




HeiGIT

HEIDELBERG INSTITUTE
FOR GEOINFORMATION
TECHNOLOGY

Quantifizierung der CO₂-Emissionen durch Veränderungen in der Flächennutzung

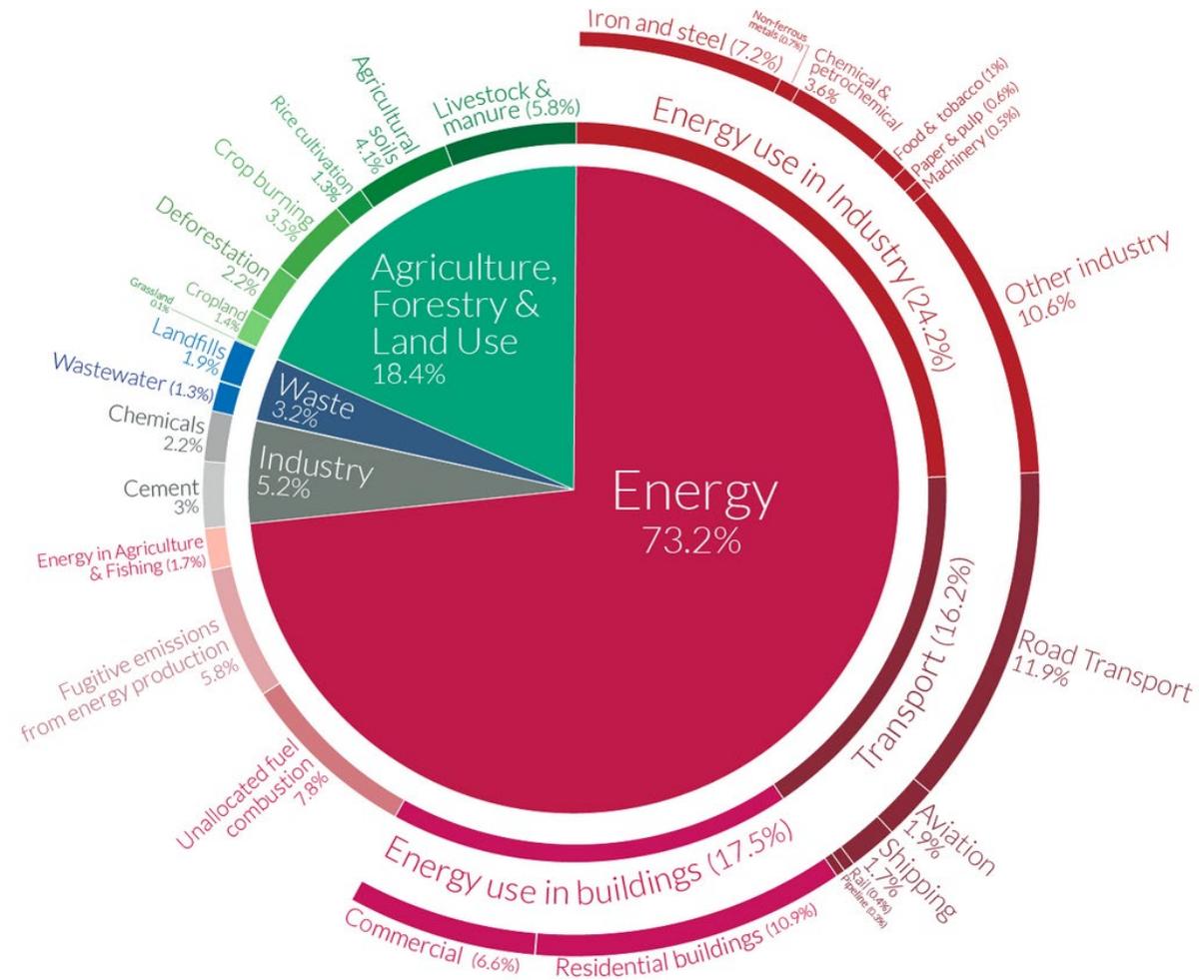
DFNS 2024, 12.06.2024

Veit Ulrich, Maciej Adamiak, Maria
Martin, Moritz Schott, Kirsten von
Elverfeldt, Alexander Zipf

Veit.Ulrich@heigit.org

Warum Emissionen aus Flächennutzungsänderungen?

Landnutzung, Forst- und Landwirtschaft ist der **zweitgrößte Emissionssektor!**
Wie reduzieren?



Quelle: OurWorldinData.org, Hannah Ritchie (2020)

Klimainitiative Zukunftsleben



Wie hoch sind unsere Emissionen und Senken aus Landnutzungsänderungen?

Wo sind Ansatzpunkte, um in Zukunft Emissionen zu verhindern und Senken zu schaffen?

Die Klimainitiative Zukunftsleben möchte verhindern, dass die Kommune ihr Ziel, bis 2040 klimaneutral zu werden, verfehlt und möchte die Kommune dazu bewegen, konsequenter zu handeln.



Die Informationslücke



CO₂-Emissionsbilanz der Kommune Zukunftsleben

Bereits bilanziert:

- ✓ Energieverbrauch
- ✓ Verkehr
- ✓ Gebäude, etc.

Was fehlt?

- × Emissionen aus Landnutzung. Hoch aufgelöste Schätzungen gibt es nicht, es liegen nur Schätzungen auf Landesebene vor

Eine Erfassung der **Emissionen durch Landnutzungsänderungen** von Zukunftsleben, welche die Grundlage für gezielte lokale Maßnahmen zur Reduzierung dieser Emissionen ist, fehlt.

Unser Ziel

Ein Online-Tool zur Schätzung der CO₂-Emissionen durch Veränderungen in der Flächennutzung

Frei wählbarer
Untersuchungs-
zeitraum

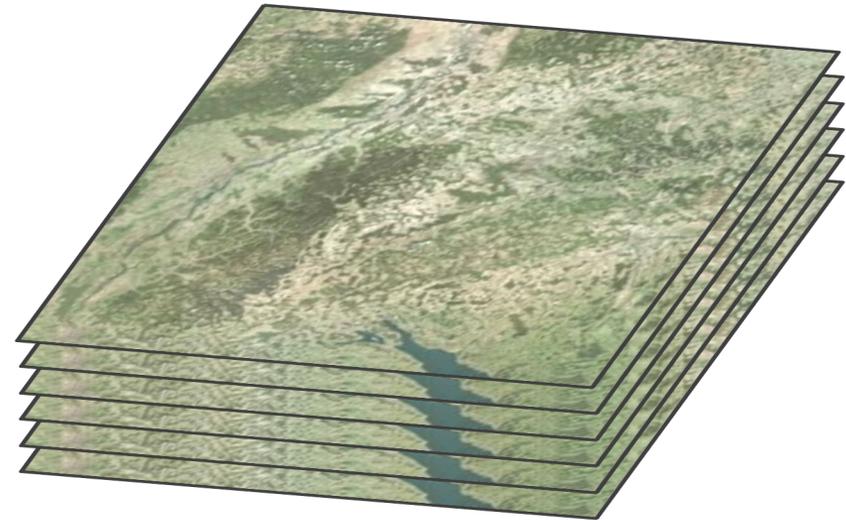
Schätzung von
Emissionen und
Senken

Hohe räumliche
Auflösung

Ergebnis: **Emissionskarte** → zeigt Ansatzpunkte für gezielte lokale Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen

Datengrundlage

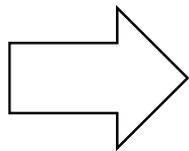
- Sentinel 2-Satellitenbilder mit 10 m Auflösung und Digitales Geländemodell für die Landnutzungs- und Landbedeckungsklassifikation
- Geschätzte Werte des Kohlenstoffspeichers in den verschiedenen Landnutzungsklassen in t/ha



Annahmen zu CO₂- Emissionen und –senken

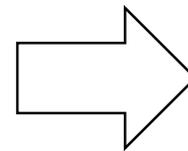
Landnutzungsänderungen, bei denen gespeicherter Kohlenstoff freigesetzt wird, führen zu Emissionen

- Z.B. Wald → bebautes Gebiet



Landnutzungsänderungen, bei denen zusätzlicher Kohlenstoff gespeichert wird, stellen CO₂-Senken dar

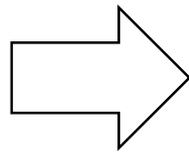
- Z.B. Ackerland → Wald



Fotos: Tiia Monto, Sebastian und Kari auf geo.hlipp.de (Wikimedia Commons)

Annahmen zu CO₂- Emissionen und –senken

- Landnutzungsklassen werden als statisch angesehen
- Geschätzte Emissionen sind Differenz zwischen den Kohlenstoffspeichern von Landnutzung 1 und Landnutzung 2



