

Digitaler Photovoltaik Verleger - Demonstrator

Johanna Markus
Sophia Markus

08.02.2023

johanna.c.markus@gmail.com

sophia.markus@web.de

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektseminars „Mehr Solarenergie = weniger Denkmalschutz?“ am *Karlsruher Institut für Technologie* (KIT) in Kooperation von *Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft* (ZAK) mit dem *Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel* (KAT), dem *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse* (ITAS) sowie der *Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit*.

Als Praxispartner waren die *Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur* (KEK) sowie Vertreter*innen von Denkmalschutzbehörden eingebunden.

Die Veranstaltung ist Teil des Projekts „Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz“ (KARLA).



Dozenten: Andreas Seebacher, Marius Albiez, Volker Stelzer

Digitaler Photovoltaik-Verleger © 2023 von Johanna Markus, Sophia Markus ist lizenziert unter [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1 PROJEKT

Besitzer*innen von denkmalgeschützten Gebäuden brauchen für eine Solaranlage konkrete Entscheidungsgrundlagen und Darstellungen, um mit der Behörde ins Gespräch zu treten und mögliche Lösungen zu finden.

Es gibt bereits einige Tools, die die Eignung eines Daches für Solarenergie veranschaulichen. So, z.B. der Solarkataster des LUBW (Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg) bietet eine Solarpotentialkarte und einen Wirtschaftlichkeitsrechner, die Verlegungsoptionen sind jedoch nur rudimentär vorhanden und von dem/der Nutzer*in nur eingeschränkt anpassbar. Die Dachflächenerkennung ist ungenau, es gibt keine Solarmodulauswahl und die Darstellung ist für die Entscheidungsfindung wenig hilfreich.

Die SolarApp, ein ähnliches Werkzeug für die Produkte von Megasol, hingegen bietet eine manuelle Flächeneingabe auf einem Luftbild an. Dies ist für den/die Nutzer*in zwar aufwändiger, bringt jedoch auch bessere Ergebnisse. Auch die Solarmodulverlegung ist besser anpassbarer und ermöglicht sogar die Auswahl zwischen verschiedenen Modulen des Herstellers. Insgesamt ist die Programmierung des Tools noch etwas unausgereift und auch die finale Darstellung der Dächer ähnlich hilfreich wie bei dem Solarkataster der LUBW.



Fig.1: LUBW-Solarkataster
Solarpotentialkarte - Umso wärmer die
Farbe, desto größer ist das Solarpotential

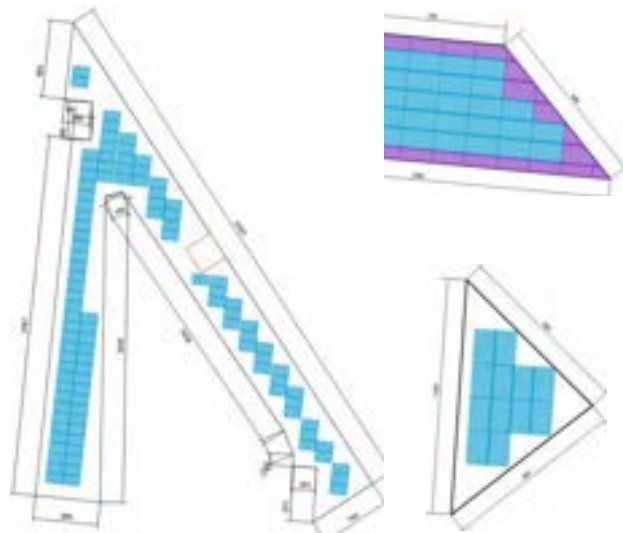


Fig.2: SolarApp für Megasol-Produkte
Darstellung der verlegten Module

Deshalb haben wir uns überlegt, was für Funktionen ein Programm benötigt um Eigentümer*innen eine Vorstellung von ihrem PV-Projekt, ihren Möglichkeiten und eine bessere Argumentationsgrundlage mit dem Denkmalamt zu geben.

2 METHODIK

Als Grundlage haben wir online Solar-Tools verglichen. Dann die grundlegenden Verlegungsparameter und Solarmodule in Richtlinien, DINs und Anwendungen online recherchiert und Kartenmaterial von der Stadt Karlsruhe und dem Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg angefragt.

Schließlich haben wir ein Tool entworfen. Zunächst versuchten wir das Tool selbst zu programmieren, aber es wurde bald klar, dass das im zeitlichen Rahmen des Seminars nicht möglich ist. Deshalb haben wir einen Demonstrator für unseren digitalen PV-Verleger erstellt, der die Benutzeroberfläche und hilfreiche Funktionen zeigt.

Die dargestellten Beispiele haben wir mithilfe von CAD und Photoshop erzeugt und Werte am Beispiel des Rathauses West von Karlsruhe errechnet.

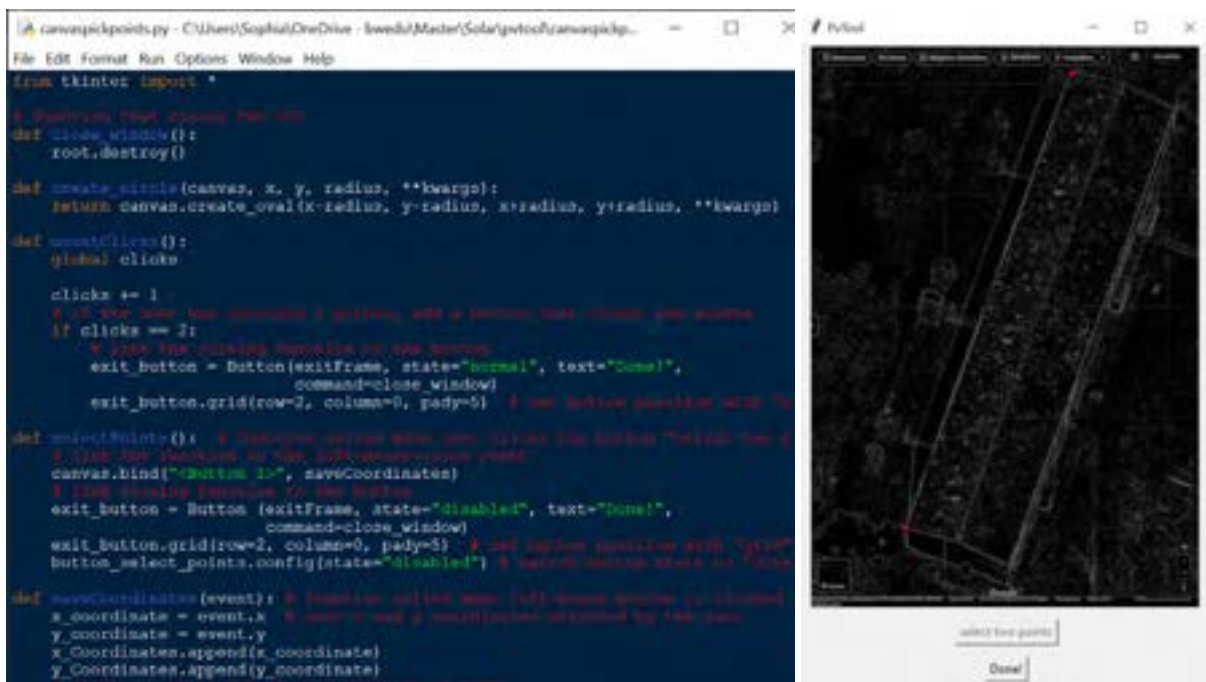


Fig. 3: Ausschnitt des Programmierversuche - Dachflächeneingabe

3 DIGITALER PV-VERLEGER – DEMONSTRATOR

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im folgenden Abschnitt auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

HOMEPAGE



Hier hat man die Option das Verleger-Tool zu starten, ein bereits bestehendes Projekt zu öffnen oder zur eingebettete PV-Modul-Bibliothek gehen.

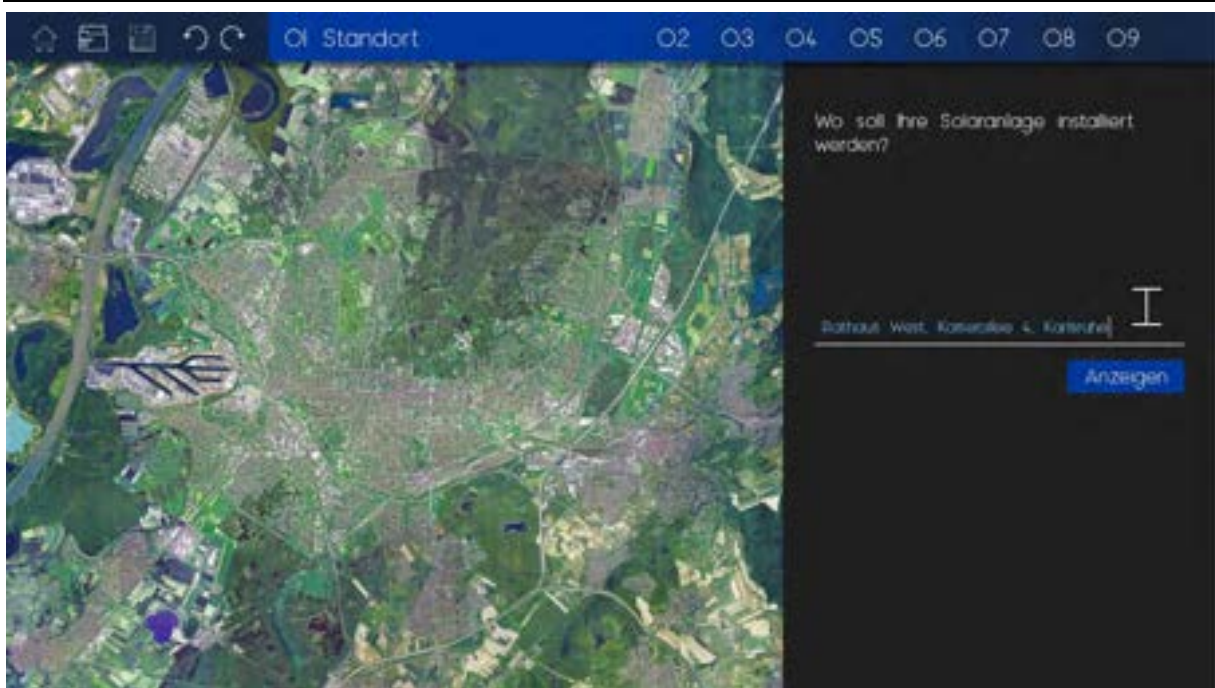
ÜBERSICHT

Mit „Verleger starten“ zeigt das Programm zunächst eine Übersicht der Schritte:



Links in der Menü-Bar kann mit dem Haussymbol zur Homepage zurückkehren, ein Projekt öffnen, das vorliegende Projekt speichern oder Arbeitsschritte rückgängig machen und wiederholen. Rechts daneben wird angezeigt in welchen Arbeitsschritt man sich befindet.

01 STANDORT



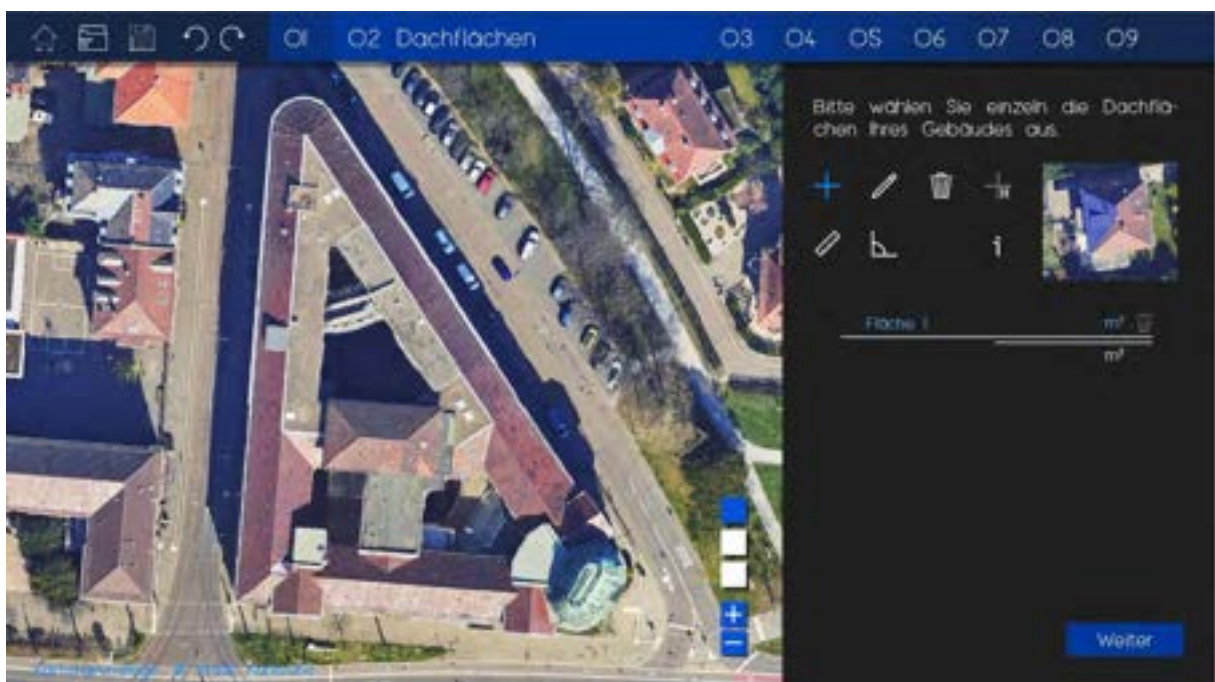
Im ersten Schritt sucht das Programm die Adresse.

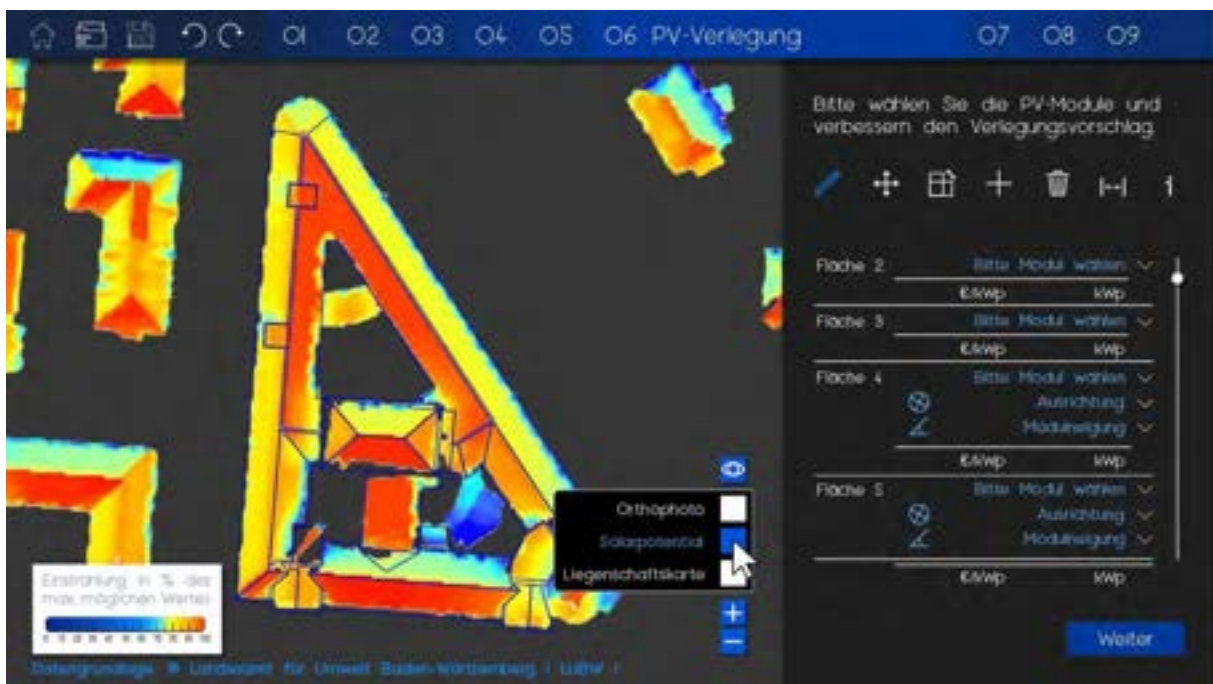
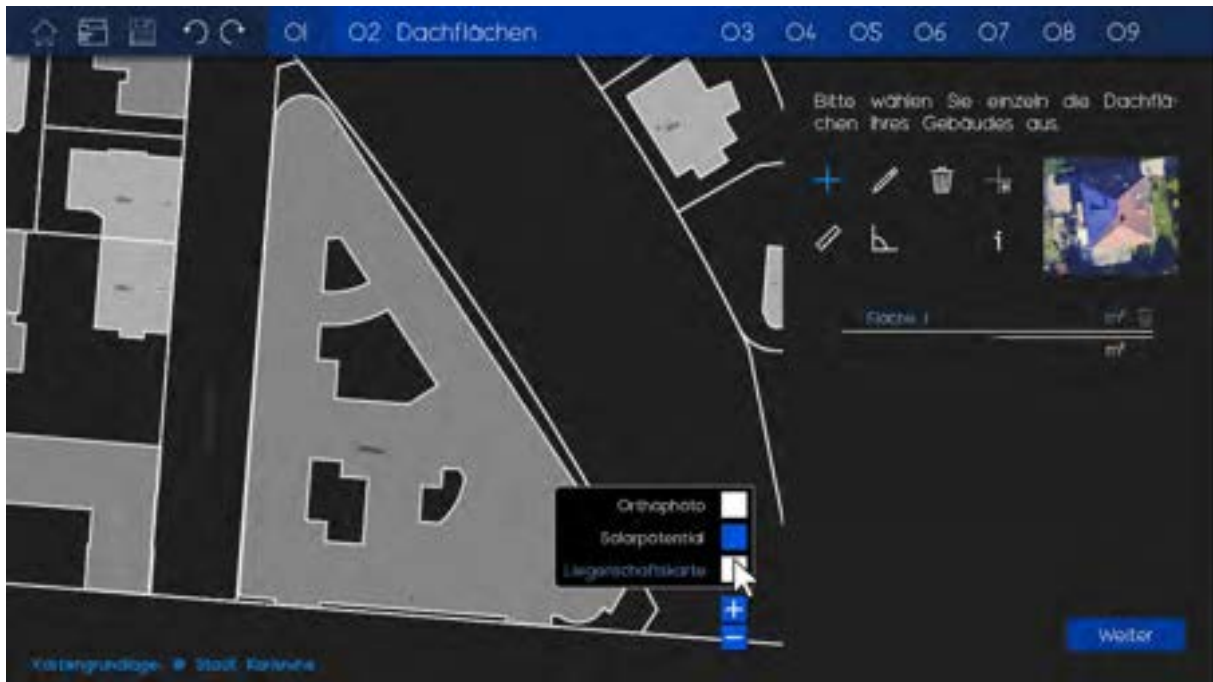
Hinterlegtes Material:

- Karte mit hinterlegten Adressen

Aufbau der Oberfläche:

Auf der rechten Seite sind die Aufgabenstellung, die Werkzeuge und die Ergebnisse und auf der linken Seite ist das Plan- und Bildmaterial.





