



caREL – computer-aided Renewable Energy Language

Ziel des Transferprojekts caREL ist der europaweite Wissenstransfer von Ergebnissen aus bereits abgeschlossenen Forschungsprojekten im Bereich der GIS-gestützten Potenzialanalysen für Windkraft und Solarenergie. Die Ergebnisse dieser Forschungsprojekte sollen europaweit ausgerollt und für potenzielle Anwendergruppen – Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung, Software-Entwickler, große Kommunen und Gebietskörperschaften, Planungs- und Ingenieurbüros sowie Projektierer für Wind- und Solarparks – nutzbar gemacht werden.

Autoren: Nicolas Diedrich, Ute Langendörfer, Prof. Dr. Thomas Hollstein, Prof. Dr. Martina Klärle, Prof. Dr.-Ing. Robert Seuß

Die aktuellen geopolitischen Gegebenheiten und die Lage auf dem Energiemarkt zwingen Europa und die europäischen Staaten dazu, den Übergang zu sauberer Energie drastisch zu beschleunigen und Europa unabhängiger von Energielieferanten wie Russland und schwankungsanfälligen fossilen Brennstoff-

en zu machen. Aber erneuerbare Energien brauchen Flächen und Flächen sind knapp im dicht besiedelten Europa. Daher ist es essenziell, die aussichtsreichsten Flächen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien zu identifizieren und entsprechende Standorte zu nutzen. Hier setzt caREL an, ein Werkzeug aus dem Bereich der Geoin-

formatik für ein optimales Landmanagement zur Nutzung erneuerbarer Energien in der EU.

Das EU-geförderte Transferprojekt caREL (computer-aided Renewable Energy Language) startete im Januar 2021 an der Frankfurt University of Applied Sciences (FRA-UAS). Die Methoden zur Potenzial-

und Standortanalyse für Solarenergie und Windkraft wurden in den letzten Jahren im Rahmen der Forschungsprojekte „SUN-AREA“, „WIND-AREA“ und „ERNEUERBAR KOMM!“ an der FRA-UAS entwickelt, an der Schnittstelle von Geoinformatik und Landmanagement.

Durch die im Jahr 2007 verabschiedete Inspire-Richtlinie gibt es Vorgaben für eine einheitliche, harmonisierte Geodatenbereitstellung in der gesamten EU. Die geplant ab 2021 vollständig zur Verfügung stehenden Inspire-Geodaten stellen eine fundierte Grundlage dar, um die existierenden Algorithmen und Berechnungsmethoden aus den abgeschlossenen Forschungsprojekten europaweit flächendeckend anzuwenden.

Damit erhalten die Mitgliedsstaaten die Möglichkeit, durch automatisierte Potenzialanalysen die besten und ertragreichsten Flächen für erneuerbare Energien zu finden und entsprechende Projekte detail-scharf und präzise umzusetzen.

CaREL wurde zunächst für fünf Pilot-länder umgesetzt, nämlich Belgien, Däne-mark, Estland, Slowenien und Spanien. In jedem dieser Länder wurden die Potenzialanalysen mindestens für ein städtisches und ein ländliches Gebiet durchgeführt.

Datengrundlagen der Solarpotenzialanalyse

Die für die Solarpotenzialanalyse notwendigen digitalen Oberflächenmodelle (DOM) sind zwar in 13 der am Inspire-Projekt beteiligten Staaten verfügbar, besitzen allerdings nur in vier Fällen die gewünschte Rasterauflösung von 0,5 m. Acht weitere Staaten stellen Datensätze mit einer geringeren Auflösung von 1,0 m zur Verfügung, die Qualität der Solarpotenzialanalyse würde durch Nutzung dieser Daten verrin-

gert. Lidar-Daten hingegen sind in insge-samt 16 EU- und EFTA-Staaten als offene Daten in annehmbarer Qualität frei zu-gänglich.

Da der genutzte Algorithmus auf die Verarbeitung von Lidar-Daten ausgelegt ist, wurde für die Solarpotenzialanalyse letztendlich auf die offenen Lidar-Daten zurückgegriffen, auch wenn diese nicht Bestandteil von Inspire sind.