253 t/ha

-

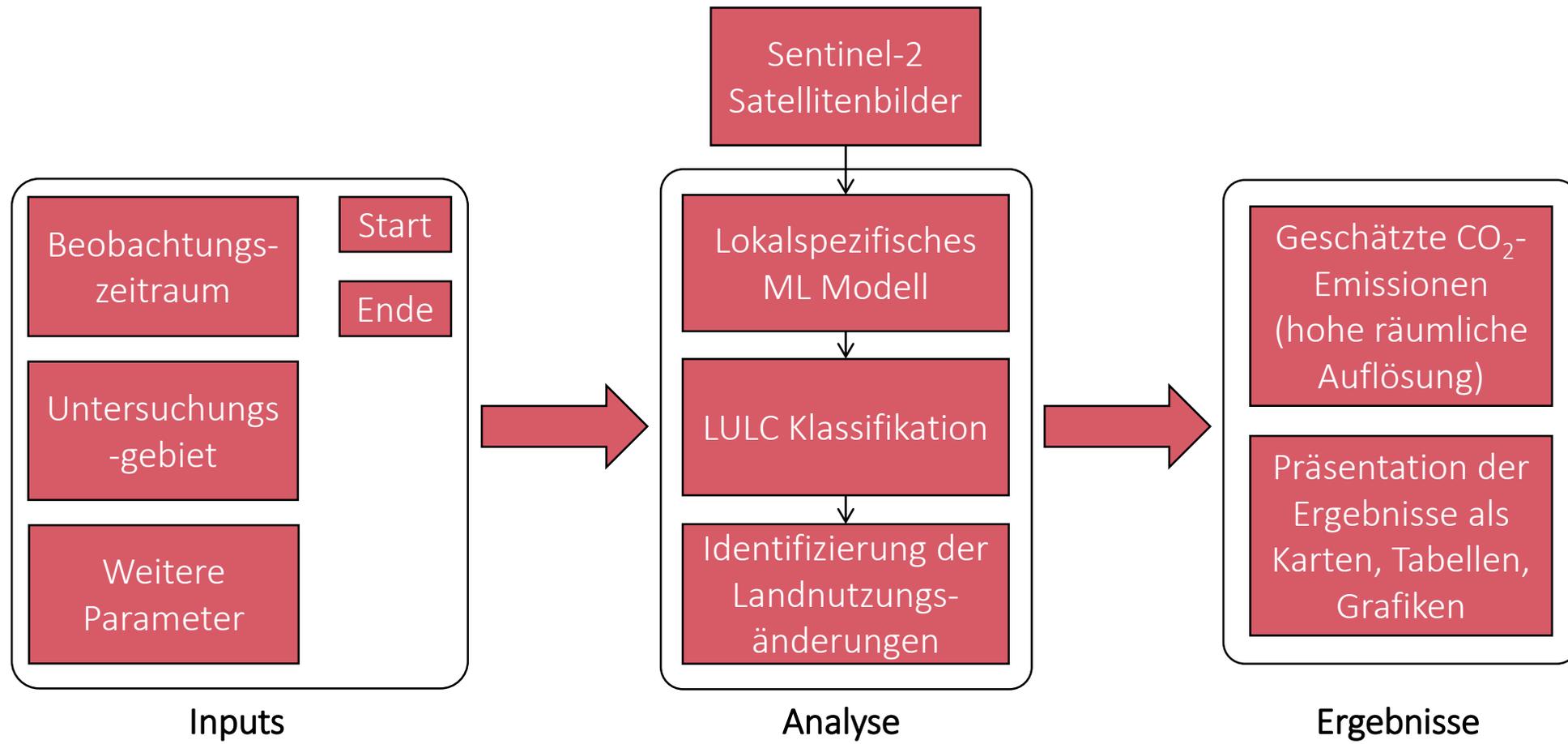
71 t/ha

=

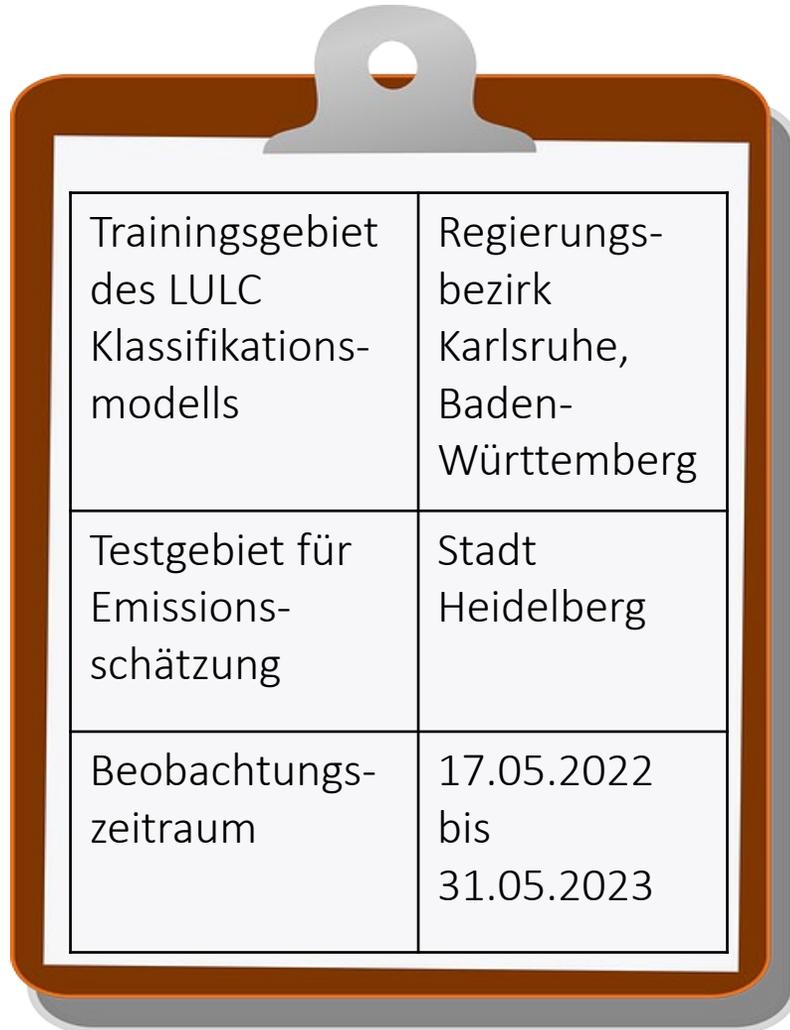
182 t/ha

Quelle Emissionsfaktoren: Hansis et al. (2015), <https://doi.org/10.1002/2014GB004997> Fotos: Tiia Monto, Sebastian und Kari auf geo.hlipp.de (Wikimedia Commons)

Methodik



Teststudie



Trainingsgebiet des LULC Klassifikationsmodells	Regierungsbezirk Karlsruhe, Baden-Württemberg
Testgebiet für Emissions-schätzung	Stadt Heidelberg
Beobachtungszeitraum	17.05.2022 bis 31.05.2023

F1-Score des LULC Klassifikationsmodells (im Vergleich zu OSM): 84%

Anteil der Fläche Heidelbergs mit Landnutzungsänderungen: 0,2 %

CO₂-Emissionen: 775 t

CO₂-Senke: 663 t

Geschätzte Netto-Emissionen: 112 t

Online-Tool

<https://climate-action.heigit.org>

Climate Action Platform



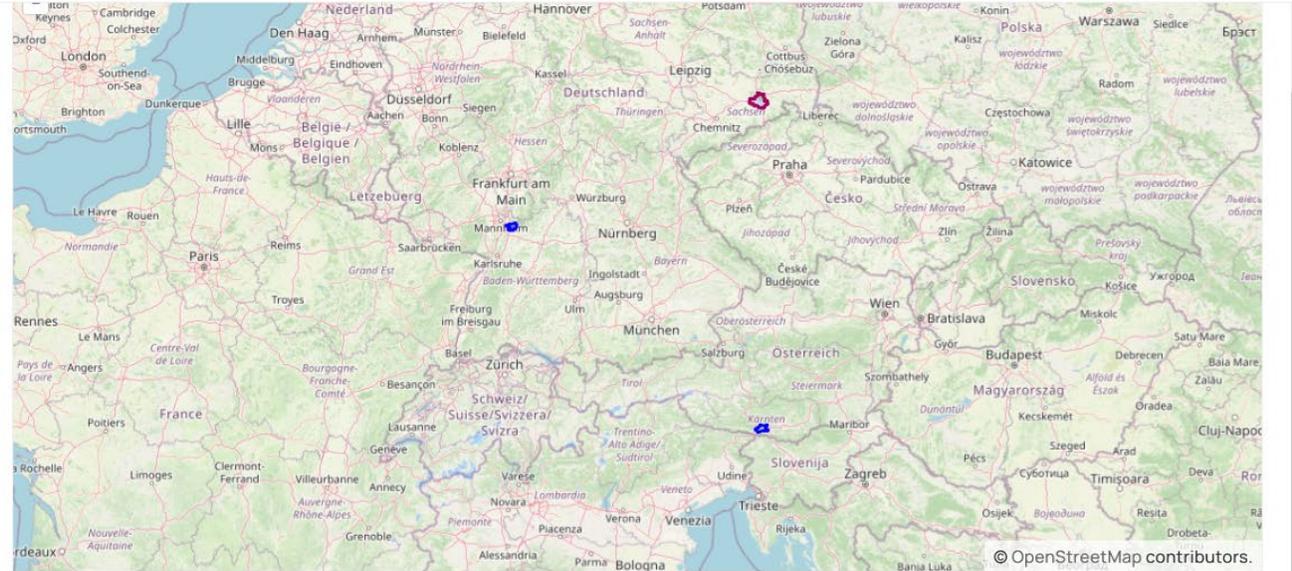
Plugins

LULC Change Emission Estimation

Veit Ulrich, HeiGIT gGmbH
Moritz Schott, HeiGIT gGmbH

The purpose of this tool is to estimate carbon emissions from land use and land cover (LULC) change, given a selected area of interest and observation period. The tool provides maps of the LULC classification at the beginning and at the end of the observation period, as well as maps of the LULC changes. Additionally, tables and plots with information on the LULC change areas and LULC change emissions are produced.

The LULC Change Emission Estimation Tool assesses carbon emissions associated with Land Use and Land Cover (LULC) changes in a selected area of interest over a specified observation period. The methodology involves acquiring LULC classifications at the start and end of the period, identifying changes, and calculating emissions based on carbon stock differences between initial and final LULC classes. The carbon stocks encompass soil and vegetation carbon, providing an average measure of carbon stored per hectare. Various LULC change types are included and associated carbon emissions and sinks/sequestration (in t/ha) are calculated. To each LULC, specific carbon stocks are assigned, e.g. a forest stores more carbon than a meadow or a settlement. Our method thus compares LULC and its associated carbon stock at time stamp 1 with LULC and its associated carbon stock at time stamp 2, i. e. we subtract the associated carbon



Period Start *
2022-05-24

First timestamp of the period of analysis

Period End *
2023-05-31

Last timestamp of the period of analysis

Optional Attributes [Click here to access more configurations.](#)

© 2024 HeiGIT gGmbH | [About Climate Action](#) | [Privacy Policy](#)

