

John Kent Remolador
Universität Potsdam

Ich bin Doktorand im Bereich Geowissenschaften und Fernerkundung an der Universität Potsdam. Im Rahmen meines Promotionsstudiums habe ich kürzlich einen zweimonatigen Praxiseinsatz bei DELPHI IMM absolviert.

Die aktuelle Energiepolitik, sei es auf EU-Ebene oder auf Landesebene, fördert den raschen Ausbau und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, insbesondere der Solarenergie. DELPHI IMM möchte diese Bemühungen unterstützen, indem es Geoinformationssysteme vorschlägt, die die bestehenden Maßnahmen zur Überwachung der Erzeugung und des Verbrauchs erneuerbarer Energien im Land Brandenburg ergänzen könnten. Im Einklang mit diesem Ziel arbeitete ich an einem Projekt, in dessen Rahmen ich ein automatisiertes Framework zur Kartierung und Schätzung der Anzahl von Photovoltaikmodulen in einem bestimmten Gebiet entwickelte, das Methoden des maschinellen Lernens und der Bildverarbeitung integriert.

Für dieses Projekt stützte ich mich hauptsächlich auf digitale Orthofotos (DOP) mit einer Auflösung im Submeterbereich, die im Rahmen von Luftbildvermessungen aufgenommen wurden. Die hohe Pixelauflösung der Bilder war notwendig, um Solarmodule leicht identifizieren zu können, was anhand von Bildern der meisten derzeit in Betrieb befindlichen Satelliten (z. B. Sentinel-2-Bilder) schwieriger ist. Um den Kartierungsprozess zu automatisieren, implementierte ich einen maschinellen Lernansatz, der darauf programmiert war, Bildpixel zu identifizieren, die Solarmodule darstellen. Insbesondere entwickelte ich ein Modell namens U-Net, ein KI-Werkzeug, das komplexe neuronale Netze nutzt und sich ideal für bildbezogene Aufgaben eignet. Um ein funktionsfähiges U-Net aufzubauen, musste ich das Modell mit Beispiel-DOP-Bildern trainieren, die mit manuell markierten Referenzbildern gepaart waren. Das Ziel bestand darin, das Modell dazu zu befähigen, Solarmodule anhand der Muster zu identifizieren, die es aus den Trainingsdaten gelernt hatte, mit denen es gefüttert wurde. Ich testete verschiedene Kombinationen der Eingabebildschichten (*d. h.* Rot, Grün, Blau, Infrarot, Höheninformationen, Kanten), um ein Modell mit der bestmöglichen Leistung zu entwickeln. Nachdem ich Modelle erstellt hatte, die in der Lage waren, die Positionen von Photovoltaikmodulen abzugrenzen, entwickelte ich einen Algorithmus zur Zählung der einzelnen Module. Dabei wurden Kantenerkennungsverfahren eingesetzt, um die einzelnen Einheiten vor der Zählung voneinander zu unterscheiden.

Ich habe dieses Framework an zwei ausgewählten Teststandorten, Kleinbeeren und Trebbin, getestet. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen jeweils Beispielergebnisse dieser Standorte. Durch eine Kombination aus U-Net-Zielabgrenzung und Kantenerkennung erzeugt das entwickelte Framework eine endgültige Karte, die einzelne Module automatisch identifiziert. Eine allgemeine Bewertung der Ergebnisse für diese Teststandorte zeigt einige Einschränkungen hinsichtlich der Leistung des Frameworks, die aufgrund der begrenzten verfügbaren Trainingsdaten zu erwarten waren.

Insbesondere Glasdächer und Gewächshäuser erwiesen sich häufig als Fehlalarme (Fehlidentifizierung), während Module auf beschatteten Dächern und Module mit ungewöhnlichen Designs oft zu Fehlnegativen (fehlgeschlagene Identifizierung) führten. Wie bei den meisten anderen KI-Modellen lassen sich diese Probleme durch weiteres Training des U-Net-Modells mit zusätzlichen und vielfältigeren Trainingsdaten mindern.

Mithilfe dieses Frameworks lassen sich Versuche zur Quantifizierung der Oberfläche installierter Photovoltaikmodule einfacher und effizienter durchführen. Dies kann in vielen Anwendungsfällen nützlich sein, beispielsweise bei der Schätzung der aus Solarenergie erzeugten Leistung in einem Stadtviertel oder zur Ermittlung der installierten Leistung verschiedener Solarparks im gesamten Bundesland.

Dieses Projekt wird durch das INITIATE-Doktoranden-Netzwerk ermöglicht, das von den Marie-Sklodowska-Curie-Maßnahmen der Europäischen Union finanziert wird.



Abbildung 1. Beispielergebnis der automatisierten Kartierung von Solarmodulen in Kleinbeeren.



Abbildung 2. Beispielergebnis der automatisierten Kartierung von Solarmodulen in Trebbin.