Fenster bleibt.
Isc / Impp	Prüft Kurzschluss- und Betriebsstrom gegen die Eingangsgrenzen.
Eingangszahl	Begrenzung der gleichzeitig belegbaren Stringeingänge je Gerät.
AC-Nennleistung / Ausgangslimit	Bestimmt mögliche AC-Begrenzung und Clipping. Balkonkraftwerkvorlagen besitzen typischerweise ein zusätzliches 0,8-kW-Limit.
Wirkungsgradmodell	Berücksichtigt Teillast, MPP-Tracking, Anlauf, DC-Begrenzung, DC/AC-Umwandlung und AC-Clipping.

Stringplanung bleibt Vorplanung

Parallele Strings, reale MPPT-Zuordnung, Mindesttemperatur, Steckverbinder, Leitungsquerschnitt, Schutzkonzept und Herstellerfreigaben müssen elektrotechnisch geprüft werden.

8 Kabelführung planen

8.1 Voraussetzungen und Einzugspunkte

Kabelführung ist erst nach aktivierter und vollständig belegter Stringführung sinnvoll. Ein oder mehrere Einzugspunkte können auf der Karte gesetzt, übereinander platziert und gemeinsam über Einzugspunkt(e) verschieben neu positioniert werden.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Strings zuweisen	String per einfachem Klick an- oder abwählen. Bereits einem anderen Einzugspunkt zugeordnete Strings sind ausgegraut. Die Scrollposition bleibt erhalten.
Zusatzlänge auf dem Dach	Zusätzliche Länge je Stringende; Standard 1,0 m, in 0,1-m-Schritten, direkt am Regler oder im Zahlenfeld editierbar.
Weiterführung im Haus	Länge je Leiter ab Einzugspunkt; Standard 3,0 m, 0–50 m in 0,1-m-Schritten.
Dachneigung	Jeder Kabelabschnitt wird mit der Neigung der jeweils durchquerten Dachfläche in eine reale Oberflächenlänge umgerechnet.
Stringbrücke	Wenn aufeinanderfolgende Module nicht kantenbenachbart sind, wird die zusätzliche Verbindung zwischen den Modulrändern gestrichelt dargestellt und in der Kabelliste ausgewiesen.

8.2 Manuelle Kabelbearbeitung

Manuell bearbeiten zeigt Stützpunkte nur im Tab Kabelführung. Ein Ziehen teilt den Linienabschnitt und erzeugt weitere mittige Punkte wie bei einem Polygon. Die berechnete Leitungslänge folgt der bearbeiteten Route. Manuelle Bearbeitung zurücksetzen entfernt ausschließlich die Stützpunkte des gewählten Einzugspunkts; andere Einzugspunkte bleiben unverändert.

8.3 Darstellung und Materialliste

Kabel werden in der jeweiligen Stringfarbe mit kontrastreicher Kontur dargestellt, ohne breiter zu werden. Stringpunkte bleiben kleiner sichtbar. Die Tabelle unterscheidet Dachweg, Zusatzlänge, Innenweg und Stringbrücken. Sie ist eine Längenschätzung, kein Querschnitts- oder Spannungsfallnachweis.

9 Montage, Schienen, Dachhaken und Sparren

9.1 Grundparameter

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Schienen je Modul	2 bis 5 Schienen. Der Wert bestimmt die automatisch erzeugten Schienenachsen und Klemmpunkte.
Lieferlänge je Schienenstück	1 bis 10 m. Durchgehende Schienenläufe werden in bestellbare Lieferstücke aufgeteilt; der eingestellte Wert wird mit zwei Nachkommastellen ausgegeben.
Schienenüberstand	Zusätzlicher Überstand am Reihenende.
Sparren-/Dachhakenabstand	Raster für überschlägige Befestigerpositionen. Nicht mit einer statisch nachgewiesenen Spannweite gleichzusetzen.
Maximaler Höhenversatz	Toleranz, bis zu der parallele Reihen zu einem gemeinsamen Schienenlauf zusammengefasst werden können.
Erweiterte Angaben	Holzbauschrauben je Dachhaken und Schrauben Schiene/Dachhaken; erscheinen nur bei geöffnetem Bereich in Ergebnis und Materialliste.

9.2 Querformat und Kreuzverbund

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Einlagig / kurze Seite geklemmt	Schienen verlaufen montageüblich zur gewählten Klemmrichtung. Eine ausdrückliche Herstellerfreigabe für Kurzseitenklemmung sowie externe Statikprüfung sind erforderlich.
Zweilagig / Kreuzverbund	Zusätzliche erste Schienenlage quer zu den Sparren, zweite Lage für die Module und Kreuzverbinder an den Schnittpunkten. Materialliste trennt Lagen und Zusatzkomponenten.
Flachdach	Dachhaken und Sparrenparameter entfallen. Unterkonstruktion, Ballastierung und Aufständerung werden nur als Planungsgrenze genannt und nicht statisch ausgelegt.

9.3 Schienen bearbeiten

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Bearbeitung aktivieren	Schaltet die Toolbar frei. Vorher bleibt sie transparent und nicht bedienbar.
Schiene verlängern	Zeigt Endpunkte. Verlängerungen rasten leicht auf passende parallele Enden ein, dürfen aber weitergezogen werden. Nur der ergänzte Teil ist grau.
+ Schiene	Virtuelle Schiene folgt dem Mauszeiger, richtet sich am Modul aus und kann durch Ziehen über mehrere Module verlängert oder wieder verkürzt werden.
Schiene verschieben	Verschiebt nur neu hinzugefügte Schienen samt Verlängerungen auf dem Modul.
Klemmenlogik	Benachbarte Module erhalten Mittelklemmen; an freien Schienenenden entstehen Endklemmen. Beim Verlängern werden doppelte Klemmen am Übergang vermieden.
Löschen / Alle Ergänzungen entfernen	Entfernt Auswahl oder nach Bestätigung sämtliche manuellen Ergänzungen. Rückgängig/Wiederherstellen bleibt verfügbar.

9.4 Dachhaken und Sparren bearbeiten

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Dachhaken und Sparren einblenden	Zeigt Sparren senkrecht zur Referenzkante sowie Dachhaken/Befestiger an den Schienenkreuzungen.
Maße	Blendet Abstände zwischen Sparren und zu den äußeren Referenzkanten mit Zuordnungslinien ein.
Alle Sparren verschieben	Öffnet je PV-Anlage einen kompakten Schieberegler. Das Raster bewegt sich live bis ±2 Rasterabstände.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
+ Sparren	Fragt Anzahl und PV-Anlage ab. Neue Sparren werden farblich unterschieden und im eingestellten Abstand ergänzt.
Auswahl und Griffpunkte	Einzelne oder mehrere Sparren wählen und entlang der gedachten verlängerten Referenzkante live verschieben.
Löschen / Verlauf	Ausgewählte Sparren entfernen sowie Änderungen rückgängig machen oder wiederherstellen.

9.5 Montage-Materialliste

Schienen gleicher Länge werden gruppiert. Ausgewiesen werden Anzahl, Einzellänge, Gesamtlänge, Mittel-/Endklemmen, Dachhaken/Befestiger und – bei Kreuzverbund oder erweiterten Angaben – zusätzliche Schienenlagen, Kreuzverbinder und Schrauben. Bei mehreren Anlagen werden Schräg- und Flachdächer getrennt zusammengefasst.

