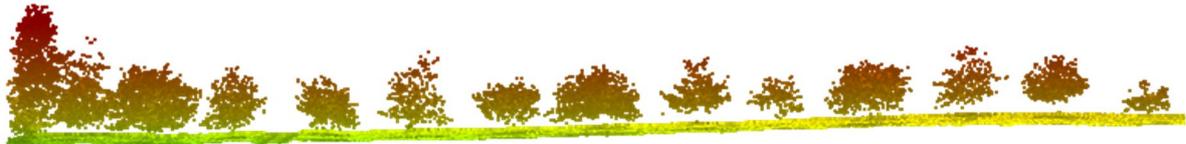


Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement
Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung
Heinrich-Buff-Ring 26-30
35392 Gießen



**Entwicklung eines fernerkundungsbasierten
MONitoringsystems zur Bewertung der quantitativen und
qualitativen Veränderung von STreuobstwiesen in Hessen
mit Fokus auf 3D-Laserscanningdaten (MOST^{3D})**

Abschlussbericht zum 15.10.2023

Prof. Dr. Till Kleinebecker (Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung)
Till.Kleinebecker@umwelt.uni-giessen.de

Dr. André Große-Stoltenberg (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)
Andre.Grosse-Stoltenberg@umwelt.uni-giessen.de

Andreas Hanzl, M.Sc. (Wissenschaftlicher Mitarbeiter)
Andreas.Hanzl@umwelt.uni-giessen.de

Gefördert durch den Hessischen Biodiversitätsforschungsfonds des Hessischen Landesamtes
für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Summary	4
Einleitung.....	6
Erheben der Grundlagendaten	7
Datenrecherche.....	7
Datenaufbereitung	11
Erstellen von Referenzdaten	11
Entwicklung von FE-Indikatoren.....	14
Ansätze zum Monitoring von quantitativen Veränderungen der Streuobstwiesen in Hessen	16
Ansätze zum Monitoring von qualitativen Veränderungen der Streuobstwiesen in Hessen	21
Potential weiterer Geodaten mit Fokus auf die historischen Luftbilder Hessens	24
Öffentlichkeitsarbeit und Austausch.....	27
Fazit	28
Literatur.....	29

Zusammenfassung

Die Erhaltung und nachhaltige Bewirtschaftung von Streuobstwiesen stellen eine zentrale Herausforderung für den Naturschutz in Hessen dar, so dass in 2022 die erste Hessische Streuobstwiesenstrategie veröffentlicht wurde. Das Projekt MOST^{3D}, gefördert durch den Hessischen Biodiversitätsforschungsfonds des HLNUG, hatte zum Ziel, mittels neuartiger Technologien aus dem Bereich der Fernerkundung präzise Datengrundlagen zum Zustand der Streuobstwiesen landesweit zu gewinnen, und somit ein Werkzeug zum Monitoring der Streuobstbestände zu entwickeln.

Hierzu wurden in erster Linie flugzeuggestützte Laserscanning-Fernerkundungsdaten (LiDAR) der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) genutzt, die für zwei Zeitschnitte für die gesamte Landesfläche vorliegen. Die Anwendung von Fernerkundungsmethoden bietet großes Potenzial sowohl für die Erfassung des Ist-Zustands als auch der Veränderungen in Streuobstwiesen. Bisherige Forschung in Mitteleuropa ist begrenzt, doch insbesondere der Einsatz von flugzeuggestütztem LiDAR zeigt vielversprechende Ergebnisse besonders bezogen auf Analysen zur 3D-Vegetationsstruktur wie zum Beispiel der Einzelbaumdetektion oder der Identifikation von Verbuschung.

Neben den LiDAR-Daten war die wichtigste Geodatengrundlage des Projekts die "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" des HLNUG. Basierend auf manueller Bildinterpretation lieferte dieses Geodatenprodukt die räumlichen Abgrenzungen von über 20 000 Streuobstbeständen in Hessen. Für diese Bestände wurden in MOST^{3D} die entsprechenden Laserscanningdaten sowie die digitalen Luftbilder seit 2008 von der HVBG zur Verfügung gestellt. Die LiDAR-Rohdaten wurden prozessiert und semi-automatisiert ausgewertet, so dass auf Bestandesebene Grundlageninformationen und Indikatoren zum Zustand abgeleitet werden konnten. Dies beinhaltete zum Beispiel Vegetationshöhe, Bestandesdichte basierend auf der Einzelbaumdetektion, Zusammenwachsen von Baumkronen und erhöhte LiDAR-Punktwolkendichten zwischen 0,5 und 1,5m über Grund als Hinweis auf Bodenverbuschung. Zur Validierung wurden auf über 150 Streuobstwiesen per manueller Bildinterpretation über 50 000 Objekte wie Einzelbäume und Verbuschung kartiert. Im Gelände wurden auf 33 Streuobstflächen für über 4 500 Einzelbäume Detailinformation wie Art, Baumhöhe, Stammumfang, Kronenansatz und Pflegezustand erfasst.

Über die aktuellen Fernerkundungsdaten hinaus wurden auch die historischen Luftbilder von 1952-1967 der HVBG genutzt, um auf landesweiter Ebene die Veränderungen über die letzten Jahrzehnte hinweg zu analysieren. Hierzu wurden nach dem Vorbild der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" des HLNUG die Streuobstbestände in den historischen Luftbildern per manueller Bildinterpretation landesweit kartiert.

Die ersten Auswertungen haben gezeigt, dass sich die flugzeuggestützten LiDAR-Daten sehr gut dazu eignen Einzelbäume zu detektieren, Baumhöhen abzuleiten, und Kronenflächen zu berechnen. Darüber hinaus konnten mit diesen 3D-Daten sowohl das Zusammenwachsen von Baumkronen als auch das Vorkommen mittelhoher Vegetation als Hinweis auf Verbuschung identifiziert werden. Zur Ableitung des Kronenansatzes sind noch weitere Untersuchungen notwendig, wobei sich da der Einsatz von Drohnen oder mobilen Laserscanningssystemen anbietet. Da die LiDAR-Daten für zwei Zeitschnitte von einem Abstand von ca. 10 Jahren vorhanden waren, konnten auch zeitliche Veränderungsanalysen durchgeführt werden, um Tendenzen der (Über-)Alterung oder der Verbuschung der Streuobstwiesen zu identifizieren.

Die Auswertung der historischen Luftbilder verdeutlicht den signifikanten Rückgang von Streuobstbeständen in Hessen seit den 1950er Jahren sowohl was die Flächenanzahl als auch die Flächengröße der Bestände angeht. Da die Daten zum historischen Vorkommen der Streuobstbestände flächenscharf vorliegen, ist eine detaillierte Analyse, zum Beispiel auf Kreis- oder Kommunalebene, möglich. So können zum Beispiele regionale Unterschiede des Rückgangs oder die Ausdünnung der Bestandsdichten auf Landschaftsebene untersucht werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die öffentlich verfügbaren Fernerkundungsdaten in Hessen prinzipiell sehr gut zur Inventarisierung von Streuobstwiese geeignet sind, und dass gerade die landesweit verfügbaren Laserscanningdaten ein großes Potenzial für die Kartierung der Vegetationsstruktur von Streuobstbeständen bieten. Um auf Basis der Erkenntnisse aus MOST^{3D} ein effizientes Monitoringverfahren zu etablieren, ist neben der weiteren Auswertung der LiDAR-Daten auch eine Übertragung der Methodik auf digitale Luftbilder vorteilhaft, da letztere kontinuierlich und in kürzeren zeitlichen Abständen landesweit erfasst werden. Hier bieten sich bezogen auf die Datenanalyse vor allem Methoden der Künstlichen Intelligenz an. Da LiDAR-Daten und digitaler Luftbilder in vergleichbarer Form bundesweit vorliegen, sind die

für Hessen generierten Kenntnisse potentiell auch auf Streuobstbestände in anderen Bundesländern übertragbar.

MOST^{3D} eröffnete somit nicht nur Perspektiven für zukünftige Forschung, sondern verdeutlichte auch das Potential neuartiger Methoden der Fernerkundung im Rahmen der hessischen Streuobstwiesenstrategie. Die gewonnenen Daten sind nicht nur wissenschaftlich relevant, sondern eignen sich auch für eine effektive Kommunikation und anschauliche Visualisierung für die Öffentlichkeit. Die Erkenntnisse aus diesem Projekt bilden damit eine solide und vielversprechende Grundlage für zukünftige Maßnahmen zum Erhalt und zur Förderung hessischer Streuobstwiesen.

Summary

The conservation and sustainable management of traditional orchards (“Streuobstwiesen”) pose a central challenge for nature conservation in Hesse. In 2022, the first Hessian Orchards Strategy (“Streuobstwiesenstrategie”) was released to address this issue. The MOST^{3D} project, funded by the Hessian Biodiversity Research Fund of the Hessian Agency for Nature Conservation, Environment and Geology (HLNUG), aimed to utilize innovative remote sensing technologies to obtain precise data on the condition of orchards across the entire state. The primary data source for the project was airborne laser scanning remote sensing data (LiDAR) from the “Hessian Agency of Land Management and Geoinformation (HVBG)”, covering two periods for the entire state. The application of remote sensing methods offers significant potential for assessing both the current state and changes in orchards.

Besides LiDAR data, the crucial geospatial foundation for the project was the "Aerial Image Interpretation of Orchards and Woody Plants" from HLNUG. This product, based on manual image interpretation, provided the spatial delineations of over 20,000 orchards in Hessen. In MOST^{3D}, these geospatial data were combined with LiDAR data and digital aerial images provided by HVBG since 2008. LiDAR raw data were processed and semi-automatically analyzed, allowing for the derivation of basic information and indicators on the orchard's condition at stand level. This included vegetation height, stand density based on individual tree detection, touching or clumping of tree crowns, and increased LiDAR point cloud densities between 0.5 and 1.5m above ground as an indication of ground vegetation encroachment. Validation involved mapping over 50,000 objects, such as individual trees and ground vegetation, on over 150 orchards through manual image interpretation. Detailed field information, including species, tree height, stem circumference, crown area, and tree condition, was collected for over 4,500 individual trees on 33 orchard sites.

In addition to current remote sensing data, historical aerial images from 1952-1967 were used to analyze changes over the last decades on a statewide level. Following the example of HLNUG's "Aerial Image Interpretation of Orchards and Woody Vegetation," orchard stands in historical aerial images were manually mapped across the state.

The initial evaluations showed that airborne LiDAR data are well-suited for detecting individual trees, deriving tree heights, and calculating crown areas. Moreover, these 3D data effectively identified crown clumping and the presence of medium-height vegetation as an

indicator of encroachment. Further investigations are needed for the derivation of crown height, where the use of drones or mobile laser scanning systems is suitable. As LiDAR data were available for two time periods with approximately 10 years apart, temporal change analyses were conducted to identify trends in orchard aging or vegetation encroachment.

The evaluation of historical aerial images illustrated the significant decline of orchard stands in Hessen since the 1950s, both in terms of the number of stands and their area. As data on the historical occurrence of orchards are available at the stand level, a detailed analysis, such as at the district or municipal level, is possible. This allows for examining regional differences in the decline or the thinning of stand densities at the landscape level.

