



Mit LiDAR auf der Suche nach Rückegassen im Wald

Zum Schutz des Waldbodens und als Hilfe bei Planungsaufgaben wird im Kanton Aargau die Feinerschliessung digitalisiert. Mit Bilderkennungssoftware und künstlicher Intelligenz konnte dieser Prozess deutlich vereinfacht und beschleunigt werden.

Aufgrund der gesammelten Daten kann eine Punktwolke im Querprofil erstellt werden. Bei den LiDAR-Daten handelt es sich um gemessene Daten,

Von Raffael Bienz/Andreas Freuler* | Feinerschliessung reduziert das Risiko von Bodenschäden und Schäden am bleibenden Bestand auf eine kleine Fläche bzw. auf wenige Bäume. Feinerschliessung dient zudem der Arbeitssicherheit, der Übersicht und der Effizienz. Sorgfältig geplante und optimal angelegte Feinerschliessung ermöglicht die Bewirtschaftung von möglichst viel

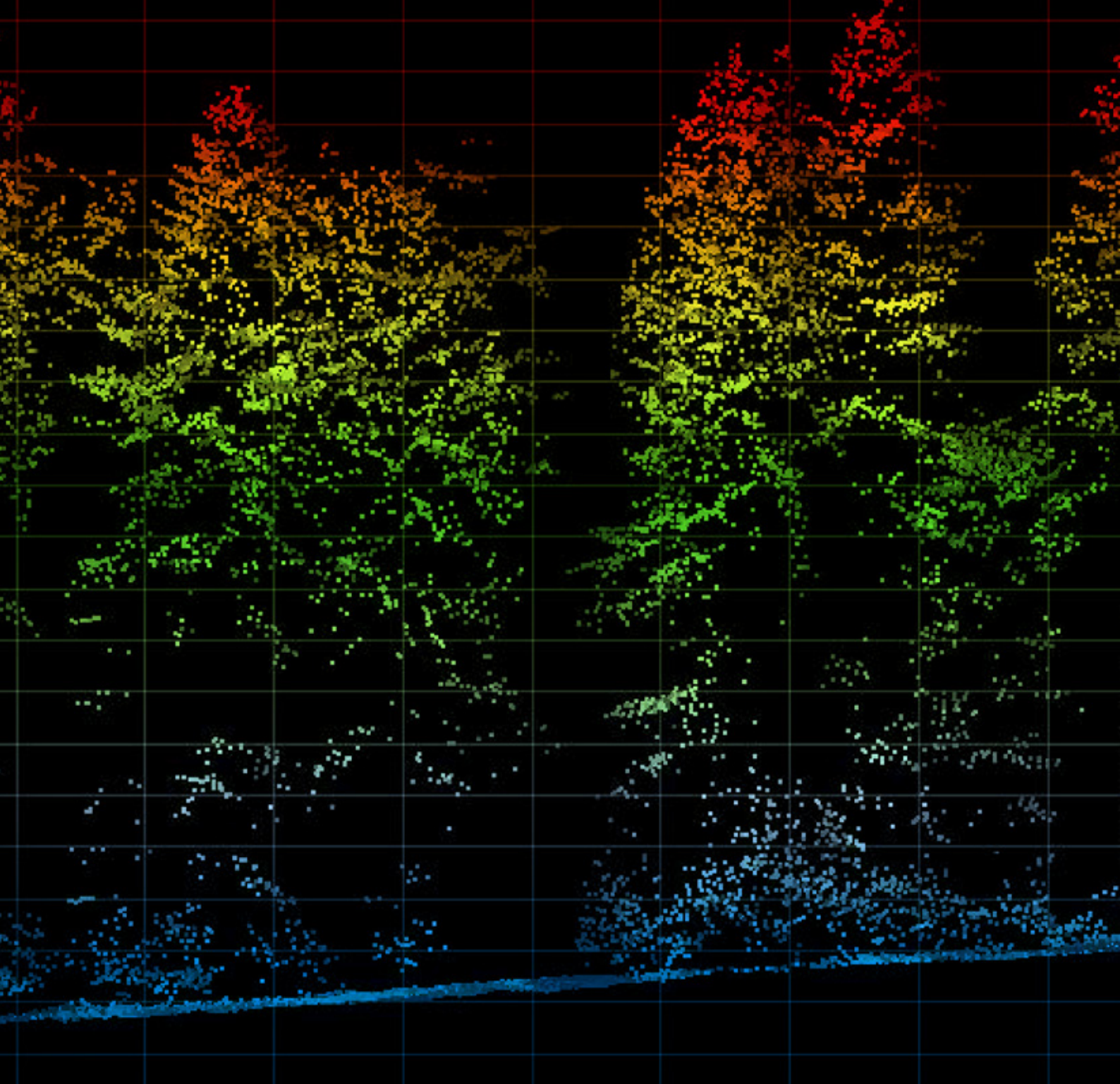
Waldfläche bei möglichst wenig Befahrung. Die Planung und Optimierung von Feinerschliessung ist aufwendig. Ausserdem bedeutet bereits eine einmalige Befahrung eine Störung des Waldbodens. Feinerschliessung wird darum dauerhaft bestimmt und für alle weiteren Eingriffe benutzt.