Die Art der Bereitstellung und die Qua-lität der Daten unterscheiden sich zum Teil erheblich. Bei der Sichtung der Daten fiel zudem auf, dass die Punktdichte in einigen Datensätzen nicht gleichmäßig ist. So sind die großen Städte Estlands zum Beispiel mit einer höheren Auflösung auf-genommen als die ländlicheren Gebiete. Zusätzlich ist die tatsächliche Punktdichte, erfasst durch eine Analyse mit den LAS-Tools der Firma Rapidlasso, zum Teil höher als angegeben.

Für zusätzliche Analysen nach der Be-rechnung des Strahlungsgrids kann wieder auf Inspire-Datensätze zurückgegriffen werden. So bieten die meisten Staaten Inspire-konforme Datensätze zu den Ge-bäudeumrissen, welche genutzt werden können, um die Solarpotenzialflächen direkt auf die Gebäude bezogen abzubilden.

Berechnung der Solarpotenzialanalyse

Für die Berechnung der Solarpotenziale kommt ein Python-Skript zum Einsatz, welches die notwendigen Softwarefunk-tionen von ArcGIS Pro und LAStools aufruft und mit einer PostgreSQL/PostGIS-Datenbank interagiert. Als Datengrundlage dienen Lidar-Daten. Zur Berechnung der Solarpotenziale werden aus den Lidar-Daten zunächst sogenannte Jobs erstellt

und in der PostgreSQL/PostGIS-Daten-bank hinterlegt.

In der Regel stehen die Lidar-Daten in einem regelmäßigen Raster zur Verfügung. Für caREL wurden die Ausgangsdaten auf ein 1 km² Raster zugeschnitten. Auf Basis dieses Rasters werden die Jobs aus den Bounding Boxen der einzelnen Lidar-Datensätze mithilfe der LAStools abgelei-tet. Das Solarpotenzialanalyseskript stößt für jede Job-Kachel nacheinander die not-wendigen Berechnungen an. Das Skript nutzt dazu die Datenbank, um an den aktuellen Job angrenzende Raster-Kacheln zu identifizieren, die innerhalb eines vor-her festgelegten Overlaps liegen.

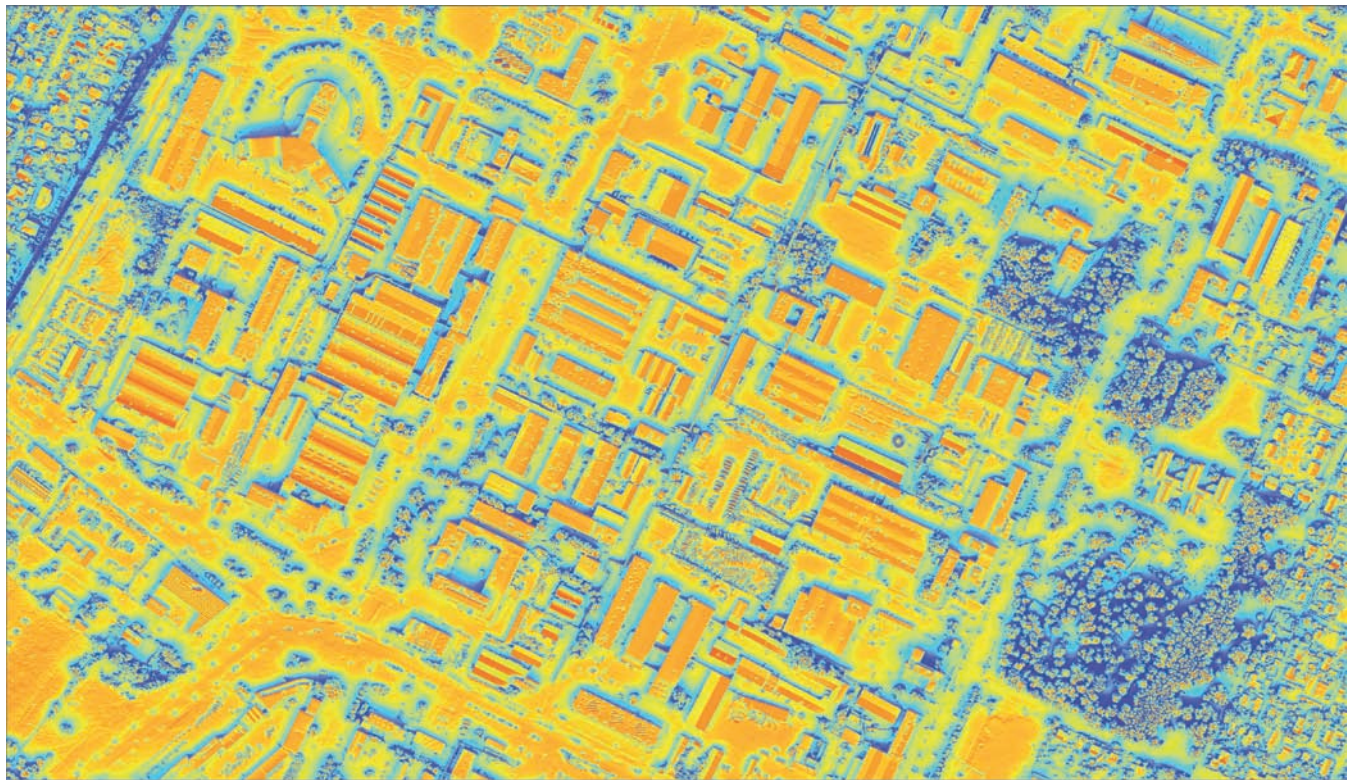
Anschließend werden alle Datensätze innerhalb des Overlaps zusammengeführt. Mittels der LAStools wird ein digitales Oberflächenmodell (DOM) der zusam-mengeführten Lidar-Kacheln berechnet mit einer Rasterauflösung von 0,5 m². Das ermöglicht die Berücksichtigung der Ab-schattung an den Rändern der aktuell be-rechneten Job-Kachel. Das DOM hat eine Rasterauflösung von 0,5 m² und dient anschließend als Eingabe für den ArcGIS Pro Solar Analyst.

