

# Maschinen leisten Übermenschliches

Waldbäume samt Positionierung auf einem Bild aus einem terrestrischen Laserscanner.

Die automatisierte Baumartenerkennung aus Fernerkundungsdaten sowie die maschinelle und damit objektivierbare Rundholzsortierung sind zwei Themen, die die Forstwirtschaft insgesamt einer auskömmlichen Zukunft ein gutes Stück näherbrächten. Beides ist jedoch alles andere als trivial.

Text: Robert Spannlang; Bilder: Umweltdata, Robert Spannlang

**A**ls die Bundesfachgruppe Natürliche Ressourcen im Dorint City-Hotel Salzburg am 15. und 16. Januar ihre 47. Tagung abhielt, dürften die veranstaltende Bundeskammer der Ziviltechniker:innen mit dem Tagungsthema „KI im ZT-Büro – Herausforderungen und Grenzen“ den Nagel auf den Kopf getroffen haben. Denn der etwa 70 Personen fassende Seminarraum „Kapuzinerberg“ des Hotels, das am Fuße eben dieses Berges liegt, war mit Teilnehmenden ziemlich gut ausgelastet. Aus dem Reigen spannender Präsentationen habe ich zwei für die Forstwirtschaft besonders relevante hier herausgegriffen.

## Ritter des Heiligen Grals

Die automatisierte Baumartenerkennung sei der „Heilige Gral der Fernerkundung“, stellte Umweltdata-Geschäftsführer Günther Bronner einen Vergleich mit der germanischen Mythologie her. „Seit Jahrzehnten versuchen wir, dorthin zu kommen, und sind immer noch nicht ganz am Ziel“, verriet er. Sentinel 2-Satellitenfotos haben zwar eine geringe Auflösung im Zehn-Meter-Bereich, dafür aber eine hohe Bildaufnahme-Frequenz ein und desselben Standorts von wenigen Tagen. Daher lassen sich gut Zeitreihen zusammenstellen, Zeitpunkt und Abfolge des Blattaustriebs und Blattfalls geben ebenso wertvolle Rückschlüsse auf die Baumartenzuordnung wie Farbnuancen der Blätter und Nadeln. „Mischpixeln“ werden nach Möglichkeit entweder mit unterschiedlichen Farbkanälen weiter aufgelöst in spezifische Baumarten oder mit Anteilen wahrscheinlicher Baumarten ausgewiesen. Wald-Wiesen-Ränder stellen offenbar eine besondere Herausforderung dar. Eine wesentlich höhere Auflösung – mindestens im 10 cm-Bereich benötigt man bei der Analyse der Baumtextur, die heute von KI durchgeführt wird. Luftaufnahmen solcher Güte liegen von der Schweiz vor. Dort habe man mit der ETH Zürich die Bestände des Kantons Jura ausgewertet und so „zehn bis zwölf Baumarten relativ gut getroffen“, verkündete Günther Bronner. Diese Baumannotation sei gelungen mithilfe neuronaler Netzwerke in einer Deep Learning-Umgebung. Die Georeferen-



ÖFORST Forsttechnik GmbH | Viktor- Kaplan- Straße 2 | 8750 Judenburg | Tel.: +43(0)3572/42289 | office@oeforst.at | www.oeforst.at

zierung bei vielen Baumarten außer Fichten, Tannen und Douglasien sei schwierig, weil sie meist schiefstehen und somit der Stammfuß andere Koordinaten als der Baumwipfel aufwies, wie überhaupt der Baumwipfel bei Laubbäumen von oben meist schwer auszumachen sei. „Das Annotieren der Datensätze ist meist der Knackpunkt an der Sache“, betonte der international renommierte Inventurexperte. Die Erfahrung aus der Schweiz lehrt: 1000 annotierte Baumkronen werden pro Baumart benötigt, um sie danach mit hoher Wahrscheinlichkeit automatisiert erkennen zu können. Am Ende jedes derartigen Workflows stehe eine Kreuzvalidierung: Wie viele Fichten werden tatsächlich korrekterweise als Fichten erkannt, wie viele fälschlicherweise? Die Trefferquote je Baumart ergeben dann die „Freiheitsgrade“, mit der jede automatisierte Baumartenansprache behaftet ist. In Österreich, wo keine Luftaufnahmen in Zehn-Zentimeter-Auflösung zur Verfügung stehen wie in der Schweiz, müsse man sich mit höher aufgelösten Satellitenaufnahmen und Drohnenaufnahmen behelfen, so der Forscher.

