



# Ein virtuelles Labor (nicht nur) für die Forstwissenschaft

Nicht nur angehende Forstleute müssen regelmäßig Waldboden unter den Füßen spüren. Dennoch hat uns die Corona-Pandemie anschaulich verdeutlicht, dass es zusätzliche Möglichkeiten braucht, sich das Forschungsobjekt Wald vor Augen zu führen. Das Projekt Wald-Digital der TUM hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, Studierenden aus dem Bereich der Umweltwissenschaften die Möglichkeit zu eröffnen, digitale Zwillinge von real existierenden Waldparzellen in einer virtuellen Umgebung intensiv zu untersuchen. Dafür wurden mehrere Waldparzellen mit einer Größe von ca. 1,5 ha angelegt und alle Bäume sowie weitere Parameter (z. B. Boden/Standort, Mikrohabitate, etc.) erfasst.

TEXT: MARTIN DÖLLERER, KAI BÖDEKER, SEBASTIAN KIENLEIN

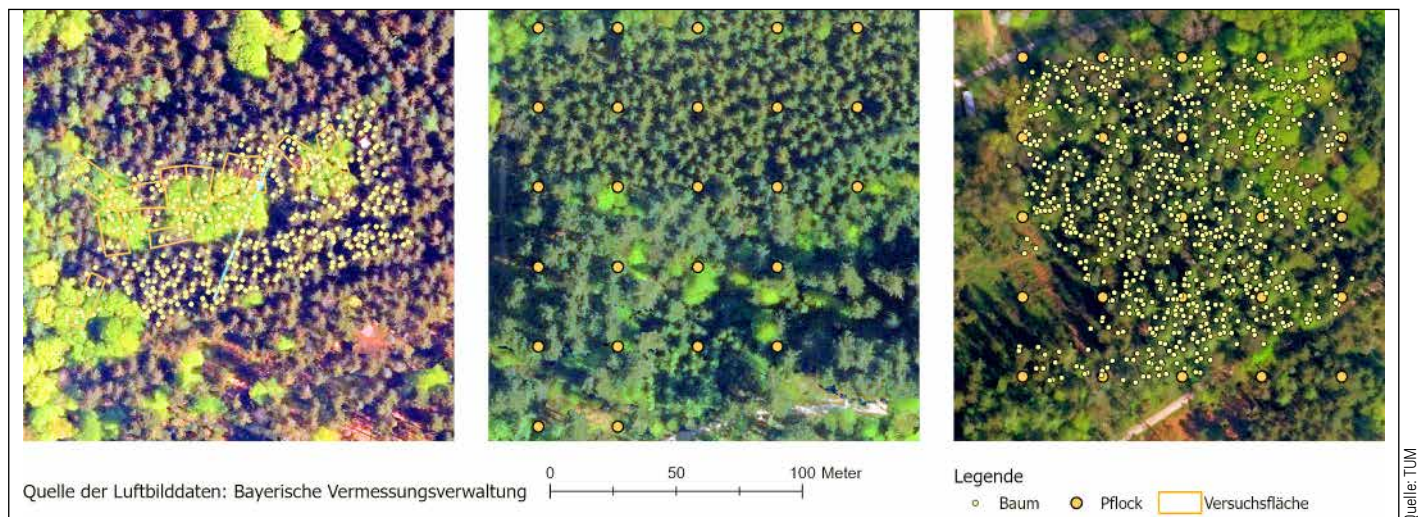


Abb. 1: Kartenausschnitte der drei ausgewählten Parzellen für Wald Digital – v.l.n.r.: KRoof-Gelände, Kranzberger Forst, Stiftungswald der LMU München

Als Standorte für die Parzellen wählten wir das Gelände des KranzbergRoof-Projektes (KRoof) wegen der Möglichkeit der Einbindung aktueller Forschungsergebnisse, (Abb. 1 links), eine weitere Fläche im Kranzberger Forst bei Freising nahe des Weltwaldes, wenige Fahrradminuten vom Campus der TU-München entfernt (Abb. 1 mitte) und eine Fläche im Stiftungswald der Ludwig Maximilians Universität München bei Landshut, weil dort im Rahmen der forstlichen Studiengänge der TUM Lehrveranstaltungen und Prüfungen stattfinden (Abb. 1 rechts).

## Konzept

Wald Digital [1] steht in drei Versionen zur Verfügung: Zwei GIS-Versionen

**„Wald Digital verwandelt Inventurdaten in virtuelle Welten – von gestern, von heute und von morgen.“**

MARTIN DÖLLERER

(online und lokal) sowie einer Version mit realitätsnaher Visualisierung.

