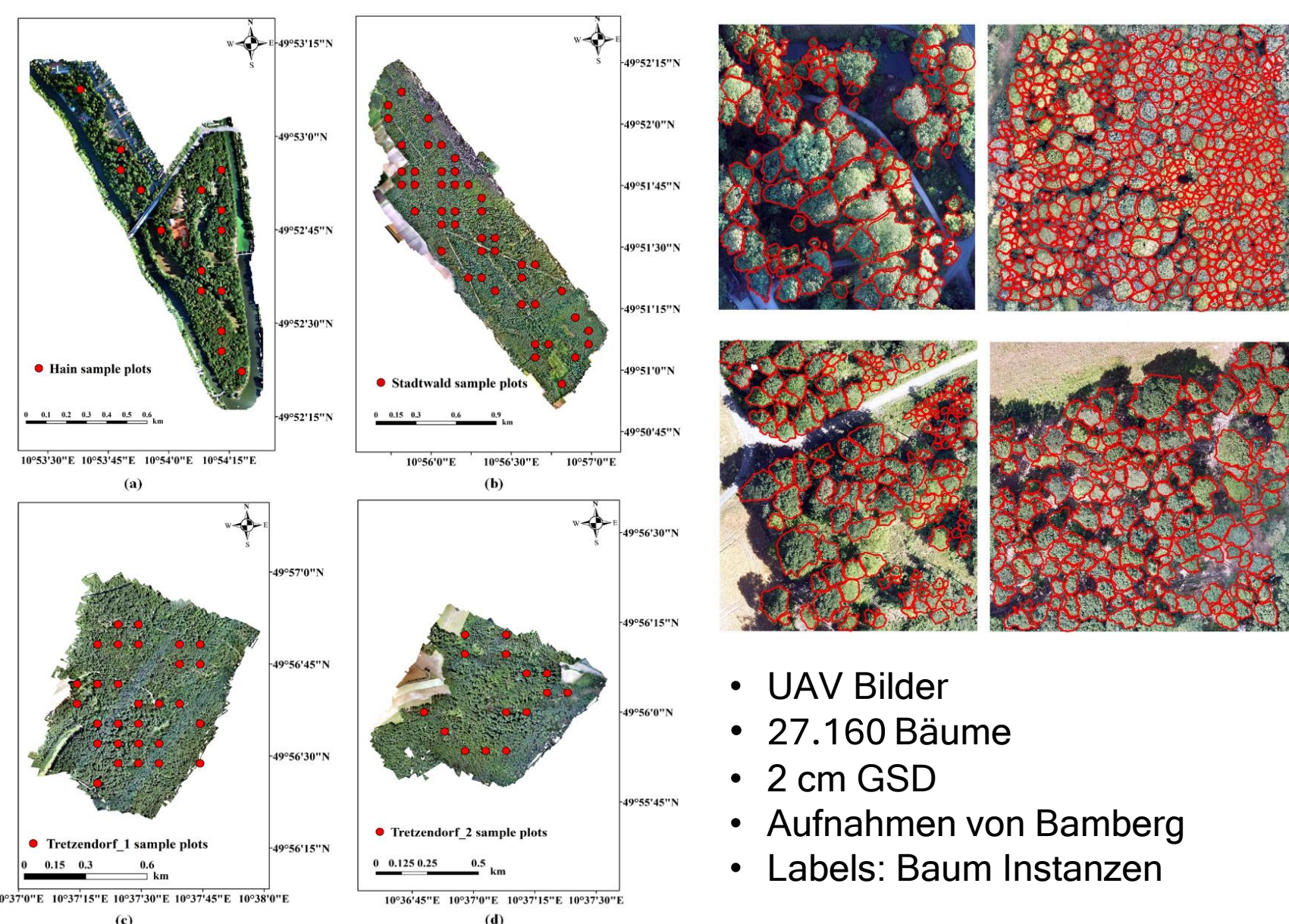


Seeing Forests Tree by Tree:

Deep Learning für Baumkronen-Instanzsegmentierung und Baumartenerkennung in deutschen Wäldern

Deep-Learning-Methoden zur automatisierten Baumsegmentierung, -klassifizierung und Domänenübertragung auf komplexe urbane Szenarien.

