

BDVI

# FORUM

Zeitschrift des Bundes der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure e.V.

48. Jahrgang

2022

ISSN 0342-6165

Heft 3/2022

[www.bdvi.de](http://www.bdvi.de)

# Optimal

caREL – so unterstützt  
Geoinformatik  
die Energiewende

UMWELT

**Hilfreich**

Photogrammetrie  
als Ersthelfer

AUSBILDUNG

**Nützlich**

Neue Wege in der  
Berufsausbildung

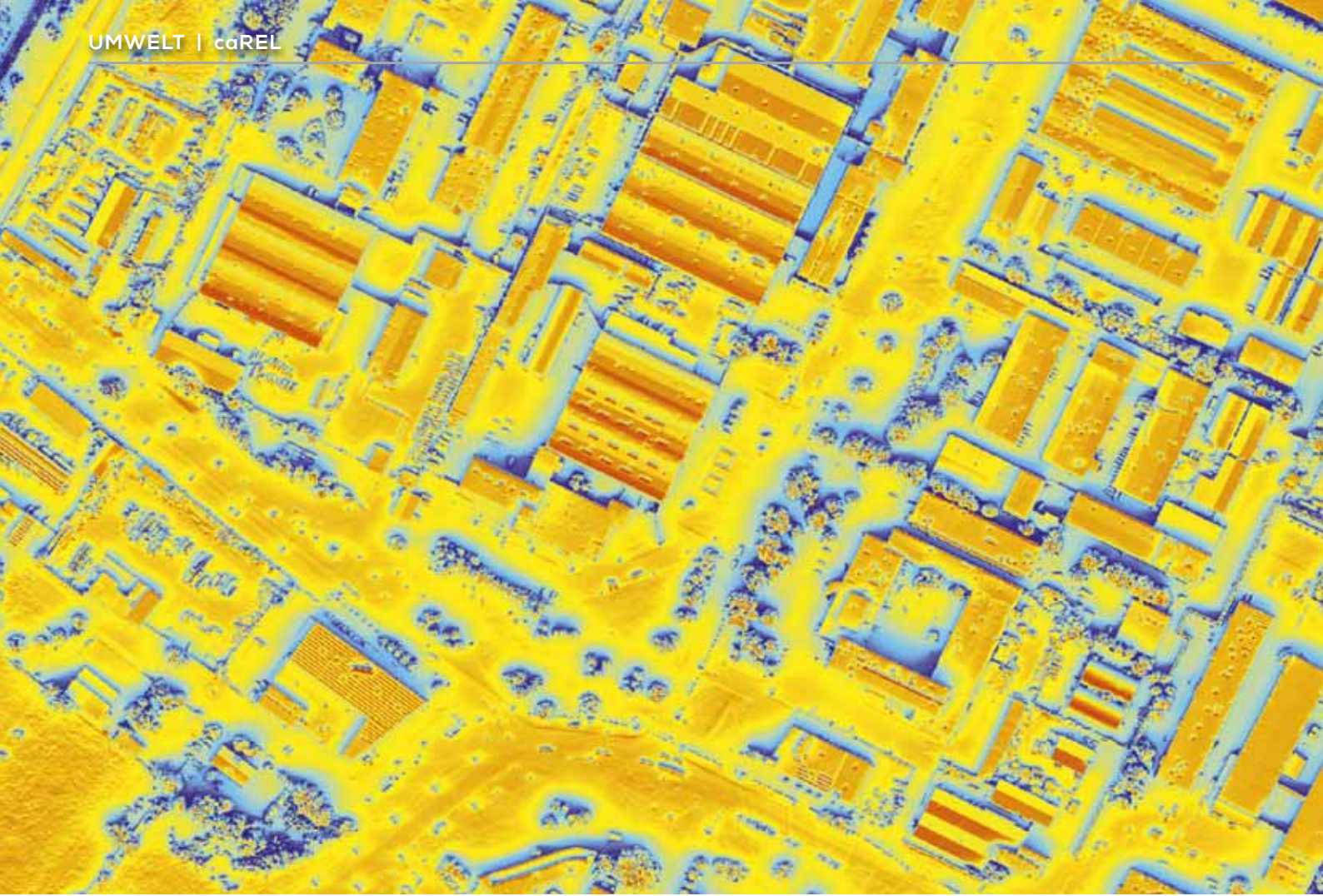
INTERGEO®

**Perspektivisch**

Liegenschaftskataster  
der Zukunft





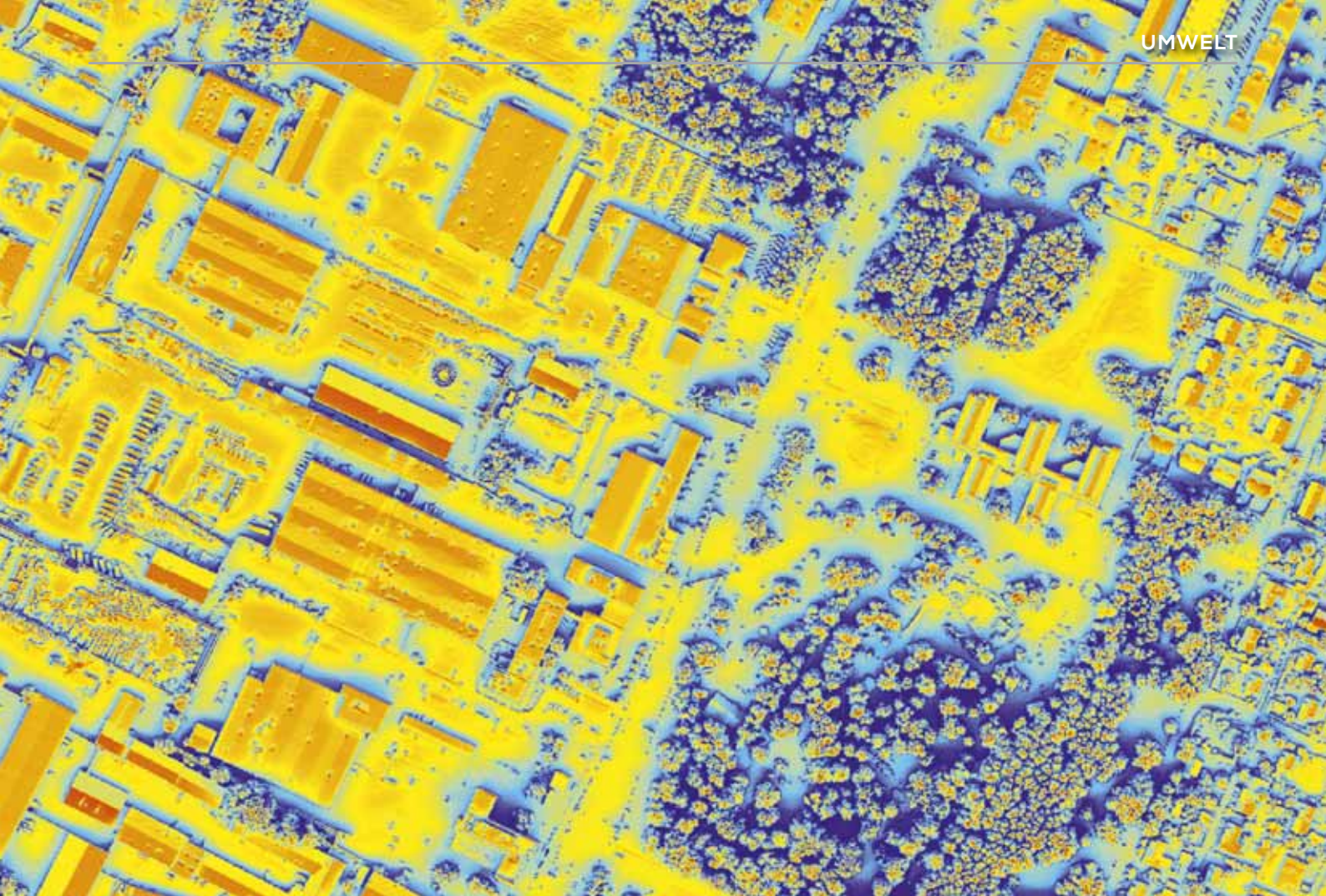


# caREL

computer-aided  
Renewable Energy Language

Offene Geodaten für die  
europäische Energiewende





AUTOREN **Martina Klärle | Ute Langendörfer | Nicolas Diedrich | Thomas Hollstein | Robert Seuß**  
Frankfurt am Main

**D**ie aktuellen geopolitischen Gegebenheiten und die Lage auf dem Energiemarkt zwingen Europa und die europäischen Staaten, den Übergang zu sauberer Energie drastisch zu beschleunigen und Europa unabhängiger von Energielieferanten wie Russland und schwankungsanfälligen fossilen Brennstoffen 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 Geoinformatik für ein optimales Landmanagement zur Nutzung erneuerbarer Energien in der EU.