Planungsgrenze

Schienenabstände, Spannweiten, Kreuzverbinder und Aufbauhöhe sind überschlägig. Wind-, Schnee- und Gebäudelasten werden nicht berechnet und sind immer extern zu prüfen.

10 Verbraucher und individuelle Lastprofile

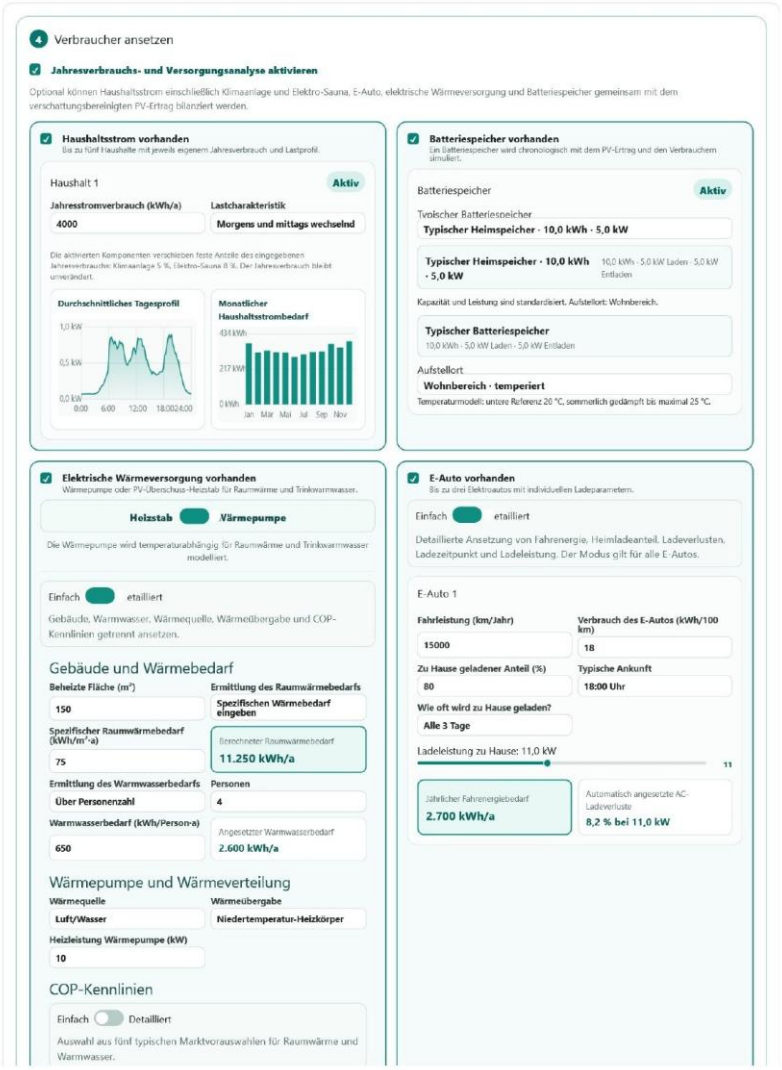

Abbildung 7: Beispielhafte Verbrauchereingaben für Haushalt, Speicher, Wärmeversorgung und Elektroauto

10.1 Haushalte und typische Einzelverbraucher

Bis zu zehn Haushalte oder Einzelverbraucher können mit eigenem Jahresverbrauch und Lastprofil angelegt werden. Neben Haushaltscharakteristiken stehen typische Verbraucher wie Klimaanlage, Sauna, Whirlpool und Durchlauferhitzer zur Verfügung. Diagramme zeigen mittleres Tagesprofil und monatlichen Bedarf.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Haushaltslastprofile	Vordefinierte Tages- und Saisoncharakteristiken; Jahresverbrauch skaliert das Profil.
Typische Verbraucher	Gerätebezogene Lastcharakteristiken. Durchlauferhitzer besitzen Spüle/Waschbecken und Bad/Dusche/Baden mit mäßiger oder häufiger Nutzung sowie Leistungsregler.
Klimaanlage / Sauna	Verschieben feste Jahresanteile in temperatur- beziehungsweise ereignisbasierte Profile; der Gesamtjahresverbrauch bleibt erhalten.
Konstantes Profil	Gleichmäßige Leistung über alle 24 Stunden und das Jahr.

10.2 Individuelles Lastprofil

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Einstellung über Leistung	Voreinstellung. Maximalleistung privat bis 50 kW, gewerblich bis 5 MW; typische Anschlussleistungen dienen nur als Orientierung.
Einstellung prozentual	Regler 0–100 % und einstellbarer Jahresstromverbrauch; absolute Leistungen werden daraus abgeleitet.
60 / 30 Minuten	Auflösung zentral in der Übersicht wählen. Beim Wechsel von 60 auf 30 Minuten wird jeder Stundenwert auf beide Halbstunden übertragen.
Wochentage	Jeder Tag besitzt ein eigenes Profil. Werte gelten als konstante Leistung im beschrifteten Intervall.
Monatliche Variation	Vertikale Faktoren je Monat; Jahres-Heatmap, Monatsenergie und Wochenprofil aktualisieren sich.
Profilvorschläge	Typisches Profil im Auswahlfeld wählen und für Tag, alle Wochentage oder das ganze Jahr einschließlich Saison übernehmen. Eine Sicherheitsabfrage verhindert unbeabsichtigtes Überschreiben.
Kennzahlen	Resultierender Jahresverbrauch, Tagesenergie, Maximum, Mittelwert und Vollbenutzungsstunden. Vollbenutzungsstunden sind Jahresenergie geteilt durch Maximalleistung.

11 Batteriespeicher, Wärmeversorgung und E-Auto

11.1 Batteriespeicher

Mehrere Speicherinstanzen und mehrere gleiche Geräte je Instanz sind möglich. Typ, Anzahl, Kapazität, Lade-/Entladeleistung, SOC-Grenzen, Wirkungsgrad, Zyklenannahme und Aufstellort werden getrennt gespeichert. Eigene Speicherdefinitionen können im Parametrierfenster entfernt werden.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Ohne Versorgungsgruppen	Alle aktivierten Speicher werden zu einer gemeinsamen Kapazität sowie addierter Lade-/Entladeleistung zusammengefasst.
Mit Versorgungsgruppen	Speicher werden physischen Bilanzgruppen zugewiesen. Auswahlfelder aktualisieren sich sofort nach dem Hinzufügen oder Entfernen.
Hybridwechselrichter	Kennzeichnet eine vereinfachte DC-Speicherkopplung innerhalb der Gruppe; reale Datenblattwirkungsgrade sind extern zu prüfen.
Aufstellort	Beeinflusst die temperaturbezogene Speicherannahme.

11.2 Elektrische Wärmeversorgung

Wärmepumpe oder PV-Überschuss-Heizstab werden mit Jahreswärmebedarf, Warmwasseranteil und weiteren technischen Angaben angesetzt. Beim Heizstab kann Speicherstrom nach Deckung der übrigen elektrischen Lasten freigegeben werden; ohne Speicher bleibt die Option wirkungslos.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Heizstab	Nutzt ausschließlich verbleibenden PV-Überschuss. Ein vorhandener Batteriespeicher wird zuerst geladen. Strom wird näherungsweise 1:1 in Wärme umgesetzt; Netzstrom und Batterieentladung werden nicht verwendet.
Heizstab-Wärmespeicher	Wärmebedarf, Raumwärme-/Warmwasseranteil, Heizleistung, Speichervolumen, minimale/maximale Temperatur und Warmhalteverlust bestimmen die nutzbare Wärmeaufnahme.
Wärmepumpe einfach	Jahreswärmebedarf, Wärmequelle, Warmwasseranteil und Wärmeübergabe erzeugen ein typisiertes Lastprofil.
Wärmepumpe detailliert	Gebäudefläche, spezifischer Bedarf oder Bauzustand, Personenzahl/Warmwasser, Heizleistung und getrennte COP-Kennlinien für Raumwärme und Warmwasser.
COP	Elektrische Leistung ergibt sich aus Wärmeleistung geteilt durch COP. COP hängt von Temperaturhub und ausgewählter Kennlinie ab; Abtauung, Hilfsenergie und Leistungsgrenze werden typisiert.