Der Nutzer kann zwischen verschiedene Karten wechseln:

Das Orthofoto, also ein Luftbild orthogonal zum Boden und verzerrungsfrei, ist als Standardkarte ausgewählt.

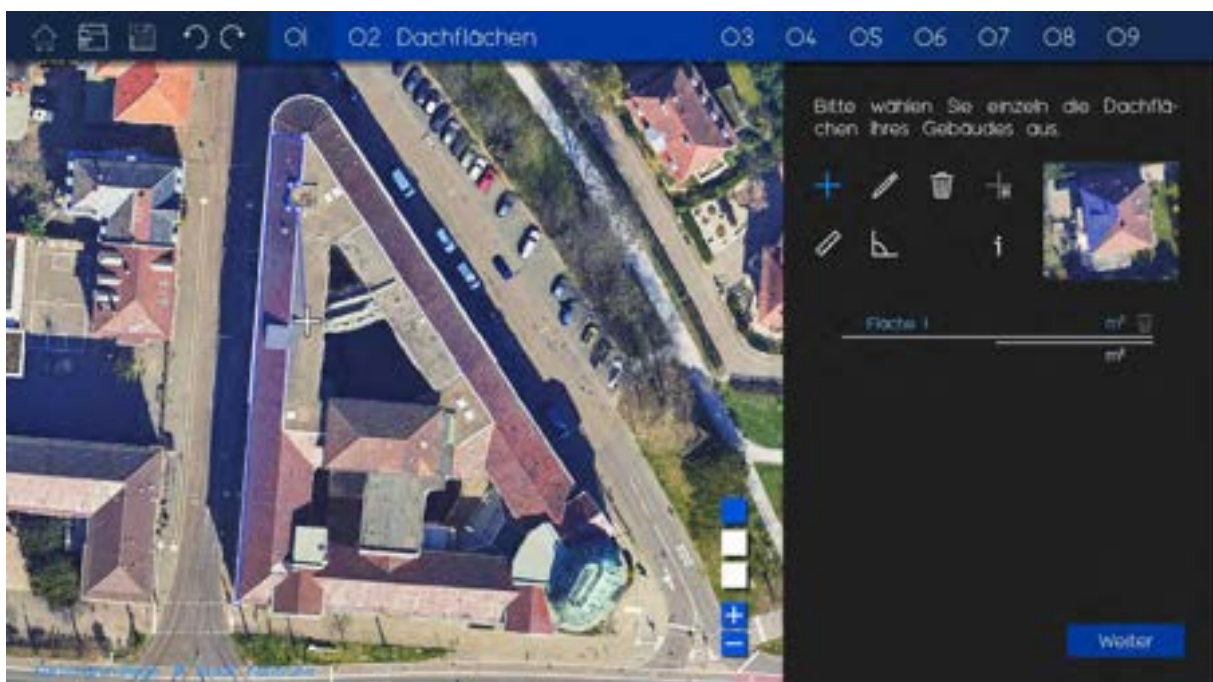
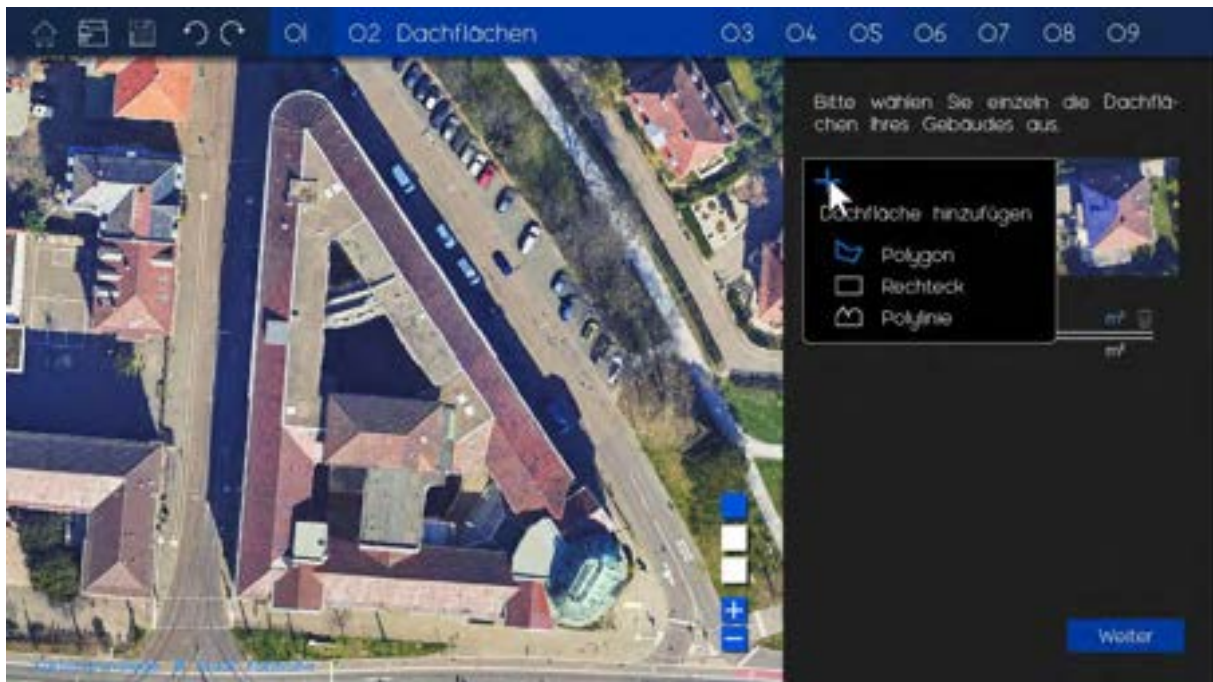
Die Solarpotenzialkarte (in 06 zu sehen) hilft dabei zu entscheiden, welche Dachflächen für eine solare Nutzung sinnvoll sind.

Und schließlich eine Liegenschaftskarte, sollte das Orthofoto verschattet sein oder zum Erkennen verschiedener Wohneinheiten bei Reihenhäusern.

Heranzoomen oder Wegzoomen ist durch das Plus und das Minus unterhalb der Kartenauswahl oder alternativ mit dem Mausrad möglich.

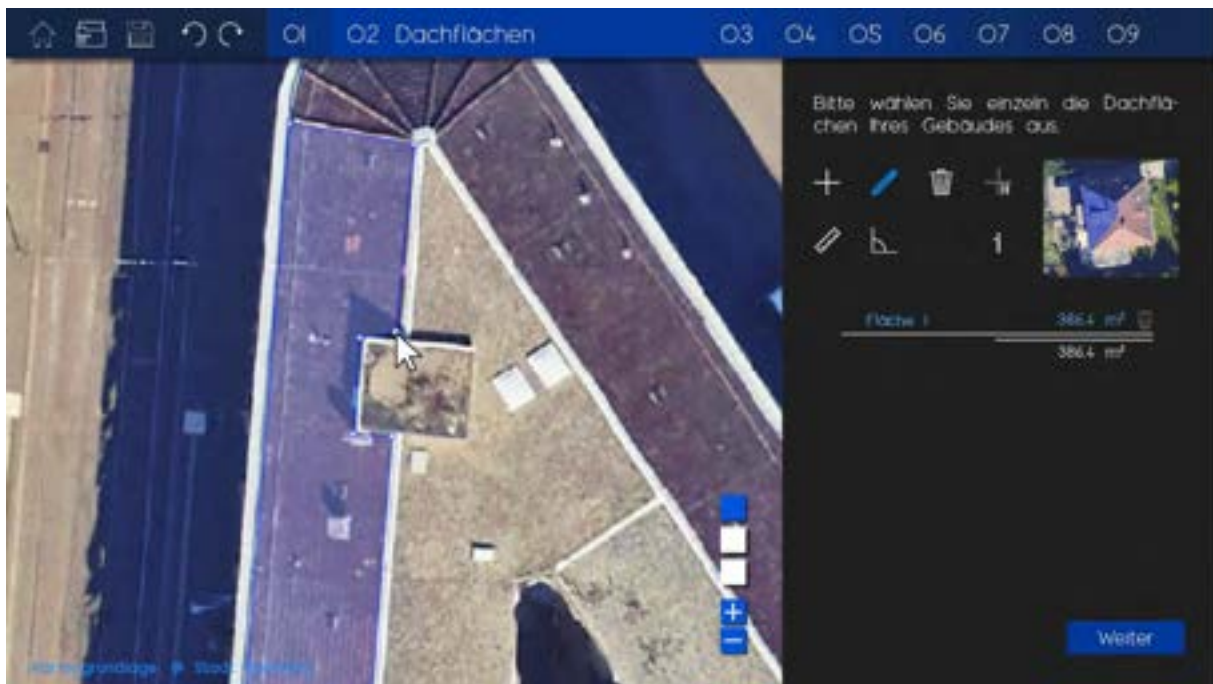
02 DACHFLÄCHEN

Im zweiten Schritt werden die Dachflächen angegeben. Dafür gibt es eine Reihe an Werkzeuge:

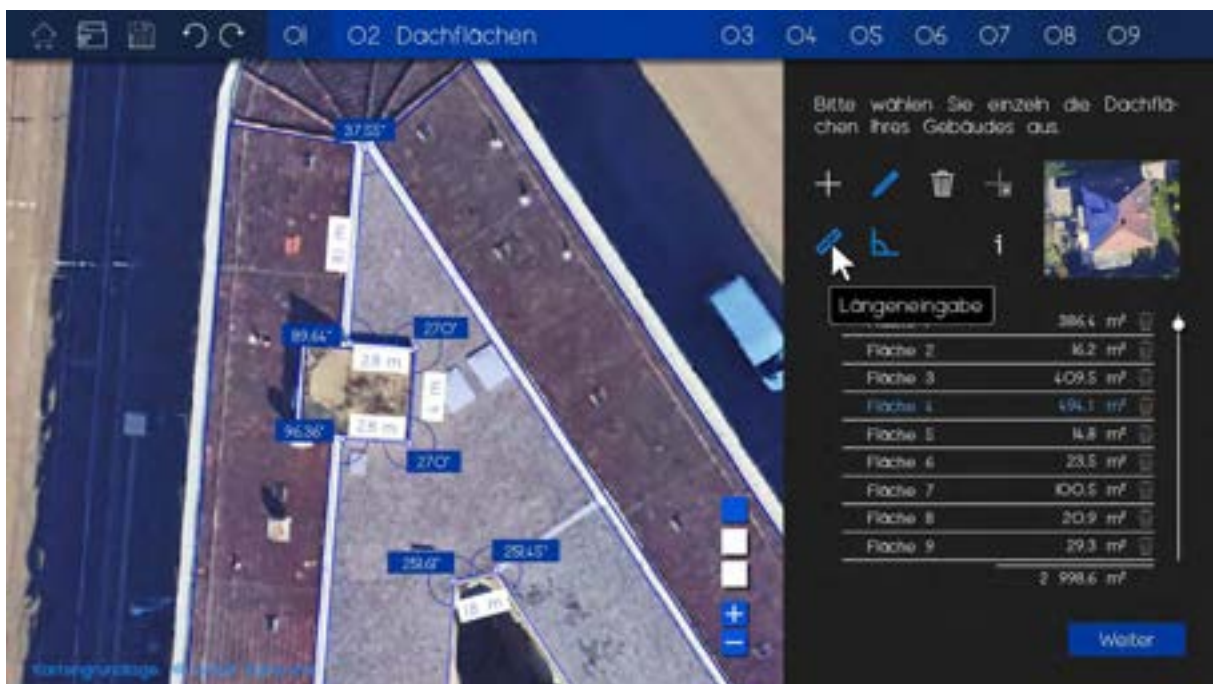


Mit Plus erstellt der Nutzer eine neue Fläche, indem er die Eckpunkte der Dachflächen, die er belegen möchte, angibt.

Andere Programme ermitteln die Flächen automatisch selbst. Das ist gerade bei komplizierteren Flächen ungenau und sollte das Programm die Flächen falsch erkennen, dann wäre das Programm für den Nutzer nicht verwendbar.



Sobald eine Dachfläche erzeugt wurde, wird sie auch in der Tabelle auf der rechten Seite angezeigt. Die Dachfläche kann dann auch dort oder auf der Karte wieder ausgewählt werden. Mit dem Stift können dann Eckpunkte versetzt werden und mit dem Mülleimer Flächen gelöscht werden. Zur Hilfe kann der Nutzer mit dem gestrichelten Kreuzsymbol mit H Hilfslinien und andere Hilfsformen erstellen.



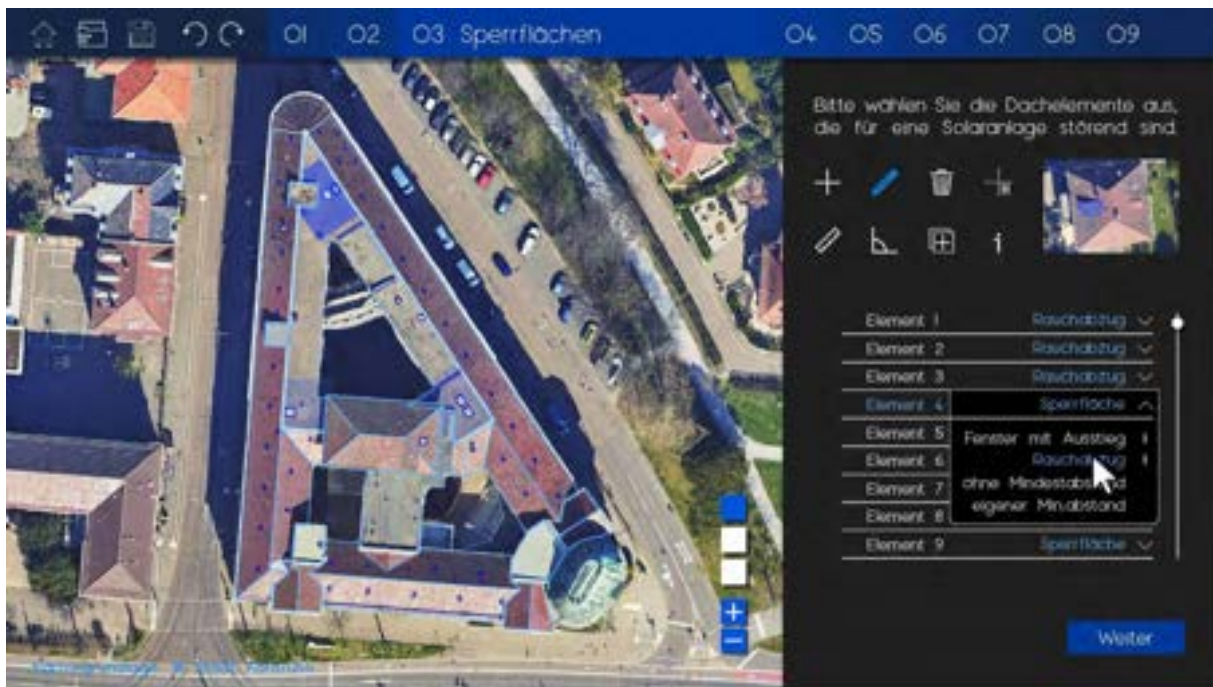
Wenn das Linear- oder das Winkelsymbol ausgewählt ist, werden auf der Karte die Längen und Winkel angezeigt und können per Eingabe angepasst werden falls genauere Daten vorhanden sind.

Das Drücken des i-Zeichens ruft ein Popup-Fenster auf, das weitere Informationen zum Arbeitsschritt und den Werkzeugen enthält.

Hinterlegtes Material:

- mit Koordinaten hinterlegtes, maßstabgerechtes Orthofoto (zur Berechnung der Längen der Flächen)
- Solarpotenzialkarte
- Liegenschaftskarte

03 SPERRFLÄCHEN



Flächen, auf denen keine PV-Anlagen gestellt werden können, werden hier angegeben.

