

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR SOLARKRAFTWERKE

Drohnen und maschinelles Lernen erlauben sekundenschnelle Identifikation von Modulfehlern



Bild 1: Dr. Claudia Buerhop-Lutz, Projektleiterin am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg mit einer Drohne zur Inspektion von PV-Anlagen. Ziel des von ihr geleiteten Projektes COSIMA ist es die Aufnahme von Bildern mit Drohnen und deren Auswertung vollständig zu automatisieren.

Solaranlagen sind weltweit auf dem Vormarsch. Immer größere Anteile des Strombedarfs werden über Solarzellen gedeckt und dafür werden immer größere Solarfelder gebaut. Das größte von ihnen steht in der Provinz Qinghai in China. Es hat eine Kapazität von 2,2 GW, mehrere Millionen PV-Module sind dort verbaut. Aber auch hierzulande gibt es Kraftwerke mit hunderttausenden Modulen, etwa in Senftenberg oder Templin. Die Inspektion solcher Großanlagen erfordert innovative Konzepte mit einem hohen Automatisierungsgrad. Wenn die Inspektion eines einzelnen Modules auch nur eine Sekunde dauert, so benötigt man für 100.000 Module schon Tage. Eigentlich sollte es noch schneller gehen. Aber selbst bei einer Sekunde pro Modul sind Auswertungen nicht mehr von Hand machbar.

Viel Handarbeit nötig

Bisher sind Anlageninspektionen jedoch noch zu einem großen Teil Handarbeit. Bei bildgestützten Auswerteverfahren werden Messungen häufig mit einer Drohne durchgeführt, welche ein Pilot durch das Modulfeld steuert. Die gewonnenen Bilder müssen dann zunächst nachbearbeitet werden bevor Spezialisten sie auswerten, um Modul-, String- oder Zellfehler zu identifizieren. Ein solches Vorgehen ist zeitaufwändig, und damit auch nicht ganz billig. Es ist

also nicht verwunderlich, dass Solarfeldbetreiber bei der Erwähnung von Drohnen häufig abwinken.

Das Projekt COSIMA

Das es auch anders geht soll COSIMA zeigen. In diesem, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) finanziell geförderten Projekt, arbeitet das Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energie, oder kurz HI ERN, mit dem Nürnberger Energieversorger N-Ergie, dem Elektronikunternehmen Automatic Research, dem Kamerahersteller IRCAM, dem Keramikhersteller Rauschert Hennigsdorf-Pressig, der DHG Engineering und der Technischen Hochschule Nürnberg sowie dem Allianz Zentrum für Technik AZT (Allianz Risk Consulting GmbH) an einem Verfahren, das auf autonome Drohnentechnik und künstliche Intelligenz setzt.

Ziel des Projektes ist eine vollkommen automatische und rasche Anlageninspektion. Die Vision - eine autonome Drohne fliegt einen vorprogrammierten Kurs automatisch ab und nimmt ein Video der Photovoltaik-Anlage mit einer speziellen Kamera auf. Diese Kamera detektiert von der Anlage emittiertes Licht und erzeugt Bilder, welche detaillierte Information über Defekte in Solarzellen und Modulen enthalten. Die Bilder der einzelnen Module werden automatisch verarbeitet

und mittels eines vortrainierten neuronalen Netzwerkes ausgewertet, um verschiedene Fehlermuster zu erkennen. Für auffällige Module wird eine Leistungssimulation durchgeführt um zu quantifizieren, wie sehr sie den Stromertrag und den finanziellen Ertrag reduzieren oder reduzieren werden. Das Ergebnis führt dann zu einer Handlungsempfehlung, etwa: das Modul muss ausgetauscht werden, oder eine Verschattung sollte beseitigt werden.