11.3 Elektroauto

E-Autos werden ausschließlich im detaillierten Modus mit Fahrleistung, Verbrauch, Heimladeanteil, Ankunft, Ladefenster und Ladeleistung angesetzt. Intelligente Ladung verschiebt nur den Ladezeitpunkt. V2H ist in der aktuellen Benutzeroberfläche vollständig ausgeblendet und nicht aktivierbar.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Einfach	Jahresstrombedarf inklusive Ladeverlusten, Ladeleistung, Ladebeginn und Ladeintervall von täglich bis alle sieben Tage.
Detailliert	Jahresfahrleistung, Verbrauch pro 100 km, Heimladeanteil, jede volle Ankunftsstunde, Ladeintervall und Ladeleistung. AC-Ladeverluste werden automatisch ermittelt.
Mehrere E-Autos	Bis zu drei Fahrzeuge mit individuellen Parametern.
Öffentliche Ladung	Der nicht zu Hause geladene Anteil wird separat bilanziert. Im einfachen Modus kann die Detailinformation als k. A. erscheinen.

12 Versorgungsgruppen und Energiemanagement

12.1 Versorgungsgruppen

Im Expertenmodus können Wechselrichter/PV-Quellen, Speicher und Verbraucher elektrisch getrennten Bilanzgruppen zugeordnet werden. Je Spalte können mehrere Komponenten ergänzt werden. Nicht zugewiesene Komponenten bleiben sichtbar, bis die Zuordnung vollständig ist.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Name	Frei benennbare Versorgungsgruppe, zum Beispiel Allgemeinstrom oder Wohnung 1.
PV/Wechselrichter	Jedes physische Wechselrichtergerät steht einzeln zur Auswahl, auch bei mehreren gleichen Modellen.
Batteriespeicher	Speicherinstanzen der Gruppe. Änderungen an Bezeichnung oder Spezifikation werden direkt übernommen.
Verbraucher	Haushalte, Einzelverbraucher, Wärmeversorgung oder E-Auto der Gruppe.
Netzeinspeisung mit Vergütung	Legt fest, ob Überschuss dieser Gruppe vergütet wird. Ohne Häkchen entsteht für den Gruppenüberschuss kein Erlös.
Vollständigkeitsprüfung	Fehlende Zuweisungen werden vor der langen Berechnung sofort angezeigt; Berechnen leuchtet kurz rot.

12.2 Intelligentes Energiemanagement

Der Planer koordiniert aktivierte Strategien auf derselben Viertelstunden-Zeitachse. Voraussetzungen werden grün oder rot angezeigt; nicht erfüllbare Strategien sind deaktiviert. Die Wirkung wird sowohl gemeinsam als auch – soweit angeboten – einzeln gegen denselben Referenzfall ohne Management verglichen.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
E-Auto-Ladung verschieben	Bestimmt ausschließlich den Ladezeitpunkt innerhalb der Randbedingungen.
Wärmepumpe verschieben	Verschiebt einen begrenzten Raumwärmeanteil; Warmwasser und thermische Energie bleiben erhalten.

13 Kosten, Tarife und Wirtschaftlichkeit

13.1 Investition und Betrieb

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
PV-Kosten	€/kWp und jährliche Betriebskosten; auswählen, welche PV-Anlagen in die Wirtschaftlichkeit eingehen.
Speicherkosten	€/kWh und Betriebskosten; bei mehreren Speichern explizit auswählen, welche berücksichtigt werden.
Ersatzspeicher	Preisrückgang als vereinfachte jährliche Lernrate. Ersatzzeitpunkt und Restwerte beeinflussen Kapitalwert.
Betrachtungszeitraum / Kapitalzins	Bestimmen Barwerte, Kapitalwert und dynamische Amortisation.
KI-Kostensuche	Unverbindliche Marktspanne, kein Angebot. Ausführung, Lieferumfang und Quellenstand prüfen.

13.2 Stromtarif und Einspeisung

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Festpreistarif	Konstanter Arbeitspreis einschließlich Steuern plus Grundpreis.
Dynamischer Tarif	Historische deutsche Börsenstrompreise 2025 plus fester Preisbestandteil. Außerhalb Deutschlands wird diese Option deaktiviert.
Keine Vergütung	Überschuss wird bilanziell abgeregelt beziehungsweise ohne Erlös behandelt.
Feste Einspeisevergütung	Jede vergütungsfähige kWh erhält den eingestellten Satz.
Nennleistungsbegrenzung	Begrenzt Einspeisung je Zeitschritt auf den gewählten Anteil der PV-Nennleistung.
Nullvergütung bei negativen Preisen	Einspeisung bleibt bestehen, negative Preisintervalle erhalten keinen Erlös.
Direktvermarktung	Börsenerlös plus Bonus abzüglich Vermarktungskosten als Szenario.

14 Berechnung, Modelle und Datenbasis

14.1 Berechnung starten

Der Button 3D-Verschattung und Ertrag berechnen führt zunächst schnelle Vollständigkeitsprüfungen durch. Danach werden Geometrie, Sonnenstände, Verschattung, PV-/Wechselrichtermodell, Verbraucher, Speicher, Tarife und Wirtschaftlichkeit serverseitig ausgewertet. Die Berechnung kann im Hintergrund weiterlaufen, wenn ein anderer Browser-Tab aktiv ist.

14.2 Wetter und Zeitachse

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Deutschland	Viertelstunden-Wetterjahr 2025 und deutsche Tarifdaten. Sommer-/Winterzeit wird auf einer physikalischen UTC-Achse korrekt abgebildet.
Andere Länder	Standortbezogene PVGIS-Daten des Referenzjahres 2018. Deutscher Börsenstrompreis ist nicht verfügbar.

14.3 PV- und Wechselrichtermodell

Das datenblattkalibrierte Ein-Dioden-Modell berechnet die nichtlineare Kennlinie aus Einstrahlung und Zelltemperatur. Temperaturkoeffizienten verankern die Kennwerte am Datenblatt. Administrativ kann für Vergleichszwecke das frühere lineare Modell aktiviert werden. Im einfachen Modus wird ein Wechselrichterwirkungsgrad ohne künstliche 10-kW-Clippinggrenze angesetzt.

14.4 3D-Schattenmodell

Dachflächen, Module, Verschattungsobjekte, Sonnenvektor, Strahl-Schnittpunkte und Bypasszustände werden serverseitig berechnet. Im Browser verbleiben Kamera, Farben, Transparenzen, Hilfslinien und Auswahl. Diffusstrahlung, Fernhorizont, Vegetationsdynamik, Schnee und Verschmutzung sind vereinfacht oder nicht enthalten.

15 Automatische Systemauslegung – vollständige Bedienung

Die automatische Systemauslegung verändert erst nach Auslegung übernehmen das eigentliche Projekt. Vor dem Start wird der vollständige Ausgangszustand gesichert. Schließen ohne Übernahme erhält sowohl die ursprüngliche als auch die optimierte Variante für das spätere Wiederöffnen des Dialogs.

15.1 Pflichtbestätigung und Optimierungsziel

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Referenzkanten bestätigt	Pflichtfeld. Start erst möglich, wenn alle gelb markierten Referenzkanten geprüft wurden.
Wirtschaftlichkeit	Bevorzugt den höchsten Kapitalwert unter den technisch zulässigen Kandidaten.
Hoher Autarkiegrad	Bevorzugt einen höheren Anteil selbst gedeckter Last. Mehr PV oder Speicher kann trotz schwächerer Rendite sinnvoll erscheinen.

15.2 Optimierung mit Versorgungsgruppen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Versorgungsgruppen einzeln optimieren	Vorhandene PV-Zuordnung und Modulpositionen bleiben. Je Gruppe werden aus den vorhandenen Modulen passende Teilmengen und Speicher bestimmt; Module dürfen nur entfallen. Hoch/Quer-Prüfung ist nicht sinnvoll und daher deaktiviert.
Dachbelegung und Aufteilung frei optimieren	Modulzahl, Belegung und Verteilung auf die Gruppen werden gemeinsam optimiert. Module dürfen neu gesetzt oder verschoben werden.
Keine Gruppen	Gesamtsystem wird als eine elektrische Bilanz optimiert.

15.3 PV-Anlagen festlegen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Fest	Aktuelle Modulbelegung bleibt vollständig unverändert.
Optimierbar – Hochkant	Dachfläche wird mit dem gewählten Modul ausschließlich im Hochformat geprüft.
Optimierbar – Quer	Dachfläche wird ausschließlich im Querformat geprüft.
Hoch/Quer prüfen	Beide Formate und – sofern aktiviert – automatische Orientierung je Reihe werden verglichen.
Nur vorhandene Module entfernen	Keine neue Position, kein Verschieben; nur Auswahl aus vorhandenen Modulen. Geometrische Optimierungsoptionen werden deaktiviert.
Abstände übereinander optimieren	Kann parallel zu anderen Geometrieoptionen aktiv sein; variiert Reihenabstände gegebenenfalls oberhalb des Mindestabstands, um mehr Module zu platzieren.
Reihen links/rechts verschieben	Verschiebt Reihen gegebenenfalls horizontal zur besseren Flächennutzung.
Modulausrichtung automatisch je Reihe	Nur bei Hoch/Quer prüfen; kombiniert zeilenweise Hoch- und Querformat.

Verwendetes Modul

Die Optimierung verwendet immer die im Tab Modul-Belegung ausgewählte und parametrierte Moduldefinition. Sie ersetzt das Modul nicht durch eine andere Leistungsklasse.

15.4 Wechselrichter festlegen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Bestehende Auslegung beibehalten	Nur verfügbar, wenn sämtliche PV-Anlagen geometrisch unverändert bleiben. Geräte und Stringzuordnung bleiben fest.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Alle typischen Wechselrichter frei auslegen	Prüft alle typischen Klein-, String- und Balkonwechselrichter, freie Geräteanzahl und Stringbelegung – nicht nur bereits angelegte Modelle.
Nur Balkonwechselrichter frei auslegen	Verwendet ausschließlich typische Mikro-/Balkonwechselrichter. Gerätezahl wird so bestimmt, dass keine ungenutzten Geräte erhalten bleiben.
Begrenztes AC-Clipping zulassen	Aktivierbare Checkbox mit frei einstellbarer nominaler DC/AC-Überdimensionierung; Standard 16 %. Keine feste Obergrenze. Spannung, Strom, Eingänge und DC-Leistung werden weiterhin geprüft.
Beispiel	0,8 kW × 1,16 = 0,928 kWp je Gerät. Zwei Module bis 464 Wp erfüllen damit die nominale Clippinggrenze, sofern die übrigen elektrischen Grenzen passen.

15.5 Batteriespeicher festlegen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Fest	Vorhandene Speicherinstanzen, Anzahl und Gruppenzuordnung bleiben erhalten.
Optimierbar	Vergleicht typische Größen und zulässige Geräteanzahlen mit vollständiger Ertrags-, Last-, Tarif- und Wirtschaftlichkeitsrechnung.
Finale Auswahl	Nach der Kandidatensuche wird die vollständige Simulation einschließlich Batteriespeicher-Vergleich ausgeführt. Ergebnistabelle, übernommene Speicherinstanz und spätere Berechnung verwenden denselben finalen Sieger.

15.6 Ablauf und Schaltflächen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Auslegung ermitteln	Erzeugt Kandidaten, prüft Geometrie und Elektrik, simuliert Finalisten und baut Vorher/Nachher-Ergebnisse auf. Bereits aktuelle Ausgangsergebnisse werden wiederverwendet, wenn keine Eingabe geändert wurde.
Vorher / Nachher	Kartenansicht der Modulbelegung und Verschattungswerte vor beziehungsweise nach der Optimierung.
Vollständige Ergebnisberechnung	Zeigt Kapitalwert, dynamische Amortisation, Autarkiegrad, Eigenverbrauchsquote und Netzbezug mit Ausgangs-, Änderungs- und Zielwert.
Auslegung übernehmen	Schreibt final dargestellte PV-, String-, Wechselrichter-, Speicher- und Gruppenzuordnung in das Projekt. Kabelführung und Montage erhalten bei möglicher Änderung den Hinweis prüfen.
Ursprüngliche Auslegung	Stellt den vollständigen vor der Optimierung gesicherten Zustand in allen Bereichen wieder her.
Schließen	Verändert das Projekt nicht. Bereits ermittelte ursprüngliche und optimierte Variante bleiben für den nächsten Dialogaufruf gespeichert.

15.7 Ergebnistabelle verstehen

Die Tabelle wird erst nach der finalen Simulation aufgebaut. Sie zeigt Vorher, Auslegung nach Optimierung sowie Änderung und Begründung. Wechselrichter werden geräteweise mit belegten Eingängen ausgewiesen; Geräte mit null belegten Eingängen werden nicht als Ergebnis ausgegeben. Speichertexte nennen Kapazität, Lade- und Entladeleistung nur einmal und zeigen bei Versorgungsgruppen die jeweilige Gruppe.

16 Ergebnisse: Verschattung, Ertrag und Elektrik

16.1 Empfohlene Reihenfolge

1. System- und Plausibilitätscheck lesen.
2. Generatorleistung, unverschatteten Ertrag und Verschattungs-/Stringverlust prüfen.
3. Zeitliche Heatmaps und Modulverluste je PV-Anlage prüfen.
4. 3D-Modell in Sonnenstands-Ansicht kontrollieren.
5. String- und Wechselrichterverluste einschließlich Clipping und MPPT-Grenzen prüfen.
6. Jahres- und Tagesprofile auf ungewöhnliche Verläufe prüfen.

16.2 Verschattungs-Heatmap und Modulkarte

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Zeitliche Heatmap	Zeigt Verschattung über Tag und Jahr. Nacht und Rückseitenzustände besitzen eigene Legendenkennungen.
Modulverluste	Jedes Modul wird anhand des einstrahlungsgewichteten jährlichen Verlustanteils eingefärbt und beschriftet. Zwischen PV-Anlagen kann umgeschaltet werden.
Mehrere Anlagen	Heatmaps werden je Anlage getrennt, die gemeinsame Modulkarte kann alle Anlagen zeigen.
0 % / 100 %	0 % bedeutet keine direkte geometrische Verschattung, 100 % vollständige Verschattung beziehungsweise vollständige Rückseitenbestrahlung im jeweiligen Kennwert.

