

# **IPV** *Potentiale nutzen und optimieren*

---

Kooperatives Forschungsprojekt der

**Universität Duisburg-Essen**

und des gemeinnützigen Vereins

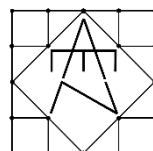
**RE Con e. V. – Regenerative Energy Consulting**

mit dem Ziel der Entwicklung effizienter und neuartiger Berechnungsverfahren zur Optimierung bisher ungenutzter Potentiale im Bereich Photovoltaik.

**– Ausblick | Stand 20.02.2017 –**

Projektleiter: **Aiko Schinke (B. Sc.)**  
Erster Vorstand & Studentischer Berater  
RE Con e. V. – Regenerative Energy Consulting

Unterstützer: **Gerhard Krost (Apl. Prof. Dr.-Ing. habil.)**  
Akademischer Oberrat  
Fachgebiet für Elektrische Anlagen und Netze



Universität Duisburg-Essen

Fachgebiet für  
Elektrische Anlagen und Netze

## 1 Ziele des Projektes

Ziel des Projektes ist die Entwicklung effizienter und neuartiger Berechnungsverfahren, um den Einfluss von verschattenden Objekten auf den Energieertrag von PV-Systemen (Photovoltaik-Systemen) hochaufgelöst berechnen zu können, zur Optimierung bisher ungenutzter Potentiale.

Dabei sollen die aufwändigen und zeitintensiven konventionellen Berechnungsverfahren durch signifikant effizientere Verfahren ersetzt werden und das Problem der bisher nur eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten solcher Berechnungen gelöst werden. Basierend auf den Forschungsergebnissen dieses Projektes sollen zukünftig mit minimalem Arbeitsaufwand optimale Berechnungsergebnisse bei der Planung und dem Online-Forecasting von PV-Systemen resultieren.

Probleme, die im Rahmen des Forschungsprojektes, durch Publikation der Ergebnisse in Fachzeitschriften, freizugängliche Forschungsergebnisse und Freigabe der entstehenden Software als Open-Source Code für alle beteiligten Parteien, gelöst werden sollen:

- **Extrem geringer praktischer Einsatz von Software** zur Analyse von Verschattungssituationen, aufgrund des sehr hohem Vermessungs- und Parametrisierungs-Aufwands bei detailgetreuer Darstellung oder realitätsfernen Simulationsergebnissen bedingt durch ungenügende Vermessung.
- **Unzureichende Berücksichtigung von Verschattungen** bei der Planung von PV-Systemen aufgrund von zu hohen Software-Kosten, zu großem Arbeitsaufwand und gleichzeitig nur marginaler Kostendeckung für die Installateure.
- Unzureichende Analyse der Möglichkeiten zur **Reduktion des Einflusses von Verschattungen** durch Installateure bei der Planung und Installation von PV-Systemen, sodass entweder Bauvorhaben bereits in der Anfangsphase fälschlicherweise verworfen werden oder mit erheblichen Ertragseinbußen realisiert werden (meist ohne das explizite Wissen des Kunden).
- **Zeitaufwändige Berechnung des Schattenwurfs** umgebender Objekte bedingt durch ineffiziente Berechnungsverfahren (unnötige dreidimensionale Parametrisierung und sehr ressourcenintensive Clipping-Algorithmen), die einen Einsatz für Echtzeitberechnungen – wie z. B. für das Online-Forecasting bei der Vermarktung erneuerbarer Energien erforderlich – verhindern.
- **Schlechte Approximationsverfahren** zur Berechnung von Abschattungsverlusten bei PV-Systemen, die entweder einen zu hohen oder einen zu niedrigen Detaillierungsgrad besitzen, sodass kaum ein praktischer Einsatz vorliegt.
- **Verschattungsanalysen sind bisher kaum in Standardsoftware etabliert** bzw. stehen nur gegen erhebliche Mehrkosten zur Verfügung.

## 2 Aktueller Stand des Projektes

Vor dem Hintergrund mehrerer wissenschaftlicher Arbeiten<sup>1</sup> zu dem Thema Photovoltaik und Verschattungen, welche vom Fachgebiet für elektrische Anlagen und Netze betreut wurden, konnte festgestellt werden, dass noch immer große Forschungsdefizite in diesem Bereich existieren, welche erheblichen Einfluss auf die Nutzung der Potentiale von PV-Systemen haben. Aus gegebenem Anlass wurde daher dieses Projekt initiiert und die Vorbereitungen zum Aufbau einer Messstation an einem realen PV-System zur späteren Validierung der Forschungsergebnisse begonnen.

Dabei sollen folgende Parameter über mehrere Monate hinweg gemessen, aufbereitet und zur späteren Validierung der Berechnungsverfahren verwendet werden: direkte und diffuse Sonnenstrahlung, Temperatur (je nach Budget ggf. auf Modulebene) und Energieertrag des PV-Systems. Dazu stehen bereits mehrere Messinstrumente des Fachgebiets für elektrische Anlagen und Netze, ein Pyranometer des Lehrstuhls für Energietechnik, ein Computer zur Speicherung und Fernauslesung der Daten sowie ein auf 300 € begrenztes Forschungsbudget des RE Con e. V. zur Verfügung. Im kommenden Semester sollen sich bereits erste Projekt- bzw. Bachelorarbeiten mit dem Aufbau der Messstation und der Datenauswertung beschäftigen und somit die Grundlage weiterer Forschungsarbeiten legen.

