



Module ohne Ende: Große Solarparks wie hier in Leimershof bieten die geringsten Systemkosten in der Photovoltaik.

Foto: IBC Solar

## Viel Zeit gespart

Computer Aided Engineering erlaubt die Projektierung von Solarparks auf der Freifläche – aus einem Guss und ohne Datenverluste.

Die Projektierung und Installation von Photovoltaikkraftwerken sind gegenwärtig geprägt von immer kürzeren Projektentwicklungszyklen, technisch komplexen Vorplanungen und einem starken Preisdruck bei den EPC-Contractoren (EPC: Engineering, Procurement, Construction). Sich rasch ändernde Einspeisebedingungen erfordern beschleunigte interne und externe Genehmigungs- und Prüfungsprozesse, aber auch eine schnelle technische Planung und kürzere Zeiträume für die Installation und den Netzanschluss. Durch die Globalisierung der Beschaffungs- und Energiemärkte sowie verhältnismäßig hohe Personalkosten in Europa steigt der Innovationsdruck auf die heimischen EPC-Contractoren, da sich relevante Projekte nunmehr hauptsächlich durch signifikante Vorteile in der Projektentwicklung und durch Kostenvorteile in der Realisierung erschließen lassen.

Eine erhebliche Anzahl an Projekten in unterschiedlichen Entwicklungsstadien wird von lokalen Entwicklern offeriert. Sie verlangen nach der positiven rechtlichen Vorprüfung ein rasches technisches Konzept des Planers, das die Grundlage für einen wirtschaftlichen Check bildet. Durch die volatilen rechtlichen Rahmenbedingungen und die zeitlich limitierten Sicherungen der Projektrechte bleibt immer weniger Zeit für die technische Vorplanung. Trotz dieses Drucks werden immer häufiger sogar weitreichende Informationen wie die Performance Ratio und erste Möglichkeiten zur Optimierung des Kraftwerkdesigns gefordert. Bisher wurden sie erst nach der Sicherung der Projektrechte und dem Beginn der Detailplanung bestimmt.

Diese verschärften Anforderungen an den technischen Solarkraftwerksplaner lassen sich nur durch systemübergreifende und anwenderfreundliche Methoden in der Projektierung und Konstruktion lösen.

Durch den Einsatz von neuen CAx-Technologien – X steht für die vielfältigen Anwendungen – werden digitale Testaufbauten der Photovoltaikkraftwerke realitätsnah dargestellt und in ihren Funktionen und Eigenschaften simuliert. Auf diese Weise lassen sich verschiedene Konzepte in der frühen Planungsphase beurteilen und verändern. Im klassischen Kraftwerks- und Anlagenbau ist das durchgängige computerunterstützte Planen von der Konzeptidee (Variantendesign), über die Anlagensimulation (Strömung, Wärme, Statik, Reaktionsmechanismen) bis zur Fertigungszeichnung (NC-Code, Stückliste, Content Management) Stand der Technik.

Im Bau von Photovoltaikkraftwerken hingegen werden verschiedene, autarke Softwarelösungen verwendet. Die Erfassung und Verarbeitung der Geländekoordinaten, die Belegung der Freiflächen, das Anlagenkonzept, die Ertragsberechnung und die Erstellung der Stücklisten und Fertigungszeichnungen laufen grundsätzlich mit unterschiedlichen, marktüblichen Softwarepaketen. Das führt neben längeren und personalintensiven Planungsphasen auch zu Ungenauigkeiten oder Datenverlusten beim Schnittstellenübergang zwischen den einzelnen Systemen.

### In schwierigem Gelände

Beim vorliegenden Beispiel handelt es sich um ein geplantes Solarkraftwerk in Südosteuropa mit einer DC-Anlagenspitzenleistung von 4,4 Megawatt. Das Gelände mit heterogener Topographie hat eine limitierte nutzbare Nettogesamtfläche von 9,23 Hektar. Das Gefälle in Nord-Süd-Richtung wie auch das Gefälle in Ost-West-Richtung ist sehr unterschiedlich und beträgt bis zu 25 Grad. Gleichzeitig befinden sich etwa in der Mitte des Geländes zwei Hochplateaus. Der Baugrund ist nicht durchgängig geeignet für Rammprofile. Teilweise sind Aussparungen in der Belegungsplanung notwendig, da felsartige Verwitterungen bis in die obere Erdschicht dringen.

