

## ScanForest4Carbon

Monitoring von Ökosystemleistungen und Kohlenstoff im Wald mittels robuster LIDAR-Methoden

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | COIN, Kooperation und Netzwerke, COIN Netzwerke 14. Ausschreibung  | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.09.2022   | <b>Projektende</b>     | 31.12.2024    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2022 - 2024  | <b>Projektlaufzeit</b> | 28 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Co2-Bindung im Wald, Wald-Monitoring, Terrestrisches Laserscanning, Forstinventur, CrowdSourcing, KI-Objektextraktion, Waldwachstumsmodellierung |                        |               |

### Projektbeschreibung

Bestehende Laserscanning-basierte Forstinventur-Verfahren werden erweitert um objektives Monitoring des im Wald gebundenen Kohlenstoffs sowie anderer von der EU-Biodiversitätsstrategie 2020-30 geforderter Ökosystemleistungen (ÖLS) des Waldes zu ermöglichen. Dies erfordert eine noch stärkere Fokussierung auf den Einzelbaum bis in das Detail der Äste und damit eine Erweiterung bestehender Verfahren des Terrestrischen bzw. Personal Laserscannings (TLS / PLS) und der Objekt-Extraktion aus den 3D-Punktwolken. Dabei kommt ein von UWD patentiertes Scanverfahren zum Einsatz.

Eine Erweiterung gegenüber dem letzten Projektantrag ist die Evaluierung der Methoden durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle. Dadurch wird den durch Klimawandel und daraus resultierenden Kalamitäten unter Druck geratenen Forstbetrieben mit der Teilnahme am freiwilligen Handel mit CO2-Zertifikaten ein neues dynamisches Geschäftsfeld eröffnet. Für das COIN Netzwerk entsteht ein zusätzliches Geschäftspotential im forstlichen Carbon-Monitoring.

Das Netzwerk hat sich in 2 Vorprojekten einen technisch ausgefeilten gut abgestimmten Workflow für forstliches Monitoring erarbeitet. Dabei kommen neben TLS und PLS auch Aerial Laserscanning (ALS) und Drohnen-Laserscanning (ULS) in kostenoptimierter Form zum Einsatz. Es entstand eine enge Partnerschaft mit der in Laserscanning-Technologie führenden Firma Riegl (Horn, AT).

Eine breite Umsetzung der neuen Methoden gelingt vor allem in Nadelholzgebieten, im Laubholz gibt es Verbesserungsbedarf.

Im aktuellen Projekt liegt der Fokus auf der Evaluierbarkeit der Methoden durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle, der TÜV-Süd konnte als Drittleister gewonnen werden.

Entwicklungsschwerpunkte:

- 1) Laubholz: eine noch genauere Vermessung unregelmäßiger Stammformen mit TLS/PLS ist für C-Monitoring unabdingbar
- 2) Wiederholbarkeit: Auf permanent vermarkten Probeflächen muss das Aufnahmedesign unerwünschte Effekte eines TLS/PLS Perspektivenwechsels ausschließen. Dafür soll die 2020 publizierte Methode der Durchmesserermittlung mittels ArcDetection implementiert werden.
- 3) PLS Linienstichproben steigern die Effizienz und erfordern ein neu zu entwickelndes Stichproben-Design
- 4) Auf Basis einer von UWD patentierten Scanmethode entsteht ein Prototyp für optimiertes PLS im Wald.

5) Eine baumscharfe Navigation mit eingeschränktem GNSS unter dem Kronendach erfordert tree-to-tree-matching zu ALS-Daten in Echtzeit

6) Eine offline-fähige speech2dataBase App mit text2speech Feedback aus Plausibilitäts- und Vollständigkeitskontrollen steigert die Produktivität und Zuverlässigkeit der Feldarbeit.

5+6 sind Erweiterung der in den Vorprojekten entwickelten Aufnahme-App

7) Der Forstinventurprozess wird hinsichtlich der Evaluierbarkeit durch ein externes Zertifizierungsinstitut optimiert und dokumentiert. (TÜV-Süd als Drittleister im Projekt).

8) Große Forschungsfragen wie automatische Totholz- und Baumartenerkennung aus Punktwolken sowie einzelbaumweise klimasensitive Waldwachstumsmodellierung werden in einem Crowd-Sourcing-Prozess ausgelagert. Es entsteht eine offene Plattform mit Punktwolken und Inventurergebnissen aus unterschiedlichsten Forst-Ökosystemen die der weltweiten Forschungs-Community frei zur Verfügung stehen für AI-basierte FeatureExtraction und Wachstumsmodellierung. Die geplante Plattform kann auf dem von UWD und TU-Wien veranstalteten <https://silvilaser2021.at/benchmark/> aufbauen.

## Abstract

Existing laser-scanning-based forest inventory methods will be upgraded to enable objective monitoring of carbon segregation in forest ecosystems as well as other forest ecosystem services required by the EU Biodiversity Strategy 2020-30. This demands an even stronger focus on the individual tree down to the detail of the branches and thus an extension of existing methods of terrestrial or personal laser scanning (TLS / PLS) and object extraction from the 3D point clouds. A scanning process patented by UWD will be used to achieve this.

