

# Photovoltaik-Anlage an der FHNW Brugg-Windisch

---

Stefan Roth<sup>1</sup>

Anfangs April 2018 nahm das erste grosse Photovoltaik-Kraftwerk der Fachhochschule Nordwestschweiz am Standort Brugg-Windisch seinen Betrieb auf. Das Konzept dieser Anlage ging aus einer Arbeit hervor, die Studierende aus dem Studiengang Energie- und Umwelttechnik im Rahmen einer Projektarbeit entwickelt hatten. Die Jahresenergieerzeugung dieses Kraftwerks entspricht bilanziell etwa dem Bedarf von 50 Haushalten. Allerdings wird die erzeugte Elektrizität direkt im Campus genutzt und deckt etwa  $\frac{1}{30}$  unseres jährlichen Stromverbrauchs am Standort Brugg-Windisch.



Fig. 1: Das neue Photovoltaik-Kraftwerk auf dem Dach des Hallerbaus an der FHNW Brugg-Windisch (Foto: Sandro Roth irixdesign.ch)

## Photovoltaik-Potentiale auf dem Campus der FHNW Brugg-Windisch

Im Frühling 2015 schrieb die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) am Studiengang Energie- und Umwelttechnik eine Studierendenarbeit aus, welche das Potential für die Installation von Photovoltaik auf den Gebäuden und den Freiflächen des Campus Brugg-Windisch abschätzen und bewerten sollte. Das Ziel war, auf der Basis dieser Arbeit eine oder mehrere Photovoltaik-Kraftwerke realisieren zu können, um einen Teil der jährlich auf dem Campus nachgefragten Elektrizität von ca. 6 Mio. kWh aus eigener

<sup>1</sup> Prof. Stefan Roth, Dozent für Erneuerbare Energie, FHNW Brugg-Windisch, stefan.roth1@fhnw.ch

Produktion zu decken. Damit sollen die ca. 900 Mitarbeitenden und 2'700 Studierenden im Hinblick auf einen effizienten und bewussten Umgang mit Energie sensibilisiert werden.

Obwohl der Campus über grosse Flachdächer auf mehreren Gebäuden verfügt, wurde rasch klar, dass bei der Konzeption von Photovoltaik-Anlagen viele Kompromisse einzugehen sein würden. Dachaufbauten, Lichtkuppeln, Entlüftungskamine, grosse Wärmetauscher und Lüftungsanlagen, Dachstatik, Denkmalschutz, etc., unzählige Einschränkungen verunmöglichten einfache Lösungen. Dies führte in der Folge zu sehr breit angelegten Abklärungen. Neben den naheliegenden Kriterien wie Energieertrag, Investitions- und Wartungskosten oder Payback-Zeit wurden weitere Punkte wie Akzeptanz bei den verschiedenen Stakeholdern, Schutz vor Vandalismus, Nutzen für Forschung und Lehre, Zusatznutzen als Carport oder Pergola, etc. analysiert. Seitens der Denkmalpflege wurde gefordert, dass eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach von schützenswerten Gebäuden von aussen nicht sichtbar zu sein hat. Obwohl gut in die Gebäude integrierte Photovoltaik durchaus als Schmuck angesehen werden kann, war bei unseren berühmten Hallerbauten dieses Anliegen ebenfalls zu berücksichtigen.

Mit einem nutzwertanalytischen Ansatz verglich das Projektteam vierzehn verschiedene Ausbauvarianten mittels zehn unterschiedlicher Kriterien, die es zu bewerten und quantifizieren gab.