In conclusion, publicly available remote sensing data in Hessen are generally well-suited for orchard inventories, with statewide LiDAR data showing significant potential for mapping the vegetation structure of orchard stands. To establish an efficient monitoring procedure based on the findings from MOST^{3D}, the methodology should be transferred to digital aerial images, as the latter are continuously and more frequently captured statewide. Artificial Intelligence methods are particularly beneficial for data analysis in this context. Since LiDAR data and digital aerial images are available nationwide in a comparable form, the knowledge generated for Hessen is potentially transferable to orchard stands in other federal states.

MOST^{3D} not only opened perspectives for future research but also emphasized the potential of innovative remote sensing methods within the framework of the Hessian Orchards Strategy. The acquired data are not only scientifically relevant but are also suitable for effective communication and vivid visualization for the public. The insights from this project thus provide a solid and promising foundation for future actions aimed at preserving and promoting Hessian orchards.

Einleitung

Die Anwendung von Fernerkundungsmethoden eröffnet ein beträchtliches Potenzial zur Erfassung quantitativer und qualitativer Veränderungen in natürlichen Lebensräumen (Lucas et al. 2015, Oldeland et al. 2017, Große-Stoltenberg et al. 2018). Ein wesentlicher Vorzug dieser fernerkundlichen Ansätze besteht darin, dass sie die systematische Erfassung umfassender und präziser Geoinformationen ermöglichen und dies zudem in regelmäßigen Intervallen durchführen können.

Es ist jedoch anzumerken, dass bislang nur begrenzte Forschungsarbeiten zur Verwendung von flugzeuggestützten Laserscanning- oder LiDAR-(Light Detection and Ranging) Daten im Kontext mitteleuropäischer Streuobstwiesen durchgeführt wurden (s. Große-Stoltenberg et al. 2023). Hierin liegt ein erhebliches Potenzial zur Entwicklung von fernerkundungsbasierten Monitoringtools, die dazu beitragen können, Berichtspflichten zu erfüllen sowie die Umsetzung konkreter Schutz- und Verbesserungsmaßnahmen für Streuobstwiesen unterstützen.

Beispielsweise ermöglicht die Fernerkundung die Abschätzung der Bestandsdichte und des Pflegezustands von Streuobstwiesen sowie die Ableitung von Größenparametern auf Einzelbaumebene. Diese Informationen könnten als Grundlage für die Berechnung des zeitlichen und finanziellen Aufwands zur Pflege und Erhaltung dieser wertvollen Ökosysteme dienen. Darüber hinaus erweisen sich LiDAR-Daten als äußerst nützlich für die Visualisierung von Streuobstwiesen. Sie können zur effektiven Kommunikation über Streuobstwiesen eingesetzt werden, sei es auf Websites, in öffentlichen Veranstaltungen oder im Rahmen von Fortbildungsinitiativen.

Die Nutzung von LiDAR-Fernerkundungstechnologien verdeutlicht somit exemplarisch den innovativen Einsatz moderner Technologien zum Schutz und zur Erhaltung traditioneller Kulturlandschaften. Dieser Ansatz verspricht eine Synergie zwischen wissenschaftlicher Forschung, Naturschutzpraxis und Öffentlichkeitsarbeit, um die Bedeutung und den Schutz von Streuobstwiesen in Hessen im Rahmen der hessischen Streuobststrategie zu fördern.

Für Hessen liegen flugzeuggestützte Laserscanning aus zwei landesweiten Kampagnen vor (HVBG 2020). Die Hauptziele des MOST3D waren es zu evaluieren, inwiefern flugzeuggestützte Laserscanningdaten geeignet sind 1) zur Einzelbaumdetektion, (2) zur Ableitung von Größenparameter (Baumhöhe und Kronendimension) und deren Veränderungen zwischen

den zwei LiDAR-Kampagnen, und (3) zur Detektion von Verbuschung auf Streuobstwiesen auf landesweiter Ebene. Zusätzlich zur Auswertung der 3D-Laserscanningdaten wurde evaluiert, inwiefern (4) die ebenfalls landesweit verfügbaren historischen Luftbilder (1952-1967) geeignet sind um Langzeitentwicklungen aufzuzeigen.

Um diese Fragen zu beantworten umfasste das Projekt MOST^{3D} vier Arbeitspakete: (1) Erheben der Grundlagendaten, (2) Entwicklung von Ansätzen zum quantitativen Monitoring, (3) Entwicklung von Ansätzen zum qualitativen Monitoring und (4) die Evaluierung des Potentials weiterer Geodaten mit Fokus auf die historischen Luftbilder Hessens.

Erheben der Grundlagendaten

Datenrecherche

Im Rahmen des ersten Arbeitspakets im Projekt MOST^{3D} wurden mehrere Schwerpunkte behandelt, die die Grundlage für die weiteren Analysen und Untersuchungen bildeten. Dieses Arbeitspaket konzentrierte sich auf die Bereiche Datenrecherche, Datenaufbereitung, die Erstellung von Referenzdaten und Entwicklung von Fernerkundungs-Indikatoren und im Zusammenhang mit Streuobstwiesen in Hessen.

Der initiierte Schritt bestand in der Identifikation geeigneter Geodatenquellen, welche Informationen über die räumliche Verteilung von Streuobstwiesen in Hessen bereitstellen konnten. Hierbei wurden verschiedene Informationsquellen in Betracht gezogen, um ein umfassendes Bild zu erhalten. Als Ausgangspunkt für sämtliche Analysen im Projekt diente die "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" (Abbildung 1), die auf digitalen Orthofotos basierte und vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) beauftragt und koordiniert wurde (HLNUG 2017). Dieser spezielle Datensatz, auch als "Layer" bezeichnet, ist im Natureg-Viewer des Landes Hessen verfügbar.

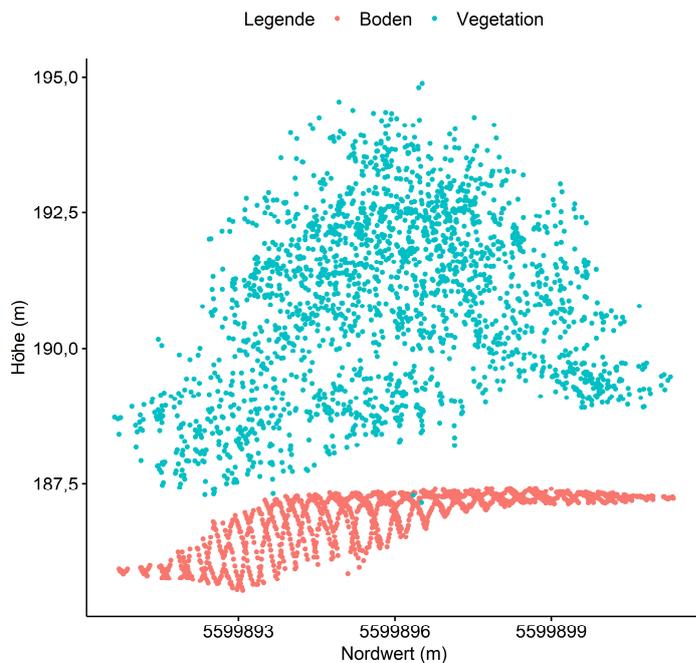
Diese Luftbildinterpretation erwies sich als entscheidende Grundlage für die räumliche Abgrenzung und Identifikation von Streuobstwiesen im gesamten Bundesland Hessen. Insgesamt umfasst dieser Layer die räumliche Abgrenzung von über 21.000 Streuobstwiesen. Diese umfangreiche Datengrundlage ermöglichte es, präzise Informationen über die Verbreitung und Ausdehnung von Streuobstwiesen in Hessen zu gewinnen, was wiederum von

zentraler Bedeutung für die weiteren Forschungsarbeiten im Rahmen des Projekts MOST^{3D} war.



Abbildung 1: Vorkommen von Streuobstwiesen (lila Polygone) nach der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" auf Basis digitaler Orthofotos (HLNUG 2017) bei Friedrichsdorf (Hochtaunuskreis).

Passend zu den Geodaten der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" wurde im Rahmen des Projekts MOST^{3D} eine Anfrage an die Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) gestellt, um flugzeuggestützte



Laserscanning- oder LiDAR (Light Detection and Ranging)-Daten zu erhalten. Diese hochpräzisen 3D-Datensätze wurden flächendeckend für das gesamte Bundesland Hessen in zwei Zeitschnitten erfasst (HVBG 2020) und bildeten die Grundlage für die Einzelbaumdetektion und –segmentierung sowie zur Analyse der Verbuschung. Ein Beispiel für einen Apfelbaum basierend auf einer LiDAR Punktwolke ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: LiDAR-Punktwolke eines Apfelbaums mit Hanglage auf einer Streuobstwiese nahe Allendorf an der Lahn. Die Bodenpunkte sind, in weiterführenden Analysen, die Grundlage zur Erstellung eines digitalen Terrainmodells und zur Ermittlung der terrainkorrigierten Baumhöhe. Daten ©HVBG

Die Nutzung von LiDAR-Daten ermöglichte eine äußerst detaillierte Analyse der Vegetationsstruktur der Streuobstwiesen. Diese Daten wurden in Kombination mit digitalen Orthofotos der HVBG verwendet (Abbildung 3), um eigene Referenzdaten auf Einzelbaumebene zu erstellen. Die Orthofotos lagen für den Zeitraum 2009-2019 vor. Diese Referenzdaten waren von entscheidender Bedeutung für die Validierung der Ergebnisse und die genaue Identifikation von Streuobstbäumen im gesamten Untersuchungsgebiet.

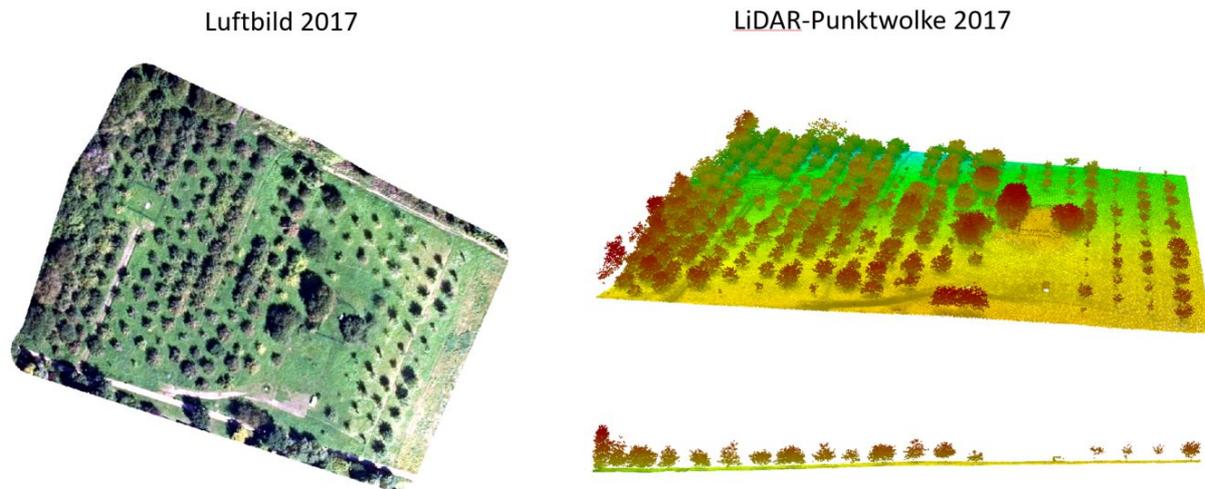


Abbildung 3: Echtfarben-Orthophoto (links) und LiDAR-Punktwolke eingefärbt nach der Höhe (rechts) einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus, Main-Taunus-Kreis. LiDAR-Daten und Orthofotos: Daten ©HVBG. Darstellung nach Große-Stoltenberg et al. (2023)

Die historischen Luftbilder, die von der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG) aus dem Zeitraum von 1952 bis 1967 stammen (HVBG 2023), wurden in ein lokales Geoinformationssystem (GIS) integriert. Dies geschah durch die Bereitstellung dieser Luftbilder über den Web Map Service des Geoportals Hessen. Zusammen mit den Daten aus der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" bildete dies die Grundlage der Kartierung der historischen Verbreitung (1952-67) der Streuobstwiesen per manueller Bildinterpretation (Abbildung 4).

