

Fernerkundungsgestützte Methoden des maschinellen Lernens im Bereich der Energiesystemanalyse

Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist von entscheidender Bedeutung für die Zukunft der Energieversorgung. Zahlreiche Gründe sprechen für diesen Wandel und verdeutlichen die Notwendigkeit eines Übergangs von fossilen Brennstoffen zu nachhaltigen Energiequellen. So spielt der Zugang zu sauberer Energie eine zentrale Rolle für die Verbesserung der Lebensqualität und den Schutz unserer Umwelt.

Für eine effiziente Umsetzung auf den verschiedenen Ebenen sind vielfältige Datengrundlagen von wesentlicher Bedeutung. In den letzten Jahren hat die Anzahl der Satelliten in der Erdumlaufbahn rasant zugenommen. Dabei dienen sie einer Vielzahl von Anwendungen. So gehören satellitengestützte Dienstleistungen der globalen Kommunikation via Mobiltelefonie und Internetverbindung, Navigation mittels GPS, Wettervorhersagen anhand von Wetterdaten und die Bereitstellung von aktuellen Karten der Erdoberfläche für verschiedene Kartendienste zur täglichen Gewohnheit von Milliarden von Menschen. Begünstigende Treiber der voranschreitenden Technologisierung sowie sinkenden Kosten für Satellitenstarts haben dazu geführt, dass eine zunehmende Zahl verschiedener Akteure wie Länder und Unternehmen Satelliten in der Erdumlaufbahn betreiben können. Große Mengen an von Satelliten gesammelter Daten sind die Folge, welche häufig günstig oder sogar gratis verfügbar gemacht werden. Einher geht damit allerdings auch die große Herausforderung der Handhabung solcher enormer Datenmengen.

Methoden aus dem Bereich des maschinellen Lernens können zur Handhabung enormer Datenmengen wie sie im Bereich der Fernerkundung anfallen Abhilfe bieten. Verfahren des maschinellen Lernens bieten ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten in datengetriebenen Domänen wie zum Beispiel der Finanzindustrie, der Automobilbranche und auch in den verschiedenen Bereichen bildgestützter Verfahren. So können beispielsweise wiederkehrende sowie auffällige Muster in großen Datensätzen herausgearbeitet werden. Große, mittels Satelliten gesammelte Datenmengen zur Landnutzung, Bodenbeschaffenheit sowie Bedeckung und andere geographische Merkmale können mithilfe von Verfahren des maschinellen Lernens automatisiert verarbeitet werden, um Informationen zu gewinnen, die sonst nur schwer oder gar nicht zu erhalten wären.

Werden die beiden Themenbereiche der Fernerkundung und des maschinellen Lernens kombiniert, so entstehen facettenreiche Möglichkeiten für verschiedene Belange des Energiesystems. So können beispielsweise Verfahren des maschinellen Lernens mit Luft- und Satellitenbildern kombiniert werden, um den Bestand Erneuerbarer Energien Anlagen abzubilden. Verschiedene Studien haben sich bereits mit der automatisierten Erkennung von PV-, Windkraft-, Biogas- oder auch Wasserkraftanlagen beschäftigt. Dabei lässt sich eine starke Variabilität von verwendeten Methoden und Daten feststellen. Im geplanten Vortrag sollen 3 verschiedene Arbeiten des fernerkundungsgestützten maschinellen Lernens für die Energiesystemanalyse vorgestellt. Daraus resultierende Ergebnisse sollen anschließend Pfade für den Bereich der Energiesystemlandschaft aufzeigen.

- Im ersten Beitrag wird gezeigt, inwiefern teilautomatisierte Ansätze zur Erstellung von Trainingsmustern für die Objekterkennung in Photovoltaikanlagen auf Dächern nutzbar sind. Es zeigt sich, dass Zeit- und Arbeitsaufwand für die manuelle Identifizierung stark reduziert werden können, wenn bestehende Rauminformationen automatisiert kombiniert werden. Der Beitrag ist bereits veröffentlicht (Kleebauer et al. 2021). Ähnlich vorgegangen kann die Methodik auch zur Verbesserung der Standortgenauigkeit von Windenergieanlagen genutzt werden (Kleebauer et al. 2024)
- In einem weiteren Beitrag sollen variierende Trainingsdaten hinsichtlich ihrer Eignung für die Erkennung von Erneuerbarer Energien Anlagen untersucht werden. Dabei sollen verschiedene moderne Deep Learning basierenden Ansätze für die Erkennung mit verschiedensten Luftbildern sowie Satellitenbildern kombiniert sowie gegenübergestellt werden. (Kleebauer et al. 2023).
- In einem dritten Beitrag sollen Methoden zur Bildschärfung in Satelliten- sowie Luftbildern mit Hilfe verschiedener Deep-Learning-Methoden untersucht werden. Hierbei kann sich verschiedene populäre Architekturen wie Generative Adversarial Networks und verschiedene Transformer Netzwerken bedienen werden. (Horst & Kleebauer 2022)

