

# From Field Surveys to Climate Mitigation Support:

## Scaling Regional Hedgerow Carbon Estimates via Multi-Resolution Remote Sensing

M.A. Dae Yong Kim  
M.Sc. Sascha Fritsch  
M.Eng. Jessica Jennifer Arland-Kommraus  
Prof. Dr. Matthias Pietsch



Supported by



EUROPÄISCHE UNION  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

# What are Hedgerows?

- dense, linear strips of woody vegetation, consisting of both tall trees and shrubs



# Why are Hedgerows Important?

- provide a **wide variety of ecosystem services**; such as habitat provision, soil protection, water regulation, and **carbon sequestration**

# The Problem

measuring Hedgerows' carbon at a regional level is challenging

- **field surveys:** precise, but labor-intensive, time-consuming, expensive, and impractical at large scales
- **remote sensing:** covers large areas, but state aerial data often lacks the detailed features

# Research Objectives

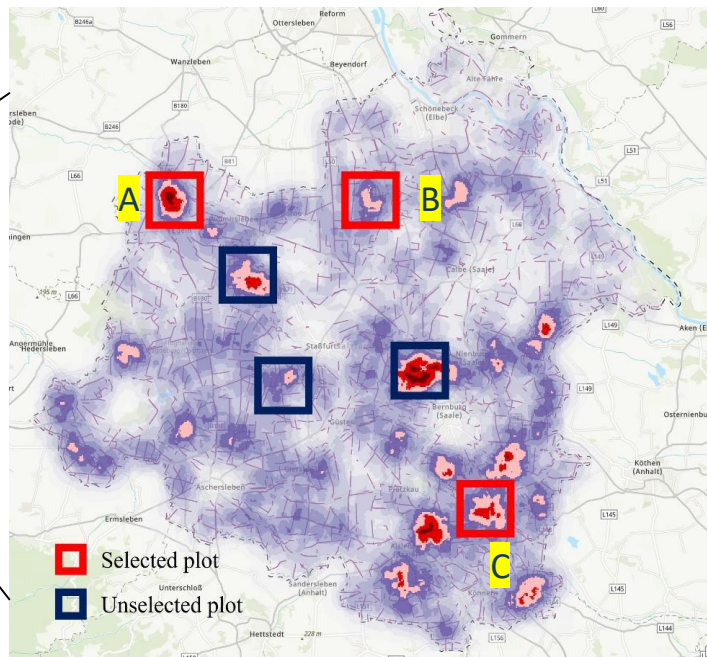
**provide a remote sensing methodology** to extend estimates to larger areas using official open data and volume-biomass ratio (calibration factor) from field surveys

**provide an estimation of the carbon** stored in hedgerows across Salzlandkreis region, Saxony-Anhalt, Germany

# Study Area

Salzlandkreis(district), Central Saxony-Anhalt, Germany (1,427 km<sup>2</sup>)

East-West 55km  
North-South 35km



## Density

| Color | Upper value | Label         |
|-------|-------------|---------------|
|       | ≤ 0.331771  | 0.001 - 0.332 |
|       | ≤ 0.663542  | 0.333 - 0.664 |
|       | ≤ 0.995313  | 0.665 - 0.995 |
|       | ≤ 1.327083  | 0.996 - 1.327 |
|       | ≤ 1.658854  | 1.328 - 1.659 |
|       | ≤ 1.990625  | 1.66 - 1.991  |
|       | ≤ 2.322396  | 1.992 - 2.322 |
|       | ≤ 2.654167  | 2.323 - 2.654 |
|       | ≤ 2.985938  | 2.655 - 2.986 |
|       | ≤ 3.317709  | 2.987 - 3.318 |