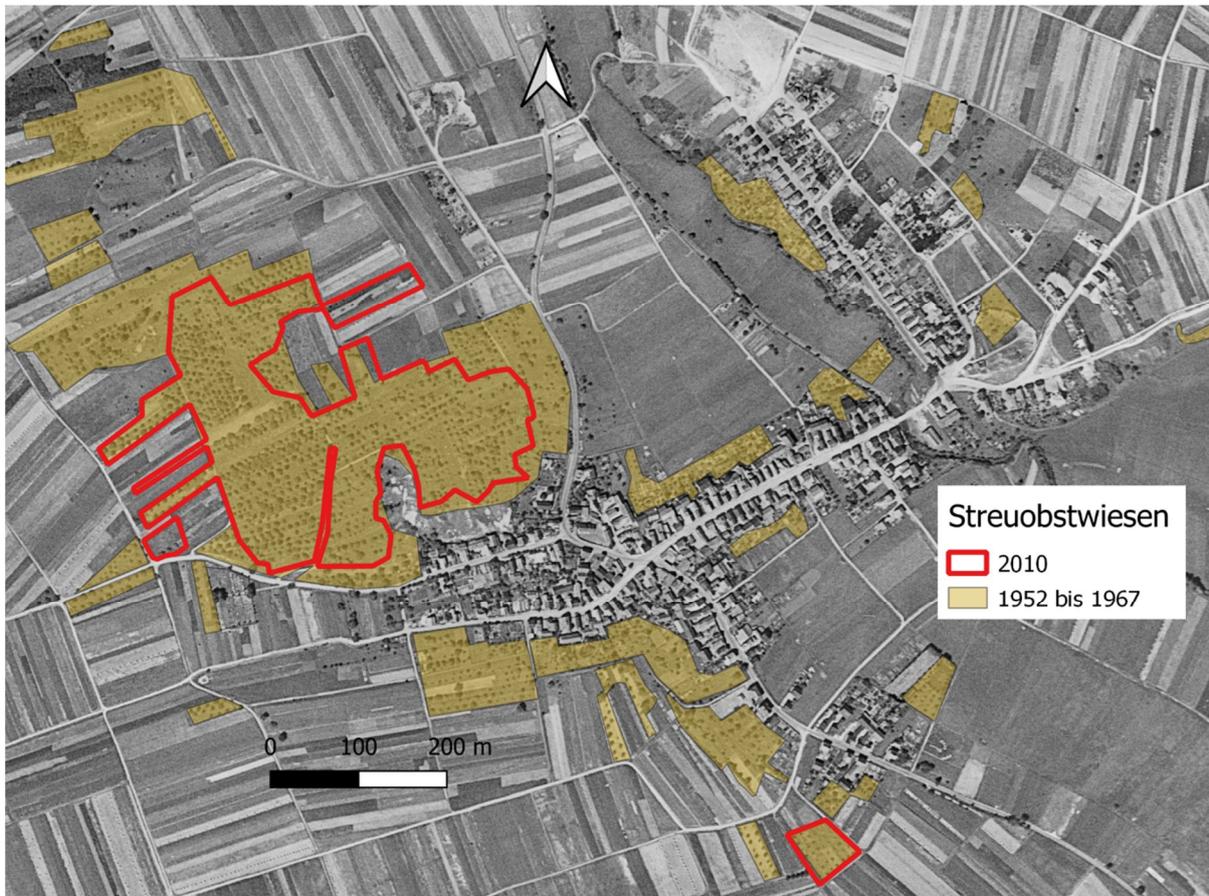


Abbildung 4: Vorkommen von Streuobstwiesen in Allendorf a. d. Lahn auf Basis der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" (HLNUG 2017) (rot, 2010) und nach eigener Kartierung (beige, 1952-1967) auf Basis der historischen Luftbilder aus dem Geoportal Hessen. Bilddaten ©HVBG

Diese Hauptdatenquellen wurden ergänzt durch weitere, öffentlich verfügbare Geodaten wie die Hessische Biotopkartierung (HB), die Hessische Lebensraum- und Biotopkartierung (HLBK) und die CORINE Landbedeckungs-/Landnutzungsdaten. Es wurden zudem erste Daten mittels unbemannter Luftfahrzeuge (UAVs oder „Drohnen“) für vier Streuobstflächen gesammelt. Hierbei wurde in verschiedenen Höhen mit unterschiedlichen Einstellungen (z.B. Bildüberlappung) mit einer Mavic 2 Pro (DJI) geflogen. Es wurden außerdem Schrägläufe auf allen vier Streuobstflächen durchgeführt und eine Fläche wurde zusätzlich mit einer LiDAR-Drohne in zwei Höhen befliegen. Abbildung 5 zeigt beispielhaft eine 3D-Punktwolke von drei Streuobstbäumen aus der hessenweiten LiDAR-Flugkampagne der HVBG im Vergleich zu einer aus den Drohnenbildern generierten 3D-Punktwolke.



Abbildung 5: Beispiel von Einzelbäumen auf einer Streuobstwiese auf Basis der flugzeuggestützten LiDAR-Punktwolke (links) und auf Basis von Drohnendaten (rechts). LiDAR-Daten ©HVBG

Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung der Orthophotos umfasste den Zuschnitt auf die 21.544 hessischen Streuobstwiesen auf Basis des Layers „Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze“ des HLNUG. Die Datenaufbereitung der LiDAR-Daten umfasste, kohärent zu jener der Orthophotos, den Zuschnitt auf die Streuobstwiesen. Auf Basis der klassifizierten Punktwolke wurden verschiedene Höhenmodelle gerechnet. Dies beinhaltete für jede Streuobstwiese ein Digitales Terrain Model (DTM), ein Digitales Oberflächen Modell (DOM), und ein Vegetationshöhenmodell (VHM), welches u.a. die Höhe der einzelnen Bäume darstellt und in dem die Terraineffekte korrigiert sind. Diese Geodaten wurden dann in das lokale GIS mit den historischen Luftbildern integriert. Codeskripts zur Extrahierung und Berechnung verschiedener Metriken (z.B. Baumhöhe, Kronendurchmesser, Höhenindikatoren, ...) wurden erstellt.

Erstellen von Referenzdaten

Zur Interpretation der semi-automatisierten Detektion von Einzelbäumen und Verbuschung wurden Referenzdaten auf Basis von Orthofotos per manueller Bildinterpretation erstellt. So wurden für 151 Wiesen nicht nur Einzelbäume kartiert, sondern auch Informationen zu zusammenwachsendenden Kronen und Entwicklung von geschlossenen Gehölzbeständen aufgenommen, und somit über 50.000 Objekte erfasst (Abbildung 6). Ergänzend wurde über Streuobstwiesen in ganz Hessen eine Stichprobe gezogen. Dazu wurde ein Gitternetz mit einer Gittergröße von 50-100m über ganz Hessen gelegt, und an den Gitternetzpunkten Referenzdaten aufgenommen. Am jeweiligen Kontrollpunkt wurde das nächstgelegene relevante Objekt mithilfe eines Kartierschlüssels als Punkt- oder Flächenobjekt digitalisiert (Abbildung 7).

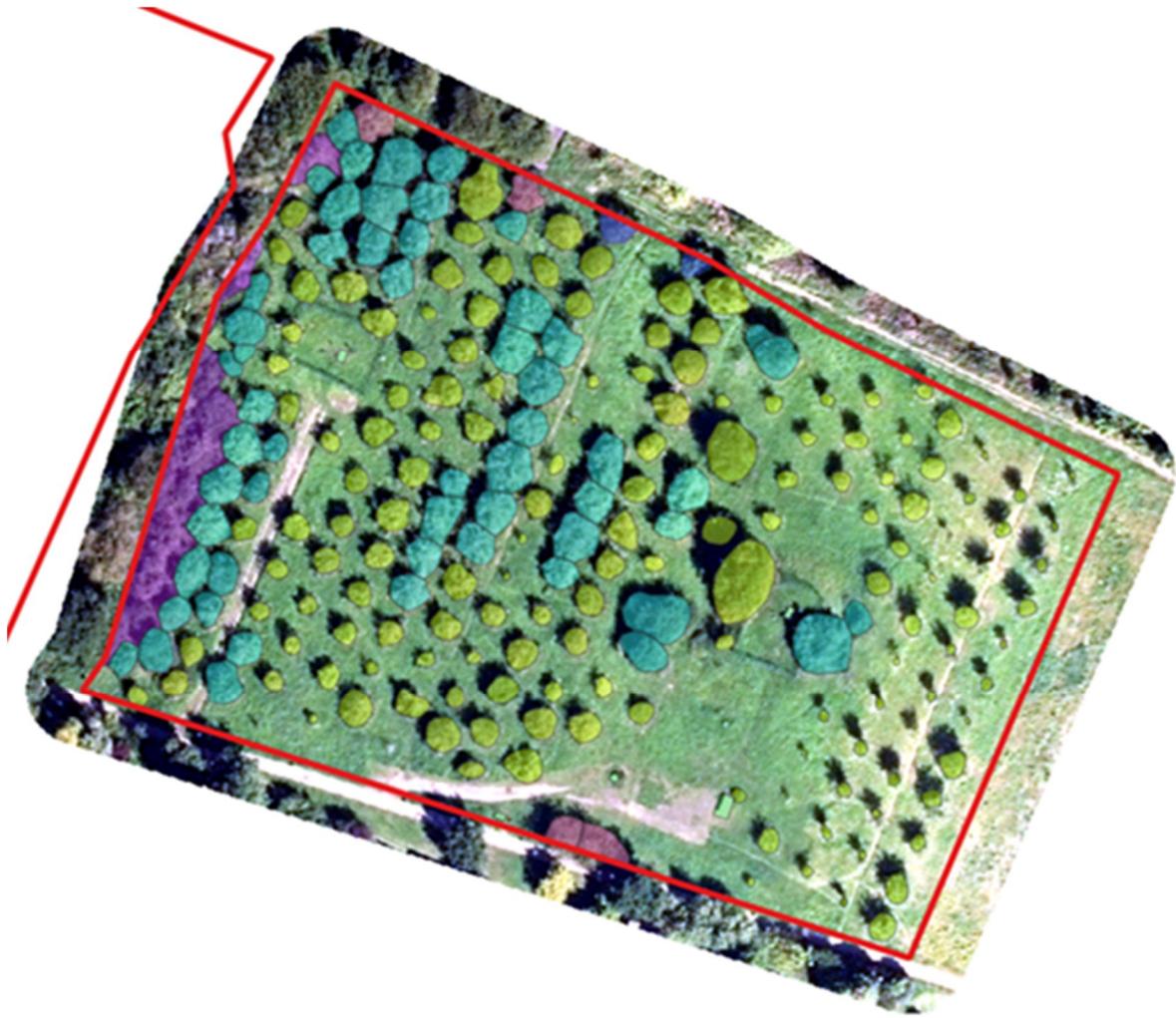


Abbildung 6: Beispiel für die Erhebung von Referenzdaten per manueller Bildinterpretation auf Basis von Orthofotos zu Einzelbäumen (grün), zusammenwachsenden Kronen (blau-türkis) und geschlossenen Gehölzbeständen. Luftbild-Daten ©HVVG



Abbildung 7: Ausschnitt der Referenz-Punkt- und -Polygon-Layer mit 6 freistehenden Bäumen (Nummer 0), einem Dickicht als Punkt und Polygon (Nummer 1) und einem Baum, dessen Krone den Nachbarbaum berührt (Nummer 6). Luftbild-Daten ©HVBG

Auf Einzelbaumebene wurde im Sommer und Herbst 2021 Feldkartierungen von Streuobstwiesen in mehreren Landkreisen Hessens durchgeführt. Insgesamt wurden ca. 4500 Bäume auf 33 Streuobstflächen kartiert.

Folgende Eigenschaften wurden auf Einzelbaumebene mittels Kartierbögen dokumentiert:

- Relative Baumposition für die anschließende Digitalisierung und Zuordnung
- Art (sowie die Sorte bei beschilderten Neupflanzungen)
- (Pflege-)Zustand (unterteilt in „Gut“, „Mäßig“ und „Schlecht“) sowie besondere Merkmale, die mit diesem im Zusammenhang stehen (Mistelbefall, tief hängende/überbaute/dichte Kronen, Verbuschung, Wasserreiser)
- Höhe des Kronenansatzes zur Einteilung in Hochstamm, Halbstamm und Niederstamm
- Stammumfang auf 1,3 m Höhe zur Berechnung des Brusthöhendurchmessers (BHD)
- Höhe von ca. 1500 Bäumen, gemessen mittels Laserentfernungsmessers (Nikon Forestry Pro)

- Weitere aufgenommene Merkmale waren: Verbissschutz und Stützgerüste sowie deren Zustand (funktionsfähig oder stark beschädigt), Nisthilfen, Überwinterungshilfen für Insekten, andere Objekte (z. B. Bienenkästen, Zäune, Schnittgut- und Totholzhaufen, Baumstümpfe sowie umgestürzte oder gefällte Baumstämme) sowie (potenzielle) Nisthöhlen

Für die durchgeführten Kartierungen wurden sowohl homogene als auch heterogene Baumbestände in Bezug auf die Parameter Entwicklungsphase, Art, Zustand, Höhe und Höhe des Kronenansatzes ausgewählt, um eine möglichst diverse Stichprobe zu gewinnen.

Außerdem wurden einzelne Flächen mit Besonderheiten, wie Stromleitungen und -Masten, Zäunen, angrenzenden Gehölzflächen (Wald, Gebüsche) kartiert, um den potenziell störenden Einfluss solcher Objekte auf die späteren Analysen prüfen zu können

Entwicklung von FE-Indikatoren

Die Grundlage zur Strukturanalyse der Streuobstbestände war die Einzelbaumdetektion auf Basis der Kronensegmentierung der Einzelbäume (Abbildung 8 - Abbildung 11). Anhand der Segmentierung der Einzelbäume wurde dann für jede abgegrenzte Baumkrone die Baumhöhe und die Kronenfläche aus dem Vegetationshöhenmodell (VHM) abgeleitet. Mit diesen Größenparametern für jeden Einzelbaum auf einer Streuobstwiese konnten dann Histogramme berechnet werden, um auf die 2D- und 3D-Vegetationsstruktur einer Streuobstwiese als Proxy für die Altersstruktur zu schließen (Abbildung 12). Als Referenzdaten für die Kronensegmentierung wurden die Daten der manuellen Bildinterpretation genutzt (s.o.), die Ableitung der Baumhöhe aus den Laserscanningdaten wurde mit Feldmessungen zur Baumhöhe verglichen (Abbildung 13).

Indikatoren für den Pflegezustand hinsichtlich Verbuschung (Abbildung 14) wurden für Kronenverbuschung (Tendenz zur geschlossenen Gehölzentwicklung) (Abbildung 15, Abbildung 16) und für bodennahe Verbuschung (Abbildung 17) entwickelt. Für die Kronenverbuschung wurde analysiert, ob sich Kronensegmente berühren (Abbildung 15) und ob sich gepflegte und un gepflegte Wiesen anhand der räumlichen Komplexität der jeweiligen Vegetationshöhenmodelle unterscheiden (Abbildung 16). Für die bodennahe Verbuschung wurden Karten aus der höhennormalisierten Laserscanning-Punktwolke gerechnet. Dafür wurden Laserscanning-Punkte mit einer Höhe von 0,5 – 1,6 m aus dem Gesamtdatensatz

extrahiert, und das Verhältnis der Laserscanning-Punkte mit einer Höhe von 0,5 – 1,6m zu allen Laserscanning-Punkten pro Rasterpixel in Prozent gerechnet (Abbildung 17).

Zur ersten Analyse der historischen Luftbilder wurden die Flächen der Streuobstbestände 1952-1967 und 2010 berechnet, gegenübergestellt und als thematische Karte visualisiert (Abbildung 18).

Ansätze zum Monitoring von quantitativen Veränderungen der Streuobstwiesen in Hessen

In Abbildung 8 wird die Prozedur zur Identifikation von Baumkronen anhand einer exemplarischen Streuobstwiese in Hofheim am Taunus mittels einer normalisierten LiDAR-Punktwolke dargestellt. Dieses Verfahren wurde flächendeckend auf über 21.000 Streuobstbestände angewandt, die aus der "Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze" HLNUG (2017) vorlagen. Die Ergebnisse der automatisierten Segmentierungen, die auf den LiDAR-Daten basieren, zeigen bei einer ersten Sichtung eine große Übereinstimmung mit den

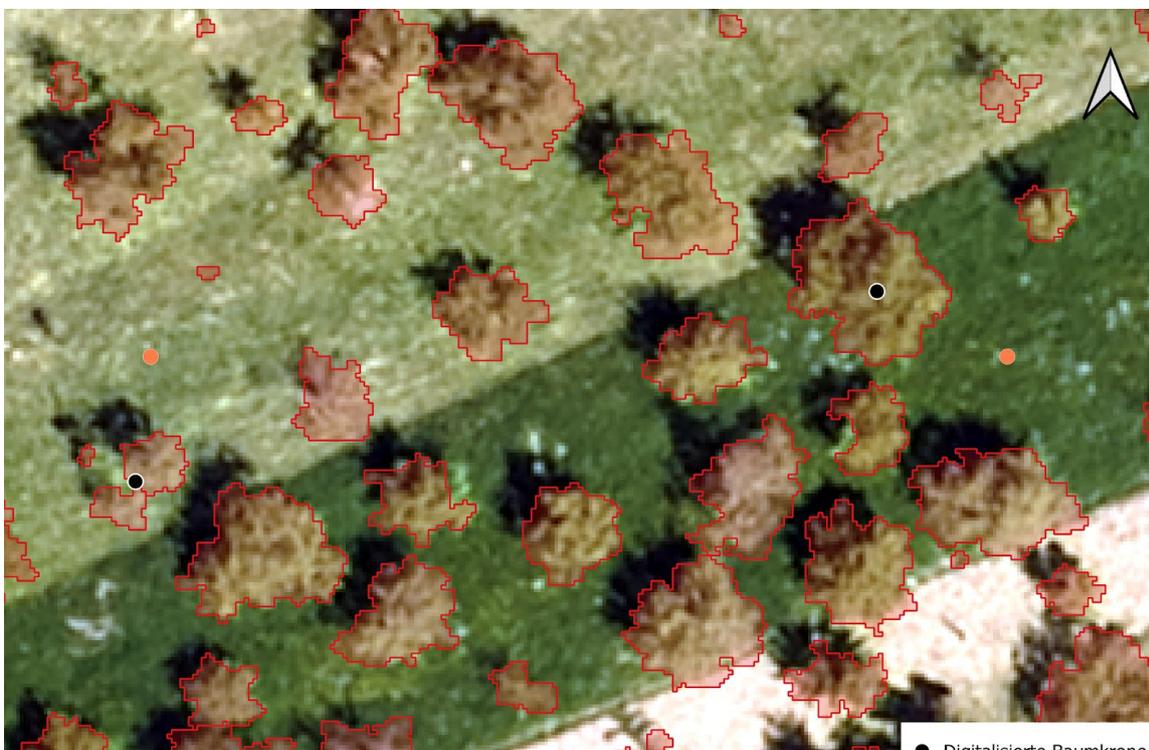


Abbildung 8: Baumkronensegmente des Algorithmus auf Basis von ALS2-Daten sowie Validierungspunkte des 50m-Netzes und die dazugehörigen digitalisierten Baumkronen vor einem Orthofoto aus dem Jahr 2018. Luftbild-Daten ©HVBG

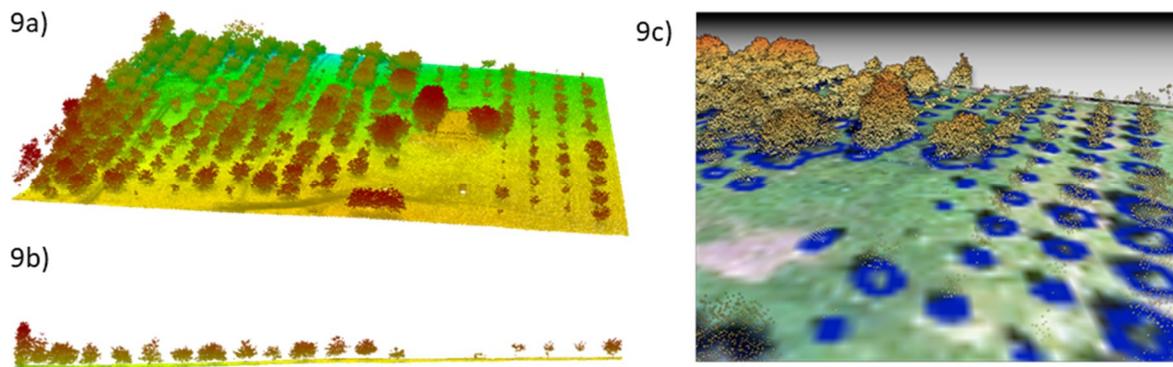


Abbildung 9: Digitale, flugzeuggestützte LiDAR-Punktwolke einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus, Main-Taunus-Kreis, eingefärbt nach Höhe a) in der Schrägansicht, b) im Querschnittsprofil und c) projiziert auf das entsprechende digitale Orthofoto und ergänzt um die Baumkronensegmente (in blau) als Ergebnis einer automatisierten Geodatenanalyse. LiDAR-Daten und Orthofotos: ©HVBG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

digitalen Luftbildern (siehe Abbildung 8, Abbildung 9). Diese Segmentierungen sind flächendeckend für die zweite Laserscanningkampagne Hessens gerechnet.

Um die Genauigkeit der semi-automatisierten Segmentierung zu validieren, wird im Anschluss des Projekts die computergestützte Auswertung mit den flächenweiten Kartierungen von Streuobstbeständen durch manuelle Bildinterpretation der digitalen Luftbilder verglichen. Diese Auswertungen werden Aufschluss darüber geben, mit welchen Genauigkeiten auf Landesebene zu rechnen ist. Damit sind wichtige Grundlagen für ein landesweites Monitoring gegeben. Da die Kronensegmente auf Basis der LiDAR-Daten sehr gut mit den Luftbilddaten übereinstimmen (Abbildung 8, Abbildung 9), und Referenzdaten auf Basis der Luftbilder in großer Anzahl vorliegen, ist auch der Grundstein für die Einzelbaumdetektion und die Kronensegmentierung auf Basis der Luftbilddaten mittels neuartiger Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) gegeben.

Da die automatisierten Kartierungen für zwei unterschiedliche Zeitpunkte verfügbar sind, eröffnet sich die Möglichkeit zur Durchführung von Veränderungsanalysen für jeden Streuobstbestand (Abbildung 10). Auf diese Weise kann das Baumwachstum im Zeitverlauf quantifiziert und detailliert auf Einzelbaumebene dokumentiert werden. Somit stellen die beiden landesweiten Laserscanningkampagnen eine hervorragende Datengrundlage dar, um Veränderungsanalysen („Change Detection“) auf Streuobstwiesen durchzuführen.

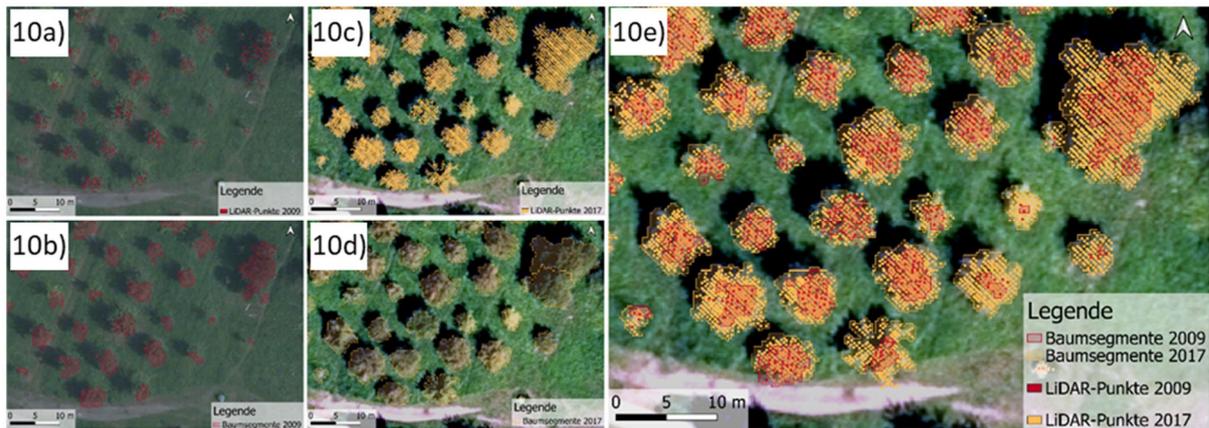


Abbildung 10: Digitale, flugzeuggestützte LiDAR-Punktwolken und Baumkronensegmente auf einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus, Main-Taunus-Kreis, auf Basis der ersten hessenweiten LiDAR-Flugkampagne (a,b), auf Basis der zweiten hessenweiten Flugkampagne (c,d) und die entsprechende Veränderungsanalyse (e). LiDAR-Daten und Orthofotos: ©HVVG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

Da die Segmentierung der Einzelbaumkronen auf Basis der Vegetationshöhenmodelle sehr rechenintensiv war, und die LiDAR-Punktwolke in mehreren Schritten (vor-)prozessiert werden musste, wurde darüber hinaus testweise direkt auf der LiDAR-Punktwolke klassifiziert, d.h. einzelne LiDAR-Punkte wurden in einem nicht-überwachten Verfahren einem Objekt zugeordnet (Abbildung 11). Dies wurde für alle 151 Streuobstwiesen, für die detaillierte Referenzdaten vorliegen, und für beide Laserscanning-Kampagnen gerechnet. Die erste visuelle Einschätzung lässt darauf schließen, dass auch dieses Verfahren zur Einzelbaumdetektion großes Potential besitzt und für diese Anwendung eine recheneffiziente Alternative darstellt. Dieser neue Ansatz soll im Anschluss validiert und mit der Detektion basierend auf dem Vegetationshöhenmodell verglichen werden.

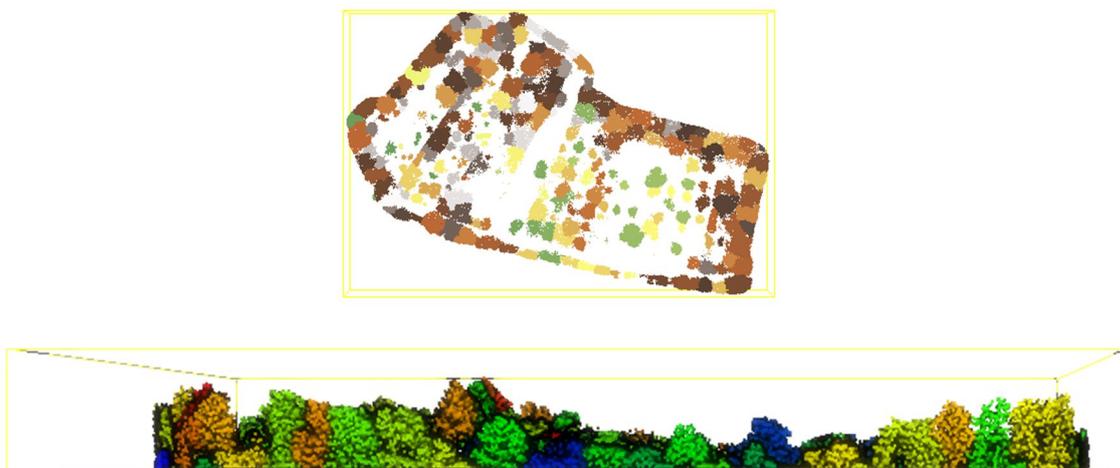


Abbildung 11: Digitale, flugzeuggestützte LiDAR-Punktwolke und identifizierte Einzelbäume direkt in der Punktwolke mit der Software Cloud Compare. LiDAR-Daten ©HVVG

Mittels der Kronensegmente, die aus den Vegetationshöhenmodellen gewonnen wurden, eröffnete sich die Möglichkeit, detaillierte Informationen zur Vegetationsstruktur in jedem Streuobstbestand zu gewinnen. Konkret wurden zusätzliche Parameter auf Einzelbaumebene zur Charakterisierung der Streuobstwiesen abgeleitet. Hierzu gehörten die Baumkronenfläche (siehe Abbildung 12a,b) und die Baumhöhe (siehe Abbildung 12c,d), welche als bedeutsame Indikatoren für das Alter der Bäume dienen können.

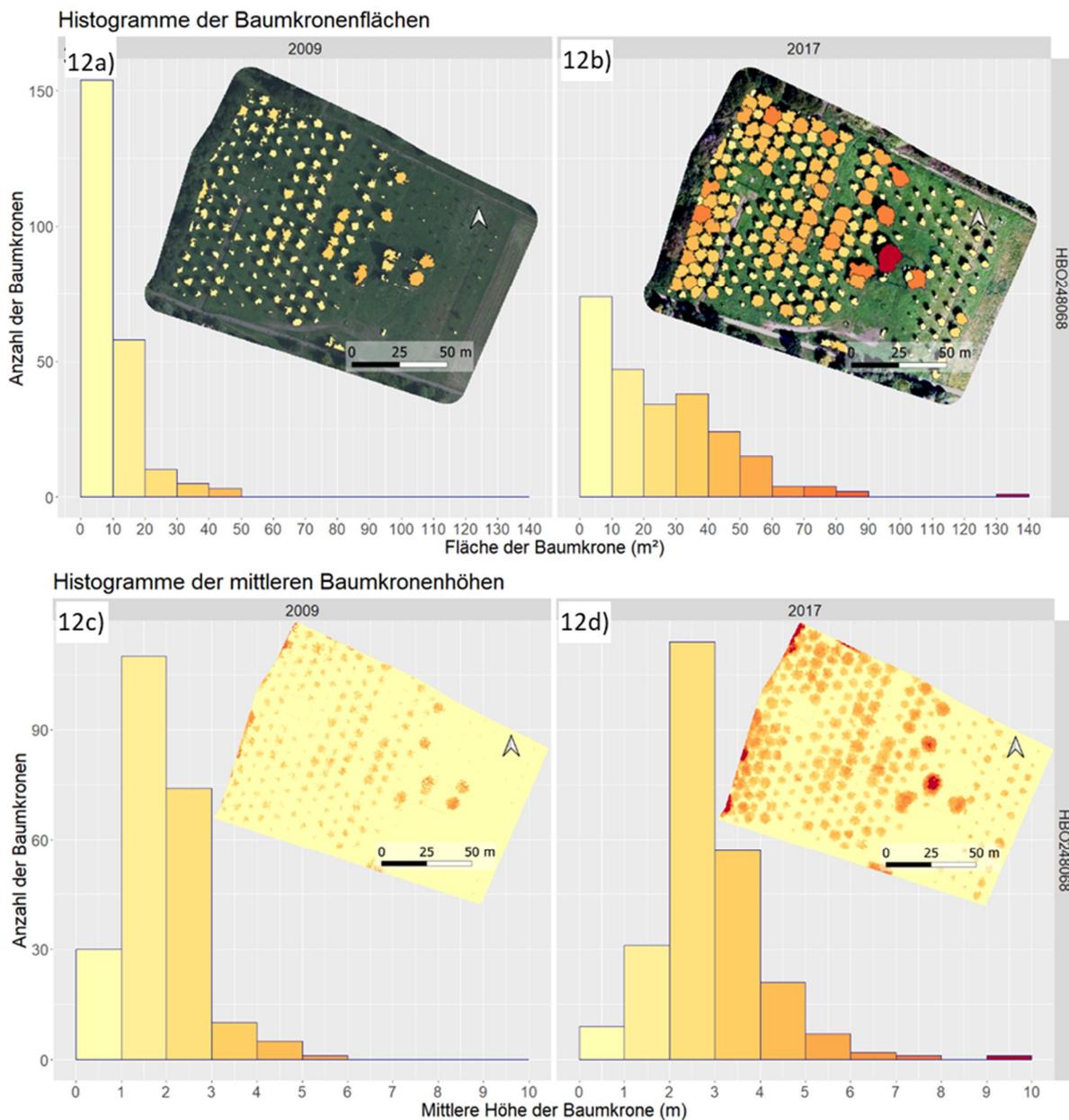


Abbildung 12: Histogramme der Baumkronen auf einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus, Main-Taunus-Kreis, basierend auf der Baumkronenfläche für die Jahre a) 2009 und b) 2017 sowie basierend auf der mittleren Baumhöhe für die Jahre c) 2009 und d) 2017 abgeleitet aus flugzeuggestützten LiDAR-Daten. LiDAR-Daten und Orthofotos: ©HVBG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