Die Ergebnisse der verschiedenen Beiträge werden anschließend zusammengefasst und hinsichtlich ihrer zukünftigen Eignung, einhergehenden Herausforderungen sowie weiterführender Potenziale im Bereich der Energiesystemlandschaft untersucht.

Remote sensing driven machine learning methods in the field of energy system analysis

The expansion of renewable energies is of crucial importance for the future of energy supply. There are numerous reasons for this change and highlight the need for a transition from fossil fuels to sustainable energy sources. Access to clean energy plays a central role in improving the quality of life and protecting our environment.

A diverse data basis is essential for efficient implementation at the various levels. In recent years, the number of satellites orbiting the earth has increased rapidly. They are used for a variety of applications. For example, satellite-based services include global communication via. Mobile telephony and internet connections, navigation using GPS, weather forecasts based on weather data and the provision of up-to-date maps of the earth's surface for various mapping services are part of the daily habits of billions of people. Favorable drivers of advancing technologization and decreasing costs for satellite launches have led to an increasing number of different players such as countries and companies being able to operate satellites in Earth orbit. This results in large quantities of data collected by satellites, which is often made available at low cost or even free of charge. However, this is also accompanied by the great challenge of handling such enormous amounts of data.

Methods from the field of machine learning can provide a remedy for handling the enormous amounts of data that arise in the field of remote sensing. Machine learning methods offer a wide range of possible applications in data-driven domains such as the financial industry, the automotive industry and also in the various areas of image-based processes. For example, recurring and conspicuous patterns can be identified in large data sets. Large amounts of data collected by satellites on land use, soil conditions, cover and other geographical features can be processed automatically using machine learning methods to obtain information that would otherwise be difficult or impossible to obtain.

When the two areas of remote sensing and machine learning are combined, a wide range of possibilities arise for various aspects of the energy system. For example, machine learning methods can be combined with aerial and satellite images to map the stock of renewable energy plants. Various studies have already dealt with the automated detection of PV, wind power, biogas and hydropower plants. The methods and data used vary greatly. In the planned presentation, 3 different studies on remote sensing-based machine learning for energy system analysis will be presented. The resulting findings will then be used to identify paths for the energy system landscape.

- The first article shows the extent to which semi-automated approaches can be used to create training patterns for object recognition in photovoltaic systems on roofs. It is shown that the time and effort required for manual identification can be greatly reduced if existing spatial information is combined automatically. The article has already been published (Kleebauer et al. 2021). The methodology can also be used in a similar way to improve the location accuracy of wind turbines (Kleebauer et al. 2024).
- In a further contribution, varying training data will be examined with regard to their suitability for the detection of renewable energy plants. Various modern deep learning-based approaches for recognition will be combined and compared with a wide variety of aerial images and satellite images. (Kleebauer et a. 2023).
- In a third contribution, methods for image sharpening in satellite and aerial images will be investigated using various deep learning methods. Various popular architectures such as Generative Adversarial Networks and various Transformer Networks can be used here (Horst & Kleebauer 2022).

The results of the various contributions are then summarized and examined with regard to their future suitability, associated challenges and further potential in the area of the energy system landscape.

Literatur:

Kleebauer, M., Horst, D., & C. Reudenbach (2021). Semi-automatic generation of training samples for detecting renewable energy plants in high-resolution aerial images. *Remote Sensing*, 13(23), 4793.

Horst, D. & M. Kleebauer (2022). VemoSat. Image Super Resolution und Objekterkennung in der Energiesystemanalyse. https://kognitive-energie-systeme.de/wp-content/uploads/2022/11/K-ES_Spotlight_Poster_2022_VemoSat_Horst.pdf

Kleebauer, M., Marz, C., Reudenbach, C., & M. Braun (2023). Multi-resolution segmentation of solar photovoltaic systems using deep learning. *Remote Sensing*, 15(24), 5687.

Kleebauer, M., Braun, A., Horst, D. & C. Pape (2024): Enhancing wind turbine location accuracy: A deep learning-based object regression approach for validating wind turbine geo-coordinates. In IGARSS 2024-2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE.