



Baumvitalität effizienter überwachen

Ein umfassendes Datenmodell mit KI-gestützter Datenauswertung soll die Zustandsüberwachung von Bäumen effizienter machen. Neben einer Fülle von Umwelt- und Klimadaten fließen erstmals auch multispektrale Laserscanner-Daten in das Modell ein.

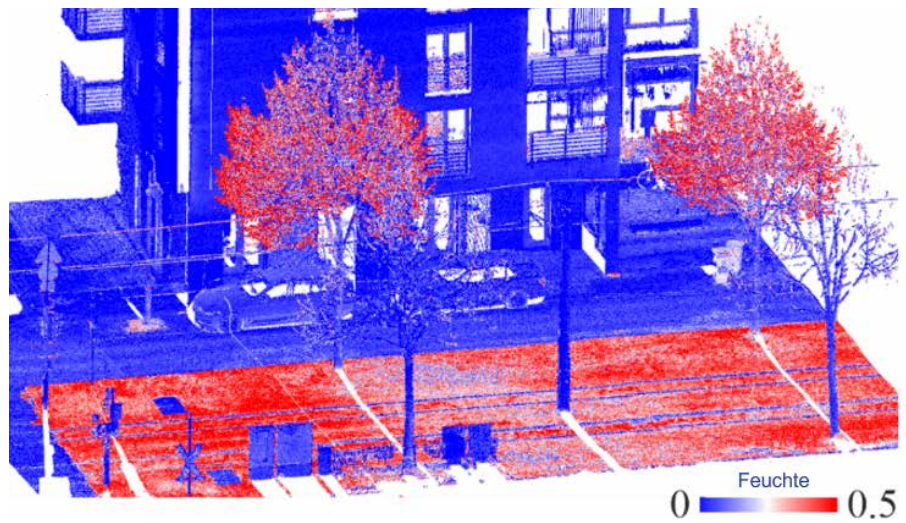
TEXT: KIRA ZSCHIESCHE, ALEXANDER REITERER

Der Klimawandel bringt immer häufiger extreme Wetterereignisse mit sich – mit Folgen für die Vegetation. Starkregen, Stürme oder lange Dürreperioden setzen Bäumen zu und beeinträchtigen ihre Standfestigkeit. Für Länder, Kommunen und Verkehrswegebetreiber wie die Deutsche Bahn bedeutet dies nicht nur ein zunehmendes Sicherheitsrisiko, sondern auch erhebliche wirtschaftliche Schäden: So sind Baumstürze nach Angaben der Deutschen Bahn schon heute der häufigste Grund für Streckensperrungen, denn ca. 70 % der Bahntrassen in Deutschland führen durch bewaldetes Gebiet [1]. Die Baumkontrolle und -pflege an Verkehrswegen wird für Kommunen und Verkehrswegebetreiber daher zu einer immer dringlicheren Aufgabe. Um diese Aufgabe effizient und wirtschaftlich zu lösen, sind neue, datengetriebene Methoden nötig.

Automatisiert und objektiv statt manuell und subjektiv

Im vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderten Projekt TreeVitaScan, das Ende 2024 startete, erprobt das Freiburger Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM gemeinsam mit der Universität Freiburg ein umfassendes Datenmodell, das multispektrales Laserscanning mit KI-gestützter Datenmodellierung und Datenauswertung kombiniert. Das Modell soll es möglich machen, die Vitalität einzelner Bäume jederzeit automatisiert, flächendeckend und zuverlässig zu ermitteln.