## EINLEITUNG

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

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 detailscharf und präzise umzusetzen.

Automatisierte Potenzial- und Standortanalysen sind kostengünstig und transparent. Planer, Projektierer und Gebietskörperschaften können sich ihrer bedienen. Sie erlauben eine gezielte und wirtschaftliche Nutzung von Windkraft und Solarenergie und sind ein wichtiger Baustein auf dem Weg zu Klimaneutralität und Energieunabhängigkeit.

caREL sichert als Transferprojekt den freien (also auch kostenfreien) Zugang zu den sogenannten Open-Source-Algorithmen auf der Basis von flächendeckend vorhandenen Geodaten.

- caREL gibt Aufschluss darüber, wo und in welcher Qualität die dafür notwendigen Geobasis- und Geofachdaten vorhanden sind.
- Vorhandene Methoden und Algorithmen werden so aufbereitet, dass die Berechnungen von technisch versierten Institutionen selbstständig durchgeführt werden können.
- Es kann schnell gezeigt werden, welche Flächen für die Energiewende von den einzelnen Staaten gesichert bzw. bevorratet werden müssen.
- Die Energiewende (die als Grundlage Fläche braucht) kann schneller und transparenter als bisher umgesetzt werden.

caREL wurde zunächst für fünf Pilotländer umgesetzt, nämlich Belgien, Dänemark, Estland, Slowenien und Spanien. In jedem dieser Länder wurden die Potenzialanalysen mindestens für ein städtisches und ein ländliches Gebiet durchgeführt.

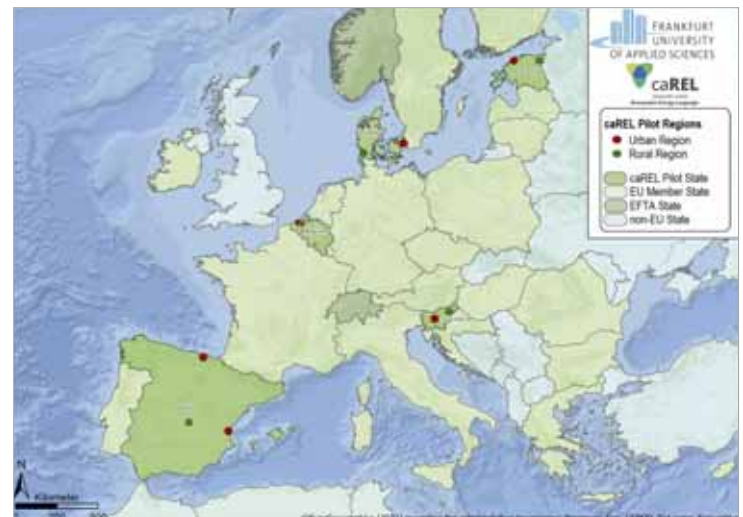


Abbildung 1 | Pilotgebiete in Belgien, Dänemark, Estland, Slowenien und Spanien

## VORPROJEKTE

Die Methoden zur Potenzial- und Standortanalyse für Windkraft und Solarenergie, die im Rahmen von caREL europaweit ausgerollt werden können, wurden in den letzten Jahren im Rahmen diverser Forschungsprojekte an der Frankfurt University of Applied Sciences entwickelt, an der Schnittstelle von Geoinformatik und Landmanagement.

