DivMoSt - BioDiversitätsMonitoring von Streuobstflächen

Methoden zur bundesweiten Verortung von Streuobstflächen und Erfassung der Biodiversität von Indikatororganismen zur Ergänzung etablierter Biodiversitätsmonitorings in Österreich

Endbericht

BOKU UNIVERSITY

HBLA und Bundesamt Klosterneuburg Wein- und Obstbau

Ingenieurbüro DI Holler

STREUOBST ÖSTERREICH

Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Finanziert von der Europäischen Union NextGenerationEU

Dieses Projekt wird durch den Biodiversitätsfonds des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft gefördert.

Projektleitung
Sophie Kratschmer
Universität für Bodenkultur Wien
Department für Ökosystemmanagement, Klima und Biodiversität
Institut für Zoologie
Gregor-Mendel-Straße 33, 1190 Wien
sophie.kratschmer@boku.ac.at

Autor*innen
Sophie Kratschmer, Markus Milchram, Samira Linhart, Peter Unglaub
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Zoologie

Eva M. Schöll, Isabella Weis
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft

Markus Immitzer*, Ardalan Daryaei, Franz Suppan, Francesco Vuolo
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Geomatik,
*WSL Schweizerische Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Franz G. Rosner, Martina Staples, Michael Krutzler
HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg. Wein & Obst Klosterneuburg RTD – Einrichtung mit eigener Rechtspersönlichkeit an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau

Christian Holler
Ingenieurbüro DI Holler, Streuobst Österreich

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:
Kratschmer, S.; Milchram, M.; Linhart, S.; Unglaub, P.; Schöll, E.M.; Weis, I.; Immitzer, M.; Suppan, F.; Daryaei, A.; Vuolo, F.; Rosner, F.G.; Staples, M.; Krutzler, M.; Holler, C. (2025): DivMoSt - BioDiversitätsMonitoring von Streuobstflächen: Methoden zur bundesweiten Verortung von Streuobstflächen und Erfassung der Biodiversität von Indikatororganismen zur Ergänzung etablierter Biodiversitätsmonitorings in Österreich. Endbericht. 181 Seiten.

Wien, Dezember 2025

Foto Titelseite: Blühende Streuobstbäume. © Philipp Muigg.

Inhalt

1 Zusammenfassung 5
2 Überblick Meilensteine & Outputs lt. Antrag 8
3 Flächenauswahl (AP 1) 13
3.1 Auswahl der Untersuchungsflächen 13
3.2 Einholen naturschutzrechtlicher Genehmigungen 14
3.3 Einholen von Betretungsgenehmigungen bei Grundstücksbesitzer*innen 15
4 Streuobstbaufachliche Aufnahmen (AP 4) 16
4.1 Methoden und Durchführung der streuobstfachlichen Kartierung 19
4.1.1 Aufgenommene Qualitätsparameter 20
4.1.2 Kartierung von Landschaftselementen 21
4.1.3 Durchführung der Kartierung und Team 21
4.2 Dateneingabe - Digitalisierung 21
4.3 Ergebnisse der streuobstbaufachlichen Auswertungen 26
4.3.1 Streuobstflächenanteil und Unternutzung 26
4.3.2 Qualität der Streuobstbestände 27
5 Fernerkundung & GIS (AP 2) 29
5.1 Methodenentwicklung Erfassung Streuobst 29
5.1.1 Allgemeine Überlegungen & Prämissen 29
5.1.2 Verwendete Daten 31
5.1.3 Potenzielle Streuobstbaumpunkte 39
5.1.4 Reduktion der potenziellen Streuobstbaumpunkte mit Zusatzdaten 42
5.1.5 Zuordnung der streuobstbaufachlichen Kartierung zu den potenziellen Obstbaumpunkten 45
5.1.6 Eingangsdaten für die Klassifikation 47
5.1.7 Klassifikationsmodell 50
5.1.8 Validierung 56
5.1.9 Vom Einzelbaum zur Streuobstfläche 57
5.2 Ergebnisse und Diskussion 58
5.2.1 Random Forest Klassifikations- und Validierungsergebnisse 58
5.2.2 Verifizierung mit unabhängigen, flächigen Geodaten 66
5.2.3 Von den klassifizierten Punkten zur Streuobstfläche 69
5.3 Schlussfolgerungen 78
6 Biodiversitätserfassung (AP 3) 80
6.1 Einschulung in der Methodik der Arterfassung 80
6.2 Biodiversitätserfassung Insekten 81

6.2.1 Kartierung, Bestimmung, Validierung Insekten 81
6.2.2 Ergebnisse Insekten 85
6.2.3 Definition Charakterarten Insekten 85
6.3 Biodiversitätserfassung Fledermäuse 89
6.3.1 Kartierung, Bestimmung, Validierung Fledermäuse 89
6.3.2 Definition Charakterarten Fledermäuse 91
6.3.3 Ergebnisse Fledermäuse 91
6.4 Biodiversitätserfassung Vögel 96
6.4.1 Kartierung im Freiland 96
6.4.2 Erfassung mit Audiogeräten 97
6.4.3 Definition Charakterarten Vögel 102
6.4.4 Auswertung Daten und Methodenvergleich 102
6.4.5 Ergebnisse Vögel 104
6.5 Artengemeinschaften 110
6.5.1 Auswertung der Daten 110
6.5.2 Ergebnisse Artengemeinschaft 112
7 Projektmanagement & Bewusstseinsbildung (AP 5) 119
7.1.1 Wissenstransfer durch (populär-)wissenschaftliche Beiträge 119
7.1.2 Bewusstseinsbildung durch Infoveranstaltungen 120
8 Literaturverzeichnis 121
9 Anhang 129

1 Zusammenfassung

Streuobstflächen sind extensiv bewirtschaftete Flächen, wie z. B. Grünland mit Streuobstbäumen (i. e. großkronige Obstbäume, die ohne dauerhafte Unterstützung frei stehen). Sie gelten als hochwertige, halboffene Lebensräume mit hoher Bedeutung für viele Tier- und Pflanzenarten. Der Bestand an Streuobstbäumen in Österreich lag um das Jahr 1930 bei geschätzten 35 Mio. und ging bis 2020 auf rund 4,2 Mio. Bäume zurück. Der aktuelle Bestand an Streuobstbäumen beruht, v. a. im nicht-landwirtschaftlichen Bereich auf Schätzungen. Das Projekt „DivMoSt“ zielte zum einen auf die Methodenentwicklung zur flächenhaften Abgrenzung bzw. Ausweisung von Streuobstflächen ab. Zum anderen wurden ergänzende Daten für die Indikatorgruppen Wildbienen, Tagfalter, Heuschrecken, Fledermäuse und Vögel erhoben, um die bestehenden Biodiversitätsmonitorings in ihrem räumlichen und zeitlichen Detailgrad zu verbessern und Wissenslücken zu schließen.

Ein Projektteil beschäftigte sich damit, wo sich Streuobstflächen befinden und ob und wie sie automatisiert detektierbar werden. Dazu wurden, in den Projektjahren 2024-2025, 23 Testgebiete (je ≥ 120 km²) untersucht, die über Österreich verteilt waren und einen repräsentativen Überblick für Streuobstvorkommen in Österreich darstellen. Mit der streuobstbaufachlichen Kartierung in je zwei Landschaftsausschnitten pro Testgebiet wurden erstmals Streuobstbestände verteilt über ganz Österreich mit einer einheitlichen Methodik kartiert, ihr Zustand dokumentiert und auf dieser Basis vergleichende streuobstbaufachliche Analysen durchgeführt. Insgesamt wurden 1170 Streuobstpolygone mit einer Gesamtfläche von 231,9 ha aufgenommen. Darüber hinaus wurden rund 5900 Streuobstbäume als Einzelbäume (Punkte) mit der Obstart verortet. Der Großteil der kartierten Bestände befindet sich auf Grünland (79 %) oder in Hausgärten (17 %) welche, zumindest regional, eine hohe Bedeutung für den Streuobstanbau haben. Das Bestandesalter war bei 71 % der Testgebiete zwischen 20 und 60 Jahren und bei 20 % über 60 Jahre. Dies zeigt, dass im österreichischen Streuobstanbau insgesamt ein deutlich zu geringer Anteil an Nachpflanzungen vorhanden ist, um die Bestände auf dem aktuellen Niveau zu erhalten. Der Baumpflegezustand in den österreichischen Streuobstbeständen ist mit 63 % „nicht“ und „mäßig oder falsch“ gepflegten Bäumen sehr bescheiden. Auch hier herrschen regional, aufgrund des verschiedenen Engagements für die Erhaltung der Streuobstkultur, sehr unterschiedliche Verhältnisse. Wichtig ist, dass bei der Forcierung von Pflege und Nachpflanzung, die Erhaltung und Schaffung von Strukturvielfalt nicht vergessen werden darf, selbst wenn die Obstnutzungsperspektive einer Streuobstanlage im Vordergrund steht.

Die Ergebnisse der streuobstbaufachlichen Kartierung waren die wesentliche Basis für die Methodenentwicklung zur automatisierten Erkennung von Streuobstbeständen auf Basis von digitalen Geodaten. Im Rahmen dieser Methodenentwicklung wurden die Expertisen aus Streuobstbau und Geomatik zusammengeführt. Einerseits durch genaue Felderhebungen vor Ort bezüglich Vorkommen und Zustand, andererseits durch Anwendung unterschiedlichster Geodaten wie Höhenmodellen, Nutzungsdaten und vor allem multisaisonale Satellitenbildzeitreihen aus den Jahren 2023 und 2024 sowie einem Klassifikationsverfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens. Das finale Modell erreichte zufriedenstellende Genauigkeiten bei der Streuobstbaumdetektion. Die Verifizierung mit unabhängigen Kartierungsdaten zeigt außerdem, welches Potenzial in der Anwendung einer derartigen Methode steckt und wie weit Streuobstbäume von anderen Gehölzbeständen unterschieden werden können. Die Auswertungen zeigen auch auf, wo und unter welchen Voraussetzungen sich die Methode gut für die Detektion von Streuobstbäumen eignet, und wo es noch Verbesserungspotenzial gibt.

Für die Erhebung der Tiergruppen wurde pro Landschaftsausschnitt, in Anlehnung an die bestehenden Biodiversitätsmonitorings (ÖBM, BINATS, MOWI) Österreichs, je eine 625 m × 625 m Referenzfläche definiert und die Tiergruppen anhand des Artenreichtums, der Bestände und/oder der Aktivität erhoben. Darüber hinaus wurde eine Erhebung der Vogelarten mithilfe von Audiogeräten getestet, welche in Zukunft semi-automatisierte Erfassungen ausgewählter Vogelarten ermöglichen könnten. Auf Basis der Biodiversitätsdaten wurden Charakterarten der untersuchten Tiergruppen für österreichische Streuobstbestände definiert. Auch die Ergebnisse der Kartierung wurden in die faunistischen Auswertungen über die Artengemeinschaften miteinbezogen.

Insgesamt wurden in nur einem Erhebungsjahr 458 Tierarten (321 Insekten-, 23 Fledermaus- und 114 Vogelarten) und 230 entomophile, blühende Pflanzenarten nachgewiesen. Bei Betrachtung aller Erhebungsmethoden wurden 31 Heuschreckenarten (1626 Individuen), 65 Tagfalterarten (2251 Individuen) und 225 Bienenarten (5196 Individuen) dokumentiert – über 50 % der Bienenindividuen waren Honigbienen (2719). Damit wurden in den Flächen 24 % der österreichischen Heuschreckenarten, 30 % der Tagfalterarten und 32 % der Bienenarten nachgewiesen – ein deutlicher Hinweis auf den hohen Stellenwert von Streuobstflächen als Lebensraum für Insekten. Die definierten charakteristischen Bienen- und Tagfalterarten zeigen außerdem die Strukturvielfalt des Lebensraumes an. So sind bei charakteristischen Wildbienen sowohl oberirdisch- als auch unterirdisch nistende Arten vertreten, darunter auch einige auf Korbblütler bzw. Hahnenfußgewächse spezialisierte Arten. Bei den Tagfaltern wurden mit *Lycaena dispar* und *Parnassius mnemosyne* zwei nach Flora-Fauna-Habitat (FFH)-Richtlinie geschützte Arten nachgewiesen. Gräser stellen eine Schlüsselressource für Tagfalterlarven und Heuschrecken dar, daher wird eine vollständige botanische Erhebung bei zukünftigen Projekten empfohlen.

Bei den Fledermäusen wurden 23 von aktuell 31 in Österreich nachgewiesenen Arten erfasst, darunter sechs Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie. Zehn Arten sind „gefährdet“, eine „stark gefährdet“ und eine „vom Aussterben bedroht“. *Pipistrellus pipistrellus* und *Nyctalus noctula* wurden auf allen Flächen, *Myotis brandtii* nur auf einer Fläche nachgewiesen. *Myotis nattereri* s.l. wurde als österreichweite Fledermaus-Charakterart für Streuobstflächen definiert. Durch die Netzfänge konnten 74 Individuen aus 20 Arten dokumentiert werden. Akustisch wurden 6 996 085 Rufe in 531 136 Sequenzen über 960 Nächte aufgezeichnet, wovon 101 732 Aufnahmen manuell validiert wurden, inklusive von Nachweisen akustisch anspruchsvoller Arten (z. B. *Myotis bechsteinii*, *Plecotus* spp.).

Die hohe Bedeutung des Lebensraumes Streuobst für Vögel wird bei einem Blick auf die Daten ebenfalls ersichtlich: Rund 50 % der 217 regelmäßig in Österreich brütenden Vogelarten wurden auf den Referenzflächen erfasst. Im Durchschnitt konnten 37 Vogelarten auf den Referenzflächen nachgewiesen werden; auf einer Referenzfläche konnten sogar 50 Vogelarten erfasst werden. Insgesamt wurden 12 Vogelarten als charakteristisch für österreichische Streuobstflächen definiert - darunter Zwergohreule, Wiedehopf, Neuntöter und Steinkauz. Der Vergleich der unterschiedlichen Erhebungsmethoden (Erfassung im Freiland, manuelle Auswertung von Audiodateien, automatische Auswertung von Audiodateien) zeigte, dass sich die Methoden gegenseitig ergänzen, wodurch eine umfassendere Erfassung der Vogelarten möglich ist. Die automatische Auswertung der Audiodateien zeigt beim aktuellen Entwicklungsstand der Software BirdNET noch Schwächen, da Vogelarten falsch oder nicht identifiziert werden, weshalb eine manuelle Validierung der Audiodateien weiterhin erforderlich ist. Verbesserungen durch Software-Weiterentwicklung und erweiterte Trainingsdaten sind in Zukunft aber zu erwarten.

Für die Erhebungen stand während der Projektlaufzeit nur ein Kalenderjahr zur Verfügung. Die entsprechend kurze Laufzeit ist nicht ausreichend, um ein Monitoring zu betreiben, welches standardisiert über viele Jahre durchgeführt werden muss. Eine Wiederholung der Aufnahmen ist daher erforderlich, zumal v. a. Insektenabundanzen zwischen Jahren aufgrund unterschiedlicher Witterungsverhältnisse stark variieren können.

Im folgenden Endbericht werden die Ergebnisse des Projektes DivMoSt dargestellt. Um eine umfassende Darstellung des Projektes zu geben und im Sinne der Vollständigkeit werden ebenfalls Methoden und Textteile aus den Fortschritts- und Zwischenberichten zusammengefasst.

2 Überblick Meilensteine & Outputs lt. Antrag

Zur besseren Übersicht dient die Liste der Meilensteine (Tab. 1) und der Outputs lt. Antrag (Tab. 2) inkl. der jeweils relevanten Kapitel im Endbericht.

Tabelle 1: Zeitpunkt des geplanten und tatsächlichen Abschlusses der einzelnen Meilensteine des Projektes.

	Meilenstein	**Abschluss geplant**	**Abschluss tatsächlich**
1	Flächenauswahl	15.03.2024	Abgeschlossen am 18.03.2024
2	Erhebungen im Freiland (Tagfalter, Wildbienen, Vögel, Fledermäuse, streuobstbaufachliche Erhebung)	31.10.2024	Abgeschlossen am 31.10.2025
3	Zwischenbericht erstellt und eingereicht	31.12.2024	Abgeschlossen am 23.12.2024
4	Methodenentwicklung (Erkennung der Streuobstbäume und Identifizierung der Vogelarten)	30.07.2025	Abgeschlossen am 29.12.2025
5	Endbericht erstellt und eingereicht	15.10.2025	Abgeschlossen am 23.12.2025
6	Projekt abgeschlossen inkl. Abrechnung	31.10.2025	Abschluss inkl. Abrechnung per 31.01.2026

Tabelle 2: Liste der Outputs laut Antragsdokument und der jeweils zugeordneten Kapitel im Endbericht.

	Output laut Antrag	Kapitel im Endbericht
1	Darstellung der Methodik zur Extrahierung und Charakterisierung von Streuobstflächen in Form eines schriftlichen Konzeptes/Leitfaden/Reports	Kapitel 5
2	Polygondatensatz der streuobstbaufachlichen Felderhebungen in 40 Landschaftsausschnitten (à 1 km × 1 km) unter Einhaltung der Datenschutzbedingungen des Biodiversitätsfonds	Aufgrund Datenschutz-rechtlicher Überlegungen kann der Polygondatensatz nur auf Anfrage bezogen werden.
3	Polygondatensatz der Streuobstflächen von 20 Test-gebieten (à 10 km × 10 km, entspricht insgesamt 2.000 km²) durch Extrapolation der Methodik, mit Angabe eines Qualitätsmaßes	Aufgrund Datenschutz-rechtlicher Überlegungen kann der Polygondatensatz nur auf Anfrage bezogen werden.
4	Punktdatensatz von 40 Landschaftsausschnitten mit je ca. 80 Obstbäumen mit Angabe der Obstbaumart aus der Feldbegehung	Aufgrund Datenschutz-rechtlicher Überlegungen kann der Punktdatensatz nur auf Anfrage bezogen werden.
5	Bereitstellung von Artenlisten (inkl. Abundanzen) der Indikatortiergruppen (Vögel, Fledermäuse, Wildbienen, Tagfalter) inkl. geografischer Verortung in Streuobstflächen von 40 Referenzflächen (à 625 m × 625 m) als Ergänzung zu etablierten Biodiversitätsmonitorings und von Verbreitungsdaten für Erstellung/Aktualisierung von Roten Listen	Wildbienen: Anhang Tab. A-7 Tagfalter: Anhang Tab. A-6 Heuschrecken: Anh. Tab. A-5 Fledermäuse: Anh. Tab. A-13 Vögel: Anhang Tab. A-16
6	Liste mit definierten Indikatorarten je Tiergruppe, die charakteristisch für Streuobstflächen in Österreich sind	Wildbienen: Kapitel 6.2.3 Tagfalter: Kapitel 6.2.3 Fledermäuse: Kapitel 6.3.2 Vögel: Kapitel 6.4.3
7	Darstellung und Analyse der Artengemeinschaften der Indikatortiergruppen, im Zusammenhang mit besonderen Strukturelementen (z. B. Totholzelemente), den streuobstbaufachlichen Charakteristika der Streuobstflächen sowie den landschaftlichen Aspekten der Umgebung (Fernerkundungsdaten) als schriftlicher Report	Kapitel 6.5
8	Methodendarstellung von Audioaufnahmen von Brutvögeln zur Erweiterung der Methode des Brutvogelmonitorings als schriftlicher Report	Kapitel 6.4.4
9	Streuobstbaufachliche Analyse von 40 Landschaftsausschnitten als schriftlicher Report	Kapitel 4.3

Tabelle 3: Detaillierter Zeitplan der Arbeitspakete und Meilensteine inklusive Abschlussgrad in Prozent

Zeit (Jahr / Monate)	2023			2024												2025										% abgeschlossen
	Okt	Nov	Dez	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	
Arbeitspakete & Meilensteine	**Basiserhebung Geomatik, Flächenauswahl, Genehmigungen**						**Erhebung Indikatorarten, Bestimmung, Datenanalyse, Zwischenbericht**									**Verfeinerung Fernerkundungsmethode, Validierung**							**Erstellung Endbericht**			
Kommissionsitzung über Finanzierungsentscheidung																										
AP 1 Flächenauswahl (Markus Milchram)																										100
Flächenauswahl für AP 2 und AP 3																										
Einholen naturschutz-rechtl. Genehmigungen inkl. Nachreichung																										
Koordination & Einholen von Betretungsgenehmigungen bei Grundstücksbesitzer*innen inkl. Nachreichung																										
AP 2 Geomatik (Markus Immitzer)																										100
Methodenentwicklung: Erfassung Streuobst																										
Erfassung Streuobst																										
Verfeinern der Methodik auf Basis der streuobstbaufachlichen Daten																										
Validierung Repräsentativität der Flächenauswahl																										
Zuarbeiten zum Zwischen- und Endbericht																										

AP 3 Biodiversitätsmonitoring (Eva Schöll)					
Einschulung in die Methodik der Arterfassung					100
Kartierung, Bestimmung, Validierung Tagfalter					100
Kartierung, Bestimmung, Validierung Wildbienen			Bei		100
Kartierung, Bestimmung, Validierung Fledermäuse			Bedarf		100
Kartierung, Bestimmung Vögel (Freiland)					100
Erfassung, Bestimmung, Validierung Vögel (Audiogeräten)					100
Dateneingabe, Datenanalyse (alle Tiergruppen)					100
Beteiligung bei div. Outreach-Maßnahmen					100
Definition Indikatorarten je Tiergruppe					100
Ergebniszusammenstellung					100
Zuarbeiten zum Zwischen- und Endbericht					100
AP 4 Streuobstbaufachlicher Teil (Christian Holler)					
Einschulung in die Bestimmung der Streuobstbaumarten					100
Erfassung der Streuobstbestände und Obstbaumarten					100

Dateneingabe, Datenanalyse, Validierung (Geomatik)				100
Zuarbeiten zum Zwischen- und Endbericht				100
AP 5 Projektmanagement & Bewusstseinsbildung (Sophie Kratschmer)				
Projektstart, Vertragsaufsetzung, etc.				100
Planung Wissenstransfer (Bewusstseinsbildung, etc.)				100
Workshops mit Landwirt*innen (unter Mitarbeit der Kartierer*innen)				100
Koordination populärwissenschaftlicher Beiträge				100
Koordination und Legung Zwischen- und Endbericht				100
Projektabschluss				

3 Flächenauswahl (AP 1)

3.1 Auswahl der Untersuchungsflächen

Bei der Flächenauswahl konnte das Netzwerk von Streuobst Österreich (vormals ARGE Streuobst) optimal genutzt werden. Es wurde darauf geachtet, dass die Testgebiete von jeweils mind. 100 km² Größe repräsentativ für ganz Österreich sind. Repräsentativ bedeutet dabei, dass die Flächen in den unterschiedlichen Ökoregionen in Österreich angesiedelt sind, die unterschiedlichen Strukturen und Bewirtschaftungsweisen der Streuobstbestände beinhalten, sowie unterschiedliche räumliche Aspekte und Verteilungsmuster relevanter Landbedeckungsklassen berücksichtigen (z. B. Weinbau, Siedlung, Grünland, etc.). Ebenso wurden die bereits durch das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft (ÖPUL) bekannten Streuobstbäume berücksichtigt (Stand April 2023; INVEKOS – Punktdatensatz; AMA, 2023).

Das Herstellen des Erstkontaktes zu Flächenbesitzer*innen sowie das Erstellen der Betretungsgenehmigungen und das Einholen der Unterschriften erwiesen sich als zeitaufwändig. Aufgrund des großen Interesses der Flächenbesitzer*innen an einer Teilnahme an den Untersuchungen konnten mehr Testflächen ausgewählt werden als ursprünglich geplant. Hierdurch konnte auch die Repräsentativität der Flächen für Streuobstbestände in Österreich noch erhöht werden. Statt der ursprünglich geplanten 20 Testgebiete wurden im weiteren Verlauf 23 Testgebiete untersucht (Abb. 3).

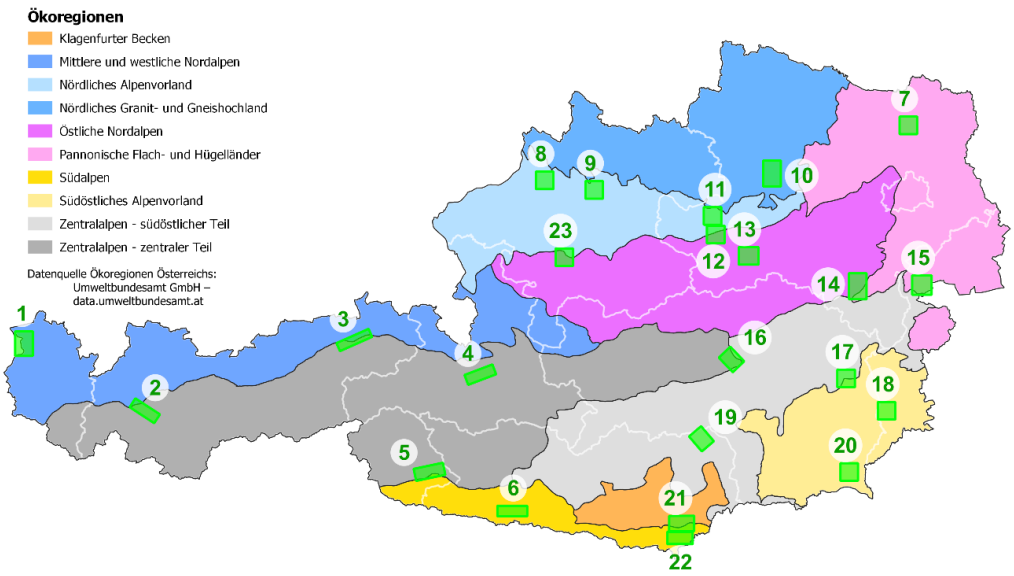

Abbildung 3: Verteilung der 23 repräsentativen Testgebiete (mind. 100 km²) mit Streuobstbeständen in den verschiedenen Ökoregionen Österreichs.

Jedes dieser Testgebiete beinhaltete zwei Landschaftsausschnitte (à 1 km × 1 km), in deren Zentrum sich je eine Referenzfläche (à 625 m × 625 m) befand (Abb. 4). In den Landschaftsausschnitten wurden im Rahmen des Projektes DivMoSt streuobstbaufachliche Felderhebungen durchgeführt (siehe AP 4 in Kapitel 4), deren Ergebnisse zur Verfeinerung

der Parametereinstellungen bei der Entwicklung der Fernerkundungsmethode dienten. Die Referenzflächen gewährleisteten eine repräsentative und großräumige Erfassung der im Projekt untersuchten Indikatortiergruppen (Wildbienen, Tagfalter, Heuschrecken, Fledermäuse, Vögel, siehe AP 3 in Kapitel 6). Die Größe jeder Referenzfläche entsprach bereits etablierten Biodiversitätsmonitorings (Pascher et al., 2010, 2020; Schindler et al., 2021). Streuobstflächen in städtisch geprägten Gebieten wurden ausgeschlossen, da das Monitoring auf das Kulturland fokussiert war. Randbereiche von Siedlungen wurden jedoch in die Flächenauswahl einbezogen, da regional ein hoher Anteil an Streuobstbeständen zu erwarten war (Holler et al., 2014).

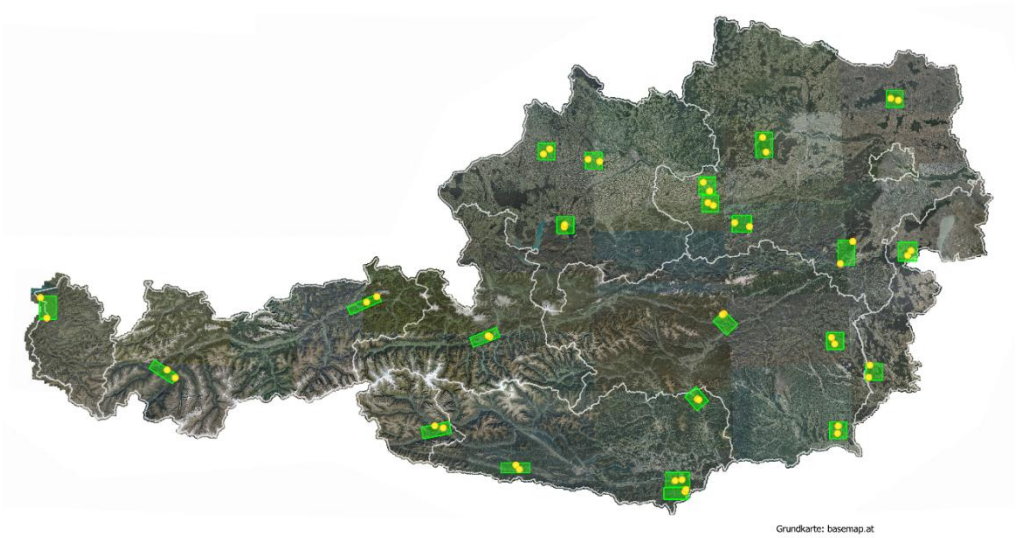

Abbildung 4: Lage der Referenzflächen (gelbe Punkte) innerhalb der Testgebiete im Projekt DivMoSt. (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

Innerhalb der Referenzflächen wurden nur Beprobungsflächen zur Erhebung der Indikatororganismen ausgewählt, die über mindestens 120 m × 25 m geschlossene Streuobstbestände verfügten. Soweit örtlich vorhanden wurden flächige Streuobstbestände gegenüber linienförmigen Strukturen bevorzugt, um den potenziellen Einfluss von benachbarten Flächen zu verringern. Reine Junganlagen wurden ausgeschlossen, da hier der charakteristische Lebensraum mit einem altersheterogenen Baumbestand nicht gegeben ist. Eine Liste aller Testgebiete ohne Informationen zur genauen Verortung (Schutz personenbezogener Daten) der Referenzflächen befindet sich im Anhang Tab. A-1.

3.2 Einholen naturschutzrechtlicher Genehmigungen

Die naturschutzrechtlichen Genehmigungen aller betroffenen Bundesländer bzw. Bezirke wurden eingeholt. Diese wurden mit dem Zwischenbericht an den Fördergeber übermittelt und können auf Anfrage vorgelegt werden. Für die Anträge wurden auch speziell aufbereitete Karten hergestellt, in denen die besuchten Grundstücke, das Nahgebiet um diese Flächen sowie naturschutzrelevante Aspekte mit Orthofotos überlagert wurden (im Sinne von

Nationalparks, Natura 2000-Flächen, etc.). Die zu erstellenden Berichte werden Ende Dezember 2025 den jeweiligen Naturschutzbehörden zugesendet.

3.3 Einholen von Betretungsgenehmigungen bei Grundstücksbesitzer*innen

Mit den Besitzer*innen (in Außnahmefällen Pächter*innen) der Flächen wurden Betretungsgenehmigungen abgeschlossen, die den Kartierer*innen das Betreten der Flächen erlauben (Anhang Tab. A-1). Die Betretungsgenehmigungen liegen gesammelt beim Fördergeber im Rahmen des ersten Zwischenberichtes auf.

4 Streuobstbaufachliche Aufnahmen (AP 4)

Zweck der Streuobstkartierung und Definition von Streuobstbeständen

Mit der streuobstfachlichen Kartierung im Rahmen des Projektes DivMoSt (projektinterne Abkürzung „SOK“) wurden erstmals Streuobstbestände verteilt über ganz Österreich mit einer einheitlichen Methodik kartiert und ihr Zustand dokumentiert. Die Kartierung diente im Projekt dazu, Basisdaten für die faunistischen Auswertungen in AP 3 sowie für die Methodenentwicklung der Geomatik in AP 2 zu liefern. Zudem konnten auf Basis der Kartierungsdaten vergleichende streuobstbaufachliche Analysen durchgeführt werden.

Der Fokus der DivMoSt-Streuobstkartierung lag darauf, Streuobstflächen eindeutig von anderen Gehölzbeständen vor Ort in der Natur zu unterscheiden, d. h. eine eindeutige Zuordnung von Streuobst ja/nein vorzunehmen. Streuobstflächen wurden dabei im Sinne der “Streuobstdefinition für Österreich” (ARGE Streuobst, 2017) von anderen Landnutzungsformen abgegrenzt: *„Streuobstbestände setzen sich aus verschiedenen Obstbäumen zusammen, die in klassisch großkroniger Form erzogen werden und ohne dauerhafte Unterstützung freistehend sind. Als Obstbaum ist dabei jedes Gehölz zu verstehen, das auf naturgemäß erzogenen Kronen, essbare bzw. verarbeitbare Früchte trägt, d. h. es erfolgen Erziehungs- und Schnittmaßnahmen, die sich an den natürlichen Formen der unterschiedlichen Gehölze orientieren. Wesentlich sind, jeweils in unterschiedlicher Ausprägung, eine hohe Obstarten- und Obstsortenvielfalt, unterschiedliche Stammhöhen und Wuchsformen, sowie unterschiedliche Altersklassen im Bestand. Die Verteilung der Obstarten und Obstsorten ist regionaltypisch. Streuobstbäume finden sich unter anderem als Obstbäume auf Grünland (Streuobstwiesen), in Gärten, auf Ackerflächen, in Weingärten, als Baumzeilen und Alleen, als Haus- und Hofbäume sowie als Einzelbäume in der Landschaft.“*

Bei der Streuobstkartierung wurden alle Streuobstbestände erfasst, die dieser Definition entsprachen. Die SOK-Daten, die als Referenzdaten in AP 2 vom Institut für Geomatik der Universität für Bodenkultur Wien weiterverwendet wurden, bildeten somit alle Formen von Streuobst ab und konnten daher zur Modellentwicklung für die Detektion aller Arten von Streuobstbeständen verwendet werden. Bei den faunistischen Erhebungen lag hingegen der Fokus auf Streuobstflächen im engeren Sinne. Die Mindestkriterien, die die untersuchten Streuobstbeständen dabei erfüllen mussten, werden im Berichtsteil zu AP 1 bzw. AP 3 beschrieben.

Als geschlossene Streuobstbestände können in der Regel Obstbaumbestände mit einer Bestandsdichte von mindestens 40 Bäumen pro ha angesprochen werden (ungeachtet von der Gesamtzahl an Bäumen des Bestandes), das entspricht einem durchschnittlichen Baumabstand von ca. 16 m. Bei weiteren Baumabständen handelt es sich um Einzelbäume in der Landschaft. Andererseits liegt die Obergrenze für die Bestandsdichte von Streuobstbeständen bei ca. 250 Bäumen pro ha, bei höheren Baumdichten liegt meist eine Form von „Intensivobstbau“ vor. Wobei es sich bei den genannten Zahlen nur um Richtwerte handelt, die in Abhängigkeit von regionalen Obstbautraditionen und -praktiken sowie der vorkommenden Obstarten und der Altersstruktur der Bestände, variieren können. *„Die regionale Ausformung* (des Streuobstbaus) *ist abhängig von naturräumlichen Gegebenheiten, sowie beeinflusst von soziokulturellen und ökonomischen Faktoren“* (ARGE Streuobst, 2017). Weiters ist hier anzumerken, dass auf Grund der Herausforderungen durch den Klimawandel, Konzepte entwickelt werden, bei denen Streuobstpflanzungen erheblich dichter angelegt werden, um den Jungbäumen mehr Schutz zu bieten und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt die Bestände auszulichten (Maringer et al., 2024; Schliebner et al., 2023).

Zur Entstehung und regionalen Vielfalt der Streuobstkultur in Österreich, ist darüber hinaus u.a. auf Schramayr & Nowak (2000) sowie Breinesberger et al. (2024) zu verweisen.

Auch die Regelmäßigkeit oder Unregelmäßigkeit der Anordnung des Obstbaumbestandes auf der Fläche, kann sehr unterschiedlich sein. Wobei eine unregelmäßige („verstreute") Anordnung der Bäume (die gelegentlich mit dem Begriff Streuobst assoziiert wird), nicht zwingend ist. Diese entsteht häufig aus ehemals regelmäßigen Anpflanzungen, wenn über die Jahre Bäume ausfallen und nicht nachgepflanzt werden.

Weder die Pflanzdichte noch die Stammhöhe sind allein ein Kriterium für die Abgrenzung des Streuobstanbaus (Extensivobstbau) vom Intensivobstbau (Plantagenobstbau). Vielmehr ist es eine Summe von Faktoren, zu nennen sind hierbei die Unterlage der Obstbäume (starkwüchsige Obstbaumunterlagen sind charakteristisch für Streuobstbestände), Sortenvielfalt, Intensität der Baumpflege und Obstnutzung, Art und Intensität der Nutzung des Unterwuchses und Strukturvielfalt im Bestand. *„Streuobstbestände werden umweltverträglich, extensiv und standortgerecht bewirtschaftet. … Chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel kommen in der Regel nicht zum Einsatz."* (ARGE Streuobst, 2017).

Da in AP 2 ergänzend zu den diversen Geodaten auch Daten der Statistik Austria und INVEKOS-Daten verwendet werden, folgen hier diesbezügliche Definitionen.

In der Erntestatistik der Statistik Austria wird folgende Beschreibung für Extensivobst verwendet: *„Extensivobstanlagen umfassen Obstbestände auf Wiesen- und Weideflächen (Streuobstbau) oder in Obstgärten, deren Ernte vornehmlich für den Eigengebrauch (Tafel-/Wirtschaftsobst) oder für Verarbeitungszwecke (z. B. Saft, Most) bestimmt ist. Oft handelt es sich um Hochstämme unterschiedlichen Alters und Pflegezustands; meist unregelmäßig gepflanzt, auch in gemischter Kultur."* Laut Hilfstext zur Agrarstrukturerhebung (AS) der Statistik Austria, sind Extensivanlagen wie folgt definiert: *„Obstanlagen (einschließlich Nussanlagen) mit extensiver Nutzung, deren Produkte vornehmlich für den Eigengebrauch oder für Verarbeitungszwecke (z. B. Saft, Most, Brände etc.) bestimmt sind. Oft Hochstämme unterschiedlichen Alters und Pflegezustandes, meist unregelmäßig gepflanzt (Streuobst). Ausgenommen sind intensiv kultivierte Erwerbsobstanlagen."* Demgegenüber werden Erwerbsobstanlagen in der AS folgendermaßen beschrieben: *„Erwerbsobstanlagen, die üblicherweise nach einem regelmäßigen System gepflanzt sind und einen guten, zur Erzeugung von hochwertigem Tafelobst geeigneten Pflegezustand aufweisen; die Obstkulturen sind meist Nieder-/Spalier- oder Halbstämme mit geringen Pflanzabständen."* Demnach können auch Mostobstanlagen mit einer entsprechenden Struktur von der Erhebung erfasst sein.

Als „Extensivobstanlagen" wurden die Streuobstbestände der landwirtschaftlichen Betriebe in der Agrarstrukturerhebung 2020 (AS 2020) vollständig erfasst (mit den durch die o. g. Definition bedingten Unschärfen), in der AS 2010 erfolgte nur die Erfassung ausgewählter Obstarten. In den Jahrzehnten davor erfolgten nur Stichprobenerhebungen. Zu den Streuobstbeständen, die nicht zu landwirtschaftlichen Betrieben gehören bzw. die nicht von diesen in der AS angegeben werden, fehlen Statistiken. Daher können die aktuellen Bestandszahlen sowie die quantitative Entwicklung des Streuobstbestandes in Österreich und in den einzelnen Bundeländern, derzeit nur geschätzt werden. Zur Vorgangsweise bei der Bestandsschätzungen und deren Ergebnis für das Jahr 2020 siehe Bader & Holler (2013) und Statistik Austria (2022). Die Schätzungen für das Jahr 2020 ergaben einen Gesamtbestand von ca. 4,2 Mio. extensiven Obstbäumen in Österreich, dem stehen ca. 35 Mio. Bäume im Jahr 1930 gegenüber. Vom aktuellen Bestand gehören gemäß Schätzung ca. 55 % zu den landwirtschaftlichen Betrieben und ca. 45 % zur Nicht-Landwirtschaft. Der Mangel an

verlässlichen Daten zum Streuobstbestand war ein wesentliches Motiv für die Durchführung von AP 2 des DivMoSt-Projekts.

