



DEEP LEARNING IM RAHMEN VON SATELLITENBILDERKENNUNG ZUR ERSTELLUNG VON WINDKRAFTANLAGEN-KATASTERN

PROJEKTZIEL

Angesichts der Verknappung fossiler Energien gewinnen erneuerbare Energien als klimaschonende und effiziente Art der Stromerzeugung immer mehr an politischer, wirtschaftlicher und auch gesellschaftlicher Bedeutung. Als Vorreiter im Kampf gegen den globalen Klimawandel investiert Deutschland sehr stark in erneuerbare Energien, insbesondere Windenergie. Von 2016 bis 2017 wurden in Nordrhein-Westfalen etwa 300 neue Windräder gebaut und es ist damit eines der führenden Bundesländer im Bau neuer Windenergieanlagen.

Ziel des Projekts war es, das Bundesministerium Nordrhein-Westfalen bei der Erstellung von Windradkatastern mitsamt Standort und Typ der Anlagen zu unterstützen. Diese Informationen können angesiedelte Energieerzeuger bei der Flächenplanung von Neuanlagen benutzen.

Einem Convolutional Neural Network (CNN) wurde beigebracht, Windräder und Windfarmen anhand von Satellitenbildern zu identifizieren und segmentieren. Die erstellten Polygone der Windräder können dann in Geographische Informationssysteme (GIS) eingelesen und beispielsweise mit aktuellen Windströmungsdaten angereichert werden, um die aktuelle Windkraft effizient zu überwachen.

BEREITGESTELLTE DATEN

Die in diesem Projekt verwendeten Satellitenbilder enthielten 280.000 Bildkacheln, bereitgestellt durch Esri (Marktführer für Geoinformationssysteme) World Imagery. Die Bilder decken das gesamte Bundesland Nordrhein-Westfalen ab und haben eine Fläche von jeweils 1 km². Jede Bildkachel beinhaltet die entsprechenden geographischen Metadaten. Für das Training des Modells wurden ein Trainingsdatensatz mit 500 Bildern und ein Validierungsdatensatz mit 200 Bildern ausgewählt. Innerhalb dieser Bilder befinden sich circa 200 Windräder unterschiedlicher Art und Sichtbarkeit. Für beide Gruppen wurden Polygone der Windräder erstellt anhand derer das Modell trainiert werden konnte.



Extraktion von Windmühlen aus Sattelitenroh Bildern in Form von Polygonen und Übertragung in eine abstrakte Kartenlayer

ANGEWANDTE METHODEN

Zunächst wurde eine Bildvorverarbeitung durchgeführt, um Satellitenbilder mit unterschiedlichen Helligkeits-, Sättigungs- und Kontrastwerten zu normalisieren. Dann mussten die Trainings- und Validierungsdaten durch die visuelle Lokalisierung von Windrädern und Windparks in ArcGIS Pro (Esrri Professional GIS-Tool) generiert werden. Die lokalisierten Windräder wurden dann markiert und in georeferenzierte Polygone umgewandelt. Nachdem die resultierenden Polygone mit der entsprechenden Bildkachel verglichen wurden, wurden sie in Bildmasken umgewandelt. Die Maske klassifiziert, ob ein Bildpunkt zu einem Windpark gehört oder nicht. Dies dient als gewünschtes Klassifizierungsschema für das entwickelte künstliche neuronale Netz. Das verwendete Deep Learning-Modell basiert auf der U-Net-Architektur, die sich bei Segmentierungsaufgaben mit geringer Trainingsdatenmenge sehr gut bewährt hat. Die Segmentierungsleistung wurde anhand des Jaccard-Index bestimmt, um den Anteil richtig klassifizierter Pixel darzustellen. Das Training wurde kalibriert, um die maximale Genauigkeit auf dem Validierungsdatensatz zu erreichen. Dies dient dazu, eine Überpassung des Modells zu vermeiden. Die letzte Schicht des neuronalen Netzes gibt eine Bildmaske mit einer pixelweisen Vorhersage der Wahrscheinlichkeit aus, ob ein Pixel zu einem Windrad gehört.

HERAUSFORDERUNGEN

Die erste Herausforderung bestand darin, die Trainingsmerkmale zu erstellen und Polygone der Windräder innerhalb der 700 Satellitenbilder zu erzeugen. Die Anwendung von unbeaufsichtigtem Clustering, nämlich einem K-Means-Farbclustering, half bei der Mustererkennung und der Extraktion der Polygonform. Eine weitere zeitaufwändige Herausforderung bestand darin, die False Positives des Netzwerks zu erkennen, d. h. erkannte Bildsegmente, die fälschlicherweise als Windparks identifiziert wurden, wie zum Beispiel verzweigte Straßen oder Flugzeuge. Mehrere Trainingsepochen waren notwendig, um das neuronale Netz so zu trainieren, dass es auch ähnlich aussehende Objekte unterscheiden konnte.

PROJEKTERGEBNIS

Mit dem entwickelten Deep Learning-Modell wurde erfolgreich ein Kataster der Windparks für das Bundesland Nordrhein-Westfalen erstellt. Insgesamt wurden in den Satellitenbildern rund 3.300 Windräder identifiziert. Dieses Kataster wurde auch als Layer in ArcGIS Pro erfasst und steht nun als Kartenmaterial in der Software zur Verfügung, das die Position aller identifizierten Windkraftanlagen als Polygone ihrer Formen anzeigt (Bild unten). Im nächsten Schritt kann das Modell auch auf andere Bundesländer übertragen oder sogar ein weltweites Windkraftanlagenregister erstellt werden. Das Windradlayer kann mit aktuellen Windgeschwindigkeitsdaten zur Überwachung der Windenergieerzeugung und mit durchschnittlichen Windgeschwindigkeitslayern zur Unterstützung der Raumplanung neuer Windradstandorte zusammengeführt werden.

WEITERE ANWENDUNGEN

Das entwickelte Deep Learning-Modell wurde bereits in anderen Projekten im Bereich der Satellitenbild-Segmentierung eingesetzt. Basierend auf den bereitgestellten Satellitenbildern wurde stilisiertes Kartenmaterial erstellt. Das neuronale Netz wurde trainiert, um verschiedene Objekte und Bodenbedeckungstypen auf Satellitenbildern zu erkennen, wie Straßen, Bäume, Wälder und Fahrzeuge.



Kartenlayer in ArcGIS mit markierten Windkraftanlagen (pink)