Staat	Verfügbarkeit	Bezug über	Alter	Rastergröße	Punktdichte
<b>Belgien</b>	Regional				
– Flandern	Regionsweit	Geoportal	2013-15	500 m <sup>2</sup>	16 p/m <sup>2</sup>
– Wallonien	Regionsweit	Geoportal	2013-14	–	0.8 p/m <sup>2</sup>
<b>Dänemark</b>	Landesweit	FTP-Server	2018-22	1 km <sup>2</sup>	4.5 p/m <sup>2</sup>
<b>Estland</b>	Landesweit	Geoportal	2018-21	1 km <sup>2</sup>	0.5-18 p/m <sup>2</sup>
<b>Slowenien</b>	Landesweit	Geoportal	2014-15	1 km <sup>2</sup>	2-5 p/m <sup>2</sup>
<b>Spanien</b>	Landesweit	Geoportal	2015-21	2 km <sup>2</sup> / 1 km <sup>2</sup>	0.5-2 p/m <sup>2</sup>

Tabelle 1 | Übersicht über die LiDAR-Daten für die caREL-Pilotstaaten

### Solardachkataster – SUN-AREA

Als Ergebnis des Forschungsprojektes SUN-AREA, welches u. a. den Deutschen Solarpreis erhielt, können vollautomatisch alle Dachflächen ermittelt werden, die für die Gewinnung von Solarenergie optimal geeignet sind. Dazu werden hoch aufgelöste Laserscan-Daten ausgewertet, die mittels einer Befliegung gewonnen werden.



Durch eine Verschneidung mit Katasterdaten und eine Simulation der Sonneneinstrahlung über den Tag und das Jahr hinweg kann für jede einzelne Dachfläche der zu erwartende Energieertrag exakt berechnet werden.

### Ganzheitliche Potenzialanalyse ERNEUERBAR KOMM!

Das Forschungsprojekt ERNEUERBAR KOMM! ermöglichte erstmals eine ganzheitliche Flächenpotenzialanalyse für alle Formen der erneuerbaren Energien.



Mithilfe von Geobasisdaten wird ermittelt, wie viel Strom aus Solar und Windenergie, Biomasse und Wasserkraft auf der Fläche einer Gemeinde erzeugt werden kann.

### Strömungssimulation WIND-AREA

Bei WIND-AREA geht es um die Modellierung exakter Windgeschwindigkeiten in geringer Höhe, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz von Kleinwindrädern. Durch Simulationen der Windströmungen auf der Basis von hoch aufgelösten 3-D-Geodaten werden Standorte für Kleinwindanlagen extrahiert. Ziel ist es, Orte, die aufgrund kleinräumiger Strömungen erhöhte Windgeschwindigkeiten aufweisen, ohne aufwendige Testmessungen lokalisieren zu können.



## SOLARPOTENZIALANALYSE

### Datengrundlagen

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 die Nutzung dieser Daten verringert. LiDAR-Daten hingegen sind in insgesamt 16 EU- und EFTA-Staaten als offene Daten in annehmbarer Qualität frei zugänglich.

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.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die LiDAR-Daten für die ausgewählten caREL-Pilotstaaten. Die Art der Bereitstellung und die Qualität dieser Daten unterscheiden sich zum Teil erheblich.

Bei der Sichtung der Daten fiel auf, dass die Punktdichte in einigen Datensätzen nicht gleichmäßig ist. So sind die großen Städte Estlands z. B. mit einer höheren Auflösung aufgenommen als die ländlicheren Gebiete. Zusätzlich ist die tatsächliche Punktdichte, erfasst durch eine Analyse mit den LAsTools der Firma rapidlasso, zum Teil höher als angegeben.

- In Estland können die Daten über das nationale Geoportal bezogen werden. Die einzelnen Datensätze decken eine Fläche von 1 km<sup>2</sup> ab und können unkompliziert heruntergeladen werden. Es stehen Datensätze aus unterschiedlichen Jahren zur Verfügung, wobei die aktuellen Datensätze je nach Region aus den Jahren 2018 bis 2021 stammen.
- In Slowenien und Spanien können die LiDAR-Daten über eine Web-GIS-Applikation bezogen werden.



» 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.

- Die slowenischen Daten stammen zum Großteil aus den Jahren 2014 und 2015. Sie stehen in einem 1-km<sup>2</sup>-Raster zur Verfügung und decken das komplette Staatsgebiet ab.
- In Spanien begann die flächendeckende LiDAR-Datenerfassung im Jahr 2009 und ging 2015 nach Beendigung der ersten Erfassung direkt in eine zweite Runde. Diese aktualisierten Daten stehen mittlerweile für fast ganz Spanien zur Verfügung und stammen aus den Jahren 2015 bis 2021. Sie liegen teilweise in einem 2-km<sup>2</sup>- oder in einem 1-km<sup>2</sup>-Raster vor. Die noch fehlenden Daten sollen im Jahr 2022 veröffentlicht werden.
- In Belgien sind LiDAR-Daten über die regionalen Geoportale von Wallonien und Flandern verfügbar. Für Flandern können die Daten über das EODaS-Openlidar-Portal heruntergeladen werden. Über diesen Dienst können einzelne, auf ein 500-m<sup>2</sup>-Raster und die entsprechenden Befliegungskorridore zugeschnittene Datensätze bezogen werden oder größere, zusammengefasste Datenpakete.