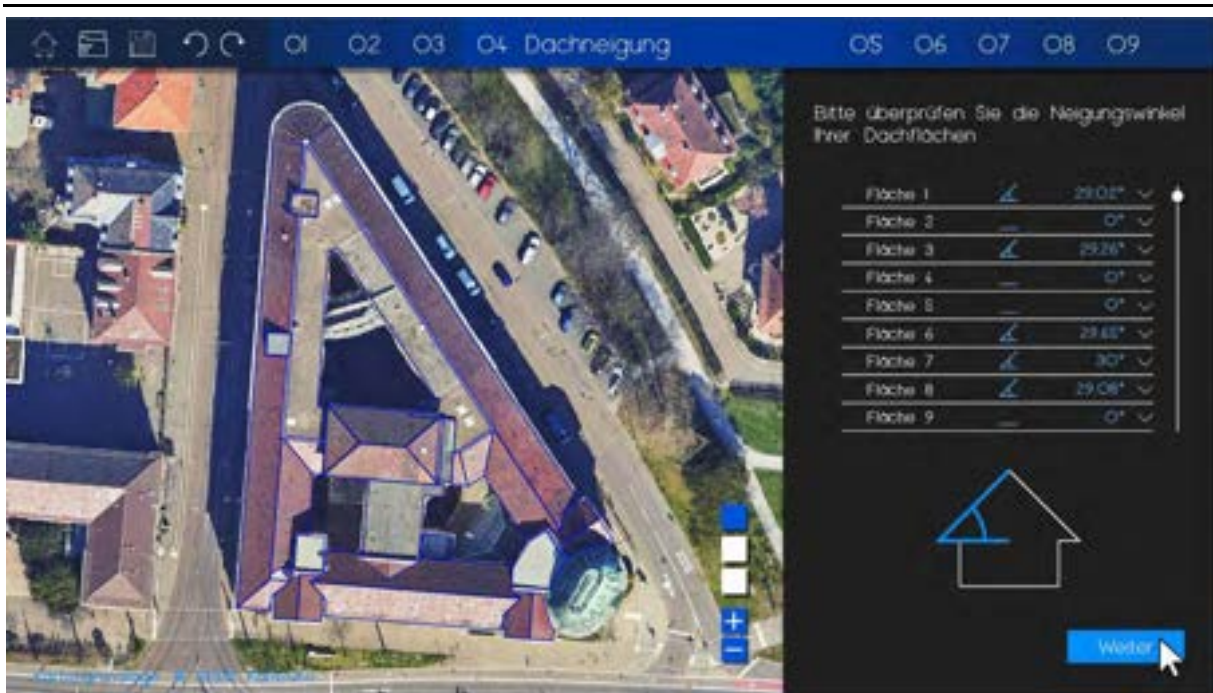
Die Werkzeuge sind ähnlich wie die bei der Flächenauswahl.

Nach dem Hinzufügen einer Sperrfläche ist anzugeben, um was für eine Sperrfläche es sich handelt, da z.B. normale Fenster und Schornsteine zwar rechtlich gesehen keinen Abstand zu den PV-Anlagen brauchen, Lichtkuppeln durch die auch gelüftet wird jedoch, bis zu 5m (wie in der Abbildung angezeigt).

Hinterlegtes Material:

- Richtlinien für Sicherheitsabstände, Verkehrsflächen und Brandschutz

04 DACHNEIGUNG

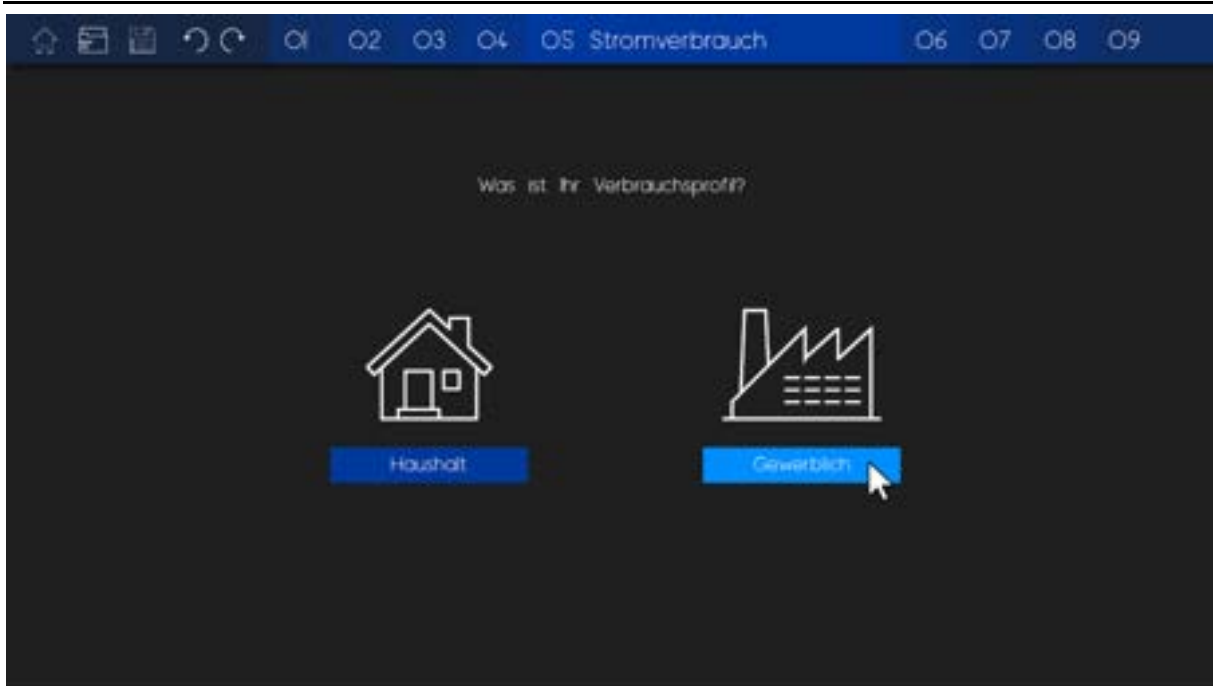


Das Programm erzeugt aus hinterlegten Daten den Neigungswinkel der Dachflächen. Der Nutzer kann sie hier überprüfen und fall möglich verbessern. Das ist wichtig für die wirkliche Größe der Dachfläche und die Leistung der PV-Anlagen.

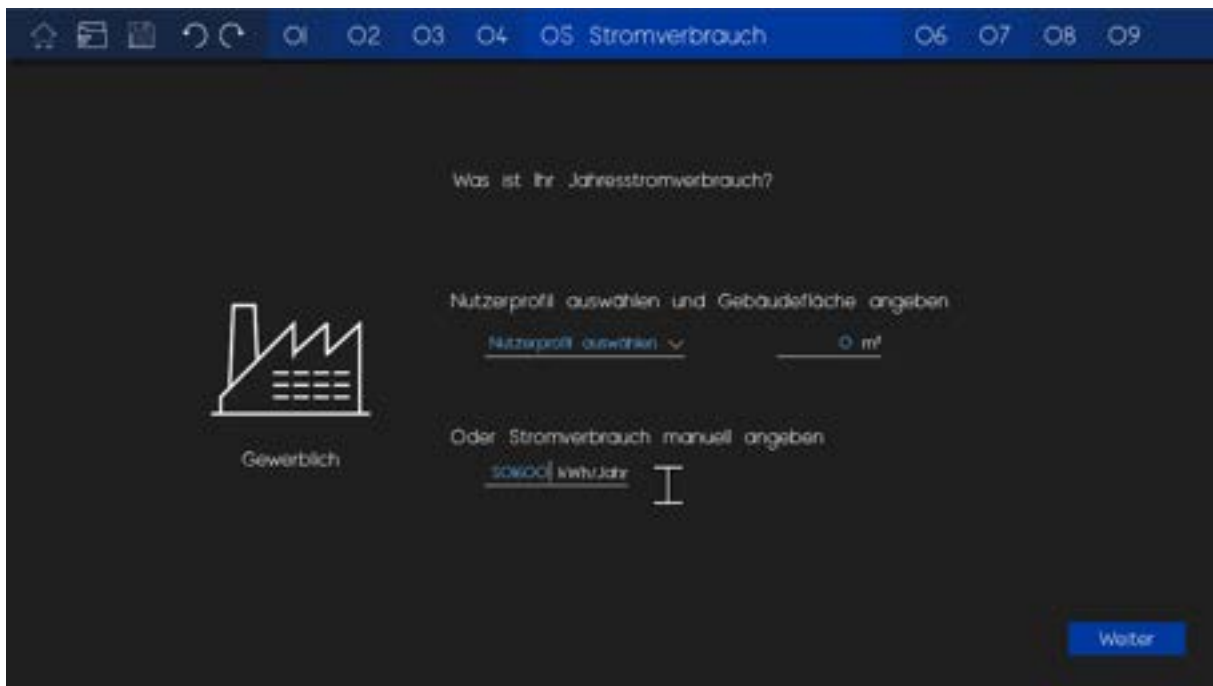
Hinterlegtes Material:

- Neigungswinkel der Dächer, georeferenziert (z.B. von der LUBW)

05 STROMVERBRAUCH



Der Verbrauch berechnet sich unterschiedlich abhängig davon, ob er gewerblich oder ein Haushaltsverbrauch ist. Dieser Schritt hilft später bei der Vergleichbarkeit der PV-Anlage.

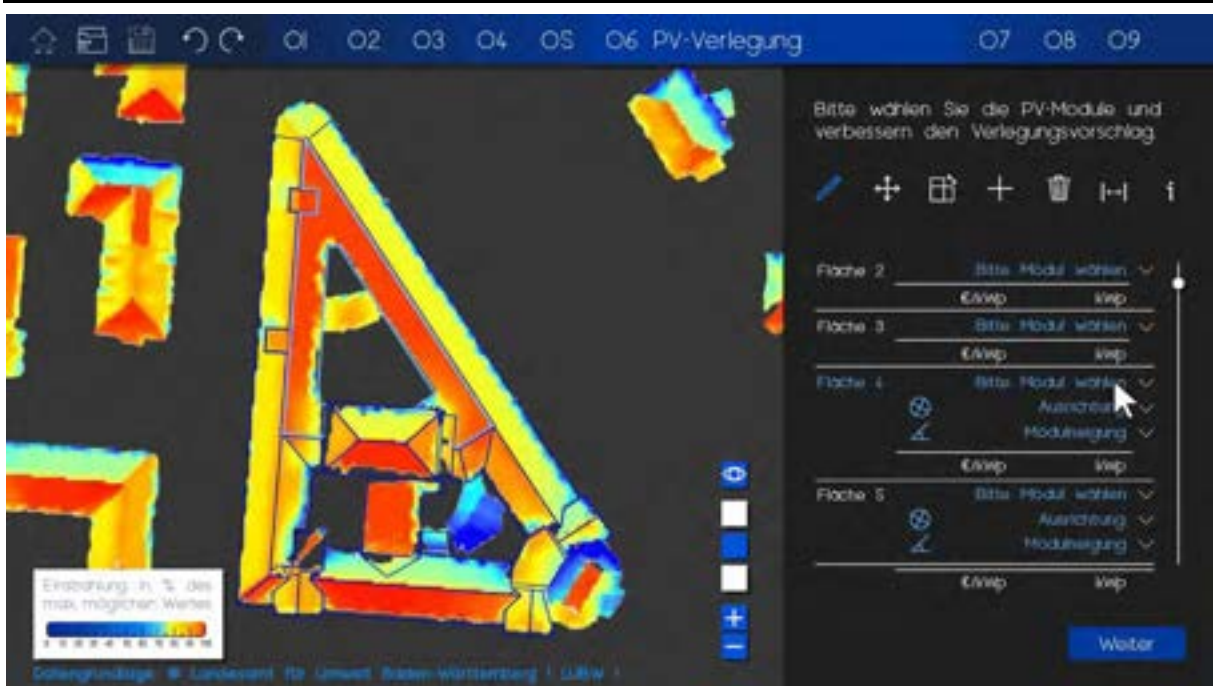


Abhängig von einigen Parametern (Haushalt: Anzahl der Bewohner und Haustyp) kann man ein allgemeines Verbrauchsprofil auswählen oder seinen Verbrauch manuell angeben, wenn man die Daten hat.

Hinterlegtes Material:

- Benchmark-Werte für die Nutzerprofile

06 PV-VERLEGER



Das Herzstück des Programmes ist das Verlegen der Anlagen. Sobald Arbeitsschritt 07 oder 08 erledigt wurde, kann der Nutzer weitere PV-Verlegungs-Varianten erstellen.

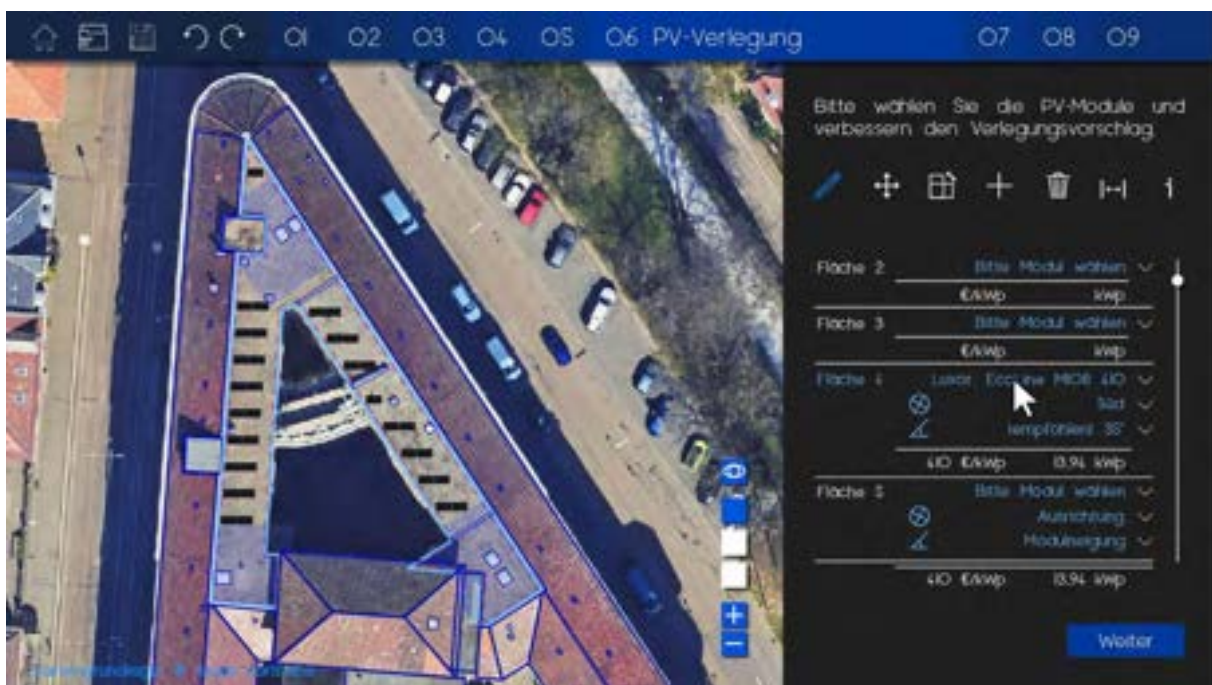
In diesem Abschnitt wählt der Nutzer eine Fläche und sucht dann das zu verlegende Modul aus.



Zur Modulauswahl wird die Modulbibliothek einem Popup Fenster geöffnet.

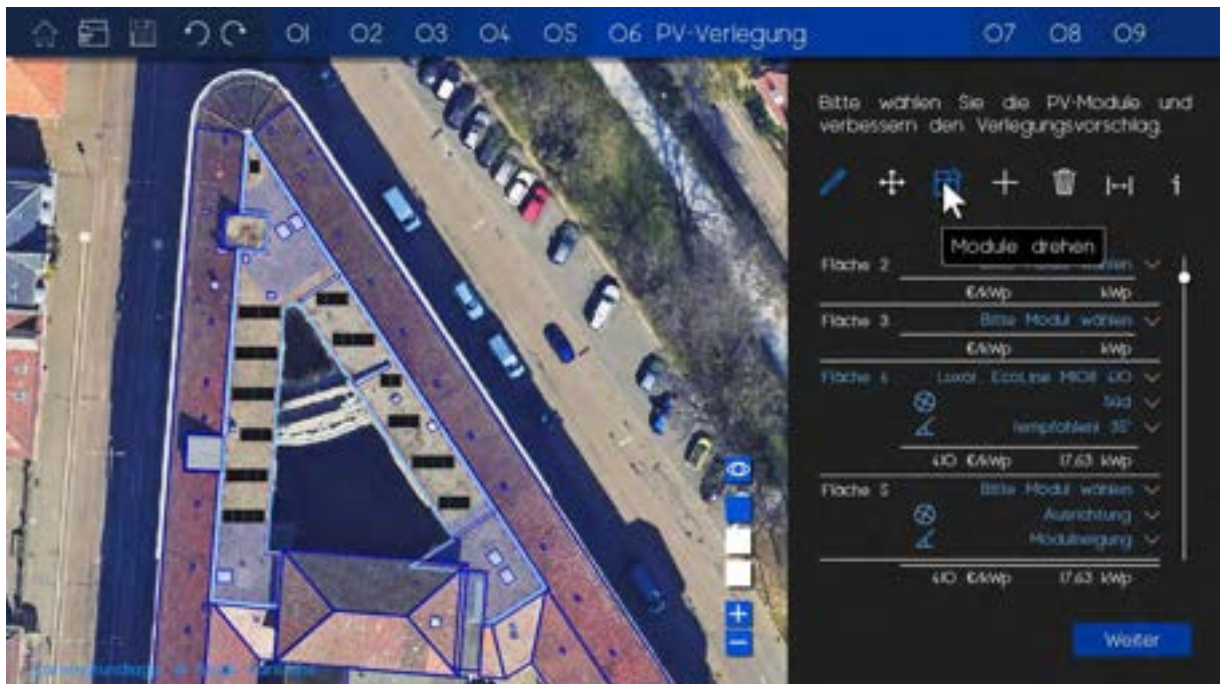
Die Wichtigsten Randwerte sind zu sehen und eine erweiterte Ansicht des Modules kann aufgerufen werden. Auf der linken Seite können die Module gefiltert, Module verglichen oder die Favoriten aufgerufen werden.

Auch kann ein neues PV-Modul erstellt werden, sollte das gewünschte PV-Modul nicht in der Bibliothek hinterlegt sein. Dafür gibt der Nutzer möglichst viele Daten an, besonders wichtig sind dabei die Maße und ein zugeschnittenes Bild.

