

# Energieberechnung Hauptwache

Lage: Hauptwache, Frankfurt am Main

Modul Wirkungsgrad:  $\eta_{pv} = 20\%$

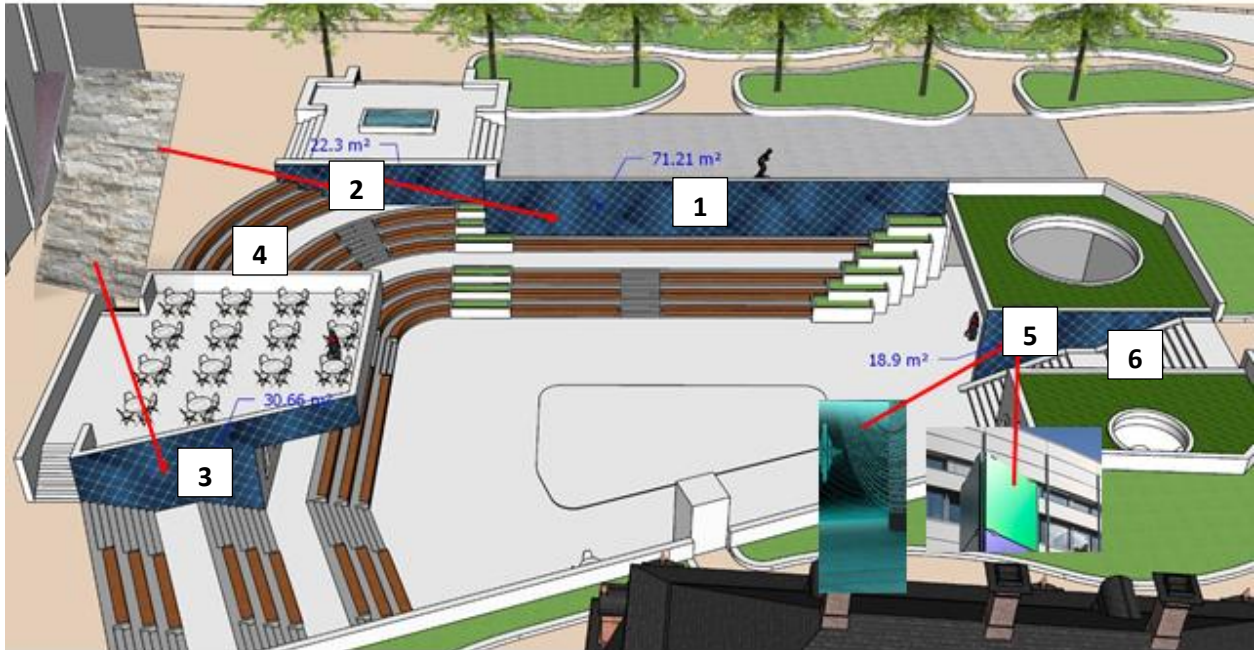


Abb. 1: Photovoltaisch aktivierbare Wände an der Hauptwache

## @ Punkt 1:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = 0$
Schatten-Faktor:	$\omega = 1$ (keine Schatten)
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.7$ (vom Sunovations, sehen Sie Abb. 13)
Oberfläche:	$A = 71.2 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 965 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 4)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},1} = A * \omega * \sigma * \eta_{\text{pv}} * E_{\text{sun}} = 71.2 \text{ m}^2 * 1 * 0.2 * 0.7 * 965 \text{ kWh/m}^2 = 9620 \text{ kWh pro Jahr}$

## @ Punkt 2:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = 0$
Schatten-Faktor:	$\omega = 1$ (keine Schatten)
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.7$ (vom Sunovations, sehen Sie Abb. 13)

	<a href="#">Abb. 13</a> )
Oberfläche:	$A = 22.3 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 965 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 4)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},2} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 22.3 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 0.7 \cdot 965 \text{ kWh/m}^2 = 3012 \text{ kWh pro Jahr}$

### @ Punkt 3:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = -20$
Schatten-Faktor:	$\omega = 1$ (keine Schatten)
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.7$ (vom Sunovations, sehen Sie <a href="#">Abb. 13</a> )
Oberfläche:	$A = 30.7 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 960 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 5)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},3} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 30.7 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 0.7 \cdot 960 \text{ kWh/m}^2 = 4126 \text{ kWh pro Jahr}$

### @ Punkt 4:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = 180$
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.7$ (vom Sunovations, sehen Sie <a href="#">Abb. 13</a> )
Oberfläche:	$A = 30.7 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 380 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 6)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},4} = A \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 30.7 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 0.7 \cdot 380 \text{ kWh/m}^2 = 1633 \text{ kWh pro Jahr}$

### @ Punkt 5:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = 0$
Schatten-Faktor:	$\omega = 1$ (keine Schatten)
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$ (vom Fraunhofer ISE, sehen Sie <a href="#">Abb. 15</a> )
Oberfläche:	$A = 18.2 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 965 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 4)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},5} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 18.2 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 965 \text{ kWh/m}^2 = 3161 \text{ kWh pro Jahr}$

### @ Punkt 6:

Plane tilt:	$\alpha = 90$
Azimuth:	$\beta = 180$
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$ (vom Fraunhofer ISE, sehen Sie <a href="#">Abb. 15</a> )