Streuobstbestände werden zum Teil auch im Rahmen des ÖPUL 2023 als punktförmige Landschaftselemente gefördert, folgende Auszüge aus den Förderrichtlinien (AMA, 2025) sind diesbezüglich relevant:

„Als punktförmige Landschaftselemente gelten auf oder maximal 5 m neben landwirtschaftlich genutzten Flächen befindliche und in der Verfügungsgewalt des Betriebes stehende Bäume, Büsche sowie Baum-/Buschgruppen mit einem Kronendurchmesser von mindestens 2 m, einer Maximalgröße von 100 m² und einem Abstand zueinander von zumindest 5 m, welche im Mehrfachantrag beantragt und im gesamten Verpflichtungsjahr (1. Jänner bis 31. Dezember) erhalten werden. Landschaftselemente auf Almen und Hutweiden sind nicht anrechenbar. Ersatzbäume aus der ÖPUL 2015-Förderperiode oder auf Stock gesetzte punktförmige Landschaftselemente dürfen im ÖPUL 2023 nur dann beantragt werden, wenn sie bereits einen Kronendurchmesser von mindestens 2 m aufweisen.“

„Als förderfähige Streuobstbäume gelten ausschließlich stark wüchsige und großkronige Hoch- oder Halbstammbäume der Obstarten Apfel, Birne, Elsbeere, Kirsche, Marille, Pflaume, Ringlotte, Weichsel und Zwetschke sowie Eberesche, Kornelkirsche, Kriecherl und Quitte. Ab dem Antragsjahr 2025 zählen die Obstarten Maulbeere und Pfirsich zusätzlich als förderfähige Streuobstbäume. Apfel, Birne und Kirsche sind in deren Wildform auch als Streuobstbäume förderbar. Die Bäume können einzeln, in Gruppen oder Reihen stehen und gleichmäßig oder ungleichmäßig auf der Fläche verteilt sein. Dauerhafte Stützgerüste, die mehrere Bäume umspannen, sind nicht zulässig.“

Es ist hier ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass diese Förderrichtlinie keine Definition von Streuobst ist, sondern Festlegungen aus diversen förder- und kontrolltechnischen Überlegungen trifft und damit nur bestimmte Ausformungen des Streuobstbaues erfasst werden (z. B. fehlen Walnussbäume die über weite Bereiche von Österreich ein prägendes Element von Streuobstbeständen sind). In den INVEKOS-Datensätzen sind daher auch nur gemäß dieser Richtlinie von landwirtschaftlichen Betrieben beantragte Streuobstbäume enthalten, d. h. Obstbäume, die nicht beantragt werden, sowie Bäume auf Flächen, die nicht von landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet werden, sind nicht erfasst.

Anmerkungen zum Unterwuchs von Streuobstwiesen

Streuobstwiesen wurden traditionell meist landwirtschaftlich genutzt, also als Mähwiesen oder Weiden oder in einer Kombination von Mahd und Beweidung bewirtschaftet und so der Grünlandaufwuchs verwertet. Auf den Mähwiesen wurde in der Regel Wirtschaftsdünger aufgebracht (Jauche, Stallmist), der auch die Nährstoffversorgung der Obstbäume sicherte. Die traditionelle Landbewirtschaftung war kleinteilig so, dass auf engem Raum Flächen vorhanden waren die zu verschiedenen Zeitpunkten und unterschiedlich intensiv genutzt wurden - also eine vielfältiges Lebensraummosaik.

„Die Standortamplitude vieler Obstbäume entspricht etwa denjenigen der Arrhenatheretalia, also von Frischwiesen und -weiden. Im mageren und etwas trockeneren Bereich kommen auch Kalkmagerrasen, vereinzelt sogar Borstgrasrasen in Betracht. In vegetationskundlichen Untersuchungen werden vor allem Glatthaferwiesen und Weidelgras - Weißkleeweiden als Vegetationstypen mit mancherlei Untereinheiten genannt. Untersuchungen zeigen zudem, dass Obstwiesen und –weiden durch eine Vielzahl von Kleinstrukturen besonders diverse

Biotope darstellen.“ (Dierschke & Briemle, 2002: S.129). Detaillierte Beschreibungen der Wiesenvegetation von österreichischen Streuobstwiesen finden sich z. B. bei Leitner et al. (2011) und bei Weiss (2019). Zu beachten ist, dass auch der Obstbaumbestand die Wiesenvegetation beeinflusst. Sehr dicht gepflanzte Baumbestände führen zu einer stärkeren Beschattung des Unterwuchses, dies kann zu artenärmeren Wiesen führen.

Mit den strukturellen Veränderungen in der Landwirtschaft veränderte sich auch die Landnutzung. Die Grünlandintensivierung oder die Aufgabe der Viehhaltung verbunden mit Umwandlung von Grünland in Ackerland, sind Entwicklungen die u. a. auch maßgeblich zum Rückgang von Streuobstwiesen beigetragen haben und immer noch beitragen. Aus Sicht des Naturschutzes wird in diversen Veröffentlichungen als ideale Pflege einer Streuobstwiese, die extensive Mahd oder extensive Beweidung genannt. Röbbelen (n.d.) veranschaulicht den potenziellen Konflikt zwischen Insektenschutz und Vegetationspflege. Als Lösung wird ein Mosaik an verschiedenen Lebensräumen und möglichst kleinräumiger Wechsel von Flächen in unterschiedlichem Pflegezustand angestrebt.

Mangels Verwertungsmöglichkeit für den Grünschnitt oder um die Bewirtschaftung der mit Obstbäumen bestandenen Flächen zu vereinfachen, ist mittlerweile auch die Bewirtschaftung von Streuobstwiesen durch Mulchen häufig anzutreffen (wobei das Mulchen der Baumscheibe vom Mulchen der Gesamtfläche zu unterscheiden ist). Aber auch eine Unterwuchspflege mit Rasenmäher oder sogar mit Mähroboter ist zu finden, mit entsprechend negativen Folgen für die Wiesen als Ökosystem. Dem steht als anderes ebenso negatives Extrem die Verbrachung und Verbuschung von Streuobstwiesen in Folge der Aufgabe der Unterwuchspflege gegenüber (Holler & Hausmann, 2025; Holler & Schlögl, 2024).

4.1 Methoden und Durchführung der streuobstfachlichen Kartierung

Die bei der streuobstfachlichen Kartierung angewendeten Methoden stellen eine Weiterentwicklung von Methoden dar, die bereits in verschiedenen regionalen Streuobstkartierungen in Österreich eingesetzt wurden (Holler, 2013, 2019, 2023; Holler et al., 2014; Holler & Hausmann, 2025). Diese Methoden wurden im Hinblick auf die spezifischen Projektanforderungen für DivMoSt weiterentwickelt bzw. adaptiert, dies erfolgte parallel zur Flächenauswahl, die in AP 1 beschrieben ist. Die Flächenauswahl erfolgte in enger Abstimmung und Zusammenarbeit des gesamten interdisziplinären DivMoSt-Teams.

Die streuobstfachliche Kartierung (SOK) erfolgte jeweils getrennt für einen "Landschaftsausschnitt" mit einer Fläche von 1 km × 1 km in dessen Zentrum die jeweilige 625 m × 625 m „Referenzfläche“ liegt, die bei den faunistischen Erhebungen bearbeitet wurde. Die Kartierungsgrundlagen bestanden aus einer Übersichtskarte und detaillierteren Orthofoto-Karten im Maßstab 1 : 2000 (Basemap Orthofoto ohne Grundgrenzen).

Ziel der streuobstfachlichen Kartierung war es, innerhalb des jeweiligen Landschaftsausschnittes alle in der Natur vorhandenen Streuobstbestände (im Sinne der “Streuobstdefinition für Österreich”, ARGE Streuobst, 2017) zu identifizieren und zu verorten und mit einfachen Parametern zu qualifizieren. Flächige und lineare Streuobstbestände wurden dabei als Polygone abgegrenzt, Einzelobstbäume wurden als Punkte festgehalten. Als eigenständiges Polygon wurde dabei jeder Streuobstbestand aufgenommen, der als zusammenhängendes Ganzes gleichartige Eigenschaften aufwies. Jedes Streuobstpolygon wurde vor Ort nach den vorgegebenen "Qualitätsparametern" eingestuft (Kapitel 4.1.1). Diese

dienten der Differenzierung und Spezifizierung im Hinblick auf die weiter folgenden Arbeiten und Auswertungen. Die Größe des Polygons war dabei nicht relevant, ebenso wenig die Gesamtanzahl der Obstbäume auf der Fläche, d. h. Obstbaumbestandsdichten wurden nicht erhoben. Der Verlauf von Grundgrenzen war für die vor Ort Aufnahmen irrelevant, d. h. ein kartiertes Streuobstpolygon konnte sich über mehrere Grundstücke oder Teile von verschiedenen Grundstücken erstrecken (die Grundgrenzen wurden erst bei der Digitalisierung mitberücksichtigt).

Weiters wurden vor Ort Einzelbäume der Hauptobstarten aufgenommen, d. h. als Punkt in der Feldkarte verortet und mit der Obstart codiert. Diese Bäume konnten innerhalb von Streuobstpolygonen liegen oder außerhalb (Solitärbäume). Aufgenommen wurden dabei Einzelbäume folgender Obstarten (Hauptobstarten im österreichischen Streuobstanbau): Apfel, Birne (Most- u. Tafelbirne undifferenziert), Zwetschken-Gruppe (die einzelnen Vertreter der Gruppe undifferenziert), Walnuss, Kirsche, Marille, Pfirsich, Edelkastanie, Sorbus-Arten (Elsbeere, Speierling, Vogelbeere); soweit regional relevant, wurden auch Bäume von Maulbeere, Quitte u. a. aufgenommen.

Die Aufnahme der Obstsorten bei den einzelnen Obstarten war nicht Gegenstand der Bearbeitung. Dies würde eine sehr viel aufwendigere Vorgangsweise mit wiederholten Beprobungen auf den Flächen erfordern. Dieser Aspekt der Biodiversität bleibt daher im DivMoSt-Projekt ausgeklammert.

Insgesamt wurden 1170 Streuobstpolygone mit einer Gesamtfläche von 231,9 ha aufgenommen. Darüber hinaus wurden 5900 Streuobstbäume als Einzelbäume (Punkte) mit der Obstart verortet (alle Zahlen gerundet). Damit liegt die Anzahl der erfassten Einzelbäume erheblich über der gemäß Forschungsantrag anstrebten Zahl von 80 pro Gebiet.

4.1.1 Aufgenommene Qualitätsparameter

Die folgenden Qualitätsparameter wurden bei den Streuobstpolygonen erfasst:

- **Durchschnittliches Bestandsalter** in drei Kategorien: jung (< 20 Jahre), mittel (20 bis 60 Jahre), alt (> 60 Jahre)
- **Unterwuchs** in sechs Kategorien: landwirtschaftliches Grünland, Hausgarten, Ackerland, Brache, Verbuschung, Sonstiges
- **Nachpflanzungen** im Bestand vorhanden in vier Kategorien: keine, wenige, ausreichend, viele
- **Mistelbefall** in vier Kategorien: keiner, gering, mittel, stark - dies bezieht sich auf den Befall mit der Immergrünen Laubholzmistel (*Viscum album*)
- **Pflege der Obstbäume** in vier Kategorien: keine, mäßig oder falsch, ausreichend, gut
- **Obstarten- und Strukturvielfalt** in vier Kategorien: keine, gering, mittel, hoch

Bei der „Obstarten- und Strukturvielfalt“ handelt es sich um einen Summenparameter, der sich aus verschiedenen Teilaspekten zusammensetzt, die bei der Beurteilung berücksichtigt werden können (Vielfalt Obstarten u. -sorten, altersmäßig durchmischter Baumbestand, Existenz von Kleinlebensräumen, Höhlenreichtum, Borkenstrukturen, Altholz und Totholz im Bestand, Nistkästen, Ansitzwarten, Hecken, Holz- und Lesesteinhaufen, Altgrasstreifen, Mähmosaik u. ä.).

Bei den kartierten Einzelbäumen wurde lediglich die Obstart aufgenommen, jedoch nicht die Qualitätsparameter.

4.1.2 Kartierung von Landschaftselementen

Als Basis für die Auswertungen in AP 2 und AP 3 wurden zusätzlich zu den Streuobstbeständen auch jene Landschaftselemente, die ohne vor Ort Kenntnisse (z. B. auf einem Orthofoto) mit Streuobstbeständen verwechselt werden könnten, in der Feldkarte codiert (z. B. Feldgehölze, Gehölzgruppen ohne Obstbäume, sonstige Einzelbäume, Hausgärten mit Ziergehölzen, Intensivobstanlagen, usw.).

4.1.3 Durchführung der Kartierung und Team

Das ideale Zeitfenster für die streuobstfachlichen Kartierung liegt rund um die Blüte, kurz vor dem Laubaustrieb, bei anhaltend stabiler trockener Witterung. Zu dieser Zeit sind ideale Sichtbedingungen bei gleichzeitig guter Erkennbarkeit von relevanten Merkmalen gegeben und es kann rasch und effizient gearbeitet werden. Auf Grund des raschen und zeitigen Temperaturanstieges kam es 2024 verbreitet zum Zusammenfallen der Blüte der verschiedenen Obstarten innerhalb eines nur kurzen Zeitraumes, gefolgt von einem raschen Laubaustrieb. In der Folge waren wechselhafte Witterungsverhältnisse kennzeichnend. Somit waren ideale Bedingungen 2024 nur sehr kurz gegeben und es war daher ein etwas größerer Zeitaufwand für die Kartierung bzw. für die Bearbeitung der Einzelflächen notwendig.

Das **Kartierungsteam** unter Leitung von Christian Holler, bestand aus Annette Bauer, Philipp Bodner, Eva Hinterbichler, Michael Krutzler, Martina Staples und Mirjam Weissmann (in alphabetischer Reihenfolge). Die eingesetzten Personen verfügten bereits vor Beginn der Arbeiten über die notwendigen streuobstfachlichen Kenntnisse. Im Sinne der Erreichung einer maximalen Qualität bei der Übertragung aus den Freilandkarten wurde die Digitalisierung von den gleichen Personen durchgeführt.

Die Einschulung des Kartierungsteams für die streuobstfachliche Kartierung und auf die speziell anzuwendende Methode erfolgte im Zuge eines gemeinsamen Kartierungstages in einem der zu bearbeitenden Landschaftsausschnitte im April 2024.

Mehrleistungen

Im ursprünglichen Arbeitsplan war lediglich die Bearbeitung von 40 Landschaftsausschnitten (1 km × 1 km) vorgesehen. Mit der durchgeführten Bearbeitung von 46 Landschaftsausschnitten wurde bei der Kartierung und in Folge auch bei der Digitalisierung eine Mehrleistung von 15 % gegenüber der Fördereinreichung erbracht.

4.2 Dateneingabe - Digitalisierung

Die bei der vor Ort Kartierung erhobenen Daten wurden in der Folge im QGIS digitalisiert. Die aufgenommenen Streuobstpolygone, Einzelobstbäume und Landschaftselemente liegen damit als GIS-Shapes (inkl. Attributen) vor.

Die Streuobstpolygone, die zu einem Landschaftsausschnitte (1 km × 1 km) gehören, wurden fortlaufend nummeriert. Über diese Nummern sind die aufgenommenen Qualitäts-Attribute zugeordnet. Basis für die digitale Abgrenzung der Polygone bilden die Grundstücksgrenzen

der Digitalen Katastralmappe (DKM). D. h., die im Freiland ohne Beachtung der Grundstücke abgegrenzten Streuobstpolygone wurden bei der Digitalisierung mit den Grundstücken hinterlegt. Jedes Streuobstpolygon setzt sich daher in der Folge aus einem oder mehreren Grundstücken oder Grundstücksteilen zusammen, die aber die gleichen Qualitätseigenschaften aufweisen.

Im Folgenden werden beispielhaft anhand von Testgebiet 15 (TG 15), die streuobstbaufachlichen Kartierungen und deren digitale Umsetzung dargestellt. Das TG 15 liegt im Naturpark Rosalia-Kogelberg, kartiert wurden zwei Landschaftsausschnitte (Nr. 1151 und 1161) die in einer Entfernung von ca. 3,5 km lagen (Fläche je 1 km × 1 km).

Der Landschaftsausschnitt Nr. 1151 (Abb. 5, 6, 7) liegt in einer sehr kleinstrukturierten Wein- und Obstgartenlandschaft in der freien Flur abseits von Siedlungsgebieten.

Abbildung 5: Landschaftsausschnitt Nr. 1151 Ausschnitt aus der Feldkarte der streuobstbaufachlichen Erhebung (Kartenquelle: Orthophoto der basemap.at).

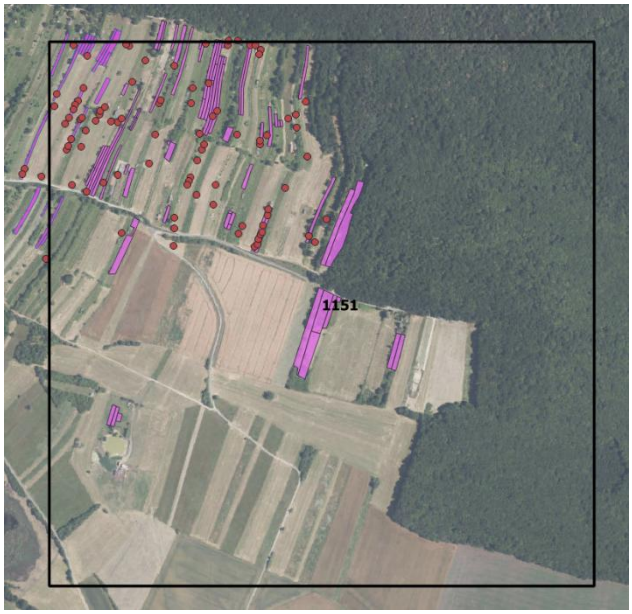

Abbildung 6: Landschaftsausschnitt Nr. 1151 mit digitalisierten Streuobstpolygonen (rosa Flächen) und Einzelbäumen (rotbraune Punkte). (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

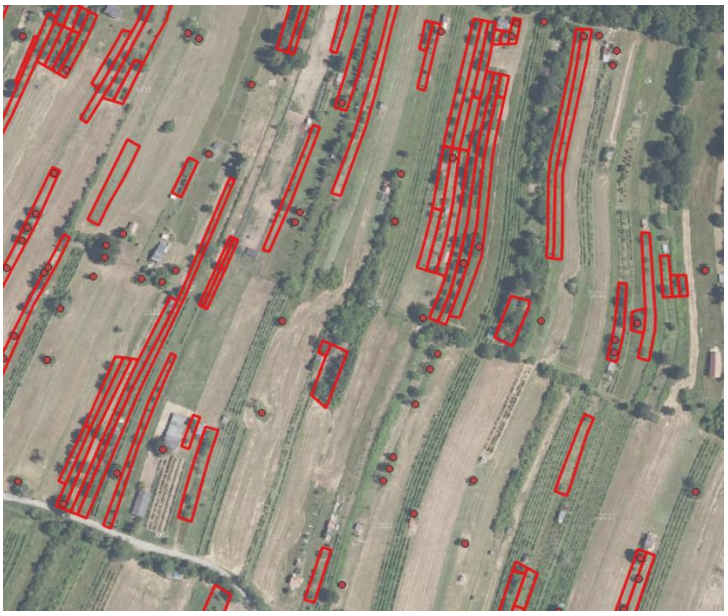

Abbildung 7: Landschaftsausschnitt Nr. 1151 Teilbereich mit digitalisierten Streuobstpolygonen (rote Grenzen) und Einzelbäumen (rotbraune Punkte). (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

Der Landschaftsausschnitt Nr. 1161 (Abb. 8, 9, 10) liegt am Ortsrand im Grenzbereich zweier Ortschaften, und umfasst neben einem weitläufigen Hangbereich mit „klassischen Streuobstwiesen“, auch Teile des Siedlungsgebiets des Ortes sowie Hausgärten und „Hintaus-Bereiche“ der Orte. In Landschaftsausschnitt Nr. 1161 ist als Sondersituation auch ein Schlossgarten miterfasst. Damit sind im TG15 zwei völlig andersartige Landschaftsausschnitte mit der Kartierung erfasst, die auch bezüglich der Streuobststrukturen sehr unterschiedlich sind.

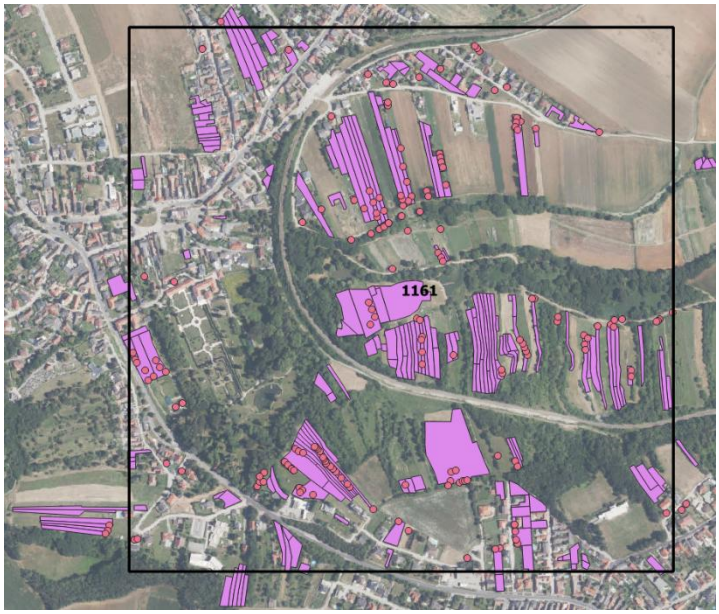

Abbildung 8: Landschaftsausschnitt Nr. 1161 digitalisierte Streuobstpolygone (rosa Flächen) und Einzelbäumen (rotbraune Punkte). (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

Abbildung 9: Landschaftsausschnitt Nr. 1161 Teilbereich mit digitalisierten Streuobstpolygonen (rote Grenzen) und Einzelbäumen (rotbraune Punkte). (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

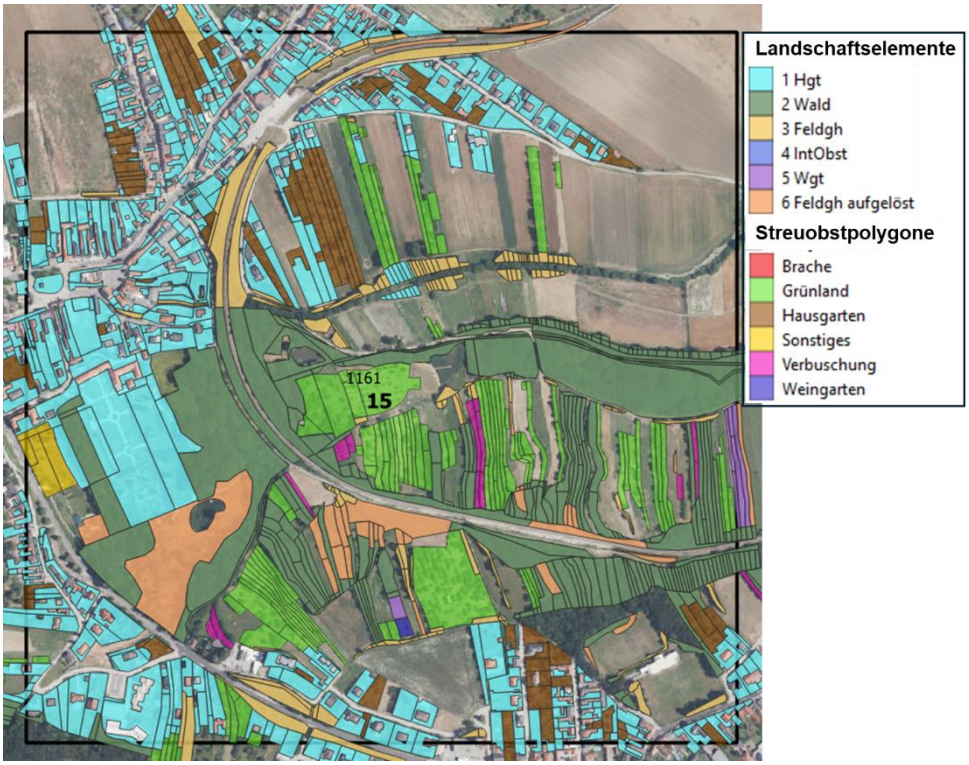

Abbildung 10: Landschaftsausschnitt Nr. 1161 digitalisierte Landschaftselemente und Streuobstpolygone mit Unternutzung. (Kartenquelle: Orthofoto der basemap.at)

Kennzeichnend ist sowohl für den Streuobsthang in Landschaftsausschnitt Nr. 1161, als auch für den Weingartenried in Landschaftsausschnitt Nr. 1151, die enge Verzahnung der Streuobstbestände mit Feldgehölzen und Verbuschungsflächen. Bei den Verbuschungen handelt es sich zum Teil um ehemalige Weingärten oder/und ehemalige Streuobstwiesen. In den Feldgehölzen und Verbuschungen kommen u. a. Walnuss und Kirschbäume sehr häufig vor, die auch für den Streuobstbau der Region sehr typisch sind. Die klare Trennung in Streuobst/Nicht-Streuobst ist daher bei Einzelflächen in solchen Gebieten oft schwierig.

4.3 Ergebnisse der streuobstbaufachlichen Auswertungen

Insgesamt wurden 1170 Streuobstpolygone mit einer Gesamtfläche von 231,9 ha aufgenommen. Darüber hinaus wurden 5900 Streuobstbäume als Einzelbäume (Punkte) mit der Obstart verortet (Zahlen gerundet). Diesen Einzelbäumen wurde, sofern sie nicht innerhalb eines Streuobstpolygons liegen, für die Auswertung der Unterwuchsnutzung eine Fläche der Nutzungskategorie anhand der Digitalisierung der Landschaftselemente zugeordnet. Hierbei wurde mit 30 m² pro Baum ein Ansatz gewählt, der aus Stichproben in den Kartierungsbereichen gewonnen wurde und flächenmäßig eher im unteren Bereich liegt. Von den 5900 Streuobstbäumen, die mit der Obstart verortet wurden, liegen 3300 Bäume außerhalb von Streuobstpolygonen. Unter Berücksichtigung einer Fläche von 30 m² pro Baum, ergibt sich damit eine Streuobst-Mehrfläche von 9,9 ha. Die gesamte erfasste Streuobstfläche beträgt damit 241,8 ha.

Streuobstbestände sind in Österreich in Höhenlagen zwischen ca. 150 m und 1400 m zu finden (Holler et al., 2024). Die untersuchten Landschaftsausschnitte decken einen Höhenbereich von ca. 210 m bis 1100 m ab (diese Höhenangaben sind bezogen auf den Flächenmittelpunkt, d. h. Teilbereich der erfassten Flächen können höher bzw. tiefer liegen). Der damit abgedeckte Bereich der mittleren Jahrestemperatur kann mit ca. 6,5 °C bis 11,5 °C abgeschätzt werden (Abschätzung über eine Korrelation von Höhenlage und mittlerer Jahreslufttemperatur 1991-2020 aus Daten der GeoSphere Austria für 156 Klimastationen).

Wenn in den folgenden Auswertungen auf die Testgebiete (TG) Bezug genommen wird, dann ist damit jeweils nur die Summe der im TG kartierten Landschaftsausschnitten von je 2 mal 1 km × 1 km gemeint und nicht die Gesamtfläche des Testgebietes (diese beträgt mind. 100 km²). Im Detail ist zu den Auswertungen auch auf die Balkendiagramme im Anhang zum Bericht zu verweisen.

4.3.1 Streuobstflächenanteil und Unternutzung

Im Mittel über alle 23 Testgebiete, mit je 2 Landschaftsausschnitten von 1 km × 1 km, beträgt der Anteil der Streuobstflächen 5,3 % der Fläche (Median 4,9 %). In den einzelnen Testgebieten (TG) liegt dieser Anteil zwischen 1,0 % und 14,2 % der Fläche. In nur zwei Testgebieten liegt dieser Anteil über 10 %. Die erfasste Streuobstfläche beträgt in den TG zwischen 2,1 ha und 28,4 ha (Anhang Abb. A-1).

In den einzelnen Landschaftsausschnitten liegt der Anteil der Streuobstfläche zwischen 0,5 % und 20,5 % (entspricht 0,5 ha bis 20,5 ha). Die sehr geringen Anteile sind vor allem in den höher liegenden untersuchten Landschaftsausschnitten zu finden (obstbauliche Grenzlagen). Werte über 10 % sind nur in vier der 46 Landschaftsausschnitte zu finden.

Von den kartierten Streuobstbeständen von 241,8 ha (inkl. Flächenenteil für die Einzelbäume), befinden sich 79,1 % auf Grünland (in der Regel landwirtschaftliche Flächen), 17,0 % in Hausgärten, 3,6 % auf Brachen und Verbuschungen, und 0,3 % weisen sonstige Unternutzungen auf (siehe Anhang, Abb. A-2). Die Bestände auf Grünland können im weitesten Sinne als Streuobstwiesen bezeichnet werden, weisen jedoch unterschiedliche Art und Intensität der Grünlandpflege auf.

Von den 3300 Obstbäumen, die außerhalb der Streuobstpolygone stehen, befinden sich ca. 58 % auf Grünland und ca. 36 % in Hausgärten. Durch die flächenmäßige Berücksichtigung dieser 3300 Einzelbäume wird bei der Gesamtauswertung der Flächenanteil der Streuobst-

Hausgärten größer und der Anteil von Grünland etwas geringer. In einzelnen Testgebieten tritt der Unterschied in den Auswertungen mit und ohne Einzelbäume deutlicher hervor.

Die Anzahl der Einzelobstbäume außerhalb von geschlossenen Streuobstbeständen liegt in den Testgebieten (je 2 km²) zwischen ca. 50 und 310 (Mittelwert ca. 140 Bäume). In den einzelnen Landschaftsausschnitten variiert dieser Wert naturgemäß sehr stark (zwischen 5 und 200 Bäumen).

Im Mittel über die TG liegt der Anteil an Hausgärten am Streuobstbestand bei 17,0 %, in sechs TG liegt der Anteil an Hausgärten zwischen 30 % und 38 %, wobei diese Spitzenreiter in unterschiedlichsten Regionen verteilt über Österreich liegen. Bezüglich des absoluten Flächenausmaßes liegen die Spitzenreiter bei bis zu 6 ha Streuobsthausgärten pro TG (je 2 km²). Diese Zahlen unterstreichen die hohe Bedeutung die Hausgärten für den Streuobstanbau in Österreich zumindest regional haben.

Die Anteile von Streuobstbeständen, die Anzahl an Einzelobstbäumen und die Unternutzung der Streuobstbestände sind Ausdruck der jeweils vorherrschenden Landschaftsstruktur und -nutzung und bilden diese in Bezug auf Streuobst quantitativ ab und zeigen deren große Variabilität über das österreichische Bundesgebiet.

4.3.2 Qualität der Streuobstbestände

Die Qualitätsparameter wurden nur bei den Streuobstpolygonen aufgenommen, bei den Einzelbäumen wurde lediglich die Obstart aufgenommen. Somit beziehen sich die folgenden Angaben zur Qualität nur auf die kartierte Streuobstfläche von 231,9 ha. Alle folgend genannten Zahlen beziehen sich auf das flächengewichtete Mittel und nicht auf die Polygonanzahl.

Durchschnittliches Bestandesalter der Streuobstbestände und Nachpflanzungen

Im Mittel über alle TG wurden die untersuchten Streuobstbestände beim durchschnittlichen Bestandesalter zu 71 % in die Kategorie „mittel (20 bis 60 Jahre)“, zu 20 % in die Kategorie „alt (> 60 Jahre)“ und zu 9 % in die Kategorie „jung (< 20 Jahre)“ eingestuft (siehe Anhang, Abb. A-3). Auf 37 % der Flächen wurden „keine“ und auf 31 % wurden „wenige“ Nachpflanzungen festgestellt. Auf 23 % der Flächen konnten „ausreichende“ und auf 9 % „viele“ Nachpflanzungen festgestellt werden (siehe Anhang, Abb. A-4).

Diese Zahlen zeigen, dass im österreichischen Streuobstanbau insgesamt ein deutlich zu geringer Anteil an Nachpflanzungen vorhanden ist, um den Streuobstbestand auch nur auf dem aktuellen Niveau zu erhalten. Um den Stand zu halten wären ca. 20 % Jungbäume im jeweiligen Bestand erforderlich (diese Zahl ergibt sich aus der durchschnittlichen Lebenserwartung von Streuobstbäumen). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen aber auch sehr deutlich, dass die diesbezüglichen Verhältnisse sehr unterschiedlich sind. In drei TG liegt der Anteil der Kategorie „alt“ zwischen 50 % und 67 % und in 11 TG liegt der Anteil der Kategorie „jung“ bei unter 5 % (siehe Anhang, Abb. A-3). Somit ist die Problematik von Überalterung und fehlenden Nachpflanzungen regional noch sehr viel schärfer ausgeprägt. Andererseits stechen einigen TG mit deutlich höherem Anteil in der Kategorie „jung“ hervor, wobei jedoch nur zwei TG den o. g. Wert von 20 % knapp erreichen und nur ein TG deutlich darüber liegt. Letzteres liegt im niederösterreichischen Mostviertel und spiegelt die Aktivitäten der Region bzw. vor allem einzelner Betriebe wider. Diese stehen im Zusammenhang mit dem

wirtschaftlichen Interesse an der Erhaltung der Mostkultur und an deren langfristiger Sicherung durch die Pflanzung von Obstbäumen.

Pflege der Obstbäume und Mistelbefall

Beim Parameter „Pflege der Bäume“ wurden im Mittel über alle TG die untersuchten Streuobstbestände zu 30 % in die Kategorie „keine“ Pflege und 33 % in die Kategorie „mäßig oder falsch“ gepflegt eingestuft. Als „ausreichend gut gepflegt“ wurden 32 % eingestuft und als „gut“ gepflegt 5 %. Bezüglich Pflegezustand unterscheiden sich die Obstbaumbestände in den einzelnen TG deutlich. Einige TG stechen mit einem Anteil von bis zu 30 % gut gepflegter Bestände positiv hervor. Andererseits treten andere TG mit über 50 % in der Kategorie „keine Pflege“ hervor, zwei TG mit 70 % bis 80 % in dieser Kategorie (siehe Anhang, Abb. A-5).

Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass der Baumpflegezustand in den österreichischen Streuobstbeständen mit 63 % „nicht“ und „mäßig oder falsch“ gepflegten Bäumen ein sehr bescheidener ist, jedoch diesbezüglich regional sehr unterschiedliche Verhältnisse herrschen. Auch hier ist als Ursache das regional sehr unterschiedliche Engagement für die Erhaltung der Streuobstkultur anzusehen.

Beim Mistelbefall in den untersuchten Streuobstbeständen ist festzustellen, dass ein Befall, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, verteilt über die Regionen gegeben ist (siehe Anhang, Abb. A-6). Es ist also davon auszugehen, dass keine Streuobstregion geographisch oder klimatisch verschont bleibt. Verschiedene Untersuchungen berichten über eine verstärkte Ausbreitung der Immergrünen Laubholzmistel (*Viscum album*) im Zuge des Klimawandels bzw. über verstärkten Befall und von Befall bei Obstarten, die bisher nur wenig betroffen waren (Bilonozhko et al., 2023; Bosch, 2017; Bosch & Lurz, 2022). Es ist zu folgern, dass vor allem auch im Zusammenhang mit der mangelnden Baumpflege, der Mistelbefall in allen Regionen zur bestandsbedrohenden Erscheinung für die Streuobstbäume werden kann.

Obstarten- und Strukturvielfalt in den Streuobstbeständen

Beim Summenparameter „Obstarten- und Strukturvielfalt in den Streuobstbeständen“, zeigt sich insgesamt ein erfreuliches Bild. Im Mittel über die TG wurden 48 % der Streuobstflächen bei der Obstarten- und Strukturvielfalt in die Kategorie „hoch“ und 33 % in die Kategorie „mittel“ eingestuft. 13 % der Streuobstbestände wurden in die Kategorie „gering“ und 6 % in die Kategorie „keine“ eingestuft. Selbst in den TG mit geringerer Vielfalt, hat die Summe der Kategorien „mittel“ und „hoch“ noch Anteile von 40 % bis 50 % (siehe Anhang, Abb. A-7).

Aus den Zahlen lässt sich erkennen, dass sich in den TG die Obstarten- und Strukturvielfalt tendenziell umgekehrt zum Pflegezustand und Anteil an Nachpflanzungen verhält. Dies überrascht nicht ganz, da vor allem jüngere Bestände in der Regel auch bezüglich Strukturvielfalt noch weniger ausdifferenziert sind. Dennoch muss dies auch als Hinweis darauf gesehen werden, dass bei der Forcierung von Pflege und Nachpflanzung, die Erhaltung und Schaffung von Strukturvielfalt nicht vergessen werden darf, selbst wenn die Obstnutzungsperspektive einer Streuobstanlage im Vordergrund steht.

5 Fernerkundung & GIS (AP 2)

5.1 Methodenentwicklung Erfassung Streuobst

5.1.1 Allgemeine Überlegungen & Prämissen

Die Aufgabe dieses Arbeitspakets bestand darin, eine Methodik zur automatisierten Lokalisierung und Charakterisierung von Streuobstflächen in Österreich zu entwickeln. Streuobstflächen sind grundsätzlich sehr heterogen und weisen sehr unterschiedliche Merkmale auf. So können sich u. a. die Größe der Flächen, die Anzahl, Größe und Verteilung der Obstbäume, der Bewuchs unter den Bäumen, sowie die weitere Nutzung (z. B. Beweidung) stark unterscheiden (siehe AP 4, Kapitel 4).

Charakteristisch für alle Streuobstflächen ist jedoch, dass sie aus Streuobstbäumen in all ihrer Vielfalt bestehen. Als Startpunkt für die automatisierte Lokalisierung wurden daher die Einzelbäume gewählt. Auch wenn es unrealistisch ist, dass jeder einzelne Obstbaum in Österreich korrekt identifiziert wird (vor allem kleinere Bäume), sind größere Streuobstbestände dadurch gekennzeichnet, dass sich mehrere Bäume auf einer Streuobstfläche befinden. Je größer diese Fläche wird, desto größer ist auch die korrekte Ausweisung von Streuobstflächen. Im letzten Schritt werden die einzelnen Obstbäume aufgrund von räumlichen Regeln aus der streuobstbaufachlichen Expertise (Lagebeziehungen zueinander) zu Flächen zusammengefasst (Expertise aus AP 4).

Die Verfügbarkeit hochwertiger Satellitenbilder mit guter räumlicher, spektraler und zeitlicher Auflösung hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten maßgeblich verbessert. Gleichzeitig wurden aber auch immer mehr Zusatzdaten frei zugänglich (wie z. B. die digitale Katastralmappe und Höhenmodelle vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), oder die Waldmaske des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW)). Wie weit es möglich ist, mit diesen neuen und zusätzlichen Daten die Extraktion / Lokalisierung von Obstbäumen zu ermöglichen – und mit welcher Qualität – wird im Weiteren beschrieben. Ein Kriterium bei der Erstellung der Methodik war auch, dass sie einfach umzusetzen ist und möglichst auf frei verfügbaren Geodaten basiert.