Datensätze müssen erstellt werden

Zu Forschungszwecken setzt das HI-ERN Teile dieser Methode bereits seit einiger Zeit ein und hat so bereits mehrere zehntausend Module analysiert und zahlreiche Fehler gefunden. Die größte Herausforderung für die Automatisierung liegt in der Erstellung passender Beispieldatensätze für verschiedene Fehlertypen. Damit ein neuronales Netzwerk ein bestimmtes Fehlermuster mit hoher Verlässlichkeit erkennen kann, müssen Daten von hunderten von Beispielen dieses Fehlers vorliegen. Die entsprechenden Bilder können entweder mit speziellen Messungen im Labor erzeugt werden, oder müssen von Hand in existierenden Datensätzen markiert werden. Dieses Vorgehen ist mühselig; ist ein Fehlertyp jedoch einmal charakterisiert, kann der

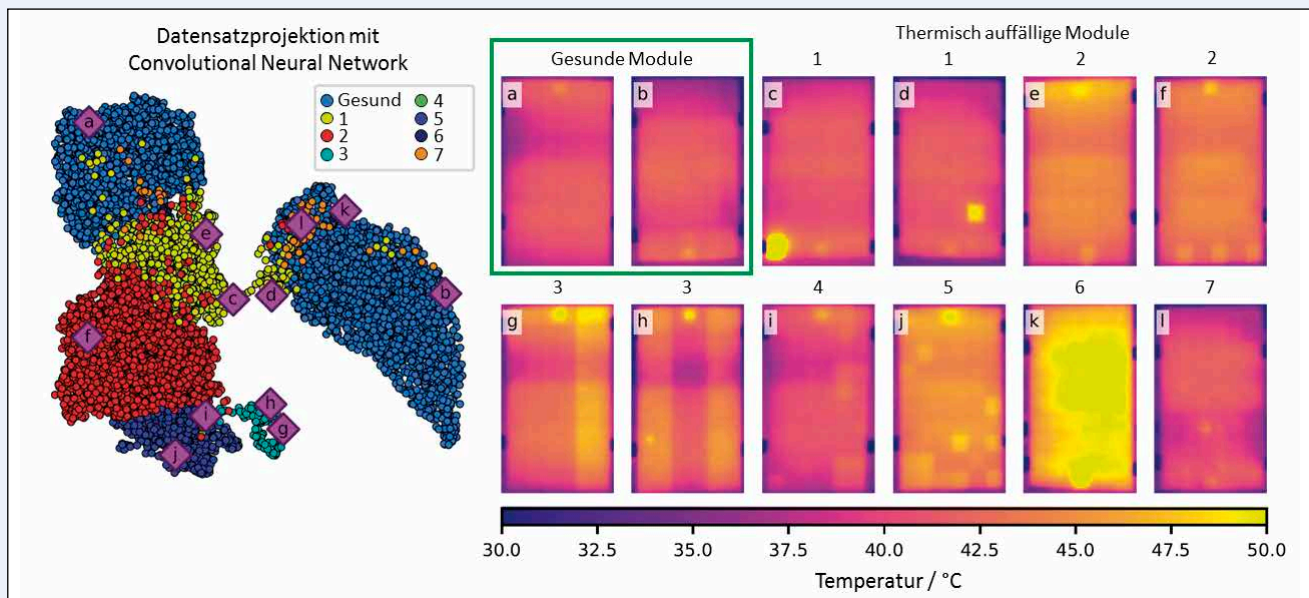


Bild 2: Fehlerklassifikation von PV-Modulen mit maschinellem Lernen. Das Netzwerk links zeigt eine mathematische Repräsentation verschiedener Fehlerklassen. Rechts sind Infrarotbilder von Solarpaneelen mit einer Reihe von Fehlerbildern gezeigt.

entsprechende Defekt hernach extrem schnell identifiziert werden.

Einsatz von Lumineszenz

Im Labor wird dies etwa bereits zur Analyse von Rissbildungen verwendet. Hierzu werden Lumineszenz-Bilder von Solarmodulen mit Rissen und Brüchen aufgenommen. Bei diesen Bildern wird ausgenutzt, dass Solarzellen und LEDs sich im Prinzip sehr ähnlich sind, lediglich die Wirkungsweise ist umgekehrt. Wird an eine Solarzelle eine elektrische Spannung angelegt, so emittiert sie Licht. Auf Grund des verwendeten Materials, Silizium, ist dieses Licht für das bloße Auge nicht sichtbar, aber eine Infrarotkamera kann es nachweisen. Die so generierten Bilder eignen sich sehr gut, um Defekte an Solarzellen nachzuweisen,