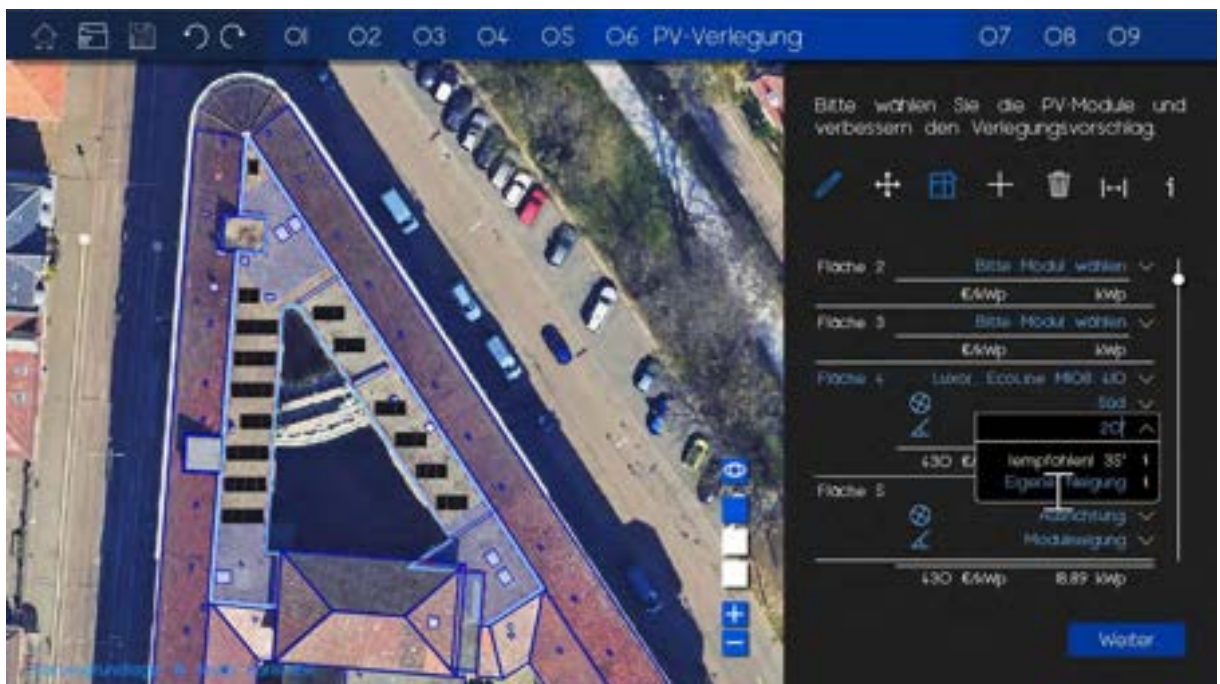
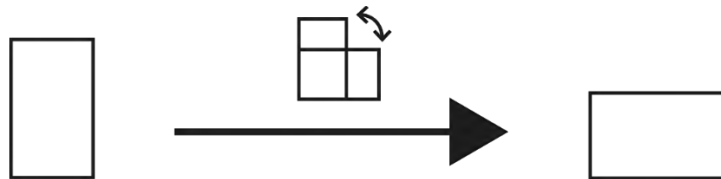


Das Programm verlegt das ausgewählte Modul dann automatisch auf der Dachfläche und beachtet dabei alle Randabstände. Die Randabstände können über das Werkzeug links neben dem Informationsbutton nachträglich verändert werden.

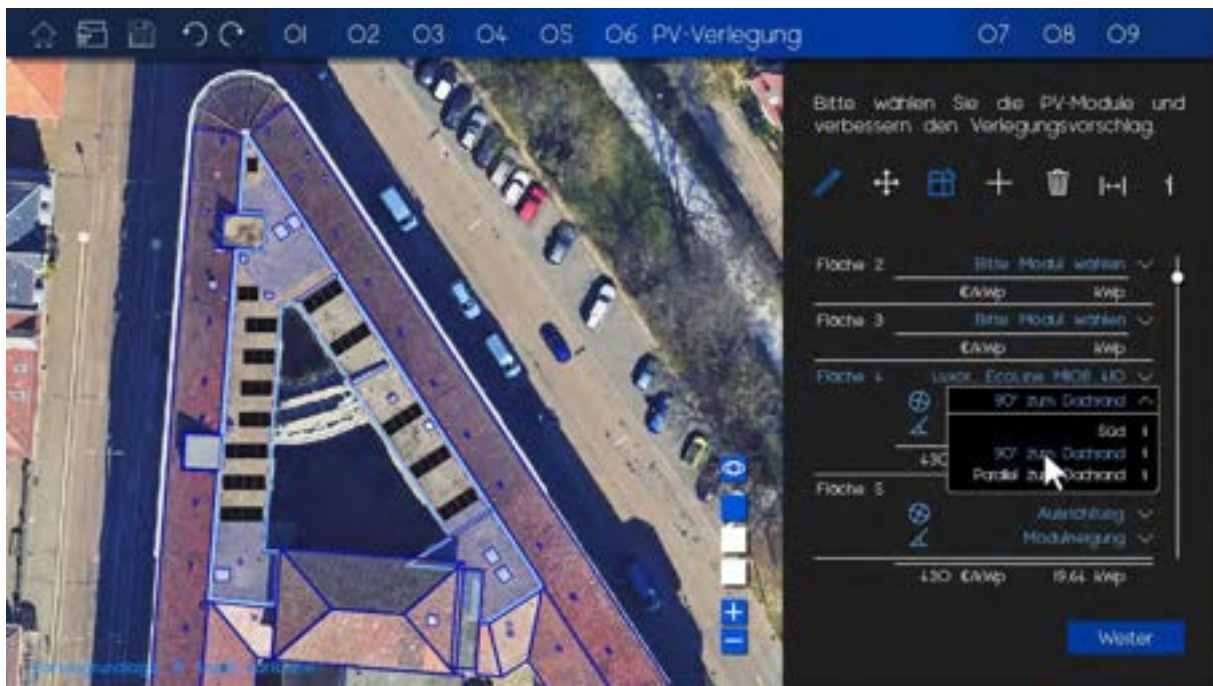
Die vorgeschlagene Modulverlegung kann nun mit den folgenden Werkzeugen manuell verändert werden.



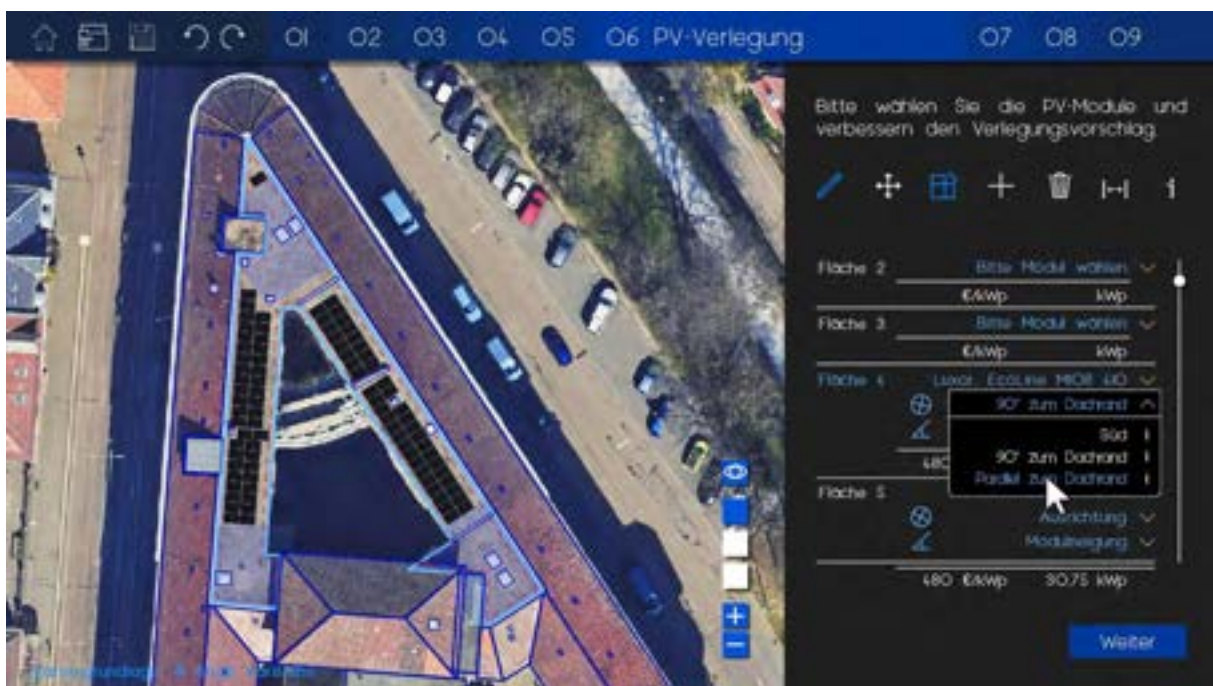
Mit Module Drehen kann zwischen der queren und der hochkantigen Ausrichtung der Module gewechselt werden.



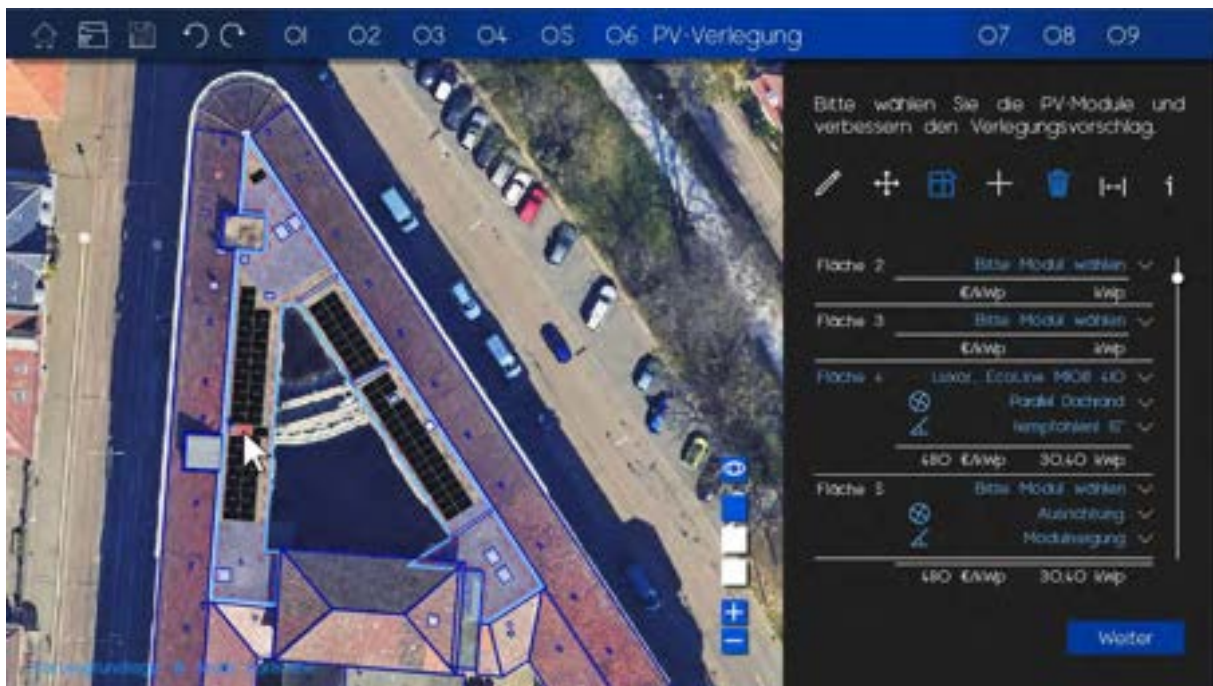
Bei Flachdächern kann auch der Aufstellwinkel angepasst werden. Dabei empfiehlt das Programm den effektivsten Winkel und ändert automatisch den Abstand zwischen den Modulen.



Desweiter kann der Nutzer bei der Ausrichtung zwischen der Südausrichtung für maximalen Energieertrag oder zwischen den Ausrichtungen „90° zum Dachrand“ und „parallel zum Dachrand“ wählen.

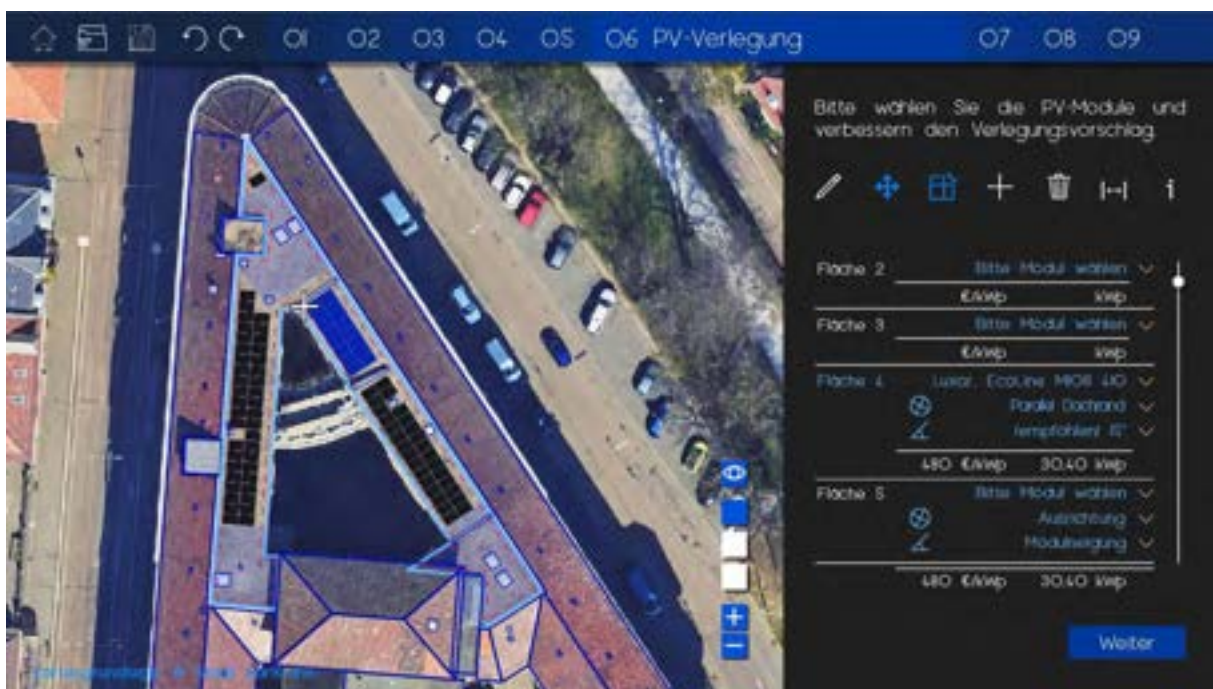


Bei der ostwestlicheren Ausrichtung bei Flachdächern werden die Anlagen automatisch für einen größeren Energieertrag am Morgen und Abend angeordnet (15° Neigungswinkel und $\wedge\wedge$ - Anordnung, anstelle von Modulen in Reihen und $//$ - Anordnung).



Mit dem Mülltonnen-Werkzeug kann der Nutzer einzelne oder mehrere Module gleichzeitig löschen.

Dabei kann das Ausblenden der Modulbilder über das Augen-Symbol hilfreich sein, dabei bleiben nur die Modulkanten sichtbar und der Nutzer sieht unter anderem, wie hoch das Solarpotential an für jede Modul ist.



Außerdem kann mit dem Kreuzpfeil-Werkzeug einzelne Module oder Modulgruppen verschoben werden.

So wird für alle gewünschten Dachflächen vorgegangen und eine Verlegungs-Variante erzeugt.

07 ERGEBNISSE



Der siebte Schritt ist eine Übersicht der Ergebnisse. Dabei sind die geschätzte erreichte und die empfohlene Leistung (ergibt sich aus dem Verbrauchsprofil) zu sehen. Der Ertrag steht über dem Verbrauch und rechts die Kosten der Anlage.

Die eingesparten Tonnen CO₂ werden zur Visualisierung mit einer äquivalenten Anzahl an Bäumen angegeben.

Darunter sind die Werte der einzelnen Flächen aufgeführt.



In der untersten Zeile kann der Nutzer von links nach rechts die Variante überarbeiten, eine neue Variante hinzufügen oder die jetzige Variante duplizieren. Schließlich kann mit dem Knopf „Bild hinzufügen“ die Module auf ein selbst aufgenommenes Foto projiziert und mit „Vergleichen“ alle Ergebnisse nebeneinander angesehen werden.

Links neben dem Zoom- kann man zwischen den verschiedenen Plan/Bildmaterial wechseln.

Hinterlegtes Material:

- Treibhausgasemission des Strommix
- Treibhausgasemissionen der Solar-Module/ Erfahrungswerte

08 BILD



Zu dieser Seite kommt der Nutzer, wenn er „Bild hinzufügen“ auf der vorherigen Seite gewählt hat.

Hier lädt er ein eigenes Bild hoch (Import Bild oder weiteres Bild). Der Nutzer kann, sollte er mehr als ein Bild hochgeladen haben, recht neben dem Import-Knopf zwischen diesen wechseln. Außerdem kann er zwischen den einzelnen Varianten über das Varianten-Feld auf dem Bild springen.

Der Nutzer wählt auf dem Plan, die zu projizierende Dachflächen aus und bekommt dann schrittweise angezeigt, welche Eckpunkte er auf dem Bild auswählen muss. Sobald die Fläche fertig ausgewählt ist, wird die Projizierung erzeugt.

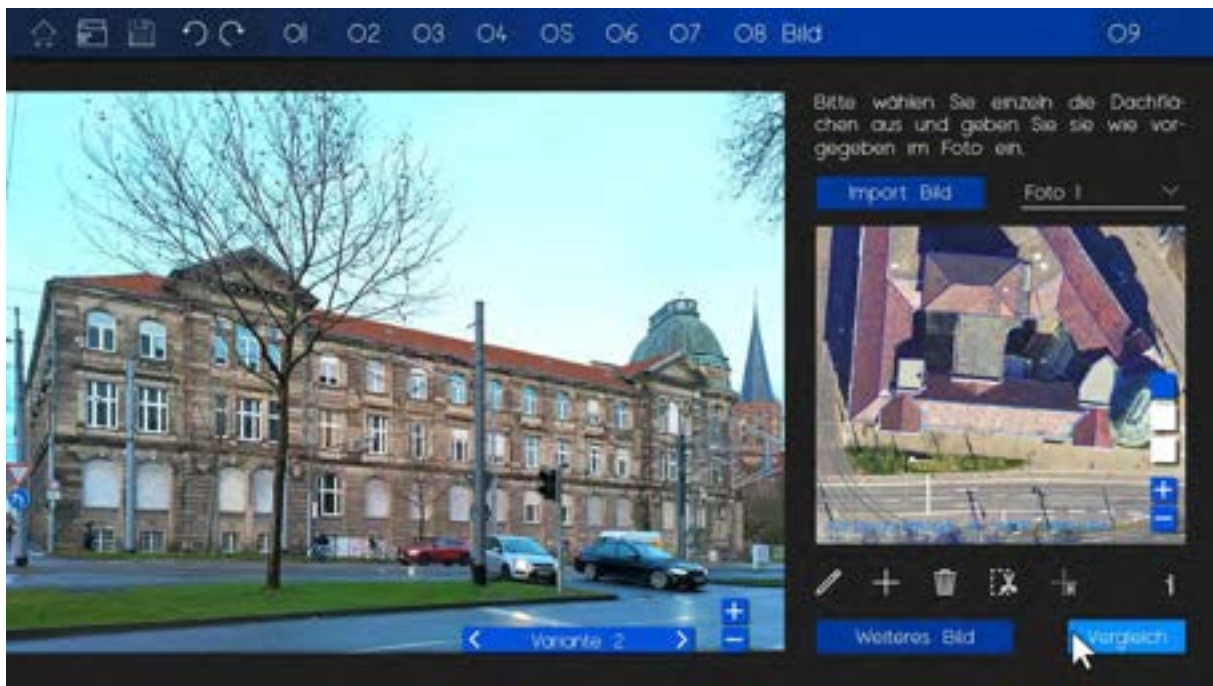
Auch hier sind die Werkzeuge ähnlich wie zuvor: mit dem Stift werden Eckpunkte verschoben, mit dem Plus eine neue Fläche auf das Bild projiziert und mit dem Mülleimer wird sie gelöscht.



Zur Verbesserung der Darstellung kann der Nutzer mit dem Scheren-Werkzeug, Dinge im Vordergrund des Bildes markieren, damit sie von der Projektion der Module nicht verdeckt werden.



Falls schon weitere PV-Verlegungs-Varianten angelegt wurden, kann zwischen ihnen über den Variante-Button gewechselt werden und die Projizierung werden automatisch erzeugt.



09 VERGLEICH

Verbrauch des Gebäudes
50600 kWh/a

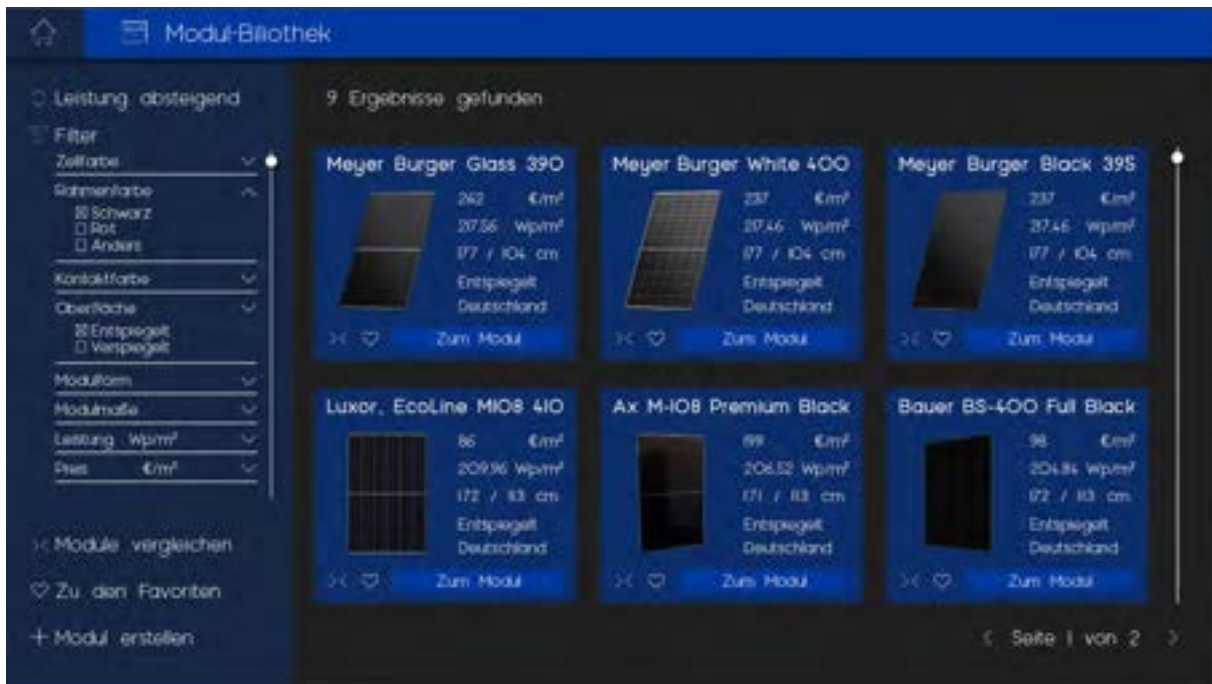
Empfohlene Leistung †
335 kWp

Auswahl Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Gesamtleistung	279 kWp	280 kWp	119 kWp
Gesamtertrag pro Jahr	262064 kWh/a	263477 kWh/a	112182 kWh/a
Gesamtkosten Inetital	135620 €	211735 €	54785 €
Kosten pro Leistung	485 €/kWp	760 €/kWp	458 €/kWp
Einsparung	100 t CO ₂ – 4077 Bäume	95 t CO ₂ – 3840 Bäume	42 t CO ₂ – 1745 Bäume
Ertrag	43550 kWh/a	47627 kWh/a	25321 kWh/a
Fläche 1			

Bild hinzufügen/bearbeiten Drucken

Zum Schluss können die Verschiedenen Varianten durch drücken von „Vergleich“ auf der Seite 07 Ihre Ergebnisse oder 08 Bild nebeneinander angezeigt werden. Unter „Auswahl Varianten“ kann der Nutzer aussuchen, welche angezeigt werden sollen. Und unten kann zwischen Vergleichsparameter und Dachflächen gewechselt werden. Schließlich können alle Ergebnisse gedruckt werden.



Hier sind alle gespeicherten Solarmodule zu finden. Sie können gefiltert, sortiert, favorisiert und miteinander verglichen werden. Jedes Modul ist mit Eckdaten aufgeführt und kann für genauere Betrachtung ausgewählt werden.

Fall ein anderes PV-Modul gewünscht ist, kann ein neues Modul erstellt werden. Das kann dann auch im PV-Verleger ausgewählt und verwendet werden.

4 NÄCHSTE SCHRITTE

Der hier dargestellte digitale PV-Verleger wäre ein hilfreiches Tool für Eigentümer*innen mit Wunsch auf eine Solaranlage bei der Entscheidung und im Gespräch mit Planern und dem Denkmalamt.

Es gibt bereits private wie auch Ansätze aus der öffentlichen Hand für einen allgemeinen digitalen Photovoltaikverleger. Diesen fehlt jedoch Hauptfunktionen für die Nützlichkeit bezogen auf den Denkmalschutz.

Es würde den Aufwand für das hier dargestellte Tool deutlich verringern, wenn es in ein bereits bestehenden Solarkataster, wie den von der LUBW, integriert wird. Das würde auch die Ergebnisse durch die Aufnahme weitere Parameter verbessern.

Das meiste der in diesem Dokument aufgezeigten, benötigten Datengrundlagen werden schon jetzt vom Land verwendet und regelmäßig erneuert. Es ist also nur noch die Programmierung des Tools notwendig.

MOCKUP EINES DIGITALER PHOTOVOLTAIK VERLEGER

TEAM

JOHANNA MARKUS

SOPHIA MARKUS

SEMINAR

MEHR SOLARENERGIE = WENIGER DENKMALSCHUTZ?



Karlsruher Transformationszentrum
für Nachhaltigkeit und Kulturwandel



MOTIVATION

Für:

- Eigentümer

Vorteil:

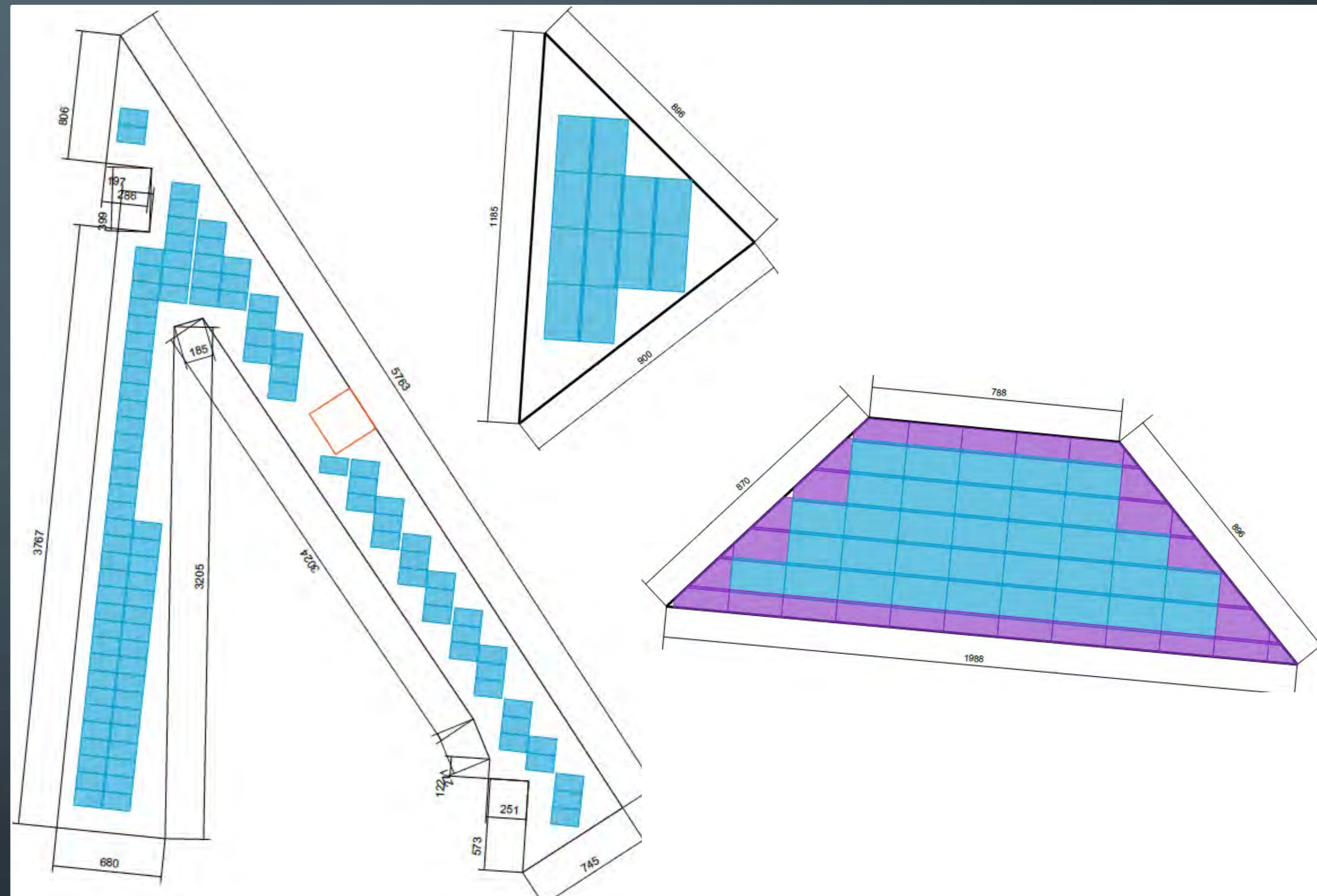
- Vorstellung von dem Vorhaben
- Bessere Argumentationsposition

ANDERE PROGRAMME

Solarkataster der LUBW



SOLARAPP



METHODIK

- Zunächst: Versuch Programm zu schreiben + Modulbibliothek
- Jetzt: Mockup vorgestellt anhand des Rathaus West

```
canvaspickpoints.py - C:\Users\Sophia\OneDrive - bwedu\Master\Solar\pvtool\canvaspickp...
File Edit Format Run Options Window Help
from tkinter import *

# function that closes the GUI
def close_window():
    root.destroy()

def create_circle(canvas, x, y, radius, **kwargs):
    return canvas.create_oval(x-radius, y-radius, x+radius, y+radius, **kwargs)

def countClicks():
    global clicks

    clicks += 1
    # if the user has selected 2 points, add a button
    if clicks == 2:
        # link the closing function to the button
        exit_button = Button(exitFrame, state="normal",
                             command=close_window)
        exit_button.grid(row=2, column=0, pady=5)

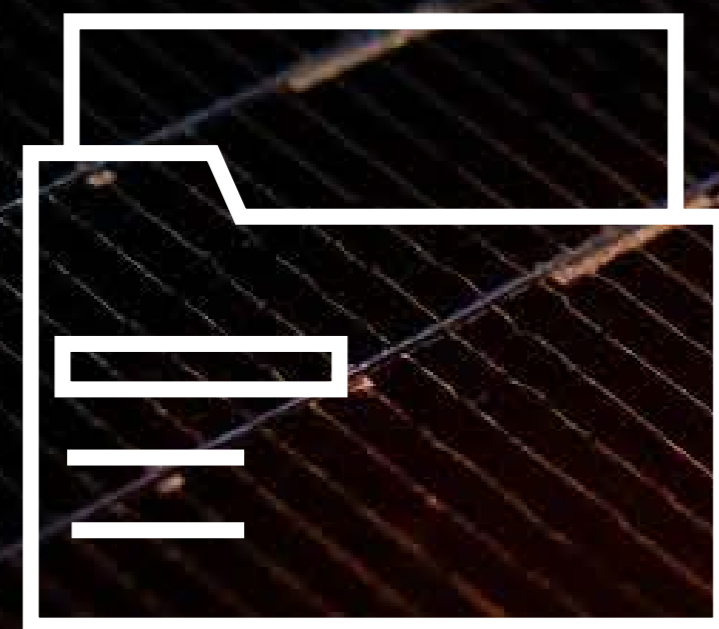
def selectPoints(): # function called when user clicks
    # link the function to the left-mouse-click
    canvas.bind("<Button 1>", saveCoordinates)
    # link closing function to the button
    exit_button = Button(exitFrame, state="disabled",
                         command=close_window)
    exit_button.grid(row=2, column=0, pady=5) # button_select_points.config(state="disabled")

def saveCoordinates(event): # function called when user clicks
    x_coordinate = event.x # save x and y coordinates
    y_coordinate = event.y
    x_Coordinates.append(x_coordinate)
    y_Coordinates.append(y_coordinate)
    # Display a small dot showing position of point
```

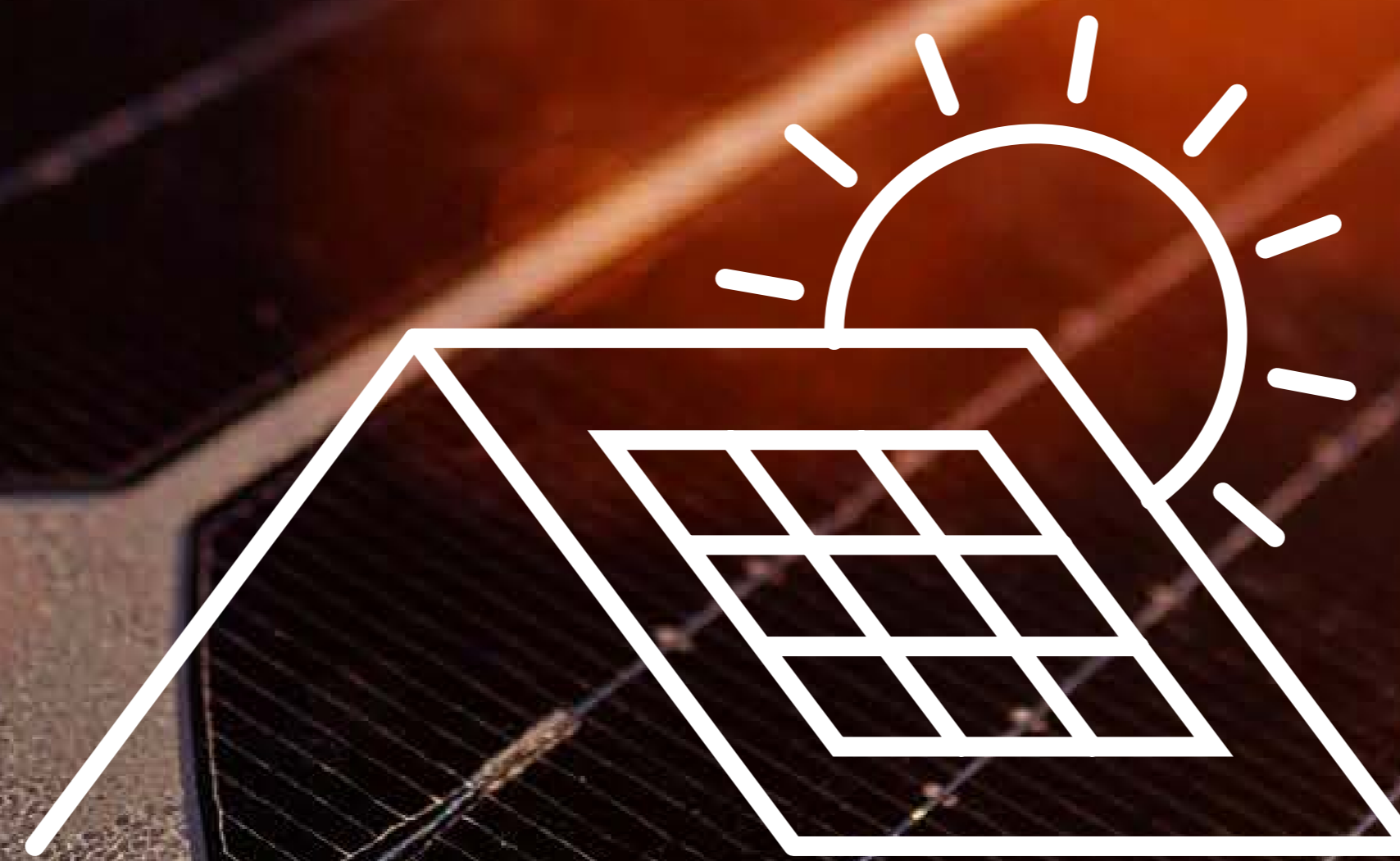


DIGITALER PHOTOVOLTAIK-VERLEGER

Mit dem Photovoltaik-Verleger finden Sie die beste Photovoltaikanlage für Ihr Gebäude!