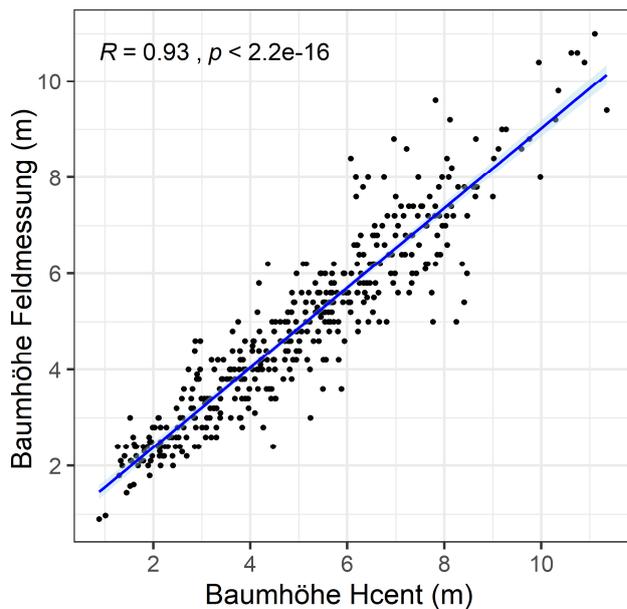


Abbildung 13: Vergleich der im Feld mittels Laserentfernungsmessers gemessenen Baumhöhe und der aus LiDAR-Daten abgeleiteten Baumhöhe (Hcent) einer Testfläche (n = 441). Hcent ist die mittels approximierter Stammposition korrigierte Höhe der Bäume (Maximum). Zwischen Erfassung der LiDAR-Daten und der Feldkartierung lagen ca. 2 Jahre.

Die Baumhöhe wurde anhand eines Teildatensatzes bereits validiert (Abbildung 13) und eine sehr hohe Korrelation zwischen Flugzeug- und Geländedaten festgestellt. Die Streuung der Werte ist zum großen Teil durch den Zeitversatz von zwei Jahre zwischen der Laserscanning-Kampagne und der Erfassung der Geländedaten zu erklären. Weitere Daten auf Einzelbaumebene zur Baumhöhe und Kronenfläche, aber auch zum Stammumfang, zum Pflegezustand und zum Kronenansatz liegen aus der Einzelbaumkartierung im Gelände und aus der manuellen Luftbildinterpretation

zur Validierung und weiteren Analyse vor.

Anhand von Histogrammen, die am Beispiel einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus präsentiert werden, wird ersichtlich, dass der Baumbestand dort zwischen den Jahren 2009 und 2017 insgesamt gealtert und es in einigen Teilbereichen bereits zum Kronenschluss gekommen ist (Abbildung 12). Die Analyse ermöglicht darüber hinaus die Identifikation einzelner Bäume, die ein besonders starkes Wachstum aufweisen.

Die gewonnenen Daten eröffnen die Möglichkeit, für jeden Baum festzustellen, ob die Kronenfläche und die Höhe zunehmen, stagnieren oder ob es negative Entwicklungen gibt, zum Beispiel durch Absterben von Bäumen oder deren Entnahme. Darüber hinaus bieten sich weitere vielversprechende Analysemöglichkeiten auf Baumebene, die aus den LiDAR-Punktwolken abgeleitet werden können. Hierzu zählen die Bestimmung des Kronenansatzes, die Erfassung der Entwicklungsphase und die Bewertung des Pflegezustands der Kronen. Hierzu liegen Geländedaten vor, die zukünftig weiter ausgewertet werden sollen. Um diese Analysen noch detaillierter durchzuführen, könnten präzisere Aufnahmen notwendig sein, beispielsweise mithilfe von Drohnen oder mobilen Laserscannern.

Ansätze zum Monitoring von qualitativen Veränderungen der Streuobstwiesen in Hessen

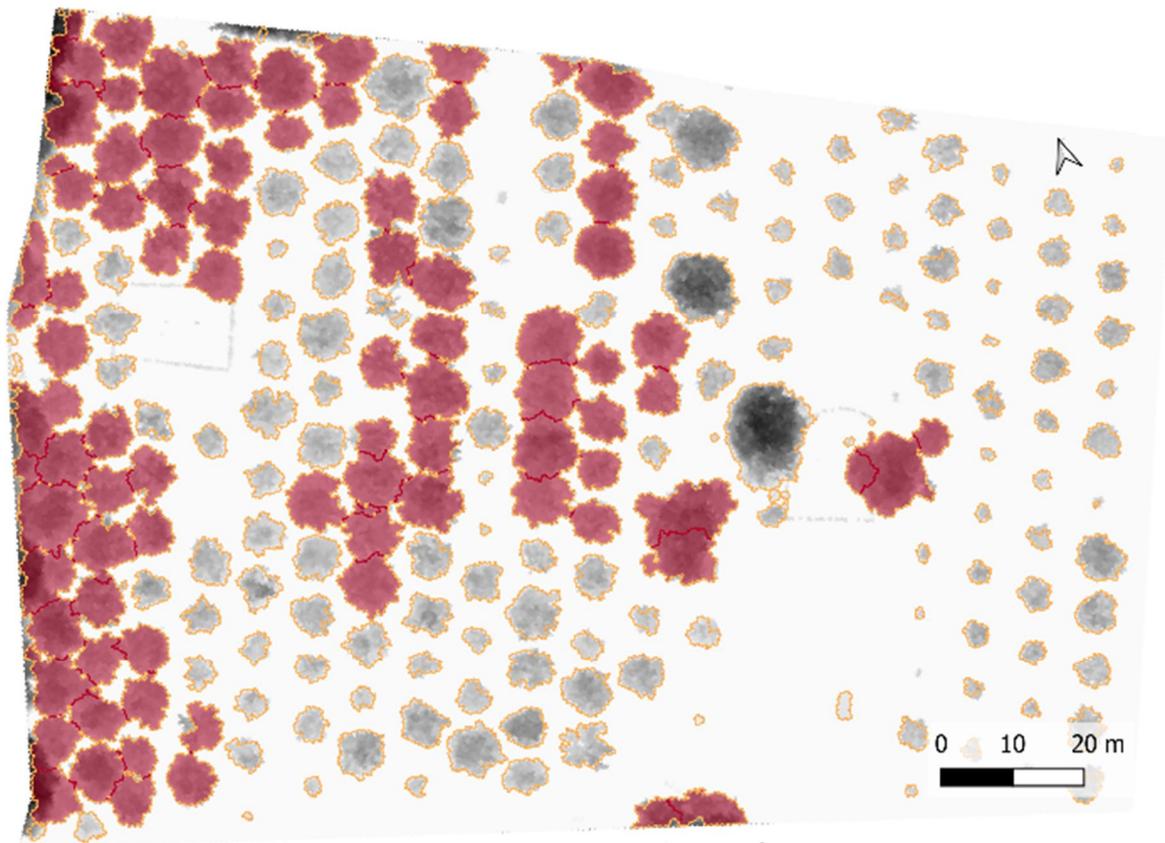
Auf Bestandesebene stellt die Verbuschung einen bedeutsamen und komplexen qualitativen Parameter für den Zustand von Streuobstwiesen dar (Abbildung 14), der im Rahmen des Projekts MOST^{3D} eingehend untersucht wurde. Hierbei wurden zwei Hauptaspekte der Verbuschung in den Blick genommen: die Kronenverbuschung und die Verbuschung in Bodennähe.



Abbildung 14: Gepflegte und verbuschte Streuobstwiese im Lahn-Dill-Kreis. Luftbilddaten: ©HVBG. Koch 2023

Hinsichtlich der Kronenverbuschung wurde angenommen, dass Abschnitte einer Streuobstwiese, in denen die Einzelbäume zu Gehölzen zusammenwachsen, eine spezifische räumliche Struktur des Kronenraums aufweisen. Diese Struktur unterscheidet sich grundlegend von derjenigen, die bei gepflegten, einzelnstehenden Bäumen zu finden ist. Die Herausforderung besteht darin, diese Unterschiede mithilfe von LiDAR-Daten zu erfassen und zu quantifizieren. Zu diesem Zweck werden derzeit Indikatoren entwickelt, die es ermöglichen, die Kronenverbuschung auf möglichst objektive Weise zu charakterisieren und zu bewerten.

Hierzu wurde zunächst anhand der Kronensegmente per Geodatenanalyse untersucht, ob sich Kronen von Einzelbäumen berühren. Diese wurde als erste Tendenz einer Kronenverbuschung hin zu einer Entwicklung eines geschlossenen Gehölzbestands interpretiert (Abbildung 15). Die semi-automatisierte Detektion des Zusammenwachsens der Baumkronen entspricht in hohem Maße den Referenzdaten aus der manuellen Luftbildinterpretation (Abbildung 6), und die Modellgüte wird nun für die weiteren 150 Wiesen mit Referenzdaten berechnet.



Legende

Baumkronen	Kronenhöhe (m)
 Einzelstehend	 13
 Zusammenwachsend	 0

Abbildung 15: Detektion von zusammenwachsenden Baumkronen („Kronenverbuchung“) auf Basis der per flugzeuggestütztem LiDAR identifizierten Kronensegmente der Einzelbäume einer Streuobstwiese in Hofheim am Taunus, Main-Taunus-Kreis. LiDAR-Daten: ©HVBG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

Über diese Art der Geodatenanalyse hinaus wurde beobachtet, dass sich die Vegetationsoberflächenmodelle gepflegter und ungepflegter Wiesen in ihrer Struktur unterscheiden (Abbildung 16). Hierzu wurde eine Metrik zur räumliche Komplexität auf den Anwendungsfall der Verbuchung von Streuobstwiesen angepasst, und für gepflegte und ungepflegte Wiesen auf Basis der Vegetationsoberflächenmodelle erkannt und auf Basis der Punktwolken gerechnet. Für 40 Wiesen im Lahn-Dill-Kreis konnten hier klare Unterschiede belegt werden (Koch 2023). Diese Metrik ist prinzipiell für Streuobstwiesen landesweit rechenbar, und wird im Anschluss des Projekts anhand der Referenzdaten aus der Luftbildinterpretation validiert. Zusammen mit der Analyse der Kronensegmente

(Vektordatenanalyse) besteht hier die Möglichkeit, einen quantitativen Parameter für den Verbuschungsgrad zu entwickeln.