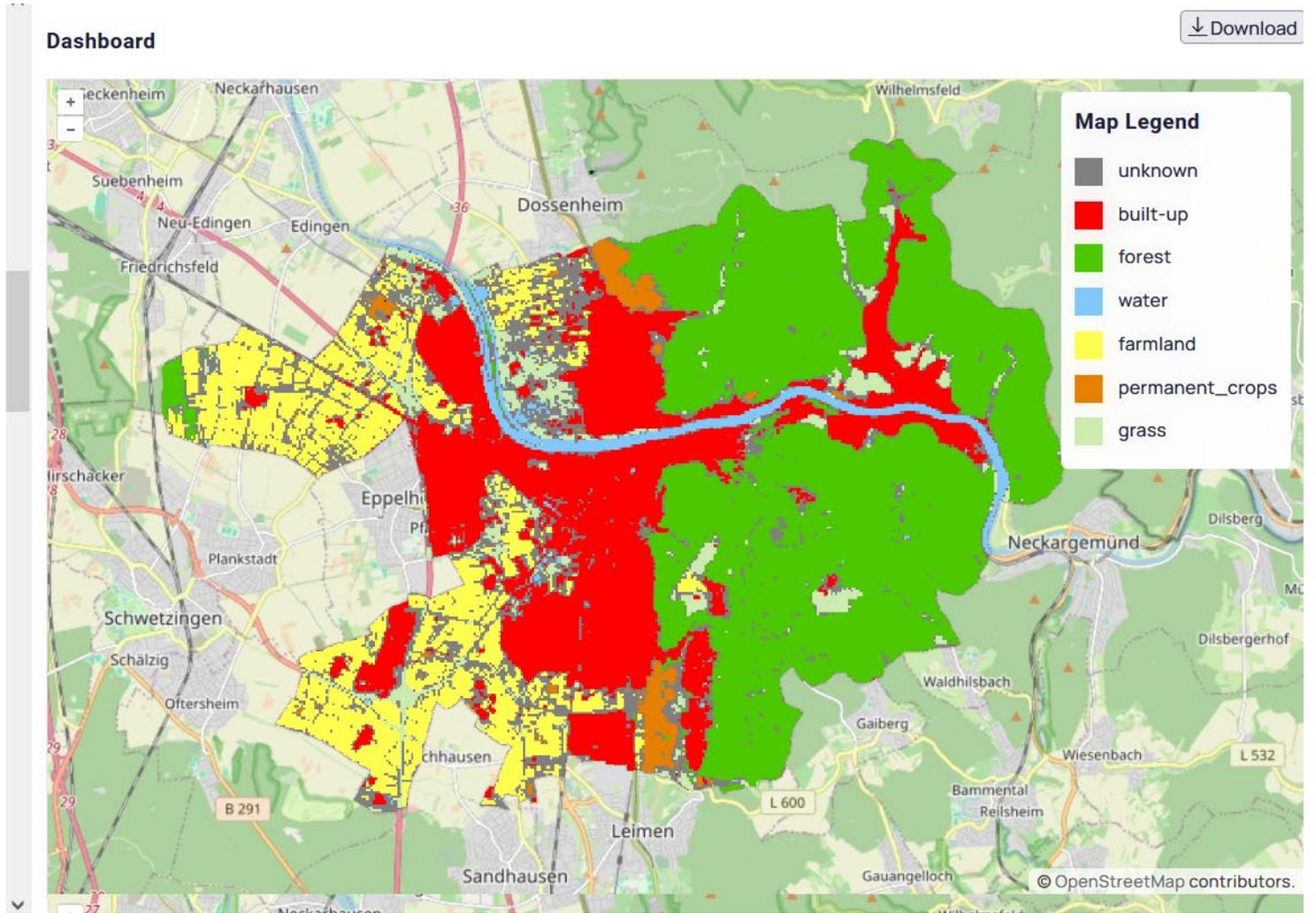
Demo website v0.1.0 - changes can occur at any time

Ergebnisse für Heidelberg: Landnutzungsclassifikation

LULC Change Emission Estimation

7th June 2024, 09:04:44 +02:00
7b55dac3-c230-4f16-a1ca-07494996f736

- Description of the artifacts
- Classification for first timestamp**
- Classification for second timestamp
- Localised Emissions
- LULC Change
- Carbon emissions by LULC change type [t]
- Change areas by LULC change type [ha]
- Carbon stock values per class
- Change areas and emissions by LULC change type
- Total change areas and emissions in the observation period



Ergebnisse für Heidelberg: Emissionskarte

LULC Change Emission Estimation

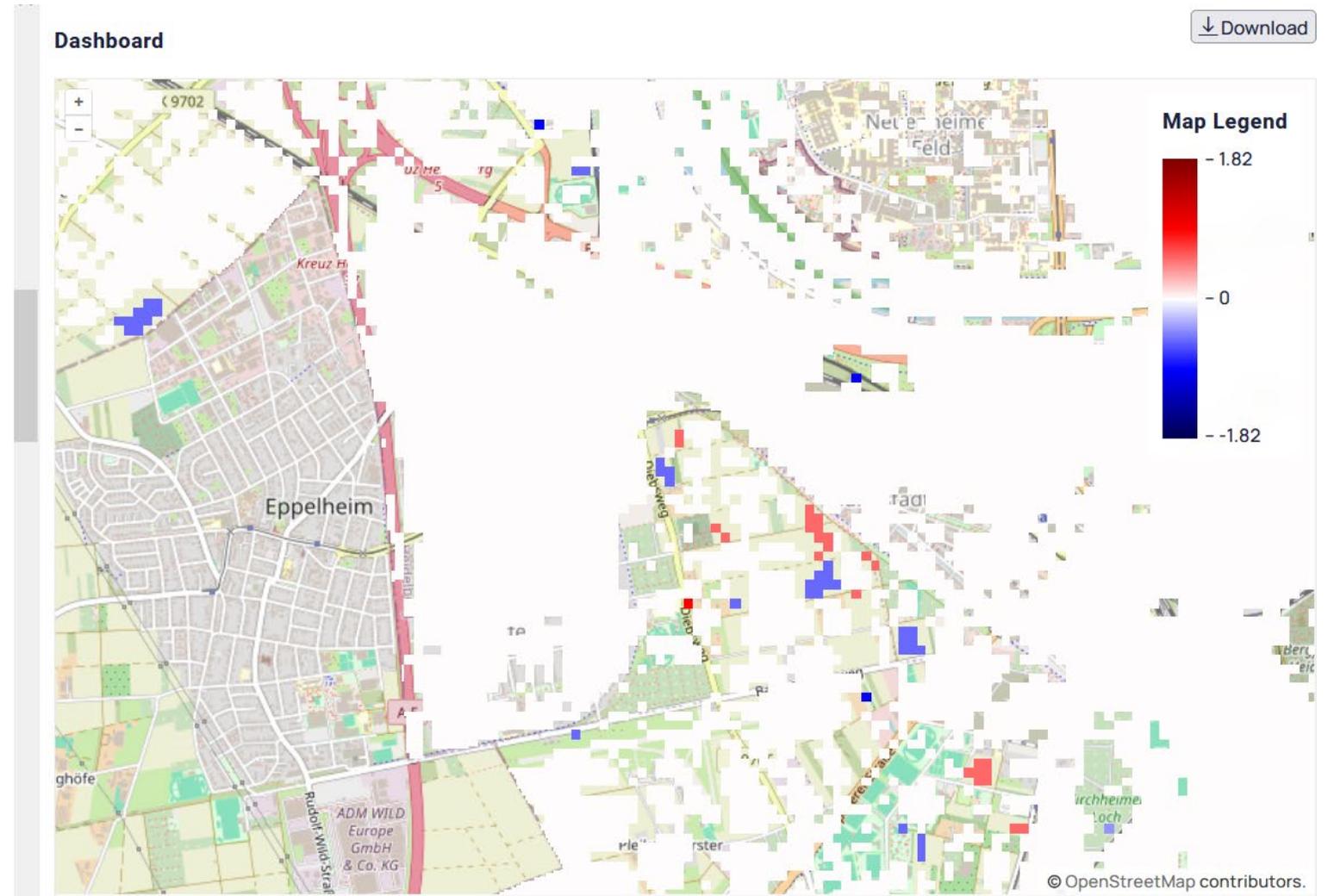
7th June 2024, 09:04:44 +02:00
7b55dac3-c230-4f16-a1ca-07494996f736