Oberfläche:	$A = 18.2 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 380 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 6)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},6} = A \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 18.2 \text{ m}^2 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 380 \text{ kWh/m}^2 = 1245 \text{ kWh pro Jahr}$



Abb. 2: Dächer an der Hauptwache: Fahrradstand und Musikpavillon

@ Punkt 7a:

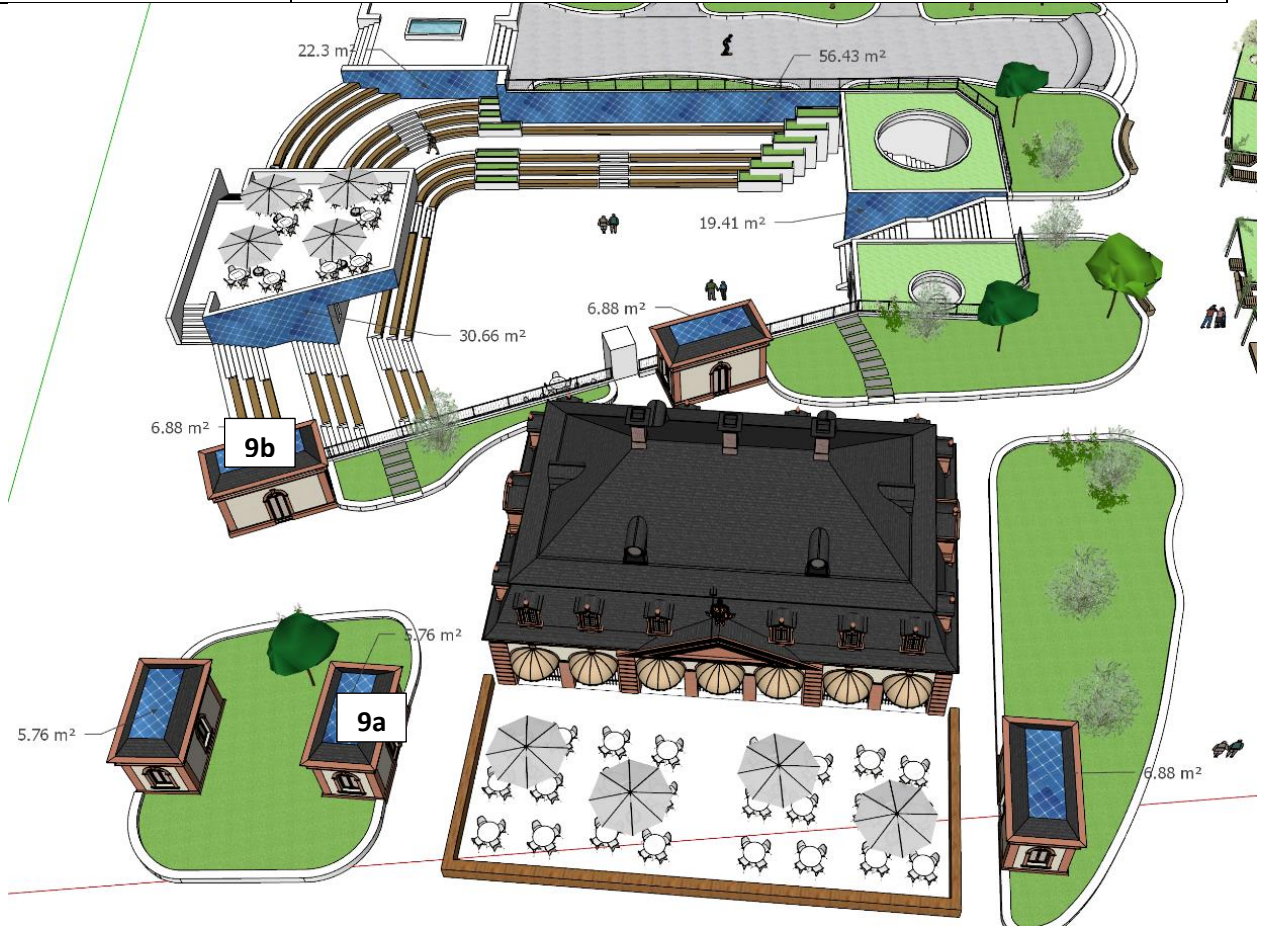
Plane tilt:	$\alpha = 15$
Azimuth:	$\beta = -30$
Schatten-Faktor:	$\omega = 0.7$
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$ (vom Fraunhofer ISE, sehen Sie Abb. 15)
Oberfläche:	$A = 24.7 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 1233 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 7)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},6} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 24.7 \text{ m}^2 \cdot 0.7 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 1233 \text{ kWh/m}^2 = 3837 \text{ kWh pro Jahr}$

@ Punkt 7b:

Plane tilt:	$\alpha = 15$
Azimuth:	$\beta = 150$
Schatten-Faktor:	$\omega = 0.7$
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$ (vom Fraunhofer ISE, sehen Sie Abb. 15)
Oberfläche:	$A = 24.7 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 973 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 8)
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},6} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{\text{pv}} \cdot E_{\text{sun}} = 24.7 \text{ m}^2 \cdot 0.7 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 973 \text{ kWh/m}^2 = 3028 \text{ kWh pro Jahr}$