Die wallonischen Daten können über das regionale Geoportal angefordert werden. Allerdings stehen in diesem Fall nur kleinere Datensätze direkt zum Download zur Verfügung, während größere Datensätze per Festplatte bezogen werden müssen.

- Die LiDAR-Daten für Dänemark werden durch die amtliche Datenversorgung auf deren Website in einem 10-km<sup>2</sup>-Raster zum Download angeboten oder können über einen FTP-Server in einem 1-km<sup>2</sup>-Raster bezogen werden. Die dänischen Daten werden ständig aktualisiert. Jährlich werden ca. ein Fünftel der Daten erneuert.

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

## Berechnung

Für die Berechnung der Solarpotenziale kommt ein Python-Skript zum Einsatz, welches die notwendigen Softwarefunktionen von ArcGIS-Pro und LAStools aufruft und mit einer PostgreSQL/PostGIS-Datenbank interagiert.

Als Datengrundlage dienen LiDAR-Daten, welche das entsprechende Projektgebiet abdecken. Zur Berechnung der Solarpotenziale werden aus den LiDAR-Daten zunächst sogenannte Jobs erstellt und in der PostgreSQL/PostGIS-Datenbank hinterlegt.

In der Regel stehen die LiDAR-Daten in einem regelmäßigen Raster zur Verfügung. Für caREL wurden die Ausgangsdaten auf ein 1-km<sup>2</sup>-Raster zugeschnitten. Auf Basis dieses Rasters werden die Jobs aus den Bounding-Boxen der einzelnen LiDAR-Datensätze mithilfe der LAStools abgeleitet.

Das Solarpotenzialanalyseskript stößt für jede Jobkachel nacheinander die notwendigen Berechnungen an. Das Skript nutzt dazu die Datenbank, um an den aktuellen Job angrenzende Rasterkacheln zu identifizieren, die innerhalb eines vorher festgelegten Overlaps liegen.

Anschließend werden alle Datensätze innerhalb des Overlaps zusammengeführt. Mittels der LAStools wird ein digitales Oberflächenmodell (DOM) der zusammengeführten LiDAR-Kacheln berechnet, mit einer Rasterauflösung von 0,5 m<sup>2</sup>.

Das ermöglicht die Berücksichtigung der Abschattung an den Rändern der aktuell berechneten Jobkachel. Das DOM hat eine Rasterauflösung von 0,5 m<sup>2</sup> und dient anschließend als Eingabe für den ArcGIS-Pro Solar Analyst.

Die für den Algorithmus notwendigen Eingangsparameter sind im Skript festgelegt oder werden für jeden Job aus den Ausgangsdaten abgeleitet. Der Solar Analyst berechnet für jede Rasterzelle des DOM einen Globalstrahlungswert in Wh/m<sup>2</sup>. Das auf diese Weise berechnete Globalstrahlungsraster wird anschließend wieder auf die Ausdehnung der ursprünglichen Jobkachel zugeschnitten.

Aus dem Oberflächenmodell werden zusätzlich die Oberflächenneigung und die Oberflächenausrichtung mit den entsprechenden ArcGIS-Pro-Funktionen berechnet.

Anschließend sucht das Skript in der Datenbank den nächsten freien Job und führt für diesen dieselben Berechnungen durch.