- Localised Emissions
- Carbon emissions by LULC change type [t]
- Change areas by LULC change type [ha]
- Change areas and emissions by LULC change type
- Total change areas and emissions in the observation period

Show more...

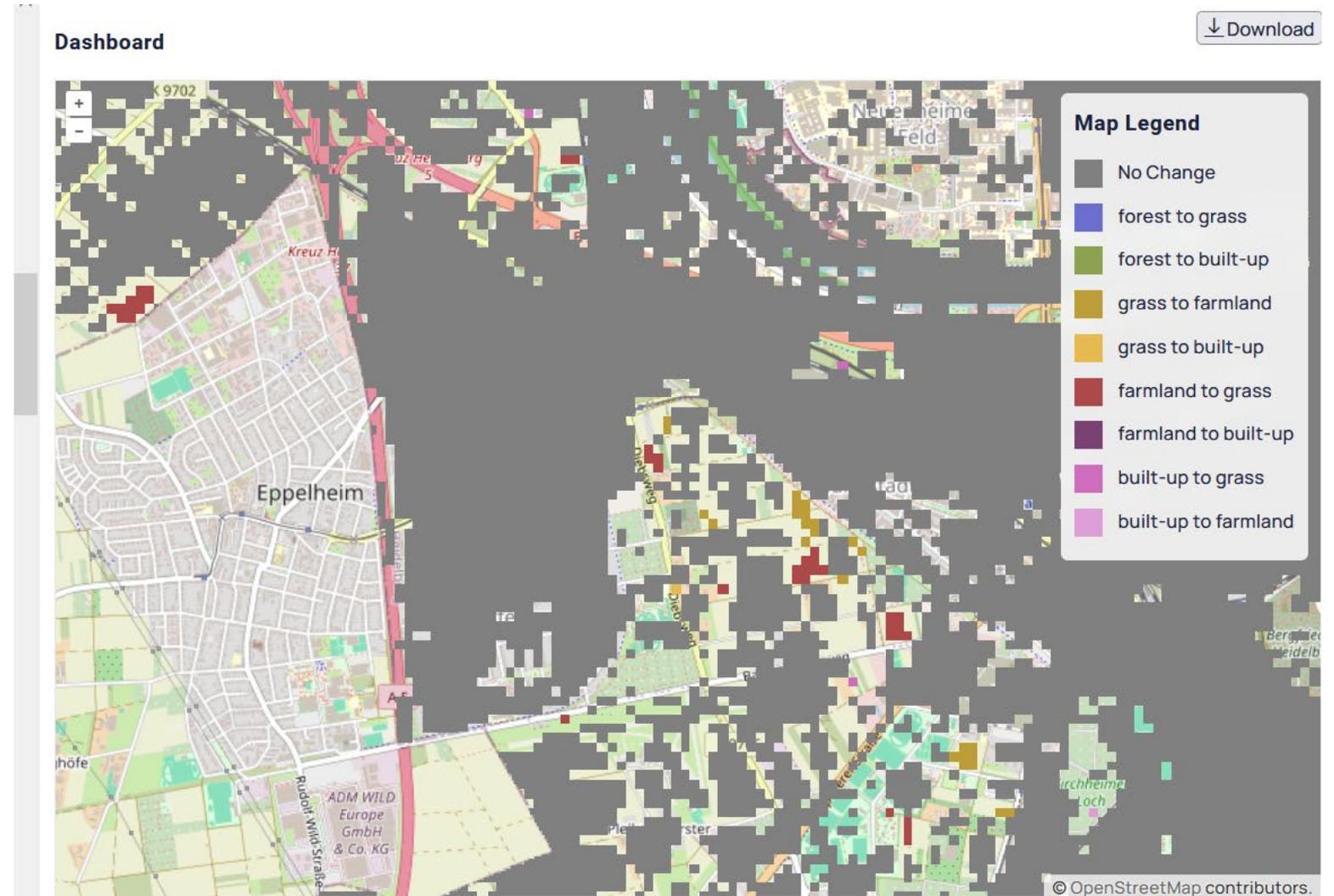
LULC Change Emission Estimation

29th May 2024, 15:45:38 +02:00
8b355e8a-477e-4943-b200-11dcae04cc1a



Ergebnisse für Heidelberg: Änderungskarte

LULC Change Emission Estimation	
7th June 2024, 09:04:44 +02:00	✓
7b55dac3-c230-4f16-a1ca-07494996f736	
Description of the artifacts	
Classification for first timestamp	
Classification for second timestamp	
Localised Emissions	
LULC Change	
Carbon emissions by LULC change type [t]	
Change areas by LULC change type [ha]	
Carbon stock values per class	
Change areas and emissions by LULC change type	
Total change areas and emissions in the observation	



