

## Mit einer Verschattungsanalyse in PV\*SOL Expert Photovoltaikerträge sicherer prognostizieren

Autor: Carsten Bleske, Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH



Simulationsprogramme ermöglichen eine optimale Auslegung und Konfiguration von Systemen für die photovoltaische Nutzung von Solarenergie. Bei den Ertragsberechnungen von PV-Anlagen nimmt die reale Darstellung der Verschattung durch umliegende Objekte einen wichtigen Stellenwert ein. Das Programm PV\*SOL Expert der in Berlin ansässigen

Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH kann erstmals eine 3D-Visualisierung von PV-Systemen mit Verschattungsberechnung auf der Basis von 3D-Objekten durchführen. Das Programm berechnet anhand der eingegebenen Objekte die Häufigkeitsverteilung der Verschattung für die Modulbelegungsfläche und zeigt das Ergebnis grafisch an. Dadurch kann eine Vorentscheidung über die Belegung einer Dachfläche getroffen werden. Durch die Visualisierung im 3D-Modus erhält der Anwender Aufschlüsse über die konkreten Schattenverläufe im Tages- und Jahresverlauf.

Der gesamte Bedienungsablauf ist konsequent in Arbeitsschritte aufgeteilt, die das Arbeiten wesentlich erleichtern: die Terrainansicht, die Gebäudeansicht, die Modulbelegung und die Modulverschaltung.

### Modellierung der Umgebung und der Belegungsfläche

Aus einer Sammlung häufig vorkommender Gebäudetypen wird ein Bezugsgebäude ausgewählt und angepasst. Hierbei ist es möglich, die einzelnen Teildachflächen über die Eingabe von Dachüberständen und Sperrflächen millimetergenau abzubilden.

Der Nutzer kann mithilfe des Programms jederzeit die umliegenden Schatten verursachenden Objekte, wie etwa weitere Gebäude, Bäume und einfache Objekte einstellen und anpassen (Mauern, Masten etc.).

### Sperrflächen und Abschattungsobjekte auf dem Dach

Nachdem die Dimensionierungsarbeiten am Bezugsgebäude abgeschlossen sind, können im nächsten Arbeitsschritt entweder Sperrobjekte wie Fenster und vielfältig skalierbare Sperrflächen sowie die Schatten verursachenden Objekte wie Kamine und Gauben auf den Flächen des Bezugsobjekt positioniert und skaliert werden.

## Modulbelegung

Die verbleibenden Belegungsflächen können automatisch mit der maximal möglichen Anzahl des ausgewählten Modultyps belegt werden. Es ist aber auch eine manuelle Belegung möglich.



Bild 1: PV\*SOLExpert, Modulbelegung

## Schatten-Häufigkeitsverteilung

Der Anwender kann sich zu jedem Zeitpunkt der Simulation die jährliche Einstrahlungsminderung für jeden Punkt der Belegungsfläche und für jedes Modul anzeigen lassen, um zu entscheiden, ob ein Modul eventuell entfernt wird. So ist in Bild 2 beispielsweise die linke untere Ecke der Dachfläche stärker verschattet als der Rest der Dachfläche. Hier kann der Anlagenplaner entscheiden, ob einzelne Module entfernt oder verschoben werden.

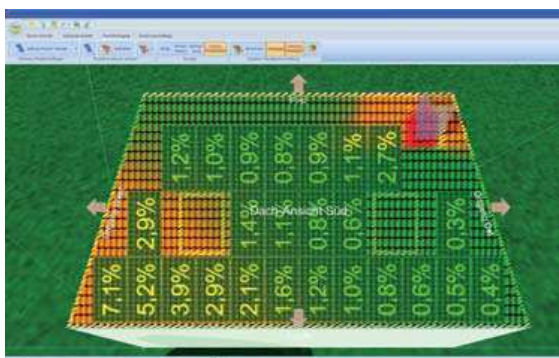


Bild 2: PV\*SOL Expert, Schatten-Häufigkeitsverteilung

## Animation des Schattenverlaufs

Während des gesamten Programmablaufs stehen dem Nutzer umfangreiche Animationshilfen zur Verfügung, über die

er sich die jeweilige Schattenkonstellation verdeutlichen lassen kann.