BAMFORESTS Datensatz [1]



Sehr hochauflösende UAV-Bilddaten aus vier unterschiedlichen AOIs zur Analyse und Segmentierung einzelner Baumkronen. Der Datensatz ist in **57,14 % Training**, **15,24 % Validierung**, **14,29 % Test 1** und **13,33 % Test 2** unterteilt.



Datensatz BAMFORESTS

Methodik Training

- Semantische Segmentierung
- Instanz Segmentierung

Datenaufbereitung

- Super-Resolution
- RGB Farbgebung

Methodentransfer

Domänenübergreifende Anwendung

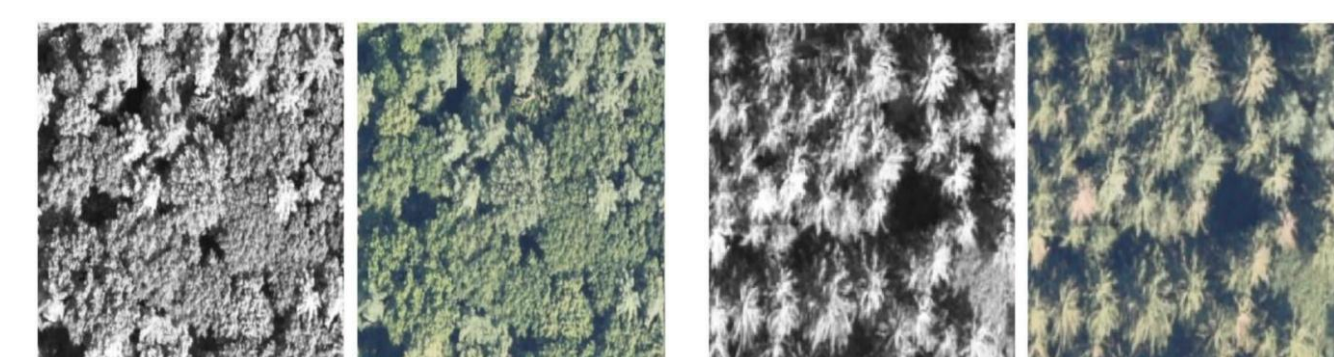
Super-Resolution [2]

Einsatz eines zweistufigen Super-Resolution-Verfahrens zur Verbesserung der Darstellung von Bäumen und weiteren Bildstrukturen. Die erhöhte räumliche Detailauflösung ermöglicht den Einsatz von Modellen, die auf höher aufgelösten Bilddaten trainiert wurden.