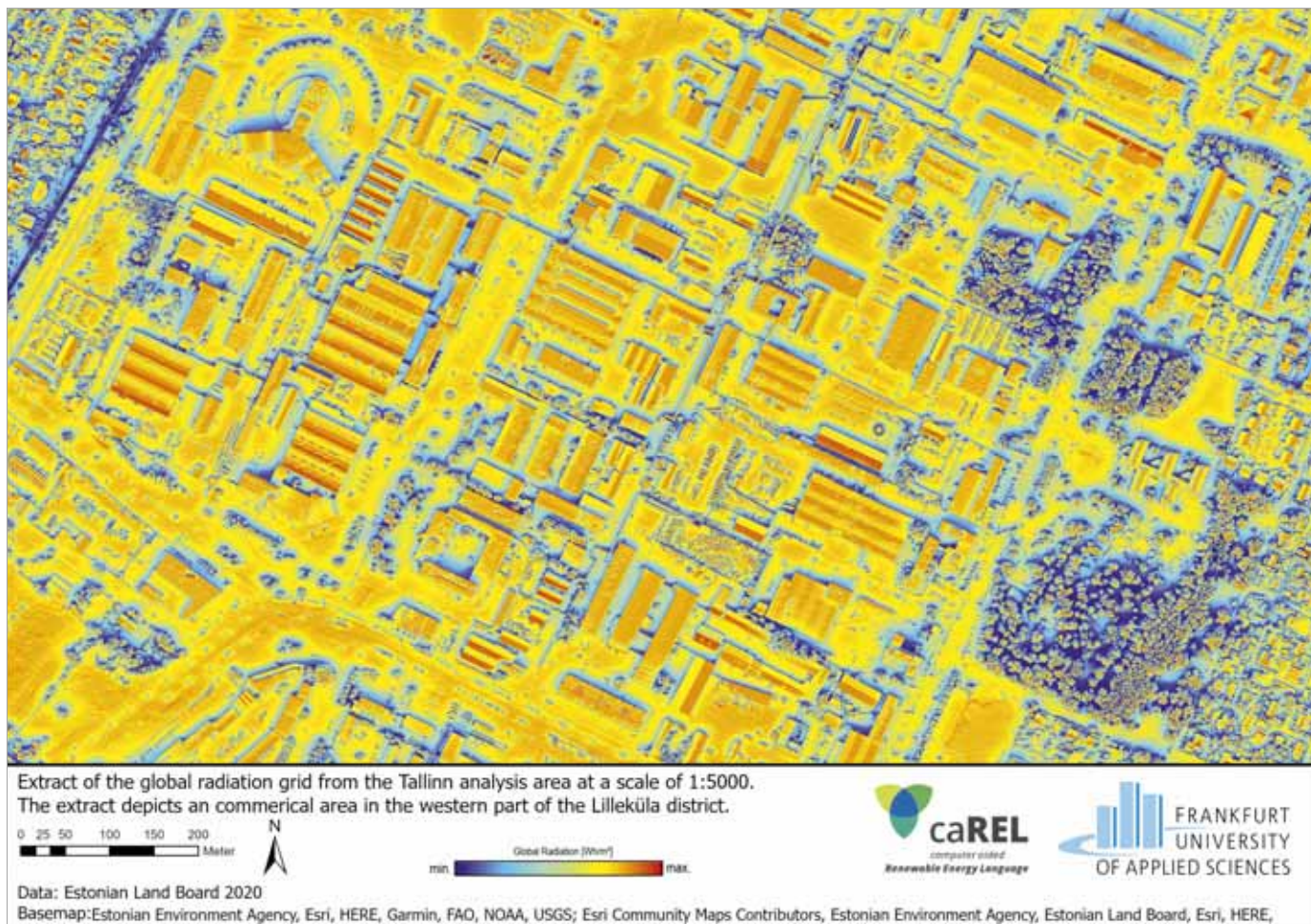


Abbildung 2 | Ergebnis der Solarpotenzialanalyse für die Stadt Tallinn in Estland

Sind alle Jobs berechnet, werden die einzelnen Ergebnisraster per Mosaikierung zu einem gemeinsamen Raster für das gesamte Projektgebiet zusammengeführt. (Abbildung 2)

## WINDPOTENZIALANALYSE

### Datengrundlagen

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, da keine entsprechenden Daten über INSPIRE zur Verfügung stehen.

Der Global Wind Atlas, verwaltet von der Technical University of Denmark (DTU), bietet eine Vielzahl verschiedener Winddaten an. Im Rahmen von caREL wurden die mittleren Windgeschwindig-

keiten in einer Höhe von 150 m zugrunde gelegt, welche als offene Daten im TIFF-Rasterformat bezogen werden können.