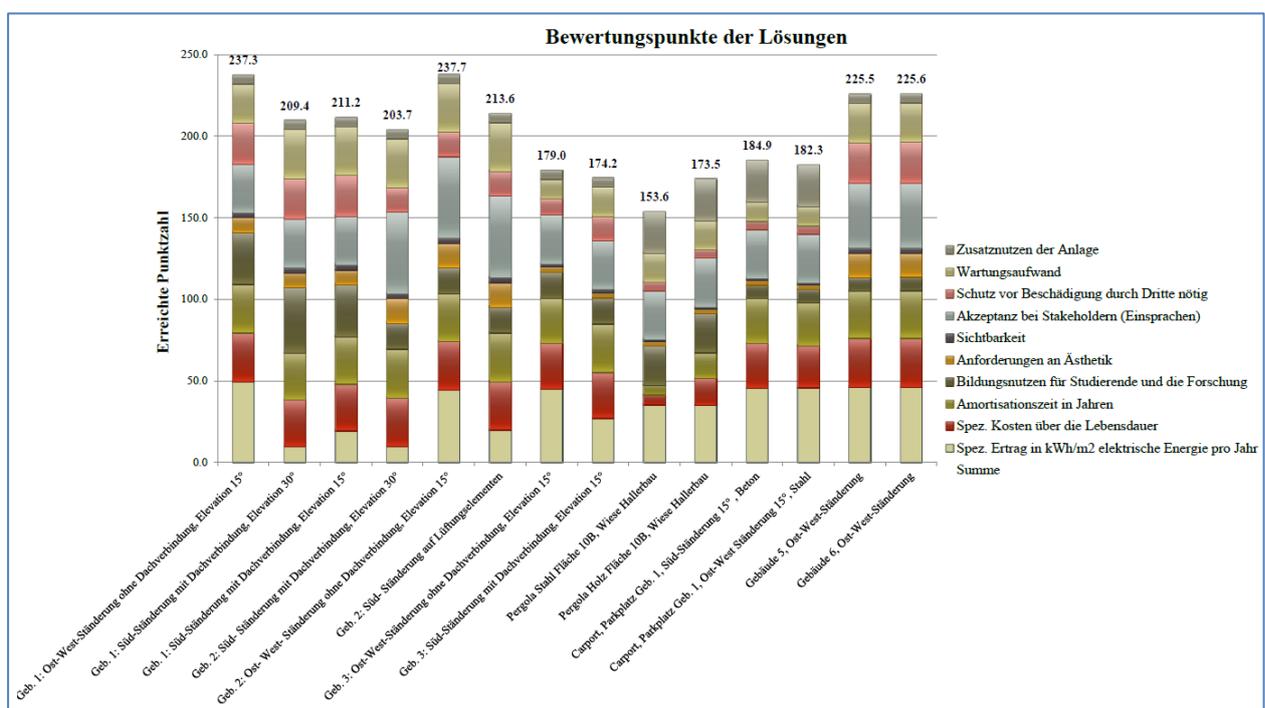


Fig. 2: Bewertung der Photovoltaik-Ausbauvarianten an der FHNW Brugg-Windisch (Quelle: Solaranlagen am Campus Brugg-Windisch; EUT-Studierendenprojekt; Fabian Boesiger, Ronny Bühler, Moritz Meier, Patrick Meier, Aline Roth, 2015)

Die Ergebnisse der Studierendenarbeit überzeugten die Standortverantwortlichen. Eine etappierte Umsetzung der geeigneten Vorschläge wurde an die Hand genommen. In einem ersten Schritt sollte, im Anschluss an einige Sanierungs- und Vorbereitungsarbeiten am Dach des Hallerbaus mit seinem quadratischen Grundriss mit einer Kantenlänge von 53 Metern, die Variante 1 realisiert werden. (Gebäude 1 in Fig. 2, Photovoltaikmodule mit einer flachen Neigung je hälftig nach Osten und nach Westen ausgerichtet).

### Allgemeine Überlegungen zur Ausrichtung der Solarmodule auf einem Flachdach

Da die Sonne am Mittag im Süden steht, erzielen fix montierte Photovoltaikmodule den höchsten spezifischen Jahresenergieertrag, wenn sie ebenfalls nach Süden ausgerichtet sind. Im Sommer haben wir eine lange tägliche Sonnenscheindauer und mittags hohe Sonnenstände, so dass für die Maximierung des Jah-

resenergieertrags idealerweise flache Neigungswinkel zwischen  $25^\circ$  und  $35^\circ$  gewählt werden. Weicht ein Gebäude etwas von der Südausrichtung ab, werden die Photovoltaikmodule in der Regel trotzdem parallel zu den Gebäudekanten angeordnet. Im Falle des Hallerbaus in Windisch beispielsweise weist die «Südfassade» eine doch deutliche Abweichung von  $24^\circ$  nach Osten auf. Damit entspricht bei diesem Gebäude «Osten» einem Azimut von  $-114^\circ$ , «Süden» einem solchen von  $-24^\circ$  und «Westen» entspricht  $+66^\circ$ .