16.3 Interaktives 3D-Modell

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Saisonbuttons / Datum	Wählen repräsentative Stichtage oder jeden Tag des Jahres 2025.
Sonnenbahn-Schieberegler	Verschiebt die Sonne entlang der Tagesbahn und aktualisiert Schatten sowie Bypass-Färbung.
Sonnenstands-Ansicht	Richtet die Kamera auf den aktuellen Sonnenstand aus.
Maße anzeigen	Blendet geometrische Abmessungen ein.
Zoom / Kamera zurücksetzen	Ändert die Modellansicht, nicht die Berechnung.
Schwarze Teilbereiche	Ein Bypass-Teilbereich wird vollständig markiert, sobald sein Polygon vom Schattenraum getroffen wird. Bei Ost/West zählt Rückseitenbestrahlung zusätzlich als vollständig betroffen.

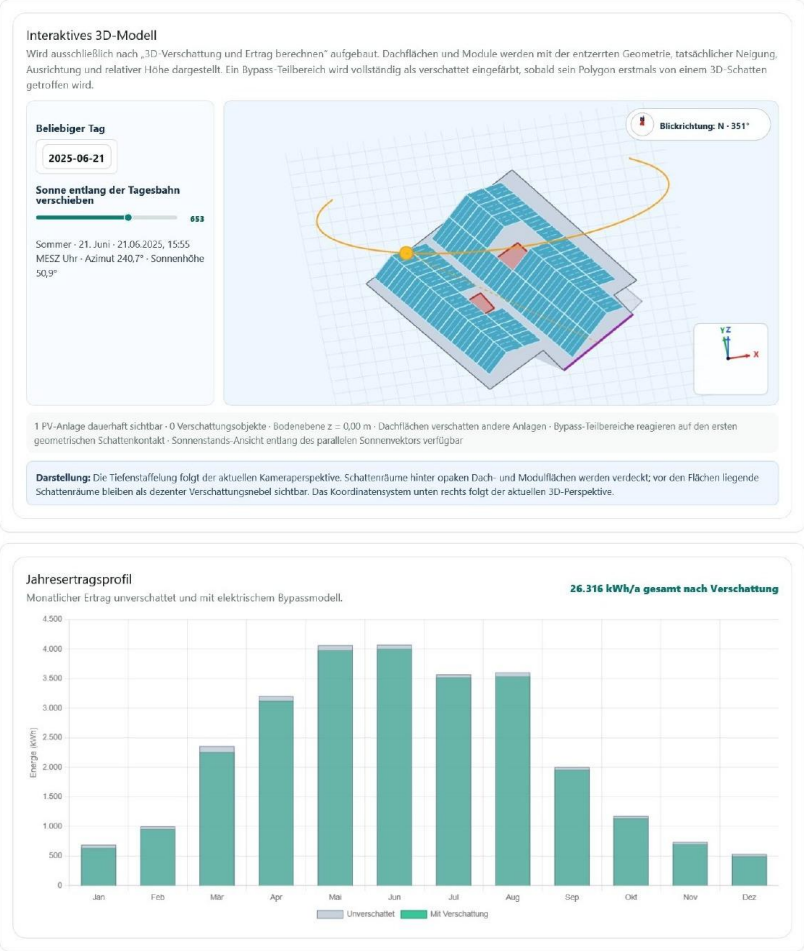

Abbildung 8: Interaktives 3D-Modell und Jahresertragsprofil eines Flachdachsystems

16.4 String- und Wechselrichterverluste

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Maximal möglicher Ertrag	Referenz vor Verschattung und elektrischen Betriebsgrenzen.
Verschattung	Elektrisch wirksamer Verlust aus Teilbereichen, Bypass und Stringzusammenhang.
MPPT-/Eingangsgrenzen	Energieverlust plus Stunden unter Mindestspannung, über Maximalspannung und über Maximalstrom.
Wechselrichter-Betrieb	MPP-Tracking, DC-Begrenzung, Anlauf und DC/AC-Umwandlung.
AC-Clipping	PV-Leistung oberhalb der wirksamen AC-Grenze. Clipping ist nicht automatisch ein Fehler; Häufigkeit und Jahresenergieverlust sind entscheidend.
Gesamt-Verluste	Differenz zwischen maximal möglichem und tatsächlichem Ertrag. Einzelverluste können sich zeitlich überlagern und sind nicht immer streng additiv.
Zeitliche Verlust-Heatmap	Beim Überfahren einer Tabellenzeile wird der String auf der Karte hervorgehoben und seine Verlustheatmap angezeigt.

16.5 Interaktives 3D-Modell

Drehen, zoomen, Sonnenstands-Ansicht, Referenzpunkt und Maße dienen der geometrischen Kontrolle. Prüfen, ob Dachflächen, relative Höhen, Module und Hindernisse räumlich plausibel liegen. Die Grafik ist eine Visualisierung der serverseitig berechneten Geometrie.

17 Ergebnisse: Versorgung, Speicher und Wirtschaftlichkeit

17.1 Energieverbräuche und Versorgung

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Strombedarf gesamt	Summe aller aktivierten elektrischen Verbraucher einschließlich Lade- und Umwandlungsverlusten.
PV-Eigenverbrauch	PV-Energie, die direkt oder über Speicher im System genutzt wird.
Netzbezug	Aus dem öffentlichen Netz bezogene Energie.
Einspeisung	Vergütungsfähiger oder unvergüteter Überschuss nach Begrenzungen.
Autarkiegrad	Anteil des Verbrauchs, der durch PV und Speicher gedeckt wird.
Eigenverbrauchsquote	Anteil der PV-Erzeugung, der im System genutzt wird.

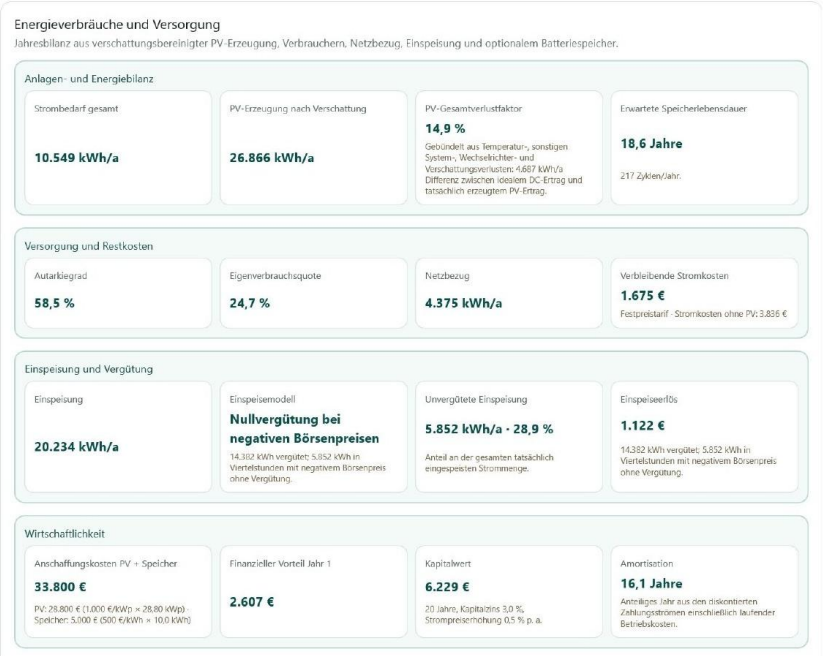

Abbildung 9: Jahresbilanz und drei Kuchendiagramme für Bedarf, Deckung und PV-Verwendung

17.2 Energy Flow Chart und monatliche Energieflüsse

Das interaktive Diagramm zeigt Jahresflüsse zwischen PV, Netz, Batterie, Haushalt, E-Auto und Wärmeversorgung. Ein Klick auf eine Komponente öffnet Kennwerte und Erläuterungen. Im PDF wird die aktuelle Desktop-Darstellung als statisches Bild eingebettet. Das Monatsdiagramm vergleicht Quellen, Verbraucher, Einspeisung und technische Verluste.