Die für den Algorithmus notwendigen Eingangsparameter sind im Skript festge-legt oder werden für jeden Job aus den Ausgangsdaten abgeleitet. Der Solar-Analyst berechnet für jede Rasterzelle des DOM einen Globalstrahlungswert in Wh/m². Das berechnete Globalstrahlungsraster wird an-schließend wieder auf die Ausdehnung der ursprünglichen Job-Kachel zugeschnitten.

Aus dem Oberflächenmodell werden zu-sätzlich die Oberflächenneigung und -ausrichtung mit den entsprechenden ArcGIS-Pro-Funktionen berechnet. An-schließend sucht das Skript in der Daten-bank den nächsten freien Job und führt für

Staat	Verfügbarkeit	Bezug über	Alter	Rastergröße	Punktdichte
Belgien	Regional	Geoportal	2013 – 2015	500 m ²	16 Pkt./m ²
- Flandern	Regionsweit	Geoportal	2013 – 2014	-	0,8 Pkt./m ²
- Wallonien	Regionsweit				
Dänemark	Landesweit	FTP-Server	2018 – 2022	1 km ²	4,5 Pkt./m ²
Estland	Landesweit	Geoportal	2018 – 2021	1 km ²	0,5 – 18 Pkt./m ²
Slowenien	Landesweit	Geoportal	2014 – 2015	1 km ²	2 – 5 Pkt./m ²
Spanien	Landesweit	Geoportal	2015 – 2021	2 km ² /1 km ²	0,5 – 2 Pkt./m ²

Übersicht über die Lidar-Daten für die caREL-Pilotstaaten



Extract of the global radiation grid from the Tallinn analysis area at a scale of 1:5000. The extract depicts an commercial area in the western part of the Lilleküla district.

0 25 50 100 150 200
Meter



min. Global Radiation [Wh/m²] max.



Data: Estonian Land Board 2020

Basemap: Estonian Environment Agency, Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS; Esri Community Maps Contributors, Estonian Environment Agency, Estonian Land Board, Esri, HERE,

Ergebnis der Solarpotenzialanalyse für die Stadt Tallinn in Estland

diesen dieselben Berechnungen durch. Sind alle Jobs berechnet, werden die einzelnen Ergebnistraster per Mosaikierung zu einem gemeinsamen Raster für das gesamte Projektgebiet zusammengeführt.

Datengrundlagen der Windpotenzialanalyse

Auch für die Analyse der Windpotenzialflächen konnte nicht gänzlich auf Inspire-Daten zurückgegriffen werden. Als Datengrundlage für die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten diente der Global Wind Atlas der Technical University of Denmark (DTU), da keine entsprechenden Daten über Inspire zur Verfügung stehen. Im Rahmen von caREL wurden die mittleren Windgeschwindigkeiten in einer Höhe von 150 m zugrunde gelegt.