Die orange Kurve in der nebenstehenden Grafik zeigt den in einer Simulationsrechnung ermittelten Leistungsverlauf eines um  $35^\circ$  angestellten Solargenerators an einem schönen Junitag. Die Leistungsspitze erreicht ca. 80% der installierten Nominalleistung. Wird hingegen der Solargenerator mit einer Neigung von  $10^\circ$  an der Ostkante des Gebäudes ausgerichtet, steigt die Leistung etwas früher an, erreicht aber einen geringeren Maximalwert von nur etwa 72%.

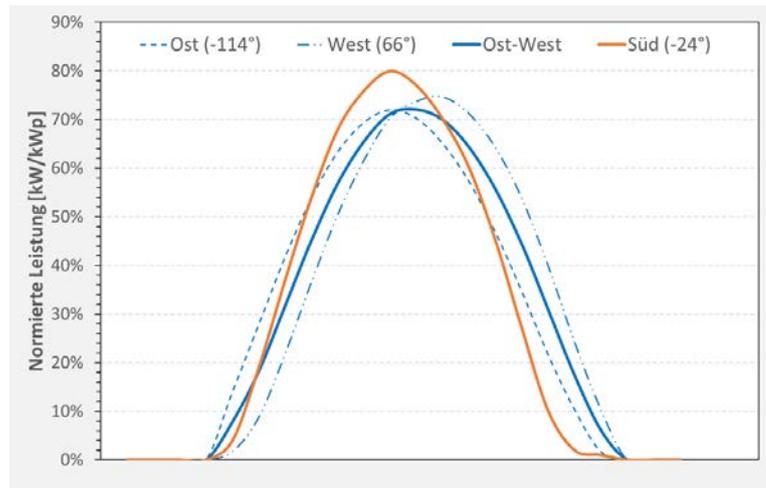


Fig. 3: Variantenvergleich der auf die Nominalleistung bezogenen Photovoltaikleistung an einem sonnigen Junitag

Bei einer Ausrichtung an der Westkante steigt die Leistung morgens später an, sinkt dafür aber abends ebenfalls später ab. Wird nun eine Ost- und eine Westausrichtung des Solargenerators kombiniert, erreichen wir einen leicht breiteren Tagesverlauf bei etwas geringeren Maximalleistung und Energieertrag gegenüber der Südausrichtung (blaue ausgezogene Linie). Übers Jahr beträgt der Minderertrag der Ost-West-Variante gegenüber einer nach Süden ausgerichteten Anlage etwa 12.3%.

Der entscheidende Unterschied zwischen den Varianten Süden und Ost/West ist jedoch nicht der leicht geringere spezifische Energieertrag. Bei einer Südausrichtung muss zwischen den einzelnen Modulreihen

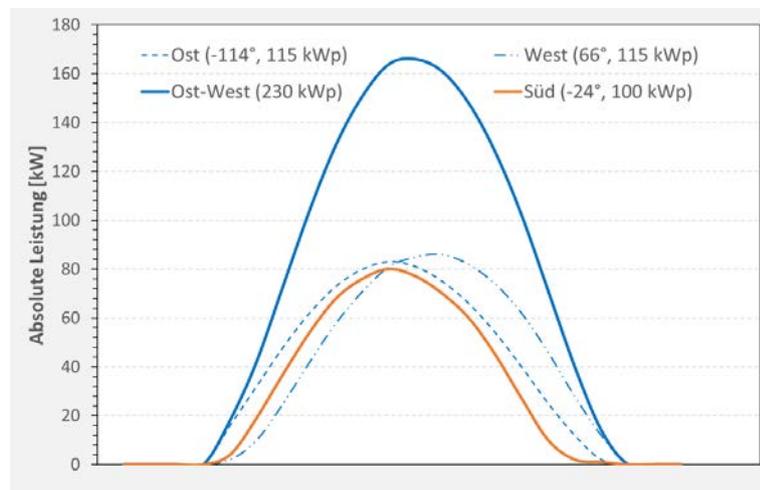


Fig. 4: Variantenvergleich der absoluten Photovoltaikleistung an einem sonnigen Junitag