Projekt öffnen



Verleger starten



PV-Module



DIGITALER PHOTOVOLTAIK-VERLEGER

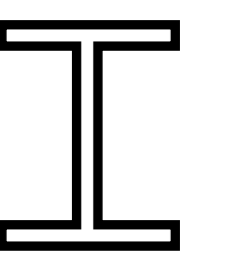
- O1 Standort
- O2 Dachflächen
- O3 Sperrflächen
- O4 Dachneigung
- O5 Stromverbrauch
- O6 PV-Verlegung
- O7 Ihre Ergebnisse
- O8 Bildbearbeitung
- O9 Vergleich Ergebnisse





Wo soll Ihre Solaranlage installiert werden?

Rathaus West, Kaiserallee 4, Karlsruhe



Anzeigen



01

02 Dachflächen

03

04

05

06

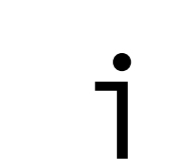
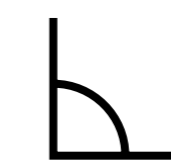
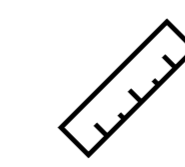
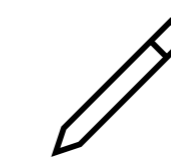
07

08

09



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.



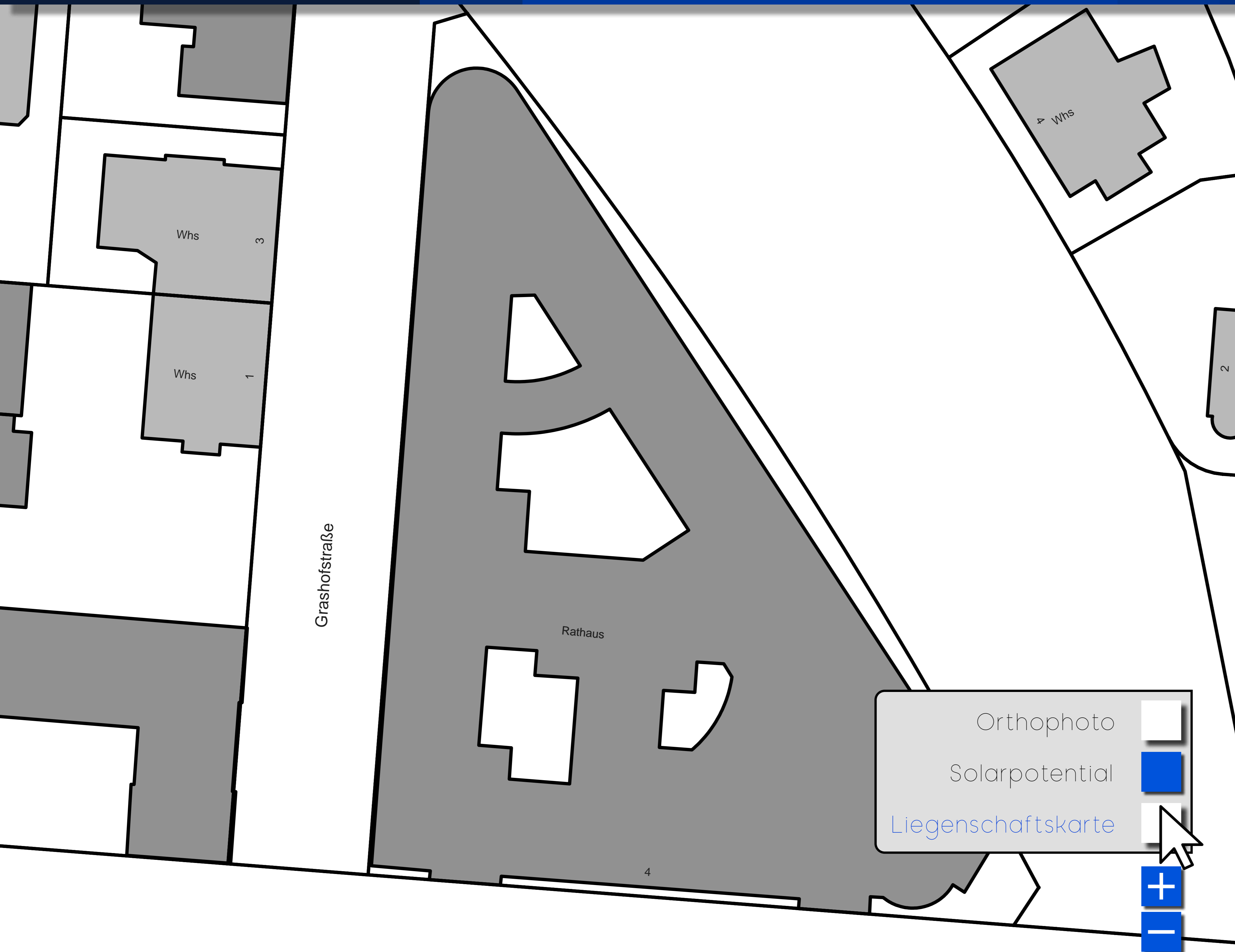
Fläche 1

m²

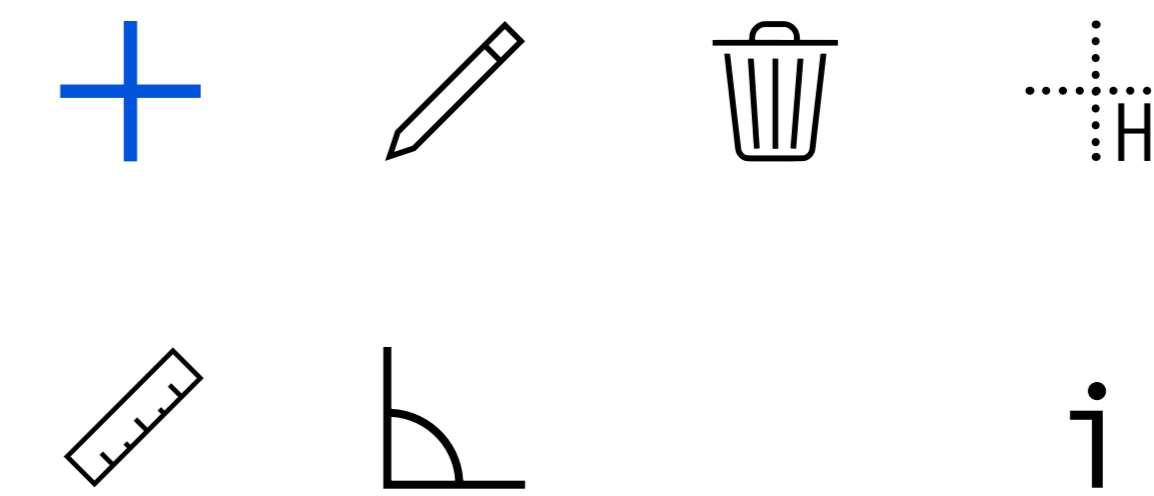


m²

Weiter



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.



Fläche 1 m²

m²

Weiter



01

02 Dachflächen

03

04

05

06


07


08


09




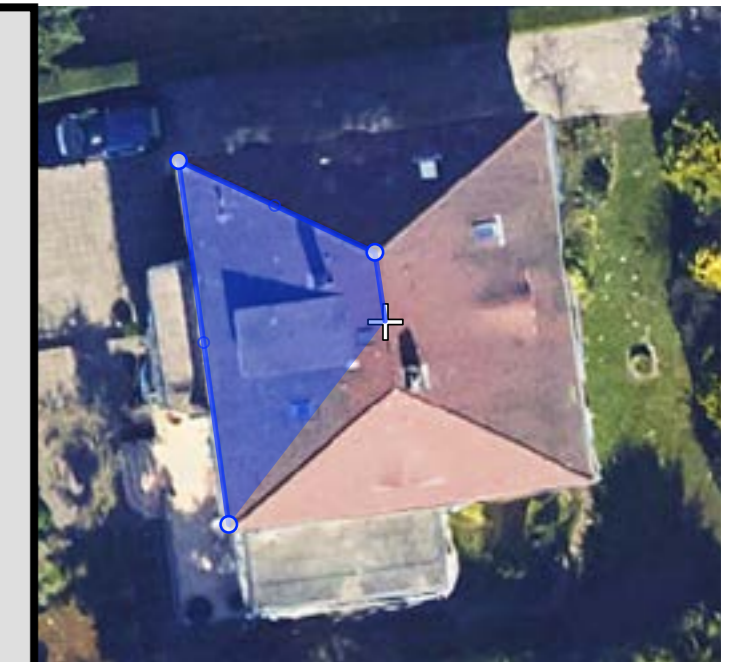
Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.

 Dachfläche hinzufügen

 Polygon

 Rechteck

 Polylinie



m² 

m²

Weiter



01

02 Dachflächen

03

04

05

06

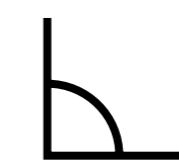
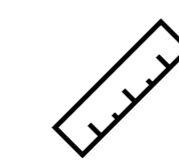
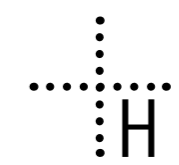
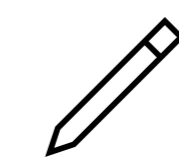
07

08

09



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.



Fläche 1

m²



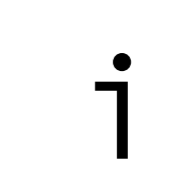
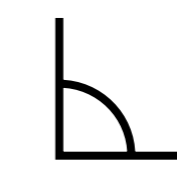
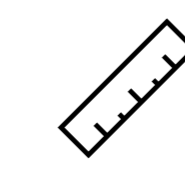
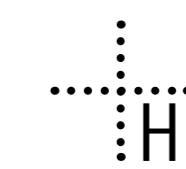
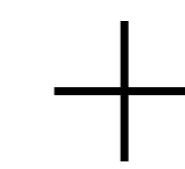
m²



Weiter



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.



Fläche 1

386.4 m²

386.4 m²



Weiter



01

02 Dachflächen

03

04

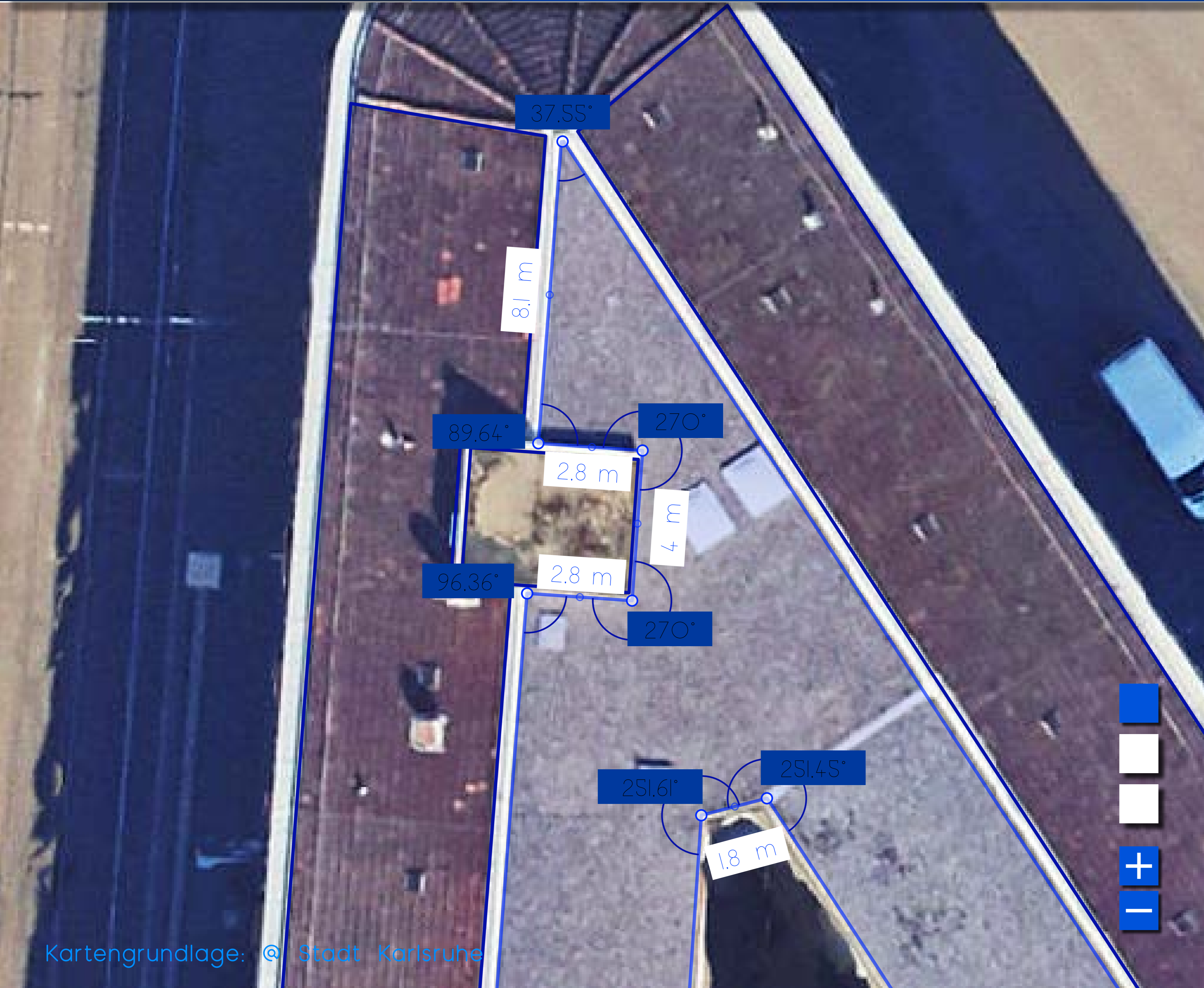
05

06

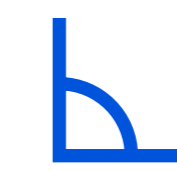
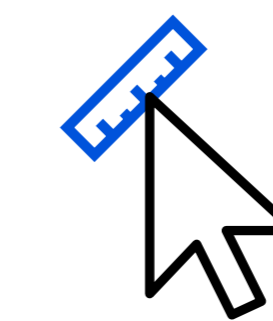
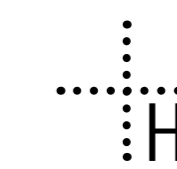
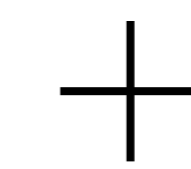
07

08

09



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen Ihres Gebäudes aus.



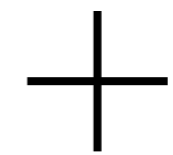




Längeneingabe

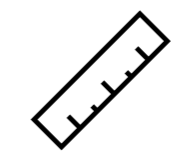
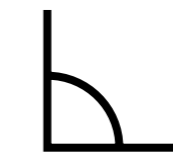

Fläche 1	386.4 m ²	
Fläche 2	16.2 m ²	
Fläche 3	409.5 m ²	
Fläche 4	494.1 m ²	
Fläche 5	14.8 m ²	
Fläche 6	23.5 m ²	
Fläche 7	100.5 m ²	
Fläche 8	20.9 m ²	
Fläche 9	29.3 m ²	
	2 998.6 m ²	

Weiter



Bitte wählen Sie die Dachelemente aus, die für eine Solaranlage störend sind.

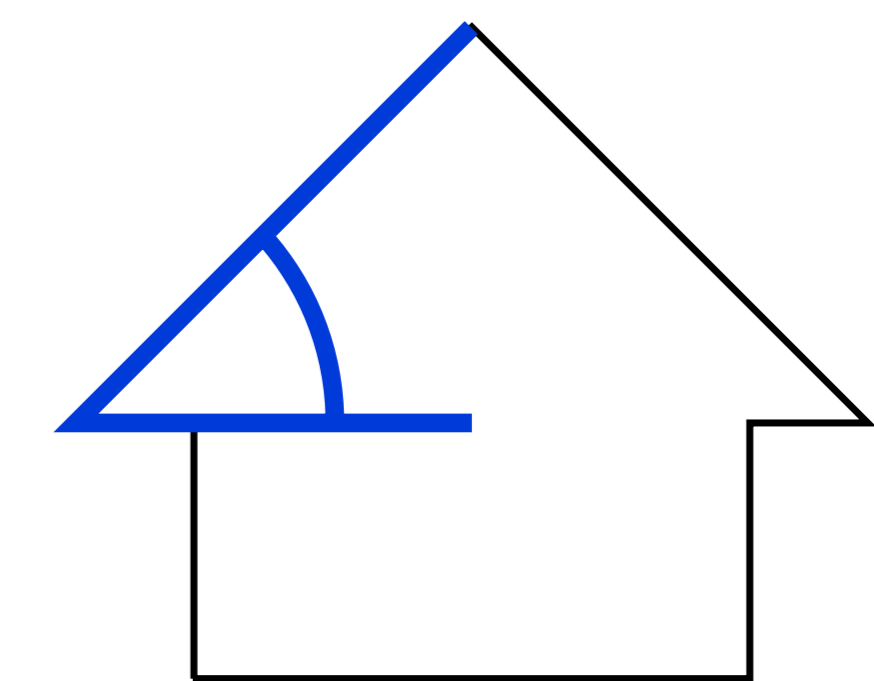
Element 1	Rauchabzug	▼
Element 2	Rauchabzug	▼
Element 3	Rauchabzug	▼
Element 4	Sperrfläche	^
Element 5	Fenster mit Ausstieg	i
Element 6	Rauchabzug	i
Element 7	ohne Mindestabstand eigener Min.abstand	
Element 8		
Element 9	Sperrfläche	▼

Weiter



Bitte überprüfen Sie die Neigungswinkel Ihrer Dachflächen.