Zu Beginn der Bearbeitung wurden – in Übereinstimmung mit der Expertise aus den anderen Arbeitspakten AP 1, AP 3, und AP 4 – Rahmenbedingungen festgelegt, die in allen 23 Testgebieten Österreichs Geltung haben:

- <u>Obstbäume müssen eine Mindesthöhe von 1,5 m haben.</u>
  Begründung: Je niedriger, desto mehr kommt eine Unsicherheit in der exakten Höhenmessung durch Sträucher, Gebüsche etc. dazu, Baumkronen sind bei sehr jungen Bäumen oftmals auch nicht ausgeprägt. Der Vorteil ist, dass die Zuordnung Obstbaum oder nicht zuverlässiger wird, der Nachteil ist natürlich, dass Jungbäume nicht erfasst werden. Der Vorteil der Baumhöhenbegrenzung überwiegt jedoch die Nachteile.
- <u>Obstbäume in Wäldern werden nicht untersucht.</u>
  Begründung: Innerhalb von Wäldern können zwar Obstbäume vorkommen, sie stellen jedoch keine Streuobstflächen im klassischen Sinn dar (siehe Definition Kapitel 4; ARGE Streuobst, 2017). Die Extraktion von Obstbäumen in Waldflächen stellt aber natürlich auch eine zusätzliche Herausforderung dar (z. B. durch Überschirmung, etc.).

Ebenso haben diese Bäume eine andere Wirkung auf die Biodiversität, z. B. auf die Bestäubervielfalt.

- Über einer Seehöhe von 1600 m kommen keine Streuobstbäume mehr vor.
  Begründung: Ab 1400 m gibt es in Österreich bereits eine sehr deutliche Einschränkung für Streuobstbäume, wie regional vorliegende Kenntnisse zeigen, d. h. über dieser Höhe kommen nur vereinzelt Streuobstbäume in klimatisch begünstigten Sondersituationen vor - mit der Festlegung der Obergrenze mit 1600 m können Obstbäume mit Sicherheit ausgeschlossen werden.
- Obstbäume auf Friedhöfen werden nicht betrachtet.
  Begründung: Obstbäume können über 1600 m in Einzelfällen vorkommen, diese werden jedoch insgesamt als quantitativ irrelevant erachtet.
- Bäume mit einer Höhe von mehr als 30 m sind im Normalfall keine Obstbäume.

Einen Überblick über den Workflow dieser Lokalisierung gibt Abb. 11. Zuerst werden potenzielle Streuobstbaumpunkte generiert, die ausschließlich auf dem Differenzenmodell basieren – und nur das Höhenkriterium erfüllen. Die große Anzahl an Punkten wird durch Zusatzdaten (z. B. der Waldmaske) weiter reduziert. Mit den verbleibenden Punkten wird dann tatsächlich die Klassifikation, basierend auf multisaisonalen spektralen Attributen und der Feldbegehung vor Ort durchgeführt.

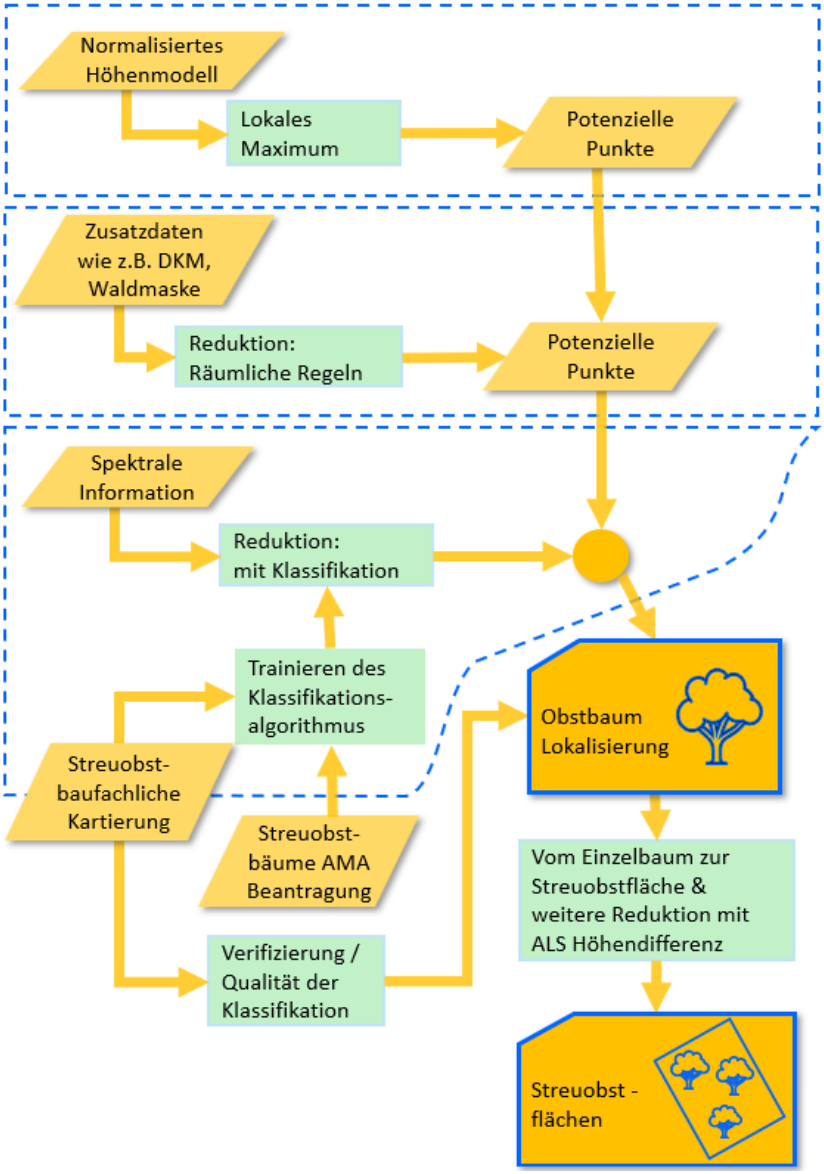

Abbildung 11: Ablaufdiagramm für die Ausweisung von Streuobstflächen auf Basis von Geodaten.

5.1.2 Verwendete Daten

Für die Umsetzung der Methodik waren verschiedenste Geodaten notwendig, die grob unterteilt werden können in: Geodaten für die Extraktion von Streuobstbäumen/ Streuobstflächen und jene Geodaten, die zur Kontrolle des vorherigen Schrittes dienen.

a) BEV Höhenmodelle: Digitales Geländemodell (DGM) und digitales Oberflächenmodell (DOM) und daraus abgeleitet: nDOM (normalisiertes digitales Oberflächenmodell ≈ Baumhöhe, daher im Englischen auch als Canopy Height Model (CHM) bezeichnet)
b) BEV DKM: digitale Katastralmappe, Landnutzung
c) BEV Landcover: Landbedeckung
d) BEV Orthofotos
e) BFW Waldmaske
f) AMA Invekos Daten der Feldstücke
g) AMA Daten zu Streuobstbäumen als punktförmige Landschaftselemente
h) AMA Daten zu sonstigen Bäumen als punktförmige Landschaftselemente

i) Satellitenbilder
j) Die streuobstbaufachliche Kartierung (SOK)
k) Zusatzdaten aus bereits vorhandenen lokalen Streuobsterhebungen, die kleinflächig auch für die Validierung der Ergebnisse verwendet wurden

Add a) Die Airborne Laser Scan (ALS)-Geländemodelle sind notwendig, um die Seehöhe zu berechnen. Der Rasterdatensatz „normalisiertes Höhenmodell (nDOM)“ oder Differenzenmodell ist jedoch auch der Startpunkt der Extraktion der Obstbäume.

Das nDOM wurde durch Subtraktion des DGM vom DOM berechnet. Beide Datensätze werden vom BEV aus ALS-Aufnahmen mit 1 m-Pixelauflösung im BEV Geoportal zur Verfügung gestellt. Der größte Nachteil dieser Daten besteht allerdings darin, dass das Aufnahmedatum häufig mehr als 10 Jahre zurückliegt – insbesondere im Süden Österreichs (siehe Anhang Abb. A-8). Bei der visuellen Kontrolle der DivMoSt-Testgebiete hat sich jedoch gezeigt, dass bereits innerhalb des Wiederholungszyklus der Orthofotos (3 Jahre; siehe Anhang, Abb. A-9) viele Unterschiede erkennbar sind – bei Streuobstflächen hauptsächlich das Verschwinden von Bäumen (neu angepflanzte Jungbäume sind meist ebenfalls nicht erkennbar).

Für die Erstellung der Orthofotos in einem 3-Jahres-Rhythmus wird aus den zugrunde liegenden Luftbildern auch ein DOM berechnet, das vom BEV kostenfrei zur Verfügung gestellt wird (siehe BEV Digitales Oberflächenmodell (DOM)). Der Vorteil des Oberflächenmodells aus Luftbildern gegenüber den ALS-Daten ist einerseits die Aktualität (i. d. R. nicht älter als 3 bis 4 Jahre), andererseits eine höhere räumliche Genauigkeit von einem halben Meter und weniger Interpolationseffekte, weil der ursprüngliche Datensatz nicht nochmals umprojeziert werden muss (liegt in den Meridianstreifen Österreichs vor). Im Gegensatz zu ALS-Befliegungen werden die Luftbildaufnahmen üblicherweise in der Vegetationsperiode (Sommermonate) geflogen. Dadurch können aber auch andere Vegetationsklassen, wie z. B. Ackerflächen mit Mais, das erste Kriterium der Mindesthöhe von 1,5 m überschreiten.

Aufgrund des Mehrgewinns durch die Aktualität und bessere geometrische Abgrenzungsmöglichkeit von vor allem kleineren Einzelbäumen (unter 20 m – was dem Hauptteil der Obstbäume entspricht) mit einem 0,5 m nDOM wurden primär die Oberflächenmodelle aus den Luftbildern (DOM OF) für dieses Projekt herangezogen.

Für die nDOM-Erstellung wurde das DGM aus dem ALS-Datensatz verwendet – unter der Prämisse, dass sich das Gelände auch über längere Zeiträume nur wenig verändert. Dafür wurde das ALS DGM von 1 m Pixelauflösung auf den gleichen Pixelraster, Pixelgröße und Projektion des Oberflächenmodells umgerechnet.

Das normalisierte Höhenmodell (nDOM, CHM) wurde mit dieser Formel berechnet:

wenn

$$(\text{DOM OF}_{[\text{aus OF, mit 0,5 m Pixelgröße}]} - \mathit{DGM\ ALS}_{[\text{aus ALS, umgerechnet auf 0,5 m Pixelgröße}]}) > 0,$$

dann

$$(\text{DOM OF}_{[\text{aus OF, mit 0,5 m Pixelgröße}]} - \mathit{DGM\ ALS}_{[\text{aus ALS, umgerechnet auf 0,5 m Pixelgröße}]})$$

sonst

$$0$$

Damit wurde gewährleistet, dass das Oberflächenmodell immer größer sein muss als das Geländemodell – ist das nicht der Fall, gibt es dort keine gültige Information.

Zweck: Extraktion potenzieller Obstbaumpunkte

Add b) BEV DKM: digitale Katastralmappe, Landnutzung

Die DKM ist der „*grafische Datenbestand des Katasters*“ im Vektorformat und wird vom BEV für Stichtage kostenfrei über das Geoportal zur Verfügung gestellt. *„Zu Beginn des zweiten und vierten Quartals werden aus den aktuellen Datenbeständen des Grundstücksverzeichnisses, der Katastralmappe sowie der Eigentümerdaten Stichtagsdaten erzeugt und jeweils drei Monate später angeboten. Diese Grafikdaten (Vektordaten) bzw. Sachdaten (Text) stellen den rechtlich gültigen Stand zum Zeitpunkt ihrer Erstellung dar“* (BEV, n.d.).

Die streuobstbaufachlichen Kartierungen vor Ort wurden 2024 durchgeführt, deshalb wurde die DKM mit Stichtag 1. April 2024 verwendet. Neben der hochgenauen Geometrie dieser Daten (parzellenscharfe Abgrenzung der Nutzungsfläche) steht auch die Nutzung jeder Fläche zur Verfügung (Attribut Nutzungssymbol mit 26 Klassen, Nutzungsarten: siehe Anhang, Tab. A-2).

Zweck: Einschränkung der potenziellen Streuobstbaumpunkte durch die Nutzungsklassen wie z. B. Gebäude, Alpen, Friedhöfe

Add c) BEV Landcover: Landbedeckung 2024

Das BEV bietet einen Raster-Landbedeckungsdatensatz mit einer räumlichen Auflösung von 20 cm und sechs Klassen an (Details siehe BEV: BEV_LC_Nomenclature.pdf *https://www.bev.gv.at/dam/jcr:3b42f8a8-80ca-435f-9af9-8834e1e593a3/BEV_LC_Nomenclature.pdf*). Von Interesse für dieses Projekt ist jedoch nur die Klasse 4 = Gebäude; in Ergänzung zum Datensatz BEV DKM: Klasse 41 = Gebäude.

Zweck: Weitere Einschränkung der potenziellen Streuobstbaumpunkte

Add d) BEV Orthofotos zum Stand 2024

Es wurden die Mosaike der Orthofotos verwendet. Diese beinhalten die drei Kanäle rot, grün, blau, und der vierte Spektralkanal, das nahe Infrarot, wird als eigenes File zur Verfügung gestellt. Diese Daten sind für die Visualisierung optimiert und entsprechend gestreckt.

Zweck: Der Datensatz wurde für die Visualisierung der Hintergrundinformation verwendet, über die Helligkeit war auch eine Einschränkung der potenziellen Streuobstbaumpunkte möglich.

Add e) Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) Waldmaske 2024

Ein frei verfügbarer Rasterdatensatz mit einer räumlichen Auflösung von 1 m× 1 m zum Zeitpunkt 2024.

Zweck: Einschränkung der potenziellen Obstbaumpunkte durch Nichtberücksichtigung des Waldes (siehe Kapitel 5.1.1), in Ergänzung zur DKM.

Add f) AMA Invekos Daten der Feldstücke 2024

Ein Vektordatensatz der Agrar Markt Austria (AMA), „*der alle von den AntragstellerInnen erfassten Feldstücke, welche als Grundlage der Förderabwicklung dienen, umfasst. Ein Feldstück ist eine im Bundesgebiet gelegene, eindeutig abgrenzbare Bewirtschaftungseinheit eines Betriebsinhabers mit nur einer Nutzungsart gemäß § 16 der Verordnung des zuständigen Bundesministeriums mit horizontalen Regeln für den Bereich der Gemeinsamen Agrarpolitik (Horizontale GAP-Verordnung) StF: BGBl. II Nr. 100/2015, die im Geographischen Informationssystem (GIS) als Polygon digitalisiert ist und aus Schlägen besteht.“* Bei diesem Datensatz steht das Attribut der Schlagnutzungsart im Vordergrund.

Zweck: Einschränkung der potenziellen Obstbaumpunkte speziell auf landwirtschaftlichen Flächen

Anmerkung: Streuobstbäume können sich auch auf Flächen befinden, die nicht im Invekos-Datensatz erfasst sind, d. h. auf Flächen, die nicht zu landwirtschaftlichen Betrieben gehören bzw. auf Flächen, für die von LW-Betrieben keine Förderung beantragt wurden.

Add g) AMA Datensatz zu Streuobstbäumen als punktförmige Landschaftselemente

Ein Punkt-Vektordatensatz der Agrar Markt Austria (AMA), der alle Beantragungen zur ÖPUL-Förderung für Streuobstbäume in diesem Zeitraum als Punktinformation (auf agrarisch genutzter Fläche) enthält. Es stehen keine weiteren Informationen zu Obstart, etc. zur Verfügung. Nur bestimmte Obstarten werden fördertechnisch als Streuobstbäume anerkannt, d. h. der Datensatz ist obstartenselektiv (enthält z. B. keine Walnussbäume). Der Datensatz ist auf Anfrage bei der AMA frei erhältlich. Dieser Datensatz basiert auf dem Datensatz „Invekos Schläge Österreich 2024“.

Zweck: Unabhängiger Datensatz mit Informationen zu Streuobstbäumen, der zusätzlich zur Klassifikation verwendet wurde.

Add h) Invekos Schläge Österreich 2024 – Punktdatensatz punktförmige Landschafts-elemente

AMA Beantragung von punktförmigen Landschaftselementen. Frei verfügbar über den Link *https://www.data.gv.at.* Die vorherigen Daten von Punkt g) stellen einen Teil von diesem Datensatz dar (das Attribut Streuobstbaum ist aber nicht freigeschalten). Bei dem Attribut Schlagnutzungsart ist hier die Attributausprägung > LSE BÄUME / BÜSCHE < relevant.

Zweck: Für die Klassifikation als Trainingspunkte relevant.

Add i) Satellitendaten und daraus abgeleitete Produkte

Die Anforderung an die Satellitenbilder ist, dass sie multisaisonal (in der Vegetationsperiode ca. Februar bis November) in den Jahren 2023 und 2024 so oft wie möglich zur Verfügung stehen. Für die konkrete Anwendung steht die Verwendung von optischen Satellitendaten im Vordergrund – d. h. aber auch, Wolkenbedeckung spielt eine einschränkende Rolle.

Satellitenbilder, die verwendet/getestet wurden:

1. **Sentinel-2** Daten der European Space Agency (ESA)
   Vier Kanäle mit 10 m Pixelgröße im sichtbaren Licht und im nahen Infrarot, sechs Kanäle mit 20 m Pixelgröße im Red-Edge-Bereich, nahem und kurzwelligem Infrarot. Die Daten werden mit hoher Aufnahmerate (alle 5 Tage global, 2x in 5 Tagen im Orbitoverlapp) und in radiometrisch hoher Qualität aufgenommen. Im Zuge des Copernicus-Programms der Europäischen Kommission werden diese Daten ohne Einschränkungen kostenfrei zur Verfügung gestellt.

2. **PlanetScope** Daten des kommerziellen Satellitendatenanbieters Planet
   Vorteil: Acht Kanäle mit 3 m Pixelauflösung und tägliche Abdeckung stehen zur Verfügung, im sichtbaren Licht des elektromagnetischen Spektrums sieben Kanäle und ein Kanal im nahen Infrarot. Nachteil: kostenpflichtig, teilweise inhomogen in der Fläche, z. B. durch unterschiedliche Aufnahmezeitpunkte am Tag und daraus resultierende unterschiedliche Betrachtungswinkel, radiometrische Qualität geringer als bei Sentinel-2 („rauschen“ der Daten), geometrische Probleme: Szenen von unterschiedlichen Tagen sind nicht pixelscharf (Pixel „springen“ zwischen den Aufnahmen). Die höhere räumliche Auflösung wird jedoch für die Detektion von Einzelbäumen als positiv angesehen. Ebenso werden zukünftige ESA-Missionen wie Sentinel-2 Next Generation eine höhere räumliche Auflösung von bis zu 5 m aufweisen. Ein Vergleich der unterschiedlichen räumlichen Auflösungen ist in den Abb. 12 und 13 dargestellt.
   In diesem Projekt konnte durch die Gastwissenschaftlertätigkeit eines Projektmitarbeiters an der schweizerische Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) auf diese Daten testweise zugegriffen werden.

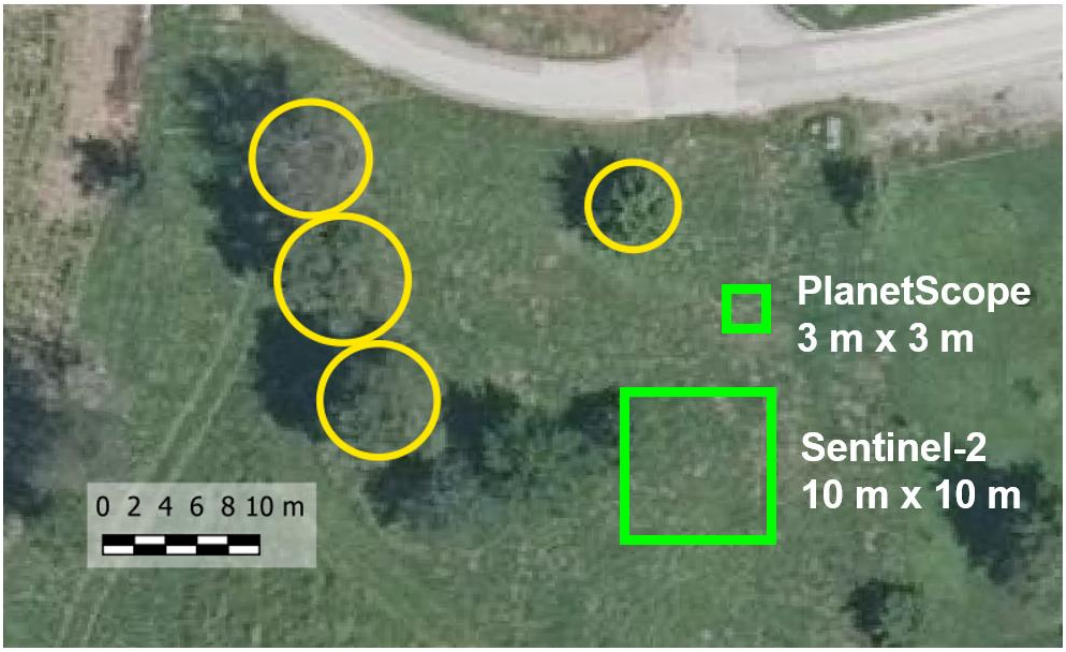

Abbildung 12: Streuobstbäume auf dem Orthofoto im Vergleich mit Pixelauflösungen von Sentinel-2 und PlanetScope (Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte basemap.at)

Abbildung 13: Echtfarbendarstellungen desselben Ausschnittes zur Visualisierung der unterschiedlichen Bildauflösungen der einzelnen Sensoren: Orthofoto mit 20 cm, PlanetScope mit 3 m und Sentinel-2 mit 10 m.

3. **Sentinel-1** Daten der European Space Agency (ESA)
   Sentinel-1-Daten sind ebenfalls Teil des europäischen Copernicus-Programms und wurden im Projekt testweise für 2024 verwendet. Es handelt sich um *Synthetic Aperture Radar* (SAR)-Radardaten im C-Band, die als Ergänzung zu den Spektraldaten der beiden anderen Satellitensensoren Sentinel-2 und PlanetScope gesehen werden können. Der größte Vorteil ist die regelmäßige Verfügbarkeit von Radardaten, da diese wetterunabhängig sind. Mit dem Test sollte untersucht werden, ob diese Daten vor allem aus den phänologisch relevanten Zeitperioden zusätzliche Informationen zu den Spektraldaten liefern.

4. **Google Embeddings**: frei verfügbarer Datensatz (Brown et al., 2025)
   Das Google Satellite Embedding-Dataset ist eine globale, analysebereite Sammlung von gelernten raumbezogenen Einbettungen. Jedes 10-Meter-Pixel in diesem Dataset ist eine 64-dimensionale Darstellung oder ein Einbettungsvektor, der die zeitlichen Verläufe der Oberflächenbedingungen an und um dieses Pixel herum codiert, wie sie von verschiedenen Erdbeobachtungsinstrumenten und -datasets über ein einzelnes Kalenderjahr hinweg gemessen wurden. Im Gegensatz zu herkömmlichen spektralen Eingaben und -indizes, bei denen Bänder physischen Messungen entsprechen, sind Einbettungen Feature-Vektoren, die Beziehungen zwischen multimodalen Beobachtungen aus mehreren Quellen auf weniger direkt interpretierbare, aber leistungsfähigere Weise zusammenfassen (siehe https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/GOOGLE_SATELLITE_EMBEDDING_V1_ANNUAL?hl=de).
   Es wurde der Datensatz von 2024 verwendet, wobei alle 64 Kanäle eingesetzt wurden.

Jeder einzelne dieser Kanäle lässt keinerlei Rückschlüsse auf die Eingangsdaten bzw. Zeitpunkt der Aufnahme zu. Der große Vorteil: Es handelt sich um einen homogenen Datensatz für ganz Österreich, der speziell für ein österreichweites Monitoringsystem völlig neue Möglichkeiten eröffnet.

Worin liegt der Vorteil von multisaisonalen Satellitenbildern?

Satellitensensoren, die mehrmals während der Vegetationsperiode Bildmaterial liefern, können die jahreszeitlich bedingte Veränderung der spektralen Signatur von Pflanzen wie z. B. Obstbäumen erfassen. Speziell am Anfang der Vegetationsperiode – in der Blühphase – können sie sehr gut zur Differenzierung von Obstbäumen eingesetzt werden. Der Wechsel von einem Laubbaum ohne Blätter hin zu einem Laubbaum, der blüht und dadurch am Bildmaterial sehr hell erscheint und danach wieder, wie ein normaler Laubbaum aussieht (im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums), ist ein sehr guter Indikator für die häufigsten Obstbaumarten des Streuobstbaus (Abb. 14). Es handelt sich dabei vor allem um Vertreter der Rosengewächse (Apfel, Birne, Kirschen, Pflaumen, etc.) mit auffälligen Blüten (eine Ausnahme unter den wichtigsten Obstarten sind z. B. die windbestäubten Walnussbäume mit unscheinbarem Blühaspekt). Satellitenbilder können zudem die zeitliche und regionale Variabilität der Blütephase erfassen. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass speziell im Frühjahr wolkenreiche Phasen vorkommen – und dann weniger Bildmaterial aus der Blütephase zur Verfügung steht (siehe auch Abb. 19).

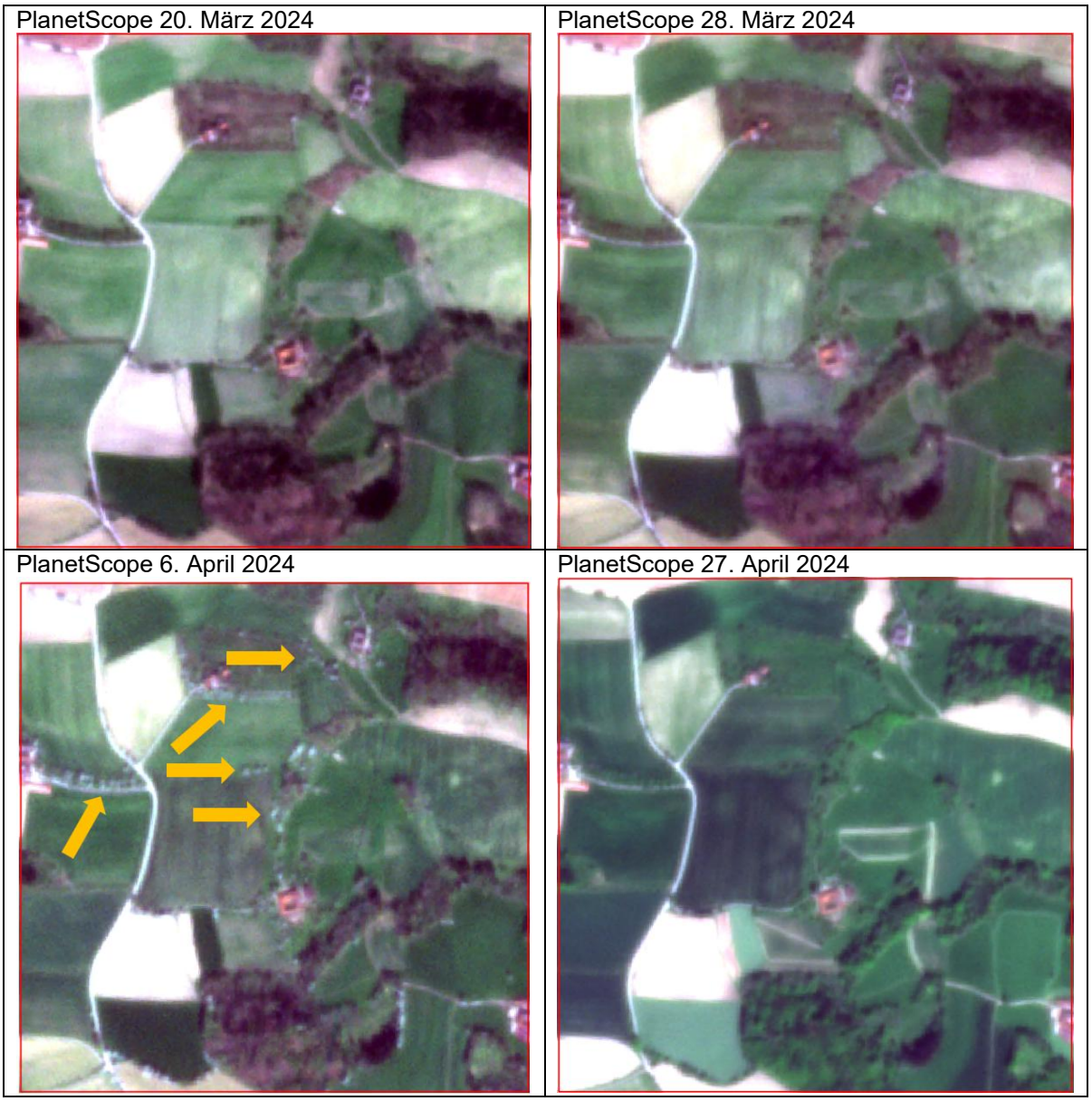

Abbildung 14: Blütephase von Obstbäumen anhand einer PlanetScope-Zeitreihe im Frühling 2024. Insgesamt standen 2024 für diesen kleinen Ausschnitt aus dem Testgebiet 09: Obsthügelland 23 PlanetScope-Szenen zur Verfügung.

Add j) Die streuobstbaufachliche Kartierung (SOK)

Die streuobstbaufachliche Kartierung bildet den Grundpfeiler für die Umsetzung einer Methode zur automatisierten Erfassung von Streuobstflächen in Österreich.

Aktuelle Informationen zur Anzahl und Lokalisierung von Streuobstbäumen werden zwar von der Agrar Markt Austria (AMA) zur Verfügung gestellt, haben aber operationale und methodische Nachteile. Operationale Nachteile entstehen vor allem dadurch, dass die freiwillige Antragstellung auf Förderung der Streuobstbäume von der Antragswilligkeit der Landwirt*innen abhängt – und insbesondere im Osten Österreichs die Anzahl der Meldungen in manchen Gebieten sehr gering ist. Dies zeigte sich vor allem in den Testgebieten 07 (Leiser Berge) und 15 (Naturpark Rosalia Kogelberg) mit jeweils nur 3 bzw. 91 AMA-Streuobstbäumen (nach Bereinigung der Datensätze).

Methodische Nachteile ergeben sich dadurch, dass nur Streuobstbäume auf landwirtschaftlich genutzten Flächen förderfähig sind, während speziell in Hausgärten und auf anderen nichtlandwirtschaftlichen Flächen sehr oft Streuobstbäume und -flächen vorhanden sind, die damit gar nicht erfasst werden.

Näherungsweise kann davon ausgegangen werden, dass nur ca. ein Viertel der in Österreich vorhandenen Streuobstbäume vom AMA-Punktdatensatz erfasst sind. Die Bestandsschätzung der Statistik Austria zum extensiven Obstbau in Österreich geht von ca. 4,2 Mio. Obstbäumen für 2020 aus (Statistik Austria, 2022), der AMA-Punktdatensatz zu Streuobstbäumen umfasst nur ca. 1,1 Mio. Streuobstbäume. Laut der Agrarstrukturerhebung 2020 (AS 2020) verfügen die landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich über 2,3 Mio. extensive Obstbäume (Statistik Austria, 2022). Somit ist davon auszugehen, dass mit dem AMA-Punktdatensatz nur rund die Hälfte der Streuobstbäume der landwirtschaftlichen Betriebe erfasst ist (siehe hierzu den Berichtsteil zu AP 4, Kapitel 4).

Die SOK-Flächen (jeweils 2 Landschaftsausschnitte à 1 km × 1 km pro Testgebiet) stellen damit einen wichtigen Input für den tatsächlichen Bestand und Zustand der Streuobstflächen dar und spielen für die Klassifikation eine wesentliche Rolle, um den Klassifikationsalgorithmus zu trainieren bzw. zu verifizieren. Im Optimalfall geben sie einen repräsentativen Überblick über die Lage und Zusammensetzung von Streuobstflächen im jeweiligen Testgebiet. Die Auswahl konnte aufgrund der kurzen Projektlaufzeit von 2 Jahren nicht nur nach wissenschaftlichen Kriterien erfolgen, sondern auch pragmatische Gründe berücksichtigen, wie z. B. Bewilligungen oder Zugänglichkeiten.

Add k) unabhängige, aktuelle und zuverlässige Zusatzdaten aus lokalen Streuobstbaum/Streuobstflächen - Erhebungen (bereits vorhandene Daten aus regionalen Streuobstkartierungen) für die kleinräumige Validierung der Ergebnisse

1. Erhebungen im Testgebiet 15 Naturpark Rosalia Kogelberg
   Felderhebung von Streuobstbaumstandorten und Streuobstflächen aus dem Jahr 2024 für einen Teil vom DivMoSt Testgebiet (Holler & Hausmann, 2025).
2. Erhebung im Testgebiet 17 Pöllauer Tal
   Felderhebung von Streuobstbaumstandorten und Streuobstflächen aus dem Jahr 2022/23 für die gesamte Fläche vom DivMoSt Testgebiet (Zukrigl, 2023).

5.1.3 Potenzielle Streuobstbaumpunkte

Der erste Schritt bei der Lokalisierung potenzieller Streuobstbäume ist die Erstellung eines Punktdatensatzes, der aus dem normalisierten Differenzenmodell (Rasterdatensatz nDOM = Objekthöhe) mit 0,5 m Pixelauflösung abgeleitet wird und die lokalen Maxima darstellt.

Das lokale Maximum im Differenzenmodell ist ein Pixel, bei dem die räumlich benachbarten Pixel kleiner als dieser Wert sind. Rechnerisch wird dieser Wert aus dem lokalen (definierte Umgebung um ein Pixel) Maximum um jedes Pixel berechnet. Dieser Wert wird mit dem tatsächlichen Höhenwert an dieser Stelle verglichen. Sind die beiden Werte gleich, handelt es sich um ein lokales Maximum und stellt damit im Optimalfall die Spitze der Baumkrone dar. Ein Punkt wurde jedoch nur dann als potenzieller Streuobstbaum übernommen, wenn die Höhe größer oder gleich 1,5 m war.

Die Größe und Form der definierten Umgebung um ein Pixel wurde im visuellen Vergleich der Testgebiete mit den unterschiedlichen Landschaftsausstattungen ermittelt. Bei einer Pixelgröße von 0,5 m war der optimale Bereich ein 9 × 9 Pixel Fenster mit einer Kreisform um das zentrale Pixel (Abb. 15), was einem Kreis mit 4,5 m Durchmesser entspricht.

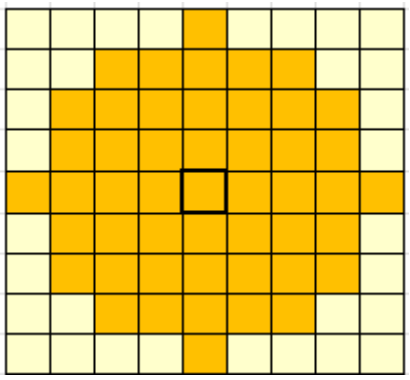

Abbildung 15: Zentralpixel (schwarz, breit umrandet, 9 × 9 Pixel Fenster und Kreis der tatsächlich berücksichtigten Pixel (orange)

Dieser **erste Schritt** ist von großer Bedeutung, weil er die Grundlage für alle weiteren Schritte bildet. Die weiteren Schritte dienen dazu, diesen Punktedatensatz zu reduzieren. Somit ist jeder Obstbaum, der in diesem Schritt nicht erfasst wurde, auch im finalen Datensatz nicht enthalten. Deshalb wurde hier besonders auf die Balance zwischen zu wenig und zu vielen Punkten geachtet. Diese Balance wurde mit der Fenstergröße von 9 × 9 Pixel und der Kreisform am besten erreicht.

Die Überlagerung des Orthofotos mit den lokalen Maxima in Abb. 16 zeigt die Genauigkeit der Methode in einem Teil des Testgebiets 15 Rosalia, Naturpark Kogelberg, östlich des Ortes Draßburg. In diesem Ausschnitt sind kleinere Jungobstbäume zu erkennen (nordöstlicher Bereich) sowie Altbestände, deren Kronen sich bereits zum Teil „überlappen“ und eine frühere geometrische Anordnung (aufgrund entnommener Bäume) nicht mehr zu erkennen ist.

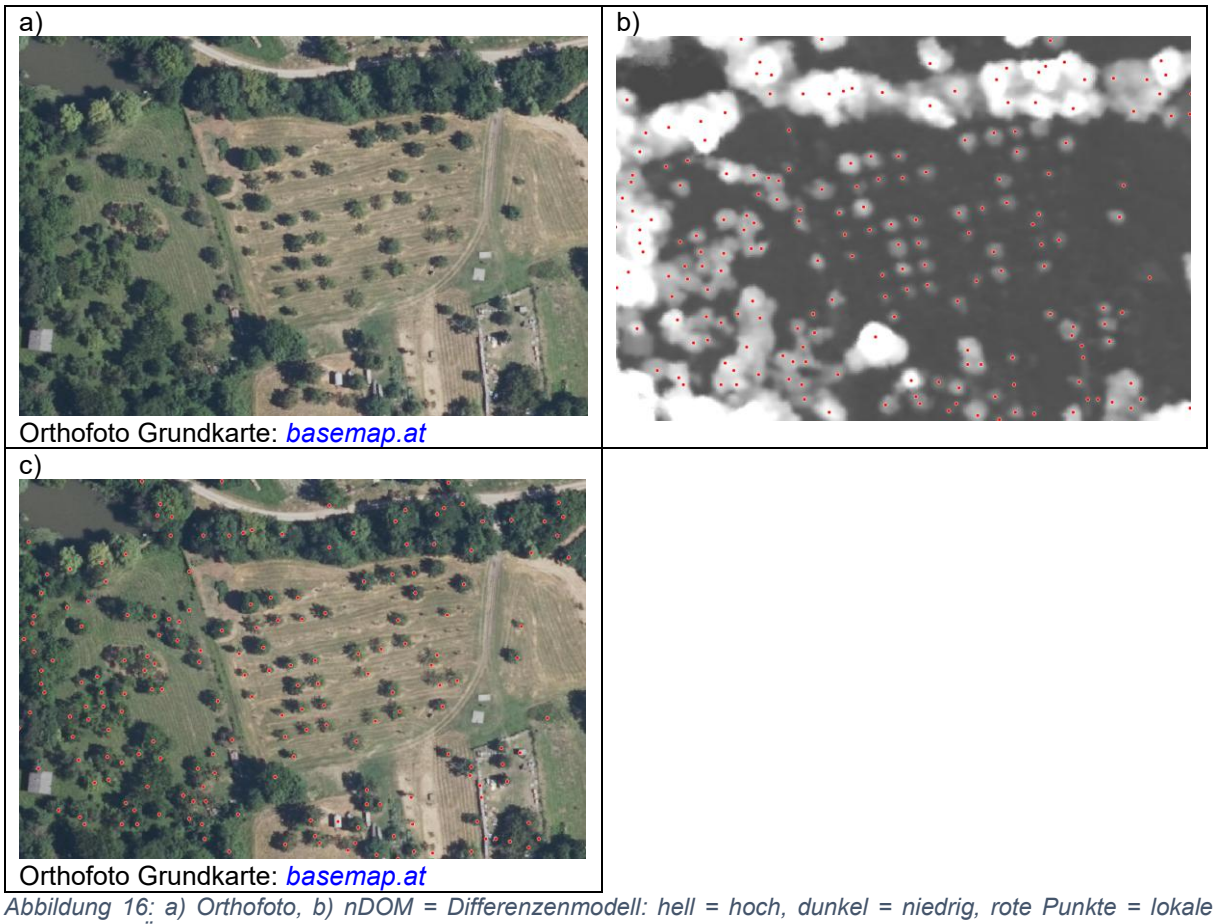

Abbildung 16: a) Orthofoto, b) nDOM = Differenzenmodell: hell = hoch, dunkel = niedrig, rote Punkte = lokale Maxima, c) Überlagerung Orthofoto mit den lokalen Maxima (rote Punkte). (Kartenquellen a & b: Orthophoto Grundkarte basemap.at)

Die Abbildung 16 c) zeigt die Stärken, aber auch die Schwächen von diesem Ansatz: Es wird nur die Objekthöhe betrachtet, ohne weitere Informationen zum Objekt zu haben. Auch wenn die Spitzen der Baumkronen gut erkannt werden, enthält dieser Datensatz auch eindeutige Nicht-Obstbäume wie z. B. Punkte auf dem Holzstoß im Südosten der Abbildung 16 c).