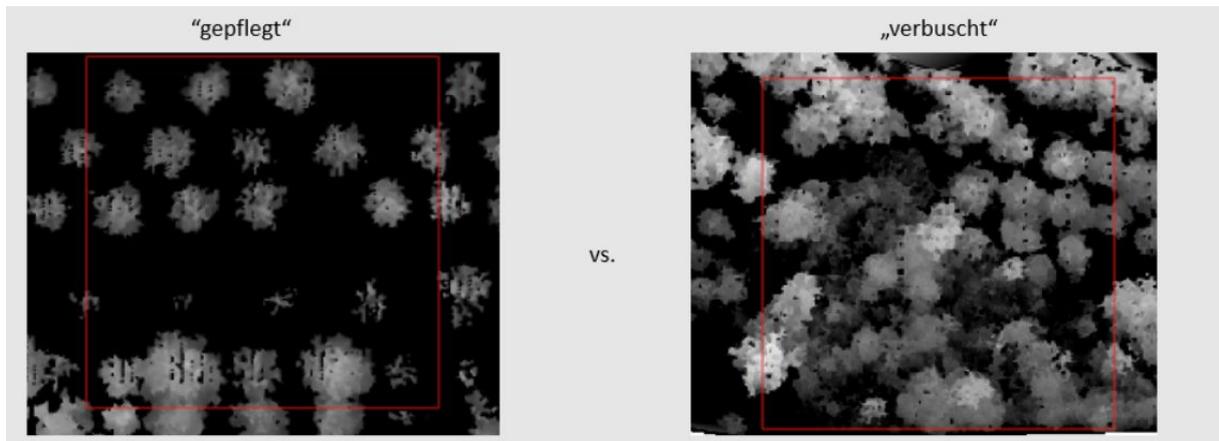


Abbildung 16: LiDAR-Vegetationsoberflächenmodelle für eine gepflegte und eine ungepflegte Streuobstwiese im Lahn-Dill-Kreis. LiDAR-Daten: ©HVBG. Koch 2023

Die Verbuschung in Bodennähe, die beispielsweise durch das Aufkommen von Gebüsch gekennzeichnet ist, wurde anhand der terrainkorrigierten („normalisierten“) LiDAR-Punktwolken analysiert. Durch gezieltes Filtern dieser Daten nach der Höhe (0,5 – 1,6m)

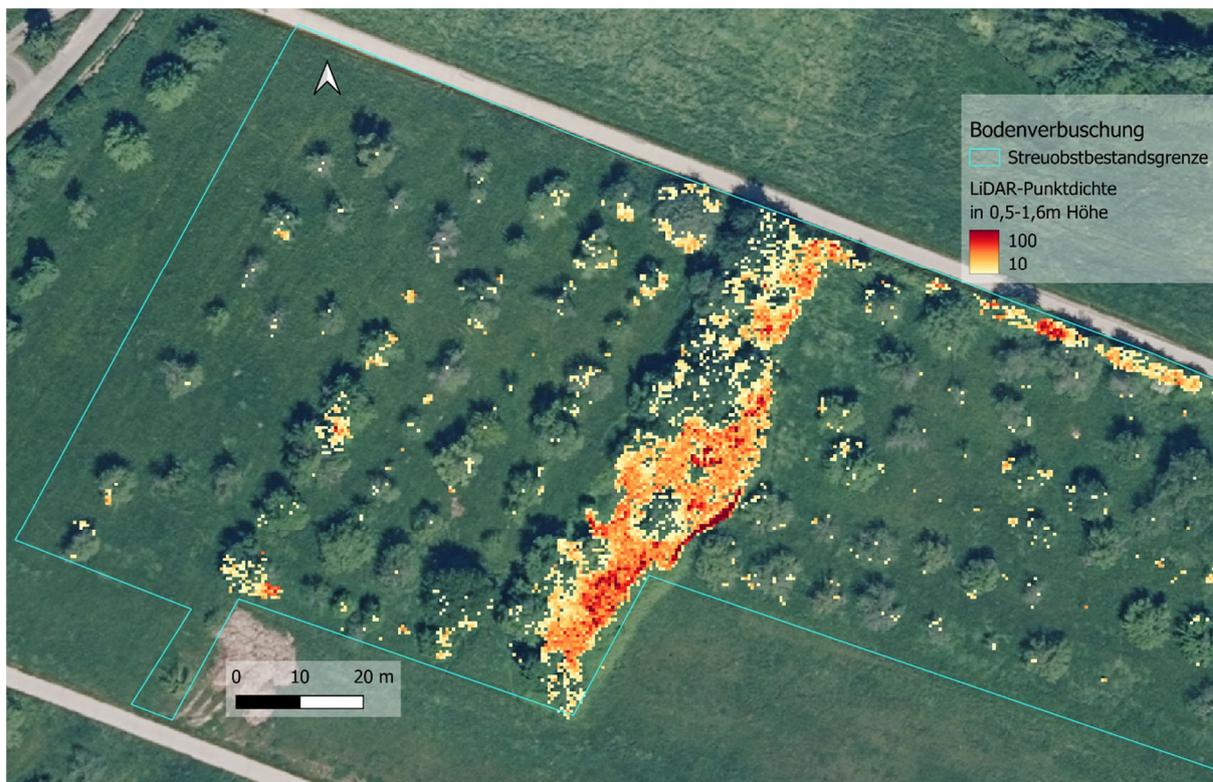


Abbildung 17: Detektion von bodennaher Verbuschung durch eine höhenbasierte Filterung der flugzeuggestützten LiDAR-Punktwolke auf einer Streuobstwiese bei Kelheim (Taunus), Main-Taunus-Kreis. Abgrenzung der Streuobstwiese nach HLNUG (2017). Daten: ©HVBG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

werden die Vegetationselemente erfasst, die sich in unmittelbarer Nähe zum Boden und außerhalb der Baumkronen befinden. Diese Analyse eröffnet die Möglichkeit, die Ausdehnung

und Dichte der Verbuschung in Bodennähe zu ermitteln. Während die vereinzelt, hellgelben Bereiche auch auf tiefer hängende Kronen oder einzelne Äste hinweisen könnten, stellen die flächigen, orange-roten Bereiche das Aufkommen von dichter, bodennaher Vegetation dar (Abbildung 17). Diese Art der höhengefilterten Laserscanningdaten werden für alle Streuobstbestände und für beide Laserscanningkampagnen gerechnet, und anhand der vorliegenden Luftbilder interpretiert, um zusammen mit den Kronensegmenten und der Metrik zur räumlichen Komplexität den Grad der Verbuschung von Streuobstwiesen abzuleiten.

Potential weiterer Geodaten mit Fokus auf die historischen Luftbilder Hessens

Das Projekt MOST^{3D} verfolgte nicht nur die Analyse von Veränderungen basierend auf aktuellen, hochauflösenden 3D-Laserscanning-Daten, sondern sollte auch den Einsatz weiterer Fernerkundungsdaten testen. Es wurden erste Daten von Streuobstbeständen per Drohne erhoben (Abbildung 5), und bezüglich der Fernerkundung per Satellit wird vor allem sehr hochauflösenden, kostenpflichtigen Daten ein hohes Potential beigemessen. Der Fokus wurde im Laufe des Projekts jedoch auf die kostenfreien und flächendeckend verfügbaren Luftbilder der HBVG gelegt, um die historische Ausdehnung von Streuobstbeständen in Hessen umfassend zu untersuchen. Dies wurde mittels einer aufwändigen manuellen Bildinterpretation der georeferenzierten historischen Luftbilder aus den Jahren 1952 bis 1967 realisiert. Diese Luftbilder lagen bis auf einen Abschnitt in Nordost-Hessen flächendeckend vor. Die Datenerhebungsmethodik orientierte sich zur Vergleichbarkeit an die „Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze“ (HLNUG 2017). Die Kombination von historischen Luftbildern und aktuellen Interpretationsdaten bot eine einzigartige Möglichkeit, die Veränderungen im Landschaftsbild im Laufe der Zeit zu analysieren und die historische Ausdehnung von Streuobstwiesen in Hessen genau zu dokumentieren. Dieser Ansatz ermöglichte es, wertvolle Erkenntnisse über die Entwicklung und den Wandel von Streuobstwiesen im Laufe der Jahrzehnte zu gewinnen und trug zur umfassenden Untersuchung dieses wichtigen Ökosystems im Rahmen des Projekts MOST^{3D} bei.

Ergebnisse in aufbereiteter Form sind zum Beispiel für den Main-Taunus-Kreis (MTK) verfügbar (Abbildung 18). In den 1952-1967er Jahren verzeichnete der MTK eine Gesamtanzahl von 2847 Streuobstbeständen, die jedoch bis zum Jahr 2010 auf 1070 Bestände

reduziert wurden. Dies entspricht einer drastischen Verringerung auf etwas mehr als ein Drittel der ursprünglichen Anzahl. Bei einer Betrachtung der Gesamtfläche zeichnet sich ein noch gravierenderes Bild ab, da die ursprüngliche Fläche von 3175 Hektar auf lediglich 639 Hektar geschrumpft ist. Somit sind nur noch etwa 20% der ursprünglichen Fläche erhalten geblieben. Die erhobenen Kartierungsdaten bieten eine hervorragende Grundlage für vertiefte Analysen. Diese Analysen könnten sich zum Beispiel auf die Identifikation älterer Streuobstbestände (existierend seit 1952-1967) konzentrieren. Darüber hinaus ist die Verschneidung mit weiteren Geofachdaten wie den CORINE Landbedeckungs-/Landnutzungsdaten möglich, um untersuchen, wo welcher Treiber (z.B. Urbanisierung, Umwandlung in Grünland oder Acker, etc.) für den Rückgang der Streuobstbestände ausschlaggebend ist. Diese aufschlussreichen Untersuchungen werden nun auf landesweiter Ebene durchgeführt, um ein umfassendes Bild der Veränderungen und Trends im Zusammenhang mit Streuobstwiesen in Hessen zu erhalten.