Darüber hinaus müssen erhebliche Geländesprünge berücksichtigt werden, die nicht belegt werden können. Für Erschließung und Zugang des Kraftwerks ist ein Straßenkonzept gefordert, bei dem keine größeren Massen bewegt werden. Die Geländetopographie wurde vom Vermesser aufgenommen. Aus den Vermessungsdaten wurde in der

Umgebung AutoCAD Civil 3D ein digitales Geländemodell erstellt. Die Vernetzung der Vermessungsdaten zu einem räumlichen Modell erfolgte mit Dreiecksvermaschung. Größe und Eigenschaften der Tetraeder wurde so gewählt, dass einerseits der Geländeverlauf hinreichend genau für die spätere Detail- und Rammplanung abgebildet wird. Andererseits sollte die zur Verfügung stehende Rechnerleistung nicht überschritten werden.

### Vom Raumnetz zur Oberfläche

Aus dem Raumnetz wurde eine geschlossene Oberfläche generiert. Sie diente als Grundlage für die weitere Beplanung des Standortes. Mit den bereits in AutoCAD Civil 3D integrierten Helios3D-Funktionalitäten wurden innerhalb der generierten Oberfläche Sperrflächen definiert. Dazu gehören insbesondere die Felsen an der Baugrundoberfläche, nicht zur Belegung vorgesehene Flächen sowie Wartungskorridore zwischen dem Zaun und den Modulreihen. Um die Erdarbeiten zu minimieren, wurde eine bevorzugte Trassenführung für die Erschließungsstraße erarbeitet. Auch sie wurde als nicht belegbare Sperrfläche definiert.

Innerhalb der Benutzeroberfläche von Helios3D wurden mit den vorgesehenen Modulen und der vorgesehenen Unterkonstruktion die Modultische (Geometrie, Neigung, Ausrichtung, Abstand Unterkante über Boden) erstellt und in die Vorlagendatenbank aufgenommen. Die Tischgröße erlaubt pro Tisch genau eine Modulreihe. Als Grenzen für die Belegung der Fläche wurde nach Konsultation mit dem Hersteller der Unterkonstruktion und dem Montageunternehmen eine tolerierbare Ost-West-Neigung von 15 Grad festgelegt. In der Nord-Süd-Richtung war eine solche Begrenzung unnötig, denn im ersten Entwurfsschritt wurden beliebig enge Modulreihen geduldet, solange die Eigenverschattung nicht zu hoch und ein Mindestabstand von zwei Metern eingehalten wird. Zwei Meter Abstand erlauben es während des Betriebs, mit entsprechenden Kleinmaschinen notwendige Servicearbeiten wie zum Beispiel Mähen auszuführen.

Mit den gewählten Einstellungen konnten die Planer auf eine manuelle Belegung verzichten und die Fläche automatisch durch Helios3D belegen, mit zwei hochkant übereinander angeordneten Modul-

- absaugen
- fördern
- filtern
- shreddern
- pressen



## Entstaubungsanlagen vom Spezialisten für Windenergieanlagen –

gewinnbringende Lösungen vom Komplettanbieter

### HÖCKER POLYTECHNIK GmbH

Borgloher Straße 1 · 49176 Hilter

Fon + 49 (0) 5409 405-0

Fax + 49 (0) 5409 405-555

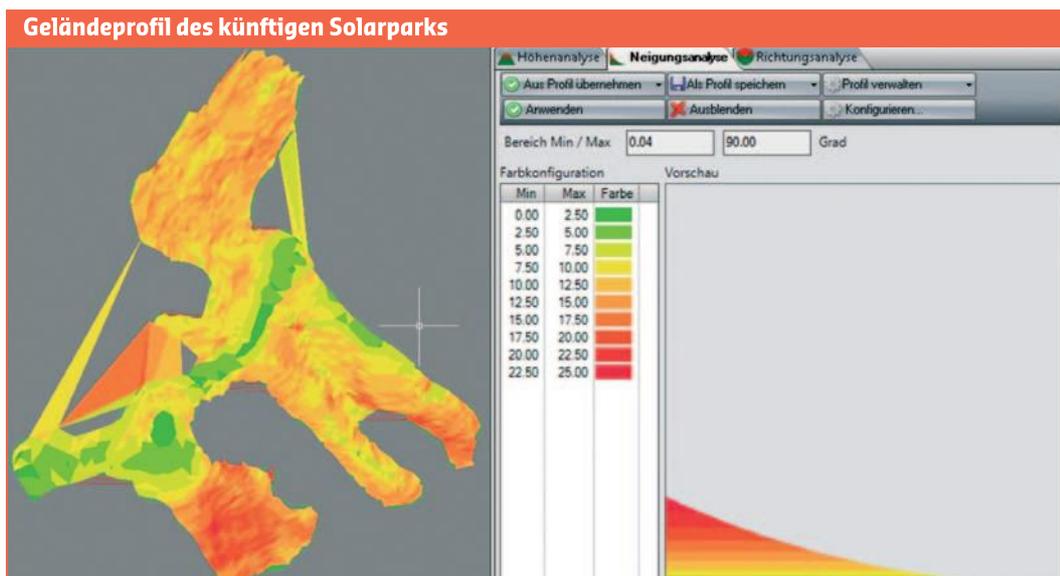
info@hpt.net

www.hoecker-polytechnik.de

**HÖCKER<sup>®</sup>**  
**POLYTECHNIK**

Always one idea ahead

Das Geländeprofil bietet die Grundlage der Systemauslegung und der Rammpläne.