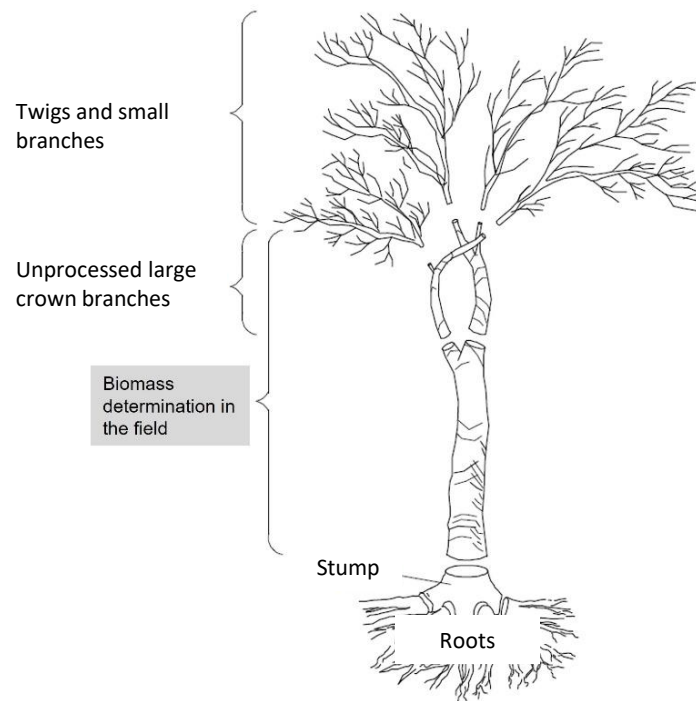
# Study Sites



## Data Collection in the Field



## Data Collection in the Field



Englert, H et al., 2009

## From Field Surveys to Climate Mitigation Support: Scaling Regional Hedgerow Carbon Estimates via Multi-Resolution Remote Sensing

# Data Collection in the Field

|         |      | Mapped Parameters |     |      | Parameters calculated using i-Tree Eco |             |              |                |           |              |                 |            | Parameters calculated using common forestry equations |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|------|-------------------|-----|------|----------------------------------------|-------------|--------------|----------------|-----------|--------------|-----------------|------------|-------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Tree ID | Crew | Species Name      | DBH | Höhe | Crown Height                           | Crown Width | Canopy Cover | Tree Condition | Leaf Area | Leaf Biomass | Leaf Area Index | Basal Area |                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Data Collection (UAV)