Die zusätzlich notwendigen Daten zu den Siedlungsflächen wurden aus dem CORINE Land Cover abgeleitet, was eine einheitliche Ausgangsbasis für alle Pilotstaaten sicherstellt. Zwar stehen Landnutzungsdaten auch über INSPIRE zur Verfügung, allerdings sind diese in der Regel aus CORINE abgeleitet, weshalb in diesem Fall direkt auf die ursprünglichen Daten zurückgegriffen wurde.

Die notwendigen Abstandsflächen zu Straßen und Schienenwegen konnten wiederum mithilfe der INSPIRE-Transport-Network-Datensätze berechnet werden, welche für alle Pilotgebiete zur Verfügung stehen. Allerdings ist auch hier der Datenbezug nicht einheitlich.

Während z. B. in Estland landesweite Daten per WFS offen zur Verfügung stehen, sind die landesweiten Daten für Belgien kos-



## PROJEKT BETEILIGTE

sind die Forschungsfelder Erneuerbare Energien im Landmanagement (Prof. Dr. Klärle) und Labor für Geoinformation (Prof. Dr.-Ing. Seuß), 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 (Multi-processorsysteme, Internet of Things [IoT] und KI-basierte Informationsverarbeitung), die Projektleitung erweitert.

## PROJEKT LAUFZEIT

Das Transferprojekt läuft von Januar 2021 bis Dezember 2022.

## PROJEKT FÖRDERUNG

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

Weitere Informationen zu caREL finden Sie unter [www.carel-energy.eu](http://www.carel-energy.eu).

tenpflichtig, weshalb dort auf regionale Daten zurückgegriffen wurde, welche wiederum kostenfrei und offen verfügbar sind.

## Berechnung

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

Zunächst werden die mittleren Windgeschwindigkeiten mithilfe des Raster Calculator auf eine Mindestgeschwindigkeit von 6,5 m/s beschränkt. (Dieser Wert ist variabel und kann für jedes Projektgebiet vom Anwender individuell ausgewählt werden.) Das erzeugte Windraster wird auf das entsprechende Projektgebiet zugeschnitten.

Um Siedlungsgebiete, Schienenwege und Fernstraßen wird im nächsten Schritt ein zuvor festgelegter Puffer von 1.000 m (Siedlungen) bzw. 200 m (Schienenwege und Fernstraßen) berechnet. Anschließend wird die Differenz zwischen diesen Puffern und dem Polygon des Projektgebietes 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 (oder einer entsprechend gewählten Mindestwindgeschwindigkeit) aufweisen und außerhalb der gewählten Abstandsflächen liegen.

Aufgrund unterschiedlichster Regelungen bezüglich Windkraftanlagen in Naturschutzgebieten werden diese in den Berechnungen nicht per se ausgeschlossen. Dies ließe sich aber analog zu den Abstandsflächen in das Modell integrieren. (Abbildung 3)

## FAZIT UND AUSBLICK

Die im Rahmen von caREL durchgeführten Berechnungen basieren ausschließlich auf offenen Daten. Ursprüngliche Projektidee war es, auf INSPIRE-Datensätze zurückzugreifen, was jedoch nur in Teilen umgesetzt werden konnte.

Letztendlich bleibt festzuhalten, dass die INSPIRE-Datensätze im Allgemeinen keine ausreichende Datengrundlage zur Durchführung der Solar- und Windpotenzialberechnungen gemäß den in caREL angewandten Methoden bieten, diese Potenzialberechnungen allerdings in Kombination mit offenen Daten aus anderen Quellen realisiert werden können.

Ziel des auf 24 Monate angelegten Transferprojektes caREL ist der europaweite Transfer 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, Softwareentwickler, große Kommunen und Gebietskörperschaften, Planungs- und Ingenieurbüros sowie Projektierer für Wind- und Solarparks – nutzbar gemacht werden.

Um dies zu erreichen, 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 zu caREL im Rahmen einer Multimedia-Kampagne gestreut. Alle möglichen Akteure zu erreichen,