Deshalb wird in den nächsten Schritten versucht, die Nicht-Obstbaumpunkte möglichst gut mithilfe von Zusatzdaten zu reduzieren. Alle weiteren Analysen konnten auf Basis der Punktdaten durchgeführt werden, was sich wiederum positiv auf die „Performance“ ausgewirkte (Reduktion der Rechenzeit).

Bevor der nächste Schritt der Punktreduktion erfolgte, wurde noch eine weitere Information aus dem Differenzenmodell gewonnen: eine Annäherung an die „Baumkrone“. Die Grundidee ist, dass eine Annäherung an die Baumkrone zusätzliche Informationen zum eigentlichen Objekt dahinter liefern kann. Hohe Objekte mit kleinen „Baumkronen“ sind wahrscheinlich keine Obstbäume, sondern z. B. Strommasten.

Zur Anwendung kam ein adaptierter Algorithmus von Dalponte & Coomes (2016) und Zörner et al., (2018). Adaptiert bedeutet: Das Höhenmodell wurde direkt übernommen (ohne vorherige Glättung) und die Spitze der Baumkrone muss eindeutig sein (kein benachbartes Pixel mit gleicher Höhe = „Plateau“), benachbarte Pixel müssen kleiner werden und der maximale Radius der Baumkrone wird eingeschränkt. Dieser Radius ist kein Absolutwert wie im ursprünglichen Algorithmus, sondern wird in Relation zur aktuellen Baumhöhe ermittelt.

Dieser Algorithmus wurde als Cython-Programm für Windows 11 entwickelt und auf die Testgebiete angewendet. Das Programm und die dazugehörigen Parameter sind im Anhang (Tab. A-3 und Tab. A-4) zu finden. Wie in Abb. 17 dargestellt, wird mit dem Algorithmus für jeden potenziellen Obstbaumpunkt ein potenzielles Baumkronen-Polygon erstellt.

Abbildung 17: Detektion und Abgrenzung der Baumkronen: a) Orthofoto; b) Orthofoto mit Baumspitzen = rote Punkte = lokale Maxima und c) angenäherte Baumkronen (gelbe Polygone) Orthofoto Grundkarte: basemap.at

5.1.4 Reduktion der potenziellen Streuobstbaumpunkte mit Zusatzdaten

Der **zweite Schritt** hat die Aufgabe, die große Anzahl potenzieller Obstbaupunkte zu reduzieren. Das geschieht in einem mehrstufigen Verfahren:

<u>Attributwerte aus den Höhenmodellen Geländemodell und Differenzenmodell</u>

Die potenziellen Punkte in Verbindung mit dem Differenzenmodell (nDOM) und dem Geländemodell (DGM) ergeben bereits relevante Zusatzinformationen:

- Objekthöhe ≈ Baumhöhe
- Seehöhe
- Fläche der angenäherten Baumkrone

Alle drei Parameter spielen für die weitere Bearbeitung und Klassifikation eine große Rolle, damit folgende Kriterien aus Punkt 5.1.1 erfüllt werden konnten:

- Obstbäume kommen ab 1600 m Seehöhe in Österreich nicht mehr vor
- Bäume über 30 m Höhe sind keine Streuobstbäume

Die Aufnahmejahre der Luftbilder, die für die Oberflächenmodell- und Orthofotoerstellung verwendet wurden, sowie der ALS-Daten (Geländemodell) sind in Tab. 4 aufgeführt.

Die große Anzahl an Jahren bei ALS Daten, wie z. B. bei TG 19, ergibt sich daraus, dass der Hauptanteil der Fläche meist aus einem Jahr stammt – hier 2013 - speziell im Randbereich aber auf vorhandene Daten zurückgegriffen wird, die hier bis 2006 zurückreichen (siehe auch Anhang Abb. A-8).

Tabelle 4: Aufnahmezeitpunkte der Luftbilddaten (LB) für die Erstellung der digitalen Oberflächenmodelle (DSM) und der zugehörigen Orthofotos pro Testgebiet, im Vergleich zu den Airborne Laser Scanning (ALS)-Daten.

TG	LB DSM + Orthofoto	ALS
01	2020	2017
02	2020	2017, 2018, 2019
03	2021, 2022	2020, 2021
04	2021	2009, 2010, 2017, 2018, 2019
05	2021	2021, 2022
06	2022	2022-2023
07	2021	2020
08	2020	2015
09	2020	2014, 2013, 2015
10	2020	2017, 2018
11	2022	2016
12	2022	2016, 2021
13	2020	2021
14	2020, 2022	2017, 2021
15	2022	2019
16	2021, 2022	2010-2011, 2011
17	2021	DTM2019, DSM2010
18	2022	2019, DTM2019, DSM2009
19	2022	2006, 2011, 2012, 2013, 2022-2023
20	2021	2009, DTM2019, DSM2009
21	2022	2010, 2012
22	2022	2012
23	2020	2021, 2022

Ausschluss von Waldpunkten

Durch Überlagerung der potenziellen Punkte mit der Waldmaske werden alle Punkte, die innerhalb der Waldmaske liegen, ausgeschlossen. Je nach Flächenanteil der Bewaldung werden auf diese Weise oft mehr als 50 % der potenziellen Punkte ausgeschlossen.

Weitere Punkte mit Hilfe der BEV – DKM und BEV – Landcover ausschließen

Auf Basis der DKM-Nutzungssymbol 41 = Gebäude sowie der BEV-Landcoverklasse 4 = Gebäude können alle Gebäude ausgeschlossen werden. In der DKM ist oftmals die genaue Gebäudefläche enthalten; angrenzende Gebäudeteile sind oftmals nicht enthalten (wie z. B. Garagenteile, Schuppen etc.). Diese werden jedoch meist in der BEV-Landcover erfasst.

Mit Hilfe der DKM können aber auch weitere Nutzungen (in Rücksprache mit AP 4.) ausgeschlossen werden (DKM Nutzungssymbol Nummer und Bezeichnung):

- 54 Alpen
- 55 Krummholzflächen (Latschen)
- 56 Wälder
- 59 Fließende Gewässer
- 60 Stehende Gewässer
- 61 Feuchtgebiete
- 72 Friedhöfe
- 87 Fels- und Geröllflächen
- 88 Gletscher (werden durch das Kriterium: Seehöhe kleiner 1600 m bereits ausgeschlossen)

Die zusätzlichen Waldpolygone aus der DKM ergänzen die Waldmaske, insbesondere in Übergangsbereichen nach Schlägerungen.

Weitere Ausschluss - Kriterien

Hierbei handelt es sich um weitere Einschränkung durch Regeln aus einer Kombination von Informationen aus dem Differenzenmodell (nDOM), den AMA Invekos Daten Feldstücke und den Orthofotos, die für alle 23 Testgebiete gelten. In der eigentlichen Umsetzung kann dieser Schritt erst nach 5.1.5 erfolgen, weil es sich hierbei auch um Ausschlusskriterien handelt, werden diese hier beschrieben.

Das nDOM wurde aus Luftbildern erzeugt, mit denen auch ein Orthofoto erstellt wurde. Aus diesem Orthofoto (gleicher Aufnahmezeitpunkt wie das nDOM) wurden die Helligkeitswerte aus der Summe der drei Kanäle Blau, Grün und Rot berechnet und dann gedrittelt. Die Helligkeitswerte von Streuobstbaumpunkten konnte dadurch bestimmt werden, dass diese in den SOK-Quadranten bekannt waren. Daraus konnten die relevanten statistischen Parameter ermittelt werden.

- Reduktion der Punkte, die entweder zu hell oder zu dunkel im Orthofoto waren, erfolgte durch Anwendung der folgenden Regel:

  $OF_{Helligkeit}$ = Helligkeit berechnet aus dem Orthofoto:
  (Summe rotes, grünes und blaues Band) / 3

  $OF_{HelligkeitMIN}$ = Minimum der Helligkeit in den SOK – Flächen,
  wenn ein Punkt als Obstbaum ausgewiesen wurde
  $OF_{Helligkeit99_9Perz}$ = 99,9 Perzentil der Helligkeit in den SOK – Flächen,
  wenn ein Punkt als Obstbaum ausgewiesen wurde

  Bedeutung der Abfrage: wenn ein gültiger Wert vorhanden ist (> 0), der Wert aber kleiner als das Minimum oder größer als das 99,9 Perzentil ist, dann ist der Punkt kein Streuobstbaum

- Reduktion der Punkte, wo die angenäherte Baumkrone > 300 m² → unrealistisch große Baumkrone für einen Obstbaum
- Reduktion der Punkte, wo die Relation Objekthöhe zu angenäherter Baumkrone größer gleich 4 ist → ein hohes Punktobjekt mit einer sehr kleinen „Baumkrone“ wurde damit ebenfalls ausgeschlossen, da dies eher untypisch für einen Streuobstbaum wäre Reduktion der Punkte, die niedrig sind, eine sehr kleine Baumkrone (< 7 m²) haben

und in einer räumlich zusammenhängenden Fläche liegen, deren Gesamthöhe im nDOM nicht höher als 3 m ist. Diese zusammenhängende Fläche muss größer als 500 m² sein. Diese Regel sollte vor allem dabei unterstützen, die große Anzahl von Punkten in landwirtschaftlichen Flächen zu reduzieren (Ackerflächen), gleichzeitig aber echte Streuobstbäume nicht zu eliminieren. Auch diese Regel zielt vor allem darauf ab, die große Anzahl potenzieller Punkte in Weingärten (FS_FNAR_CODE = WI, WT) und Ackerland (FS_FNAR_CODE = A) zu reduzieren.
Gleichzeitig muss die Objekthöhe ≤ 3 m und die angenäherte Baumkrone < 7 m² sein. Die Invekos-Feldstücke stehen nicht flächendeckend zur Verfügung; deshalb ergänzen sich diese und die Regel davor optimal.

- Spezialkulturen aus dem AMA Invekos Datensatz (FS_FNAR_CODE = S), wie z. B. Intensivobst, Hopfen, wurden ebenfalls ausgeschlossen

5.1.5 Zuordnung der streuobstbaufachlichen Kartierung zu den potenziellen Obstbaumpunkten

Dieser Schritt **stellte einen essenziellen Schritt dar**: die Verknüpfung der streuobstbaufachlichen Kartierung mit den generierten potenziellen Punkten. Diese Verknüpfung musste händisch/visuell durchgeführt werden, weil es sich dabei nicht um eine 1:1 Umsetzung handelt.

In einer kartierten Streuobstfläche kann sich z. B. neben Bäumen auch ein kleines Gebäude befinden, das höher als 1,5 m ist und durch die Reduktionskriterien nicht erfasst wurde (weil zu neu etc.). Eine klare Zuordnung ist jedoch notwendig, um den letzten Schritt, die Klassifikation, zu ermöglichen (Abb. 18).

Die erstellten potenziellen Obstbaumpunkte aus Kapitel 5.1.3 beinhalten räumliche Objekte, die Obstbäume sein können – aber auch Objekte wie andere Laubbäume oder künstliche Strukturen wie z. B. Laternen.

Die vorangegangenen räumlichen Regeln helfen dabei, die Menge dieses Datensatzes zu verringern, können jedoch nicht alle Fälle abdecken. Spätestens dann, wenn in unmittelbarer Nachbarschaft zu Obstbäumen andere Laubbäume stehen, spielen die spektralen Eigenschaften im jahreszeitlichen Verlauf eine wesentliche Rolle, um eine Differenzierung treffen zu können. Diese Differenzierung erfolgt mit Hilfe einer Klassifikation. Für die Klassifikation ist es wiederum essenziell, einen Trainingsdatensatz zur Verfügung zu haben. Der Trainingsdatensatz ist dadurch gekennzeichnet, dass die gewünschten Klassen bekannt sind.

Die drei gewünschten Klassen sind:

1. Obstbaum
2. Nicht-Obstbaum
3. Rest (menschliche Infrastruktur wie Autos, Gebäudeteile, Laternen, etc.)
0. Bei der Kartierung gab es noch eine Sonderklasse: 0 = nicht zugänglich, beispielsweise ein Baum in einem Innenhof, der nicht einsichtig war

Dem Punktdatensatz mit den potenziellen Obstbaumpunkten wurde ein neues Attribut Kat1 zugewiesen. Alle Punkte mit einem Wert größer als 0 sind innerhalb der streuobstbaufachlichen Kartierung (SOK) und letztendlich für das Training des Klassifikationsalgorithmus geeignet.

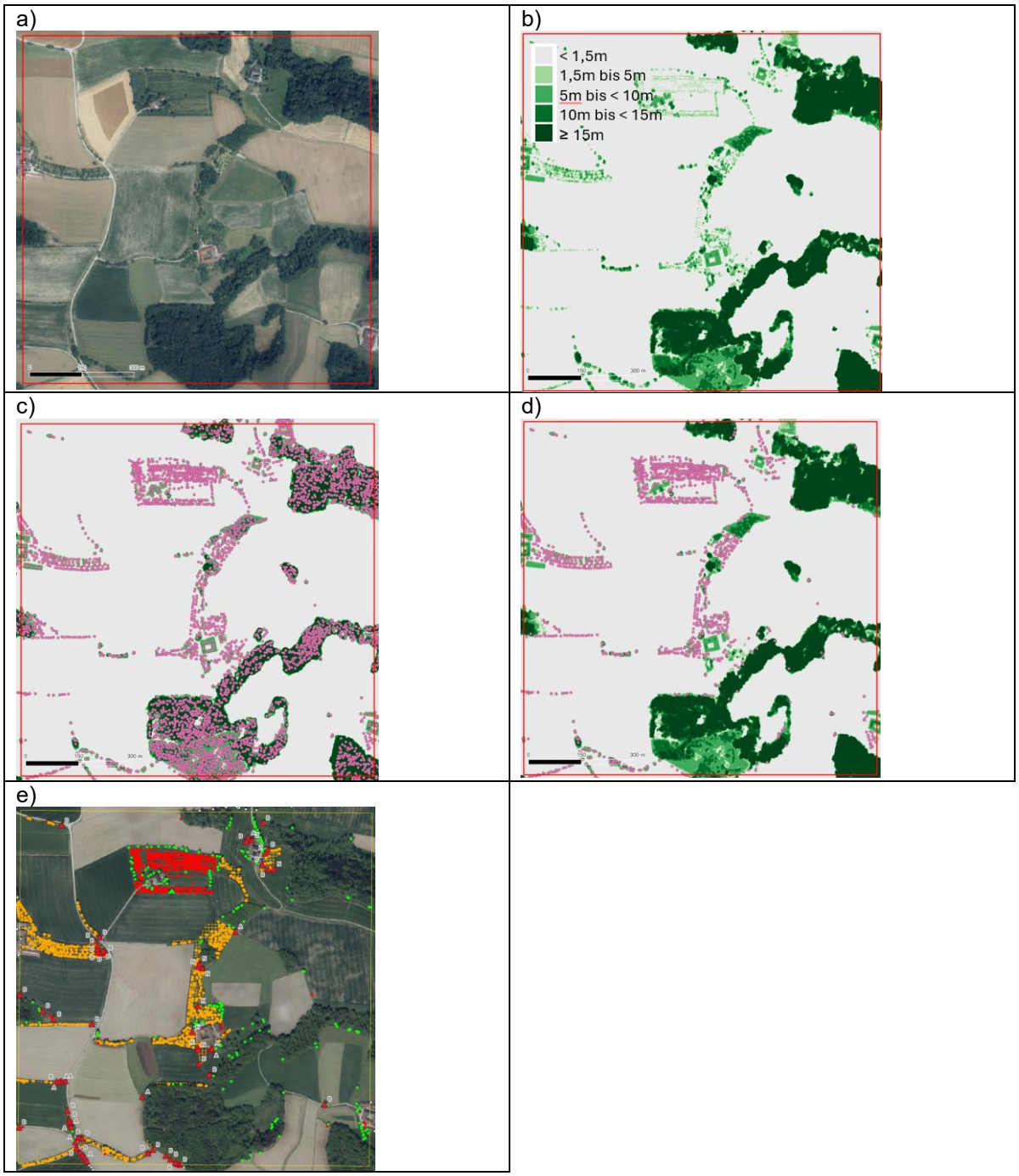

Abbildung 18: potenzielle Obstbaumpunkte und Visualisierung der einzelnen Prozessierungsschritte für einen Ausschnitt aus TG 09 Obsthügelland: a) Orthofoto, b) Höhenmodell mit Höhenstufen ab 1,5 m – je dunkler, desto höher, c) Potenzielle Obstbaumpunkte ohne Reduktion, d) Potenzielle Obstbaupunkte reduziert anhand der Waldmaske, e) Zuordnung der streuobstbaufachlichen Kartierung zur Punktwolke der potenziellen Obstbaumpunkte. (Kartenquellen a-e: Orthofoto Grundkarte: basemap.at)

5.1.6 Eingangsdaten für die Klassifikation

Zur Anwendung kamen die Satellitenbilder von PlanetScope, Sentinel-2, und Sentinel-1 sowie die Google-Satellite-Embeddings. Die Verfügbarkeit der einzelnen Datensätze wird in Tab. 5 dargestellt.

Tabelle 5: Anzahl der verfügbaren Satellitendatensätze (Szenen) pro Sensor und Jahr für die einzelnen Testgebiete (TG)

TG	PlanetScope		Sentinel2		Sentinel-1	Google-Satellite-Embeddings 2024
	2023	2024	2023	2024	2024	
01	30	23	10	10	58	1
02	15	17	11	5	28	1
03	21	16	6	6	61	1
04	21	20	13	10	31	1
05	19	9	4	3	61	1
06	20	13	8	12	31	1
07	29	28	17	21	61	1
08	38	23	18	15	61	1
09	33	23	22	14	61	1
10	22	23	7	6	61	1
11	35	32	14	9	30	1
12	34	21	11	6	30	1
13	14	12	3	4	30	1
14	17	17	12	9	61	1
15	29	18	24	19	61	1
16	18	12	6	2	30	1
17	23	16	10	7	61	1
18	32	23	23	23	61	1
19	17	13	4	5	61	1
20	41	24	27	21	61	1
21	25	15	11	6	61	1
22	16	10	6	3	61	1
23	34	21	17	11	61	1

Der Vergleich von PlanetScope-Daten mit Sentinel-2 zeigt deutlich, dass in 13 der 23 Testgebiete mindestens doppelt so viele PlanetScope-Aufnahmen zur Verfügung stehen, wie von Sentinel-2. Speziell in den Testgebieten mit einem großen Anteil an Bergland ist der Unterschied deutlich zu erkennen, z. B. in TG 02 Kaunertal, TG 05 Lienz, TG 16 Trofaiach, TG 19 Lavanttal. Die Begründung für die Berücksichtigung von Sentinel-1-Daten zeigt die hohe Anzahl verfügbarer Daten, bedingt durch die Wetterunabhängigkeit – die schwankende Anzahl ergibt sich aus überlappenden und nicht überlappenden Flugpfaden. Bei einer Überlappung stehen mehr Aufnahmen zur Verfügung.

Neben der reinen Anzahl an brauchbaren Satellitenbildszenen (keine oder geringe Wolkenbedeckung, der Großteil des Gebietes abgedeckt, keine Artefakte im Bild) spielt auch die saisonale Verteilung eine wichtige Rolle. Abbildung 19 zeigt die saisonale Verteilung, Schwerpunkt sollte dabei der Zeitraum von der Blütephase bis hin zum Laubabwurf sein. Die Abbildung zeigt deutlich auf, dass in beiden Jahren – 2023 und 2024 – die Anzahl an Satellitenbildern z. B. bei PlanetScope mit mehr als 15 Bildern pro Jahr gut ist, aber speziell die Blütephase (März bis Mai) nur schwach besetzt ist mit Satellitenbildszenen, die für die Klassifikation geeignet sind.

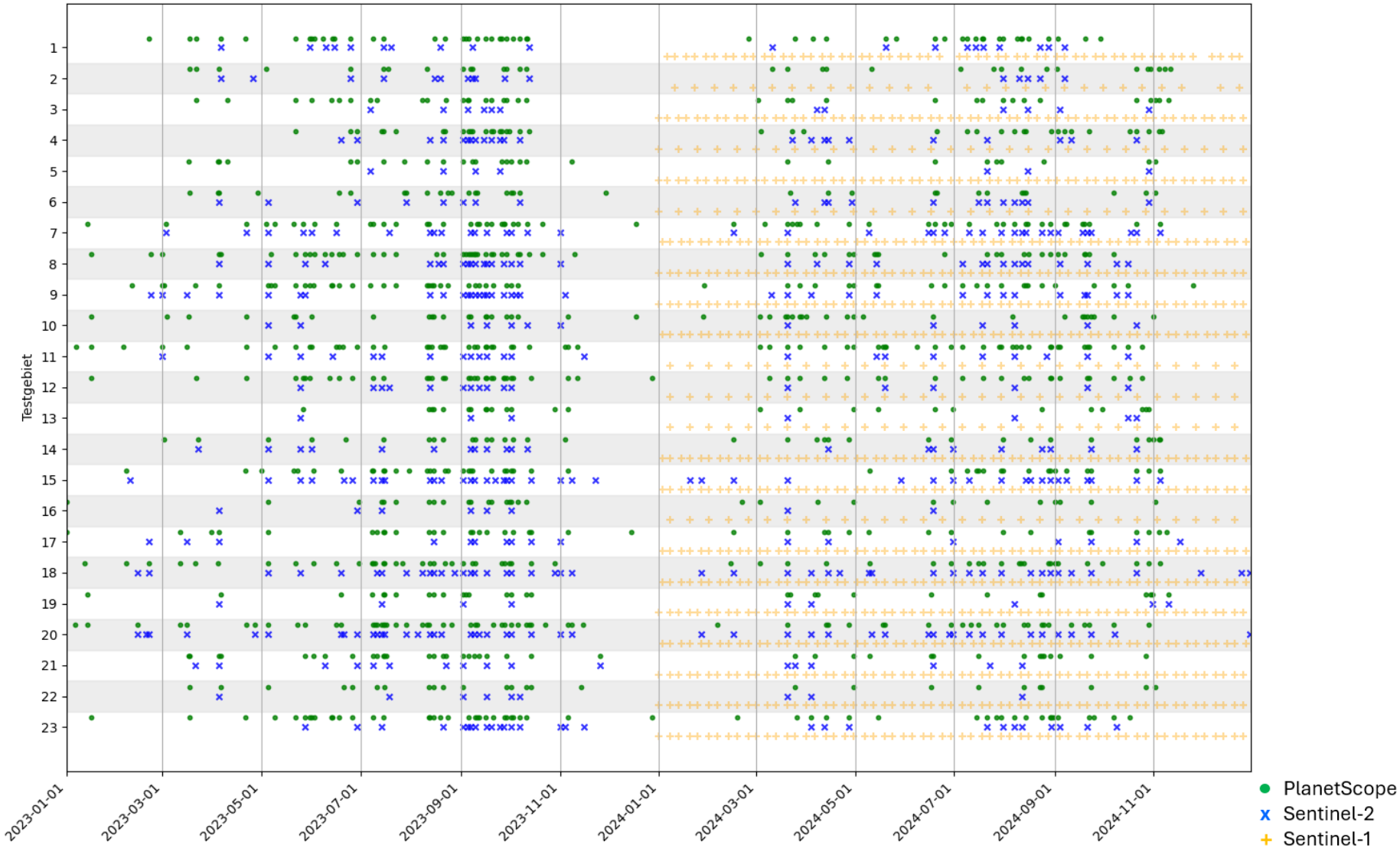

Abbildung 19: Überblick über die saisonale Verfügbarkeit der ausgewählten Satellitendaten

Bei den Datensätzen von PlanetScope und Sentinel-2 muss jedes Testgebiet separat bearbeitet werden, da Aufnahmezeitpunkte und die Verfügbarkeit wolkenfreier Satellitenbilder in jedem Testgebiet unterschiedlich sind.

Zusätzliche Vegetationsindices aus den Spektraldaten abgeleitet

Für die Klassifikation und die daraus resultierende Extraktion von Obstbäumen ist ein einzelner Zeitpunkt unzureichend. Eine einmalige Aufnahme wie z. B. ein Orthofoto hat zwar eine hohe räumliche Auflösung, bietet aber keine weiteren Informationen über den jahreszeitlichen Verlauf. Spektrale Attribute mehrerer Aufnahmezeitpunkte während der Vegetationsperiode erhöhen die Chance einer erfolgreichen Klassifikation.

Es wurden insgesamt drei unterschiedliche Eingangsdaten für die Klassifikation verwendet (siehe 5.1.2 verwendete Daten).

Je nach Testgebiet gab es eine unterschiedliche Anzahl von geeigneten Aufnahmen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte machen es in weiterer Folge auch nicht möglich, einen Trainingsdatensatz aus einem anderen Testgebiet zu verwenden.

Im Testgebiet 09 Obsthügelland standen 2024 z. B. 23 PlanetScope-Szenen von unterschiedlichen Aufnahmedaten zur Verfügung. 23 Aufnahmen mit je acht Bändern ergeben 184 Attribute. In Vorbereitung auf die Klassifikation wurden aber auch drei Indizes daraus berechnet, die die Qualifikationsgenauigkeit erhöhen können.

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Kanäle der Satellitenbilder (Rasterdaten) an den potenziellen Punkten abgefragt. Pro potenziellen Punkt ergibt sich das folgende Attribut: die Anzahl der abgefragten Bänder – bei PlanetScope acht Bänder, bei Sentinel-2 vier Bänder mit 10 m-Pixelauflösung, sowie sechs Bänder mit 20 m-Pixelauflösung (Bänder 5, 6, 7, 8a, 11, 12).

Zusätzlich zu den Informationen aus den einzelnen spektralen Bändern wurden auch 3 Indizes berechnet, die die Klassifikation noch verbessern sollen: NDVI, RTMVICore, EBI

- NDVI: *Normalized Differential Vegetation Index*
  Der klassische Index für Vegetationsanalysen, der die Informationen aus den Kanälen Rot und nahes Infrarot in Relation stellt und auch als Indikator für Biomasse gilt.
  NDVI = (NIR – Rot) / (NIR + Rot)
  Details siehe (Rouse et al., 1974)

- RTVICore: *Red Edge Triangulated Vegetation Index*
  Eine Erweiterung des NDVI, speziell bei Anwendung von PlanetScope-Daten.
  RTVICore = (100*(NIR - RedEdge) - 10*(NIR - Grün))
  Details siehe PLANETSCOPE (2025)

- EBI: *Enhanced Bloom Index*
  Dieser Index berechnet die Helligkeit eines Pixels. Obstbäume zeichnen sich vor allem durch einen markanten Anstieg der Helligkeit während der Blütephase aus. Dieser saisonale Verlauf der Helligkeit spielt vor allem für die Identifikation von Obstbäumen eine große Rolle und sollte ein hilfreiches Kriterium für die Unterscheidung von Obstbäumen zu Nicht-Obstbäumen sein (siehe Kapitel 5.1.2 i) Satellitenbilder – Abb. 14: Blütephase von Obstbäumen anhand einer PlanetScope-Zeitreihe im Frühling 2024). In vielen Testgebieten war es aufgrund der Wettersituation im Frühling (Ende

Februar bis Ende April/Anfang Mai) jedoch schwierig, wolkenfreie Bilder zu erhalten. Zumindest eine wöchentliche Aufnahme im Zeitraum der Obstblüte wäre wünschenswert, ist aber nicht immer vorhanden.

Berechnet wird der Index gemäß Chen et al. (2019) aus den Bändern Rot, Grün und Blau:

$$EBI = \frac{Rot + Grün + Blau}{\frac{Grün}{Blau} * (Rot - Blau + \varepsilon)}$$

ϵ = abhängig vom Wertebereich der Daten, sowohl für PlanetScope als auch Sentinel-2 Daten 10 000

Mit den Google-Satellite-Embeddings steht ein jährlicher, für ganz Österreich homogener Datensatz zur Verfügung, der 64 Kanäle umfasst. Das ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber Satellitendaten, die aufgrund unterschiedlicher Wolkenbedeckung bzw. durch die Aufnahmen in unterschiedlichen Orbits keinen einheitlichen Datensatz ermöglichen bzw. nur über den Umweg der Bildung von z. B. monatlichen Kompositen. Somit besteht die Möglichkeit, für die Modellerstellung mit den Google-Satellite-Embeddings auch Trainingsdaten aus mehreren Testgebieten zu kombinieren. Neben der Verwendung der Embeddings für Modelle individuell für jedes Testgebiet und ein österreichweites Klassifikationsmodell mit allen Testgebieten zusammen wurden auch drei Regionen definiert: Nord: Testgebiete 07, 08, 09, 10, 11, 12, 23; Alpin: Testgebiete 01, 02, 03, 04, 13, 14, 16; und Südost: Testgebiete 15, 17, 18, 20.

5.1.7 Klassifikationsmodell

Die Klassifikation aufgrund spektraler Attribute ist einer der wichtigsten Aspekte bei der Extraktion von Streuobstbäumen. Durch die Anwendung der räumlichen Regeln aus Kapitel 5.1.4 konnte die Anzahl potenzieller Obstbaumpunkte bereits deutlich reduziert werden; wenn sich jedoch zwei Laubbäume in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, spielen die spektralen Attribute und deren zeitlicher Verlauf eine wesentliche Rolle für die Unterscheidbarkeit.

Aufgrund der Vielzahl von spektralen Attributen (ca. 500 Attribute, in Abhängigkeit von der Anzahl verfügbarer Satellitenbilder pro Jahr) wurde für diesen Schritt auf Klassifikationsalgorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens zurückgegriffen. Für diese Klassifikationsalgorithmen wird ein Trainingsdatensatz benötigt. Das Modell wird also mit jenen Punkten trainiert, an denen bekannt ist, ob es sich um einen Obstbaum oder einen anderen Baum handelt. Dieses Modell wird dann auf einen Testdatensatz angewandt und es erfolgt damit eine Zuordnung der Klassen im Trainingsdatensatz (Obstbaum – Nicht-Obstbaum) auf die Punkte im Testdatensatz.

Für die Klassifikation kam der Algorithmus **Random Forest (RF) Klassifikation** zum Einsatz. RF ist ein Algorithmus aus dem Bereich des maschinellen Lernens (Breiman, 2001). Den Kern bilden dabei viele zufällig erstellte Entscheidungsbäume, die aus den Trainingsdaten mittels Bootstrap-Stichproben extrahiert werden. Dieser Algorithmus hat sich bei vielen Projekten zur Klassifikation von Baumarten bewährt (Daryaei et al., 2025; Immitzer et al., 2012, 2019; Lechner et al., 2022). Der Vorteil ist, dass der multidimensionale Aspekt der Eingangsdaten berücksichtigt werden kann (multisaisonale spektrale Parameter und Indizes) und die Einbindung zeitlich unabhängiger Variablen möglich ist. Die Bootstrap-Stichprobe dient zur Abschätzung von Unsicherheit (Standardfehler, Konfidenzintervalle), zur

Stabilitätsanalyse und im Machine Learning für RF als interne Validierung. Die Umsetzung der RF-Klassifikation erfolgte im frei verfügbaren Statistikprogramm R Version 4.5.1 (R Core Development Team, 2025).

Für die RF-Klassifikation wurde das R-Paket ‚ranger' verwendet (Wright et al., 2025). Die verwendeten RF-Hyperparameter waren: 500 Bäume; Anzahl der zufällig gezogenen Variablen, aus denen jeweils eine für jeden Entscheidungsknoten verwendet wurde: Wurzel aus der Gesamtanzahl der Eingangsvariablen. Für die Variablenreduktion wurde eine rekursive Feature selection basierend auf dem Genauigkeitsmaß „mean decrease in Accuracy" umgesetzt (Immitzer et al., 2019; Lechner et al., 2022).

RF basiert auf einer Vielzahl von Entscheidungsbäumen, wobei jeder einzelne Baum immer mit einer zufällig gezogenen Auswahl der Eingangsdaten (ziehen mit zurücklegen) erstellt wird. Die nicht gezogenen Samples (out-of-bag, OOB) werden zur Evaluierung verwendet (Bootstrapping). Für die Trainingsdaten einer RF-Klassifikation bestehen zwar prinzipiell keine Vorgaben wie etwa die Normalverteilung, aber die Praxis hat gezeigt, dass die Ausgewogenheit der Anzahl der Samples pro Klasse Einfluss auf das Klassifikationsergebnis hat. Um Modelle mit unterschiedlichen Eingangsdaten (z. B. PlanetScope vs. Sentinel-2) vergleichen zu können, wurde die Anzahl der verwendeten Baumpunkte aufgrund der geringsten räumlichen Auflösung der Fernerkundungsdaten reduziert. Dies sind die Sentinel-2 Satellitendaten bzw. die Google-Satellite-Embeddings, beide stehen als Rasterdatensätze mit 10 m Pixelgröße zur Verfügung. Für jedes dieser Pixel sollte maximal ein Baumpunkt für das Modelltraining verwendet werden. Dieser wurde bei mehreren Punkten im Pixel zufällig gezogen, die restlichen Punkte im Pixel wurden verworfen.

Die beiden mit dem Klassifikator zu trennenden Klassen sind Obstbaum und Nicht-Obstbaum (Laubbaum), deren Verteilung aus den beiden Landschaftsausschnitten abgeleitet werden kann, in denen die streuobstbaufachliche Kartierung durchgeführt wurde. Diese beiden SOK-Flächen pro Testgebiet sollen die charakteristischen Streuobstflächen in diesem Testgebiet abdecken, führten jedoch in manchen Testgebieten zu einem sehr unausgewogenen Verhältnis von Obstbäumen zu Nicht-Obstbäumen, was in Vortests zu sehr unterschiedlichen Klassifikationsgenauigkeiten führte. Ebenso zeigte sich, dass das Training mit den räumlich sehr kompakten Trainingsdaten eine Tendenz zum *Overfitting* in den Testgebieten verursachte. Deshalb wurde entschieden, für das Modelltraining ausgewogene Datensätze zu generieren. Dieses „Auffüllen" (weil meist weniger Obstbäume als Nicht-Obstbäume vorhanden sind) erfolgte durch das Hinzufügen von Obstbaumpunkten aus dem AMA-Datensatz des Jahres 2024. Neben der Anzahl der Samples pro Klasse wurden durch dieses Auffüllen auch Trainingsdaten außerhalb der SOK-Flächen generiert, wodurch eine höhere Datenrepräsentativität erwartet werden kann. Die SOK-Flächen stellen die besten Daten vor Ort für diesen Zweck dar, einerseits für die Klassifikation, andererseits für die Validierung. Sie haben nur einen Nachteil: dass sie auf die jeweils 1 km² großen Flächen beschränkt sind – und die Testgebiete eine ungefähre Ausdehnung von 10 km × 10 km haben – und damit die SOK-Flächen nur einen kleinen Teil des Gebietes abdecken können. Bei der Auswahl der SOK-Fläche wurde auch darauf geachtet, die Landschaftscharakteristik möglichst gut zu erfassen. Es kann jedoch auch vorkommen, dass die beiden SOK-Flächen unterschiedliche Landschaftsbereiche abdecken. Ein Beispiel dafür ist das Testgebiet 15 Naturpark Rosalia-Kogelberg (siehe Abb. 20). Das Testgebiet wird sehr gut durch beide SOK-Flächen repräsentiert; sie sind jedoch sehr unterschiedlich: SOK-Fläche a) im Nahbereich des Ortes Draßburg mit Hausgärten, Parkanlage und Streuobstwiesen unterscheidet sich auch aus streuobstbaulicher Sicht von SOK-Fläche b), die eine kleinstrukturierte, von Weinbau dominierte Landschaft ohne Hausgärten darstellt.

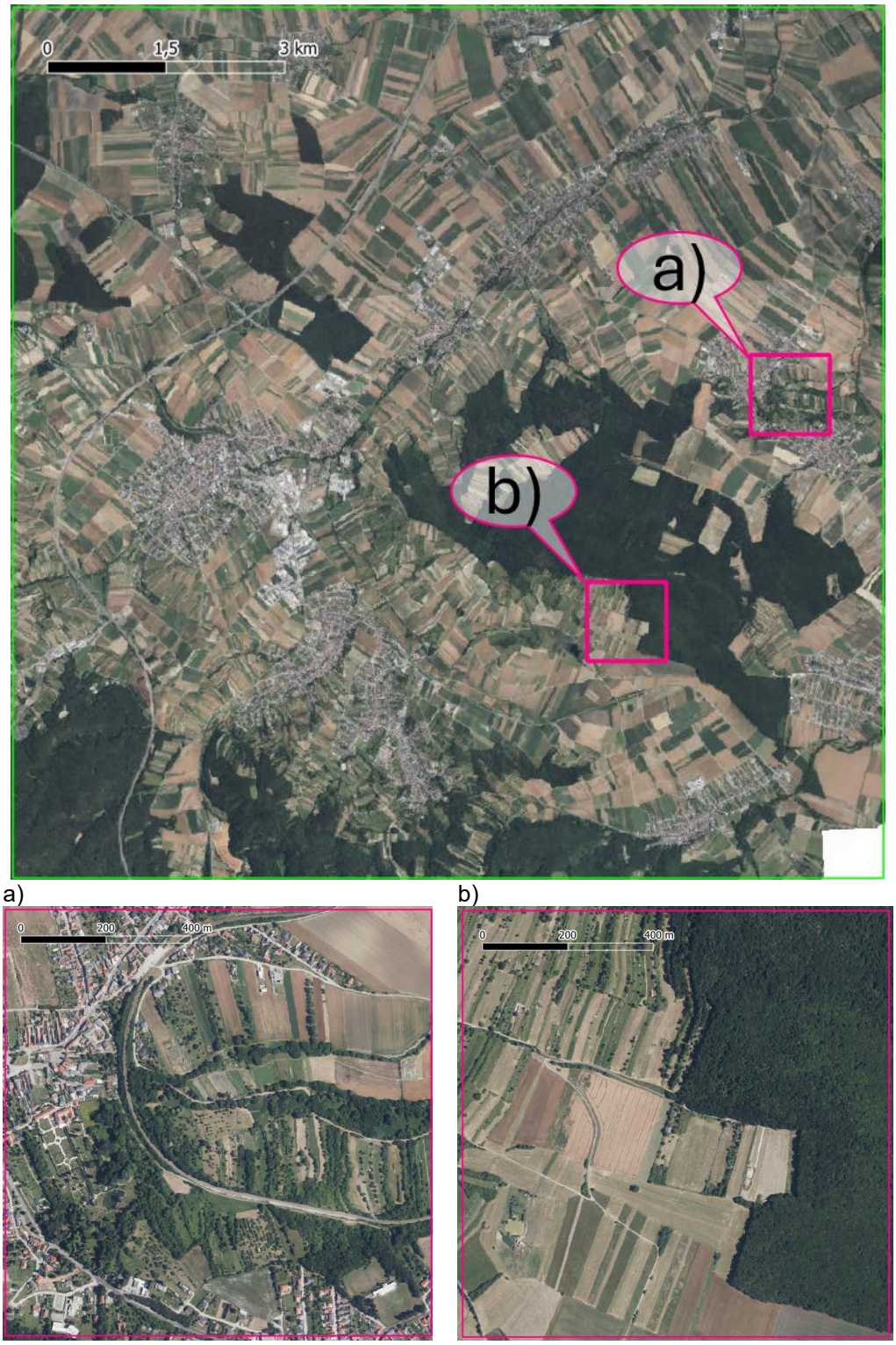

Abbildung 20: Landschaftsausschnitte, in denen die streuobstbaufachliche Kartierung stattgefunden hat (Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte: basemap.at).

Die weiteren Möglichkeiten zur Validierung stellen bei diesem Projekt eine Herausforderung dar. Kleinräumig sind Datensätze (aus unterschiedlichen Erhebungszeiträumen) teilweise

vorhanden; flächendeckend für Österreich ist jedoch nur der Vergleich mit AMA-Daten der Streuobstbäume möglich.