**DJI mavic M3M enterprise**

**camera:**

- 1X 20 MP RGB
- 4X 5MP multispectral  
G/R/RE/NIR

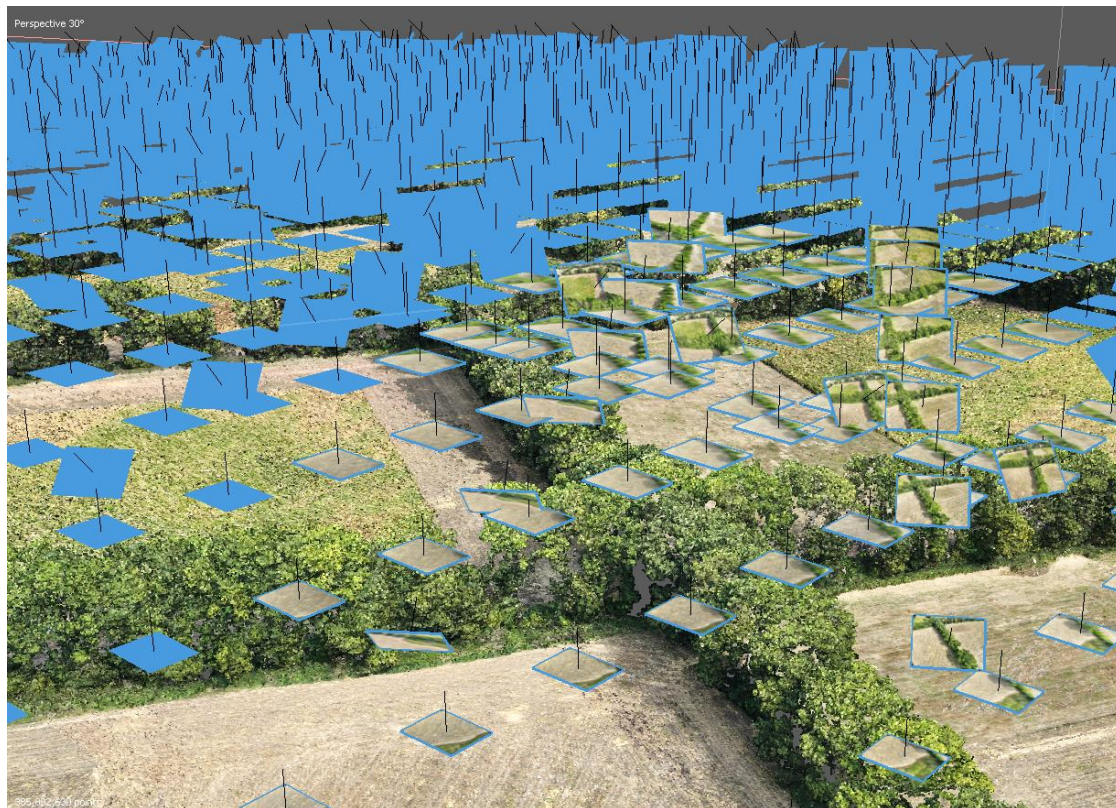
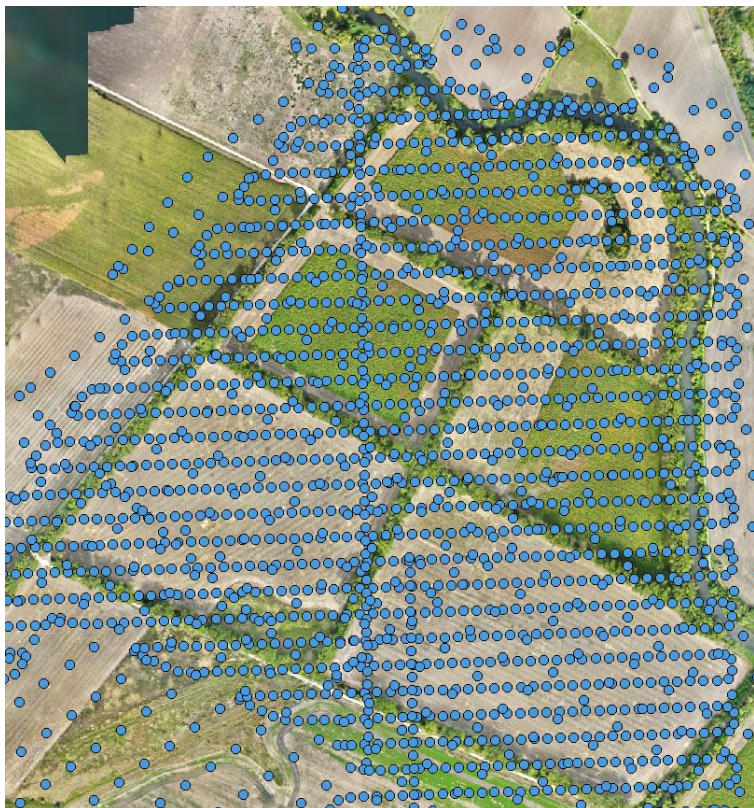
**GNSS:**

**GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS**

**RTK (real-time kinematic positioning)  
Module**

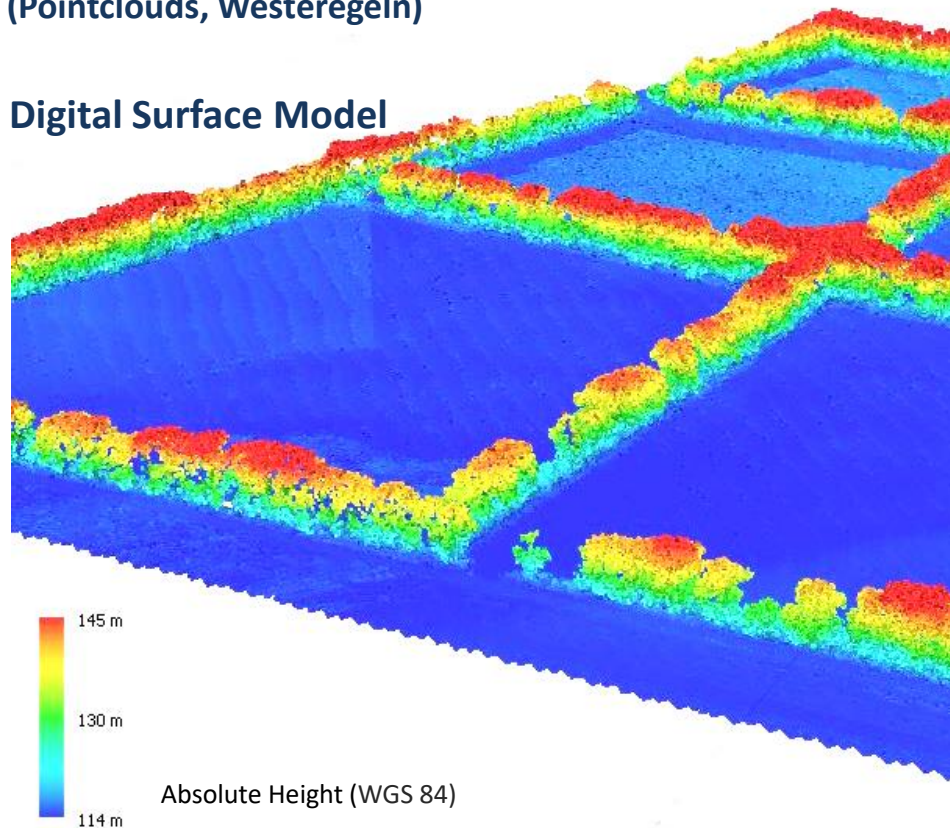


## Data Collection (UAV)



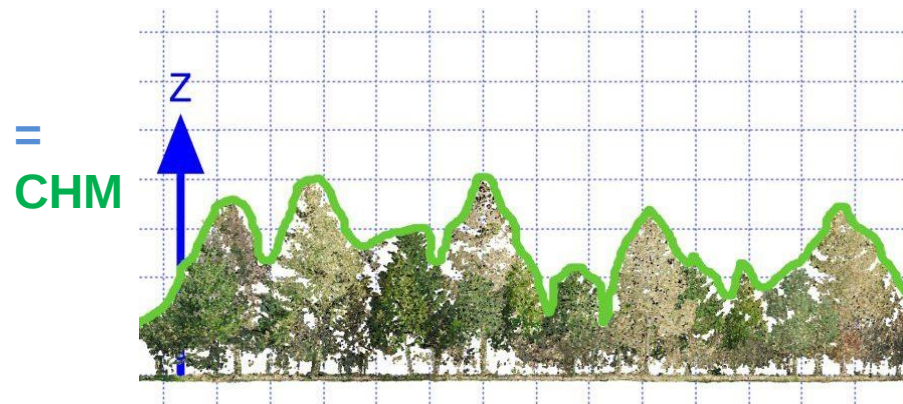
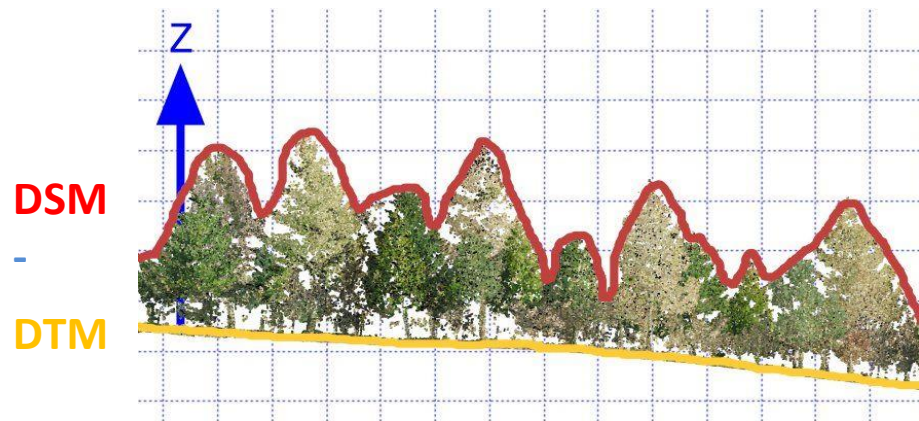
# Data Collection (UAV) (Pointclouds, Westeregeln)

## Digital Surface Model



## Canopy Height Model (CHM)

= Digital Surface Model (DSM) – Digital Terrain Model (DTM)