Zudem existiert bereits eine VBA-basierte Software-Komponente des RE Con e. V., mit welcher eine vollständige Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt werden kann, auf der Grundlage einer detaillierten energietechnischen Modellierung und Simulation von PV-Systemen (Verhalten der Solarmodule und des Wechselrichters) sowie einer Verschattungsanalyse.

## 3 Inhalte und Tätigkeiten im Rahmen des Projektes

Ziel der Inhalte und Tätigkeiten im Rahmen des Projektes ist es die oben aufgeführten Probleme zu lösen und somit die Grundlage für die zukünftige Planung und das Online-Forecasting von PV-Systemen zu schaffen. Dazu gehören im Wesentlichen die folgenden Tätigkeiten:

- 1) Effiziente Berechnung des **Schattenwurfs umgebender Objekte** auf die Nutzfläche von PV-Systemen:
  - a) Entwicklung einer praxisgerechten und zeitminimalen Vorgehensweise zur Vermessung und Parametrisierung der Umgebung eines Standortes.

---

<sup>1</sup> So wurden in den letzten Jahren eine Projektarbeit (Aiko Schinke, 15.01.2015), eine Bachelorarbeit (Ben-Oliver Schwarz, 29.10.2015) und eine Masterarbeit (Tamer El-Laithy, 08.12.2016) vom Fachgebiet für elektrische Anlagen und Netze betreut.

- b) Entwurf zielorientierter Approximationsmöglichkeiten zur Verkürzung des Zeitaufwands mit minimalem Einfluss auf das Berechnungsergebnis.
  - c) Minimierung des Berechnungsaufwands und der benötigten Ressourcen.
  - d) Validierung der Berechnungsergebnisse anhand von 3D-Simulationen mit entsprechender Software.
- 2) Effiziente und präzise Berechnung der **Auswirkungen von Verschattungen** auf PV-Systeme:
- a) Hochaufgelöste Modellierung von PV-Systemen unter Einbeziehung der Bypass-Dioden basierend auf den verfügbaren Datenblatt-Kenndaten (*d. h. ohne aufwändige integrale, differentielle oder rekursive Lösung der Gleichungen von Solarzellen*).
  - b) Entwicklung eines Algorithmus zur energietechnischen Simulation des Einflusses der Verschattungen umgebender Objekte unter Berücksichtigung direkter und diffuser Strahlung.
  - c) Validierung des entwickelten Algorithmus und der zugrundeliegenden Modelle anhand realer Messdaten (direkte und diffuse Sonnenstrahlung, Temperatur ggf. auf Modulebene, Energieerzeugung des PV-Systems) und anhand von Simulationen in entsprechender Software.
  - d) Einsatz der energietechnischen Simulation zur ökonomischen Analyse der Wirtschaftlichkeit bei der Planung von PV-Systemen.
- 3) Untersuchung der **Möglichkeiten zur Reduktion der Auswirkungen** von Verschattungen auf die Wirtschaftlichkeit von PV-Systemen:
- a) Energietechnische Modellierung und Integration von Komponenten zur Reduktion von Verschattungen in das bestehende Berechnungsverfahren.
  - b) Entwicklung von Kennzahlen und Bewertungsansätzen zur ökonomischen Analyse der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes zusätzlicher Komponenten.

## 4 Start und Dauer des Projektes

Das vorgestellte Projekt soll Anfang April 2017 starten und die wesentlichen Ziele bis April 2018 realisiert werden. Abhängig von der Resonanz des Forschungsprojektes können darauf folgend weitere Forschungen in diesem Gebiet auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen begonnen und realisiert werden.

## 5 Verantwortliche Personen des Projektes

### Projektleiter: Aiko Schinke (B. Sc.)



- Erster Vorstand & Studentischer Berater des RE Con e. V. – Regenerative Energy Consulting (Gefördert durch die Inngoy Stiftung)
- Studium: Wirtschaftsingenieurwesen (M. Sc.; 1. FS) El. Energietechnik | Wirtschaftsinformatik
- Deutschland-Stipendium (2015, 2016 und 2017)
- Werkstudent bei E.ON Connecting Energies | Flexibility & Renewables Marketing | Technical Operations

### Unterstützer: Gerhard Krost (Apl. Prof. Dr.-Ing. habil.)

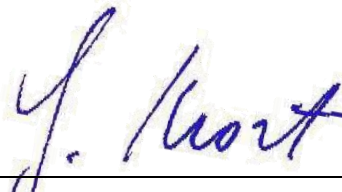


- Akademischer Oberrat  
Fachgebiet für Elektrische Anlagen und Netze
- Gerhard Krost (Studium an der TH Darmstadt, Promotion an der Universität Erlangen und Habilitation an der Universität Duisburg) ist seit 1998 apl. Professor an der Universität Duisburg-Essen und beschäftigt sich am dortigen Fachgebiet „Elektrische Anlagen und Netze“ schwerpunktmäßig mit Analyse, Simulation und Betrieb sowohl von großen vernetzten wie auch von kleinen dezentralen Energieversorgungssystemen.

Duisburg, den 20.02.2017



Aiko Schinke (B. Sc.)



Gerhard Krost (Apl. Prof. Dr.-Ing. habil.)