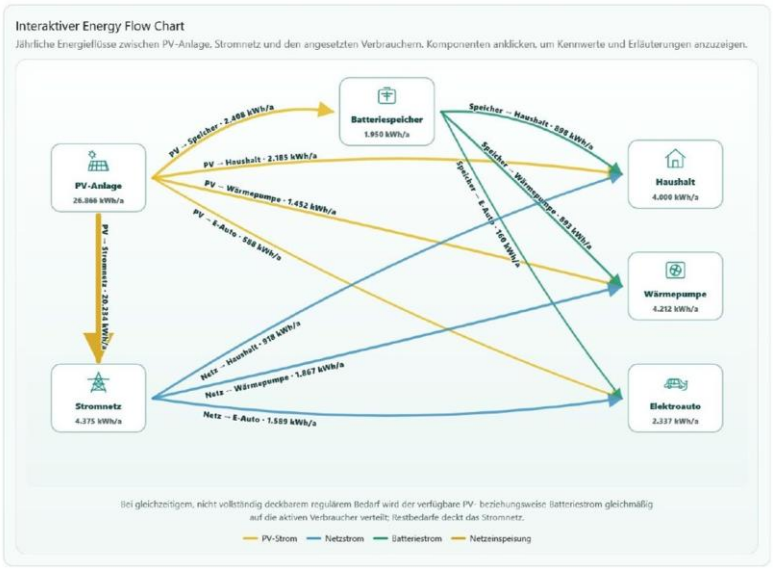

Abbildung 10: Jährlicher Energy Flow Chart

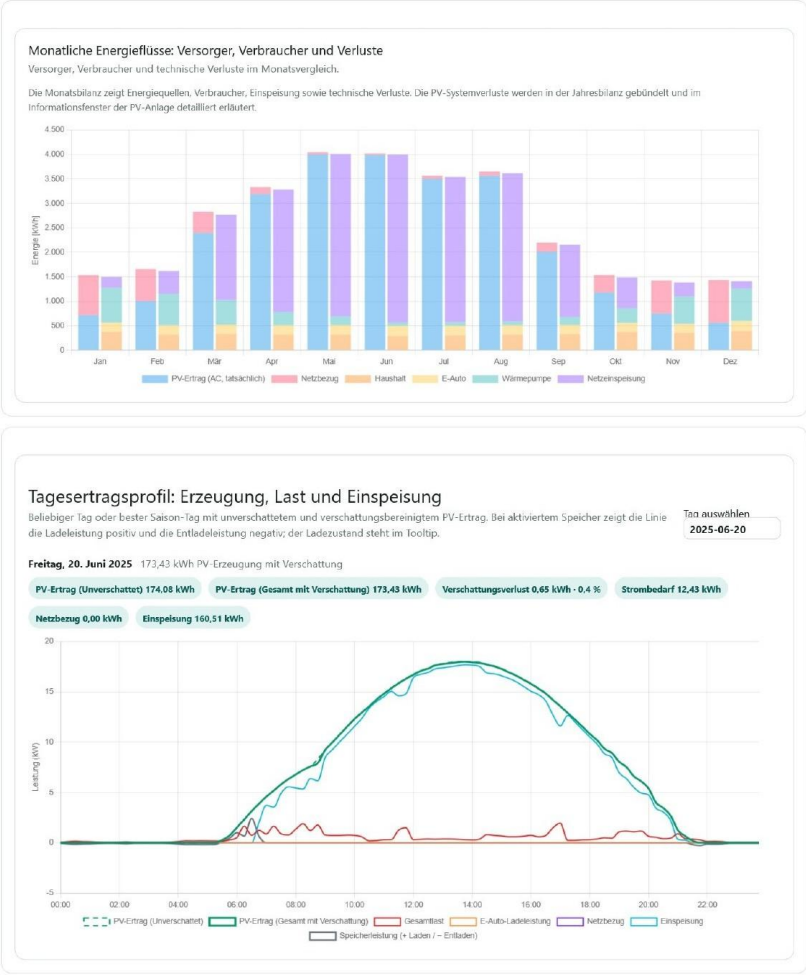

Abbildung 11: Monatliche Energieflüsse und Tagesertragsprofil

17.3 Batteriespeicher-Optimierung

Ohne Versorgungsgruppen wird das zusammengefasste Speichersystem verglichen. Mit Gruppen kann zwischen den Versorgungsgruppen umgeschaltet werden. Aktuelle Auslegung, höchster Kapitalwert und beste Einzelwerte sind farblich markiert. Kapazität, Leistung, Zyklen, Autarkie, Eigenverbrauch, Kapitalwert und Amortisation gemeinsam beurteilen.



Batteriespeicher-Optimierung

Vergleich des aktuell eingestellten Speichers mit bis zu drei unmittelbar kleineren und drei unmittelbar größeren Modellen aus der Auswahl „Typische Batteriespeicher". Kapazität sowie Lade- und Entladeleistung werden mit den konkreten Werten der jeweiligen Speichervorlage berechnet.

Verglichener Ausgangsspeicher: 10,0 kWh / 5,0 kW

Unter den 7 hier dargestellten Speichervarianten erreicht Typischer Heimspeicher · 7,5 kWh · 5,0 kW den höchsten Kapitalwert von 6.410 €. Verglichen werden der aktuelle Speicher sowie bis zu drei benachbarte typische Modelle darunter und darüber.