reihen. Der Schattenwurf der Modulreihen an einem Wintertag wurde berücksichtigt. Die Abstände der Modulreihen ließen sich weiter automatisch optimieren, um die oben genannten Vorgaben einzuhalten.

Bisher lag der Fokus der Planung auf der geometrischen Definition des Kraftwerks und der Ermittlung der installierbaren Anlagenspitzenleistung bei unterschiedlichen Varianten, wie zum Beispiel bei der Anordnung von zwei Modulen hochkant übereinander oder drei Modulen quer übereinander in einer Reihe. Es war nicht möglich, dieses geometrische Kraftwerkslayout direkt und komplett dreidimensional in eine Simulationsumgebung zu implementieren, um mögliche Ertragsverluste mit höherer Genauigkeit zu quantifizieren. Daher wurden für die Ertragsberechnung nur idealisierte Teilabschnitte untersucht (zum Beispiel in PV Sol) oder das Anlagenlayout wurde manuell skizziert (Modul Near Shadings in PV Syst). Beide Verfahren führten zu geometrischen Ungenauigkeiten und idealisierten Ergebnissen aus den Simulationen.

Daher wurde eine neue Schnittstelle fertiggestellt, mit deren Hilfe alle relevanten geometrischen Informationen vom Anlagenlayout direkt in die Simulationsumgebung Near Shadings von PV Syst übergehen können. Dabei werden die Koordinaten der Eckpunkte der Tische der Unterkonstruktion (vier Koordinatentripel pro Tisch) aus dem 3D-CAD-Modell übergeben. Auf diese Weise ist es erstmals möglich, von der Layoutplanung und der Tischkonfiguration bis zur Anlagensimulation durchgängig

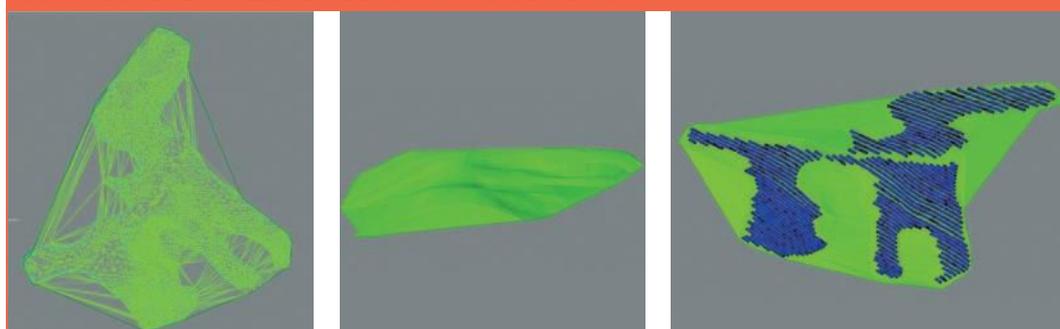
und ohne Informationsverluste verschiedene Anlagen- und Layoutkonzepte auf ihren spezifischen Ertrag zu bewerten.

Im Beispiel aus Südosteuropa wurden verschiedene Varianten der Layoutplanung mittels der \*.h2p-Datei in PV Syst importiert. Dort wurde das 3D-Kraftwerkslayout um verschattende Objekte ergänzt, wie die Wechselrichterstationen, die Zäune und Masten für die Überwachungskameras. Nach der Aufteilung des Solarfeldes in einzelne Modulstränge simulierten die Planer die Verschattung zur Wintersonnwende.

Es ging darum, die dadurch verursachten Mindererträge zu berechnen und die betroffenen Modulstränge zu identifizieren. Für das Kraftwerk mit dem zentralen Wechselrichterkonzept summierte sich die Minderung des spezifischen Ertrages durch die Verschattung anfangs auf mehr als acht Prozent. Mit der neu eingeführten Schnittstelle war es ohne größeren Aufwand möglich, alternative Layoutkonzepte auf AutoCAD Civil 3D oder Helios3D direkt in PV Syst zu simulieren und hinsichtlich ihres Wirkungsgrades zu optimieren. Dabei ließ sich die Performance Ratio um drei Prozent gegenüber einem Standardkonzept steigern, auf knapp 80 Prozent im ersten Jahr – trotz schwierigem Gelände.