ein Abstand vorgesehen werden, der gewährleistet, dass die Beschattung der jeweils dahinterliegenden Modulreihe die Stromerzeugung nicht unzulässig einschränkt. Das Verhältnis von Solarmodulfläche zu nutzbarer Dachfläche beträgt damit in unserem Fall nur etwa 42%. Bei der Ost-West-Ausrichtung hingegen müssen nur minimale Zwischenräume gewährt werden, so dass eine deutlich leistungsstärkere Photovoltaikanlage auf derselben Fläche installiert werden kann. Vergleichen wir nun die absoluten Leistungen der beiden Varianten im Tagesverlauf bei Ausnutzung der selben zur Verfügung stehenden Dachfläche, sind die Unterschiede eindrucklich. Nach Süden ausgerichtet beträgt die Nominalleistung des Solargenerators  $100 \text{ kW}_p$ , während in Ost-West-Konfiguration Photovoltaikmodule im Umfang von  $230 \text{ kW}_p$  installiert werden können.

Die spezifischen Werte von Maximalleistung und Energieertrag sind zwar bei der Ost-West-Variante bei gleicher Dachfläche etwas geringer als bei der Süd-Variante, die absolute Leistung ist jedoch über den ganzen Tagesverlauf wesentlich höher. Wenn es folglich darum geht, auf einer vorgegebenen Dachfläche einen möglichst hohen Photovoltaik-Energieertrag zu erzielen, ist die Ost-West-Ausrichtung des Solargenerators die erste Wahl.

## Das 230 kW<sub>p</sub>-Photovoltaik-Kraftwerk auf dem Hallerbau

Im ersten Quartal 2018 konnte das erste Photovoltaik-Kraftwerk der FHNW auf dem Hallerbau montiert und in Betrieb genommen werden. Insgesamt 756 Solarmodule mit je einer Leistung von 305 W<sub>p</sub> wurden innert weniger Tage auf der vorbereiteten Unterkonstruktion verschraubt. Das Ost- und das Westfeld werden je auf einen eigenen ABB-Inverter geführt, damit beide Teilfelder mit einem separaten Power Tracking im jeweils optimalen Betriebspunkt gehalten werden können. Die Fotostrecke am Ende dieses Berichts visualisiert den Baufortschritt während der Montage der Anlage.



Fig. 5: Das 230 kW<sub>p</sub>-Photovoltaik-Kraftwerk auf dem Hallerbau (Foto: Sandro Roth irixdesign.ch)

Anhand der Simulationsrechnung wird ein Jahresenergieertrag von 213 MWh prognostiziert. Das entspricht 923 äquivalenten Jahresvolllaststunden oder einem Lastfaktor von 0.105. Von der jährlich produzierten Energiemenge werden 76% im Sommer- und 24% im Winterhalbjahr anfallen. Diese Verteilung der saisonalen Produktion ist aus energiewirtschaftlicher Sicht nicht ganz optimal, weist doch die Schweiz seit Jahren einen zunehmenden Importüberschuss in den Wintermonaten aus.

Das Ziel dieses Projektes war es, einen Teil der auf dem Campus benötigten Elektrizität selbst zu erzeugen. Mit der nun realisierten Photovoltaik-Anlage werden wir einen Eigenversorgungsgrad von 3.5% erreichen. Weniger als 1% der gesamten Photovoltaikproduktion kann nicht zeitgleich genutzt werden und wird in das Netz des EW Windisch zurückgespeist. Der hohe Eigenverbrauchsanteil von über 99% ist übrigens nicht ein Hinweis auf ein besonders ausgeklügeltes Lastmanagement an der FHNW, sondern verdeutlicht nur, dass die Elektrizitätsnachfrage im Vergleich zur Grösse der Photovoltaikanlage sehr hoch ist. Die Elektrizitätserzeugung dieses Solarkraftwerks wird lediglich ca.  $\frac{1}{30}$  der Nachfrage am Standort Brugg-Windisch decken.

