

Projekt DraAuf – Drohnengestützte automatisierte Aufforstung (Kartierung der Aufforstungsfläche)

1) Motivation und Projektziel

Die Zunahme von Extremwetterereignissen und der notwendige Waldumbau aufgrund des Klimawandels ruft einen **großen Bedarf an Wiederaufforstung** hervor. Dabei ergibt sich insbesondere für schwer zugängliche Waldgebiete z.B. in Steil- und Schutzwäldern ein großes Potential für **drohnengestützte Aufforstung**.

Um die drohnengestützte Wiederaufforstung demonstrativ zu realisieren, wurde das **Projekt DraAuf** – ein KI-Leuchtturmprojekt gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit – ins Leben gerufen. Ziel des Projektes ist die **drohnengestützte automatisierte Aufforstung mit Fokus auf den schwer zugänglichen Berg- und Schutzwald**. Zunächst sollen mittels einer **Aufklärungsdrohne** hochauflösende Laserscan- und Multispektraldaten einer Aufforstungsfläche gesammelt werden. Unter Verwendung dieser Datenbasis werden anschließend **mögliche Pflanzstellen** mittels Verfahren des Maschinellen Lernens detektiert. Die Pflanzstellen werden anschließend mit einer **Schwerlastdrohne, ausgestattet mit einem Pflanzroboter**, angefliegen, dieser per Seil abgesetzt und ein Setzling angepflanzt.

2) Methodik

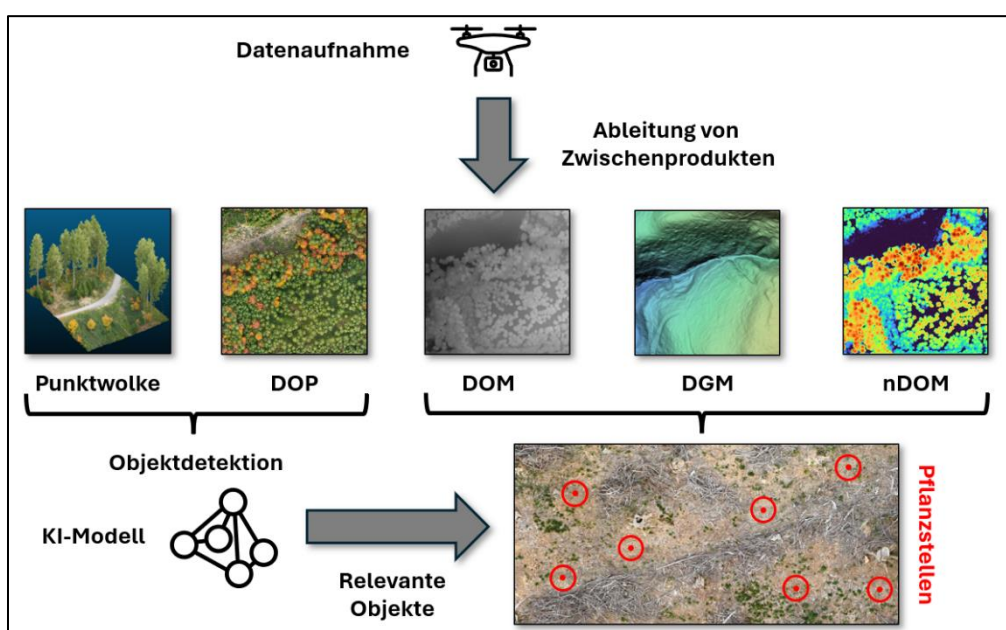


Abb. 1: Vorgehensweise zur Detektion von Pflanzstellen

Für die Ermittlung geeigneter Pflanzstellen ist zunächst die **Kartierung der Aufforstungsfläche** mittels UAV notwendig. Aus den gesammelten **georeferenzierten Laserscan- und Multispektraldaten** werden verschiedene **Zwischenprodukte** berechnet, wie ein Digitales Orthophoto (DOP), ein Digitales Geländemodell (DGM), ein Digitales Oberflächenmodell (DOM), ein normalisiertes Oberflächenmodell (nDOM), sowie eine colorierte Punktwolke. Diese 2D- und 3D-Daten sollen anschließend fusioniert und für die **Detektion von für den Pflanzvorgang relevanten Objekten** – wie z.B. Bäumen, Baumstümpfen und liegendem Totholz – verwendet werden. Ausgehend von den segmentierten Objekten können anschließend **geeignete Pflanzstellen detektiert** werden, die ausreichend Platz für den Pflanzroboter bieten und frei von „Hindernissen“ sind. Auch der **Abstand zu bestehenden Bäumen** und die **Steigung des Geländes** kann für jede Pflanzstelle berechnet und berücksichtigt werden (gesamter Workflow in Abb. 1 zusammengefasst). Aus Gründen der Anwendbarkeit soll das Modell zur Detektion geeigneter Pflanzstellen zudem **auf andere Gebiete übertragbar** sein, ohne neu trainiert werden zu müssen. Als Ergebnis der Kartierung liegen für jede geeignete Pflanzstelle **präzise Positionen** vor, die von der **Schwerlastdrohne mit dem Pflanzroboter** gezielt angefliegen werden können.

3) Ergebnisse

Eine **erste Datenaufnahme** zweier Aufforstungsflächen im Kürnacher Wald in der Nähe von Kempten im Allgäu erfolgte im Oktober 2025 (Abb. 2). Dabei kamen ein *DJI Zenmuse L2* Laserscanner und eine *Micasense RedEdge MX Dual* Multispektralkamera zum Einsatz. Die **Kartierdauer** kann mit **etwa 1 ha/min** angegeben werden, bei einer relativen Flughöhe von etwa 80 m und einer Punktdichte von 2500-3000 Punkten pro m².