As extension of the last project application, the evaluation of methods by an independent certification body is included. This opens up a new, dynamic business field for forest enterprises being under permanent pressure from climate change and calamities, by participating in the voluntary carbon market. Thus, additional forest monitoring business potential opens up for the COIN network.

In 2 parent projects, the network has developed a technically sophisticated, well-coordinated workflow for forest monitoring. In addition to TLS and PLS, aerial laser scanning (ALS) and drone laser scanning (ULS) are also used in a cost-optimized manner. A close partnership emerged with the Riegl company, a global leader in laser scanning technology located in Horn, AT.

A technically and commercially successful implementation of the new methods already succeeds in coniferous areas, while in deciduous areas we recognize a need for improvement.

In the current project, the focus is on the evaluability of applied methods by an independent certification body, for this TÜV-Süd was won as a third-party provider.

Development focus:

- 1) Hardwood: an even more precise measurement of irregular trunk shapes with TLS/PLS is essential for C-monitoring
- 2) Repeatability: on permanently marketed sample plots, the scanning-design must exclude undesirable effects of TLS/PLS perspective change. The method of diameter-extraction by ArcDetection, which was published in 2020, will be implemented for this purpose.
- 3) PLS line sampling increases efficiency and requires a new sampling design to be developed
- 4) Based on a scanning method patented by UWD, a prototype for optimized PLS in the forest is implemented.
- 5) Robust single tree identification with limited GNSS signals below the canopy requires real-time tree-to-tree matching to ALS-derived tree positions.
- 6) An offline-capable speech2dataBase app with text2speech feedback from plausibility and completeness checks increases

the productivity and reliability of fieldwork.

5+6 are extensions of the fieldwork app developed in the parent projects

7) The whole forest inventory process is optimized and documented in terms of evaluability by an external certification body. (TÜV-Süd as third-party provider in the project).

8) Major research questions such as automatic deadwood and tree species detection from point clouds as well as climate-sensitive single tree growth modeling are outsourced in a crowd-sourcing process. The result will be an open platform with point clouds and inventory results from a wide variety of forest ecosystems being freely available to the global research community for AI-based growth modelling and feature extraction. The planned platform can relate to the <https://silvilaser2021.at/benchmark/> organized by UWD and TU-Vienna.

## **Endberichtkurzfassung**

Das Projekt ScanForest4Carbon hatte die Entwicklung und Erweiterung von Forstinventurmethode basierend auf LIDAR Technologie zum Gegenstand.

Es wurden unterschiedliche handgetragene und Drohnen-getragene Laserscan-Geräte hinsichtlich ihrer Praktikabilität, der erzielbaren Genauigkeit und der Kosteneffizienz für unterschiedliche Fragenstellungen des Waldmonitorings getestet und evaluiert. Ein spezieller Fokus wurde dabei auf das Laubholz und hier insbesondere auf den Ausschlagswald gerichtet, da in diesen Waldbeständen die Ungenauigkeiten und möglichen systematischen Fehler bei der Verwendung herkömmlicher Inventurverfahren besonders groß sind.

In einzelnen Arbeitspaketen wurde die Eignung der Inventurmethode für das Monitoring in Schutzgebieten (z.B. Nationalparks) und für nationale Forstinventuren evaluiert und optimiert.

Die Robustheit der Baumdurchmesser-Bestimmung aus LIDAR-Punktwolken bei vom Wind bewegten Baumstämmen wurde untersucht und dabei ein von Umweltdata patentiertes Verfahren weiterentwickelt.

Es wurde die Möglichkeit der Spracheingabe für attributive Zusatzinformation in Kombination mit der Scanner-Aufnahme geschaffen und optimiert.

Die Möglichkeiten einer Navigation mittels der umliegenden (bereits kartierten) Baumstämmen wurde auf Machbarkeit getestet und mangels Praktikabilität verworfen.

Die erprobten Methoden wurden für zwei wissenschaftliche Veröffentlichungen mit Peer-Review vorbereitet, um deren Einsatz bei der Zertifizierung forstlicher Kohlen-Projekten abzusichern.

Die EU Verordnung über die Zertifizierung von Kohlenstoffentnahmen (Carbon Removal and Carbon Farming (CRCF), EU/2024/3012) hat die Rahmenbedingungen für den freiwilligen Kohlenstoffzertifikatshandel in Europa geschaffen.

Mittelfristig werden sich Zertifikatsanbieter durchsetzen, die nach dieser Richtlinie zertifiziert sind. Da diese umfangreiche Diskussionen über den operativen Prozess der Zertifizierung erst 2026 abgeschlossen sein wird, wurde von einer Zertifizierung im vorliegende Projekt abgesehen.

Insgesamt wurde die operationelle Anwendung von tragbaren LIDAR Scannern und die Objekt-Extraktion aus LIDAR Punktwolken signifikant weiterentwickelt und in praxistaugliche Anwendungen überführt.

## **Projektkoordinator**

- UMWELTDATA Gesellschaft m.b.H.

## **Projektpartner**

- TopoLynx Ltd.
- 4D-IT GmbH
- Chorherrenstift Klosterneuburg
- E.C.O. Institut für Ökologie Jungmeier GmbH.