Nach Sturmereignissen oder auch nach einer jahrzehntelangen Verjüngungsphase ohne Befahrung sind die Rückegassen im Gelände teilweise kaum mehr auffindbar. Und bei Personalwechseln kann das Wissen

über den Verlauf der Feinerschliessung verloren gehen. Aus diesen Gründen empfiehlt die Abteilung Wald des Kantons Aargau, die Erschliessung digital zu erfassen, und unterstützt die Forstbetriebe bei dieser Arbeit mit Beratung, Vor- und Nachbereitung der digitalen Erfassung sowie mit GPS-Geräten.

Die Waldstrassen sind bereits heute systematisch für den ganzen Kanton kartiert und werden den Försterinnen und Förstern in einer GIS-Webapplikation (BKOnline) für die Planung zur Verfügung gestellt. Die

* Raffael Bienz und Andreas Freuler, Fachspezialisten für Waldbewirtschaftung, Abteilung Wald Aargau



die ein sehr detailliertes Abbild des Waldes wiedergeben. So können neben Feinerschliessungen auch Baumhöhen herausgelesen werden.

Grafik: zVg

Planung und Optimierung von Feinerschliessung ist aufwendig.

Feinerschliessung hingegen wurde erst auf rund 40 Prozent der Waldfläche kartiert. Vor 2014 erfolgte die Erfassung der Feinerschliessung ausschliesslich mit GPS-Geräten im Wald. Seit 2014 stehen für den ganzen

Kanton Aargau LiDAR-Daten zur Verfügung, und die Erfassung per GPS wird durch eine manuelle Erfassung am Computer ergänzt. Dazu wird aus den Lidar-Daten ein digitales Geländemodell (DTM) berechnet und dieses dann so bearbeitet, dass Bodenstrukturen gut sichtbar sind. Die klassische Methode, um die Bodenstrukturen gut erkennbar zu machen, ist das sogenannte «hillshading». Dabei wird ein bestimmter Sonnenstand simuliert und dann der theoretische Schattenwurf des Geländes berechnet und auf

einer Karte dargestellt (Abbildung 2 links).

Diese Methode hat allerdings den Nachteil, dass gewisse Bodenstrukturen je nach Sonnenstand, der simuliert wurde, nicht zu sehen sind (zum Beispiel parallel zur Sonneneinstrahlung verlaufende Fahrspuren oder Fahrspuren in Nordhängen, falls die Sonne im Süden simuliert wurde). Darum hat der Kanton Aargau eine eigene Methode zur Hervorhebung von Bodenstrukturen entwickelt. Diese «Aargauer Methode» funktioniert unabhängig von

einem simulierten Sonnenstand und hebt alle Bodenstrukturen gleichmässig hervor (Abbildung 2 rechts).

Auf dieser Karte können die häufig gut sichtbaren Fahrspuren direkt digital nachgezeichnet werden. Mithilfe dieser Karte lassen sich etwa zwei Drittel der Feinerschliessung rekonstruieren und digitalisieren. Dieser Arbeitsschritt ist trotz den technischen Hilfsmitteln, die heute für die Erfassung der Feinerschliessung zur Verfügung stehen, sehr zeitaufwendig. Und: Das Erkennen der Fahrspuren erfordert Übung.