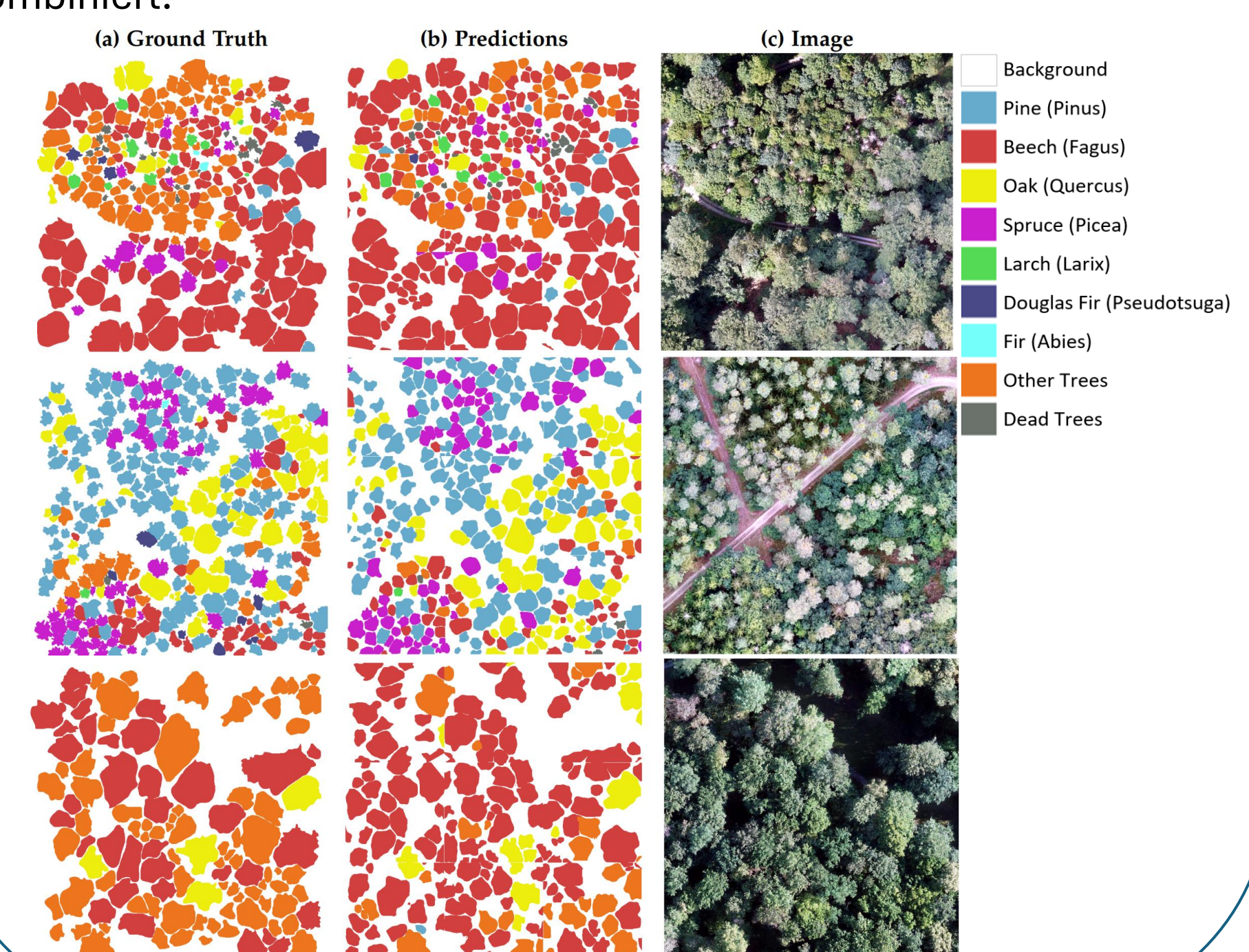
RGB Farbgebung [4]

Die panchromatischen Luftbilder werden mithilfe von DDColor in synthetische RGB-Bilder umgewandelt, damit sie von den auf anderen Daten trainierten Modellen erkannt werden können.



2D Individual Tree Crown (ITC) Segmentation [3]

Zweistufiges Verfahren: Zunächst erfolgt die **Baumartenerkennung**, anschließend die **Segmentierung der Baumkronen**. Beide Modelle werden mit dem **BAMFORESTS-Datensatz** trainiert und ihre Ergebnisse abschließend zu einer gemeinsamen Einzelbaumausgabe kombiniert.



Methodentransfer [4]

Kranzberg: Trainingsdatensatz auf Basis von RGB-Drohnenbildern mit **13,5 cm GSD** werden mittels DL-basierter Kolorierung in synthetische RGB-Bilder überführt. Dadurch wird die Domänenlücke zum RGB-UAV-Trainingsdatensatz reduziert und anschließend eine **Instanzsegmentierung einzelner Baumkronen** durchgeführt.