insbesondere Risse und Zellbrüche. 744 Lumineszenz-Aufnahmen von Modulen mit Zellrissen und -Brüchen wurden am HI ERN aufgenommen und zum Training eines neuronalen Netzwerkes verwendet. Dieses Netzwerk war hinterher nicht nur in der Lage gebrochene Zellen in einem Modul automatisch zu erkennen, sondern konnte auch den zugehörigen Leistungsverlust vorhersagen. Damit aber noch nicht genug – Solarmodule in einer PV-Anlage produzieren Strom nicht in Isolation, sondern im Verbund mit vielen anderen Modulen. Durch die Verschaltung der Module ist der Betriebspunkt eines defekten Moduls im Verbund anders als wenn es alleine betrieben würde. So kann ein defektes Modul in Isolation noch über 90% seiner ursprünglichen Leistung haben, im Verbund jedoch nur

etwa mit 50% beitragen. Auch der Beitrag zur Leistung im Verbund konnte mit einem neuronalen Netzwerk gut vorhergesagt werden. Im Rahmen von COSIMA soll dieser Ansatz auf mittels einer Drohne aufgenommene Thermografiebilder übertragen und automatisiert werden.

Fazit

Noch ist eine vollautomatische PV-Anlageninspektion eine Vision, jedoch kommen wir ihr mit jedem Tag näher. Anfang Oktober 2020 demonstrierte die N-Ergie, wie sie diese Vision umsetzen möchte. Bei einem Pressetermin wurde die im Projekt mitentwickelte Kamera-Drohne mit einem Testflug über einer der haus-eigenen Photovoltaik-Anlage vorgestellt. Bis Ende 2021 soll der autonome Betrieb demonstriert werden.

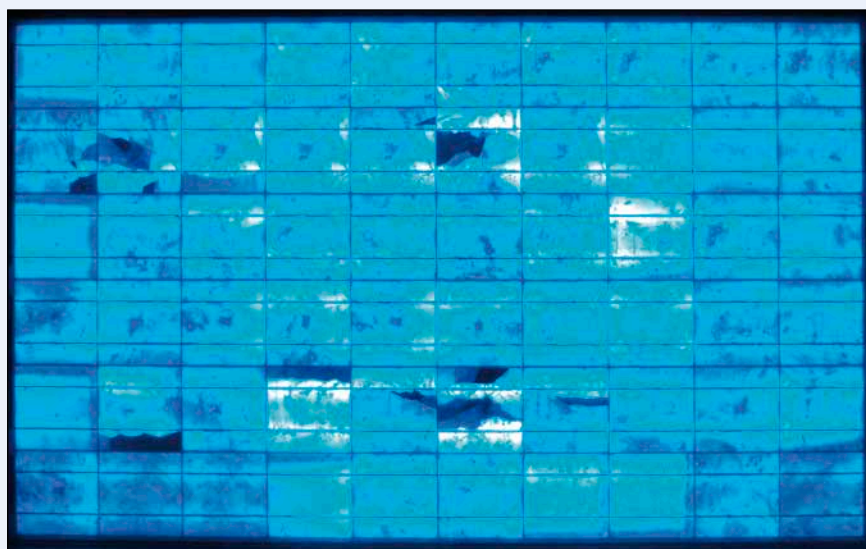


Bild 3: Elektrolumineszenz-Aufnahme eines Photovoltaikmoduls im Labor. Die schwarzen Stellen kennzeichnen durch Risse entstandene inaktive Bereiche, die nicht zum Ertrag beitragen

ZU DEN AUTOREN:

▶ Dr. Ian Marius Peters, Dr. Claudia Buerhop-Lutz, Lukas Bommers, Dr. Jens Hauch
Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN)
www.hi-ern.de

Produkte | Innovationen

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen aktuelle Entwicklungen aus Wirtschaft und Forschung vor: Neue Produkte und Ideen aus dem Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

Anregungen und Themenvorschläge nimmt die Redaktion gerne entgegen:
✉ redaktion@sonnenenergie.de