Modell lernt Merkmale zu erkennen

Im Rahmen seiner Abschlussarbeit nach einer Weiterbildung im Bereich Data Science an der Fachhochschule Nordwestschweiz hat einer der Verfasser dieses Artikels, Rafael Bienz, basierend auf den bestehenden

Daten (Bodenstrukturkarten und bereits erfasste Fahrspuren) ein auf den bestehenden Daten (Bodenstrukturkarten und bereits erfasste Fahrspuren) basierendes Bilderkennungsmodell entwickelt, um für die bisher nicht kartierte Kantonsfläche die Fahrspuren automatisch zu erfassen. Dazu wurde ein künstliches neuronales Netzwerk verwendet und so trainiert, dass es die Feinerschliessung auf der Bodenstrukturkarte automatisch erkennen und markieren kann. Als Grundstruktur für das Modell wurde ein sogenanntes «U-Net» verwendet, das für die Analyse von medizinischen Bildern entwickelt wurde. Interessant dabei ist, dass die medizinischen Elektronenmikroskop-Bilder eine optische Ähnlichkeit mit den Bodenstrukturkarten aus Lidar haben (beides Graustufenbilder). Dies könnte ein Grund sein, warum das

Modell auch für die LiDAR-Daten so gut funktioniert hat. Das Modell ist in Schichten aufgebaut und weiss, wie der Name sagt, eine U-förmige Struktur auf (Abbildung 3). Auf der linken Seite wird ein Ausschnitt der Bodenstrukturkarte (150×150 Meter) dem Modell übergeben. Dann verarbeitet das Netzwerk den Input (linke Seite des U) und extrahiert aus der Bodenstrukturkarte charakteristische Merkmale.

Genau diese Merkmale vermag das Modell zu lernen und während des Trainingsprozesses automatisch zu erkennen. Je tiefer das Netzwerk reicht, desto komplexere Merkmale können erkannt werden. In den höheren Schichten werden nur ganz einfache Strukturen, etwa Linien und Kanten, erkannt. In den tieferen Schichten können dann ganz komplexe Strukturen, wie die Fahrspuren, erkannt werden.

LiDAR

Lidar steht für «Light detection and ranging» und ist eine Laservermessungsmethode. Sie kann aus einem Flugzeug eingesetzt werden, um grosse Gebiete sehr präzise zu vermessen. Als Resultat entsteht eine dreidimensionale Punktwolke (siehe Titelbild Artikel), in der viele Informationen über den Wald und den Boden enthalten sind.

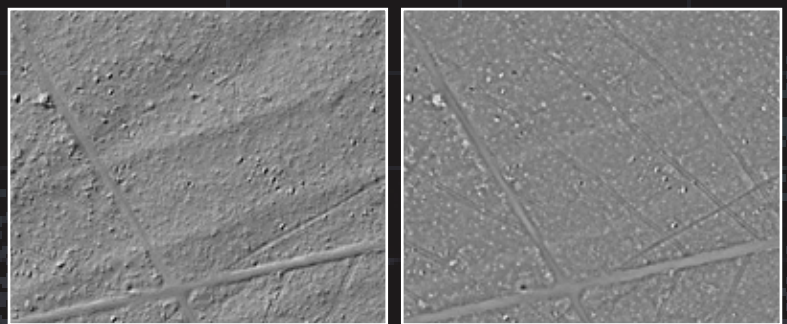
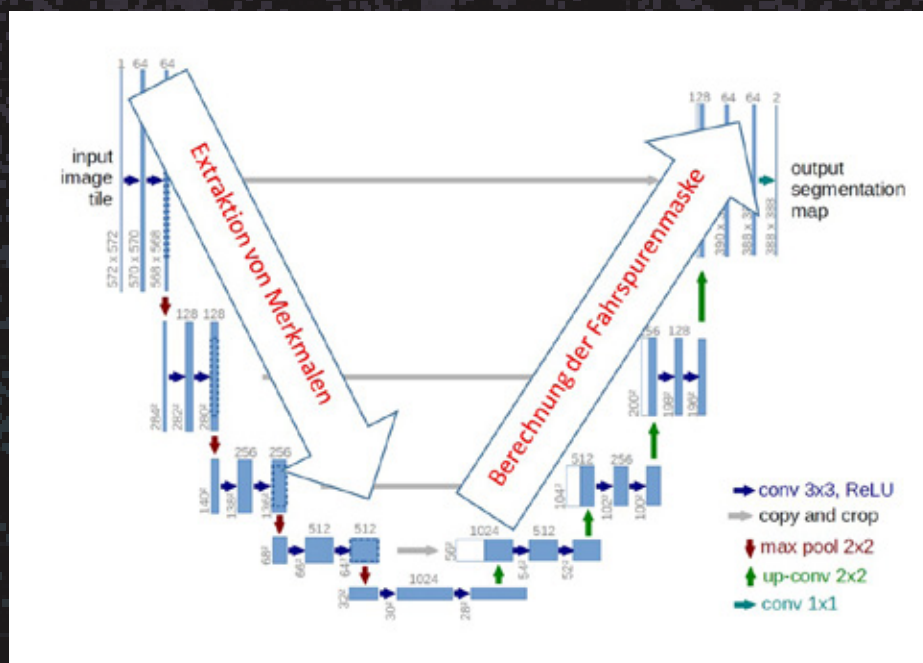