Ergebnisse für Heidelberg: Änderungsflächen

LULC Change Emission Estimation

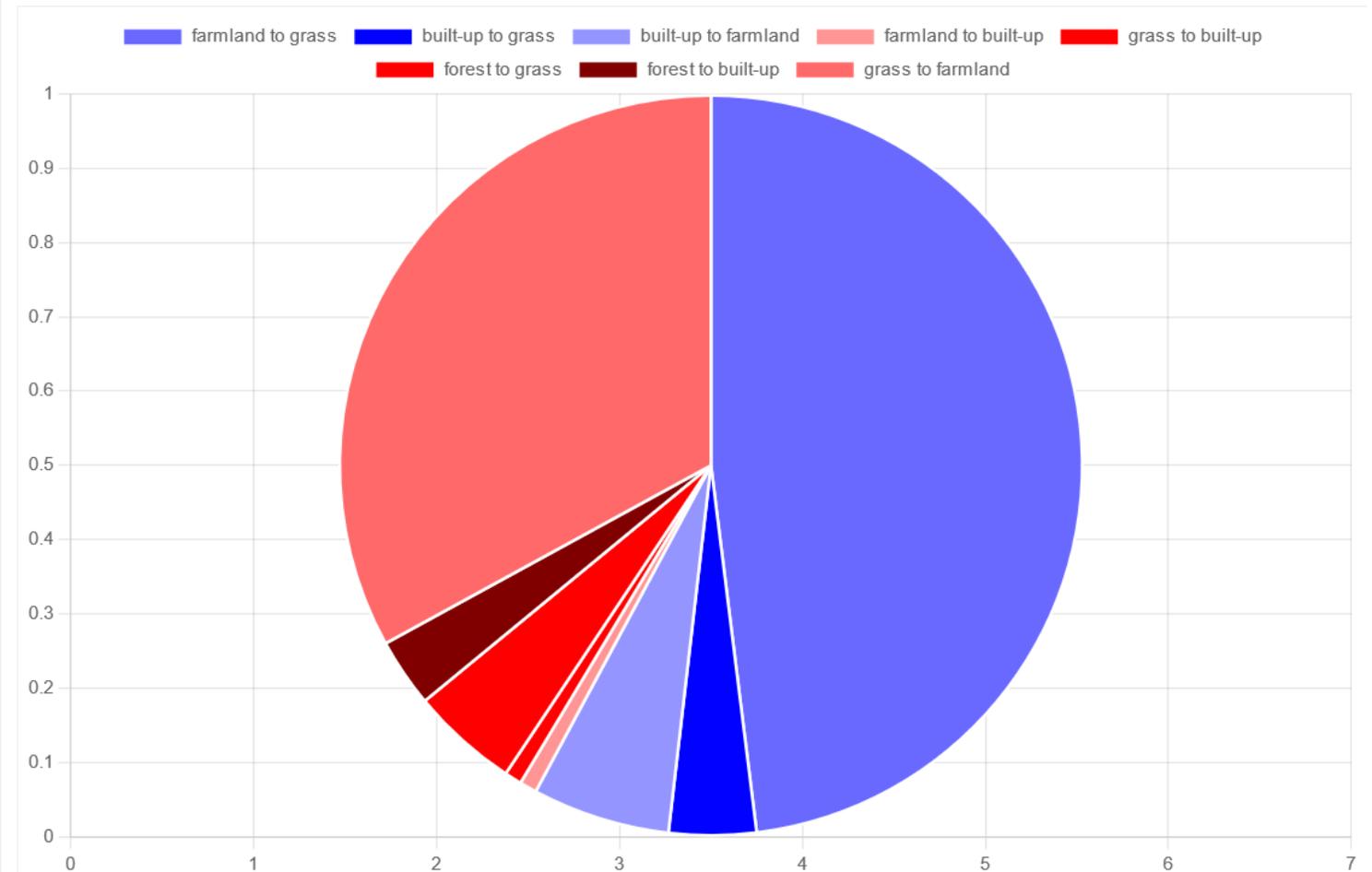
7th June 2024, 09:04:44 +02:00 ✓

7b55dac3-c230-4f16-a1ca-07494996f736

- Description of the artifacts
- Classification for first timestamp
- Classification for second timestamp
- Localised Emissions
- LULC Change
- Carbon emissions by LULC change type [t]
- Change areas by LULC change type [ha]**
- Carbon stock values per class
- Change areas and emissions by LULC change type
- Total change areas and emissions in the observation