Die außerdem notwendigen Daten zu den Siedlungsflächen wurden aus dem Corine Land Cover abgeleitet, was eine einheitliche Ausgangsbasis für alle Pilotstaaten sicherstellt. Die notwendigen Abstandsflächen zu Straßen und Schienen-

wegen konnten mithilfe der Inspire-Transport-Network-Datensätze berechnet werden, welche für alle Pilotgebiete zur Verfügung stehen. Allerdings ist auch hier der Datenbezug nicht einheitlich. Während zum Beispiel in Estland landesweite Daten per WFS offen zur Verfügung stehen, sind die landesweiten Daten für Belgien kostenpflichtig.

Berechnung der der Windpotenzialanalyse

Die Berechnung der Windpotenziale erfolgt mit Funktionen des Open-Source-Geoinformationssystems QGIS.

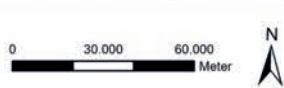
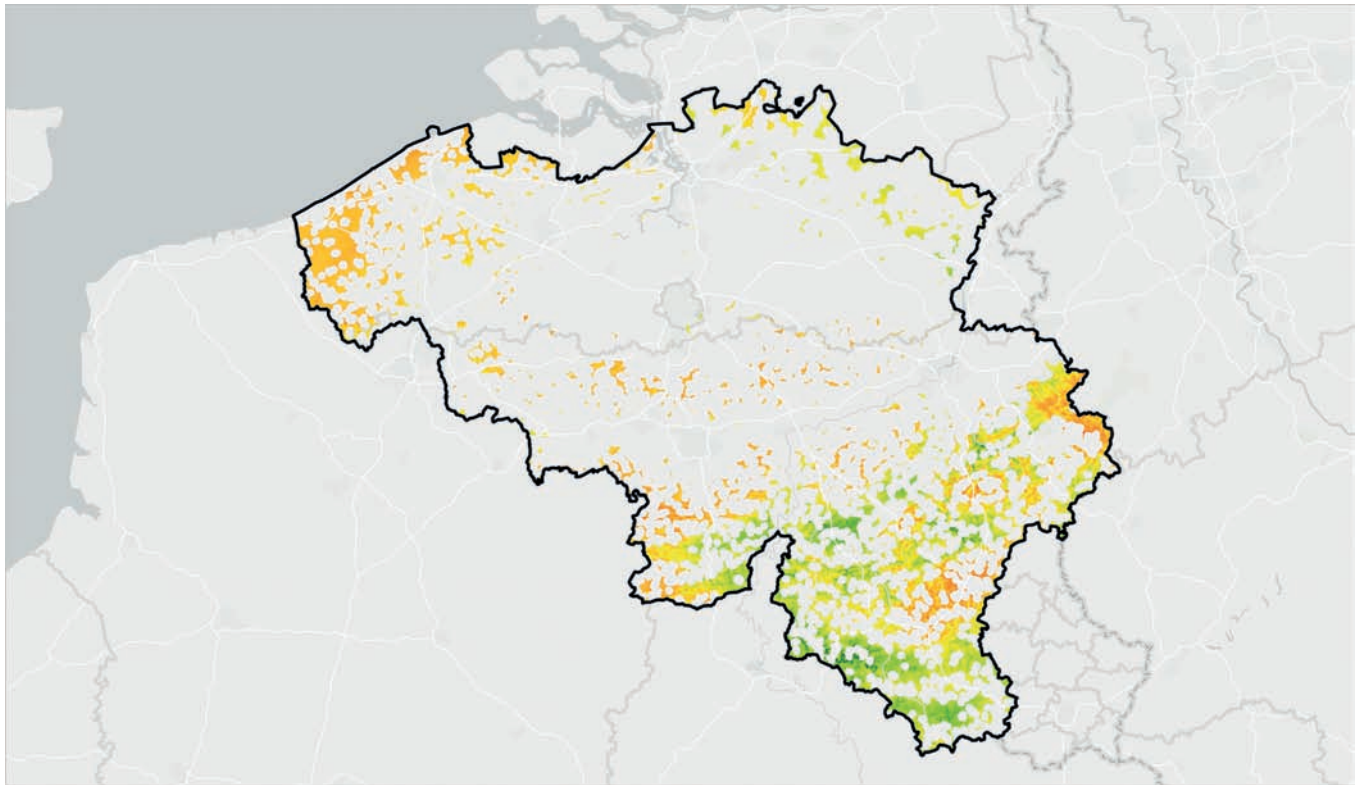
Zunächst werden die mittleren Windgeschwindigkeiten mithilfe des Raster-Calculators auf eine Mindestgeschwindigkeit von beispielsweise 6,5 m/s beschränkt. Das erzeugte Windraster wird auf das entsprechende Projektgebiet zugeschnitten. Um Siedlungsgebiete, Schienenwege und Fernstraßen wird im nächsten Schritt ein zuvor festgelegter Puffer von 1000 m (Siedlungen) bzw. 200 m (Schienenwege