Variante	Speicher	Amortisation	Eigenverbrauch	Autarkiegrad	Kapitalwert	Lebensdauer	Zyklen/ Jahr
Typischer Heimspeicher · 5,0 kWh · 5,0 kW	5,0 kWh 5,0 kW Laden · 5,0 kW Entladen	**15,8 Jahre** Δ -0,3 J.	21,1 % Δ -3,6 %-Pkt.	51,1 % Δ -7,5 %-Pkt.	6.281 € Δ +53 €	17,4 Jahre	259
Typischer Heimspeicher · 7,5 kWh · 3,5 kW	7,5 kWh 3,5 kW Laden · 3,5 kW Entladen	15,9 Jahre Δ -0,2 J.	23,0 % Δ -1,7 %-Pkt.	55,0 % Δ -3,5 %-Pkt.	6.365 € Δ +136 €	18,1 Jahre	234
Typischer Heimspeicher · 7,5 kWh · 5,0 kW Höchster Kapitalwert	7,5 kWh 5,0 kW Laden · 5,0 kW Entladen	15,8 Jahre Δ -0,2 J.	23,1 % Δ -1,6 %-Pkt.	55,2 % Δ -3,4 %-Pkt.	**6.410 €** Δ +182 €	18,1 Jahre	236
Typischer Batteriespeicher Aktuell	10,0 kWh 5,0 kW Laden · 5,0 kW Entladen	16,1 Jahre	24,7 %	58,5 %	6.229 €	18,6 Jahre	217
Typischer Leistungsspeicher · 10,0 kWh · 10,0 kW	10,0 kWh 10,0 kW Laden · 10,0 kW Entladen	16,0 Jahre Δ -0,1 J.	24,8 % Δ +0,2 %-Pkt.	58,8 % Δ +0,3 %-Pkt.	6.353 € Δ +124 €	18,5 Jahre	220
Typischer Heimspeicher · 12,5 kWh · 5,0 kW	12,5 kWh 5,0 kW Laden · 5,0 kW Entladen	16,4 Jahre Δ +0,3 J.	26,1 % Δ +1,4 %-Pkt.	61,4 % Δ +2,8 %-Pkt.	5.895 € Δ -333 €	19,0 Jahre	200
Typischer Heimspeicher · 12,5 kWh · 7,5 kW	12,5 kWh 7,5 kW Laden · 7,5 kW Entladen	16,3 Jahre Δ +0,2 J.	**26,2 %** Δ +1,6 %-Pkt.	**61,7 %** Δ +3,2 %-Pkt.	5.975 € Δ -254 €	19,0 Jahre	203

Abbildung 12: Batteriespeicher-Optimierung mit konkreten typischen Nachbarvarianten

17.4 Wärmeversorgung, E-Auto und Energiemanagement

Eigene Ergebnisbereiche zeigen Bedarf, PV-/Speicher-/Netzanteile und technologiebezogene Kennwerte. Energiemanagement wird gegen denselben Fall ohne Steuerung verglichen. Die Summe der Einzelwirkungen kann größer als die gemeinsame Wirkung sein, weil Strategien dieselben verschiebbaren Energiemengen nutzen.

17.5 Wirtschaftlichkeit

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Kapitalwert	Barwert aller Ein- und Auszahlungen abzüglich Investition. Positiv bedeutet unter den Annahmen einen Mehrwert gegenüber der Referenz.
Dynamische Amortisation	Zeitpunkt, an dem der abgezinste kumulierte Zahlungsstrom positiv wird.
Jährlicher Vorteil	Vermiedener Bezug plus Einspeiseerlös abzüglich laufender Kosten.
Sensitivität	Tarif, Ertrag, Investition, Zins, Degradation und Ersatzkosten können das Ergebnis stark verändern.

17.6 System- und Plausibilitätscheck

Der Systemcheck bewertet Komponenten, Anlagenkonfiguration und Jahresergebnisse. Hinweise werden als plausibel, Information, prüfen oder Handlungsbedarf gruppiert. Typische Themen sind Modul-/Wechselrichtergrenzen, Speichergröße, Ertragsniveau, Verschattung, Tarif, Einspeisung und noch erforderliche Prüfungen vor Bestellung.

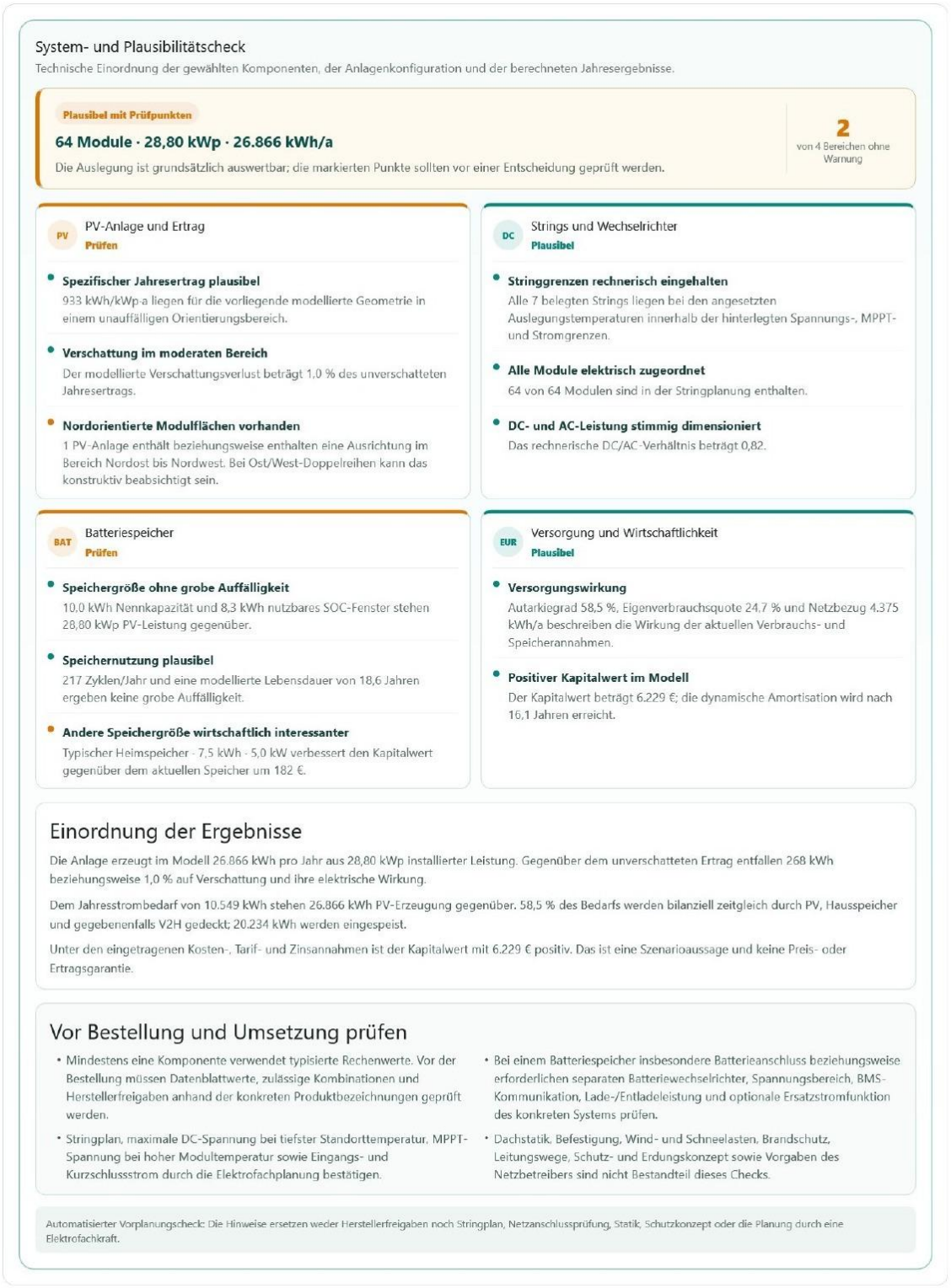

Abbildung 13: System- und Plausibilitätscheck mit Einordnung und nächsten Schritten

18 Materialliste, PDF-Bericht und Export

18.1 Materialliste

Die Materialliste ordnet PV-Module, Wechselrichter, DC-Kabel/Kabelführung, Montageschienen, Klemmen/Befestiger und Batteriespeicher. Ergänzend nennt sie mögliche, noch nicht dimensionierte Komponenten wie Gerüst, Optimierer, Schaltschrankbauteile, Schutzorgane, Erdung, Energiemanagement und Speicherinstallationszubehör.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
CSV	Deutsche UTF-8-CSV mit Semikolontrennung für Excel. Enthält Umlaute korrekt, jedoch bewusst keine Excel-Formatierung.
Schienen	Zusammenhängende Läufe gelten nach manueller Verlängerung als eine Schiene; Lieferstücke werden separat abgeleitet.
Kabel	Längen pro Stringende einschließlich Dach-, Zusatz- und Innenweg; keine Querschnittsdimensionierung.
Planungsgrenze	Liste ist Vorabschätzung und kann projektabhängig weitere Komponenten erfordern.