**@ Punkt 8:**

Plane tilt:	$\alpha = 22.5 [(45 + 0)/2]$
Azimuth:	$\beta = 90 [(180 + 0)/2]$
Schatten-Faktor:	$\omega = 1$
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$ (vom Fraunhofer ISE, sehen Sie <a href="#">Abb. 15</a> )
Oberfläche:	$A = 34.1 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = 1094 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie <a href="#">Abb. 9</a> )
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},6} = A * \omega * \sigma * \eta_{\text{pv}} * E_{\text{sun}} = 34.1 \text{ m}^2 * 1 * 0.2 * 0.9 * 1094 \text{ kWh/m}^2 = 6715 \text{ kWh pro Jahr}$



**Abb. 3: Hauptwache Zeichnung, Toilette**

**@ Punkt 9a (schrägige Teile von allen Toilette-Dachflächen):**

Plane tilt:	$\alpha = 45$
Azimuth:	$\beta =$ unterschiedlich
Modul Wirkungsgrad:	$\eta_{\text{pv}} = 12\%$ (vom SolteQ, oder Paxos GmbH sehen Sie <a href="#">Abb. 16</a> oder <b>Fehler!</b> <b>Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.</b> )
Schatten-Faktor:	$\omega = 0.8$
Oberfläche:	$A = 2 * 2 * (4.16 + 1.87) = 24 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{\text{sun}} = (1332 + 605)/2 = 969 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie <a href="#">Abb. 10</a> and <a href="#">Abb. 11</a> )
Energiegewinn mit PV	$E_{\text{pv},6} = A * \omega * E_{\text{sun}} = 24 \text{ m}^2 * 0.8 * 0.12 * 969 \text{ kWh/m}^2 = 2233 \text{ kWh pro Jahr}$

**@ Punkt 9b(flache Teil von allen Toilette-Dachflächen):**

Plane tilt:	$\alpha = 0$
Azimuth:	$\beta = 0$
Schatten-Faktor:	$\omega = 0.95$

Modul Wirkungsgrad:	$\eta_{pv} = 20\%$ (vom ECTIVE, sehen Sie <b>Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.</b> )
Oberfläche:	$A = 4 \cdot 6.88 + 2 \cdot 5.76 = 39 \text{ m}^2$
gesamte Solar-Energie	$E_{sun} = 1116 \text{ kWh/m}^2$ (sehen Sie Abb. 12)
Energiegewinn mit PV	$E_{pv,6} = A \cdot \omega \cdot \sigma \cdot \eta_{pv} \cdot E_{sun} = 39 \text{ m}^2 \cdot 0.7 \cdot 0.2 \cdot 0.95 \cdot 1116 \text{ kWh/m}^2 = 5788 \text{ kWh pro Jahr}$

### Energy-Yield pro Jahr:

$$E_{pv,gesamt} = E_{pv,1} + E_{pv,2} + E_{pv,3} + E_{pv,4} + E_{pv,5} + E_{pv,6} + E_{pv,7a} + E_{pv,7b} + E_{pv,8} + E_{pv,9a} + E_{pv,9b}$$

$$E_{pv,gesamt} = 9620 + 3012 + 4126 + 1633 + 3161 + 1245 + 3837 + 3028 + 6715 + 2233 + 5788$$

$$E_{pv,gesamt} = 44,398 \text{ kWh pro Jahr}$$

### Berechnung mit weißen PV-Modulen von Solaxess statt mit PV-Modulen vom Sunovation:

$$E_{pv,gesamt} = 7559 + 2367 + 3242 + 1283 + 3161 + 1245 + 3837 + 3028 + 6715 + 2233 + 5788$$

