

Flächendeckende Vorhersage von Waldinventurparametern mittels multimodalem Deep Learning

Isabelle Klein^{1,2}, Maximilian Pichler³, Christine Hecht^{1,2}, Jakob Ebenbeck¹, Prof. Dr. Rupert Seidl^{4,5}, Prof. Dr. Florian Hartig³, Prof. Dr. Marco Heurich^{1,2,6}

Organizations

- 1) Department of Visitor Management and National Park Monitoring, Bavarian Forest National Park, 94481 Grafenau, Germany
- 2) Chair of Wildlife Ecology and Wildlife Management, University of Freiburg, 79106 Freiburg, Germany
- 3) Theoretical Ecology, University of Regensburg, Regensburg, Germany
- 4) School of Life Sciences, Technical University of Munich, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, Freising 85354, Germany
- 5) Berchtesgaden National Park, Doktorberg 6, Berchtesgaden 83471, Germany
- 6) Inland Norway University of Applied Science, Institute for Forest and Wildlife Management, 2480 Koppang, Norway

Aktuelle und präzise Waldinventurparameter bilden eine zentrale Grundlage für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, eine fundierte forstliche Planung sowie für das kontinuierliche Wald- und Kohlenstoffmonitoring. Vor dem Hintergrund des Klimawandels und einer folglich zunehmenden Störungsdynamik verändern sich Wälder immer schneller, wodurch die Verfügbarkeit aktueller Inventurdaten zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Traditionell werden Waldinventurparameter aufgrund des hohen finanziellen, zeitlichen und personellen Aufwands über Stichprobeninventuren in größeren zeitlichen Abständen erhoben und anschließend mithilfe statistischer Modelle auf größere Flächen extrapoliert. Fernerkundungsdaten stellen hier eine effiziente Ergänzung klassischer Inventurmethode dar, da sie hochaufgelöste Informationen mit großer räumlicher Abdeckung und hoher zeitlicher Frequenz erfassen.

In diesem Beitrag wird der Einsatz von multimodalem Deep Learning (Multi-Modal Deep Neural Networks, MMN) zur Vorhersage baumartenspezifischer Waldinventurparameter im Nationalpark Bayerischer Wald untersucht. Das MMN verarbeitet Daten unterschiedlicher Formate und räumlicher Auflösungen, indem Convolutional Neural Networks (CNN) für bildbasierte Daten mit Deep Neural Networks (DNN) für tabellarische Daten kombiniert werden. Dadurch können Fernerkundungsdaten nativ verarbeitet und relevante Muster direkt ohne weitere Datenaufbereitungsschritte extrahiert werden.

Ziel ist es, mithilfe flächendeckend verfügbarer Fernerkundungsdaten, darunter Airborne-Laserscanning-, multispektralen und hyperspektralen Daten, sowie ergänzenden Umwelt- und Standortinformationen die Waldinventurparameter mit hoher räumlicher Auflösung auf die Gesamtfläche des Nationalparks zu modellieren. Im Weiteren wird die Vorhersageperformance des MMNs mit klassischen DNN- und Random Forest-Modellen verglichen, bei denen zunächst

verschiedene Metriken aus den Eingangsdaten abgeleitet werden. Dadurch wird untersucht, ob die Nutzung der nativen Bilddaten durch das MMN zusätzliche Informationen liefert und zu einer verbesserten Vorhersagequalität führt.

Als Referenzdaten dienen stichprobenbasierte Waldinventurdaten des Nationalparks aus dem Jahr 2024. Die resultierenden hochaufgelösten Datensätze tragen dazu bei, räumliche und zeitliche Lücken in der Verfügbarkeit von Inventurdaten zu schließen. Sie liefern eine fundierte Grundlage für das Nationalparkmanagement, ermöglichen detaillierte Analysen der Waldentwicklung und sind darüber hinaus für die klassische forstliche Planung in bewirtschafteten Wäldern relevant. Damit leistet der Ansatz einen Beitrag zur Erforschung neuer Methoden der Waldinventur und der Bereitstellung von aktuellen, flächendeckenden Waldinventurdaten als Grundlage für das Waldmonitoring und die zukunftsorientierte forstliche Planung.