Diese Angaben sind aber nicht immer in der gleichen Quantität verfügbar (speziell im Osten Österreichs weniger Angaben), sie unterscheiden sich aber auch teilweise von den SOK-Erhebungen vor Ort. Die AMA-Daten stellen die gemeldeten Obstbäume dar, sie stellen aber auch einen Geodatensatz zur Verfügung, der nur die Antragsstellung von punktförmigen Landschaftselementen beinhaltet (in der Tab. 6 als AMA = 2 bezeichnet). Näherungsweise kann davon ausgegangen werden, dass nur ca. ein Viertel der in Österreich vorhandenen Streuobstbäume im AMA-Punktdatensatz erfasst sind. Die Bestandsschätzung der Statistik Austria (2022) zum extensiven Obstbau in Österreich geht von ca. 4,2 Mio. Obstbäumen für 2020 aus, der AMA-Punktdatensatz umfasst nur ca. 1,1 Mio. Streuobstbäume. Laut Agrarstrukturerhebung 2020 (AS 2020) verfügen die landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich über 2,30 Mio. extensive Obstbäume (Statistik Austria, 2022). Somit ist davon auszugehen, dass mit dem AMA-Punktdatensatz nur rund die Hälfte der Streuobstbäume landwirtschaftlicher Betriebe erfasst ist (siehe hierzu den Berichtsteil zu AP 4, Kapitel 4).

Trotzdem stellt der AMA-Datensatz einen guten und vor allem den einzigen aktuellen (jährlich) und flächendeckenden Geodatensatz für ganz Österreich dar, der Streuobstbaumstandorte in landwirtschaftlich genutzten Bereichen umfasst. Tabelle 6 zeigt die Gegenüberstellung der Streuobstbäume in den AMA-Datensätzen mit den Ergebnissen der SOK in den jeweiligen Testgebieten.

Tabelle 6: Referenzdaten pro Testgebiet (TG): SOK OB: die Anzahl an Obstbäumen, basierend auf Streuobstkartierungen (SOK); AMA OB: die Anzahl an Streuobstbäumen im AMA-Datensatz im Testgebiet; SOK & AMA OB: die Anzahl an SOK-Obstbäumen, die mit den AMA-Streuobstbäumen identisch sind; SOK OB, AMA LE: die Anzahl an SOK-Obstbäumen, die in den AMA-Daten als punktförmiges Landschaftselement (LE) erfasst sind.

TG	**SOK OB** (Kat1=1)	**AMA OB** (AMA=1)	**SOK & AMA OB** (Kat1=1, AMA=1)	**SOK OB, AMA LE** (Kat1=1, AMA=2)
01	778	3277	64	63
02	1422	1888	248	64
03	301	2405	96	21
04	1295	4675	435	37
05	670	926	136	85
06	855	725	80	31
07	406	19	16	8
08	3491	4402	947	36
09	1259	9766	451	37
10	3153	1572	98	134
11	869	2453	186	12
12	1384	9207	251	18
13	389	1568	118	48
14	1149	8140	387	67
15	1889	93	0	75
16	360	932	60	3
17	1549	5400	238	4
18	1158	1217	32	7
19	514	2453	250	24
20	1200	1381	208	39
21	985	2196	176	25
22	348	1278	91	9
23	230	4204	47	4

Der Vorteil der AMA-Punkte ist, dass sie in den meisten Testgebieten (außer TG 07 und TG 15) mehrere hundert Streuobstbaum-Punkte beinhalten, die nicht lokal konzentriert sind, sondern meist flächig über das Testgebiet verteilt zur Verfügung stehen und sich damit optimal für die Klassifikation und Validierung eignen. Interessant ist TG 15 Naturpark Rosalia-Kogelberg, wo die Streuobstbäume überwiegend „nur“ als sonstige punktförmige Landschaftselemente bei der AMA beantragt wurden. Dieses Phänomen ist auch im TG 10 Jauerling teilweise erkennbar (zur regional sehr unterschiedlichen Beantragung von Streuobstbäumen zur Förderung im ÖPUL siehe Ausführungen im Berichtsteil zu AP 4, Kapitel 4).

Eine Übersicht über alle zu Verfügung stehenden Referenzdaten pro Testgebiet und die letztendlich verwendeten Eingangsdaten für die Klassifikation (reduziert auf einen Punkt pro 10 m Pixel) und ein ausgewogenes Klassenverhältnis finden sich in der Tab. 7.

Tabelle 7: Referenzdatenübersicht der Klassen Obstbaum (OB) und Nicht-Obstbaum (NOB) für alle 23 Testgebiete (TG) getrennt nach SOK-Gebieten (A bzw. B); von Ursprungsdatensatz aus den SOK-Gebieten, nach der Reduktion auf einen Referenzpunkt pro 10 m Pixel und der daraus resultierende ausgewogene, und mit AMA-Daten ausgefüllte Datensatz der für das Klassifikationsmodelltraining verwendet wurde

TG	SOK	SOK-Gesamtdatensatz				SOK reduziert auf 10 m		SOK verwendet		AMA verwendet		Trainings-datensatz	
		OB	NOB	OB	NOB	OB	NOB	OB	NOB	OB	NOB	OB	NOB
01	A	778	4263	510	1809	342	635	342	500	158	0	500	500
	B			268	2454	217	1533	217	500	283	0	500	500
02	A	1422	1942	851	1026	592	833	592	816	408	184	1000	1000
	B			571	916	426	705	426	700	574	300	1000	1000
03	A	301	842	44	234	38	179	38	179	362	221	400	400
	B			257	608	199	499	199	400	201	0	400	400
04	A	1295	2675	565	1794	454	1346	454	1000	546	0	1000	1000
	B			730	881	539	650	539	650	461	350	1000	1000
05	A	670	2112	326	987	266	768	266	600	334	0	600	600
	B			344	1125	306	884	306	600	294	0	600	600
06	A	855	1563	343	630	292	485	292	485	308	115	600	600
	B			512	933	424	748	424	600	176	0	600	600
07	A	406	2063	209	1317	172	910	150	150	0	0	150	150
	B			197	746	157	553	150	150	0	0	150	150
08	A	3491	3396	1020	991	692	945	691	871	309	129	1000	1000
	B			2471	2405	1700	2263	1673	2000	327	0	2000	2000
09	A	1259	1543	532	202	417	164	417	155	483	745	900	900
	B			727	1341	543	958	541	900	359	0	900	900
10	A	3153	3363	318	765	262	583	262	572	338	28	600	600
	B			2835	2598	1648	1735	1524	1706	476	294	2000	2000
11	A	869	812	395	498	335	370	335	361	65	39	400	400
	B			474	314	406	221	393	212	7	188	400	400
12	A	1384	848	500	484	332	365	312	345	388	355	700	700
	B			884	364	390	280	377	266	323	434	700	700
13	A	389	1187	236	761	181	558	181	400	219	0	400	400
	B			153	426	122	333	122	307	278	93	400	400
14	A	1149	1867	564	583	429	447	427	409	373	391	800	800
	B			585	1284	420	938	415	800	385	0	800	800
15	A	1889	4107	1488	3171	1069	2195	1045	1045	0	0	1045	1045
	B			401	936	330	645	329	398	69	0	398	398
16	A	360	2659	180	661	152	529	152	400	248	0	400	400
	B			180	1998	155	1513	154	400	246	0	400	400
17	A	1549	1900	762	549	599	434	594	409	406	591	1000	1000
	B			787	1351	611	1051	604	1000	396	0	1000	1000
18	A	1158	1635	521	645	385	472	374	442	426	358	800	800
	B			637	990	487	764	483	752	317	48	800	800
19	A	514	1564	300	777	211	560	210	500	290	0	500	500
	B			214	787	161	562	160	500	340	0	500	500
20	A	1200	6783	926	1053	726	758	719	665	81	135	800	800
	B			274	5730	226	2104	226	800	574	0	800	800
21	A	985	1103	414	436	325	342	324	314	626	636	950	950
	B			571	667	433	508	432	456	518	494	950	950
22	A	348	555	90	308	69	245	68	221	332	179	400	400
	B			258	247	184	199	184	174	216	226	400	400
23	A	230	1172	156	883	134	690	134	400	266	0	400	400
	B			74	289	58	207	58	193	342	207	400	400

5.1.8 Validierung

Um die Qualität der Klassifikation beurteilen zu können, werden Daten benötigt, die unabhängig von den Daten für das Klassifikationstraining sind. Die erste Validierung erfolgte mittels des Bootstrapping-Verfahrens des Klassifikators. Aufgrund der bereits erwähnten Ergebnisse der Vortests wurde jedoch entschieden, eine zusätzliche unabhängige Validierung vorzunehmen.

Auf den SOK-Flächen erfolgte eine präzise Zuordnung der potenziellen Obstbaumpunkte zu den SOK-Kategorien. In jedem der 23 Testgebiete gibt es zwei SOK-Flächen (Abb. 20). Die Modelle wurden immer nur mit einer der beiden SOK-Flächen (+ AMA-Punkte) trainiert (z. B. A) und auf die jeweils andere Fläche (z. B. B) angewendet, wodurch eine unabhängige Validierung der Modelle möglich war. Dieser Vorgang wurde dann wiederholt und das Modell mit den Daten der SOK-Fläche B trainiert und mittels A validiert. Dabei mussten die im vorherigen Kapitel beschriebenen Tatsachen, nämlich dass in manchen Testgebieten die beiden SOK-Flächen sehr unterschiedlich sind, berücksichtigt werden. Der Vorteil der Einbindung von AMA-Daten (Streuobstbaum) in die Klassifikation besteht darin, dass dadurch eine bessere räumliche Verteilung der Punkte erreicht wird. Die AMA-Punkte, die nicht verwendet wurden und als Streuobstbäume ausgewiesen wurden, können wiederum zur Verifizierung herangezogen werden.

Für die Evaluierung der Klassifikationsergebnisse wird primär der Cohens Kappa-Wert verwendet, der ein Maß für die Gesamtgenauigkeit darstellt, jedoch den Zufall rausrechnet. Für das vorliegende 2-Klassen-Problem besteht die Gefahr, bei der Verwendung einzelner klassenspezifischer Gütemaße fälschlicherweise Modelle mit unausgewogenen Genauigkeiten zu überbewerten. Kappa-Werte von 0 entsprechen einer Zufallszuordnung, ab 0,4 kann von annehmbarer bzw. moderater Übereinstimmung, über 0,6 von guter Übereinstimmung gesprochen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Verifizierung stellen lokale und aktuelle Felderhebungen aus anderen Projekten dar, die jedoch nur in sehr wenigen Testgebieten zur Verfügung standen (Testgebiet 15 und Testgebiet 17).

5.1.9 Vom Einzelbaum zur Streuobstfläche

Am Anfang der Methodik wurde die Entscheidung getroffen, die Streuobstflächen auf Basis der Grundelemente – den Streuobstbäumen – zu ermitteln. Um von der Punktinformation zur Flächeninformation zu kommen, wurden nur die als Streuobstbäume klassifizierten Punkte gepuffert. Der Radius des Puffers entspricht dabei nicht dem Kronendurchmesser, sondern der Streuobstfläche, die ein Baum einnimmt.

Basierend auf lokalen Streuobstbaukartierungen (z. B., Holler, 2023; Holler & Schlögl, 2024) wurde angenommen, dass die durchschnittliche Bestandsdichte ca. 80 Bäume pro ha beträgt (mit regionalen Schwankungen). Zur üblichen Bestandsdichte von Streuobstbeständen und deren Bandbreite siehe die Ausführungen im Berichtsteil zu AP 4 (Kapitel 4).

Bei rund 80 Streuobstbäumen pro ha nimmt jeder Einzelbaum eine Streuobstfläche von rund 125 m² in Anspruch, daraus lässt sich ein fiktiver Radius von 6,5 m ableiten. Als alternative Variante wurde auch ein Radius von 7,5 m getestet, was einem lichteren Bestand entsprechen würde. In der weiteren Folge zeigte sich, dass die Pufferung mit 7,5 m das bessere Ergebnis liefert (siehe folgende Ausführungen). Diese Methodik beruht auf den Erkenntnissen aus den SOK-Flächen (2 Landschaftsausschnitte à 1 km × 1 km), die anschließend auf das gesamte Testgebiet (ca. 10 km × 10 km) angewendet wurde.

Dabei stellte sich heraus, dass es manchmal große landwirtschaftliche Flächen gab, deren Zuordnung nicht korrekt war. Das Problem lag bei der Verwendung des Oberflächenmodells, das aus Luftbildern abgeleitet wurde – und damit in die Vegetationsperiode fällt, in der zu diesem Zeitpunkt auf diesen landwirtschaftlichen Flächen hochwachsende Kulturen vorhanden waren. Deshalb werden dort potenzielle Streuobstbaumpunkte generiert. Das Klassifikationsmodell wurde nur mit den Klassen Streuobstbaum und Nicht-Streuobstbaum trainiert, wodurch diese Flächen fälschlicherweise einer dieser beiden Klassen zugewiesen werden, oft der Streuobstklasse.

Dieses Manko wurde mit einer räumlichen Regel behoben, für die die Klassifikation und die Pufferung (nur) der Streuobstbäume (hier mit 7,5 m) Grundvoraussetzung sind: große, zusammenhängende Flächen, die sich aus den überlappenden Pufferbereichen der Streuobstbäume ergeben (größer als 2000 m²), wurden weiter untersucht. Zusätzlich ist eine Vergleichshöhe notwendig – die aus dem nDOM entnommen wird, das ausschließlich aus ALS-Daten stammt (ALS-Daten werden üblicherweise außerhalb der Vegetationsperiode ermittelt). Hier musste nun tatsächlich auf die ALS-Daten zurückgegriffen werden. Die Vorteile der höheren räumlichen Auflösung von 0,5 m und die aktuellen Daten sprechen (Tab. 4) aber nach wie vor für die Verwendung des nDOM aus Luftbildern.

Damit wurde folgende räumliche Regel aufgestellt:

> Pufferung nur der klassifizierten potenziellen Streuobstpunkte, wo überlappende Pufferflächen neue, große, zusammenhängende Polygone liefern → wenn diese Fläche größer als 2000 m² ist und die Objekthöhe aus dem nDOM LB kleiner als 6 m und die Objekthöhe ALS kleiner als 1,5 m beträgt, ist der entsprechende potenzielle Punkt kein Streuobstbaum.

Diese räumliche Regel bewirkt, dass die potenziellen Punkte auch außerhalb der Vegetationsperiode eine Mindesthöhe von 1,5 m haben müssen, um als Streuobstbaum zu gelten. Ein Nachteil bei dieser Methode ist: bei einem großen zeitlichen Abstand der ALS-Aufnahme zu den Kartierungen, werden Jungbäume noch stärker entfernt.

Der Schritt der Pufferung mit 7,5 m - um zu den Streuobstflächen zu kommen - muss dann mit diesem reduzierten Punktdatensatz der Streuobstbäume nochmals durchgeführt werden.

5.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Erstellung der potenziellen Streuobstbaumpunkte erfolgte anhand der nDOM-Daten aus Luftbildern und der Suche nach dem lokalen Maximum. Dabei wurden Punkte im Wald auf Basis der BEV-Waldmaske entfernt. Die restlichen Punktdaten wurden dann durch Überlagerung mit Raster- und Vektordaten mit weiteren Attributen versehen wie z. B. Baumhöhe, Seehöhe, Nutzung in der DKM, BEV Landcover, Helligkeit aus dem Orthofoto.

Die angenäherte Baumkrone wurde ebenfalls berechnet. Die AMA-Punktinformation über Streuobstbäume wurde folgendermaßen mit den berechneten Punkten in Verbindung gebracht: weil es unwahrscheinlich ist, dass die beiden Punktkoordinaten tatsächlich ganz ident sind, wurde die angenäherte Baumkrone als Bindeglied verwendet. Wenn sich ein AMA – Punkt in einer angenäherten Baumkrone befand (Fläche), dann wurde dem dazugehörigen berechneten Punkt das AMA-Attribut zugewiesen. AMA-Streuobstbaumpunkte, die sich in keiner angenäherten Baumkrone befanden, wurden daher ebenfalls nicht weiterverwendet.

Durch Überlagerung der potenziellen Punkte mit den Rasterdaten der Satellitenbildzeitreihen wurden die spektralen Attribute ermittelt und daraus auch die Indizes berechnet.

5.2.1 Random Forest Klassifikations- und Validierungsergebnisse

Die besten Klassifikationsergebnisse konnten pro Testgebiet erzielt werden. Aber die Vergleiche der Qualitätsmaße haben gezeigt, dass die Qualifikation mit den Google Satellite Embeddings nur geringfügig schlechter waren. Dazu haben sie aber noch den großen Vorteil, dass sie eine Möglichkeit eröffnen, mit diesem Datensatz ganz Österreich zu klassifizieren – um damit das Projektziel erreicht wird: **eine Methodik zu finden, die für ganz Österreich geeignet ist.**

Unter Anwendung der Google Satellite Embeddings und dem Trainieren des Klassifikationsmodells mit Daten aus allen SOK-Flächen wurde eine finale Klassifikation der potenziellen Streuobstbaumpunkte durchgeführt.

Für alle Testgebiete und Datenkombinationen wurden dieselben Eingangsdaten verwendet. Somit wurde aus jedem 10 m-Pixel nur maximal ein Obstbaum berücksichtigt. Für jedes SOK-Gebiet wurden auf Basis dieses reduzierten Datensatzes Klassifikationsmodelle mit den unterschiedlichen Eingangsdaten (Basic: Baumhöhe, Kronengröße und Seehöhe; PlanetScope multitemporal, Sentinel-2 multitemporal, Sentinel-1 multitemporal sowie die Google-Satellite-Embeddings) erstellt, wobei die Datensätze einzeln bzw. in Kombination verwendet wurden.

<u>Individuelle Klassifikationsmodelle für die einzelnen Testgebiete</u>

Die Modellgenauigkeiten (OOB) und die Validierungsergebnisse für unterschiedliche Eingangsdaten sind in Abb. 21 ersichtlich. Für jedes Teilgebiet wurde jeweils ein RF-Modell mit dem SOK-Gebiet A und dem SOK-Gebiet B trainiert und auf das jeweils andere angewendet. Für die Modellbewertung und -vergleiche wurde der Kappa-Wert herangezogen.

Trotz der Reduktion der Trainingsdaten auf einen Baumpunkt pro 10 m-Pixel ist in vielen Gebieten (z. B. TG 01) eine Überanpassung an den jeweiligen Datensatz zu erkennen, was sich durch große Unterschiede zwischen OBB-Ergebnis und Validierungsergebnis zeigt. In einzelnen Gebieten wurden bereits mit den Basic-Werten brauchbare OBB-Ergebnisse erzielt. Dies ist auf die für das jeweilige SOK-Gebiet charakteristischen Baumparameter (Kronengröße, Baumhöhe) zurückzuführen, die sich in den einzelnen Gebieten zwischen Obstbaum und Nicht-Obstbaum unterscheiden. Bei der Übertragung dieser Modelle auf das zweite SOK-Gebiet wurden jedoch häufig geringe Kappa-Werte erzielt.

Die Verwendung der Spektraldaten von PlanetScope bzw. Sentinel-2 erzielte in der Regel bessere Ergebnisse sowohl im OOB als auch bei der Übertragung auf das andere SOK-Gebiet (jeweils die ersten vier grünen bzw. blauen Balken in Abb. 21). Die Hinzunahme der BASIC-Informationen führte praktisch in allen TG zu einer geringfügigen Verbesserung der Modelle. Der Vergleich zwischen den mit PlanetScope und mit Sentinel-2 erzielten Ergebnissen ist nicht eindeutig. In manchen TGs wurden mit PlanetScope und in manchen mit Sentinel-2 bessere Ergebnisse erzielt, wobei die Unterschiede meist sehr gering waren. Dies wird mit Sicherheit in der Lage der beiden SOK-Gebiete im TG begründet sein, je näher diese liegen, umso wahrscheinlich sind die PlanetScope Daten vergleichbarer. Im Gegensatz zu den Sentinel-2 Satelliten, welche mit einer Szene i. d. R. ein Testgebiet (und darüber hinaus) abbilden, werden die Daten von PlanetScope von mehreren Satelliten, die in einem Schwarm fliegen, aufgenommen. Trotz Harmonisierungsschritte kann es dadurch zu geringfügigen Unterschieden in den Daten kommen, auf welche entscheidungsbaumbasierte Klassifikationsalgorithmen wie RF sehr sensitiv sind.

Da die Kombination mit den Basic-Daten tendenziell die Modellgüte verbessert, werden für die weiteren Analysen die Daten der einzelnen Sensoren stets in Kombination mit dem Basic-Datensatz verwendet. In Abb. 22 werden die Ergebnisse von PlanetScope und Sentinel-2 mit jenen von Sentinel-1 und Google-Satellite-Embeddings, sowie jenen aus der Kombination aller Eingangsdaten erweitert.

Die Modelle mit Sentinel-1 erreichen deutlich geringere Genauigkeiten als jene mit Spektraldaten. Somit weist die spektrale Information, trotz wetterbedingter „Lücken“ in den Multitemporaldaten, einen höheren Informationsgehalt auf als die dichte Zeitreihe der Radar-Daten.

Die RF-Modelle mit den Google-Satellite-Embeddings, welche sowohl die Sentinel-2- als auch die Sentinel-1-Daten in komprimierter Form enthalten, erreichten vergleichbare, jedoch tendenziell etwas darunterliegende Modellgütewerte als die Modelle basierend auf den Spektraldaten. Interessanterweise sind die OOB-Ergebnisse der Google-Satellite-Embeddings-Modelle häufig besser, während die Validierungsergebnisse meist deutlich schlechter sind als jene der PlanetScope- bzw. Sentinel-2 Modelle.

Kombination mehrerer TG für großflächig anwendbare Modelle

Im Gegensatz zu den Sentinel-2- und PlanetScope-Modellen besteht mit den Google-Satellite-Embeddings die Möglichkeit, Modelle mit Trainingsdaten aus mehreren Testgebieten zu erstellen. Die Ergebnisse der österreichweiten Modelle bzw. Die Modelle der drei Regionen „Nord“, „Alpin“ und „Südosten“ werden in Abb. 23 den Ergebnissen der Testgebiet-spezifischen Modelle gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass für die OOB-Ergebnisse, die ja nur aus einem Modell (österreichweit) bzw. aus drei Modellen (Regionen) stammen, auf die einzelnen Testgebiete heruntergebrochen wurden. Sowohl das in den drei Regionen trainierte Modell als auch das Modell für ganz Österreich erreichen in den meisten Teilgebieten deutlich bessere Ergebnisse auf den Validierungsdatensätzen. Der Grund dafür liegt in der besseren Repräsentativität der Trainingsdaten. Die SOK-Daten können als hochqualitative Referenzdaten gesehen werden, jedoch kann die doch relativ kleinräumige Kartierung dazu führen, dass nur gewisse Ausprägungen von Streuobstbeständen erfasst werden. Diese können z. B. bezüglich des Alters oder der Baumarten nicht die gesamte Bandbreite abdecken und somit nicht die benötigte Repräsentativität von Trainingsdaten sicherstellen. Dadurch werden in den Testgebieten hohe Modellgenauigkeiten (OOB) aber oftmals geringere Validierungsgenauigkeiten erzielt. Durch die Kombination von SOK-Gebieten aus mehreren Testgebieten wird dem entgegengewirkt und dadurch höhere Genauigkeiten erzielt. Dies trifft sowohl auf die testgebietsspezifischen Bewertungen als auch auf die Gesamtbewertung aller Testgebiete zu. Somit sind diese regionalen Modelle gegenüber den lokaltrainierten Varianten zu bevorzugen. Ein österreichweites Modell mit Eingangsdaten aus allen 23 Testgebiete kann auch einfach auf weitere Gebiete bzw. ev. auch für ganz Österreich angewendet werden.

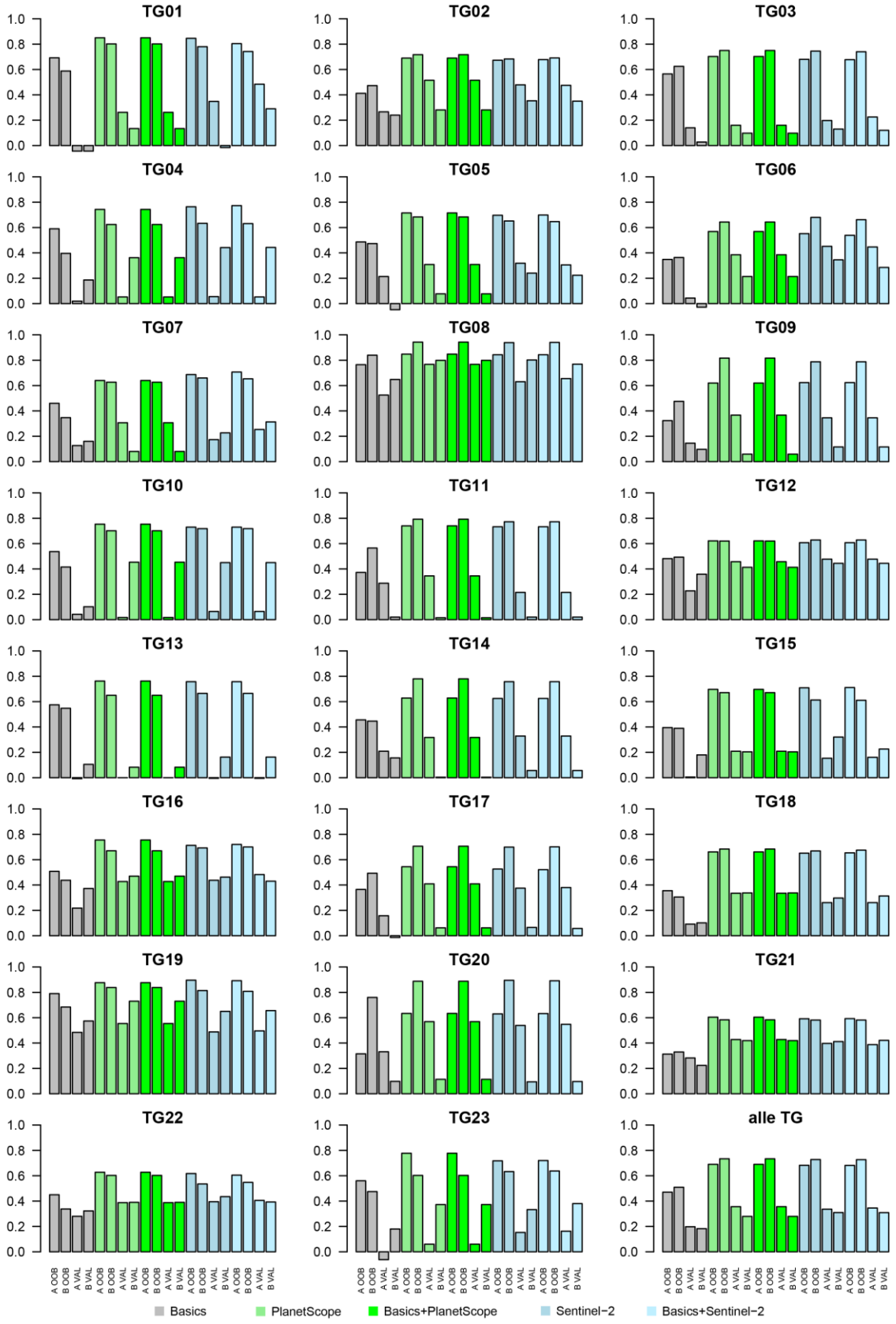

Abbildung 21: Übersicht über die Klassifikationsergebnisse für Basic (grau), PlanetScope ohne und mit Basic (grün) und Sentinel-2 ohne und mit Basic (hellblau): Modellergebnisse basierend auf den OOB-Ergebnissen für die beiden SOK-Gebiete (A & B) und den korrespondierenden Validierungsergebnissen (Modellanwendung auf das jeweils andere SOK-Gebiet) für alle 23 Testgebiete (TG X) sowie die Summe aller Testgebiete (alle TG).

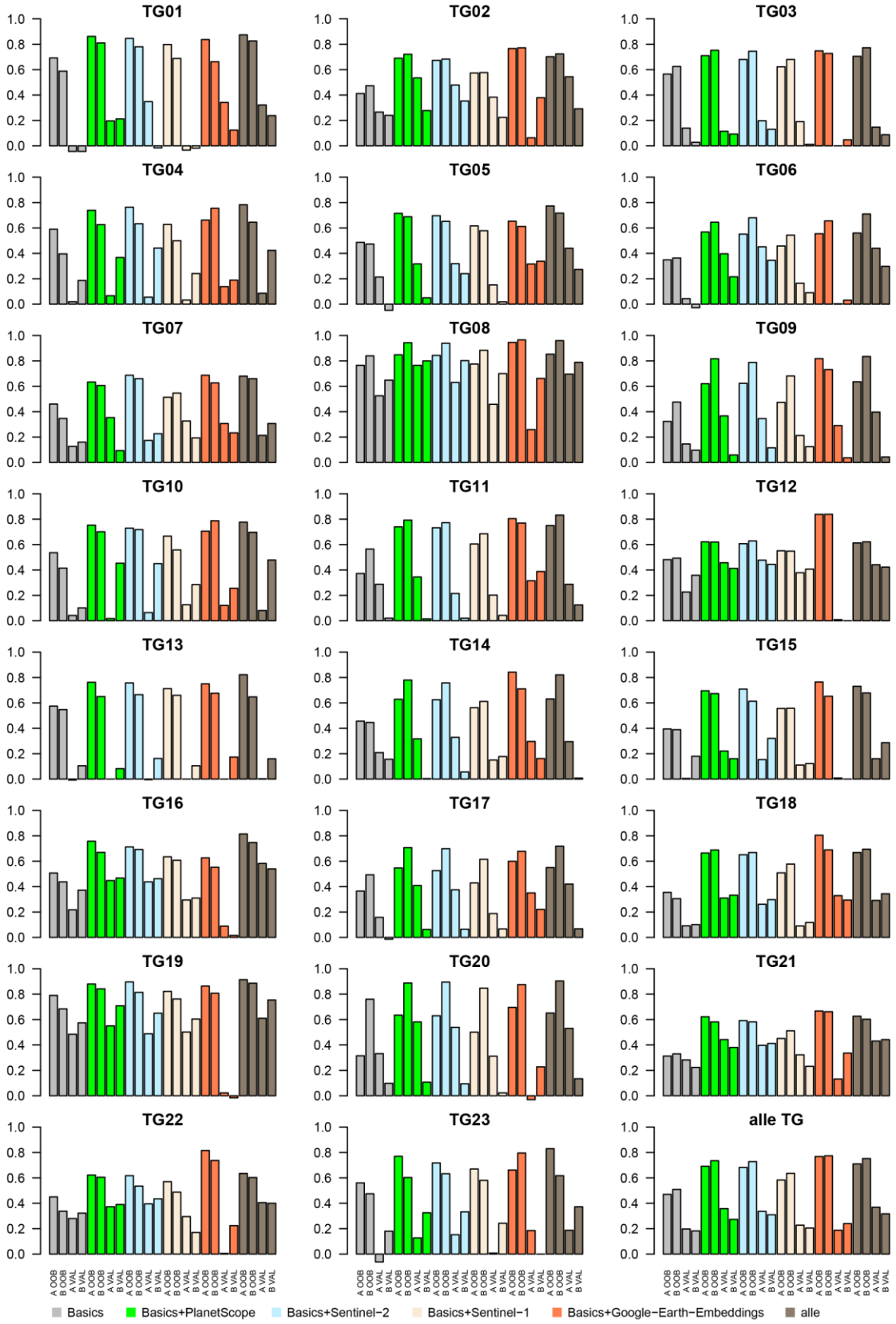

Abbildung 22: Übersicht über die Klassifikationsergebnisse für Basic (grau), PlanetScope mit Basic (grün), Sentinel-2 mit Basic (hellblau), Sentinel-1 mit Basic (Altweiß), Google Satellite Embeddings (korallenrot) und alle Eingangsdaten kombiniert (dunkel beige): Modellergebnisse basierend auf den OOB-Ergebnissen für die beiden SOK-Gebiete (A & B) und den korrespondierenden Validierungsergebnissen (Modellanwendung auf das jeweils andere SOK-Gebiet) für alle 23 Testgebiete (TG X) sowie die Summe aus allen Testgebieten (alle TG).

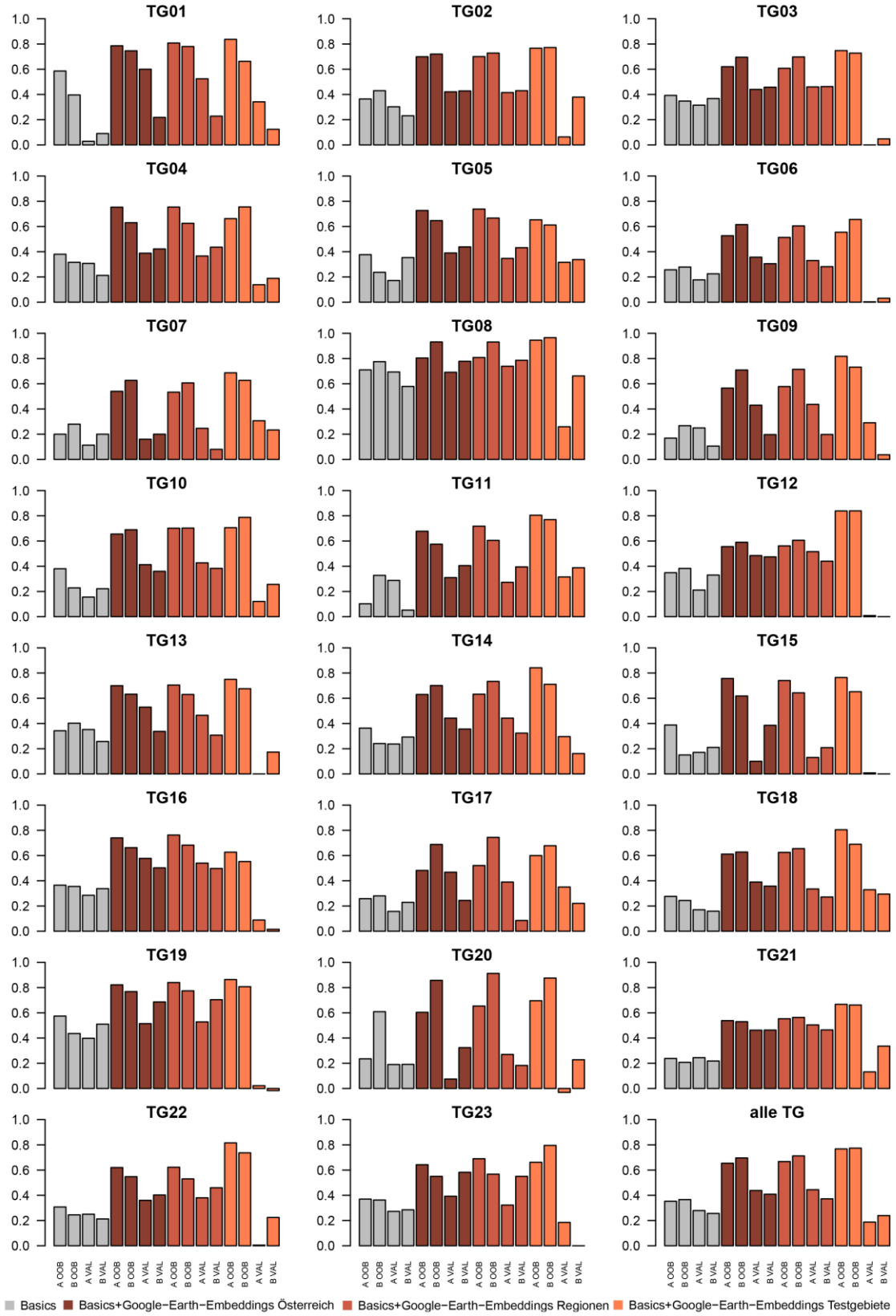

Abbildung 23. Übersicht über die Klassifikationsergebnisse für Basic österreichweit trainiert (grau), Google-Satellite-Embeddings österreichweit trainiert (dunkles korallenrot), Google-Satellite-Embeddings regionenweise trainiert (mittleres korallenrot) und Google-Satellite-Embeddings TG-weise trainiert (helles korallenrot) : Modellergebnisse basierend auf den OOB-Ergebnissen für die beiden SOK-Gebiete (A & B) und den korrespondierenden Validierungsergebnissen (Modellanwendung auf das jeweils andere SOK-Gebiet) auf alle 23 Testgebiete (TG X) aufgeteilt sowie für das Gesamtmodell mit allen Testgebieten (alle TG).

Die Konfusionsmatrizen der beiden österreichweiten Modelle (SOK-Gebiete A bzw. B als Trainingsdatensatz) sind in Tab. 8 dargestellt. Auch wenn die erzielten Genauigkeiten als zufriedenstellend bezeichnet werden können, ist ersichtlich, dass die Validierungsergebnisse für beide Varianten mit Gesamtgenauigkeiten (Overall accuracy, OA) von rund 70 % deutlich unter den OOB-Ergebnissen von über 80 % liegen. Damit ist auch hier noch eine gewisse Überanpassung an die Trainingsdaten gegeben. Auch wenn die Trainingsdaten stark reduziert wurden (nur 1 Baum pro 10 m Pixel), werden in dem sehr umfangreichen Datensatz immer noch sehr viele ähnliche Trainingsdaten (u. a. räumlich benachbarte Gebiete) vorhanden sein. Dadurch stehen dem RF-Algorithmus sehr ähnliche Daten sowohl für die Aufstellung der Entscheidungsbäume als auch für die grundsätzlich unabhängige OOB-Validierung zur Verfügung. Eine weitere Anpassung der Trainingsdaten könnte diesbezüglich Abhilfe schaffen.

Ebenso könnten andere Aufteilungen der beiden Klassen im Trainingsdatensatz vorgesehen werden. Durch die ausführlich beschriebenen Vorverarbeitungsschritte wurde bereits der bei weitem größte Teil der Nicht-Obstbäume weggefiltert, wodurch die Obstbaumklasse im Trainingsdatensatz evtl. auch etwas höher gewichtet werden könnte. Ebenso wäre für das Gesamtmodell auch die Gewichtung einzelner Testgebiete anzudenken, da die jeweils zur Verfügung stehenden Trainingsdaten bezüglich der Anzahl stark variieren. Testgebiete mit über 1000 Trainingsgebieten pro Klasse beeinflussen das Gesamtmodell deutlich stärker als jene mit 200 oder weniger Trainingsgebieten pro Klasse.

Für die Modellanwendung zur Klassifikation aller potenziellen Obstbäume in allen 23 Testgebieten wurde ein weiteres österreichweites Modell trainiert, wobei die Bäume aus den beiden SOK-Gebieten sowie die zusätzlichen AMA-Daten (A+B) für die Modellerstellung verwendet wurden.

Tabelle 8: Konfusionsmatrizen für die beiden österreichweiten Obstbaumklassifikationsmodelle unter Verwendung der Google-Satellite-Embeddings und den Random Forest Klassifikator. Modellgütemaß basierend auf OOB-Ergebnis und unabhängige Validierung am jeweilig anderen Teil der SOK-Kartierung (A bzw. B).