Auf den Parzellen wurden alle Bäume mit einem BHD ab 7 cm vermessen. Ne-

ben BHD, Baumart und Position wurden auch Höhe und Kronendurchmesser, sowie Besonderheiten (z. B. Tiefzwiesel) erfasst. Auf der Uniwald-Parzelle wurden im 20 m x 20 m Raster Bodendaten mittels Bohrstock erhoben, auf der Kranzberger Parzelle Mikrohabitate. Für die Bäume der KRoof-Fläche stellte der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TUM historische Einzelbaumdaten zur Verfügung.

Die gemessenen Daten wurden mit amtlichen Geodaten (Luftbild, Gelände- bzw. Oberflächenmodell), UAV-Aufnahmen sowie Laserscanning Daten angereichert und in eine Online-GIS-Umgebung eingepflegt [2]. Soweit möglich, wurden die Elemente der Waldparzellen dreidimensional modelliert, um

möglichst realitätsnahe Interaktionen im GIS zu ermöglichen (Abb. 2 und 3).

Das GIS und die damit erfassten Daten sind mit verschiedenen Simulationsmodellen gekoppelt. Somit können zum Beispiel Zusammenhänge zwischen Waldstruktur, Walddynamik, Klimawandel, Extremereignissen usw. untersucht werden. Bei der Integration der Simulationsmodelle wurde großer Wert auf Erweiterbarkeit gelegt, so dass weitere Effekte hinzugefügt oder näher am Stand der forschung orientierte Modelle eingesetzt werden können. Die zukünftige Einbindung betriebswirtschaftlicher Modelle (Holzsartierung, Holzpreise, ...) oder eines Holzqualitätsmodells wäre ebenso denkbar.

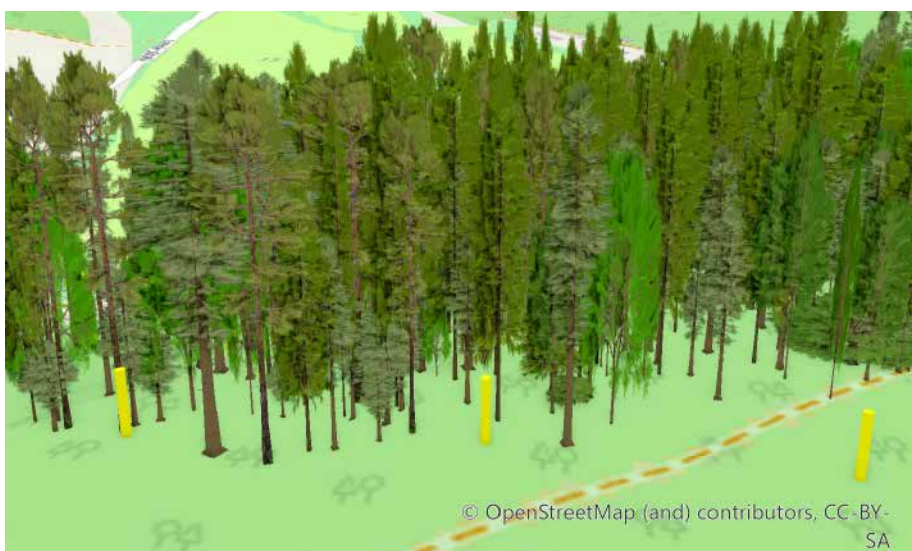
### Realitätsnahe Darstellung

Bei der Produktion von Spielen kommen so genannte Game-Engines zum Einsatz, die es ermöglichen, die Spielumgebung interaktiv und intuitiv zu erstellen. Moderne Computerspiele sind damit in der Lage, Spielwelten sehr realitätsnah darzustellen. Für die grafisch aufwändigste Darstellung der Waldparzellen wurde eine solche Game-Engine verwendet, die Unreal Engine von Epic Games [3]. Die 3D-Modelle der Bäume wurden im Epic Games Store käuflich erworben, die Landschaften entstanden im Rahmen eines Bachelorprojekts mit einer Gruppe von sehr talentierten Studierenden (Abb. 4). Neben einer Microsoft HoloLens 2 steht auch eine HTC Vive Pro VR-Brille zur Verfügung, um



Quelle: TUM

**Abb. 2: GIS-Visualisierung der Parzelle** im Stiftungswald der Universität München mit baumartenspezifischen 3D-Modellen.