Dashboard

Download

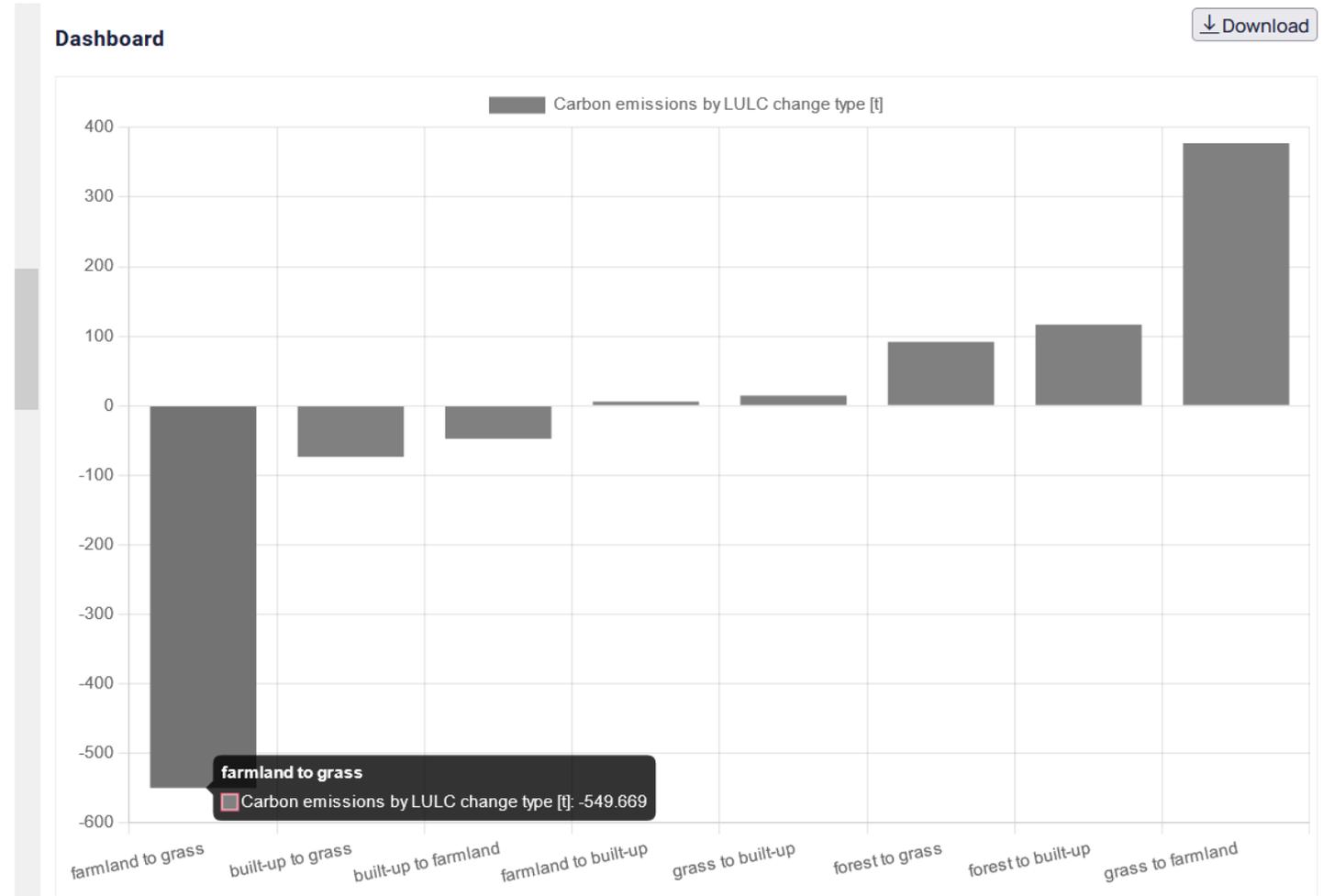


Ergebnisse für Heidelberg: Emissionen und Senken nach Änderungstyp

LULC Change Emission Estimation

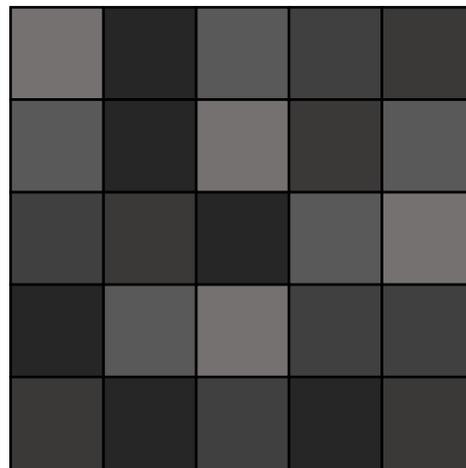
7th June 2024, 09:04:44 +02:00
7b55dac3-c230-4f16-a1ca-07494996f736

- Description of the artifacts
- Classification for first timestamp
- Classification for second timestamp
- Localised Emissions
- LULC Change
- Carbon emissions by LULC change type [t]**
- Change areas by LULC change type [ha]
- Carbon stock values per class
- Change areas and emissions by LULC change type
- Total change areas and emissions in the observation

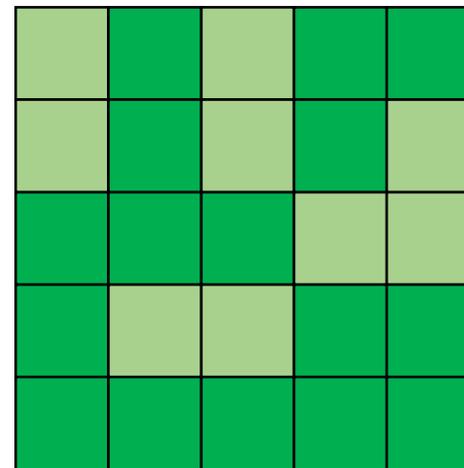
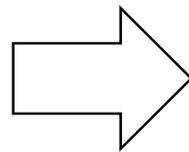


Forschungsbedarf

- Unsicherheiten der LULC Klassifikation
 - Zufällig veränderte Pixel bei unveränderten Regionen
 - **Salt-and-Pepper-Effekt:** Bei verrauschten Bildern kann es vorkommen, dass benachbarte Pixel scheinbar zufällig verschiedenen Klassen zugeordnet werden



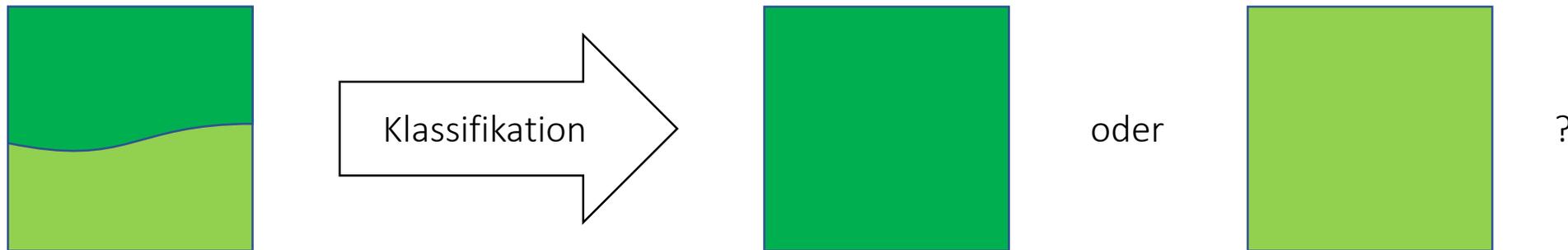
Verrauschtes Bild



Fehlerhafte Klassifikation (in Wahrheit eine Klasse)

Forschungsbedarf

- Unsicherheiten der LULC Klassifikation
 - Zufällig veränderte Pixel bei unveränderten Regionen
 - Mischpixel bei **Variation der Bodenbedeckung** innerhalb eines Pixels



Gemischte Landbedeckung innerhalb eines Pixels

Forschungsbedarf

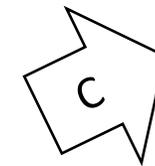
- Unsicherheiten der Emissionsschätzung
 - Werte des Kohlenstoffspeichers stellen angenommene **Durchschnittswerte** für jede LULC-Klasse dar und können die Vielfalt innerhalb einer LULC-Klasse nicht erfassen
 - Z.B. Klasse Wald kann lichter Kiefernforst oder dichter Buchenwald sein, etc.



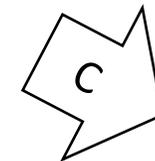
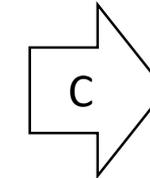
Fotos: Tiia Monto, Benjamín Jarčuška (Wikimedia Commons)

Forschungsbedarf

- Unsicherheiten der Emissionsschätzung
 - Zeitliche Komponente der Emissionen wird nicht erfasst
 - Annahme: bei einer Landnutzungsänderung wird der **gesamte Kohlenstoff auf einmal freigesetzt**
 - berechnete Emissionen können als **Maximalwerte** angesehen werden
 - tatsächliche Veränderungen des Kohlenstoffspeichers oft niedriger und/oder **über einen längeren Zeitraum emittiert**