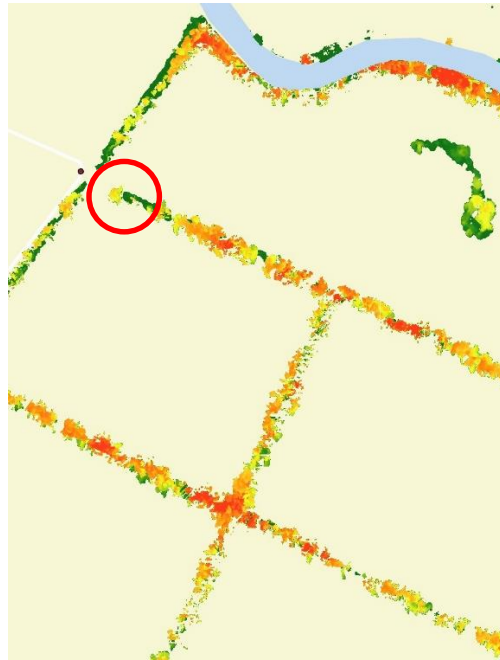


Source: <https://www.surveyor.co.uk/lidar-and-photogrammetry>

# Canopy Height Model (CHM) based on different data sets



CHM (\*DSM1m/pixel), 2023



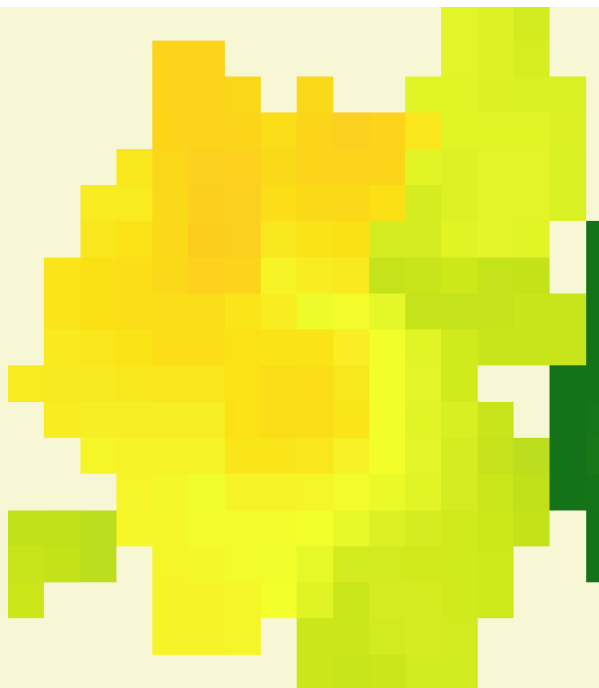
CHM (\*iDSM 20cm/pixel), 2023



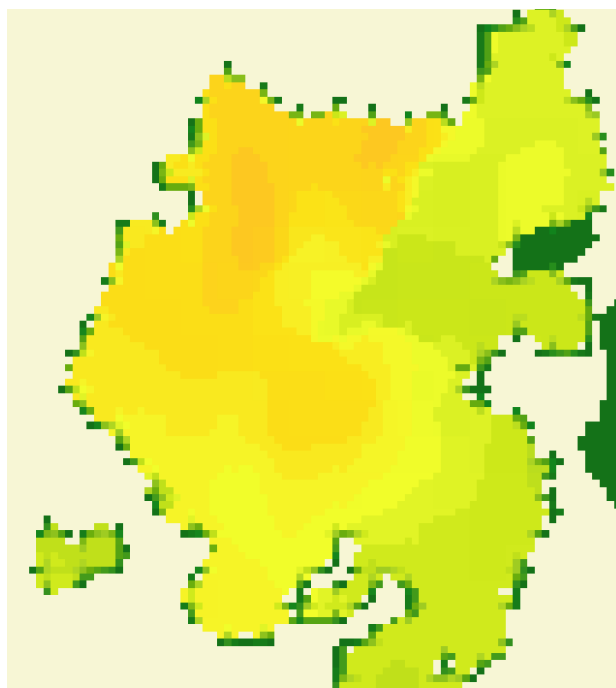
CHM (UAV 6cm/pixel), 2024

\* source: State Office for Surveying and Geoinformation of Saxony-Anhalt (LVermGeo)