Heute inspizieren Angestellte von Kommunen, Forstleute oder Fahrwegpflegende die Standsicherheit von Bäumen regelmäßig alle ein bis drei Jahre. Sie nehmen die Bäume in Augenschein, führen i. d. R. manuell taktile Einzelmes-



Quelle: Fraunhofer IPM

Abb. 1: Beispielmessung mittels multispektralen LiDARs: Trockene Oberflächen haben typischerweise einen Absorptionswert um 0 und nasse Oberflächen oder grüne Vegetation einen Wert um 0,5. Die Intensität des Rotwertes gibt Aufschluss über den Feuchtegehalt.

sungen des Bohrwiderstands oder der Schallgeschwindigkeit durch oder klopfen Bäume ab, um Hohlstellen bzw. Fäulnis zu erkennen. Auch wenn inzwischen häufig Satellitenaufnahmen zur Beurteilung herangezogen werden, so bleibt die Beurteilung der Baumvitalität subjektiv – abhängig vom Urteil der jeweiligen Expertinnen und Experten. Zudem sind die Begehungen mit hohem Personalaufwand verbunden und entsprechend teuer.

3D-LiDAR-Daten plus Umwelt- und Klimadaten

Ziel der Machbarkeitsstudie im Rahmen von TreeVitaScan ist es, das Baummonitoring zu automatisieren und gleichzeitig eine objektive Datengrundlage für die Beurteilung der Vitalität einzelner Bäume zu schaffen. Am Ende soll ein Prozess stehen, mit dem sich engmaschig ein umfassendes Datenmodell des aktuellen Zustands einzelner Bäume

erstellen lässt. Anhand des Modells sollen Kommunen und Verkehrswegebetreiber in Zukunft schnell und zuverlässig Risikobeurteilungen vornehmen können. Die Aufgabe für das Forschungsteam besteht dabei aus zwei Teilen: dem Erfassen der Messdaten einerseits und der Verknüpfung dieser Daten mit Baumkattaster-, Umwelt- und Klimadaten aus unterschiedlichen Quellen andererseits.

Multispektrale Daten zeigen Boden und Baumfeuchte

Die im Baum vorhandene Feuchtigkeit ist ein wichtiger Indikator für die Baumvitalität, denn sie beeinflusst die Steifigkeit und Schwingdauer der Pflanzen [1, 2]. Erstmals sollen daher aktuelle Messdaten zur Baumfeuchte erfasst und in einem Datenmodell berücksichtigt werden. Möglich macht dies ein innovatives multispektrales Laserscanning-Verfahren, das Feuchte nicht-invasiv aus der



Ferne misst – z. B. von einem Pkw oder Messzug aus. Wie funktioniert das? Verbreitet ist die Methode des mobilen Laserscannings (LiDAR) in der geometrischen 3D-Vermessung. Dabei wird ein Laserstrahl auf ein Messobjekt gerichtet und vom Objekt auf einen Detektor reflektiert. Anhand der Zeit zwischen dem Aussenden des Laserlichts und dem Eintreffen auf dem Detektor lässt sich der Abstand zum Objekt für den jeweiligen Messpunkt errechnen. Der Laserstrahl wird mit hoher Frequenz ausgesendet und über einen Spiegel abgelenkt. Durch die Vorwärtsbewegung des Scanners auf dem Fahrzeug erhält man ein dichtes Netz an Messpunkten mit Abstandswerten, aus denen sich ein 3D-Modell des Messobjekts erstellen lässt. Auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten von über 100 km/h ist eine räum-

liche Auflösung der Punkte im Bereich von wenigen Millimetern möglich. Die Präzision der jeweiligen Punktkoordinaten liegt ebenfalls im Bereich von wenigen Millimetern. Die Auswertung der Daten kann dabei in Echtzeit erfolgen. Für die Messung von Feuchte kommt ein zweiter Laserstrahl mit einer anderen Wellenlänge hinzu. Die zwei Messstrahlen werden jeweils sehr spezifisch von Wasser absorbiert. Der Feuchtwert ergibt sich aus der Intensitätsanalyse der beiden Signale. Abb. 1 zeigt das Ergebnis einer Messung mit einem multispektralen Laserscanner. Die Vegetation ist hier gut erkennbar und die Unterscheidung zwischen Grünfläche und versiegelter Bodenfläche ist einfach möglich. Die unterschiedlichen Rotwerte zeigen den Grad der Feuchtigkeit in der Vegetation an; Blauwerte markieren trockene Bereiche. Ähnlich wie beim Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), der in der satellitengestützten Bildgebung verwendet wird, wird ein differenzieller Absorptionswert (DAV) berechnet und zu jedem 3D-Messpunkt hinzugefügt.