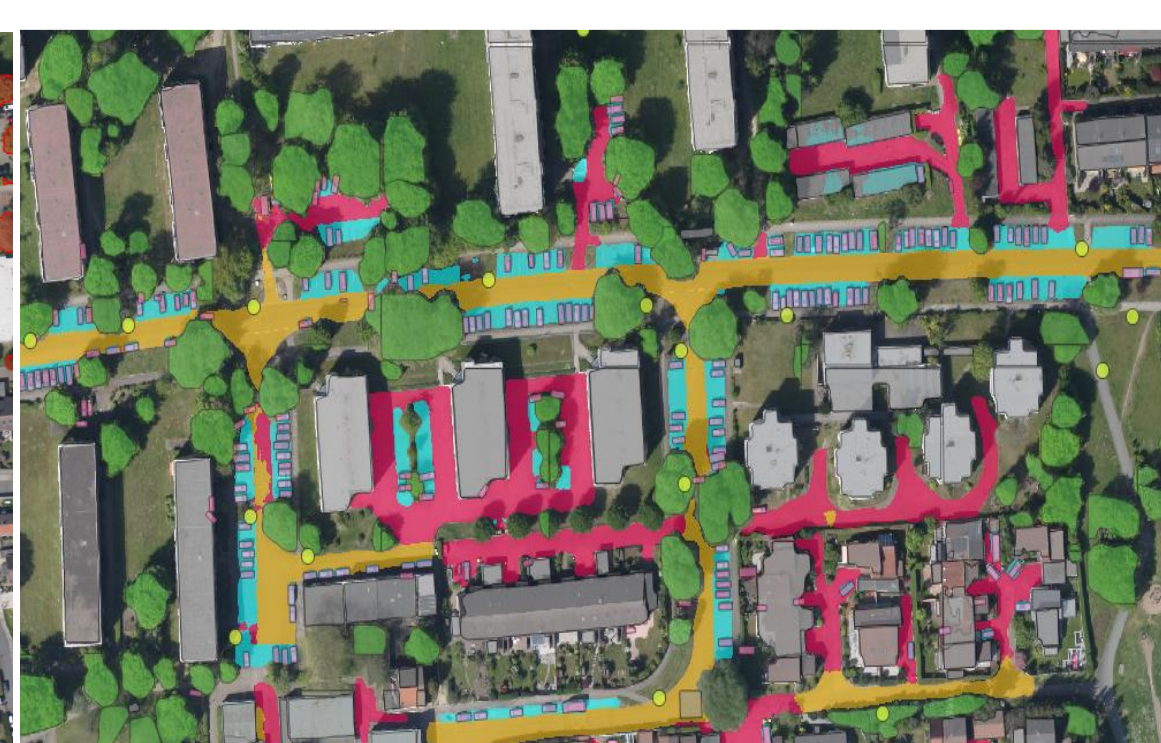
Urbane Domänenanpassung und Digitaler Zwilling [5]



Baumkronen-Instanzsegmentierung



Baumsegmentierung



Digitaler Zwilling

Domänenübergreifende Anwendung: Die entwickelten Methoden wurden ohne vorheriges Training auf urbanen Bilddaten erfolgreich auf Stadtgebiete übertragen. Nach einer **Super-Resolution-basierten Aufbereitung** erfolgte die **Einzelbaumkronensegmentierung**. Die Ergebnisse bilden zudem eine Grundlage für die **Erstellung eines digitalen Zwillings**.

- Gebäude
- Bäume
- Parkplätze
- Straßen
- Fahrflächen
- Autos

Ausblick

Die Ergebnisse verdeutlichen das Potenzial robuster Deep-Learning-Methoden für die automatisierte Analyse von Wald- und Vegetationsstrukturen auf Basis effizient erfassbarer UAV-Bilddaten. Die Ansätze stellen eine vielversprechende Grundlage für Anwendungen in der Waldforschung, im Umweltmonitoring und im digitalen Forstmanagement, sowie der domänenübergreifenden Nutzung in urbanen Regionen.

Referenzen:

- [1] Troles, J., Schmid, U., Fan, W., & Tian, J. (2024). "BAMFORESTS: Bamberg Benchmark Forest Dataset of Individual Tree Crowns in Very-High-Resolution UAV Images." *Remote Sensing*, 16(11), 1935.
- [2] Jangir, S. K., Mülhau, M., Merkle, N., Henry, C., & Bahmanyar, R. (2026). "A Generalized Two-Stage Framework for Blind Super-Resolution of Real-World Aerial and Satellite Imagery." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. Submitted.
- [3] Weishaupt, M., Fan, W., Troles, J., & Tian, J. (2025). "Individual Tree Crown Based Tree Species Classification From Very High-Resolution UAV Images." *IGARSS 2025 - IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 7328-7332.
- [4] Tian, J., Fan, W., Panangian, D., & Weishaupt, M. (2026). "Extraction of Tree Level Forest Structure from Aerial Imagery and Photogrammetry Digital Surface Models." 2nd International Conference of Environmental Remote Sensing and GIS (ICERS), pp. 97-100.
- [5] Tian, J., Weishaupt, M., Gstaiger, V., Mutreja, G., Amrullah, C., Henry, C., Krauß, T., d'Angelo, P., Jangir, S. K., Auer, S., Kurz, F., and Bittner, K.: Integrating Advanced AI techniques to assist Urban Digital Twins Generation, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIX-B1-2026, 607-613, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIX-B1-2026-607-2026>, 2026.