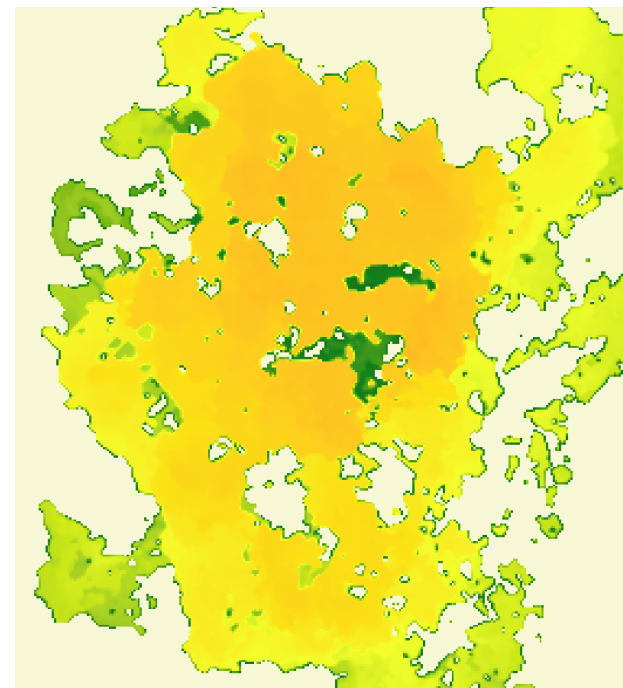
## Resolution Comparison



CHM (\*DSM1m/pixel), 2023



CHM (\*iDSM 20cm/pixel), 2023



CHM (UAV 6cm/pixel), 2024

\* source: State Office for Surveying and Geoinformation of Saxony-Anhalt (LVermGeo)

# From Field Surveys to Climate Mitigation Support: Scaling Regional Hedgerow Carbon Estimates via Multi-Resolution Remote Sensing

## Volume- Biomass Ratio (VBR)

| Hedge ID | Biomass (kg) | Volume (m³) |            |            | Volume-Biomass Ratio |        |      |
|----------|--------------|-------------|------------|------------|----------------------|--------|------|
|          |              | DSM1        | iDSM20     | UAV        | DSM1                 | iDSM20 | UAV  |
| WE-H2    | 284,981.19   | 188,149.22  | 150,009.14 | 142,517.01 | 0.66                 | 0.53   | 0.50 |

$$\text{Ratio} = \text{Volume [m}^3\text{]} / \text{Biomass [kg]}$$



## From Field Surveys to Climate Mitigation Support: Scaling Regional Hedgerow Carbon Estimates via Multi-Resolution Remote Sensing