$$E_{pv,gesamt} = 40,458 \text{ kWh pro Jahr}$$

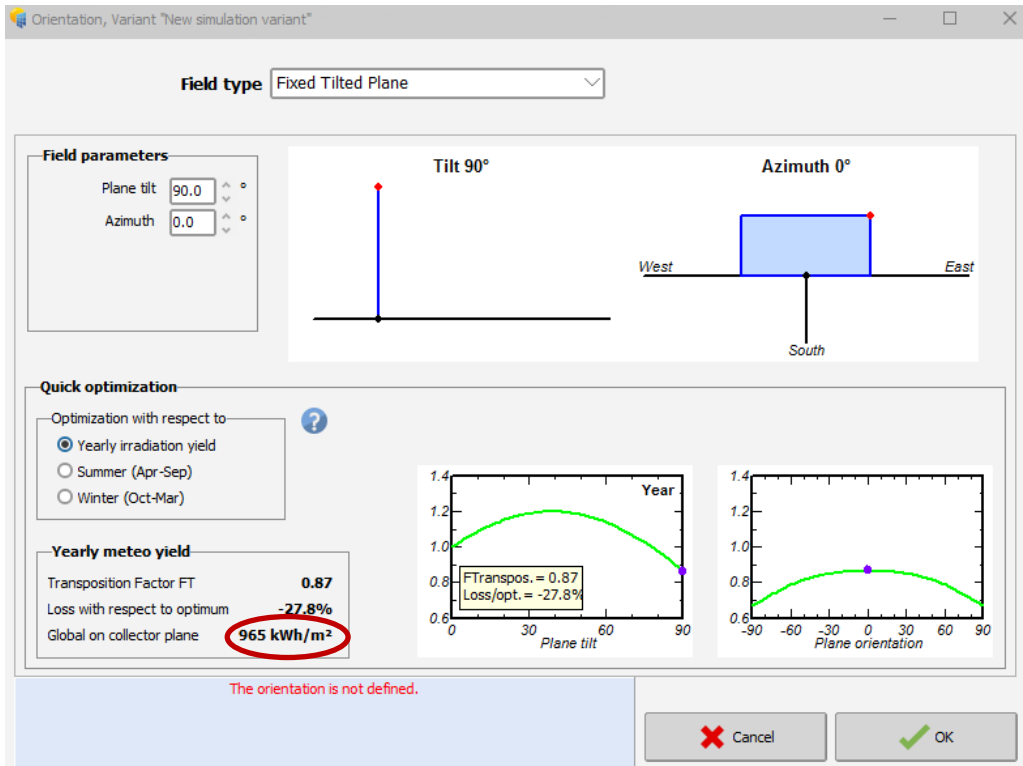


Abb. 4:  $\alpha = 90$ ,  $\beta = 0$

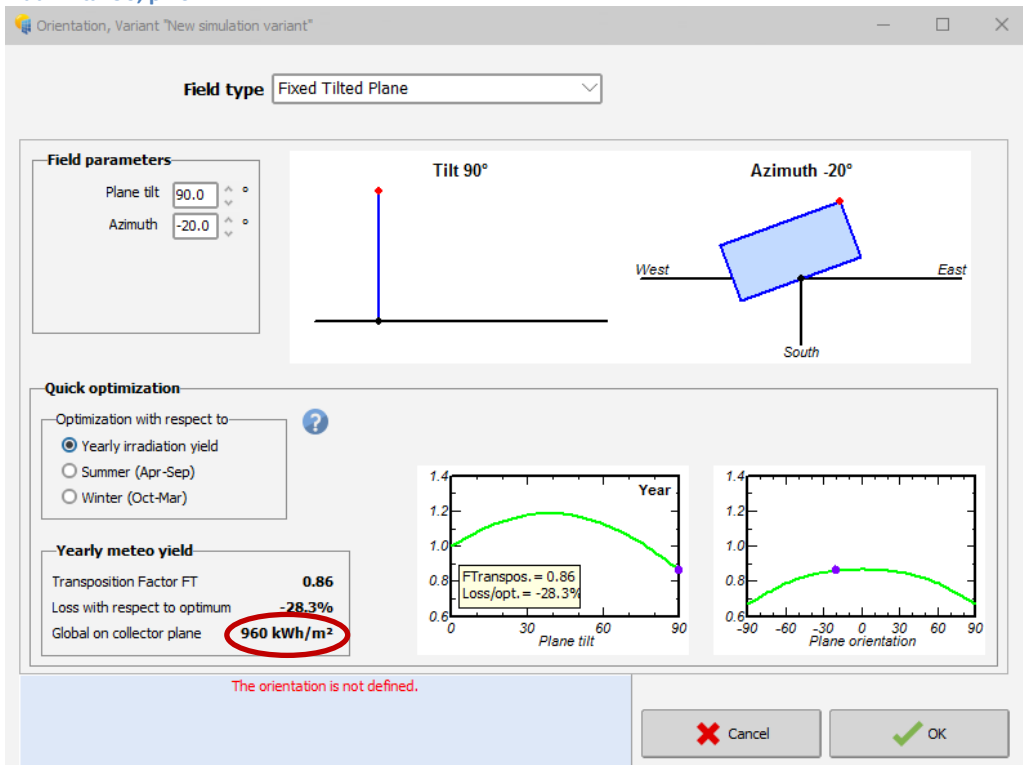


Abb. 5:  $\alpha = 90$ ,  $\beta = -20$

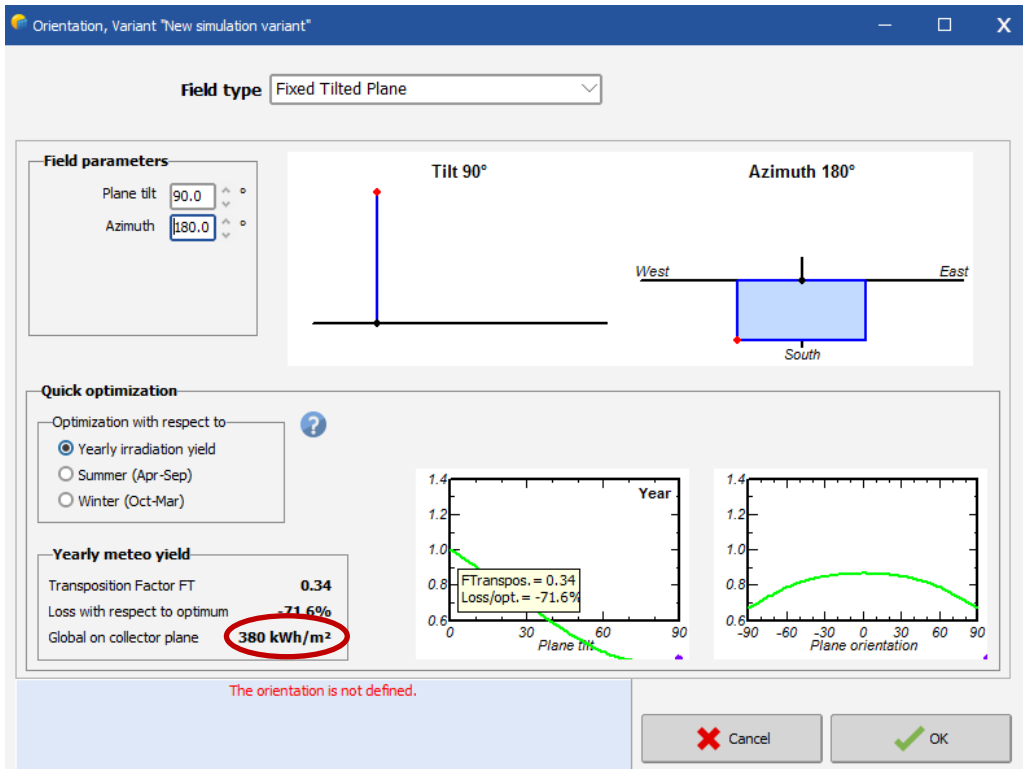


Abb. 6:  $\alpha = 90$ ,  $\beta = 180$

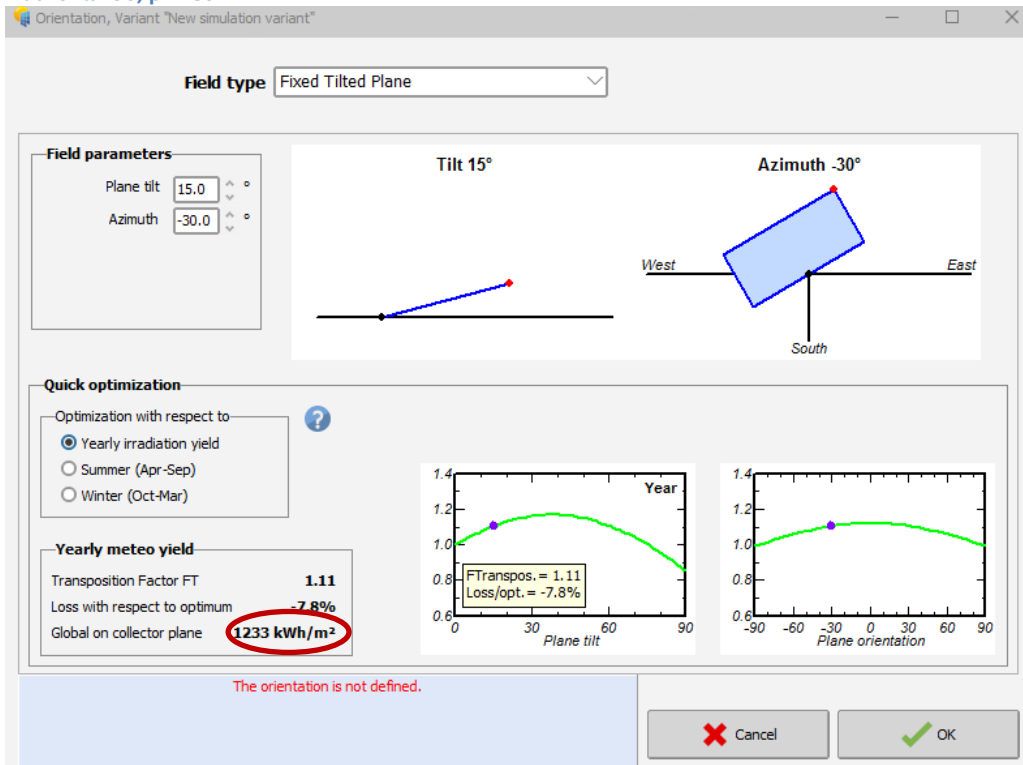


Abb. 7:  $\alpha = 15$ ,  $\beta = -30$

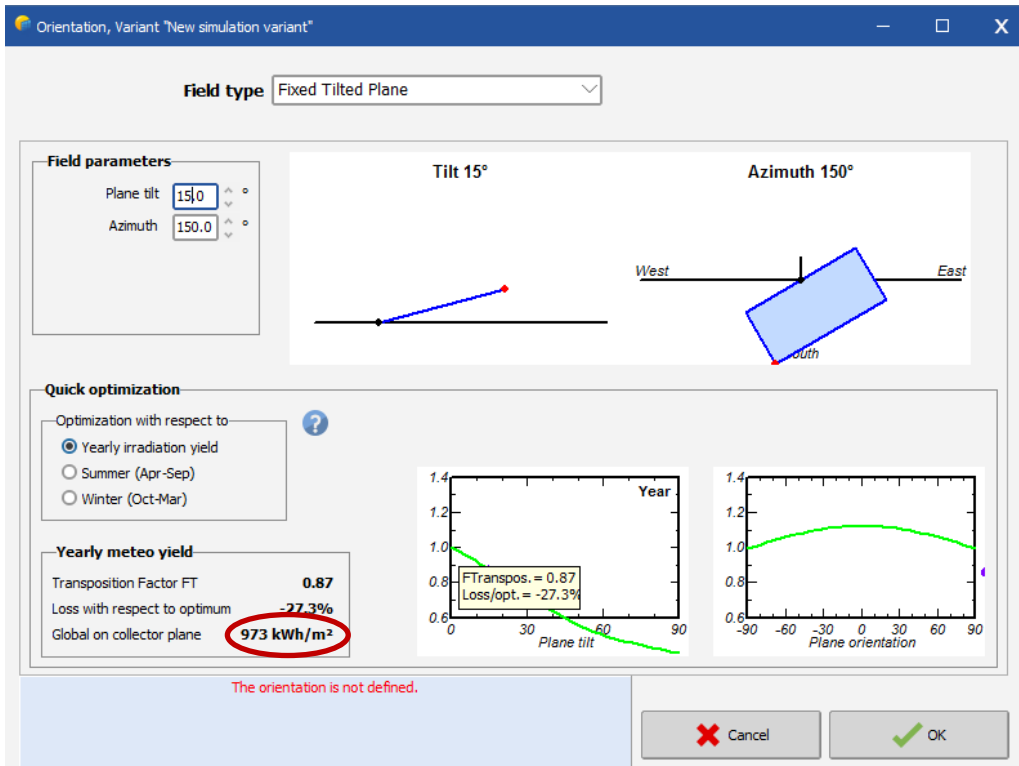