Multispektrale 3D-LiDAR-Messungen haben einige Vorteile gegenüber einer kamerabasierten Erfassung von Vegetation (Fotogrammetrie): Sie funktionieren unabhängig vom Umgebungslicht und liefern die Daten in Echtzeit. Zudem fallen deutlich weniger Daten an, obwohl die Feuchte als zusätzliche Information hinzukommt. Damit reduziert sich der Rechen- und Speicherbedarf und die Daten können deutlich schneller prozessiert werden. So wird es möglich, Messungen engmaschiger durchzuführen, z. B. zu verschiedenen Jahreszeiten und bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen. Die Scannerdaten sind darüber hinaus einfacher zu interpretieren als Kamerabilder – ein entscheidender Vorteil.

Für die Baumfeuchte-Messungen nutzen die Forschenden einen robusten Laserscanner, der am Fraunhofer IPM entwickelt und aufgebaut wurde. Er erzeugt 200 Messprofile pro Sekunde und misst eine Million Mal pro Sekunde. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h entspricht dies ungefähr einem Messprofil alle 4 cm [4]. Der Scanner wird für die Messungen im Rahmen des Projekts sowohl auf einem Pkw als auch auf einem Bahntriebwagen installiert. Die Messungen sind auf dem Stadtgebiet von Freiburg über verschiedene Wetterperioden hinweg geplant und nehmen die dort gängigsten

Baumarten (Linde, Eiche, Ahorn, Platane und Rosskastanie) in den Fokus. Zusätzlich zu den multispektralen Messungen der Baumfeuchte wird die Bodenfeuchte im Nahbereich der Bäume gemessen.

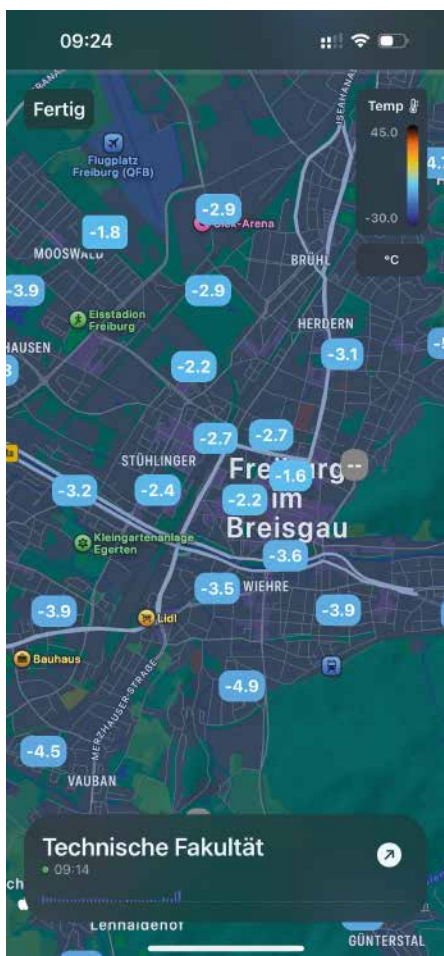
Datenfusion und KI-basierte Datenanalyse

Die neu erfassten multispektralen Daten sollen mit einer Fülle bereits vorhandener Daten zu einem umfassenden Datenmodell verknüpft werden: Die Projektpartner der Universität Freiburg betreiben mehr als 40 Sensorstationen innerhalb des Freiburger Stadtgebiets, auf dem ca. 45.000 Bäume stehen. Die Sensoren liefern Daten zu Lufttemperatur, Feuchte und Niederschlag. In Klimahütten werden zusätzlich Luftdruck, -temperatur, -feuchte und Bodentemperatur erfasst (Abb. 2). Die Erfassung erfolgt im Abstand von wenigen Minuten und ist vollautomatisiert. Zusätzlich werden ausgewiesene Messgebiete mit Sensorik ausgestattet. Weitere Daten stammen aus Datenbanken der Stadt Freiburg, so z. B. aus dem Baumkataster, das u. a. Informationen über die Baumart, die Position, Kronendurchmesser, Stammumfang, Standalter und Vitalitätsstatus enthält. Für die Erfassung der Vegetation im schienennahen Bereich greifen die Forschenden auf das Offene Digitale Testfeld des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung zurück.