Laserscanning mit etwa 50 Punkten pro Quadratmeter lasse die Baumstämme bereits recht gut erkennen. Der österreichweite Durchschnitt liegt hier bei 8 bis 16 Punkten pro Quadratmeter. Selbst mit günstigeren Drohnensensoren aufgenommene Bestände kreieren eine dreidimensionale Punktwolke, die schon mit „freiem Auge“ baumartenspezifische Texturen erkennen lässt. Aus ertragskundlichen Gründen werden Drohnenbefliegungen im laubfreien Zustand gemacht. „Beim Erkennen von Laubholz wird dann die Luft dünn“, bekannte Günther Bronner. Eine zweite Befliegung während der Vegetationszeit werde oft aus Kostengründen nicht durchgeführt. Bei Auswertungen von Flugzeug-Laserscandaten gebe es unterschiedliche Machine und Deep Learning-Ansätze – etwa die semantische Sequenzierung zur Erhebung von stehenden Bäumen mit Schiefstand, aber auch von liegenden Stämmen. Beides könne in Vektoren umgewandelt und mit Durchmesser versehen werden, erklärt Günther Bronner. Solche ertragskundlichen Erhebungen seien also auch mittels Flugzeugscanning bei etwa 60 Punkten pro Quadratmeter möglich.



Günther Bronner referiert über automatisierte Baumartenerkennung auf der Ziviltechnikertagung 2026 in Salzburg.

### Unterstützung durch Bodenpersonal

Terrestrisches Laserscanning ermöglicht auch die Abgrenzung einzelner Bäume im Bestand. Wenn es darum geht, die KI zu füttern für die Baumartenerkennung, kommt es laut dem Vortragenden sehr auf die Qualität der Segmentierung an. Ein Weg führt über die Generierung von Bildern der Bäume und die Analyse dieser Bilder, ein anderer analysiert die dreidimensionale Punktwolke direkt. Da die Baumkronen meist ineinander wachsen, sollten die Bilder gegebenenfalls händisch korrigiert werden, damit die jeweiligen Baumarten erkannt werden können. In einem EU-Forschungsprojekt, das von 2022 bis 2024 lief, wurden verschiedene KI-basierte Baumarten-Erkennungsmethoden gegeneinander getestet. Die als Sieger hervorgegangene Methode, die an der Uni Freiburg entwickelt wurde, bildete etwa jede Fichte von sieben verschiedenen Richtungen ab, rechnete einige Längs- und Querschnitte und fügte eine Großaufnahme des Stammes in Höhe des BHD hinzu. Diese Daten wurden nun in die neuronalen Netze eingefüttert. Zumindest bei der Fichte erreichten die Freiburger eine Trefferquote von über 90%. „Nicht mit jeder Baumart haben sie so >

**Xilo-Baumschutz**

- die klimafreundlichen, 100%-kunststofffreien und vollständig biologisch abbaubaren Wuchshüllen für einen klimastabilen Wald, hergestellt aus heimischen Hölzern.





**WOODINI Holzprodukte GmbH**  
 Gürtel 21  
 3270 Scheibbs  
 Österreich

Telefon: +43 7482 464 33  
 E-Mail: info@woodini.com  
 Website: www.woodini.com

einen Erfolg, aber wenn man sich auf zwei Handvoll Baumarten beschränkt, dann kommt man mit dieser Methode sehr weit“, bestätigte Günther Bronner.

### Weitere KI-Anwendungen

Bernhard Stoinski, Privatinstitut für dynamische Logik in Köln, habe weitere Machine Learning-Ansätze für die recht genaue Erfassung von liegendem Sturmholz, von Rindenstrukturen zur Baumartenerkennung oder zur Erhebung von Schädlingsbefall anhand von Bohrlöchern sowie Mistelbefall entwickelt, führte Günther Bronner abschließend weitere Anwendungsbeispiele von Machine Learning-Applikationen an. So habe Stoinski mit Georadar auch eine dreidimensionale Karte von Alleebaumwurzeln erstellt – etwa für die baumschonende Allokation von Baugruben.