Abbildung 2: Aus den LiDAR-Daten abgeleitete Bodenstrukturkarten. Links: Hillshade / Rechts: Methode Aargau



Links, Abbildung 3: U-Net Architektur, die als Basis für das Aargauer Berechnungsmodell verwendet wurde. (aus Ronneberger et al., 2015, bearbeitet)

In einem zweiten Schritt (rechte Seite des U) kreiert das Netzwerk aus den erkannten Merkmalen eine sogenannte Maske. Die Maske markiert auf dem Input-Bild alle Pixel, die als Fahrspuren erkannt wurden (Abbildung 4).

Mit dieser Methode wurde für den Kanton Aargau eine Fahrspurenkarte berechnet. Allerdings war der so erstellte Datensatz für die weitere Verwendung noch nicht optimal. Damit man den Datensatz weiterverarbeiten und auswerten kann, müssen die Pixelreihen in Linien umgewandelt werden (vom Raster- zum Vektordatensatz). Darum wurde in einem zweiten Schritt ein weiterer Algorithmus entwickelt, der die vom Modell gefundenen Linien vektorisiert. So erhält man einen Datensatz, der unabhängig von der Zoomstufe den Verlauf der Fahrlinien unverpixelt darstellt (Abbildung 5).

Insgesamt hat die Methode sehr gut funktioniert: Etwa 90 Prozent der auf den Bodenstrukturkarten sichtbaren Fahrspuren wurden gefunden, und so konnten rund 126 000 Fahrlinien im Kanton Aargau automatisch kartiert werden. In einigen wenigen Fällen hat es das Modell aber auch zu gut gemeint und Waldstrassen oder Entwässerungsgräben fälschlicherweise als Fahrspuren klassiert.

Das so entstandene Produkt wird bereits erfolgreich als Grundlage für die Erfassung und Optimierung der Feinerschliessung eingesetzt und erleichtert die Arbeit der Forstbetriebe bei der Dokumentation der Feinerschliessung erheblich: Die erfassten Fahrspuren werden den Forstbetrieben auf einem GPS-Gerät mit GIS übergeben. Mit Lokalwissen kann ein Grossteil der automatisch kartierten Fahrspuren direkt

als Feinerschliessung deklariert werden. Die restlichen Fahrlinien oder frische Rückegassen werden dann «konventionell» mit dem GPS-Gerät erfasst und im GIS digitalisiert. Auf dieser Grundlage kann anschliessend das Feinerschliessungssystem optimiert werden. Das definitive und digitalisierte Feinerschliessungsnetz ist Basis fürs Erstellen von Arbeitsaufträgen oder Holzschlagsskizzen. Beim Unternehmerein-satz werden die Daten auf Wunsch vorgängig verschickt, womit sie den Maschinisten im Bord-GPS zur Verfügung stehen. Das auf die Erkennung der Fahrspuren im Aargau trainierte Modell steht frei im Internet zur Verfügung. Erste Tests mit Swisstopo-LiDAR-Daten von anderen Kantonen haben gezeigt, dass es auch dort gut funktioniert. ■