Fläche 1		29.02°	▼
Fläche 2		0°	▼
Fläche 3		29.26°	▼
Fläche 4		0°	▼
Fläche 5		0°	▼
Fläche 6		29.65°	▼
Fläche 7		30°	▼
Fläche 8		29.08°	▼
Fläche 9		0°	▼



Weiter



01

02

03

04

05 Stromverbrauch

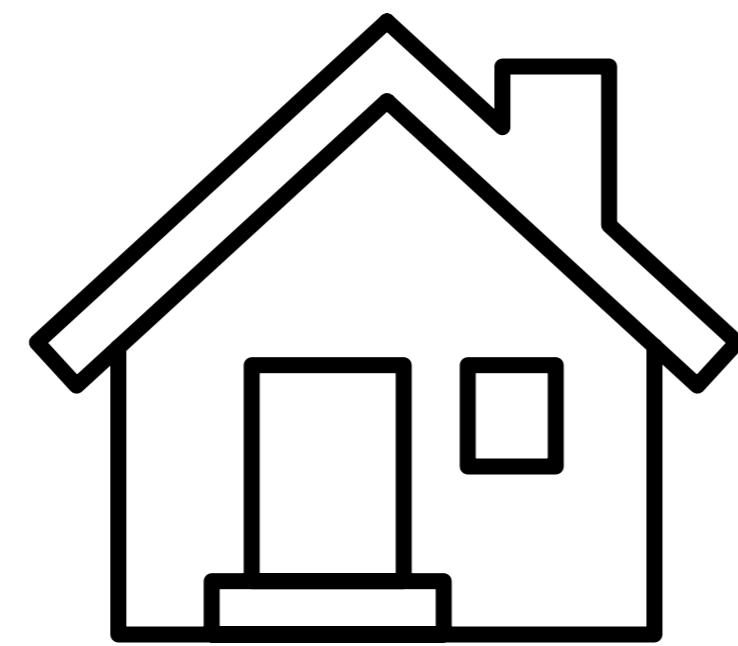
06

07

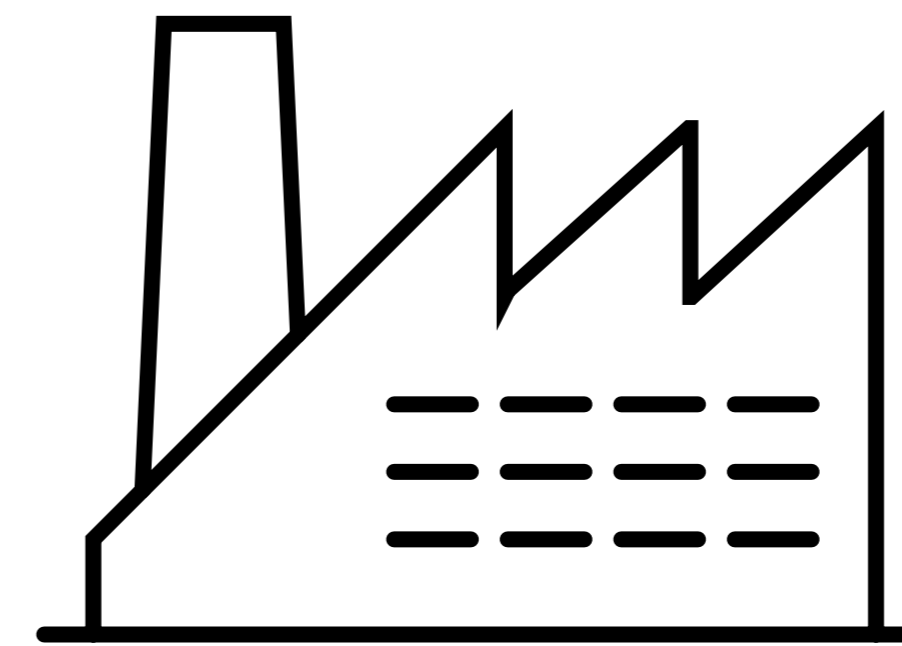
08

09

Was ist Ihr Verbrauchsprofil?



Haushalt



Gewerblich





01

02

03

04

05 Stromverbrauch

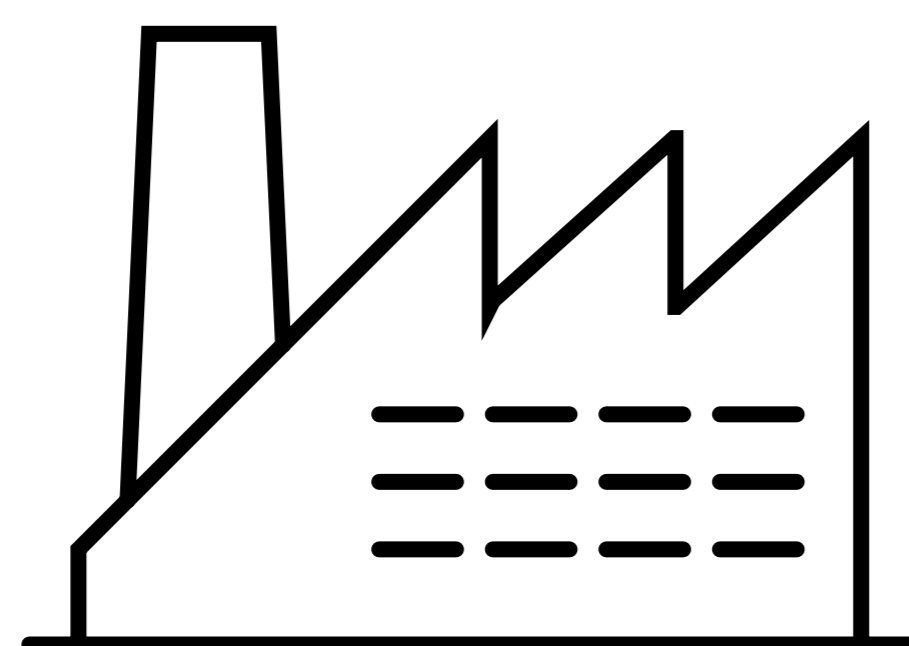
06

07

08

09

Was ist Ihr Jahresstromverbrauch?



Gewerblich

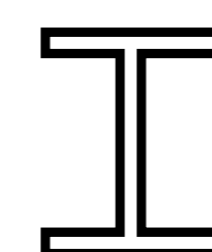
Nutzerprofil auswählen und Gebäudefläche angeben

Nutzerprofil auswählen ▾

0 m²

Oder Stromverbrauch manuell angeben

501600 kWh/Jahr



Weiter



01

02

03

04

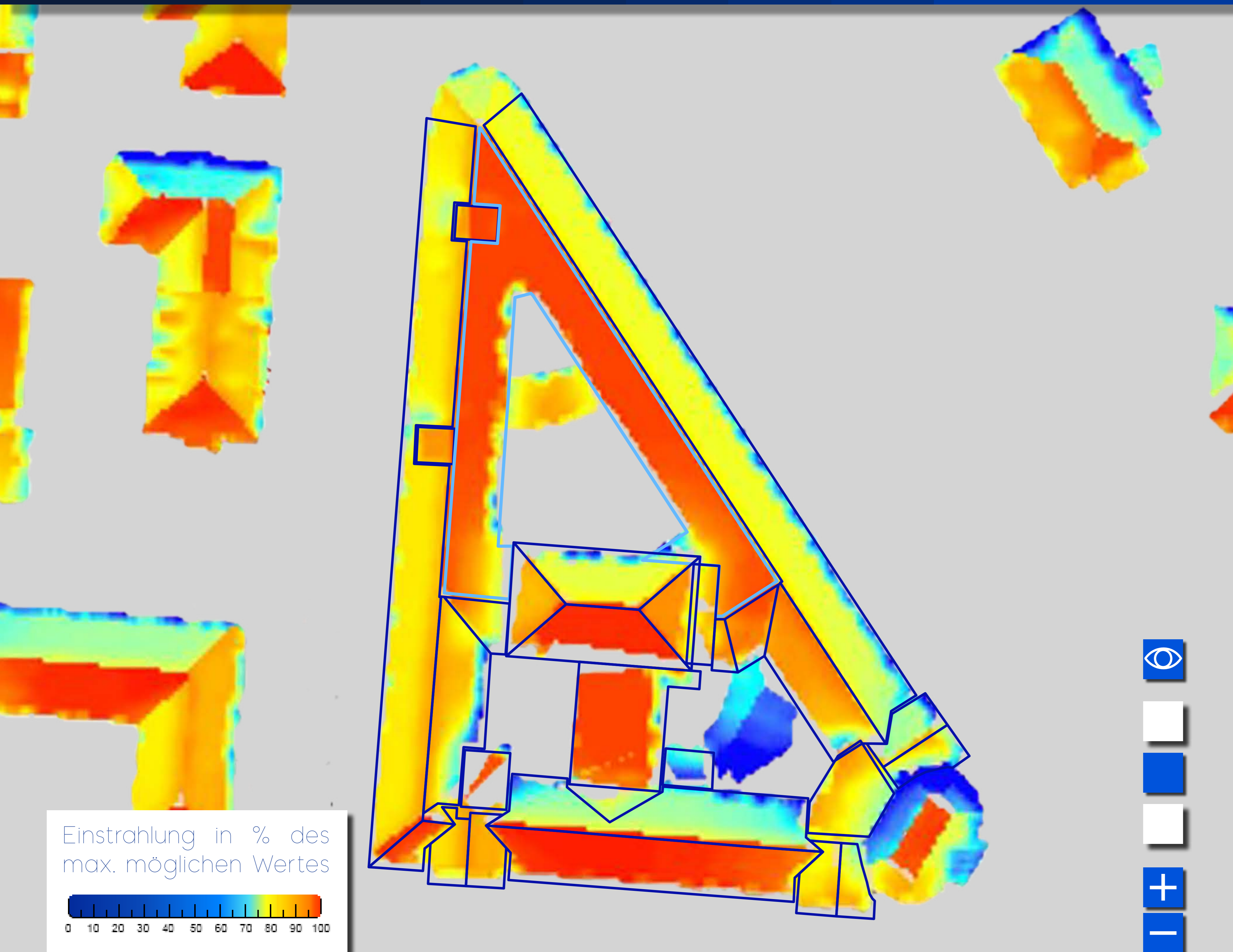
05

06 PV-Verlegung

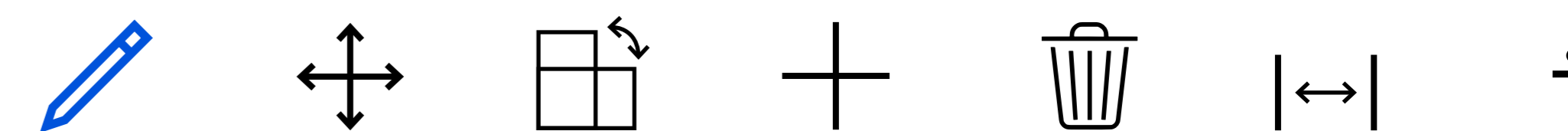
07

08

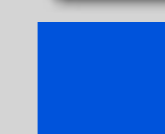
09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Fläche 2		Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp		kWp
Fläche 3		Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp		kWp
Fläche 4		Bitte Modul wählen	▼
		Ausrichtung	▼
		Modulneigung	▼
	€/kWp		kWp
Fläche 5		Bitte Modul wählen	▼
		Ausrichtung	▼
		Modulneigung	▼
	€/kWp		kWp



Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

07

08

09

Leistung absteigend

Filter

Zellfarbe



Rahmenfarbe



- Schwarz
- Rot
- Anders

Kontaktfarbe



Oberfläche



- Entspiegelt
- Verspiegelt

Modulform



Modulmaße



Leistung Wp/m²



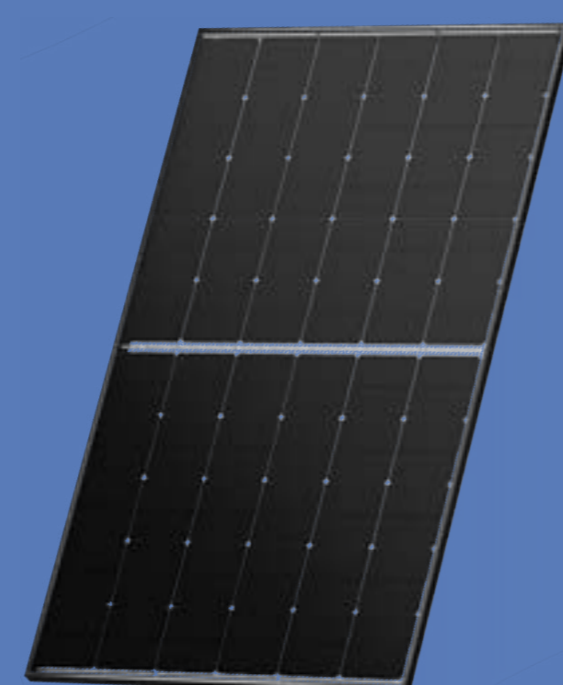
Module vergleichen

Zu den Favoriten

Modul erstellen

9 Ergebnisse gefunden

Meyer Burger Glass 390

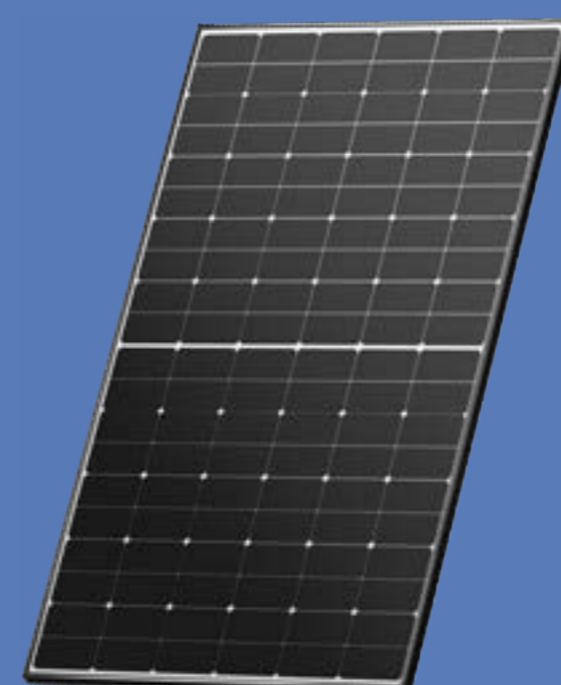


262 €/m²
 217.56 Wp/m²
 177 / 104 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Meyer Burger White 400



237 €/m²
 217.46 Wp/m²
 177 / 104 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Meyer Burger Black 395

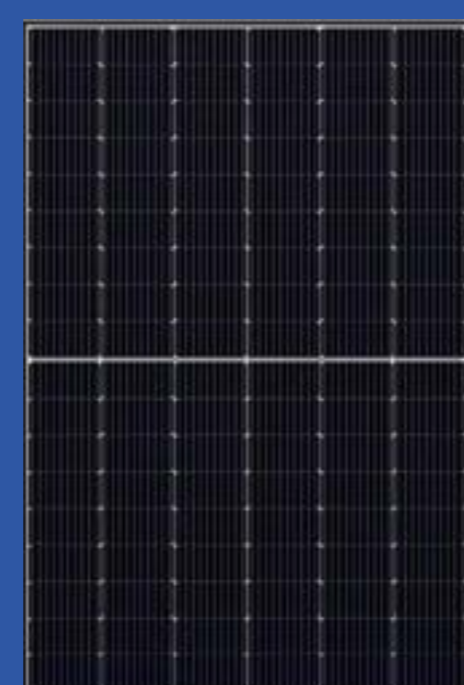


237 €/m²
 217.46 Wp/m²
 177 / 104 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Luxor, EcoLine MIO8 410



86 €/m²
 209.96 Wp/m²
 172 / 113 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Ax M-IO8 Premium Black

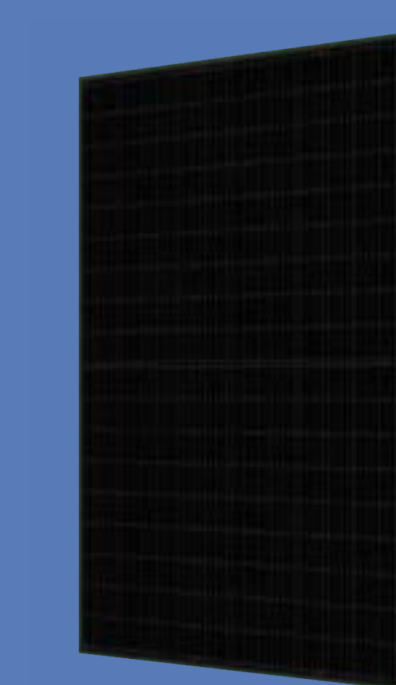


199 €/m²
 206.52 Wp/m²
 171 / 113 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Bauer BS-400 Full Black



98 €/m²
 204.84 Wp/m²
 172 / 113 cm
 Entspiegelt
 Deutschland



Zum Modul

Auswahl aufheben

< Seite 1 von 2 >

Auswählen





01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

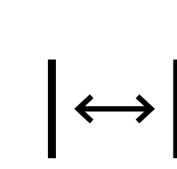
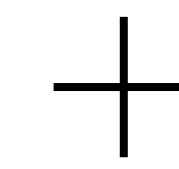
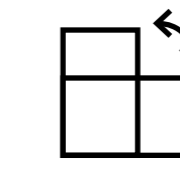
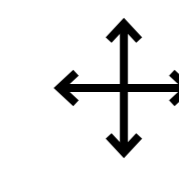
07

08

09







Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Fläche 2 Bitte Modul wählen ✓
 €/kWp kWp