### Automatisierte Merkmalerkennung Rundholz

Mit dem Ziel einer objektivierbaren KI-basierten Stammholzsortierung trat MERU an – ein Projekt für Merkmalerkennung Rundholz. Heinrich Priller, zuständig für Qualitätssicherung bei den Österreichischen Bundesforsten, begann seine Ausführungen mit der Schilderung, wie die Rundholzbewertung sich im Laufe der Geschichte vom Wald immer mehr auf den Rundholzplatz im Werk verlagert hat. Damit liefert sich der Verkäufer ein Stück weit dem Käufer aus, der Menge, Produktart, Qualität und Preis im Nachgang dem Verkäufer bekanntgibt. Während die elektronische Kubatur mit errechnetem Rindenabzug auf elektronischen Anlagen im Werk als relativ gut gelöst gelte – eventuell mit der Einschränkung des Problems der teilentrindeten Stämme –, stehe man bei der maschinellen Qualitätsansprache von Rundholz noch am Anfang. „Die derzeit gültigen Österreichischen Holzhandelsusancen enthalten einerseits Grauzonen, andererseits überbordend detaillierte Merkmalsbeschreibungen, die den Sortierer im Werk in der herrschenden Schnelligkeit überfordern müssen.

2021 initiierten die ÖBf gemeinsam mit der Kooperationsplattform Forst-Holz-Papier (FHP) ein Projekt mit dem Ziel, die okulare durch eine leichter objektivierbare maschinelle Qualitätsansprache abzulösen. „Wenn der Rundholzplatz voll ist, soll nicht anders sortiert werden, als wenn er leer wäre“, formulierte Heinrich Priller einen lange gehegten Wunsch der Forstwirtschaft. Aber auch die Holzverarbeiter tun sich immer schwerer, die sehr belastenden Positionen für die Rundholzübernahme zu besetzen. Das Interesse an einer belastbaren, reproduzierbaren Sortierung für Rundholz bestehe also auf beiden Seiten, so Priller. „Die Sortierung soll kein Preishebel sein“, betonte er, und ließ mit einer Zahl aufhorchen: „Bei einer Fehlerquote in der Rundholzsortierung ergibt sich in Österreich eine Wertdifferenz von 20 Mio. € pro Jahr“. Projektpartner von Antragsteller ÖBf waren Fachverband der Holzindustrie, die Landwirtschaftskammer Steiermark, die

Land- und Forstbetriebe Österreich, das Holztechnikum Kuchl, Felix-Forst, das Austrian Institute of Technology (AIT) sowie Microtec, Jörg Elektronik und craftworks. Zunächst wurden die Qualitätskriterien auf fotooptischer Basis festgelegt – „es soll also nicht in den Stamm hineingeblickt werden“, betonte der ÖBf-Mann. Gemeinsam legte man die Kriterien für die maschinelle Sortierung fest: Ausmaß der Teilentrindung, Ausmaß und Beschaffenheit der Äste auf der Mantelfläche, Verfärbungen, Buchs, Harzgallen, Risse, Exzentrizität der Markröhre, Zwiesel und Steiläste. Danach wurde in den Kriterienkatalog genaue Merkmalsbeschreibungen aufgenommen. Um die KI mit qualitativen Daten zu füttern, wurden 2000 Stämme ausgewählt, die in einem eigens geschaffenen Fotostudio mit definierten Lichtverhältnissen eingescannt wurden. Auf diesen Scans wurden eventuell auftretende, qualitätsbestimmende Merkmale genau erhoben. Dazu wurde jeder Stamm von der Forstseite und von der Verarbeiterseite jeweils einmal annotiert. Bei Uneinigkeit wurde die Ansprache in Wiederholungsschleifen neu beurteilt.

Die außer Streit gestellten Annotationen wurden in eine Datenbank eingefüttert. Bei zu geringer Datenverfügbarkeit für ein Merkmal wurden geeignete Stämme nacherfasst. Nur beim Merkmal „Tannennasskern“ konnte keine ausreichende Menge von Stämmen gefunden werden, um für die KI die angestrebte Erhebungsgenauigkeit zu erreichen. In Summe waren 23 Annotierer aus Forst und Säge in das Projekt eingebunden. Die Daten wurden teils als Trainingsdaten und als Überprüfungsdaten in die KI eingespielt. „Damit hat man eine Basis für die Entwicklung einer automatisierten Einstufung der Holzqualität geschaffen. Von einer praktischen, eichfähigen Umsetzung sind wir aber noch ein gutes Stück entfernt“, dämpfte Heinrich Piller am Schluss allzu euphorische Erwartungen. \_