Österreichweites Modell trainiert mit den "A"-SOK-Gebieten

OOB

	Referenz			
Klassifikation	**Obstbaum**	**Nicht-Obstbaum**	Summe	User Ac.
Obstbaum	12963	2919	15882	**81,6 %**
Nicht-Obstbaum	2382	12426	14808	**83,9%**
Summe	15345	15345		
Prod.Ac.	**84,5 %**	**81,0 %**	OA	**82,7 %**
			Kappa	**0,655**

Validierung mit B

	Referenz			
Klassifikation	**Obstbaum**	**Nicht-Obstbaum**	Summe	User Ac.
Obstbaum	13149	5662	18811	**69,9 %**
Nicht-Obstbaum	3949	11436	15385	**74,3 %**
Summe	17098	17098		
Prod.Ac.	**76,9 %**	**66,9 %**	OA	**71,9 %**
			Kappa	**0,438**

Österreichweites Modell trainiert mit den "B"-SOK-Gebieten

OBB

	Referenz			
Klassifikation	**Obstbaum**	**Nicht-Obstbaum**	Summe	User Ac.
Obstbaum	14713	2811	17524	**84,0 %**
Nicht-Obstbaum	2385	14287	16672	**85,7 %**
Summe	17098	17098		
Prod.Ac.	**86,1 %**	**83,6 %**	OA	**84,8 %**
			Kappa	**0,696**

Validierung mit A

	Referenz			
Klassifikation	**Obstbaum**	**Nicht-Obstbaum**	Summe	User Ac.
Obstbaum	12696	6429	19125	**66,4 %**
Nicht-Obstbaum	2649	8916	11565	**77,1 %**
Summe	15345	15345		
Prod.Ac.	**82,7 %**	**58,1 %**	OA	**70,4 %**
			Kappa	**0,408**

Die Visualisierung des Klassifikationsergebnisses hat gezeigt, dass es eine gute Übereinstimmung mit den bestehenden Kartierungen gibt. Allerdings kam es vor allem auf Ackerflächen häufig zu Fehlklassifikationen. Derartige Bereiche kommen in den Trainingsdaten (Nicht-Obstbaum) nicht vor, weshalb das Klassifikationsmodell sie nicht korrekt zuweisen konnte. Hier konnte jedoch der finale Nachbearbeitungsschritt Abhilfe schaffen.

In Abb. 24 sind beispielhaft die Klassifikationsergebnisse mit Felderhebungen und die Auswirkung des finalen Nachbearbeitungsschrittes dargestellt.

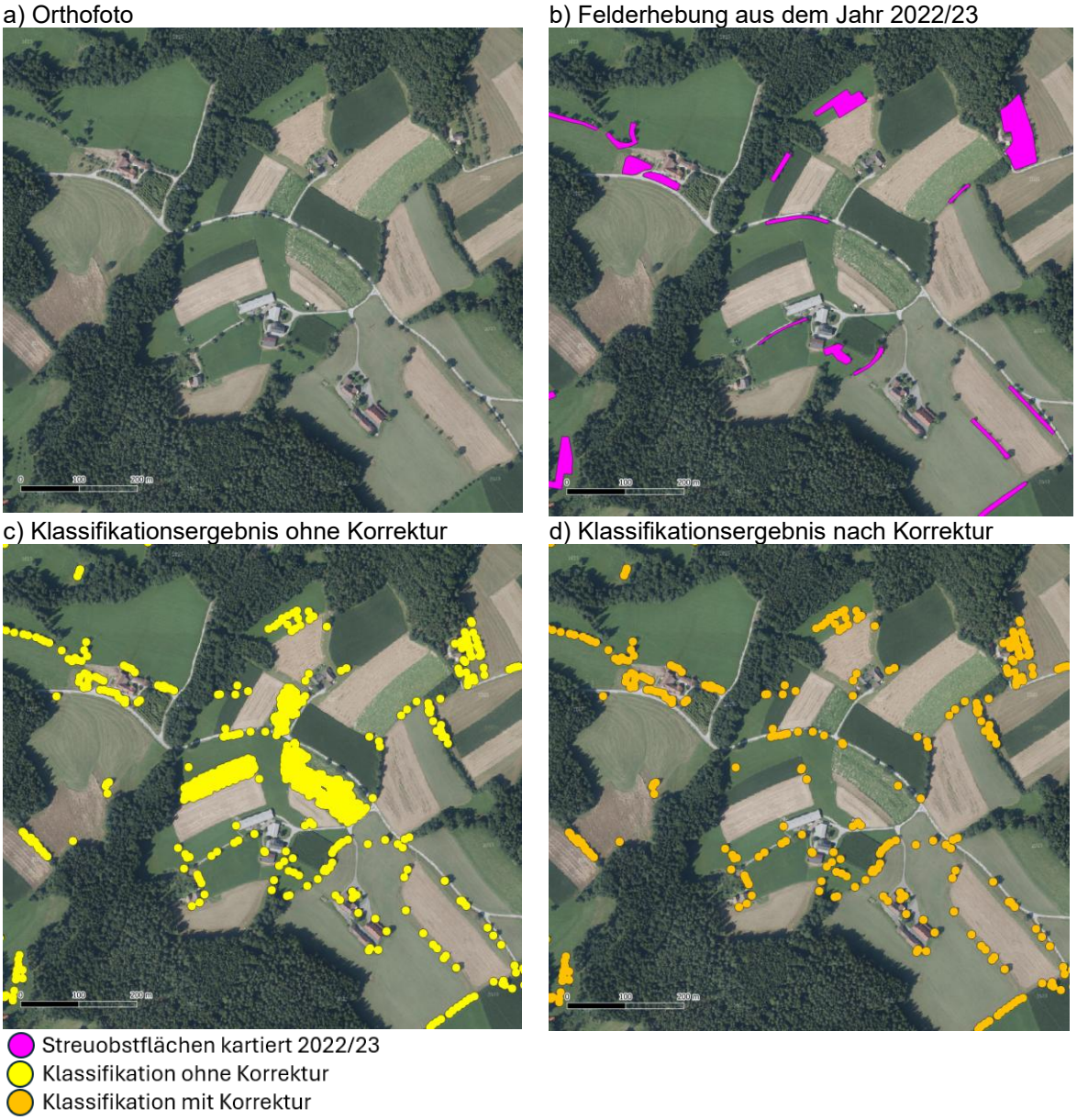

Abbildung 24: Nachbearbeitungsschritt zur Bereinigung von Fehldetektionen in Ackerflächen mit hohen Feldfrüchten: Punkt Klassifikation mit Puffer von 7,5 m um jeden potenziellen Streuobstbaum - ohne und mit Korrektur im Vergleich zu einer Felderhebung aus dem Jahr 2022/23 im Testgebiet 17 Pöllauer Tal.

5.2.2 Verifizierung mit unabhängigen, flächigen Geodaten

Zusätzlich war es in zwei Testgebieten möglich, die Ergebnisse mit terrestrischen Streuobsterhebungen zu vergleichen, die unabhängig vom Projekt DivMoSt erhoben wurden.

Die Verifizierung des Klassifikationsergebnisses des TG 17 Pöllauer Tal erfolgte mit einer terrestrischen Felderhebung von 2023 (Zukrigl, 2023). Dabei zeigte sich, dass ca. 60 % der

Streuobstflächen detektiert wurden, jedoch war eine Tendenz zur Überschätzung von Streuobstflächen erkennbar (Abb. 25).

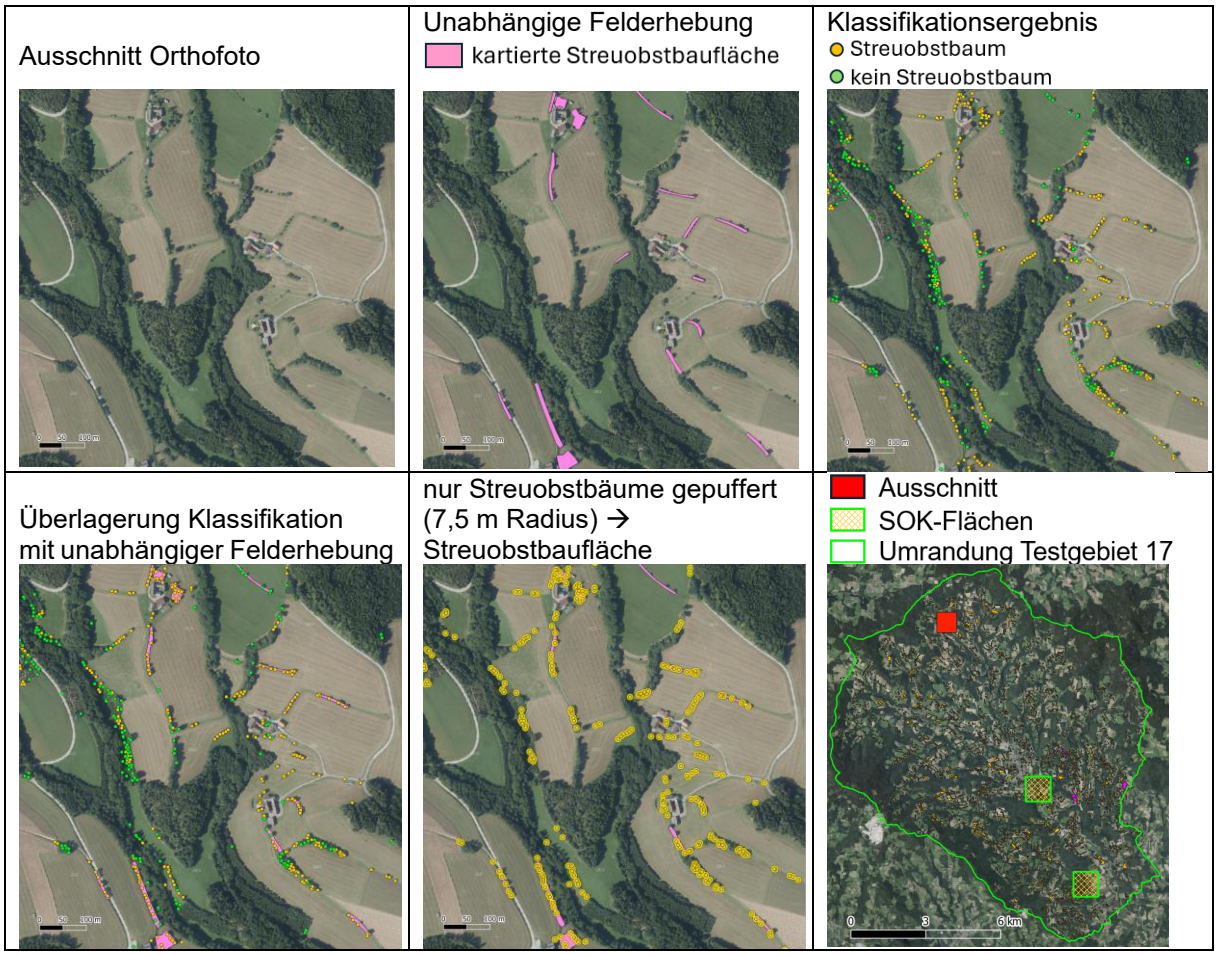

Abbildung 25: Vergleich Klassifikationsergebnis mit unabhängigen Feldkartierungen (Zukrigl, 2023) *(Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte: basemap.at).*

Auch die Verifizierung mit einem externen Testdatensatz für TG 15 Naturpark Rosalia-Kogelberg (Holler & Hausmann, 2025) zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen der Felderhebung und dem Klassifikationsergebnis (Abb. 26 und Abb. 27).

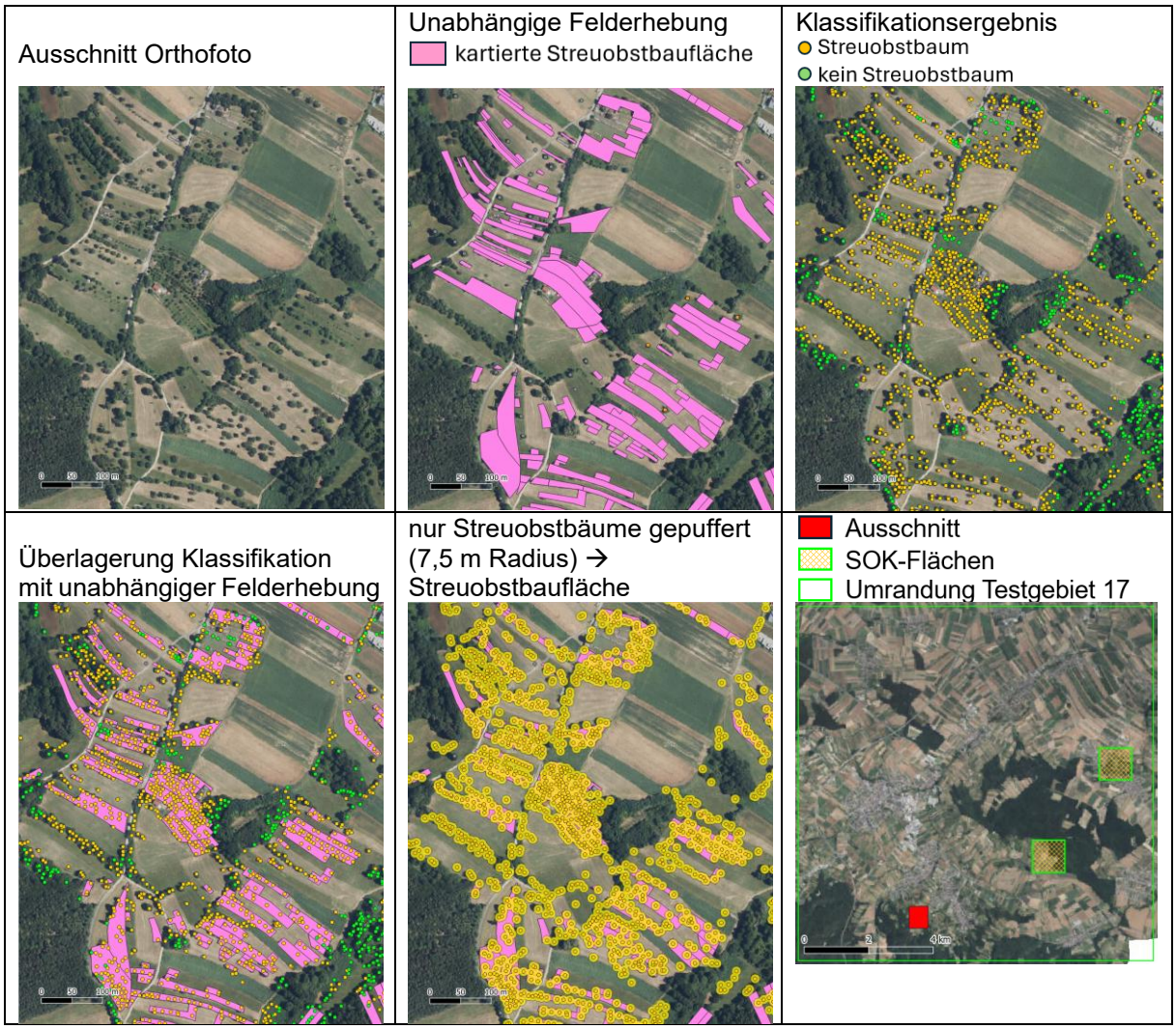

Abbildung 26: Vergleich Klassifikationsergebnis mit unabhängigen Feldkartierungen (Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte: basemap.at).

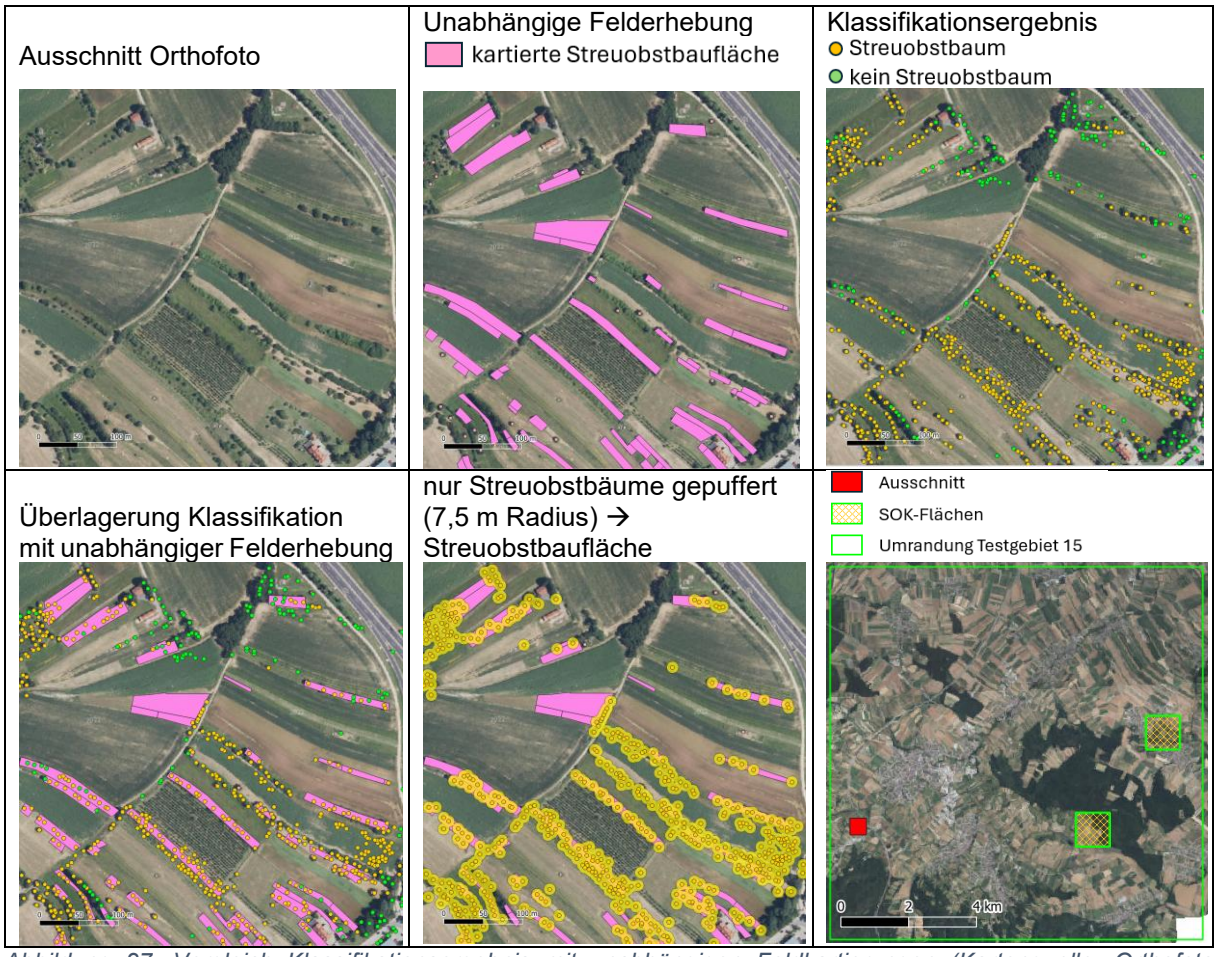

Abbildung 27: Vergleich Klassifikationsergebnis mit unabhängigen Feldkartierungen (Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte: basemap.at).

5.2.3 Von den klassifizierten Punkten zur Streuobstfläche

Ziel war es, einen Geodatensatz zu den Streuobstflächen in den 23 Testgebieten Österreichs zu erstellen. Dafür wurden die berechneten und klassifizierten Streuobstbaumpunkte noch gepuffert. Der optimale Radius konnte durch die Anpassung an die 46 SOK-Flächen ermittelt werden.

Dafür wurde zuerst die gesamte Streuobstfläche in einem SOK-Quadranten aus den SOK-Polygonen und den einzelnen SOK-Streuobstbäumen ermittelt, die nicht in Streuobstpolygonen lagen. Die Fläche der SOK-Solitärstreuobstbäume ergab sich durch Pufferung mit 6,5 m bzw. 7,5 m Radius.

Diese SOK-Streuobstfläche wurde in Relation zur Fläche der berechneten, angenäherten Baumkrone und letztlich zur gepufferten Fläche der berechneten potenziellen Streuobstbaumpunkte gesetzt.

Tabelle 9 zeigt diesen Zusammenhang der SOK-Gesamtfläche im Vergleich zur Fläche der angenäherten Baumkronen und einem Puffer um jeden einzelnen Streuobstbaum der berechneten Punkte, die als Streuobstbaum klassifiziert wurden. Bei der Pufferberechnung gab es überlappende Pufferbereiche, die anschließend zu einem Polygon zusammengefasst wurden (d. h. die Überlappungsbereiche wurden nur einfach berücksichtigt).

Die Tabelle zeigt, dass die berechnete, angenäherte Baumkrone meist zu klein ist, die Radiusberechnung mit 7,5 m aber generell am besten abschneidet (7,5 m Mittelwert über alle 46 SOK-Quadranten liegt bei 97,84 %, allerdings mit einer Standardabweichung von 27,7 %). Der geringste *Root Mean Square Error* (RMSE) wurde auch dazu verwendet, die Entscheidung für den 7,5 m Radius nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ zu belegen. Deshalb wurden die klassifizierten Streuobstbaumpunkte mit 7,5 m gepuffert, um die Streuobstflächen zu erhalten.

Tabelle 9: Vergleich der Streuobstflächen aus der Kartierung vor Ort (SOK) mit den beiden Varianten der berechneten Baumkrone bzw. Puffer um jeden Streuobstbaumpunkt und den beiden Radien 6,5 m und 7,5 m.

		SOK Gesamtfläche Streuobst		**Berechnete Baumkrone**		**Puffer um jeden Streuobstbaum**		
Test-gebiet	GISNr	R 6,5 m [ha]	R 7,5 m [ha]	zu SOK R 6,5 m [%]	zu SOK R 7,5 m [%]	zu SOK R 6,5 m [%]	zu SOK R 7,5 m [%]	
1	1261	5,75	5,91	33,65	32,75	71,02	82,27	
1	1271	3,19	3,58	37,75	33,62	116,73	127,43	
2	6101a	7,48	7,84	27,61	26,34	102,66	116,43	
2	6121	4,95	5,28	28,16	26,43	108,42	120,79	
3	1141	3,55	4,04	3,09	2,72	77,26	83,18	
3	1171	0,58	0,60	146,27	140,90	82,65	98,11	
4	1732	6,80	7,69	26,27	23,22	93,10	101,52	
4	1733	7,81	8,18	24,20	23,11	90,98	103,94	
5	1721	7,68	8,47	17,16	15,55	79,35	86,76	
5	1722	6,53	7,01	29,00	27,00	61,05	68,95	
6	1711	5,67	6,06	23,81	22,27	100,59	115,03	
6	1712	4,28	5,02	54,08	46,12	94,15	99,20	
7	6022	3,65	3,98	38,96	35,73	120,88	134,69	
7	602100	2,68	3,27	39,21	32,15	119,04	118,97	
8	1211	8,24	8,37	114,69	112,82	95,09	103,20	
8	1221	20,98	21,20	10,37	10,27	23,15	26,82	
9	1511	8,43	8,75	22,80	21,96	98,29	112,38	
9	1611	5,70	5,78	51,18	50,44	104,92	120,74	
10	6301	5,84	6,33	16,14	14,88	56,19	63,25	
10	6303	21,56	22,54	25,53	24,42	61,91	68,86	
11	3031	9,19	9,47	12,51	12,13	54,99	64,38	
11	3041	9,58	9,84	15,39	14,99	45,86	54,80	
12	3011	6,44	7,08	23,84	21,68	56,88	63,78	
12	3021	5,47	5,75	25,58	24,35	47,38	54,90	
13	501200	2,40	2,63	49,56	45,17	107,65	118,53	
13	503100	2,21	2,38	29,94	27,79	77,47	87,99	
14	1061	7,10	7,74	33,97	31,19	82,21	88,89	
14	1081	6,94	7,13	25,69	25,01	84,97	95,88	
15	1151	4,22	4,47	118,86	112,31	114,35	131,89	
15	1161	14,96	15,23	8,99	8,83	99,29	114,18	
16	1411	2,27	2,69	40,28	33,89	139,84	147,65	
16	1412	2,59	2,81	36,11	33,23	130,96	147,29	
17	1011	8,71	8,99	42,16	40,82	94,19	109,39	
17	1031	9,02	9,39	27,96	26,84	122,44	136,82	
18	1111	6,29	6,49	25,98	25,19	51,70	60,29	
18	1131	8,17	8,60	26,62	25,27	62,13	71,20	
19	1071	2,79	2,87	42,88	41,70	105,94	119,05	
19	1072	2,85	3,04	32,15	30,14	83,38	95,86	
20	1331	3,52	3,68	84,13	80,51	60,89	69,75	
20	1341	11,17	11,61	7,88	7,58	74,28	87,06	
21	7011	6,38	6,77	27,38	25,83	86,79	98,15	
21	7021	4,97	5,23	40,53	38,55	84,95	97,49	
22	401100	2,30	2,41	11,24	10,71	101,56	114,60	
22	4041	0,91	1,03	89,60	79,64	89,17	95,36	
23	1801	0,86	0,89	93,09	89,86	89,05	103,45	
23	1802	2,17	2,53	13,06	11,20	111,36	119,63	
				466,88	477,64	187,81	179,55	RMSE

Diese Pufferung wurde zweimal durchgeführt: Nach der ersten Pufferung wurden die Flächen der neuen Pufferbereiche berechnet. Wenn Streuobstbaumpunkte näher als 7,5 m × 2 m beisammen liegen, wachsen diese Pufferbereiche zusammen und es wird ein neues Polygon daraus gebildet. Die Gesamtfläche dieses neuen Polygons wurde berechnet und den potenziellen Streuobstbaumpunkten als Attribut hinzugefügt (der Punkt liegt innerhalb einer Pufferfläche). Jeder Punkt bekam auch noch das Attribut: Differenz nDOM LB – nDOM ALS.

Damit konnte auch die letzte Regel angewandt werden und die endgültigen Streuobstbäume für das gesamte Testgebiet berechnet werden. Mit diesem Punktdatensatz erfolgte eine erneute Pufferung um 7,5 m – dieser Datensatz stellt die Streuobstflächen in den 23 Testgebieten dar.

Die Tab. 10 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung für die Katastralgemeinden (KG) in den 23 Testgebieten. Die Testgebiete schneiden die Katastralgemeinden, deshalb stellt diese Tabelle keine Information für die Gesamtfläche einer KG dar. Testgebiet 11 und Testgebiet 12 überlappen sich geringfügig. Testgebiet 21 und Testgebiet 22 überlappen sich nicht, beinhalten jedoch teilweise dieselben KGs. Dadurch können diese KGs in den Detailtabellen unterschiedliche Werte aufweisen.

Tabelle 10: Überblick der 23 Testgebiete mit Anzahl der berechneten Streuobstbäume und Streuobstflächen in ha.

TG	Anzahl KGs	Gesamtanzahl Streuobstbäume	Gesamtanzahl Streuobstfläche [ha]
1	14	77 465	903,1
2	16	26 375	301,1
3	12	23 052	300,2
4	24	36 299	450,9
5	29	25 807	320,4
6	14	13 994	189,7
7	33	20 610	253,5
8	42	33 784	419,3
9	29	45 144	548,6
10	75	44 177	515,2
11	27	28 656	351,4
12	27	35 615	441,3
13	16	10 014	124,9
14	44	51 975	622,2
15	20	34 799	437,6
16	23	14 401	190,7
17	25	37 935	456,2
18	20	28 119	351,5
19	14	19 400	238,7
20	52	29 082	366,2
21	25	14 513	185,3
22	10	8 895	108,3
23	32	27 880	353,7

Die durch die geometrische Verschneidung der berechneten Streuobstbäume und -flächen mit den Katastralgemeinden Österreichs (Stand 2025) erhaltenen Zahlen sind in den nächsten fünf Tabellen (Tab.11 bis Tab. 15) nach Testgebieten getrennt dargestellt.

Tabelle 11: Testgebiete 01 bis 07: Anzahl der berechneten Streuobstbäume und der Streuobstfläche [m²] pro Katastralgemeinde.

TG		Gesamt	KGNR ...													
1	KGs	14	91103	91108	91109	91110	91111	91116	91119	91121	91123	92001	92004	92005		
	Obstbäume	77465	2	3368	868	5939	6981	9778	1222	246	1727	17150	10057	18767		
	Streuobstflä	9030761	307	397666	99898	682356	816532	1165007	145622	29083	196624	2021103	1173253	2144551		
			92101	92114												
			1320	40												
			153400	5358												
2	KGNr	16	84001	84004	84007	84009	84013	84014	84015	84017	84101	84102	84103	84104		
	Obstbäume	26375	4451	3617	4486	2275	3293	4	40	866	1057	68	39	955		
	Streuobstflä	3011436	536976	384229	531222	243000	303554	556	5960	107846	120039	10102	5488	104253		
			84105	84107	84111	84112										
			248	903	2405	1668										
			32179	120823	296883	208326										
3	KGNr	12	82002	82004	83004	83006	83007	83014	83016	83020	83021	83109	83112	83113		
	Obstbäume	23052	900	1788	2217	1320	1264	1965	5683	2342	1936	106	1792	1739		
	Streuobstflä	3001909	121912	233681	295303	163204	169291	258848	736030	306005	243786	12927	234548	226374		
4	KGNr	24	55007	55103	55105	55108	55110	55116	55117	55118	55120	55121	55122	55123		
	Obstbäume	36299	37	3697	1040	3516	92	2780	1779	639	133	2586	1754	2107		
	Streuobstflä	4508749	4114	467983	140146	435352	11077	325444	220735	82062	18323	318867	229694	268538		
			55124	55125	55128	55129	55132	55133	55136	55510	57204	57205	57206	57209		
			329	380	1258	3680	3062	42	2536	1	2979	1048	681	143		
			42927	49254	155250	446522	353971	6304	324277	176	374198	135385	78142	20009		
5	KGNr	29	85001	85003	85006	85007	85009	85010	85011	85012	85013	85015	85017	85018		
	Obstbäume	25807	8	885	405	726	1228	97	90	1310	1044	1012	696	1736		
	Streuobstflä	3204052	854	111250	53753	86973	143742	14308	10915	149965	132402	126404	91073	212716		
			85020	85023	85024	85025	85026	85027	85028	85029	85033	85034	85035	85036		
			3629	306	1005	662	992	970	1112	158	506	428	564	925		
			436535	39866	119317	87536	134620	128621	141057	21894	66442	58082	69253	109444		
			85037	85038	85039	85040	85041									
			1036	1612	534	935	1196									
			135960	191864	69677	110931	148599									
6	KGNr	14	75001	75002	75003	75005	75007	75009	75010	75011	75012	75013	75014	75017	75018	75020
	Obstbäume	13994	1647	939	821	664	48	789	853	1367	1987	1044	160	1426	2056	193
	Streuobstflä	1896784	224215	124802	114788	86615	6298	111754	115138	178634	266526	143514	23140	194318	280536	26506
7	KGNr	33	11004	11017	11030	11031	11032	11033	11034	11035	11037	11038	11039	13009	13015	13037
	Obstbäume	20610	14	228	1577	288	1439	127	302	1253	1021	632	318	228	278	1569
	Streuobstflä	2535087	1932	28273	186002	39436	180942	19494	38696	153408	119431	76777	41698	28569	35655	184977
			13038	13050	13055	15001	15007	15012	15015	15016	15017	15024	15025	15027	15030	15031
			128	35	197	295	644	757	1313	157	668	195	1006	1377	1793	355
			14625	4441	26041	37704	79025	95930	157597	22495	79519	23545	120677	166894	230770	45710
			15033	15036	15037	15043	15225									
			846	614	915	22	19									
			102945	71098	114918	3556	2305									

Tabelle 12: Testgebiete 08 bis 10: Anzahl der berechneten Streuobstbäume und der Streuobstfläche [m²] pro Katastralgemeinde.

TG		Gesamt	KGNR ...											
8	KGNr	42	44202	44206	46004	46011	46026	46101	46102	46105	46106	46130	46159	46163
	Obstbäume	33784	748	1108	1001	1154	252	111	248	320	2050	820	158	942
	Streuobstfläc	4192787	90260	138863	121906	141300	32817	14235	30813	41821	257867	104549	20805	118728
			46164	46170	48101	48102	48103	48104	48106	48108	48110	48111	48113	48114
			514	814	296	781	346	141	543	1997	489	6	1225	35
			67012	102146	37517	100460	42915	17514	67123	247101	63982	1054	158909	4909
			48119	48120	48122	48123	48124	48125	48126	48127	48128	48129	48130	48131
			637	1310	1115	1055	5	706	851	1564	1411	1564	1244	1018
			75984	168141	141465	131194	543	93184	108850	172849	178574	194212	157791	132124
			48132	48135	48136	48138	48139	48220						
			2382	1064	112	880	766	1						
			264508	122826	13708	113567	98573	89						
9	KGNr	29	44004	44015	44022	44023	44027	44030	44038	44039	44040	45004	45006	45007
	Obstbäume	45144	547	319	909	702	846	3228	920	3619	663	1316	3348	1178
	Streuobstfläc	5485838	71648	43185	114320	87795	107115	403444	104335	442336	80667	157756	407937	132767
			45008	45009	45014	45015	45016	45020	45022	45023	45024	45026	45027	45029
			3242	2	2	1098	1772	1	2936	374	2065	3221	6234	430
			405866	249	363	136118	221318	210	365079	46223	226349	392362	754212	44562
			45030	51202	51211	51217	51219							
			1039	680	2121	2277	55							
			127126	82651	260871	262259	6713							
10	KGNr	75	12183	12187	12188	12189	12190	12191	12301	12302	12304	12307	12310	12312
	Obstbäume	44177	853	455	226	1427	46	1611	1289	131	408	974	566	1238
	Streuobstfläc	5151916	103173	45039	25689	142256	6008	190258	157727	17316	50246	107134	72680	149823
			12314	12317	12319	12323	12327	12328	12331	12332	12333	12334	12336	12339
			224	376	1071	689	254	166	1011	678	536	609	1054	225
			27982	41117	120587	82897	32192	18675	94110	89493	67005	75250	128010	26801
			12341	12343	12344	12345	12346	12348	12350	12351	12355	12357	12358	12359
			557	1134	304	793	415	958	1262	393	255	1154	2594	338
			60980	142942	37361	90042	51113	115763	117355	42744	32046	130706	314121	41518
			12360	12362	12363	12365	12366	12369	12370	14101	14102	14123	14181	14183
			3345	813	200	377	1293	382	951	656	416	9	566	297
			378366	93475	25075	46230	129451	47161	113799	81663	40808	1384	72673	33212
			14184	14187	14301	14310	14312	14313	14314	14325	14328	14337	14343	14352
			774	2	435	198	126	53	630	337	75	212	177	284
			96446	223	53461	24446	16470	6295	80292	39166	8881	26001	24648	31498
			14367	14368	14371	14372	24215	24227	24258	24265	24270	24272	24296	24297
			48	502	369	1313	528	2	1615	14	5	189	8	440
			6326	61976	43384	152145	63526	236	193349	1899	730	22225	1330	52211
			24299	24501	24502									
			85	28	149									
			10760	2749	19786									

Tabelle 13: Testgebiete 11 bis 15: Anzahl der berechneten Streuobstbäume und der Streuobstfläche [m²] pro Katastralgemeinde.

TG		Gesamt	KGNR ...											
11	KGNr	27	3003	3004	3005	3007	3008	3009	3011	3012	3013	3014	3015	3016
	Obstbäume	28656	1539	118	2452	2302	2847	112	461	1034	1781	741	100	95
	Streuobstfläc	3514057	196399	15420	318176	298861	296073	15007	37742	127101	224895	95165	13253	12004
			3019	3021	3022	3023	3031	3035	3036	3038	3039	3042	3043	3045
			776	2023	683	799	791	323	2234	1107	712	191	1345	224
			98183	261556	83659	106821	102707	22403	279321	146413	92071	23760	174707	28404
			3046	3047	3048									
			2751	646	469									
			300914	82021	61023									
12	KGNr	27	3001	3002	3008	3009	3011	3013	3020	3025	3027	3030	3034	3035
	Obstbäume	35615	2345	784	1508	227	2653	89	2474	1455	11	777	575	1889
	Streuobstfläc	4413029	303251	99779	132198	28902	330597	6106	320807	187278	1802	100166	76681	219768
			3040	3046	3301	3324	3327	3331	22006	22010	22024	22026	22027	22030
			996	702	619	23	4993	766	1933	2520	1020	2351	1095	405
			127066	46231	83748	3303	627443	93258	246098	316546	131814	304125	139731	51046
			22033	22126	22127									
			2057	1061	287									
			267704	133815	33764									
13	KGNr	16	19321	22002	22005	22007	22014	22016	22018	22020	22021	22025	22101	22109
	Obstbäume	10014	3	1255	299	1605	1229	628	30	16	452	881	994	537
	Streuobstfläc	1249472	528	155110	39015	199894	157029	80678	3765	2189	57504	108800	122580	66193
			22112	22124	22136	22144								
			1077	306	681	21								
			136449	37830	78741	3167								
14	KGNr	44	23104	23106	23109	23111	23114	23120	23125	23127	23134	23138	23139	23140
	Obstbäume	51975	312	793	145	896	273	352	1058	567	4136	203	1006	86
	Streuobstfläc	6221639	36349	104312	17509	109579	34728	41525	122535	69253	494614	24783	127125	11179
			23144	23148	23151	23152	23303	23304	23307	23311	23318	23324	23325	23328
			1477	1941	270	14	467	3552	1800	1694	1459	380	961	1623
			186368	237077	34455	1277	58810	383742	212873	191498	167383	49452	115825	199626
			23329	23332	23333	23334	23335	23340	23343	23345	23349	23350	23354	23355
			1620	948	784	302	3596	3261	3374	4768	36	1093	936	176
			190327	111449	98220	35364	433067	394451	421886	586191	4518	132545	108642	20513
			23356	23357	23358	23359	23360	23361	23421	23448				
			1062	698	18	508	2583	448	190	109				
			123842	72698	2163	57207	301578	58039	24601	12461				
15	KGNr	20	30027	30028	30101	30102	30103	30104	30105	30106	30107	30108	30109	30112
	Obstbäume	34799	90	410	563	866	2205	689	180	392	2191	6954	6337	1706
	Streuobstfläc	4375699	10282	50338	75610	106317	265630	86230	25392	50761	270717	865325	791448	223259
			30113	30114	30116	30118	30119	30120	30122	30124				
			20	5763	1991	975	393	1122	1046	906				
			2562	721504	252042	132475	56013	143664	133966	112165				

Tabelle 14: Testgebiete 16 bis 20: Anzahl der berechneten Streuobstbäume und der Streuobstfläche [m²] pro Katastralgemeinde.

TG		Gesamt	KGNR ...											
16	KGNr	23	60301	60302	60306	60307	60309	60311	60312	60316	60318	60322	60323	60325
	Obstbäume	14401	532	2078	955	1036	408	380	392	597	1033	1	146	134
	Streuobstfläc	1907113	71426	268200	131004	135038	55435	50371	52456	83313	135357	176	19606	18076
			60331	60333	60337	60342	60349	60353	60357	60359	60360	60361	60362	
			264	456	947	420	61	2142	340	410	325	8	1336	
			36223	60089	119331	54665	9048	278219	47135	53279	42417	1136	185114	
17	KGNr	25	64102	64106	64125	64146	64147	64203	64204	64205	64206	64207	64208	64209
	Obstbäume	37935	13	179	3	13	23	5302	59	2045	4831	2975	12	2533
	Streuobstfläc	4562193	2600	21729	406	1634	3762	642490	4740	265511	577235	362295	1748	290824
			64210	64211	64213	64215	64216	64218	64219	64220	64221	64222	64315	68012
			3003	4320	2953	4	2602	22	1528	2343	3111	9	18	27
			377846	536859	311130	539	315692	2735	192827	232907	408189	1302	2147	4042
			68033											
			7											
			1004											
18	KGNr	20	31001	31002	31007	31019	31025	31027	31032	31038	31041	31045	31102	31124
	Obstbäume	28119	2325	2328	531	599	1856	2545	3592	32	1663	1247	4018	1913
	Streuobstfläc	3515037	296403	289400	67353	76887	211501	316310	453409	4584	214810	159033	500820	238940
			31126	62201	62203	62204	62206	62212	62225	62244				
			2151	132	806	35	1480	104	315	447				
			264256	15836	98016	4523	189484	15529	41793	56149				
19	KGNr	14	65403	65406	77001	77002	77006	77010	77011	77012	77014	77015	77016	77017
	Obstbäume	19400	147	613	879	1218	2836	1120	1602	2690	2	1304	3591	494
	Streuobstfläc	2386947	18390	83147	108287	149389	347184	140539	196471	337668	352	166396	427956	57718
			77022	77264										
			2391	513										
			288111	65340										
20	KGNr	52	62005	62006	62011	62107	62108	62118	62120	62121	62125	62130	62138	62156
	Obstbäume	29082	826	978	294	529	277	610	329	204	521	559	2152	822
	Streuobstfläc	3662449	104799	120454	37500	70900	36972	80499	42790	24741	67925	76143	266982	106489
			62158	62161	62164	62302	66201	66202	66204	66205	66210	66211	66212	66213
			475	257	561	63	78	239	1288	49	628	568	688	919
			60966	30469	71032	8460	10235	31480	166785	6223	82238	71700	84466	116544
			66216	66219	66222	66223	66227	66229	66231	66232	66235	66236	66239	66240
			956	678	389	321	340	2	491	251	490	642	195	1444
			111368	86183	46865	39470	43181	479	63931	31515	62634	83245	24066	173846
			66243	66247	66248	66309	66313	66314	66316	66320	66323	66324	66325	66326
			857	94	437	599	1237	260	189	1020	1107	307	68	622
			101149	12723	57234	72944	158385	35899	25521	118321	140712	37977	9078	76696
			66332	66335	66336	66340								
			955	412	571	234								
			121113	50814	68588	31717								

Tabelle 15: Testgebiete 21 bis 23: Anzahl der berechneten Streuobstbäume und der Streuobstfläche [m²] pro Katastralgemeinde.