Atmosphäre



Boden

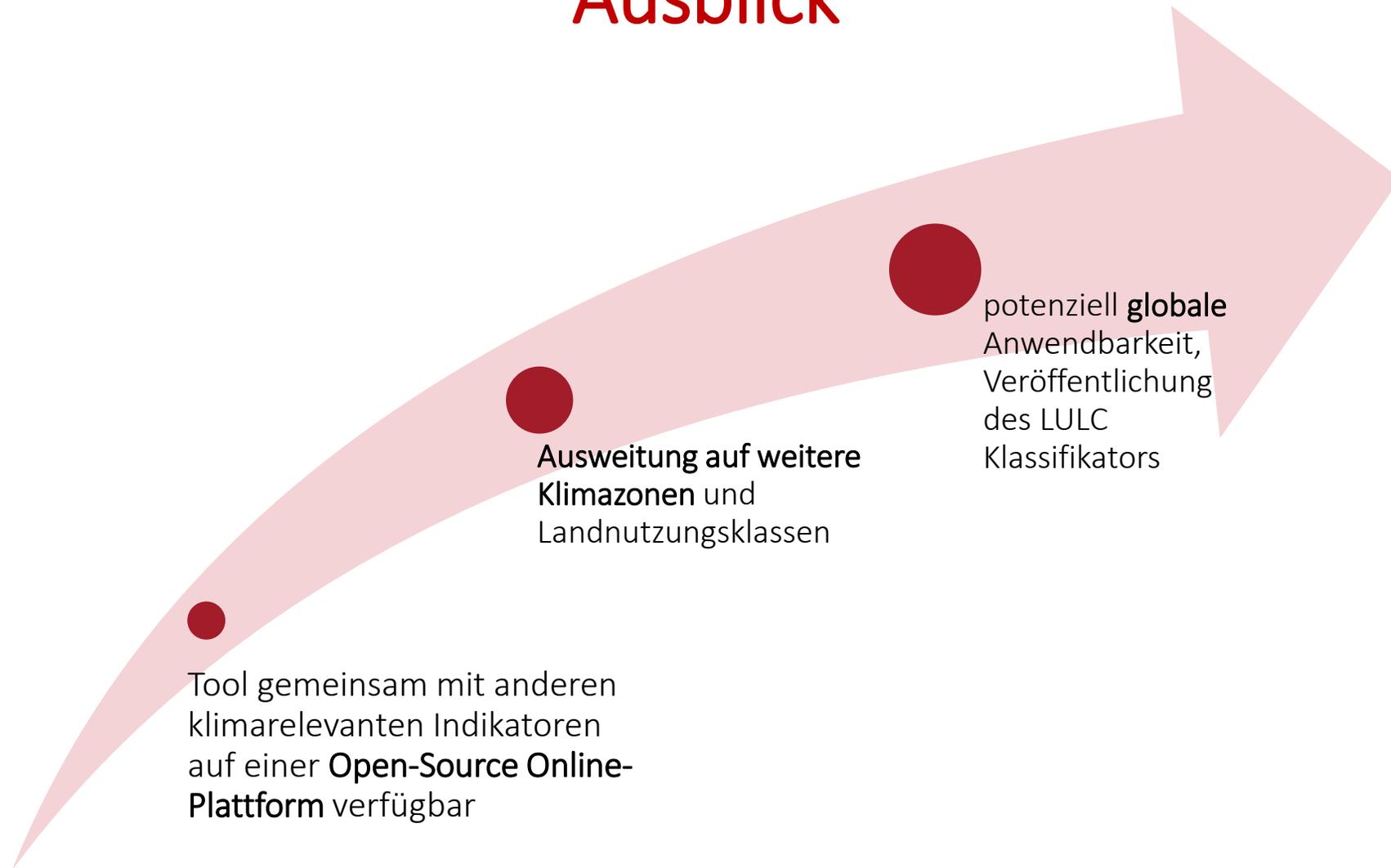
Foto: Cunningchrisw (Wikimedia Commons)

Forschungsbedarf

- Unsicherheiten der Emissionsschätzung
 - Nur Emissionen durch Vegetationsentfernung berücksichtigt, nicht aber Emissionen durch z.B. Bauaktivität



Ausblick



Was bringt unser Tool der Klimainitiative Zukunftsleben?

- Einen ersten Überblick zur **Höhe** und **räumlichen Verortung** von CO₂-Emissionen und –Senken durch Landnutzungsänderungen – **in hoher räumlicher Auflösung!**

Mithilfe der räumlich hoch aufgelösten Informationen kann die Klimainitiative Ansatzpunkte zur künftigen Vermeidung von Emissionen und Schaffung von Senken identifizieren. Dies hilft ihr, der Kommune Zukunftsleben lokale Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen vorzuschlagen.



Probieren Sie das Tool selber aus!

Link zum Tool:

<https://climate-action.heigit.org>



Quellcode:

<https://gitlab.gistools.geog.uni-heidelberg.de/climate-action/plugins/ghg-emission-from-lulc-change>



Wir freuen uns auf Sie!

Weitere geplante Indikatoren (Beispiele):

- Bodenverbrauch
- Bodendegradation
- Grünflächen

Haben Sie Ideen für weitere Indikatoren oder benötigen Sie einen bestimmten Indikator?

Kommen Sie gerne auf uns zu!

Wir suchen Kooperationspartner*innen:

- Für gemeinsame Forschung und Entwicklung
- Für gemeinsame Projektanträge
- Als Anwender*innen

Kontakt



Veit Ulrich
Veit.ulrich@heigit.org



Assoc. Prof. Dr. Kirsten
von Elverfeldt
kirsten.vonelferfeldt@heigit.org

LULC Klassifikator

- Berechnung der Landbedeckung für verschiedene Gebiete und Zeitintervalle
- Output-Klassen mit OSM-Filtern hochgradig konfigurierbar
- Volle Flexibilität bei den verwendeten Datenkatalogen (nur OSM-Daten verwenden, Deep Learning anwenden, um fehlende Bereiche aufzufüllen, oder alle Daten kombinieren, um ein vollständiges Ensemble-Ergebnis zu erhalten)
- Automatisches Modelltraining - es muss nur ein AOI definiert werden, um ein Modell für ein anderes Gebiet zu erstellen
- Zugrunde liegendes semantisches Segmentierungsmodell: SegFormer
 - Präzise Abgrenzung homogener Regionen
 - Kann aufgrund seiner konfigurierbaren und leichtgewichtigen Architektur schnell auf einen bestimmten Anwendungsfall hin trainiert werden

Kohlenstoffspeicherwerte

LULC class	Hansis et al. (2015)	Hansis et al. (2015), higher carbon values	Houghton & Hackler (2001)
Forest	253	310.75	253
Grass	161.5	286	196
Farmland	108	168	160
Built-up	71	71	71

Hansis, E., Davis, S. J., & Pongratz, J. (2015). Relevance of methodological choices for accounting of land use change carbon fluxes. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(8), 1230-1246.

Houghton, R. A., & Hackler, J. L. (2001). Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850 to 1990 (ndp-050/r1). <https://doi.org/10.3334/CDIAC/lue.ndp050>

Kohlenstoffspeicherwerte

- Bookkeeping-Modelle
 - Bookkeeping of Land Use Emission (Hansis et al. 2015)
 - Datenbank des Carbon Dioxide Information Analysis Center (Houghton & Hackler 2001)
- Kohlenstoffwerte beinhalten Kohlenstoff in Vegetation und Boden, basieren auf verschiedenen empirischen Studien