und Fernstraßen) berechnet. Anschließend wird die Differenz zwischen diesen Puffern und dem Polygon des Projektgebiets gebildet. Diese Differenz beinhaltet alle Flächen, die nicht innerhalb der jeweiligen Abstandspuffer liegen.

Das Windgeschwindigkeitsraster wird nacheinander mit diesen Differenzen maskiert. Es entsteht ein Rasterdatensatz, welcher nur die Flächen beinhaltet, die eine Windgeschwindigkeit von mehr als 6,5 m/s aufweisen und außerhalb der gewählten Abstandsflächen liegen.

Fazit und Ausblick

caREL sichert als Transferprojekt den freien (also auch kostenfreien) Zugang zu den sogenannten Open-Source-Algorithmen auf der Basis von flächendeckend vorhandenen Geodaten und gibt Aufschluss darüber, wo und in welcher Qualität die dafür notwendigen Geobasis- und Geofachdaten vorhanden sind. Methoden und Algorithmen werden so aufbereitet, dass die Berechnungen von technisch versierten Insti-



Wind potential areas in Belgium identified by caREL Wind-Area algorithm.

Mean wind speed at 150m height [m/s]
6,5 10



Data: Data obtained from the Global Wind Atlas 3.0.
Basemap: Esri, HERE, Garmin, FAO, NOAA, USGS

Ergebnis der Windpotenzialanalyse für Belgien

Projektbeteiligte

Die Forschungsfelder Erneuerbare Energien im Landmanagement (Prof. Dr. Klärle) und Labor für Geoinformation (Prof. Dr.-Ing. Seuß), sind beide angesiedelt an der Frankfurt University of Applied Sciences im Bereich des Geodatenmanagements.

Im Jahr 2022 haben Prof. Dr. Tine Köhler, Professur für Landmanagement, und Prof. Dr. Thomas Hollstein, Professur für zuverlässige eingebettete Systeme (Multiprozessorsysteme, Internet-of-Things (IoT) und KI-basierte Informationsverarbeitung), die Projektleitung erweitert.

Projektlaufzeit

Das Transferprojekt läuft von Januar 2021 bis Dezember 2022.

Projektförderung

caREL wird vom Land Hessen und dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) im Rahmen der Forschungsförderung gefördert.

Weitere Informationen:

www.carel-energy.eu

tationen selbstständig durchgeführt werden können. Somit kann schnell gezeigt werden, welche Flächen für die Energiewende seitens der einzelnen Staaten gesichert bzw. bevorratet werden müssen.

Um möglichst großen Nutzen zu entfalten, muss caREL den potenziellen Anwendergruppen – Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung – bekannt sein. Zur Verbreitung von entsprechenden Informationen über caREL werden unterschiedliche analoge und digitale Kommunikationskanäle genutzt. Dazu gehören Messeauftritte, die Teilnahme an Konferenzen sowie die Durchführung von Online-Workshops und einer Abschlussveranstaltung. Außerdem werden Beiträge in führenden Fachzeitschriften veröffentlicht und Informationen im Rahmen einer Multimedia-Kampagne gestreut. Alle möglichen Akteure zu erreichen, hat hierbei oberste Priorität, denn diese können aus dem Algorithmus caREL eigene Dienste herleiten, anbieten und somit die Klimaneutralität Europas weiter vorantreiben.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Robert Seuß
Frankfurt University of Applied Sciences
Robert.Seuss@fb1.fra-uas.de