Abb. 8:  $\alpha = 15$ ,  $\beta = 150$

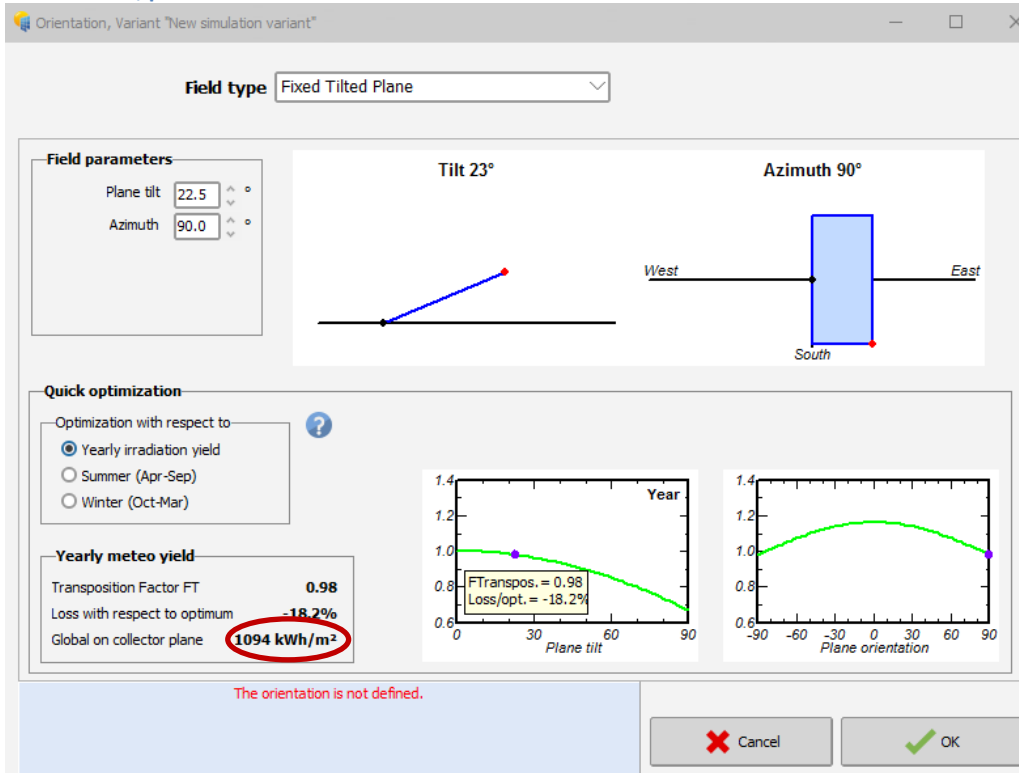


Abb. 9:  $\alpha = 22.5$ ,  $\beta = 90$



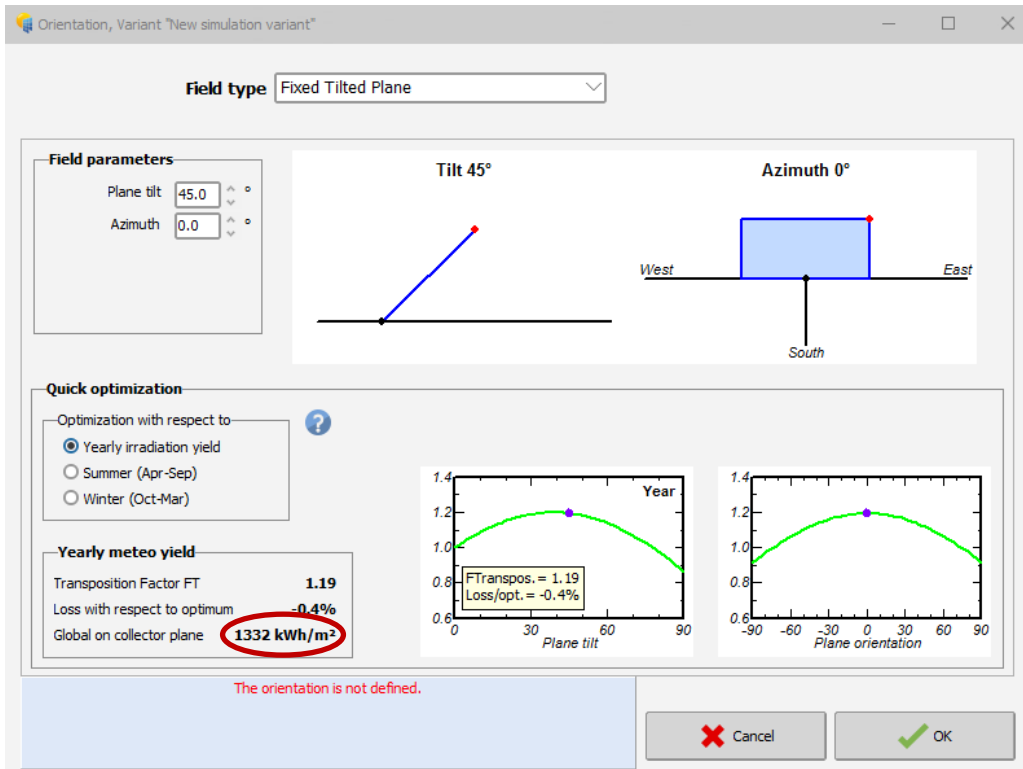


Abb. 10:  $\alpha = 45, \beta = 0$

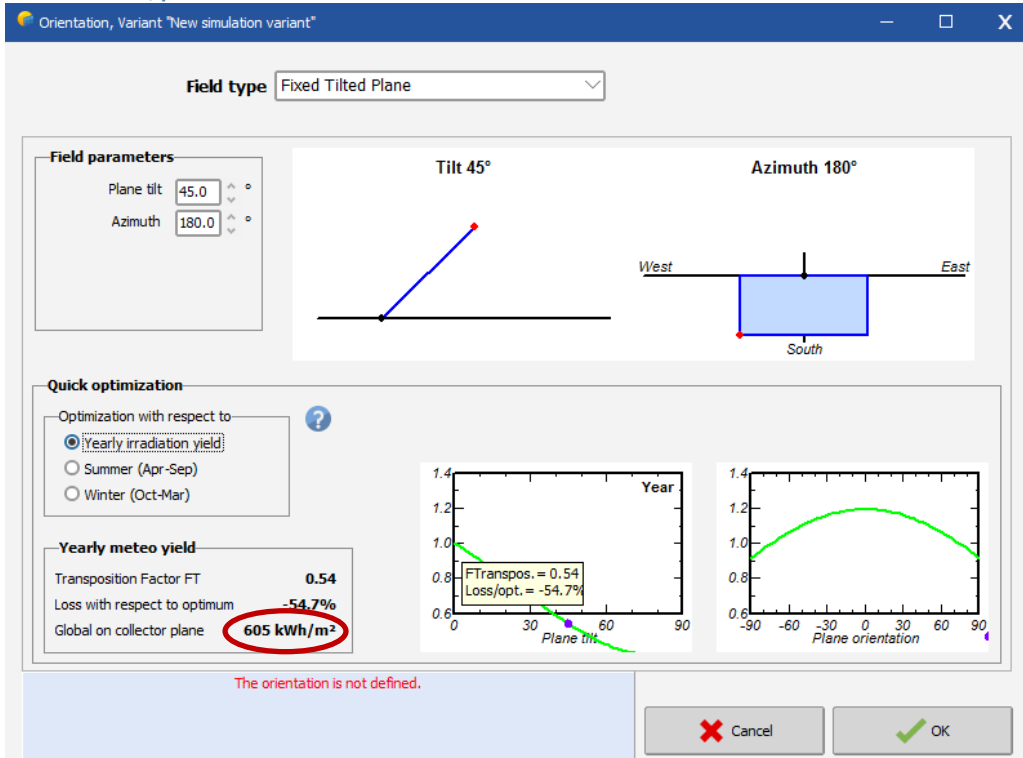


Abb. 11:  $\alpha = 45, \beta = 180$

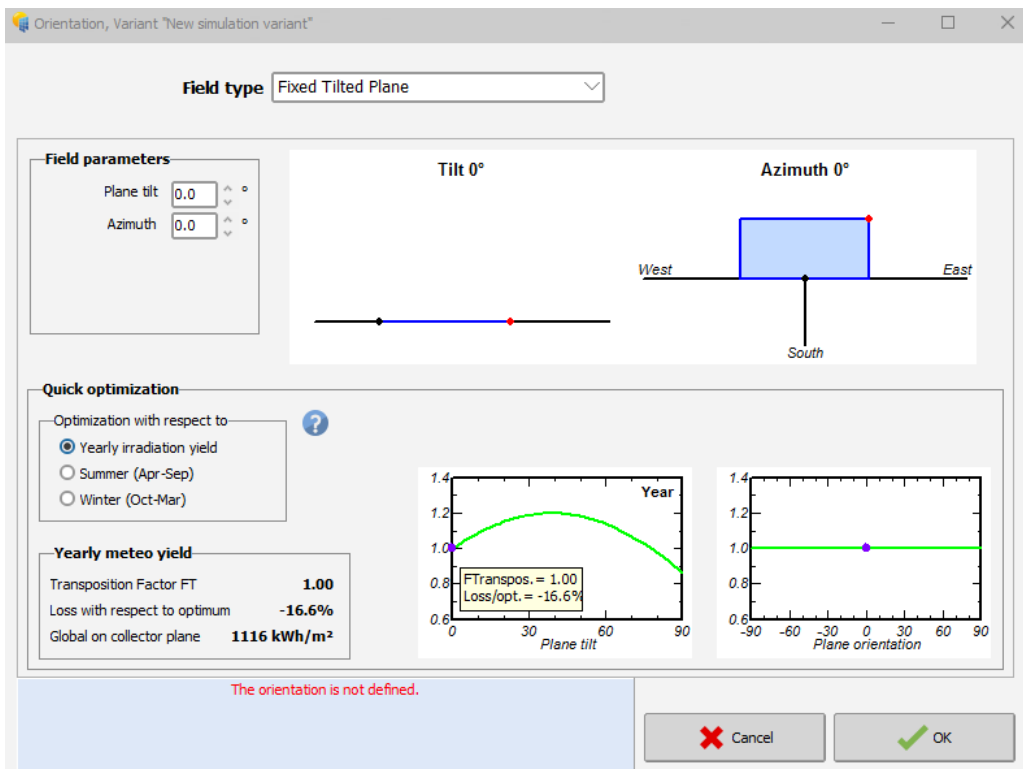


Abb. 12:  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 0$

<https://sunovation.de/en/products>