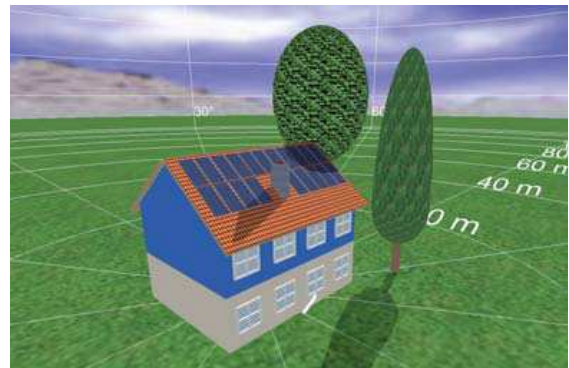


Bild 3: PV\*SOLExpert, Animation des Schattenverlaufs

## Optimierung der Modulverschaltung

Die eingesetzten Module werden jetzt vom Anwender mit Wechselrichtern verschaltet. Die Zuordnung der Module zu den einzelnen Strängen erfolgt automatisch vom Programm. Der Nutzer kann diese Zuordnung aber aufgrund der Abschattungssituation optimieren. Bei einer horizontal verlaufenden Teilabschattung kann eine entsprechende horizontale Strangverschaltung gewählt werden, so dass nicht mehrere Stränge, sondern nur ein Strang verschattet wird. Es ist auch möglich, einzelne Module einem bestimmten Strang zuzuordnen, um eine Gruppierung von PV-Modulen mit ähnlichen Einstrahlungsbedingungen zu erreichen.



Bild 4: PV\*SOLExpert, Modulverschaltung

## Ertragssimulation

Ist die Wechselrichterverschaltung abgeschlossen wird in PV\*SOL Expert eine Ertragssimulation unter Berücksichtigung des Einflusses von Bypassdioden und der Teilverschattung jedes Moduls durchgeführt.

PV\*SOL Expert berücksichtigt hierbei die interne Zellverschaltung der PV-Module. Der Anwender kann optional die Anzahl der Bypassdioden sowie auch die interne Zellverschaltung definieren.

Beispielsweise ist bei einem horizontal verschatteten, kristallinen PV-Modul eine horizontale Zellverschaltung und eine seitliche Anordnung der Bypassdioden sinnvoll (siehe Bild 5, rechte Zellverschaltung), weil ein Durchschalten der betroffenen Bypassdiode nur eine begrenzte Anzahl an Zellsträngen stilllegen würde.



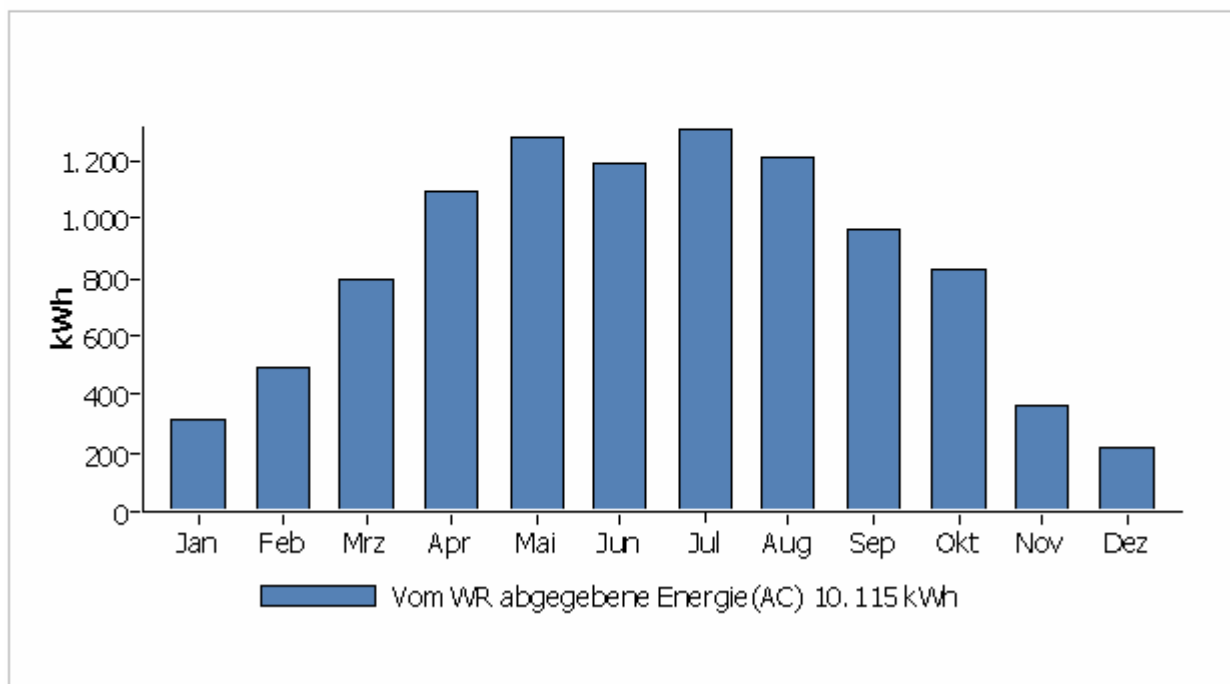
**Bild 5: Definition der internen Zellverschaltung**