TG		Gesamt	KGNR ...											
21	KGNr	25	76025	76026	76027	76101	76102	76103	76105	76106	76108	76109	76111	76112
	Obstbäume	14513	772	325	8	257	646	742	430	1000	72	788	338	19
	Streuobstfläc	1852823	96897	42061	1109	34802	87913	94353	56442	134925	9765	107249	45505	2235
			76113	76116	76117	76118	76202	76204	76209	76210	76216	76217	76219	76220
			147	5	268	156	2369	449	23	348	607	1525	702	1036
			20599	882	35942	21030	300057	47445	3584	48614	78609	167547	92342	133359
			76221											
			1481											
			189555											
22	KGNr	10	76203	76204	76205	76206	76212	76213	76214	76217	76218	76222		
	Obstbäume	8895	427	531	1956	658	621	1703	1696	679	604	20		
	Streuobstfläc	1082680	55281	58507	253519	84589	75858	205462	212247	56681	77718	2818		
23	KGNr	32	42102	42107	42108	42111	42112	42116	42117	42118	42120	42121	42130	42131
	Obstbäume	27880	408	710	621	1651	205	165	2319	2544	35	637	1346	10
	Streuobstfläc	3537454	51891	92713	83199	191809	21912	23012	300254	328692	4870	77118	176194	1071
			42136	42142	42143	42144	42146	42147	42149	42150	42151	42152	42153	42156
			893	308	374	874	755	1126	797	679	1270	1444	996	1245
			116479	41014	47291	116437	98714	146056	103742	86754	168124	196714	116316	161385
			42157	42160	42162	50304	50311	50314	50318	50324				
			331	110	641	1176	1524	2210	463	13				
			40946	14116	83157	147109	189394	253017	56325	1629				

5.3 Schlussfolgerungen

Der beschriebene Ablauf der Punktextraktion aus einem aktuellen nDOM in Kombination von unterschiedlichen, frei verfügbaren Geodaten und spektralen Attributen aus Satellitenbildzeitreihen und der Klassifikation mit Hilfe des Random Forest Algorithmus zeigt eine übersichtliche und nachvollziehbare Methode auf, Streuobstbäume und Streuobstflächen in den 23 Testgebieten quer über Österreich zu detektieren.

Die Klassifikationsergebnisse anhand der räumlich höher aufgelösten PlanetScope-Satelliten blieben unter den Erwartungen und erzielten ähnliche Genauigkeiten wie mit Sentinel-2 und Google-Satellite-Embeddings. In den einzelnen Testgebieten wurden sehr unterschiedliche Klassifikationsgenauigkeiten erzielt. Gründe dafür sind einerseits in der Verfügbarkeit der Satellitendaten (z. B. Wolkenbedeckung in gebirgigen Gegenden), andererseits aber auch in den Trainingsdaten zu finden. Auch wenn mit den SOK-Daten ein hochqualitativer und einzigartiger Referenzdatensatz zur Verfügung stand, war die Repräsentativität dieser Daten für Flächen außerhalb der SOK-Gebiete nicht gegeben. Dies zeigte sich im klaren Trend der Überanpassung der Modelle (trotz Ausdünnung der Trainingsdaten) innerhalb der SOK-Gebiete und tlw. geringer Performance bei der Anwendung auf die zweite SOK-Fläche. Dies wurde mit der Kombination der Trainingsdaten von mehreren Testgebieten und der Verwendung der Google-Satellite-Embeddings deutlich eingedämmt. Für das vorliegende Projekt wurde entschieden, die einzelnen Modelle mit ausgewogenen Klassenverhältnissen zu trainieren. Dabei wurde versucht, so viele Trainingsdaten wie möglich für jedes Gebiet zu gewinnen, wobei sich die Anzahl an Trainingsdaten zwischen den Gebieten stark unterscheidet. Für das österreichweite Modell wären weitere Tests zur Gewichtung und Verteilung der Trainingsdaten sinnvoll, jedoch in der kurzen Projektlaufzeit nicht umsetzbar. Das finale Modell erreichte aber zufriedenstellende Genauigkeiten und auch die Verifizierung mit unabhängigen Kartierungsdaten zeigte klar das große Potenzial der Methode auf, jedoch wurde auch der notwendige Verbesserungsbedarf dargelegt.

Ein Vorteil der vorliegenden Methode ist, dass auch Streuobstbau untersucht wird, wo es sich nicht um landwirtschaftliche Fläche handelt: wie z. B. Hausgärten und damit Zusatzinformation z. B. zur AMA Erhebung liefern kann. Die visuelle Verifikation der Klassifikationsergebnisse zeigte, dass bei den Hausgärten, insbesondere im innerörtlichen Bereich, die Streuobstfläche tendenziell eher unterschätzt wird. Bei Streifenparzellen mit Obstbäumen, Baumreihen und Obstbaumalleen wird die Streuobstfläche eher überschätzt. Jungbestände werden generell unterschätzt, was u. a. dem geringen Kronendurchmesser und der im Modell berücksichtigten Mindesthöhe von 1,5 m geschuldet ist.

Die Methode bietet auch Zusatzinformation, die in diesem Projekt nicht weiterbearbeitet wurden: die Baumhöhe und die angenäherte Baumkrone stellen eine Zusatzinformation zur SOK dar und können damit z. B. auch dafür genutzt werden, die bestehenden Streuobstbestände obstartenspezifisch noch weiter zu analysieren. Hier wäre es spannend zu sehen, ob die Klassifikationsergebnisse artenspezifische Tendenzen aufweisen, also manche Arten besser bzw. schlechter erfasst werden. Dies könnte dann in einer Verfeinerung der Methode berücksichtigt werden.

Auch auf die spektrale Unterscheidbarkeit der einzelnen Streuobstarten wurde nicht weiter eingegangen, diese wäre aber für ein Monitoring der Flächen eine interessante Zusatzinformation. Hierzu wären aber auch räumlich und spektral höher aufgelöste Fernerkundungsdaten von Vorteil.

Der Schritt, um von den berechneten Streuobstbaumpunkten zu den Streuobstflächen zu gelangen, wurde auf Basis eines fixen Pufferwerts um jeden Streuobstbaum durchgeführt. Dieser Punkt könnte noch weiter untersucht werden, z. B., ob die streuobstbauliche räumliche Wirkung noch in Abhängigkeit von der Baumhöhe steht.

Die Verwendung des nDOM aus Luftbildern hat seine Vorteile gegenüber der Verwendung des nDOM aus ALS Daten (Aktualität, räumliche Auflösung, Genauigkeit). Im Projekt wird als räumliche Regel aber auch noch auf einen Vergleich der beiden Informationen eingegangen. Dieser Vergleich hat den Vorteil der nochmaligen Absicherung des Ergebnisses – also ob es sich um einen Streuobstbaum handelt oder nicht, weil die Baumhöhe auch außerhalb der Vegetationsperiode messbar ist. Speziell ein großer Zeitabstand zwischen diesen beiden Datenaufnahmen führt dazu, dass Jungbestände noch stärker aus dem Datensatz herausfallen.

Im Projekt wurde der Vergleich der beiden Höhen aus nDOM-Luftbild und nDOM-ALS in großen zusammenhängenden Streuobstflächen genutzt, um landwirtschaftliche Flächen mit hochwachsenden Kulturen zum Aufnahmezeitpunkt der Luftbilder zu deklarieren. Dieser Schritt könnte auch anders umgesetzt werden, z. B. durch einen Vergleich der Invekos-Kategorien der Schläge aus den letzten Jahren (wobei die Invekos-Daten nicht flächendeckend sind) oder durch eine eigene spektrale Auswertung, z. B. mit Sentinel-2-Zeitreihen (Klassifikation von Feldfrüchten). Im Projekt stand vor allem die Unterscheidbarkeit von Streuobstbäumen zu anderen, meist niedrig wachsenden Laubbäumen außerhalb des Waldes im Vordergrund – also jener Kategorie, in der die Möglichkeit einer Verwechslung am größten ist.

6 Biodiversitätserfassung (AP 3)

Aufgrund der Mischung aus unterschiedlichen Obstbaumarten mit hoher Struktur- und Altersheterogenität, dem ggf. hohen Totholzanteil und der extensiven Pflege und Bewirtschaftung der Bäume und des Unterwuchses (ARGE Streuobst, 2017), finden Tierarten mit unterschiedlichen Lebensraumansprüchen Nist- und Nahrungshabitate in Streuobstflächen (ARGE Streuobst, n.d.; Horak et al., 2013; Kajtoch, 2017; Rada et al., 2023; Steffan-Dewenter & Leschke, 2003; Tscharntke et al., 1998). Insbesondere auf extensiv bewirtschafteten Streuobstwiesen mit hochstämmigen, großkronigen Obstbäumen kann eine hohe Artenvielfalt erwartet werden (Kajtoch, 2017; Kornprobst, 1994). Altbäume in Streuobstflächen sind von großer Bedeutung, denn Baumhöhlen und Totholz bieten Verstecke und Nistmöglichkeiten für Vögel, Fledermäuse oder xylophile Insekten (Kajtoch, 2017; Kropfberger et al., 2015). Das Vorhandensein der unterschiedlichen Nahrungs- und Nisthabitaten mit geringer Störung (z. B. schlagweise Mahd, Totholz verbleibt in verträglichem Ausmaß auf der Fläche) bewirkt eine hohe Insektenbiomasse, welche für Vögel und Fledermäuse lebensnotwendige Nahrung darstellt (Arlettaz, 1996; Kajtoch, 2017).

Der Obstbau, wie die landwirtschaftliche Produktion im Allgemeinen, sind von verschiedenen biodiversitätsbasierten Ökosystemleistungen abhängig (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 2012), deren Leistungsfähigkeit mit einer hohen Artenvielfalt der jeweiligen Tiergruppen zusammenhängen (Dainese et al., 2019), weshalb der Erhalt und die Erhöhung der Biodiversität im Kulturland von großem, wenn auch unterschätzten Nutzen für die Produktion ist (Meng et al., 2016). Ökosystemleistungen im Obstbau umfassen zum Beispiel die Bestäubung von Obstblüten durch Wildbestäuber (Radzevičiūtė et al., 2021) oder die natürliche Schädlingskontrolle durch Vögel (García et al., 2018), Fledermäuse (Aizpurua et al., 2018) und verschiedene Insektengruppen (Solomon et al., 2000). Viele Arten dieser Tiergruppen reagieren sensibel auf Umweltveränderungen, verzeichnen hohe Bestandsrückgänge und/oder stehen unter Schutz; sie sind aber auch hervorragend geeignet, um als Indikatoren stellvertretend für die Gesamtheit der vorkommenden Arten Veränderungen in der Artenvielfalt und Lebensgemeinschaften abzubilden. Im Projekt DivMoSt wurden Wildbienen und Tagfalter (als Wildbestäuber) sowie Fledermäuse und Vögel als Indikatororganismen erhoben. Aufgrund der hohen Relevanz von Heuschrecken als Indikatororganismen wurde im Frühling 2024 beschlossen, auf den Flächen, auf denen auch Wildbienen und Tagfalter erhoben wurden, Heuschrecken mitzuerheben.

6.1 Einschulung in der Methodik der Arterfassung

Die Einschulung in die Erhebungsmethodik erfolgte innerhalb der jeweiligen Teams der verschiedenen Indikatororganismen vor Beginn der Feldarbeiten.

Für die Erfassung der Tiergruppen mussten optimale Witterungsbedingungen vorliegen. Wildbestäuber, Fledermäuse und Vögel wurden bei maximal geringer Bewölkung (kein Niederschlag) und wenig Wind (max. 4 Beaufort) aufgenommen. Für Wildbestäuber beträgt die Minimaltemperatur 15 °C, für Fledermäuse 10 °C.

Bei jedem Begehungsdurchgang wurde mindestens je ein Foto von den Beprobungsflächen angefertigt, sodass ein möglichst guter Überblick des Ist-Zustandes der Fläche dokumentiert wurde. Bei den Kreuztransekten war es sinnvoll zwei Fotos anzufertigen, wobei eines von Süden Richtung Norden, und ein Foto von West nach Ost zu gemacht wurde. Bei den

Linientransekten wurden die Fotos immer vom Anfangspunkt (Startpunkt der Transektbegehung) in Richtung Endpunkt aufgenommen.

6.2 Biodiversitätserfassung Insekten

Wildbestäuber, wie Wildbienen und Tagfalter profitieren vom durchgängigen Blütenangebot in Streuobstflächen und gelten als wichtige Indikatororganismen, da ihre Artenzusammensetzung Rückschlüsse auf die Lebensraumqualität eines Gebietes oder Standortes zulässt (Kevan, 1999).

Das Monitoring um den Zustand von Insekten im österreichischen Kulturland bildet sich bereits im Österreichischen Biodiversitäts-Monitoring (ÖBM; Schindler et al., 2021), den beiden Projekten BIodiversity - NATure - Safety - Erfassung der Biodiversität in den österreichischen Ackerbaugebieten (BINATS I & II; Pascher et al., 2010, 2020a) dem Tagfaltermonitoring (Austrian Butterfly Conservation, 2021) und der Erfassung der Wildbienen Österreichs (MoWi; Pachinger, 2022) ab. Die Erfassung der Wildbienen, Tagfaltern und Heuschrecken zielte in den genannten etablierten Biodiversitätsmonitorings auf das gesamte österreichische Kulturland ab. Da die Beprobungsflächen der Monitorings mittels Zufallsauswahl festgelegt wurden, sind Streuobstflächen darin nur in geringem Umfang vertreten. Im Projekt BINATS II machten extensive Obstkulturen (Streuobstflächen wurden nicht gesondert kartiert) 0,48 % des gesamten Testflächenausmaßes aus (Pascher et al., 2020); lediglich 12 von 1000 Testpunkten für die tatsächliche Beprobungen befanden sich in extensiven Obstkulturen.

Für die Erhebung der Insekten im Projekt DivMoSt stand während der Projektlaufzeit nur ein Kalenderjahr zur Verfügung. Die entsprechend kurze Laufzeit ist nicht ausreichend, um ein Monitoring zu betreiben, welches standardisiert über viele Jahre durchgeführt werden muss. Eine Wiederholung der Aufnahmen ist daher erforderlich, zumal Insektenabundanzen zwischen Jahren aufgrund unterschiedlicher Witterungsverhältnisse stark variieren können.

Das **Kartierungsteam** unter Leitung von Sophie Kratschmer, bestand aus Eva Hengsberger, Julia Lanner, Norbert Schuller, Martin Strausz und Peter Unglaub (in alphabetischer Reihenfolge).

6.2.1 Kartierung, Bestimmung, Validierung Insekten

Wildbienen

Wildbienen wurden im Jahr 2024 in 57 Streuobstbeständen auf insgesamt 46 Referenzflächen österreichweit erhoben. Im Zeitraum von Anfang April bis Ende August fanden vier Erhebungsdurchgänge statt: 1. Durchgang Anfang bis Ende April, 2. Durchgang Mitte bis Anfang Juni, 3. Durchgang Anfang bis Mitte Juli und 4. Durchgang Mitte bis Ende August. Der zeitliche Abstand zwischen den Erhebungen war witterungsabhängig und betrug mindestens drei und maximal sechs Wochen. Die Aktivität der Bienen ist von günstigen Witterungsbedingungen abhängig, somit fanden Erhebungen nur an trockenen (keine Erhebungen bei Tau und nassen Pflanzen), sonnigen, und nicht zu windigen Tagen (keine Erhebungen, wenn Blätter und Laub vom Wind verweht werden) und Temperaturen von mindestens 15 °C zwischen (im Hochsommer) 08:00 Uhr und 17:00 Uhr statt. Im Frühling verkürzt sich die Beprobungszeit aufgrund kühler Temperaturen in der Früh und am späten Nachmittag meist auf 9:30 bis 16:00 Uhr.

Wildbienen wurden innerhalb einer Referenzfläche durch die Beprobung von mindestens einem 160 m² Transekt (Linientransekt mit 80 m × 2 m oder Kreuztransekt mit 4 × 20 m × 2 m; Abb. 28) im Streuobstbestand erhoben. In Referenzflächen mit einem hohen Ausmaß an Streuobstfläche wurden auch 2 Streuobstflächen beprobt (z. B. Abb. 28). Für jeweils 20 Minuten wurde jedes Kreuztransekt von der Mitte ausgehend in jede Himmelsrichtung (5 min pro Himmelsrichtung) abgegangen und jedes Linientransekt von einer Seite beginnend. Die Beprobung fand ohne Richtungswechsel statt. Der Erfassungsbereich betrug bei beiden Transektarten von der Transektachse ausgehend links und rechts je 1 m. Diese Vorgehensweise stellte eine standardisierte Beprobung sicher und deckt sich mit anderen Monitoringprogrammen, wie zum Beispiel dem Wildbienen-Monitoring Österreichs (Pachinger, 2022). Die Daten sind somit aufgrund der einheitlichen Methodik vergleichbar.

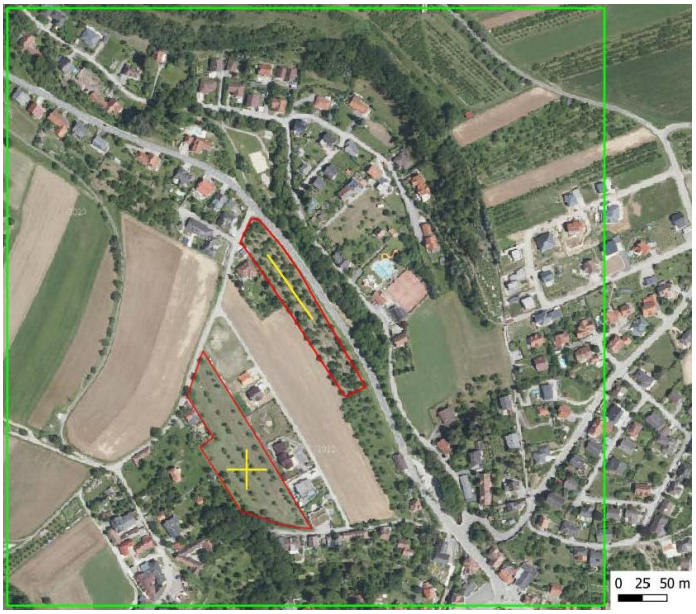

Abbildung 28: Beispiel für ein Kreuztransekt und ein Linientransekt im Testgebiet Naturpark Jauerling-Wachau. (Kartenquelle: Orthofoto Grundkarte basemap.at).

Ergänzend zur Transektmethode wurden semi-quantitative Erhebungen der Wildbienen innerhalb der Referenzflächen durchgeführt. Dazu wurden, das Betretungsrecht beachtend, maximal drei weitere Standorte innerhalb der Referenzflächen von den Kartierer*innen vor Ort hinsichtlich Lebensraumqualität (besonders blütenreiche Standorte bzw. Nistplätze) für Wildbienen ausgewählt. Die semi-quantitativen Erhebungen fanden zumeist an anderen Stellen der beprobten Streuobstflächen aber auch auf Ruderalflächen oder Wiesen statt. Diese zusätzlichen Erhebungen dauerten maximal 30 min. Bei allen Erhebungen wurden alle Bienenindividuen mittels Netzfang erfasst. Jene Arten, welche von den Kartierer*innen eindeutig im Gelände bestimmbar waren (z. B. Honigbienen, ausgewählte Hummelarten, *Megachile parietina, Osmia bicolor, Andrena hattorfiana, Anthophora plumipes*, etc.), wurden als Sichtfang dokumentiert. Wurden Individuen während eines Blütenbesuchs beobachtet oder gefangen, wurde die besuchte Pflanzenarten dokumentiert. Gesammelte Individuen wurden mit Essigäther in einem Sammelgefäß abgetötet und zur weiteren Bestimmung ins Labor mitgenommen. Für jedes Individuum wurde folgende Informationen dokumentiert: Angabe zu Referenzfläche, Kartierer*innen, Aufnahmemethode (Transekt-Id/semi-quantitativ), besuchte Pflanzenart und Sammeldatum.

Zusätzlich zu den oben genannten Angaben wurde der Blütenreichtum für jedes Transekt bzw. für den semi-quantitativ erfassten Lebensraum nach einer 6-teiligen Skala kategorisiert: „keiner“ (Deckung < 1 %), „sehr gering“ (1 - < 5 %), „gering“ (5 - < 25 %), „mittel“ (25 - < 50 %), „hoch“ (50 - < 75 %), „sehr hoch“ (75 - < 100 %). Zusätzlich wurden die gerade blühenden, entomophilen Pflanzenarten für jedes Transekt bzw. semi- quantitativer Lebensraum dokumentiert und der Anteil pro Pflanzentaxon am Gesamtblütenreichtum in Prozent geschätzt.

Die ins Labor gebrachten Wildbienen wurden entsprechend gängiger musealer Techniken präpariert (genadelt und in Insektenkästen aufbewahrt), etikettiert (Angaben zum Fundort, Referenzfläche, Koordinaten, Funddatum, Kartierer*innen) und bestimmt. Die Bestimmung erfolgte mittels taxonomischer Schlüssel (Amiet, 1996; Amiet et al., 1999, 2001, 2004, 2007, 2010; Dathe et al., 2016; Ebmer, 1969, 1971; Ebmer, 1969; Gokcezade et al., 2018; Scheuchl, 2000, 2006; Schmid-Egger & Scheuchl, 1997) und folgt der taxonomischen Klassifizierung nach Scheuchl & Willner (2016) unter Einbezug wichtiger Aktualisierungen (Reverté et al., 2023). Die Belegexemplare befinden sich in der Belegsammlung des Institutes für Zoologie der Universität für Bodenkultur Wien.

Tagfalter

Tagfalter wurden im Jahr 2024 auf 38 von 46 Referenzflächen erhoben. Durch das Zusammentreffen von Schlechtwetter und Personalengpass (z. B. Krankenstand des Mitarbeiters im Osten und gleichzeitiger Urlaub der Subauftragnehmerin im Westen) beim Tagfalterteam wurden die Referenzflächen 1733, 1732, 1711, 1712, 7011, 702100, 401100 und 4041 (Tab. A-1) im Projektjahr 2025 erhoben. Jede Referenzfläche wurde viermal begangen, wobei zwischen den einzelnen Begehungen idealerweise mind. zwei Wochen lagen. Ab Mitte April wurde nach Ermessen der Kartierer*innen und geographischer Lage (unterschiedliche Phänologie) selbständig der Erhebungsstart der jeweiligen Referenzfläche festgelegt. Die viermalige Erhebung wurde bis Mitte September 2025 abgeschlossen.

Die Tagfaltererhebungen erfolgten in Anlehnung an die Kartierungsmethode aus den BINATS- bzw. ÖBM-Projekten (Pascher et al., 2009; Schindler et al., 2021). Die oben erläuterten Kreuztransekte wurden vom Mittelpunkt aus zunächst in Richtung Norden begegangen; anschließend kehrte der*die Kartier*in zum Mittelpunkt zurück. Auf beiden Streckenabschnitten wurden separat Tagfalter erhoben, sodass jeweils Arten- und Individuenzahlen für das „Mittelpunkt-Nord“-Transekt und das „Nord-Mittelpunkt“-Transekt dokumentiert wurden. Es folgten das Süd-, Ost- und zuletzt das Westtransekt nach demselben Schema. Doppelzählungen von Tagfalterindividuen sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Der*die Kartierer*in notierte entlang der Transektlinien je 2,5 m links und rechts sowie 5 m nach vorne die festgestellten Tagfalterarten und ihre Individuenzahlen. Die Begehung der Transektlinien erfolgt im Schritttempo (ca. 3 km/h; langsames Spazieren). Für das Fangen und Bestimmen von wegfliegenden bzw. flüchtenden Exemplaren durfte die Transektlinie verlassen werden. Danach musste der*die Kartierer*in an der entsprechenden Stelle die Begehung der Transektlinie wieder aufnehmen. Auf Flächen, die für das Anlegen eines Kreuztransektes nicht geeignet waren, wurde ein einfaches Linientransekt (80 m Länge) mit identischen Beobachtungsweiten definiert und einmal hin und zurück begangen und separat aufgezeichnet, sodass in Summe ebenfalls eine Strecke von 160 m erhoben wurde. Schwer unterscheidbare Arten wurden bei den Erhebungen auch als Sammelgruppen bzw. Artenkomplexe dokumentiert. Dazu gehörten folgende Artenpaare: *Aricia agestis/Aricia artaxerxes*; *Colias alfacariensis/Colias hyale*; *Hipparchia alcyone/Hipparchia fagi*; *Leptidea*

sinapis/Leptidea juvernica; *Melitaea aurelia/Melitaea britomartis*; *Melitaea didyma/ Melitaea trivia*; *Plebejus idas/Plebejus argyrognomon*; *Pyrgus armoricanus/Pyrgus alveus.*

Wie in den Monitoringprojekten BINATS und ÖBM (Pascher et al., 2009; Schindler et al., 2021) erfolgte zusätzlich zu den Erhebungen der einzelnen Transekte anschließend eine fünfminütige, erfolgsorientierte Suche nach zusätzlichen Arten im Probekreis (Fläche die sich aus den Kreuztransekten ergibt) bzw. entlang des Linientransektes. Um auf eine mit dem Kreuztransekt vergleichbare Flächengröße zu kommen, wurde bei einem Linientransekt die Breite rechts und links von der Linie jeweils mit ca. 8 m geschätzt und als Probefläche für die fünfminütige Erhebung herangezogen. Hierbei sollten so viele Arten wie möglich auf der Fläche festgestellt werden. Neben den Transekterhebungen wurde eine semi-quantitative Erhebung an weiteren potenziellen Tagfalterlebensräumen, in Übereinstimmung mit den Betretungsgenehmigungen, in unmittelbarer Umgebung zu den Transekten durchgeführt. Diese Zusatzflächen (max. 3 Flächen) wurden vor Ort identifiziert und für je max. 10 min auf Tagfalter untersucht und dort angetroffene Arten, samt deren Individuenzahlen, notiert.

Die Tagfaltererhebungen wurden bei Lufttemperaturen zwischen 13 °C und 35 °C durchgeführt. Bei Temperaturen zwischen 13 °C und 17 °C waren Aufnahmen nur bei 100 % Sonnenschein und kaum bis wenig Wind zulässig. Bei Temperaturen über 17 °C musste mindestens 50 % Sonnenschein und kein Niederschlag herrschen. Die Aufnahmen fanden maximal bis zu einer Windstärke von 5 auf der Beaufort-Skala statt. Kartiert wurde zwischen 09:00 Uhr und 17:00 Uhr, wobei im Hochsommer bereit etwas früher (08:30 Uhr) begonnen werden konnte und Erhebungen dann bis etwa 18:00 Uhr durchgeführt wurden.

Heuschrecken

Aufgrund der hohen Relevanz von Heuschrecken als Indikatororganismen im Naturschutz wurde im Frühling 2024 beschlossen, diese als zusätzliche Indikatorgruppe ins Projekt aufzunehmen. Die Kartiererinnen im Westen (Julia Lanner und Eva Hengsberger) hatten zu diesem Zeitpunkt bereits gute Artenkenntnisse von Heuschrecken und konnten diese bei ihren Erhebungen mit dokumentieren. Die Heuschreckenaufnahmen der Flächen im Osten bzw. Süden wurden durch Norbert Schuller, einem Mitarbeiter am Institut für Zoologie der Universität für Bodenkultur Wien mit profunder Artenkenntnis, durchgeführt. Seine Arbeitsleistung ist als zusätzliche Eigenleistung zu verstehen.

Im Juli und August 2024 wurden auf 38 der 46 Referenzflächen Heuschrecken erhoben. Die Flächen 401100, 4041, 7011, 702100, 1071, 1072, 1411, 1412 wurden im Jahr 2025 besucht. Die Methode zur Heuschreckenerhebung ist ebenfalls mit den etablierten Monitoringprogrammen (BINATS, ÖBM) in Österreich vergleichbar. Die Heuschrecken-Erfassung erfolgten auf Kreuztransekten mit einer Transektlänge des Kreuzes von je 10 m pro Himmelsrichtung. Bei sehr schmalen Streuobstbeständen wurden entlang eines Linientransektes von 40 m die Heuschrecken beprobt. Die Transektbreite wurde mit jeweils 2,5 m links und rechts der Transektachse festgelegt, die Bearbeitungszeit pro Himmelsrichtung war mit 8 Minuten begrenzt. Pro Kreuz- oder Linientransekt wurden also 32 Minuten lang Heuschrecken erhoben. Es wurde die Arten- und Individuenzahl pro Art durch Verhören (Gesang der Männchen) und Beobachten ermittelt. Die Erfassung wurde ab einer Temperatur von 20 °C im Zeitfenster zwischen 09:00 Uhr und 19:00 Uhr durchgeführt (in schattenreiche Lagen nur bis 18:00 Uhr). Die Erhebung wurde ausschließlich in den Monaten Juli und August, während der die meisten Heuschreckenarten als Adulttiere vorhanden sind, durchgeführt. Für Heuschrecken wurde nur ein Erhebungsdurchgang durchgeführt. Bei nicht

sofort ansprechbaren und bestimmbaren Individuen wurden Einzelfänge mit dem Handnetz durchgeführt. Die Tiere wurden in Glasröhrchen gefangen und nach der abgeschlossenen Transekterhebung bestimmt und freigelassen. Unbeabsichtigte Beifänge sind auszuschließen. Bei im Freiland nicht bestimmbaren Arten wurden Einzelindividuen entnommen. Sie sind als Trockenpräparate in der Insektensammlung des Instituts für Zoologie, Universität für Bodenkultur Wien, eingegliedert. In Niederösterreich wurden keine der naturschutzrechtlich relevanten Arten (*Omocestus petraeus, Stenobothrus nigromaculatus, Stenobothrus crassipes, Stenobothrus rubicundulus* und *Chorthippus montanus*) auf den Flächen angetroffen oder entnommen.

6.2.2 Ergebnisse Insekten

Insgesamt (alle Aufnahmen) wurden in den 46 untersuchten Streuobstflächen über ganz Österreich 321 Insektenarten (inkl. Individuen, die nur auf Gattung bestimmt wurden und hier als einzelne Art gezählt werden) nachgewiesen. Werden alle Aufnahmen (quantitative Transektbegehung, semi-quantitative Erhebungen und ergebnisorientierte Suche) zusammengefasst wurden 31 Heuschreckenarten mit 1626 Individuen, 65 Tagfalterarten mit 2251 Individuen und 225 Bienenarten (inkl. *Apis mellifera*) mit 5196 Individuen dokumentiert (Arten und Individuenanzahl pro Katastralgemeinde siehe Anhang Tab. A-5, A-6, A-7). Bei den Bienen waren über 50 % der Individuen Honigbienen (2719 Individuen) und 2450 Individuen sind den Wildbienen (nicht domestizierte Bienenarten) zuzuordnen.

Es konnten 24 % der 127 Heuschreckenarten, 30 % der 215 Tagfalterarten und 32 % der 700 Bienenarten Österreichs in den Streuobstflächen nachgewiesen werden. Diese Anteile zeigen bereits den hohen Wert von Streuobst als Lebensraum für Insekten. Zusätzlich wurden während den Erhebungen der Wildbienen 230 entomophile blühende Pflanzenarten (inkl. der Obstbäume) auf den Streuobstflächen dokumentiert. Da Gräser eine hochrelevante Nahrungsressource für Tagfalter und Heuschrecken darstellen, ist eine gesamte botanische Erhebung in einem Folgeprojekt jedenfalls anzustreben. Unter den Tagfalterarten konnten mit dem Großen Feuerfalter (*Lycaena dispar*) und dem Schwarzen Apollo (*Parnassius mnemosyne*) außerdem zwei naturschutzrechtlich relevante Arten die nach FFH Richtlinie geschützt sind nachgewiesen werden.

6.2.3 Definition Charakterarten Insekten

Zur Definition der entomologischen Charakterarten in Streuobstflächen Österreichs wurden die im Antrag geplanten Artengruppen – Wildbienen und Tagfalter behandelt. Die Charakterarten wurde bei den beiden Artengruppen in Anlehnung an die im Projekt PollHab (Pollinators typical of habitats protected under the Habitats Directive; Università degli Studi di Padova, 2025) vorgeschlagene Methode definiert. Die Methode bewertet verschiedene Kriterien wie z. B. Verbreitung, Habitatbindung oder vorkommende Pflanzenarten, die als Futter dienen, für die einzelnen Arten, die in einem Lebensraum gefunden werden können. Die PollHab-Methode ist auf den europäischen Kontext zugeschnitten und wurde auf die vorhandenen Daten des Projektes DivMoSt geringfügig angepasst. In die Bewertung gehen die Projektdaten (Wildbienen und die erhobenen Blütenpflanzen, Tagfalter) sowie einschlägige Literatur (Höttinger et al., 2013; Scheuchl & Willner, 2016; Stettmer et al., 2022; Westrich, 2018) ein. Die einzelnen Schritte für die Definition der Charakterarten in Streuobstflächen sind für Wildbienen im Anhang Tab. A-8 bis Tab. A-11 und für Tagfalter im Anhang Tab. A-12 beschrieben. Wildbienen und Tagfalter mussten auf mindestens 20 % der beprobten Flächen vorkommen, um als Charakterart ausgewählt zu werden. Artengruppen oder Bestimmungen auf Gattungsniveau wurden nicht berücksichtigt. Nur bei den Wildbienen wurden die

Beobachtungen von *Xylocopa* sp. mitberücksichtigt da diese Individuen mit hoher Wahrscheinlichkeit *Xylocopa violacea* sein dürften (die häufigste der drei Holzbienenarten).

Etwa 25 % der österreichischen Wildbienenarten sind Brutparasiten – die Weibchen legen ihre Eier in das Nest einer oft sehr spezifischen Wirtsart. Dort entwickelt sich die Larve des Parasiten in dem sie den Futtervorrat des Wirts frisst – nicht selten wird dabei auch die Wirtslarve gefressen (Scheuchl & Willner, 2016). Da parasitische Arten auf eine vitale Wirtspopulation angewiesen sind, können Veränderungen von Umweltfaktoren für Kuckucksbienen früher zu tragen kommen (z. B., Scharnhorst et al., 2023). Um diese Gruppe funktionell hochrelevanter Bienenarten nicht unberücksichtigt zu lassen, wurde die PollHab-Methode für brutparasitische Arten in Streuobstflächen adaptiert (Anhang Tab. A-10 und Tab. A-11). Weil für parasitische Arten spezielle Pollenfutterpflanzen keine Rolle spielen wird dieses Kriterium exkludiert.

Anzumerken ist außerdem, dass für die Tagfalter nur die Lebensraumbindung und der Anteil an Flächen, auf denen die Arten gefunden wurden, für die Erstellung der Bewertung verwendet wurde (Anhang Tab. A-12). Das Subkriterium A2 über die Pflanzen in den Streuobstflächen kam nicht zu tragen, weil im Projekt DivMoSt keine umfassenden botanischen Aufnahmen Wiesenflächen gemacht wurden. Diese Daten wären aber für Tagfalter relevant, weil viele Arten sich an Gräsern entwickeln. Diese Datenlücke wäre optimalerweise bei einer Wiederholung der Aufnahmen zu schließen.

Charakteristische Wildbienenarten in Streuobstflächen Österreichs

Durch die Bewertungsmethode konnten 15 nestbauende und eine parasitische Wildbienenart, als charakteristisch für Österreichs Streuobstflächen ermittelt werden (Tab. 16).

Tabelle 16: Ergebnisse für die Gesamtpunkte pro Subkriterium für die identifizierten Charakterarten von nestbauenden und parasitischen Wildbienenarten in Streuobstflächen Österreichs.

Artname wissenschaftlich (nestbauend)	Flächen-anzahl	Abundanz	Punkte SubA1	Punkte SubA2	Punkte SubA3
Andrena gravida Imhoff, 1832	11	18	15	3	1
Bombus humilis Illiger, 1806	22	123	14		2
Bombus hypnorum (Linnaeus, 1758)	13	16	14		2
Bombus pascuorum (Scopoli, 1763)	41	244	13		2
Chelostoma florisomne (Linnaeus, 1758)	10	12	13	4	2
Heriades truncorum (Linnaeus, 1758)	11	38	15	2	2
Hylaeus sinuatus (Schenck, 1853)	11	19	13	3	2
Lasioglossum albipes (Fabricius, 1781)	11	25	13	3	1
Lasioglossum fulvicorne (Kirby, 1802)	11	19	13	3	1
Lasioglossum laticeps (Schenck, 1870)	13	19	13	4	0
Lasioglossum morio (Fabricius, 1793)	21	53	14	3	1
Lasioglossum villosulum (Kirby, 1802)	16	31	13	3	1
Osmia bicornis (Linnaeus, 1758)	9	17	15	3	2
Osmia cornuta (Latreille, 1805)	25	58	13	4	2
Osmia leaiana Kirby, 1802	9	11	14	2	2
Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758) & *Xylocopa* sp.	16	24	15	2	2

Artname wissenschaftlich (parasitisch)	Flächen-anzahl	Abundanz	Punkte SubA1	Punkte SubA2	Punkte SubA3
Nomada flava Panzer, 1798	5	9	14	3	4

Die Analyse zeigt, dass seltene Wildbienenarten nicht unbedingt die charakteristischen Wildbienenarten im Streuobst ausmachen – ein Umstand den auch Westrich (2019) bereits diskutiert. Dennoch finden wir einige in Österreich recht weit verbreitete, aber spezialisierte Arten. Vor allem oberirdisch nistende Wildbienenarten sind charakteristisch für Streuobstbestände in Österreich. Mauerbienen (*Osmia cornuta*, *Osmia bicornis*, *Osmia leaiana*), Löcherbienen (z. B. *Heriades truncorum*) oder Scherenbienen (z. B. *Chelostoma florisomne*) profitieren von alten Bäumen und den dort vorhandenen Käferfraßgängen in denen sie nisten. Letztere – die Hahnenfuß Scherenbiene ist streng oligolektisch auf Hahnenfuß – Pflanzenarten, die häufig im Unterwuchs von Streuobstbeständen zu finden waren. Die Zweihöckrige Mauerbiene (*Osmia leaina*) und die Gewöhnliche Löcherbiene (*Heriades truncorum*) sind oligolektisch auf Korbblütler. Die spezifischen Pollenquelle sind ebenfalls in vielen Streuobstflächen mit extensivem Wiesenmanagement vorhanden. Die beiden häufigen und weit verbreiteten Mauerbienenarten (*Osmia cornuta*, *Osmia bicornis*) sind aufgrund ihrer frühen Aktivität zwischen März und April hochrelevante Bestäuber von Obstbäumen (Schindler & Peters, 2011) und daher auch im Streuobst charakteristisch.