Link zum Modell
<https://bit.ly/skidroad>

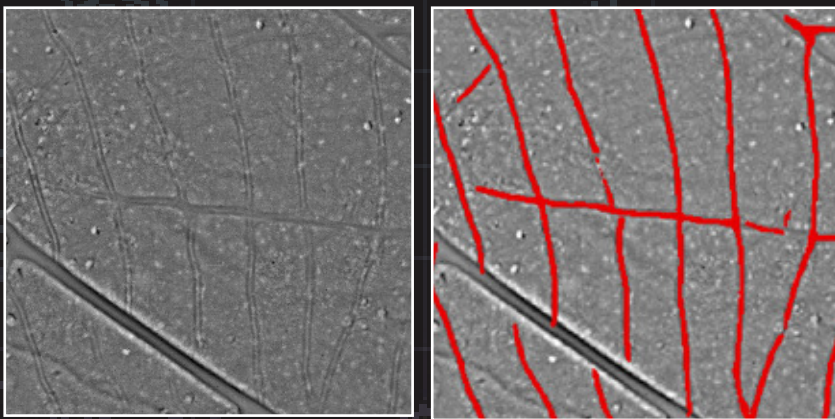


Abbildung 4, links: Ausschnitt der Bodenstrukturkarte (Eingabe ins Modell); rechts: Bodenstrukturkarte mit Fahrspurenmaske (Resultat des Modells).

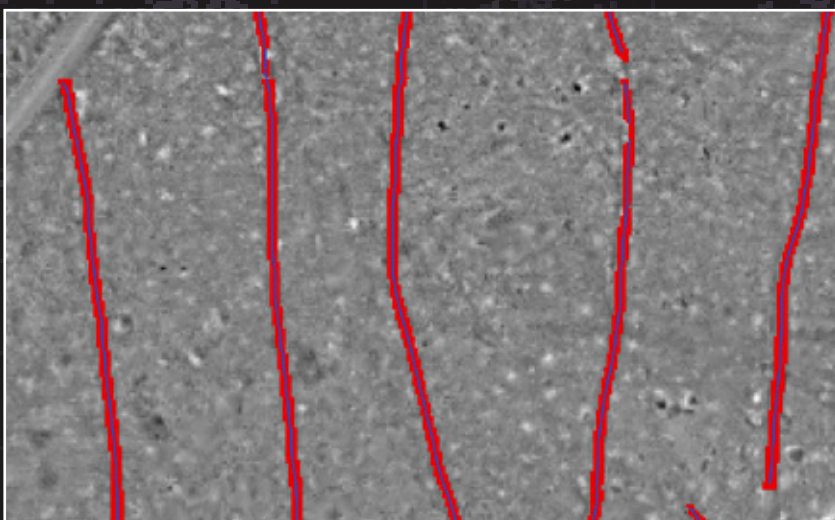


Abbildung 5: Gefundene Fahrspuren als Maske (rot), und als vektorisierte Linie in dieser Aufnahme blau eingezeichnet.

GLÄSERNER WALD

Die LiDAR-Methode wird weltweit auch für die Analyse von Waldgebieten angewandt. Beispielsweise hat das Office National des Forêts (ONF) in Frankreich in der Haute-Savoie, in der Nähe des Mont-Blanc-Massives, LiDAR-Flüge durchgeführt. Diese sollen nach Angaben von ONF dazu dienen, «die Wälder besser zu kennen und ihren Wert einschätzen zu können». Wert ist in diesem Punkt nicht monetär gemeint, sondern in ökologischer Hinsicht. Im Mai sollen gemäss ONF erste Ergebnisse aus der Lidar-Vermessung vorliegen. In der Haute-Savoie geht es wie im Kanton Aargau darum, Details über die Erschliessungen herauszufinden, aber auch die Biodiversität wie etwa die Baumartenzusammensetzung und eine durch das Klima verursachte Veränderung oder den Gesundheitszustand beobachten zu können.

Seit Jahren schon arbeiten unterschiedliche Forscherteams weltweit daran, den Wald zu digitalisieren, nicht nur aus der Luft, sondern auch am Boden. Einige sprechen in diesem Zusammenhang auch vom «gläsernen Wald». Ziel ist es, einen möglichst umfassenden «virtuellen Wald» als Beurteilungsbasis zu schaffen. Digitale Daten von Bäumen werden dabei nicht nur aus der Luft, sondern auch auf dem Boden mit Scannern erhoben. [hws]