Fläche 3 Bitte Modul wählen ✓
 €/kWp kWp

Fläche 4 Luxor. EcoLine MIO8 410 ✓
 Süd ✓
 (empfohlen) 35° ✓
 410 €/kWp 13.94 kWp

Fläche 5 Bitte Modul wählen ✓
 Ausrichtung ✓
 Modulneigung ✓
 410 €/kWp 13.94 kWp



Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

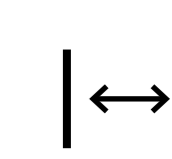
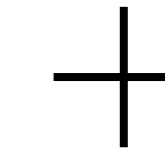
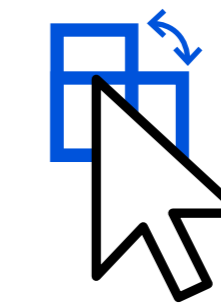
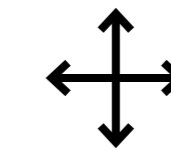
07

08

09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Module drehen

Fläche 2	Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp	kWp

Fläche 3	Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp	kWp

Fläche 4	Luxor. EcoLine MIO8 410	▼
	⊗	Süd
	∠	(empfohlen) 35°
	410 €/kWp	17.63 kWp

Fläche 5	Bitte Modul wählen	▼
	⊗	Ausrichtung
	∠	Modulneigung
	410 €/kWp	17.63 kWp



Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

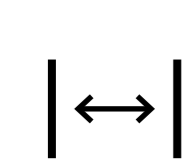
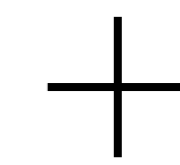
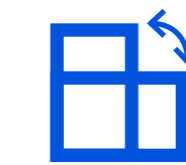
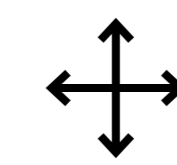
07

08

09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Fläche 2 Bitte Modul wählen

€/kWp kWp

Fläche 3 Bitte Modul wählen

€/kWp kWp

Fläche 4 Luxor. EcoLine MIO8 4IO



Süd



20°

430 €/

Fläche 5 (empfohlen) 35°

Eigene Neigung



Ausrichtung



Modulneigung

430 €/kWp

18.89 kWp

Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

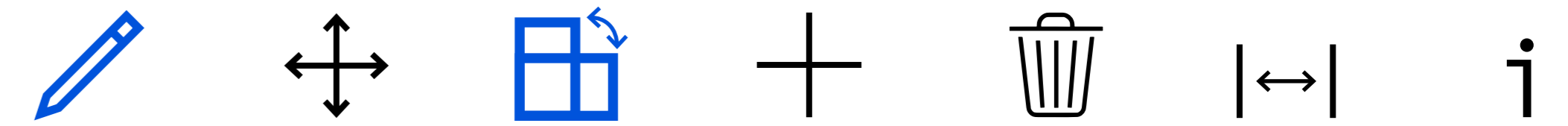
07

08

09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Fläche 2	Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp	kWp

Fläche 3	Bitte Modul wählen	▼
	€/kWp	kWp

Fläche 4	Luxor. EcoLine MIO8 4IO	▼
----------	-------------------------	---



90° zum Dachrand ^



Süd i

430

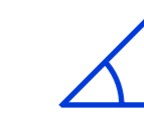
90° zum Dachrand i

Parallel zum Dachrand i

Fläche 5	Ausrichtung	▼
	Modulneigung	▼



Ausrichtung



Modulneigung

430 €/kWp

19.64 kWp

Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

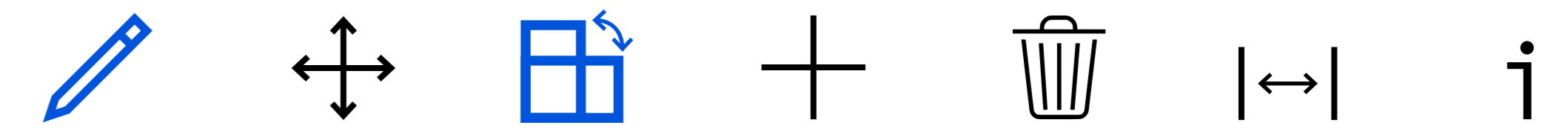
07

08

09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.



Fläche 2 Bitte Modul wählen
 €/kWp kWp

Fläche 3 Bitte Modul wählen
 €/kWp kWp

Fläche 4 Luxor. EcoLine MIO8 4IO
 480 90° zum Dachrand

Fläche 5 Ausrichtung
Modulneigung

480 €/kWp 30.75 kWp

- 90° zum Dachrand
- Süd
- 90° zum Dachrand
- Parallel zum Dachrand

Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

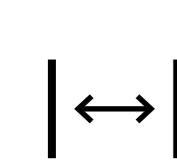
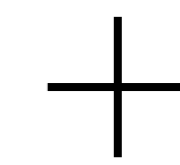
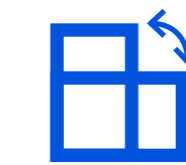
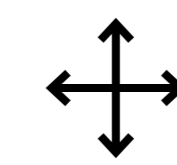
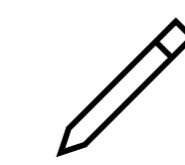
07

08

09






Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.

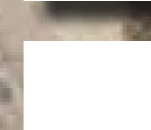
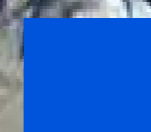


Fläche 2 Bitte Modul wählen ✓
 €/kWp kWp

Fläche 3 Bitte Modul wählen ✓
 €/kWp kWp

Fläche 4 Luxor. EcoLine MIO8 4IO ✓
 Parallel Dachrand ✓
 (empfohlen) 15° ✓
 480 €/kWp 30.40 kWp

Fläche 5 Bitte Modul wählen ✓
 Ausrichtung ✓
 Modulneigung ✓
 480 €/kWp 30.40 kWp



Weiter



01

02

03

04

05

06 PV-Verlegung

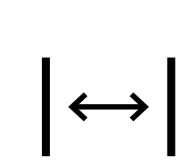
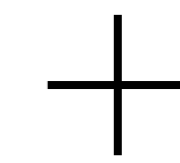
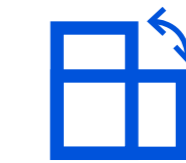
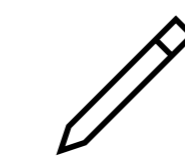
07

08

09



Bitte wählen Sie die PV-Module und verbessern den Verlegungsvorschlag.

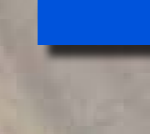


Fläche 2 Bitte Modul wählen
€/kWp kWp

Fläche 3 Bitte Modul wählen
€/kWp kWp

Fläche 4 Luxor. EcoLine MIO8 4IO
 Parallel Dachrand
 (empfohlen) 15°
480 €/kWp 30.40 kWp

Fläche 5 Bitte Modul wählen
 Ausrichtung
 Modulneigung
480 €/kWp 30.40 kWp



Weiter



01

02

03

04

05

06

07 Ihre Ergebnisse

08

09



< Luftbild >

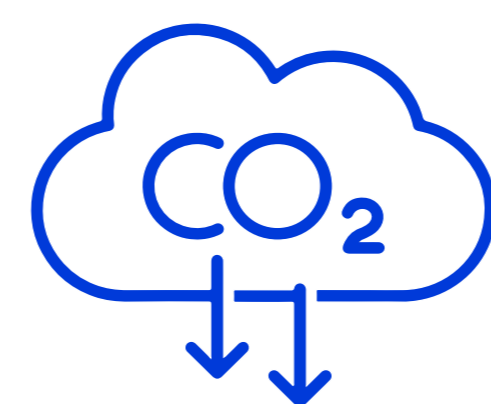
Kartengrundlage: © Stadt Karlsruhe

Variante I

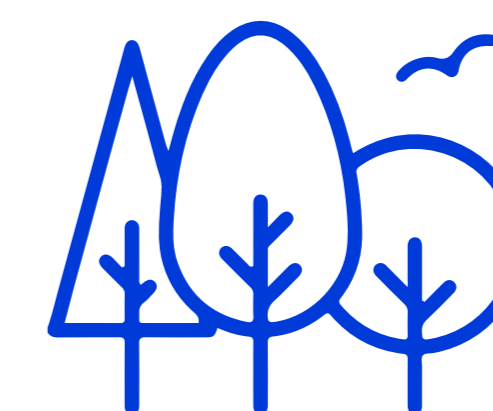


Leistung **279 kWp** Kostenⁱ **135620 €**
/empfohlen 535 kWp

Ertrag pro Jahr **262064 kWh/a**
/Verbrauch 501600 kWh/a



Sie sparen
100,4 t CO₂
pro Jahr.



Das ist soviel wie
4077 Bäume
jährlich binden.

Fläche	Leistung	Ertrag	Investition	% kWp _{gesamt}	€ kWp _{gesamt}
1 :	48.6 kWp	46650 kWh/a	23700 €	17.38 %	17.47 %
2 :	1.2 kWp	1154 kWh/a	500 €	0.44 %	0.37 %
3 :	48.9 kWp	45896 kWh/a	25710 €	17.51 %	18.96 %

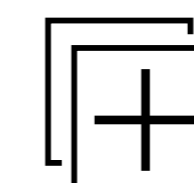
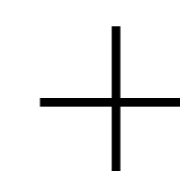
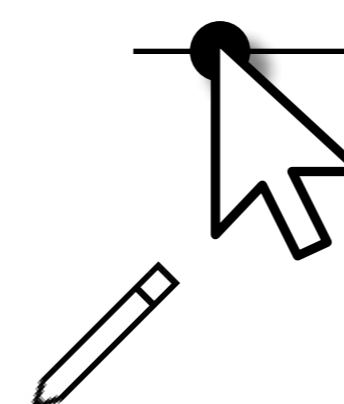


Bild hinzufügen

Vergleich



01

02

03

04

05

06

07 Ihre Ergebnisse

08

09



Luftbild

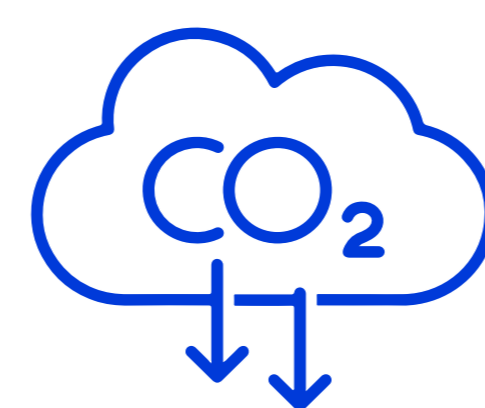
Kartengrundlage: © Stadt Karlsruhe

Variante I

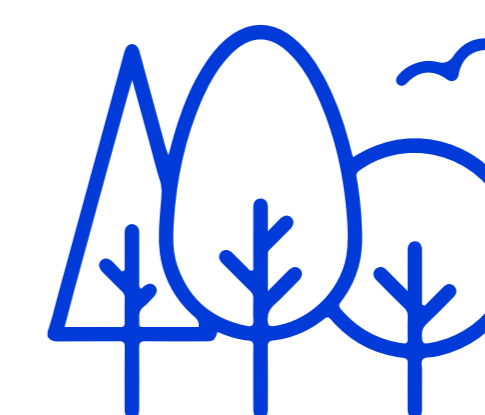


Leistung **279 kWp** Kostenⁱ **135620 €**
/empfohlen 535 kWp

Ertrag pro Jahr **262064 kWh/a**
/Verbrauch 501600 kWh/a



Sie sparen
100,4 t CO₂
pro Jahr.



Das ist soviel wie
4077 Bäume
jährlich binden.

Fläche	% kWp _{gesamt}	€ kWp _{gesamt}	€/kWp	Modul	Anzahl
1 :	17.38 %	17.47 %	490 €/kWp	Luxor. Eco Line	× 141
2 :	0.44 %	0.37 %	410 €/kWp	Luxor. Eco Line	× 3
3 :	17.51 %	18.96 %	530 €/kWp	Luxor. Eco Line	× 153

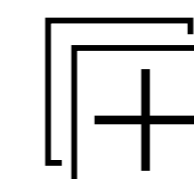
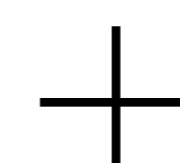
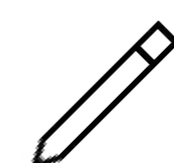


Bild hinzufügen

Vergleich



01

02

03

04

05

06

07

08

Bild

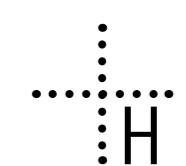
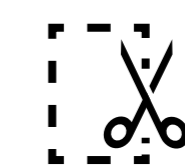
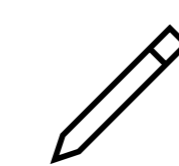
09



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen aus und geben Sie sie wie vorgegeben im Foto ein.

Import Bild

Foto 1



Weiteres Bild

Vergleich



Bild



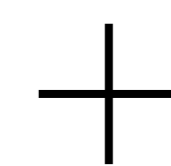
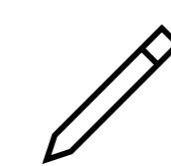
Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen aus und geben Sie sie wie vorgegeben im Foto ein.

Import Bild

Foto 1



Kartengrundlage: © Stadt Karlsruhe



Weiteres Bild

Vergleich

< Variante 1 >





01

02

03

04

05

06

07

08

Bild

09



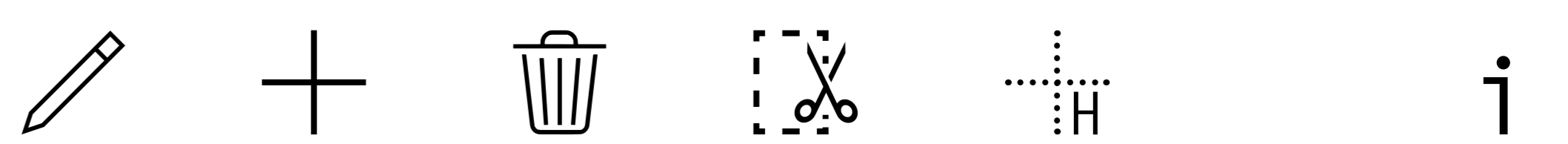
< Variante I



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen aus und geben Sie sie wie vorgegeben im Foto ein.

Import Bild

Foto 1



Weiteres Bild

Vergleich



01

02

03

04

05

06

07

08 Bild

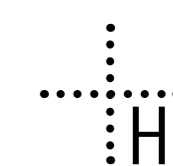
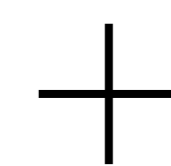
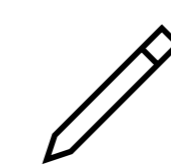
09



Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen aus und geben Sie sie wie vorgegeben im Foto ein.

Import Bild

Foto 1



Weiteres Bild

Vergleich



01

02

03

04

05

06

07

08 Bild

09



< Variante 3 >



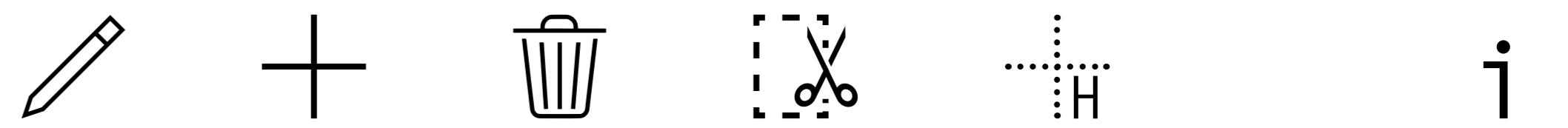
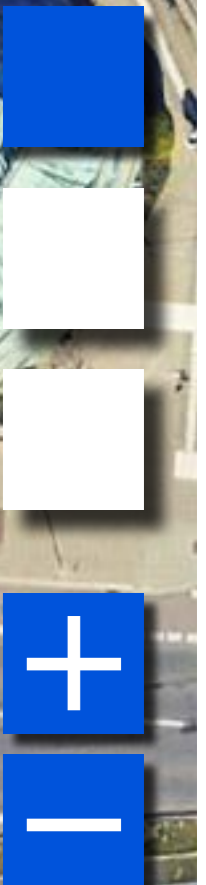
Bitte wählen Sie einzeln die Dachflächen aus und geben Sie sie wie vorgegeben im Foto ein.

Import Bild

Foto 1



Kartengrundlage: © Stadt Karlsruhe



Weiteres Bild

Vergleich

Verbrauch des Gebäudes
501600 kWh/a

Empfohlene Leistung ⁱ
535 kWp

Auswahl Varianten 

Gesamtleistung
 Gesamtertrag pro Jahr
 Gesamtkosten (netto)
 Kosten pro Leistung

Einsparung

Ertrag 

Fläche I 



Variante 1 

279 kWp
 262064 kWh/a
 135620 €
 485 €/kWp

100 t CO₂ ~ 4077 Bäume

45550 kWh/a



Variante 2 

280 kWp
 263477 kWh/a
 211735 €
 760 €/kWp

95 t CO₂ ~ 3840 Bäume

47627 kWh/a



Variante 3 

119 kWp
 112182 kWh/a
 54785 €
 458 €/kWp

42 t CO₂ ~ 1745 Bäume

25521 kWh/a

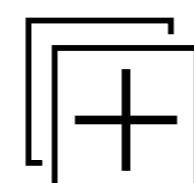
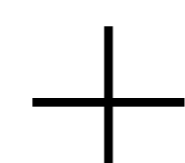


Bild hinzufügen/bearbeiten

Drucken 

ZUSAMMENFASSUNG

- Fundierte Verhandlung von Hausbesitzer mit Planer/Denkmalerschutz
- Geringer Aufwand bei Erweiterung eines vorhandenen Tools

The background is a dark blue-grey color. In the four corners, there are decorative white line-art elements that resemble circuit traces or stylized trees. These elements consist of thin lines that branch out and terminate in small circles.

VIELEN DANK