Für das freigegebene Konzept wurden in Helios3D detaillierte, koordinatendefinierte Rammpläne für die Montage erstellt. Diese Koordinatenlisten werden an das Montageunternehmen übergeben, um die Rammzeiten auf der Baustelle

## Schrittweise Übernahme der Daten in ein Standortmodell



Aus dem digitalen Geländemodell (oben) entsteht durch Dreiecksvermaschung ein räumliches Modell (links). Daraus folgt eine geschlossene Oberfläche, mit dessen Hilfe man die Zufahrtsstraße und die Modulbelegung planen kann (Mitte). Rechts erkennt man die fertige Systemplanung.

Graphiken: Strabag

zu verkürzen. Denn die weiteren Ausrichtungen auf schwierigem Terrain sind nicht notwendig. Gleichzeitig ist gewährleistet, dass tatsächlich nur dort gerammt wird, wo vom Planer vorgesehen.

Der Schnittstellenübergang von Helios3D zur Simulationsumgebung in PV Syst erlaubt einen integrierten Ansatz zur Konzeption und zur raschen Evaluierung von konkurrierenden Kraftwerkslayouts. Die Auswirkungen der Layoutkonzepte lassen sich für oder mit dem Kunden bewerten, so dass der Kunde enger in den Entscheidungsprozess eingebunden ist. Bei komplizierten Geländetopographien lassen sich Zusammenhänge zwischen Reihenabstand, Zaunabstand, horizontaler oder vertikaler Anordnung der Module und der erzielbaren Performance Ratio schnell ermitteln und darstellen. Insbesondere die wiederkehrende Frage nach dem Optimum zwischen installierter Leistung und spezifischem Ertrag lässt sich rasch und transparent beantworten – und zwar nicht nur für idealisierte und simulierte Teilschnitte, sondern für das gesamte Kraftwerkskonzept.

### Kürzere Planungszeiten

Beim Schnittstellenübergang zwischen Kraftwerkslayout, Systemdesign und Simulation wurden keine nennenswerten Verluste oder Ungenauigkeiten festgestellt. Erste Erfahrungswerte zeigen, dass der durchgängige Planungsprozess den Zeitaufwand für das Konzeptdesign um mindestens 20 bis 25 Prozent senkt. Bei schwierigen Geländetopographien, die früher eine Unterteilung in mehrere kleinere Abschnitte zur Abschätzung der Performance Ratio erforderten, reduziert sich der Zeitaufwand wahrscheinlich noch deutlicher.

Neben so drastisch verkürzten Engineering-Zeiten gewährleistet die beschriebene Methodik des Variantendesigns eine jederzeit intern und extern nachvollziehbare Dokumentation und Begründung der Planung. Dabei werden die Ertragsvorteile des gewählten Layoutkonzeptes nicht nur qualitativ, sondern umfassend quantitativ dargestellt. Die gewonnenen Ergebnisse sind wertvolle Informationen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Projektes wie auch eine wichtige Grundlage für die Verhandlung und vertragliche Festlegung der zu garantierenden Performance Ratio durch den EPC-Contractor. ■



Dr. Nikica Starcevic<sup>1</sup>

Strabag Umwelttechnik, München und Wien  
www.strabag-umwelttechnik.com

Thomas Hofer<sup>2</sup>

ILF Beratende Ingenieure GmbH, München  
www.ilf.com

Dr. Martin Kratzeisen<sup>3</sup>

Universität Hohenheim, Stuttgart  
www.uni-hohenheim.de/agrartechnik

# Qualität ist messbar!



## AS Control PV-Interface

Ständig auf dem Laufenden mit unserem **herstellernunabhängigen** High-End-Anlagenüberwachungssystem: Das PV-Interface informiert Sie weltweit in Echtzeit über Ertrags- und Anlagendaten, auch online über [www.as-portal.com](http://www.as-portal.com). Pro Gerät lassen sich **bis zu 100 Wechselrichter** kontrollieren. Profitieren Sie vom hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis!

# AS Solar

Sonne weitergedacht.

AS Solar GmbH, Fachgroßhandel für Solartechnik  
Nenndorfer Chaussee 9 Tel.: +49 511 475578-0  
D-30453 Hannover Fax: +49 511 475578-11  
[www.as-solar.com](http://www.as-solar.com) [info@as-solar.com](mailto:info@as-solar.com)