Quelle: TUM

**Abb. 3: GIS-Visualisierung der Punktwolken** von 50 Bäumen auf dem KRoof-Gelände.

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Das Projekt Wald-Digital** eröffnet die Möglichkeit, digitale Zwillinge von real existierenden Waldparzellen in einer virtuellen Umgebung zu untersuchen
- » **Die Daten der vollaufgenommenen Waldparzellen** liegen in einer online zugänglichen Geodatenbank
- » **Mit einer Game Engine** werden die modellierten Waldlandschaften dargestellt

vollständig in die virtuellen Waldflächen eintauchen zu können.

### Anwendungsfelder

Wald Digital ist in erster Linie für die forstlichen Studiengänge der TUM konzipiert und kann in verschiedenen Lehrveranstaltungen sowohl auf Bachelor- als auch auf Masterniveau eingesetzt werden. Darüber hinaus kann Wald Digital als Datengrundlage und als Simulationsumgebung für Studien im Rahmen studentischer Abschlussarbeiten dienen. Herausragende Studierende könnten Wald Digital im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten sogar erweitern. Außerdem wird es möglich sein, Sturmschäden wie in Knoke bzw.

Ausfallraten aus Überlebenszeitmodellen wie bei Rank (beide in diesem Heft) auf konkreten Flächen zu visualisieren.

### Fazit und Ausblick

Bereits mit den gekauften Standard-Baum-Modellen ist es gelungen, die ausgewählten Waldparzellen erstaunlich realitätsnah darzustellen. Die von einem GIS gewohnten Interaktionsmöglichkeiten müssen noch hinzuprogrammiert werden. Die Punktwolken der Laserscanner können in dreidimensionale Gittermodelle umgewandelt werden. Die Bäume ließen sich dann individuell exakt wie gewachsen darstellen. Die Suche nach Methoden für eine



automatische Generierung solcher Drahtmodelle aus Punktwolken ist derzeit Gegenstand aktueller Grundlagenforschung.

#### Literaturhinweise:

- [1] <https://gis.wzw.tum.de/Waldwolke/wald-digital> [2] <https://tu-muenchen.maps.arcgis.com> [3] <https://www.unrealengine.com>



**Dr. Martin Döllerer**  
[doellerer@tum.de](mailto:doellerer@tum.de)

und **Sebastian Kienlein** sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, **Kai Bödeker** Doktorand an derselben Professur.

Abb. 4: Das KRoof Gelände, visualisiert mit Hilfe der Unreal Engine.

Quelle: TUM

# Das Potenzial der Agroforstwirtschaft zur Wiederbewaldung

Die Widerstandsfähigkeit von tropischen Landschaften ist der Schlüssel zur Sicherung der lokalen Lebensgrundlagen, zum Erhalt der Biodiversität und zur Bekämpfung des Klimawandels. In diesem Beitrag beleuchten wir das Potential von Agroforstwirtschaft zur Stärkung der Stabilität von Landnutzungssystemen an der Grenze von Agrar- und Waldlandschaften.

TEXT: ESTHER REITH, ELIZABETH GOSLING, THOMAS KNOKE, CAROLA PAUL

**R**egenwälder stehen unter zunehmendem Druck durch sich verändernde biotische und abiotische Umweltfaktoren und Einflüsse, die vor allem auf Änderungen der Landnutzung und den Klimawandel zurückzuführen sind [1]. Tropische Regenwälder sind noch immer hohen Entwaldungsraten ausgesetzt [3]. Die abrupte Umwandlung von Regenwäldern zu Agrarlandschaften führt dazu, dass bereitgestellte Ökosystemfunktionen (wie Bodenfruchtbarkeit) genutzt werden können für die Lebensmittelpro-

duktion, während es gleichzeitig zum Verlust von anderen Ökosystemleistungen führt (z. B. von biodiverserem Lebensraum für Flora und Fauna, Klimaregulierung) [13].

### Sozial-ökologische Resilienz in einer sich ändernden Welt

Entwaldung, Landnutzungsintensivierung und damit verbundene Landdegradierung können sehr nachteilige vorhersehbare und unvorhersehbare Folgen für die Landschaft und Lebens-

grundlage der einheimischen Bevölkerung haben. Die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit oder Resilienz von Ökosystemen gegen Störungen durch Mensch und Natur (z. B. extremen Wetterereignissen) sind daher zu zentralen Themen weltweit geworden. Dies wird z. B. durch die „Sustainable Development Goals“ der Vereinten Nationen (Ziele für Nachhaltige Entwicklung, Abb. 1) deutlich, welche sich implizit und explizit dieser Herausforderung aus ökologischer und sozioökonomischer Sicht stellen [29].