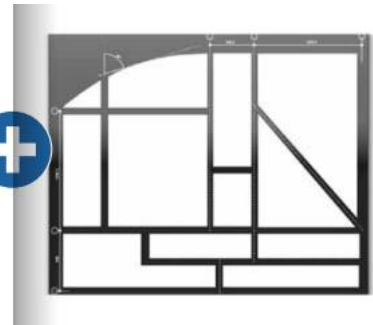
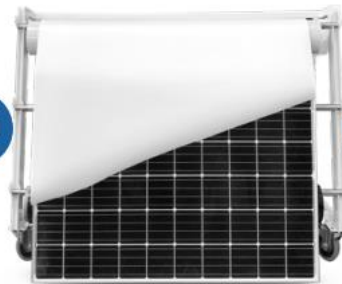
Technical Data	
appearance	Stone design
Wafer	Monocrystalline
Dimensions	Custom size
Power Density	200 W/m <sup>2</sup>
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.7$



Abb. 13: Steinformige PV-Module vom SUNOVATION

<https://www.solaxess.ch/en/performance/>

Simple integration  
into PV modules



Technical Data	
Color	white
Wafer	Monocrystalline
Dimensions	Custom size
Power Density	110 W/m <sup>2</sup>

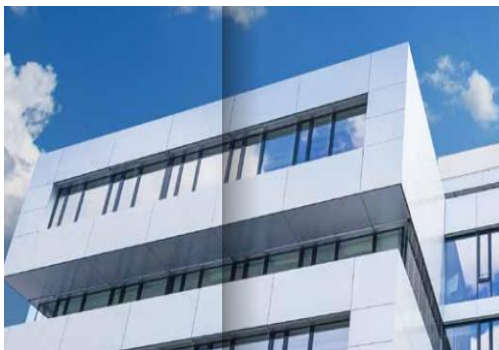


Abb. 14: Weiße PV-Module vom solaxess

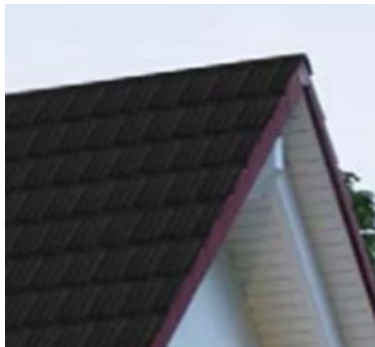
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/bauwerkintegrierte-photovoltaik-bipv/morphocolor-demo.html>



Technical Data	
Color	Wide range
Wafer	Monocrystalline
Dimensions	Custom size
Ästhetik-Faktor:	$\sigma = 0.9$

Abb. 15: MorphoColor® vom Fraunhofer ISE

<https://www.solardachziegel-solteq.com/>



## Technische Spezifikation

### GRUNDDATEN UND MECHANISCHER AUFBAU

Modultyp	Biber 9 Wp
Zellmaterial	Monokristallines Silizium
Zellgröße	156 x 156 mm
Modulabmessungen	ca. 500x180 mm
Gewicht	ca. 1,3 kg
Gewicht pro m <sup>2</sup>	ca. 16 kg
Anzahl pro m <sup>2</sup> :	13,6 Schindeln pro m <sup>2</sup>
Leistung pro m <sup>2</sup> :	ca. 125 Wp

Abb. 16: Biberschwanzziegel vom SolteQ