# Volume- Biomass Ratio (VBR)

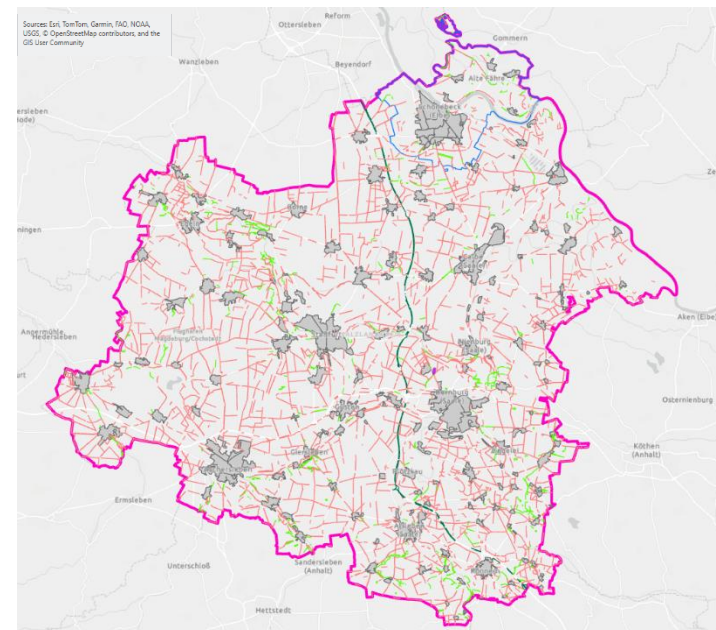
| Calculated from surveying in the field |                           |                      |                          | Remote Sensing Data |            |            | Ratio between field measurement and remote sensing data |                    |                    |                    |
|----------------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|------------|------------|---------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                        | Biomasse nach Denzin Alt! | Biomasse B [kg] Neu! | Biomasse B [tonnen] Neu! | CHM1                | CHM20      | UAV        |                                                         | CHM1               | CHM20              | UAV                |
|                                        |                           |                      |                          | 1m)                 | 0,2m)      | 0,06m)     |                                                         | [m²/kg]            | [m²/kg]            | [m²/kg]            |
| UN_H1                                  | 320974,555                | 306913,937           | 306,91                   | 337.440,66          | 283.803,78 | 75.122,78  | UN_H1                                                   | 1,10               | 0,92               | 0,24               |
| UN_H2                                  | 231110,389                | 205002,015           | 205,00                   | 179.912,74          | 160.759,07 | 128.724,97 | UN_H2                                                   | 0,88               | 0,78               | 0,63               |
| UN_H3                                  | 48106,3223                | 39713,6999           | 39,71                    | 32.333,04           | 27.067,27  | 19.131,79  | UN_H3                                                   | 0,81               | 0,68               | 0,48               |
|                                        |                           | Σ                    | 551,63                   |                     |            |            | Average                                                 | 0,9                | 0,8                | 0,5                |
|                                        | Biomasse nach Denzin Alt! | Biomasse B [kg] Neu! | Biomasse B [tonnen] Neu! | CHM1                | CHM20      | UAV        |                                                         | Verhältnis [m²/kg] | Verhältnis [m²/kg] | Verhältnis [m²/kg] |
|                                        |                           |                      |                          | 1m)                 | 0,2m)      | 0,06m)     |                                                         |                    |                    |                    |
| WE-H1                                  | 92776,93                  | 87014,54             | 87,01                    | 46.392,86           | 36.959,94  | 59.411,45  | WE-H1                                                   | 0,53               | 0,42               | 0,68               |
| WE-H2                                  | 297548,12                 | 284981,19            | 284,98                   | 188.149,22          | 150.009,14 | 142.517,01 | WE-H2                                                   | 0,66               | 0,53               | 0,50               |
| WE-H3-1                                | 405578,89                 | 378611,99            | 378,61                   | 252.858,04          | 202.303,21 | 312.217,88 | WE-H3-1                                                 | 0,67               | 0,53               | 0,82               |
| WE-H3-2                                | 404526,39                 | 379253,75            | 379,25                   | 183.978,92          | 154.112,89 | 239.417,18 | WE-H3-2                                                 | 0,49               | 0,41               | 0,63               |
| WE-H4                                  | 380190,11                 | 358687,22            | 358,69                   | 189.397,33          | 141.850,96 | 219.024,91 | WE-H4                                                   | 0,53               | 0,40               | 0,61               |
| WE-H5                                  | 233604,17                 | 221427,76            | 221,43                   | 138.566,93          | 111.266,22 | 127.438,90 | WE-H5                                                   | 0,63               | 0,50               | 0,58               |
| WE-H6                                  | 155656,68                 | 149621,61            | 149,62                   | 128.003,52          | 103.313,95 | 108.150,79 | WE-H6                                                   | 0,86               | 0,69               | 0,72               |
| WE-H7                                  | 146656,14                 | 139448,51            | 139,45                   | 74.820,32           | 53.879,80  | 111.361,60 | WE-H7                                                   | 0,54               | 0,39               | 0,80               |
| WE-H8                                  | 203522,36                 | 195501,21            | 195,50                   | 132.498,66          | 102.712,78 | 112.735,28 | WE-H8                                                   | 0,68               | 0,53               | 0,58               |
| WE-H9                                  | 170797,63                 | 163199,36            | 163,20                   | 93.154,42           | 71.058,84  | 109.334,01 | WE-H9                                                   | 0,57               | 0,44               | 0,67               |
|                                        |                           | Σ                    | 2357,75                  |                     |            |            | Average                                                 | 0,6                | 0,5                | 0,6                |
|                                        | Biomasse nach Denzin Alt! | Biomasse B [kg] Neu! | Biomasse B [tonnen] Neu! | CHM1                | CHM20      | UAV        |                                                         | Verhältnis [m²/kg] | Verhältnis [m²/kg] | Verhältnis [m²/kg] |
|                                        |                           |                      |                          | 1m)                 | 0,2m)      | 0,06m)     |                                                         |                    |                    |                    |
| PEI-H1                                 | 42719,63                  | 34622,34             | 34,62                    | 60.081,10           | 49.378,32  | 29.207,22  | PEI-H1                                                  | 1,74               | 1,43               | 0,84               |
| PEI-H2                                 | 84673,11                  | 79018,11             | 79,02                    | 90.846,15           | 76.391,33  | 27.921,50  | PEI-H2                                                  | 1,15               | 0,97               | 0,35               |
| PEI-H3                                 | 152107,76                 | 143628,43            | 143,63                   | 139.797,20          | 118.276,21 | 36.075,03  | PEI-H3                                                  | 0,97               | 0,82               | 0,25               |
| PEI-H4                                 | 111308,858                | 106379,699           | 106,38                   | 135.784,91          | 118.665,84 | 36.185,23  | PEI-H4                                                  | 1,28               | 1,12               | 0,34               |
| PEI-H5                                 | 151994,642                | 145248,077           | 145,25                   | 199.529,65          | 168.707,38 | 33.869,62  | PEI-H5                                                  | 1,37               | 1,16               | 0,23               |
| PEI-H6                                 | 1876,31633                | 1152,10885           | 1,15                     | 3.046,95            | 1.920,75   | 1.941,84   | PEI-H6                                                  | 2,64               | 1,67               | 1,69               |
| PEI-H7                                 | 36022,1544                | 33949,1485           | 33,95                    | 46.396,94           | 40.034,88  | 13.730,47  | PEI-H7                                                  | 1,37               | 1,18               | 0,40               |
|                                        |                           | Σ                    | 544,00                   | 675.482,90          | 573.374,71 |            | Average                                                 | 1,5                | 1,2                | 0,6                |