## Erstellung eines Projektberichtes in PV\*SOL Expert

Nach Abschluss der Ertragssimulation erstellt PV\*SOL Expert einen Projektbericht mit allen relevanten Informationen bezüglich Einstrahlung und Verschattung. Um sich einen schnellen Überblick zu verschaffen, kann der Anwender auch einen Kurzbericht wählen.

### Simulationsergebnisse für das Gesamtsystem

Einstrahlung auf Horizontale:	104.615 kWh	Eigenverbrauch:	10,9 kWh
PV-Gen. Einstrahlung:	118.070 kWh	PV-Gen. erzeugte Energie:	10.568 kWh
Einstrahlung abzl. Reflexion:	113.133 kWh	Systemnutzungsgrad:	8,6 %
Einstr. ohne Verschattung:	119.119 kWh	Performance Ratio:	88,2 %
Vom WR abgegebene Energie(AC):	10.115 kWh	Final Yield:	2,8 h/d
Verbrauch Bedarf:	0 kWh	spez. Jahresertrag:	1.005 kWh/kWp
Netz Bezug:	11 kWh	Generator Nutzungsgrad:	9,0 %



**Bild 6: PV\*SOL Expert , Auszug aus dem Projektbericht**

## SunEye™ – Verschattungsanalyse auf Knopfdruck

Neben der Verschattung durch naheliegende 3D-Objekte berücksichtigt PV\*SOL Expert auch weiter entfernte Objekte – die sogenannte Horizontverschattung. Dies kann über die in PV\*SOL Expert verfügbaren Standard-Horizontverschattungen oder über eine in PV\*SOL Expert manuell erstellte Horizontverschattung erfolgen. Die Horizontverschattung kann allerdings auch mit speziell für diesen Zweck entwickelten Geräten ermittelt werden. Meist erfassen diese den Verlauf der realen Horizontlinie, indem mit einem Fischaugenobjektiv die Umgebung fotografiert wird. PV\*SOL Expert ermöglicht das Einlesen von Horizontverschattungen, die mit dem Schattenanalysator SunEye™ der US-amerikanischen Firma Solmetric erstellt wurden. Für das Produkt, das beim 23. Photovoltaik-Symposium in Bad Staffelstein den zweiten Preis in der Kategorie „Innovativstes Produkt“ gewonnen hat, hat die Zwieseler Firma Soleg GmbH die exklusiven Vertriebsrechte erworben. SunEye ist der Schattenanalysator mit dem derzeit größten Funktionsumfang. Das Solmetric SunEye stellt eine vollständige Sonnenverfügbarkeits- und Schattenanalyse in einem integrierten, tragbaren Gerät für verschiedene Anwendungen bereit.



**Bild 7: SunEye im Einsatz vor Ort**

Mit SunEye können die Nutzer exakte Umgebungsanalysen und schnelle Simulationen vornehmen und so Ergebnisse über die zu erwartende Sonneneinstrahlung erhalten.