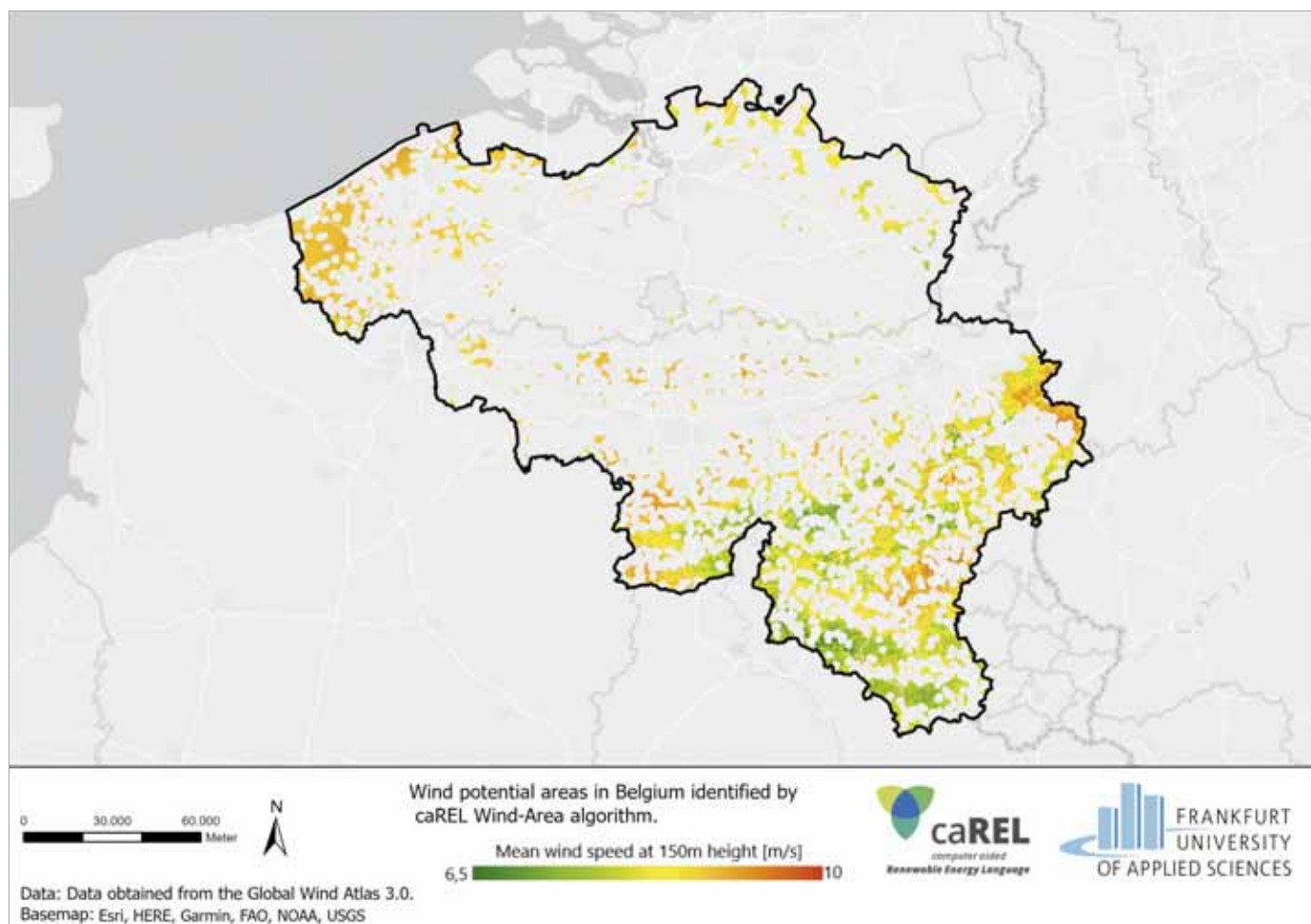



Abbildung 3 | Ergebnis der Windpotenzialanalyse für Belgien

hat hierbei oberste Priorität, denn diese können aus dem Algorithmus caREL eigene Dienste herleiten, anbieten und somit die Klimaneutralität Europas weiter vorantreiben. 



Nicolas Diedrich, M. Sc.  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter caREL  
Nicolas.Diedrich@fb1.fra-uas.de



Prof. Dr. Martina Klärle  
Projektleiterin caREL  
Martina.Klaerle@fb1.fra-uas.de



Prof. Dr. Thomas Hollstein  
Wissenschaftliche Begleitung caREL  
hollstein@fb2.fra-uas.de



Dipl.-Ing. Ute Langendörfer  
Freie Mitarbeiterin caREL  
ute.langendoerfer@gmx.de



Prof. Dr.-Ing. Robert Seuß  
Projektleiter caREL  
Robert.Seuss@fb1.fra-uas.de