Das insgesamt etwa 10 ha große Gebiet zeichnet sich dabei durch sein **anspruchsvolles Terrain** aus, das mit Forstmaschinen nur **schwer zugänglich** ist. Die beiden Flächen unterscheiden sich dabei in ihrem Schwierigkeitsgrad für eine automatisierte Aufforstung. Während bei Fläche 1 die Pflanzstellen zwischen bestehenden Bäumen in einem weniger steilen Gebiet liegen, ist die Fläche 2 vollständig abgeholzt, weist aber ein deutlich anspruchsvolleres Terrain auf und enthält **zahlreiche Hindernisse** (siehe Abb. 2).

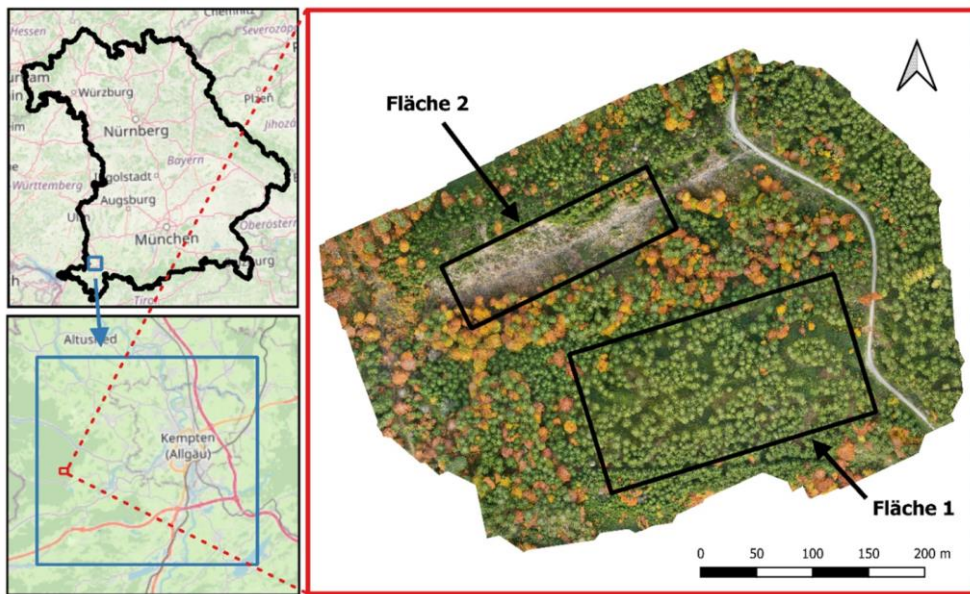


Abb. 2: Orthophoto der Aufforstungsflächen im Kürnacher Wald bei Kempten im Allgäu

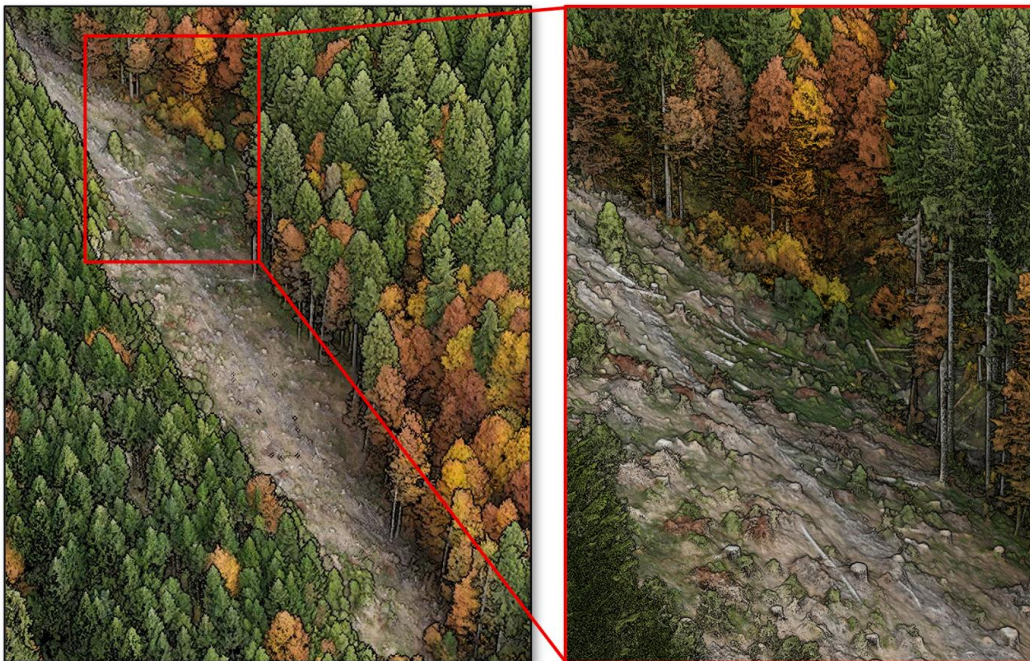


Abb. 3: Colorierte Punktwolke der Fläche 2 (links) und Detailansicht (rechts)

4) Ausblick

Im Nachgang an die Anpflanzung mit der Schwerlastdrohne soll der **Anwuchserfolg** durch regelmäßige Kontrollflüge ermittelt werden. Das Verfahren soll außerdem auf **andere Waldgebiete** übertragen werden.