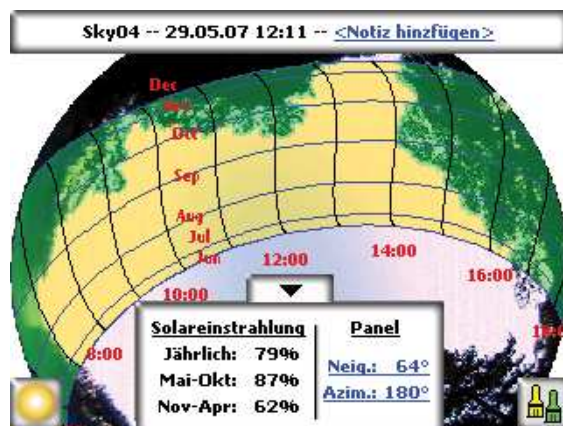
Außerdem lassen sich mit SunEye »Was Wäre Wenn« Fragen beantworten. So können sowohl im Gerät mittels Touchscreen als auch in der mitgelieferten Software klar erkennbare Hindernisse wie z.B. Schatten werfende Bäume aus dem Digitalfoto herausretuschiert oder ein künftiges Haus auf dem bislang unbebauten Nachbargrundstück eingefügt werden. Ein großer Vorteil dabei ist, dass sofort festgestellt werden kann, wie viel zusätzliche Energie produziert werden würde bzw. entfällt, falls man die Hindernisse entfernt oder neue Hindernisse entstehen. Möglichkeiten zur Anlagenoptimierung bieten sich auch, weil der Installateur mit dem SunEye jene Teile der Dachfläche, auf die nie ein Schatten fällt und andere Bereiche, die regelmäßig verschattet sind ausmachen kann. Diese Angaben können bei der Verschaltung der Module berücksichtigt werden. Die Funktionen des Solmetric SunEye machen es einfach und benutzerfreundlich. Das All-in-One-Gerät ist mit integriertem Fischaugenobjektiv und Digitalkamera, Kompass, Wasserwaage, Touchscreen sowie Schutzabdeckung ausgestattet.



**Bild 8: SunEye, professionelle Erfassung der Horizontverschattung**

## SunEye – Bestimmung der realen Horizontverschattung

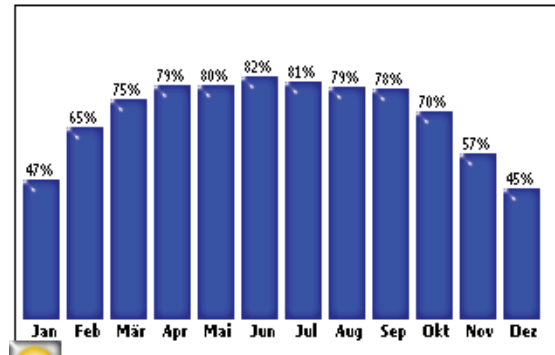
Zuerst muss SunEye nach Süden ausgerichtet werden. Hierzu kann der einbaute Kompass genutzt werden. Vor der eigentlichen Aufnahme der Horizontlinie muss auch eine möglichst genaue horizontale Ausrichtung des Gerätes gewährleistet sein. Dies kann durch die im Gerät integrierte Libelle kontrolliert werden. Hierzu wird SunEye am besten auf einem Stativ montiert. Anschließend schießt man ein Foto, das den gesamten Horizont abbildet.



**Bild 9: SunEye, Darstellung des verschatteten Horizonts**

Aus den Standortkoordinaten berechnet die integrierte Software die Sonnenlaufbahn und ermittelt anhand der Horizontlinie die durchschnittliche Verschattung in Prozent. Messergebnisse, eine grafische Darstellung der Sonnenpfade für die Breiten- und Längengrade des Standorts sowie eine Bestimmung der jährlichen, jahreszeitlichen, monatlichen und viertelstündlichen Abschattungsprozentsätze liegen also sofort vor.

**Monatliche Solareinstrahlung: (Neig.=34°; Azim.=180°)**



**Bild 10: Monatliche Sonnenverfügbarkeit**

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die automatische Anpassung der Daten für die magnetische Deklination eines bestimmten Standorts. Es können über 50 Standortmessungen im tragbaren Gerät gespeichert werden. Die Daten können zu einem Desktop-PC zur späteren Überprüfung und möglichen Weiterbearbeitung gesendet werden. Die Desktopsoftware für PC's erzeugt automatisch Berichte und exportierte Datendateien. Spezielle Beispiele für die Dateien sind im Benutzhandbuch zum Herunterladen verfügbar unter: <http://www.soleg.de/Downloads/Verschattungsanalyse/SunEye>

Im Menüpunkt „Bearbeiten“ kann der eingezeichnete freie Himmel bzw. die Schatten verursachenden Hindernisse geändert werden. Die neuen Berechnungen ermöglichen es, die unterschiedliche Sonnenverfügbarkeit zwischen den derzeitigen Bedingungen und hypothetischen Bedingungen zu sehen.

[www.valentin.de](http://www.valentin.de)  
[www.solmetric.com](http://www.solmetric.com)  
[www.soleg.de](http://www.soleg.de)