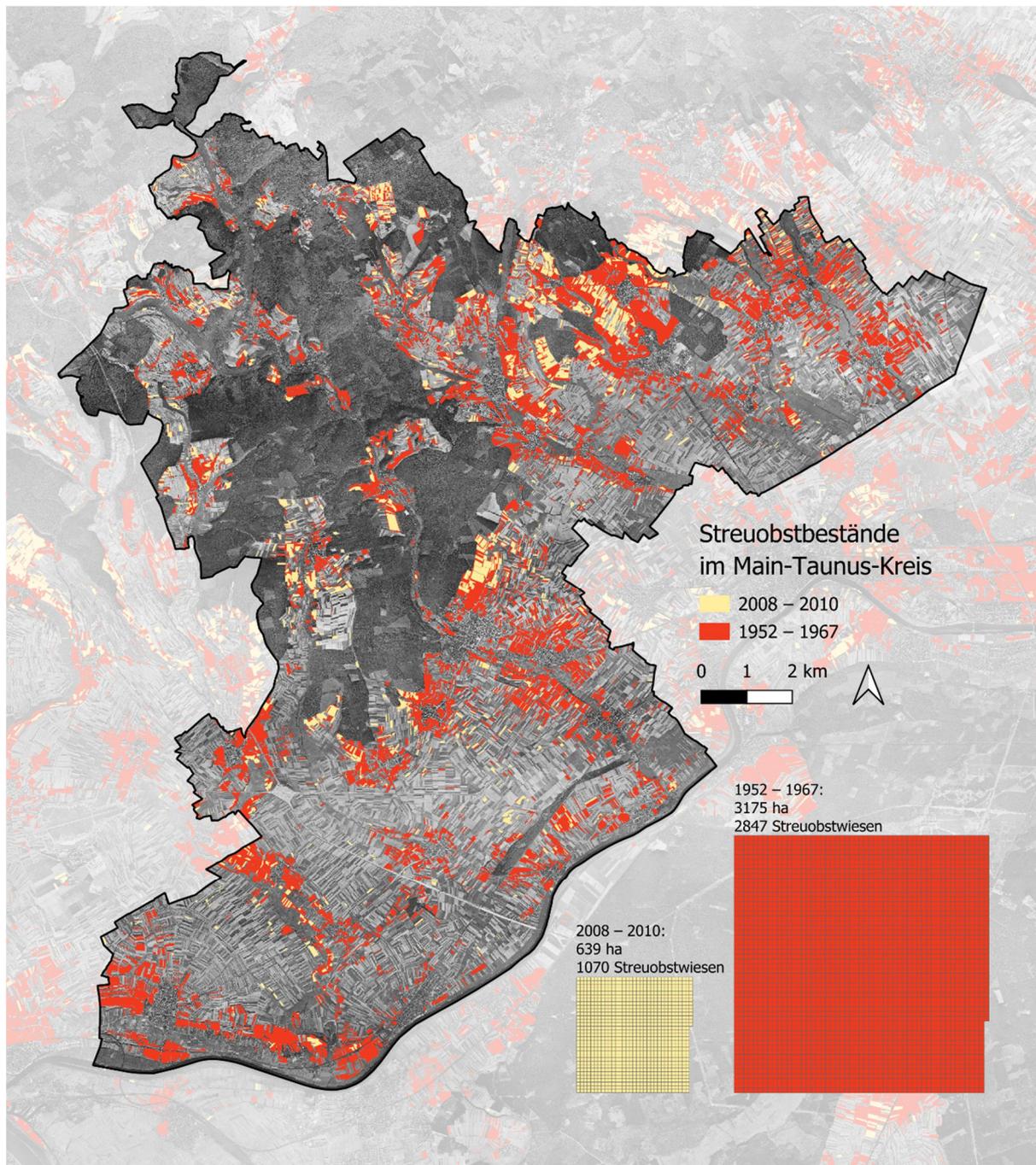


Abbildung 18: Streuoibstbestände im Main-Taunus-Kreis 2008-2010 auf Basis der „Luftbildinterpretation Streuoibst und Gehölze“ des HLNUG (2017) (beige) und historische Vorkommen 1952-1967 basierend auf im Projekt MOST^{3D} erfolgten manuellen Luftbildinterpretation der landesweit verfügbaren historischen Luftbilder. Historische Luftbilder: ©HVBG. Große-Stoltenberg et al. (2023).

Öffentlichkeitsarbeit und Austausch

Im Rahmen des Projekts MOST^{3D} wurde erfolgreich die Aufmerksamkeit auf das Thema Streuobstwiesen gelenkt und ein intensiver fachlicher Austausch sowohl auf regionaler als auch auf internationaler Ebene angeregt. Hierbei waren insbesondere die Teilnahmen und Beiträge zu verschiedenen Tagungen und Veranstaltungen von besonderer Bedeutung.

Besonders hervorzuheben sind hier die bundesweiten Ökofeldtage 2022 am Gladbacher Hof, die Hessische Landesnaturschutztagungen in Gießen und der Informationsabend zum Lore-Steubing-Institut (LSI) 2022 im Museum Wiesbaden. Hier wurden wichtige Diskussionen angestoßen und Erkenntnisse präsentiert, die das Verständnis zum Einsatz von Fernerkundung für die Bedeutung und den Schutz von Streuobstwiesen vertieften.

Auf internationaler Ebene erfolgte eine Teilnahme an einer gemeinschaftlich organisierten Tagung der deutschsprachigen Gesellschaft für Ökologie, der französischen Société Française d'Écologie et d'Évolution sowie der European Ecological Federation 2022 im französischen Metz. Dies ermöglichte den fachlichen Austausch über Ländergrenzen hinweg und förderte die Zusammenarbeit auf internationaler Ebene. Das Projekt war auch Thema eines vom DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) geförderten Austauschs mit der Fernerkundungsabteilung des botanischen Instituts der Tschechischen Akademie der Wissenschaft in Prag sowie MitarbeiterInnen der Jan-Evangelista-Purkyně-Universität der nordböhmischen Stadt Ústí nad Labem (Aussig an der Elbe). Diese internationalen Kooperationen ermöglichten einen interdisziplinären Ansatz und den Vergleich von Forschungsergebnissen über nationale Grenzen hinweg.

Erste Auswertungen der historischen Luftbilddaten wurden in einer Pressemitteilung des Landesbetriebs Landwirtschaft Hessen (LLH) zum ersten europaweiten „Tag der Streuobstwiesen“ am 30. April 2021 vorgestellt (LLH 2021). Zudem werden Ergebnisse zu den historischen Bilddaten und den beiden LiDAR-Datensätze im Jahrbuch Naturschutz in Hessen Band 22 im November 2023 veröffentlicht (Große-Stoltenberg et al. 2023).

Innerhalb Hessens wurde nicht nur mit dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) kooperiert, sondern es wurde auch Kontakt zu Landschaftspflegeverbänden (LPV) aufgenommen, einschließlich des Dachverbands in Reiskirchen und der LPV Main-Taunus-Kreis, wo das Hessische Streuobstwiesenkompetenzzentrum angesiedelt ist. Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit

mit LPVen wie z.B. Krah (2021) und Lehrveranstaltungen auf von LPVen betreuten Flächen wie in Gießen-Allendorf sorgten für wertvolle Impulse in die und aus der Praxis. Die Endergebnisse des Projekts wurden im Rahmen einer Abschlussbesprechung mit VertreterInnen des HLNUG sowie des Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) erläutert und präsentiert sowie die praktische Anwendbarkeit im Rahmen der Hessischen Streuobstwiesenstrategie diskutiert. Die Ergebnisse des Projekts sollen in aufbereiteter Form im NATUREG-Viewer veröffentlicht werden. Zudem ist die Darstellung der Ergebnisse in Form einer GIS-basierten StoryMap geplant (siehe Safaei et al. 2023).

Schließlich sind Publikationen in internationalen Fachzeitschriften in Vorbereitung, die sich mit Themen wie der Validierung der Einzelbaumdetektion, der Verbuschung und der Ableitung von Parametern auf Einzelbaumebene auf Basis der LiDAR-Datensätze sowie der Auswertung der historischen Luftbilder befassen. Diese Publikationen sollen die Erkenntnisse des Projekts in aufbereiteter Form auch international zugänglich machen.

Fazit

Die öffentlich verfügbaren Fernerkundungsdaten des Landes Hessen eignen sich sehr gut zur Inventarisierung und zum Monitoring von Streuobstbeständen. Dabei stellen insbesondere die 3D-Laserscanningdaten einen noch ungehobenen „Datenschatz“ dar. Diese Daten können über archäologische Anwendungen oder Berechnungen zu Überflutungswahrscheinlichkeiten hinaus auch zu Vegetationsanalysen genutzt und damit weiter in Wert gesetzt werden. Einzelbäume auf Streuobstwiesen sind per Laserscanning detektierbar, und auch Veränderungsanalysen (z.B. basierend auf Baumhöhe oder Kronendurchmesser) sind möglich und geben Auskunft über die Altersstruktur der Bestände. Zudem sind Verbuschungstendenzen kartierbar. Weitere wertvolle öffentliche, digitale Geodaten sind die historischen Luftbilder Hessens, mit denen sich Langzeitentwicklungen der Streuobstbestände untersuchen lassen. Außerdem stellten die vorliegenden Geometrien der Streuobstwiesen aus der Luftbildinterpretation des HLNUG eine entscheidende Grundlage zur Analyse der Fernerkundungsdaten dar. Die landesweit verfügbaren Orthofotos wurden hier nur zu Interpretationszwecken und zur Sammlung von Referenzdatendaten eingesetzt. Diese Daten werden aber in einer zeitlich höheren Auflösung flächendeckend erfasst und bieten sich deshalb als Basisdaten für ein Monitoring, vor allem unter Anwendung neuartiger Methoden aus der künstlichen Intelligenz, an.

Literatur

Große-Stoltenberg, A.; Hellmann, C.; Thiele, J.; Werner, C.; Oldeland, J. (2018): Early detection of GPP-related regime shifts after plant invasion by integrating imaging spectroscopy with airborne LiDAR. *Remote Sens. Environ.* 209: 780-792, DOI: 10.1016/j.rse.2018.02.038.

Große-Stoltenberg, A.; Hanzl, A.; Schnepel, N.; Kleinebecker, T. (2023): Entwicklung eines fernerkundungsbasierten Monitoringsystems für Streuobstwiesen in Hessen mit Fokus auf 3D-Laserscanningdaten (Projekt MOST^{3D}). *Jahrb. Natursch. Hessen* 22: 55-60.

HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2017): Luftbildinterpretation Streuobst und Gehölze.

https://natureg.hessen.de/resources/recherche/Themeninfo/Metainfo_Streuobst.pdf

HVBG (Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation) (2020): Landesweites Laserscanning Hessen 2. 2 S. https://hvbг.hessen.de/sites/hvbг.hessen.de/files/2022-09/landesweites_laserscanning_hessen_2.pdf

HVBG (2023): Historische Digitale Orthofotos. <https://www.geoportal.hessen.de/map?WMC=2217>

Koch, C. (2023): Vergleich des Pflegezustandes von hessischen Streuobstwiesen mittels Box Counting-Methode - Die fraktale Dimension als möglicher Ansatz zur Differenzierung. Masterarbeit, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, JLU Gießen.

Krah, J. (2021): LiDAR-gestützte Analyse der Mistel- und Verbuschungsproblemtik vom Streuobstwiesen am Beispiel des FFH-Streuobstwiesengebiets „Kaltenrain bei Steinheim“. Masterarbeit, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, JLU Gießen.

LLH (2021): Streuobstwiesen: „Zukunft nur mit Nutzung und Pflege“. <https://llh.hessen.de/pflanze/freizeitgartenbau/garten-wissen/obst/streuobstwiesen-zukunft-nur-mit-nutzung-und-pflege/>. Abgerufen am 12.10.2023.

Lucas, R.; Blonda, P.; Bunting, P.; Jones, G.; Inglada, J.; Arias, M.; Kosmidou, V.; Petrou, Z.I.; Manakos, I.; Adamo, M.; Charnock, R.; Tarantino, C.; Múcher, C.A.; Jongman, R.H.G.; Kramer, H.; Arvor, D.; Honrado, J.P.; Mairota, P. (2015): The Earth Observation Data for Habitat Monitoring (EODHaM) system. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 37: 17-28, DOI: 10.1016/j.jag.2014.10.011.

Oldeland, J.; Große-Stoltenberg, A.; Naftal, L.; Strohbach, B.J. (2017): The Potential of UAV Derived Image Features for Discriminating Savannah Tree Species. In: Díaz-Delgado, R.; Lucas, R.; Hurford, C. (Hrsg.): The Roles of Remote Sensing in Nature Conservation. Cham. S. 183-201.

Safaei, M.; Kleinebecker, T.; Bobric, S.; Große-Stoltenberg, A. (2023) Story maps of GreenJLU; Konzept zur nachhaltigen Entwicklung der Grünflächen der Justus-Liebig-Universität Gießen. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7732763>, <https://arcg.is/Xr94e>, und <https://arcg.is/qXbqb0>