# Results

estimation of the carbon stock in hedgerows using multiscale remote sensing

|                                                             | DSM1                    | iDSM20                  | UAV                     |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Volume-Biomasse Ratio (VBR)</b>                          | 0.97                    | 0.78                    | 0.60                    |
| <b>Woody Biomass (kg/m<sup>3</sup>) in Field Vegetation</b> | 1.03 kg m <sup>-3</sup> | 1.29 kg m <sup>-3</sup> | 1.66 kg m <sup>-3</sup> |

| Category                                    | DSM1 (1 m)                         | iDSM20 (0.2 m) | Unit                                  |
|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| <b>Salzlandkreis Area</b>                   | 1,427 km <sup>2</sup> = 142,700 ha |                | —                                     |
| <b>Hedgerow Area</b>                        | 1,690                              | 1,484          | ha                                    |
| <b>Total Hedgerow Volume (≥ 2.2 m)</b>      | 187,452,364                        | 161,768,729    | m <sup>3</sup>                        |
| <b>Total Hedgerow Biomass</b>               | 193,076                            | 208,682        | Mg dry weight                         |
| <b>Total Hedgerow Carbon Storage</b>        | 96,538                             | 104,341        | Mg C                                  |
| <b>Total Carbon Sequestration Potential</b> | 354,294                            | 382,931        | Mg CO <sub>2</sub> e                  |
| <b>Carbon Density</b>                       | 57                                 | 70             | Mg C ha <sup>-1</sup>                 |
| <b>Total Carbon Sequestration Density</b>   | 210                                | 258            | Mg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup> |



# Results

| Category                             | DSM1 (1 m) | iDSM20 (0.2 m) | Unit                 |
|--------------------------------------|------------|----------------|----------------------|
| Total Carbon Sequestration Potential | 354,294    | 382,931        | Mg CO <sub>2</sub> e |



= the annual emissions of >260,000 EU cars

Based on European Parliament data: ~ 1.4676 ton/yr ( ~122g CO<sub>2</sub>/km, 12,000km/yr)

Source: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

# Conclusion

- **scaled to larger areas** using official open data and volume-biomass ratio (calibration factor) from field surveys
- **estimated the carbon** stored in hedgerows across Salzlandkreis region, Saxony-Anhalt, Germany

# Limitations

- **only above-ground woody biomass**
  - below-ground biomass (roots) and soil organic carbon are excluded
- **age and management practices** of hedgerows were not factored in
- **canopy height model threshold** may need to be site-specifically calibrated

# Future Research

- **expand carbon pools:** include below-ground biomass and soils
- **improve spatial management:** optimize conservation, land allocation, and climate adaptation networks using high-resolution data and decision-based information
- **monitor temporal changes:** track carbon stock dynamics over time
- **establish global baselines:** standardize data across diverse vegetation zones and countries

# Thank you so much!

M.A. Dae Yong Kim | [daeyong.kim@hs-anhalt.de](mailto:daeyong.kim@hs-anhalt.de)

M. Sc. Sascha Fritzsch | [sascha.fritzsch@hs-anhalt.de](mailto:sascha.fritzsch@hs-anhalt.de)

M. Eng. Jessica Arland-Kommraus | [jessica.arland-kommraus@hs-anhalt.de](mailto:jessica.arland-kommraus@hs-anhalt.de)

Prof. Dr. Matthias Pietsch | [matthias.pietsch@hs-anhalt.de](mailto:matthias.pietsch@hs-anhalt.de)