Aufgabe der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist es, aus dieser Vielfalt an heterogenen Daten ein nutz-

Literaturhinweise:

- [1] FABELLA, V. M.; SZYMCZAK, S. (2021): Resilience of Railway Transport to Four Types of Natural Hazards: An Analysis of Daily Train Volumes. *Infrastructures* 6(12):174. doi:10.3390/infrastructures6120174. [2] CIRRUZI, D. M.; LOHEIDE, S. P. (2019): Monitoring tree sway as an indicator of water stress. *Journal of Geophysical Research Geophysical Research Letters*, 46, 12021–12019. <https://doi.org/10.1029/2019GL084122>. [3] CIRRUZI, D. M.; LOHEIDE, S. P. (2021): Monitoring Tree Sway as an Indicator of Interception Dynamics Before, During, and Following a Storm. *Geophysical Research Letters* 48(20):e2021GL094980. doi:10.1029/2021-GL094980. [4] VIERHUB-LORENZ, V.; KELLNER, M.; ZIPFEL, O.; REITERER, A. (2022): A Study on the Effect of Multispectral LiDAR Data on Automated Semantic Segmentation of 3D-Point Clouds. *Remote Sensing* 14(24):6349. doi:10.3390/rs14246349.



Quelle: Universität Freiburg

Abb. 2: Die Universität Freiburg betreibt 42 Sensorstationen innerhalb des Freiburger Stadtgebiets, auf dem ca. 45.000 Bäume stehen. Sie liefern Daten zur Lufttemperatur, Feuchte und Niederschlag. Messgeräte in Klimahütten erfassen zusätzlich, Luftdruck, -temperatur, -feuchte oder Bodentemperatur.

bares Datenmodell zu entwickeln. Für die Datenmodellierung müssen die unterschiedlichen Datenströme strukturiert sowie zeitlich und räumlich fusioniert werden. Inwiefern sich der Vitalitätszustand einzelner Bäume mithilfe KI-basierter Methoden automatisiert aus den Daten ableiten lässt, ist eine der Fragen, der die Fraunhofer-Forschenden nachgehen. Bis Mitte 2026 haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Zeit, ihre Expertise in den Bereichen 3D-Messtechnik, Umweltmeteorologie und KI-Methoden zusammenzuführen und ein Datenmodell zu entwi-

ckeln, das Baummonitoring in Zukunft deutlich effizienter machen könnte.

Projekt TreeVitaScan

Das Projekt TreeVitaScan wird im Rahmen der Innovationsinitiative mFUND mit insgesamt 195.000 Euro vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert. Projektpartner sind das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM und das Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften der Universität Freiburg (Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Professur für Umweltmeteorologie, Prof. Dirk Schindler).

Dr.-Ing. Kira Zschiesche

kira.zschiesche@ipm.fraunhofer.de

ist Gruppenleiterin Mobile Bahnmesstechnik am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM.

Prof. Dr. Alexander Reiterer ist Abteilungsleiter Objekt- und Formerfassung am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM und Inhaber der Professur für Monitoring von Großstrukturen am Institut für Nachhaltige Technische Systeme der Universität Freiburg.

LEICHTER, SCHNELLER, STÄRKER DAS NEUE POWER-QUARTETT


BaSt-Ing

UniVal
Gewicht 2,7 kg | Hubkraft > 25 t

NEU

M18 FHIW2F12
Die neue Schlagschrauber-
Generation

NEU

NEU

Vallink
Die clevere Verbindung –
leicht und robust

FORGE
Der neue Akku-Standard –
mehr Leistung,
weniger Gewicht

NEU



Viele Anwendungs-
videos ansehen auf
www.BaSt-Ing.de