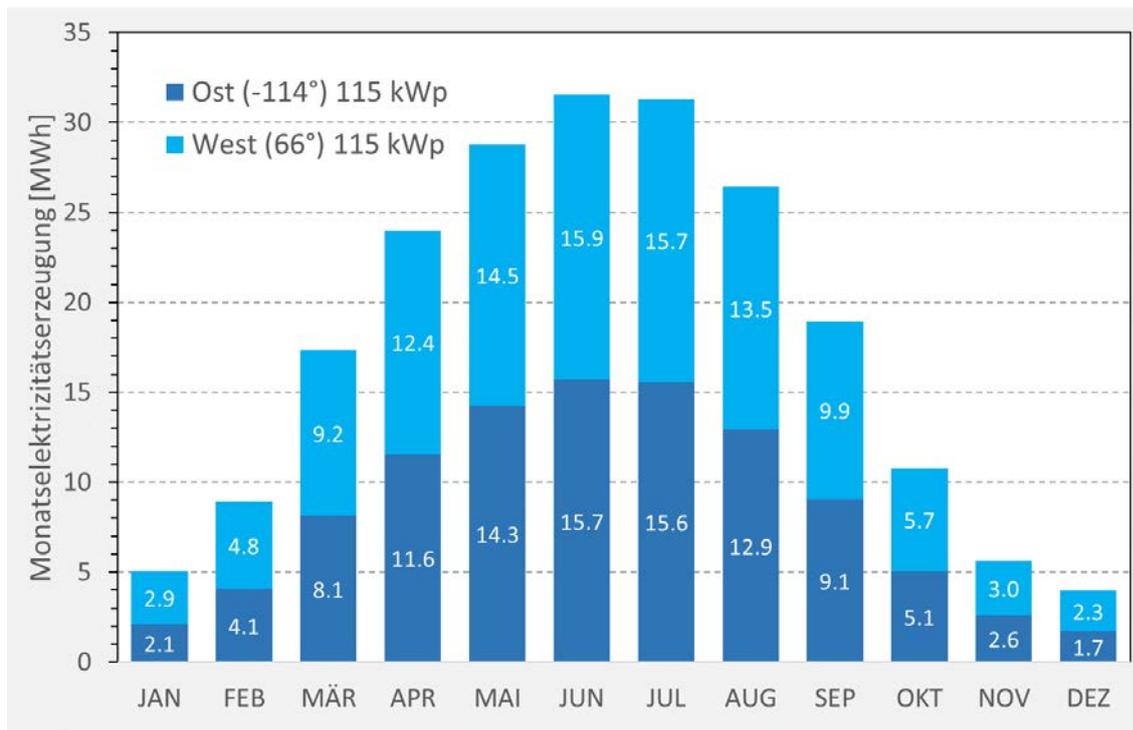


Fig. 6: Monatliche Elektrizitätserzeugung der ausgeführten 230 kW<sub>p</sub>-Photovoltaikanlage mit einer Ost-West-Ausrichtung der 10° geneigten Module

Modul: Longi LR6-60PE-305M		Ost	West	Ost-West
Anzahl Module	Stk	378	378	<b>756</b>
Azimut	°	-114	+66	<b>-114/66</b>
Elevation	°	10	10	<b>10</b>
Leistung	kWp	115	115	<b>231</b>
Energieerzeugung	MWh/a	103	110	<b>213</b>
Äquivalente Volllaststunden	FLH/a	892	953	<b>923</b>
Eigenversorgungsgrad FHNW Windisch				<b>3.5%</b>
Eigenverbrauchsanteil FHNW Windisch				<b>99.1%</b>

Fig. 7: Technische und energetischen Kenngrößen der FHNW-Photovoltaik-Anlage auf dem Hallerbau

**Fotostrecke** (Fotos: Stefan Roth)



*Fig. 8: Abgeschlossene Vorbereitung der Tragkonstruktion für die Montage der 756 Photovoltaikmodule, 14.03.2018*



*Fig. 9: Montage der Photovoltaikmodule des Typs Longi LR6-30PE-305M, 16.03.2018*



*Fig. 10: Montage der Photovoltaikmodule, 17.03.2018*



*Fig. 11: Ausschnitt der 10° geneigten, nach Osten und Westen ausgerichteten Teilfelder, 23.03.2018*



Fig. 12: Installation der ABB-Wechselrichter, 23.03.2018