18.2 PDF-Bericht konfigurieren

Bericht als PDF öffnet zunächst eine Auswahl für Planung, Verbraucher/Kosten/Management und Ergebnisse. Jede Gruppe besitzt Alle auswählen/abwählen. Deckblatt und rechtliche Hinweise werden automatisch eingebunden, ohne separaten Hinweis im Dialog.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Abschnitts-Checkboxen	Steuern, welche Eingabe- und Ergebnisbereiche in den Bericht gelangen. Nicht aktivierte Verbraucher oder Funktionen werden unabhängig davon nicht ausgegeben.
Freie Textseite nach Deckblatt	Optionaler formatierter Text auf maximal einer A4-Seite. Inhalt und Aktivierungsstatus werden gespeichert.
Freie Textseite am Ende	Optionaler formatierter Text auf maximal einer A4-Seite als Abschluss des PDF-Berichts.
Serverseitige Erstellung	Textbasierter Bericht mit ausgewählten Karten-/3D-Grafiken. Die Erstellung läuft im Hintergrund weiter, auch bei einem Tabwechsel.
Projektarchiv	Erstellte PDFs werden dem Projekt zugeordnet und können aus Konto & Projekte erneut geöffnet werden.

19 Plausibilitätsprüfung und Fehlerhilfe

19.1 Vor jeder Berechnung

- ☐ Richtige Adresse, Kartenquelle und Dachflächen?
- ☐ Referenzkante, Dachneigung und relative Höhen geprüft?
- ☐ Moduldefinition, Maße, Leistung, Halb-/Vollzelle und Bypassdioden korrekt?
- ☐ Sperrflächen und Verschattungsobjekte vollständig?
- ☐ Strings elektrisch zulässig und Wechselrichtergeräte plausibel?
- ☐ Kabelführung und Montage nach letzter Optimierung geprüft?
- ☐ Verbraucher, Speicher, Versorgungsgruppen und Tarife vollständig?
- ☐ Projekt gespeichert?

19.2 Typische Meldungen

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Referenzkante fehlt	Im Tab Modul-Belegung setzen und gelbe Kante prüfen.
Versorgungsgruppen unvollständig	Nicht zugewiesene Komponenten in den drei Spalten ergänzen oder Gruppenzuordnung zu Versorgungsgruppen deaktivieren.
Keine elektrisch zulässige Auslegung	Moduldaten, Stringlänge, MPPT, Strom, Eingangszahl und gewählten Wechselrichtermodus prüfen. Balkonwechselrichter sind nicht automatisch für jede Modulzahl und Spannung zulässig.
Vollständige Ergebnisberechnung fehlgeschlagen	Projektzustand speichern, Eingaben auf fehlende Zuordnung prüfen und erneut starten. Fehlerprotokoll und Berechnungsstatus enthalten den betroffenen Schritt.
Cookie-Prüfung fehlgeschlagen	Sitzung/Nonce wird automatisch erneuert und der Vorgang erneut ausgeführt. Bei dauerhafter Meldung Seite neu laden und Anmeldung prüfen.
HTTP 504	Zeitüberschreitung zwischen dem Host und dem Rechenserver. Große Modulzahl, hohe Verschattungsauflösung, viele Objekte und Stringsimulation erhöhen die Laufzeit.
Projekt zu groß	Projektzustand enthält Geometrien, Zeitreihen, Ergebnisgrafiken und Bearbeitungshistorien. Aktuelle Speicherung komprimiert und entfernt reproduzierbare Zwischenstände.
PDF konnte nicht erstellt werden	Berechnungsstatus, serverseitiges PDF-Protokoll und optionale Bildaufnahme prüfen; Projekt bleibt unverändert.

20 Modellgrenzen, Fachplanung und rechtliche Einordnung

Der Solarrechner ist ein leistungsfähiges Vorplanungs- und Variantenwerkzeug. Er kann hochwertige Entscheidungsgrundlagen liefern, ersetzt aber keine projektspezifische Fachplanung und keine Genehmigung.

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Geometrie	Satellitenbilder liefern keine verlässlichen Höhen und Dachneigungen. Aufmaß, Dachzustand und verdeckte Bauteile sind vor Ort zu prüfen.
Ertrag	Durch das Wetterjahr, Verschmutzung, Schnee, Alterung, Reflexionen und variierende Strahlungsanteile kann der Ertrag im realen Betrieb von der Simulation abweichen.
Elektrik	Herstellerkennlinien, parallele MPPT-Belegung, Leitungsquerschnitte, Spannungsfall, Schutz und Selektivität benötigen Elektroplanung.
Montage	Statik, Wind-/Schneelast, Sparrenlage, Klemmzonen, Dachhaken, Ballastierung, Schrauben und Systemfreigaben werden nicht verbindlich dimensioniert.
Wirtschaftlichkeit	Preise, Tarife, Steuern, Förderungen, Vergütungen, Finanzierung und Nutzungsverhalten können sich ändern.
Recht	Netzanschluss, Messkonzept, baurechtliche Vorgaben und aktuelle Regelwerke sind extern zu klären.

Keine verbindliche Entscheidung

Investition und Ausführung nur auf Grundlage eines Vor-Ort-Aufmaßes, konkreter Datenblätter, aktueller Angebote und der Prüfung durch qualifizierte Fachpersonen.

Anhang A Glossar und Farblegende

Feld / Funktion	Bedeutung und Anwendung
Autarkiegrad	Anteil des Strombedarfs, der durch PV und Speicher gedeckt wird.
Eigenverbrauchsquote	Anteil der PV-Erzeugung, der im eigenen System genutzt wird.
AC-Clipping	Begrenzung der Ausgangsleistung am Wechselrichter.
Bypass-Diode	Überbrückt einen Zellteilstring bei ungünstigem Stromzwang.
MPPT	Regelung des elektrischen Arbeitspunkts innerhalb eines Spannungsfensters.
SOC	Ladezustand eines Batteriespeichers (SOC steht für State of Charge).
STC	Standard-Testbedingungen: 1.000 W/m², 25 °C Zelltemperatur, Air Mass 1,5.
Vollbenutzungsstunden	Jahresenergie geteilt durch die maximale Leistung; rechnerische Stunden bei Volllast.

A.1 Kartenfarben

Farbe	Bedeutung
Magenta	Dachpolygon
Gelb	Referenzkante
Rot transparent	Sperrfläche oder ungültiges Modul
Türkis	PV-Modul
Stringfarben	Elektrische Stringzuordnung
Grau/Blau bei Montage	Automatische beziehungsweise manuelle Schienenanteile
Orange / Blau	End- beziehungsweise Mittelklemmen je nach Legende

Dokumentationsgrundlage

Dieses Handbuch basiert weitestgehend auf dem Stand der Version 3.4.58. Bildschirmdarstellung und Funktionsumfang können in späteren Versionen abweichen.