Holzbienen (z. B. *Xylocopa violacea*) nagen ihre Nester selbst in trockenes Totholz, welches in alten Beständen oft zu finden ist. Die Baumhummel (*Bombus hypnorum*) besiedelt gerne vorhandene Baumhöhlen, um ihren Staat zu gründen und ist somit auf Altbäume angewiesen. Die Veränderliche Hummel (*B. humilis*) und die Ackerhummel (*B. pascuorum*) dürften von extensivem Wiesenmanagement für die Nestgründung profitieren, da die Nester in der Grasnarbe angelegt werden. Hummeln präferieren Klee als Nahrungsquelle, welcher in Streuobstbeständen oft Bestandteil des Unterwuchses ist. Die blühenden Obstbäume sind außerdem wichtige Nahrungsquelle für die Königinnen, die im Frühjahr die Hummelstaaten etablieren (Scheuchl & Willner, 2016).

Einige bodennistende Bienenarten aus der Gattung der Schmalbienen (*Lasioglossum* spp.) sind ebenfalls charakteristisch für österreichische Streuobstbestände. Die Weißbeinige Schmalbiene (*Lasioglossum albipes*), die Braunfühler-Schmalbiene (*Lasioglossum fulvicorne*), die Breitkopf-Schmalbiene (*Lasioglossum laticeps*) und die Dunkelgrüne Schmalbiene (*Lasioglossum morio*) oder die Zottige Schmalbiene (*Lasioglossum villosulum*) benötigen vegetationsfreie Bodenstellen, um die Nester in den Boden graben zu können. Letztere ist zwar polylektisch zeigt aber eine deutliche Präferenz für Korbblütler bei der Nahrungssuche (Scheuchl & Willner, 2016). Die beiden hier angeführten staatengründenden Schmalbienenarten (*L. albipes* und *L. morio*) könnten vom vergleichsweise durchgängigen Blütenangebot im Unterwuchs von Streuobstbeständen profitieren.

Die Gelbe Wespenbiene (*Nomada flava*) ist die einzige brutparasitäre Art, die als charakteristisch für Streuobstflächen identifiziert werden konnte. Als Wirtsarten wurden bis jetzt Sandbienen (*Andrena nitida, Andrena scotica, Andrena nigroaenea*) dokumentiert. Zumindest *A. nitida* und *A. scotica* wurden auch auf den DivMoSt-Flächen nachgewiesen. In punkto Verbreitung und Habitatbindung überschritten die beiden Wirtsarten die Mindestpunkte, konnten aber aufgrund ihrer geringen Abundanz und Anzahl an Flächen, auf denen sie nachgewiesen wurden, nicht als Charakterarten identifiziert werden. Die Gelbe Wespenbiene selber zeigt keine strenge Habitatbindung (Scheuchl & Willner, 2016) nutzt

jedoch, neben Löwenzahn oder Fingerkraut auch Zwetschge (*Prunus domestica*) als Nektarquelle (Westrich, 2018).

Charakteristische Tagfalterarten in Streuobstflächen Österreichs

Durch die Bewertung der Tagfalter konnten sieben Arten als charakteristisch für Streuobstflächen in Österreich (Tab. 17) definiert werden.

Tabelle 17: Ergebnisse für die Gesamtpunkte von Subkriterium zur Habitatbindung für die identifizierten Charakterarten von Tagfalterarten in Streuobstflächen Österreichs.

Artname wissenschaftlich	Artname deutsch	Flächenanzahl	Abundanz	Punkte SubA1
Aphantopus hyperantus	Schornsteinfeger	16	107	15
Araschnia levana	Landkärtchen	12	34	15
Coenonympha glycerion	Rotbraunes Wiesenvögelchen	9	67	15
Coenonympha pamphilus	Kleines Wiesenvögelchen	37	178	14
Maniola jurtina	Großes Ochsenauge	43	686	14
Melanargia galathea	Schachbrettfalter	22	109	15
Ochlodes sylvanus	Rostfarbiger Dickkopffalter	11	18	14

Ähnlich wie bei den Wildbienen sind auch bei den charakteristischen Tagfalterarten in Streuobstflächen keine hochgradig spezialisierten oder stark gefährdeten Arten inkludiert. Ein Teil der so identifizierten Arten weisen eine gewisse Bindung an extensiv bewirtschaftete Wiesenlebensräume auf (z. B. Kleines Wiesenvögelchen, Großes Ochsenauge, Rotbraunes Wiesenvögelchen, Schachbrett). Der andere Teil (Rostfarbiger Dickkopf, Landkärtchen und Schornsteinfeger) zeigt jedoch auch eine gewisse Bindung an Waldlebensräume. Streuobstwiesen werden für alle der hier genannten Charakterarten als wichtiger Lebensraum genannt (Höttinger et al., 2013) und ein extensives Wiesenmanagement ist laut den Autoren für die hier aufgezählten Charakterarten wichtig, um zum einen Larvallebensräume zu schützen und auch das Nektarangebot für die Adulttiere zu sichern. Bis auf das Landkärtchen, welches die große Brennessel als Raupenfutterpflanze nutzt, benötigen die Larven der anderen Charakterarten verschiedene Gräser zur Entwicklung (Höttinger et al., 2013).

6.3 Biodiversitätserfassung Fledermäuse

Fledermäuse dürften von der Strukturvielfalt auf Streuobstflächen profitieren. Durch den meist locker angeordneten Bestand an Bäumen und der oft stark ausgeprägten Offenlandbereiche sind Streuobstflächen eine Mischung zwischen Offenland und Waldlebensraum. Daher wurde erwartet, dass in diesem Lebensraumtyp besonders viele Fledermausarten nachgewiesen werden können. Aufgrund ihres hohen Schutzstatus (alle heimischen Fledermausarten sind in Anhang IV der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie gelistet), ist ein Monitoring dieser Tiergruppe essenziell. Für viele Fledermausarten fehlen jedoch Monitoringstrategien und es gibt Wissenslücken über die Verbreitung einiger Arten in Österreich.

Das **Kartierungsteam** unter Leitung von Markus Milchram, bestand aus Samira Linhart, Stefan Wegleitner, Florian Wiesinger und Sebastian Wiesinger (in alphabetischer Reihenfolge).

6.3.1 Kartierung, Bestimmung, Validierung Fledermäuse

Die akustischen Fledermauserhebungen starteten Ende März 2024. Abweichend vom Projektantrag wurden die Geräte durch die Kolleg*innen angebracht, die im Zuge der entomologischen und ornithologischen Erhebungen vor Ort waren. Diese Synergie ermöglichte es, die Flächen zusätzlich zu den geplanten Erhebungen im Frühsommer und Spätsommer im Frühling (Ende März/Anfang April) ein drittes Mal zu erfassen, anstatt nur im Frühsommer und Spätsommer wie ursprünglich geplant. Dadurch kann ein umfassenderes Bild der auf Streuobstwiesen vorkommenden Fledermausfauna gezeichnet werden.

Zur akustischen Erfassung der Fledermäuse wurden Batlogger S2 (elekon AG, Luzern, Schweiz) eingesetzt (Abb. 29). Die Mikrofone der Batlogger wurden vor dem ersten Einsatz mit einem Mikrophone Tester Pulse (elekon) getestet, um möglichst ähnliche Aufnahmebedingungen zu schaffen. Außerdem wurden die optimalen Empfindlichkeitseinstellungen der Batlogger vor Beginn der Erhebung im Zuge eines Vergleichstests evaluiert. Hierzu wurden vier verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Empfindlichkeitseinstellungen auf einer Testfläche in Niederösterreich installiert. Auf dieser Testfläche ist das Vorkommen von sehr leise rufenden und auf Streuobstflächen zu erwartenden Arten wie z. B. der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*) oder der Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*) bekannt. Damit waren ideale Voraussetzungen für den Vergleichstest gegeben. Die Ergebnisse dieses Vergleichstests ergaben folgende Empfindlichkeitseinstellungen: Empfindlichkeit mittel, minimale Frequenz 16 kHz, Verstärkung +18 dB.

Zwischen 30.03.2024 und 02.09.2024 (Perioden: März/April, Mai/Juni, August/September) konnten 40 der 46 Untersuchungsflächen dreimal für mindestens drei aufeinanderfolgende Nächte beprobt werden. Eine Untersuchungsnacht wurde als Zeitraum von 15 Minuten vor Sonnenuntergang bis 15 Minuten nach Sonnenaufgang definiert. Die verbleibenden sechs Flächen wurden aufgrund ihrer guten Repräsentation in der jeweiligen biogeographischen Region sowie der Limitierung durch die Anzahl der Batlogger (40 Stück) aus den akustischen Erhebungen herausgenommen.

Abbildung 29: Fledermausdetektor (Batlogger S2) auf einer Streuobstfläche (© Sophie Kratschmer).

Um die Rufaufnahmen zu bestimmen, wurden die Rufe mit dem Programm Batexplorer (elekon, Schweiz) automatisch vermessen und klassifiziert. Ein Drittel dieser Klassifizierungen wurde manuell mit Batexplorer oder der Software bcAnalyze3 light 1.3.6 (ecoObs GmbH, Nürnberg, Deutschland) validiert (Abb. 30). Dazu wurde Fachliteratur (Middleton et al., 2022; Pfeiffer & Marckmann, 2020, 2022; Russ, 2021) sowie eigene Referenzaufnahmen herangezogen. Die Aufnahmen wurden auf Artniveau oder auf Gattungsniveau bestimmt. Manche Aufnahmen wurden in Artgruppen mit ähnlichem Rufverhalten zusammengefasst.

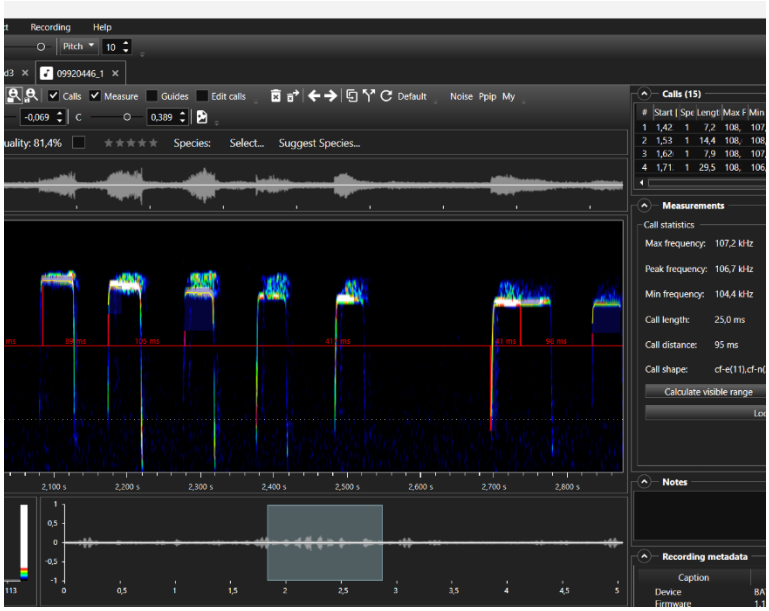

Abbildung 30: Sonagramm einer Kleinen Hufeisennase mit den Vermessungen im rechten Bereich des Screenshots.

Zusätzlich zu den akustischen Erhebungen wurden auf 22 der Referenzflächen Netzfänge durchgeführt (Abb. 31). Dadurch konnten Arten festgestellt werden, die akustisch nicht bestimmbar sind. Bei den Netzfängen wurden Puppenhaarnetze (Solida Safety Line GmbH, Steinbach, Deutschland) verwendet. Die Netzlänge umfasste zwischen 8 m und 12 m, die Höhe 4 m bis 8 m. Die Anzahl der verwendeten Netze variierte je nach Standort.

Abbildung 31: Netzfang auf einer Streuobstfläche im Pongau (© Stefan Wegleitner).

6.3.2 Definition Charakterarten Fledermäuse

Die Bewertung der Fledermausarten hinsichtlich ihrer Charakteristik für Streuobstflächen erfolgte in einem dreistufigen Prozess. Zuerst wurden Arten gewählt, die in allen Bundesländern Österreichs verbreitet sind. Diese Einschränkung war notwendig, weil die Charakterarten dazu dienen sollen, Aussagen über Streuobstbestände in ganz Österreich treffen zu können. Um diese flächendeckende Aussagekraft zu gewährleisten, muss die ausgewählte Art zumindest theoretisch überall im Land vorkommen können.

Anschließend wurde für jede dieser Arten der Anteil an Nachweisen an den untersuchten Flächen errechnet. Dieser Wert wurde durch die Anzahl an besetzten 10 km × 10 km Rasterzellen nach dem aktuellen Artikel 17 Bericht nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (Ellmauer et al., 2020) dividiert und damit ein Charakterwert errechnet. Damit wurden spezialisierte Arten im Verhältnis zu Generalisten höher bewertet.

6.3.3 Ergebnisse Fledermäuse

Insgesamt wurden auf den Flächen 23 der aktuell 31 in Österreich nachgewiesenen Fledermausarten erfasst (Tab. 18 sowie Anhang Tab. A-13). Sechs Arten wurden festgestellt, die neben dem Anhang IV auch in Anhang II der FFH-Richtlinie gelistet sind (Europäische Union, 1992), zehn Arten weisen die Gefährdungskategorie „gefährdet“, eine Art „stark gefährdet“ und eine Art „vom Aussterben bedroht“ auf (Spitzenberger, 2005).

Tabelle 18: Auf den Referenzflächen festgestellte Fledermausarten. Die Spalten „B“ bis „V“ zeigen die Anzahl der Flächen, auf denen die jeweilige Art im jeweiligen Bundesland nachgewiesen wurde. Zusätzlich werden die Gefährdungseinstufungen (CR = vom Aussterben bedroht, EN = stark gefährdet, VU = gefährdet, NT = Gefährdung droht, LC = ungefährdet, DD = Datenlage ungenügend, NE = Nicht Eingestuft) nach der Österreichischen Roten Liste (Spitzenberger, 2005) und die Anhänge der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (Spalte „FFH“) in der die jeweilige Art geführt ist, angegeben.

Artname deutsch	Artname wissenschaftlich	B	NÖ	OÖ	St	K	S	T	V	Rote Liste	FFH
Mopsfledermaus	*Barbastella barbastellus*	4	9	6	6	8	2		1	VU	II, IV
Breitflügelfledermaus	*Eptesicus serotinus*	4	6	1	6	4	1	2	1	VU	IV
Nordfledermaus	*Eptesicus nilssonii*		1	4	2		1			LC	IV
Alpenfledermaus	*Hypsugo savii*	3	6		3	3	1	2	2	EN	IV
Nymphenfledermaus	*Myotis alcathoe*	2	1		3	2				NE	IV
Bechsteinfledermaus	*Myotis bechsteinii*	2	3	3	2	2				VU	II, IV
Wasserfledermaus	*Myotis daubentonii*		3		2	1		1	2	LC	IV
Wimperfledermaus	*Myotis emarginatus*	2	8	4	3	5	1	1		VU	II, IV
Mausohr	*Myotis myotis*	4	7	3	6	6	2	4	2	LC	II, IV
Bartfledermaus	*Myotis mystacinus*			2	2	1	1	3		NT	IV
Brandtfledermaus	*Myotis brandtii*		1							VU	IV
Fransenfledermaus s.l.	*Myotis nattereri s.l.*	3	7	5	4	6	1	3		VU	IV
Kleinabendsegler	*Nyctalus leisleri*	2	1		4	3	1			VU	IV
Abendsegler	*Nyctalus noctula*	4	8	6	6	8	2	4	2	VU	IV
Weißrandfledermaus	*Pipistrellus kuhlii*	3	3		6			1	1	VU	IV
Rauhautfledermaus	*Pipistrellus nathusii*		1		1				1	EN	IV
Zwergfledermaus	*Pipistrellus pipistrellus*	4	8	6	6	8	2	5	2	NT	IV
Mückenfledermaus	*Pipistrellus pygmaeus*	4	8	6	6	6	2	4	2	DD	IV
Braunes Langohr	*Plecotus auritus*	1		2	1	2	1			LC	IV
Graues Langohr	*Plecotus austriacus*		2							VU	IV
Große Hufeisennase	*Rhinolophus ferrumequinum*	1	1		1	3				CR	II, IV
Kleine Hufeisennase	*Rhinolophus hipposideros*	3	8	2	5	8	2	2		VU	II, IV
Zweifarbfledermaus	*Vespertilio murinus*		1	1	1	1				NE	IV

Zwei Arten, die Zwergfledermaus *(Pipistrellus pipistrellus)* und der Abendsegler *(Nyctalus noctula)* konnten auf allen Referenzflächen nachgewiesen werden, die Brandtfledermaus *(Myotis brandtii)* nur auf einer Referenzfläche (Abb. 32).

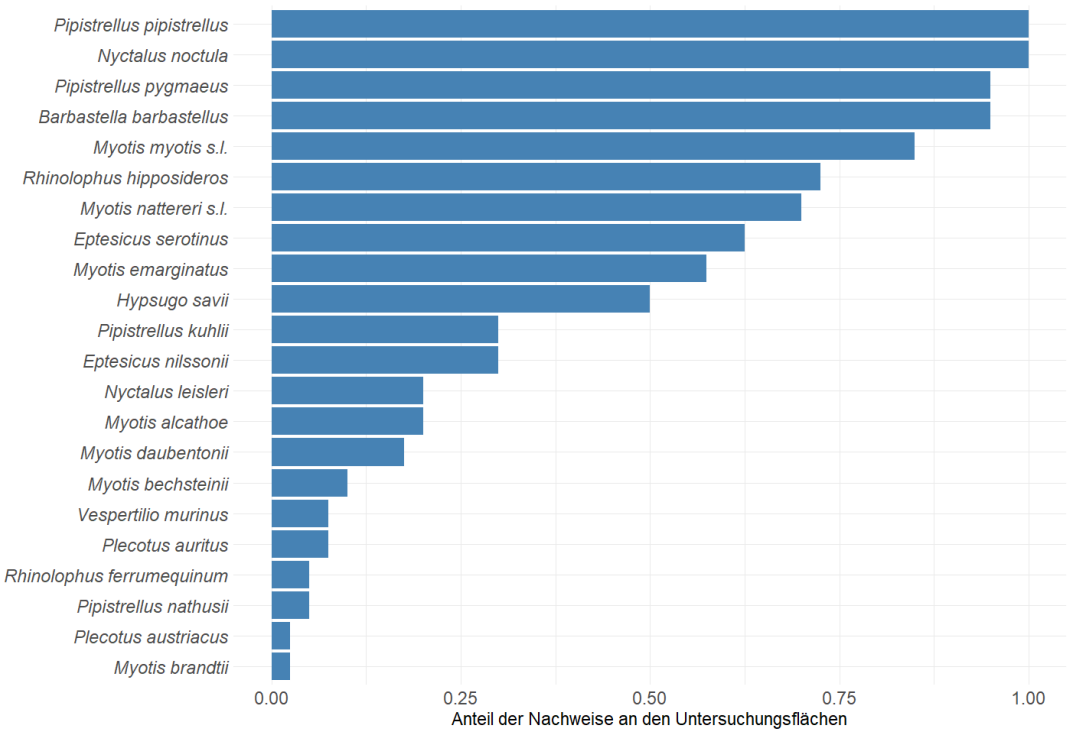

Abbildung 32: Anteil der Nachweise der jeweiligen Arten auf den Referenzflächen.

Im Zuge der Netzfänge wurden 74 Individuen aus 20 Arten gefangen. Dabei gelang der Nachweis von akustisch schwierig zu bestimmenden Arten wie der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii,* Abb. 33) oder zweier Arten der Gattung *Plecotus.*

Abbildung 33: Die gefährdete Bechsteinfledermaus wurde im Rahmen der Netzfangerhebungen regelmäßig festgestellt (© Markus Milchram).

Im Rahmen der akustischen Erhebungen wurden 6 996 085 Fledermausrufe in 531 136 Sequenzen in 960 Aufnahmenächten (Nächte multipliziert mit Standorten) aufgenommen. 101 732 dieser Aufnahmen wurden manuell validiert.

Charakterarten

Siebzehn der nachgewiesenen Fledermausarten kommen in allen österreichischen Bundesländern vor und wurden in die Analyse der Charakterarten einbezogen. Bei der Beurteilung der Charakterwerte zeigte sich, dass die Fransenfledermaus *(Myotis nattereri* s.l.*)* mit einem Wert von 0,41 bei Weitem den höchsten Charakterwert erhielt (Abb. 34). Diese Art kann damit als eine österreichweite Charakterart für Streuobstflächen angesehen werden.

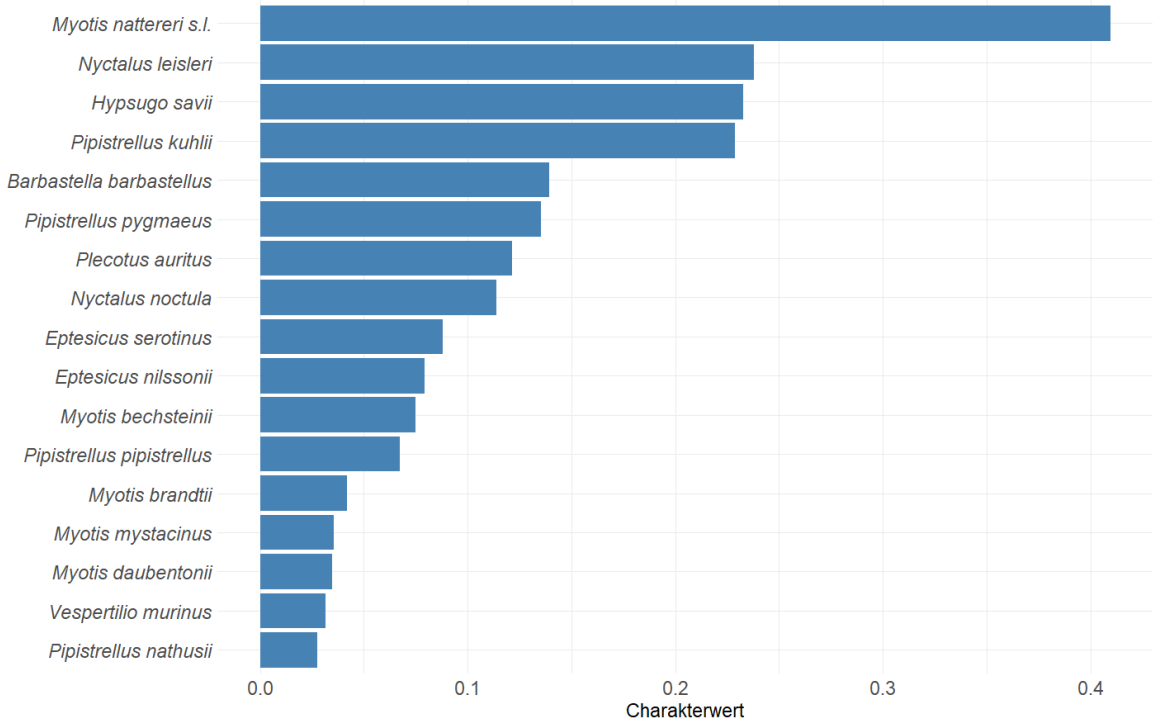

Abbildung 34: Charakterwerte der 17 in allen Bundesländern nachgewiesenen und damit für die Analyse der Charakterarten herangezogenen Fledermausarten.

6.4 Biodiversitätserfassung Vögel

Das Brutvogelmonitoring von BirdLife Österreich zeigt, dass die Bestände vieler für die Kulturlandschaft typischer Vogelarten stark abnehmen (Teufelbauer et al., 2024). Streuobstbestände sind Teil der Kulturlandschaft, die Lage der Flächen ist jedoch nur unvollständig in Österreich dokumentiert. Insofern ist es für bestehende Monitorings schwierig, eine repräsentative Abdeckung dieses Lebensraumes zu gewährleisten. Um in Zukunft zusätzliche Daten für das Monitoring (z. B. in den Streuobstbeständen) zu erhalten, können Audiorekorder einen wertvollen Beitrag leisten. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die erfassten Daten standardisiert erfasst und ausgewertet werden.

Im Rahmen des Projektes DivMoSt wurde die Artenvielfalt der Brutvögel erfasst, die in den Streuobstbeständen und angrenzenden Flächen vorkommen. Darüber hinaus wurden Audiorekorder zentral in den Streuobstbeständen installiert, und die aufgezeichneten Audioaufnahmen wurden manuell und mithilfe von künstlicher Intelligenz – also automatisch – ausgewertet. Für die Erhebung der Vögel stand während der Projektlaufzeit nur ein Kalenderjahr zur Verfügung. Die entsprechend kurze Laufzeit ist nicht ausreichend, um ein Monitoring zu betreiben, welches standardisiert über viele Jahre durchgeführt werden muss. Dies war jedoch auch nicht das Ziel der Untersuchung. Stattdessen wurde im Projekt DivMoSt verglichen, inwieweit sich die drei Methoden zur Erfassung von Brutvogelarten (Freilandkartierung versus manuelle Auswertung von Audioaufnahmen versus automatische Auswertung von Audioaufnahmen) unterscheiden oder auch ergänzen können.

Das **Kartierungsteam** unter Leitung von Eva Schöll, bestand aus Julia Böck, Sarah Chaloupka, Alexandra Dürr, Michael Gruber, Kathrin Hausmann, Emilie Matthes, Katharina Neugebauer, Sophie Nöbauer, Peter Rass, Johannes Salcher, Claudia Sammer und Isabella Weis (in alphabetischer Reihenfolge).

6.4.1 Kartierung im Freiland

Im April 2024 fand eine Vorbegehung auf den 46 Referenzflächen statt. Die Vorbegehung war notwendig, um die Zugänglichkeit zu den Flächen in Vorbereitung auf die eigentlichen Kartierungen sicherzustellen, und bei Bedarf entsprechend anzupassen. Außerdem konnten die Mitarbeiter*innen im Zuge dessen die Audiogeräte in den zentral in der Referenzfläche gelegenen Streuobstflächen anbringen. Aufgrund zeitlicher Einschränkungen (Eigenleistung: Eva Schöll) wurden die beiden Referenzflächen in St. Johann im Pongau (Nr. 1732 und 1733) nur mit Audiogeräten ausgestattet, eine Kartierung der Vogelarten vor Ort fand jedoch nicht statt.

Ein Team aus 13 erfahrenen Kartierer*innen erfasste die Vogelarten in den restlichen 44 Referenzflächen (42 Flächen durch die 12 im Projekt angestellten Personen, 2 Flächen Eigenleistung Eva Schöll). Die beiden Freilandkartierungen je Referenzfläche fanden in zwei aufeinanderfolgenden Kartierungszeiträumen statt (1. Kartierung: 12.04. - 03.05.2024; 2. Kartierung: 12.05. - 03.06.2024). Basierend auf den Vorgaben des Brutvogelmonitorings von BirdLife Österreich lagen zwischen den beiden Kartierungen der einzelnen Flächen mindestens 14 Tage Abstand (BirdLife Österreich, 2018). Die Erfassungen fanden nur bei guten Wetterbedingungen statt (kein starker Wind oder starker Regen, kein Schneefall). Aufgrund eines überraschenden Schlechtwettereinbruchs musste eine Erhebung während des zweiten Kartierungszeitraumes in einer Referenzfläche (Nr. 3011) abgebrochen werden; diese Erhebung wurde jedoch zwei Tage später nachgeholt.

Im Rahmen einer Punkt-Stopp-Kartierung wurden je Referenzfläche neun Kartierungspunkte begangen. Die Reihenfolge, in der die Punkte abgegangen wurden, konnte von den Kartierer*innen frei gewählt werden, wurde aber bei beiden Zählungen beibehalten. Die Kartierung einer Referenzfläche erfolgte immer durch dieselbe Person. Die Erhebungsmethodik orientierte sich am bereits bestehenden Brutvogelmonitoring von BirdLife Österreich (BirdLife Österreich, 2018) und wurde geringfügig für die Zwecke des Projektes angepasst: i) die Anwesenheit der einzelnen Vogelarten wurde erfasst, ii) die Individuenzahl wurde nicht erfasst, da die Individuenzahl – nach derzeitigem technischen Stand - auch nicht mithilfe eines einzelnen Audiogerätes je Referenzfläche bestimmt werden kann.

Die Zählungen fanden am frühen Morgen und Vormittag (Sonnenaufgang bis 10:30 Uhr) statt. Vor Beginn der Zählung wurde an jedem Kartierungspunkt etwa 2-3 Minuten gewartet, um eine Störung der Vögel durch die Ankunft der Person wieder abklingen zu lassen (Teufelbauer, 2010). Danach wurden an jedem Kartierungspunkt alle Vogelarten (akustisch, visuell) für einen Zeitraum von 5 Minuten erfasst. Davor oder danach festgestellte Vogelarten wurden nicht notiert. Die Atlascodes wurden nach den Vorgaben von BirdLife Österreich vergeben (BirdLife Österreich, 2016).

Die auf Papierbögen erfassten Daten wurden von den Kartierer*innen digitalisiert und auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft. Um die Gefährdungssituation der erfassten Vogelarten besser beurteilen zu können, wurden Informationen zum Status der Vogelarten in der Roten Liste Österreich (Dvorak et al., 2017), der Ampelliste (Dvorak et al., 2017) und dem Anhang I der Vogelschutzrichtlinie (Europäische Union, 2019) zusammengefasst. Während sich die Rote Liste auf das Risiko des Aussterbens der Art in Österreich bezieht, gibt die Ampelliste von BirdLife Österreich Auskunft über die Priorität der Art für den österreichischen Vogelschutz. Für den Schutz der Arten, die in Anhang I gelistet sind, müssen auf europäischer Ebene besondere Maßnahmen ergriffen werden, vor allem die Ausweisung spezieller Schutzgebiete.

6.4.2 Erfassung mit Audiogeräten

Entgegen der ursprünglichen Planung, die Audiogeräte von den Streuobstflächen-Besitzer*innen aufhängen zu lassen, konnten die Audiogeräte von den Kartierer*innen in den Streuobstflächen im Zuge der Vorbegehung installiert werden. Es hatte sich bei einem Test der Geräte gezeigt, dass die Funktionalität der Geräte nach dem Transport mit der Post beeinträchtigt sein kann. Dadurch war eine Überprüfung durch geschulte Personen vor dem Aufhängen der Geräte notwendig.

Die Audiogeräte (40 Batdetektoren, 46 AudioMoth) wurden zwischen 01.04. - 10.04.2024 in den zentral in der Referenzfläche gelegenen Streuobstflächen angebracht und verblieben dann in den Flächen. Die Geräte zur Erfassung der Brutvogelarten der Marke AudioMoth (siehe Abb. 35) wurden vorab programmiert, um zwischen 04:00 Uhr und 11:30 Uhr in einem Schlaf-/Wach-Rhythmus von 25 min./5 min. aufzunehmen. In Summe werden somit 16 Audiodateien je 5 Minuten pro Tag aufgenommen. Die AudioMoth verblieben bis Mitte/Ende Juni (maximal Ende Juli) auf den Referenzflächen und wurden von den Kartierer*innen abgenommen, die Wildbestäuber in den Flächen erfassten.

Abbildung 35: Aufnahmegerät der Marke AudioMoth an einem Streuobstbaum befestigt (© Eva Schöll).

Manuelle Auswertung der Audiodateien

Da die manuelle Auswertung der Audiodateien enorm zeitaufwändig ist, konnte in der Laufzeit des Projektes DivMoSt nur eine Stichprobe der Audiodateien manuell ausgewertet werden. Um die Daten der Freilandkartierungen mit den Daten der Audioaufnahmen vergleichen zu können, wurden die Audiodateien desselben Tages ausgewertet, an dem jeweils die 1. Kartierung im Freiland stattgefunden hat. In Summe standen Daten von 38 Audiogeräten für diese Art der Auswertung zur Verfügung. Konkret bedeutet das, dass im Freiland die Vogelarten an 9 Kartierungspunkten je Referenzfläche für jeweils 5 Minuten von den Kartierer*innen erfasst wurden, und 16 Audiodateien je Referenzfläche mit jeweils 5 Minuten Länge ausgewertet wurden. Jede 5-Minuten Audiodatei wurde mithilfe der Software RavenPro (Version 1.6) manuell auf Lautäußerungen von Vögeln überprüft. Das Programm stellt die Audiodateien als Sonagramme dar (Abb. 36).

Wenn ein Ruf oder Gesang sowohl visuell auf dem Sonagramm erkannt als auch akustisch in der entsprechenden Sequenz der Audiodatei wahrgenommen wurde, wurde er mit einer Box selektiert (im Folgenden Selektion genannt), die den Vogelgesang grafisch auf dem Sonagramm hervorhebt (Abb. 36). Die Vogelart wurde bestimmt und einhergehend mit der Selektion speicherte das Programm folgende Parameter in der Datei „Selection table“ (.txt): 1) Selection: fortlaufende Nummer, 2) View: 1 = Sonagramm, 3) Channel: 1 = Kanal, 4) Begin Time (s): Anfang der Selektion, 5) End Time (s): Ende der Selektion, 6) Low Freq (Hz): Frequenzminimum der Selektion, 7) High Freq (Hz): Frequenzmaximum der Selektion, 8) Species: manuell erfasste Vogelart (siehe Abb. 36).

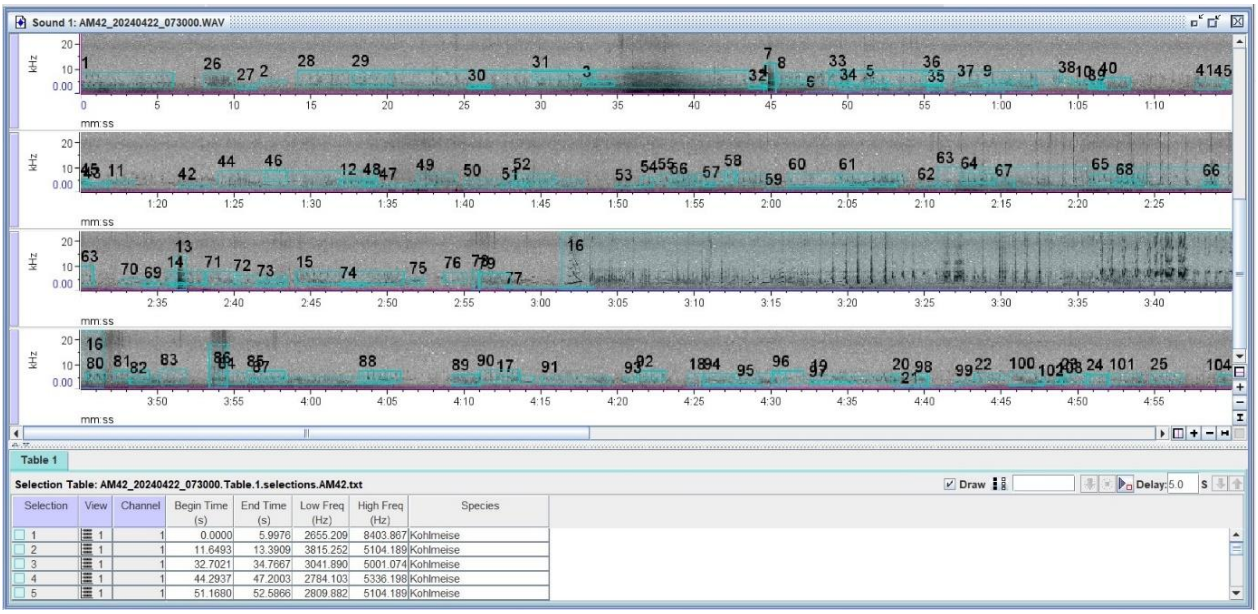

Abbildung 36: Audiodatei mit 5 Minuten Länge, dargestellt als Sonagramm in der Software RavenPro. Lautäußerungen von erfassten Vogelarten werden durch Selektionen (blaue Boxen) dargestellt. Weitergehende Informationen zur jeweiligen Selektion werden im „Selection Table“ erfasst.

Da sich die Lautäußerungen einzelner Individuen oftmals wiederholen, wurden Gesänge und Rufe derselben Arten, die mit einem Abstand von weniger als 3 Sekunden zwischen einzelnen Lautäußerungen stattfanden, als eine einzige Selektion zusammengefasst. Wenn beispielsweise eine Blaumeise mehrmals hintereinander in einem Abstand von weniger als drei Sekunden sang bzw. rief, wurde dies als eine einzige Selektion zusammengefasst (Abb. 37, Selektion 25). Betrug der Abstand zwischen einzelnen Lautäußerungen derselben Art jedoch mehr als drei Sekunden, wurden zwei separate Selektionen dokumentiert (Abb. 37, Selektionen 2 und 3). Diese Regel wurde eingeführt, da die automatische Auswertung der Dateien mit der Software BirdNET in 3-Sekunden Segmenten erfolgt (Kahl et al., 2021).

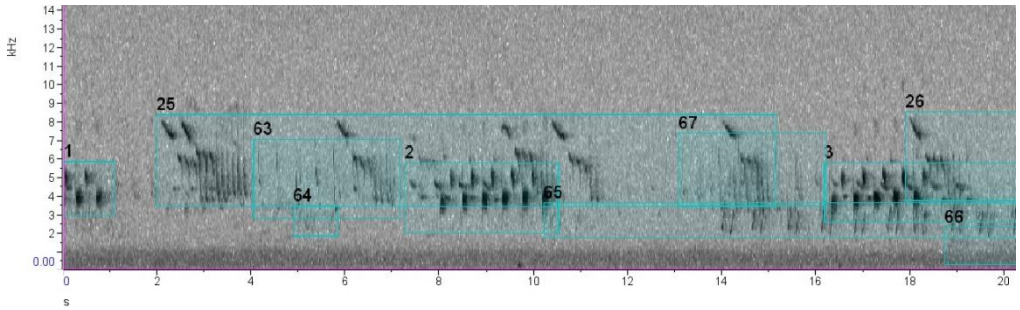

Abbildung 37: Ausschnitt eines Sonagrammes in RavenPro mit Selektionen. Kohlmeise (1, 2, 3), Blaumeise (25, 26), Zilpzalp (63, 67), Kleiber (64, 65), Aaskrähe (66).

Bei der manuellen Auswertung der Audiodateien wurde festgestellt, dass viele Aufnahmen Hintergrundgeräusche (u.a. Wind, Regen, etc.) enthielten, die die Analyse teilweise erheblich erschwerten (Abb. 38). Dennoch konnten in vielen Fällen Vogelgesänge manuell identifiziert werden, auch wenn sie schwer sicht- bzw. hörbar waren. Es ist davon auszugehen, dass die Lautäußerungen mit zunehmender Entfernung zum Audiogerät schlechter im Sonagramm

sichtbar sind und auch die Ausgestaltung des jeweiligen Lebensraums und klimatische Bedingungen einen Einfluss auf die Erfassung der Lautäußerungen haben (Winiarska et al., 2024).

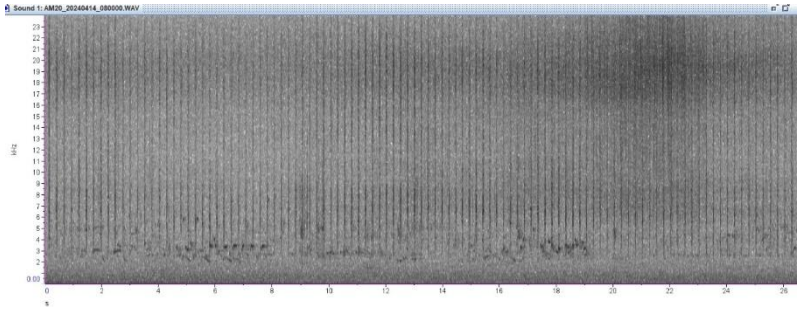

Abbildung 38: Ausschnitt eines Sonagramms in RavenPro mit Hintergrundgeräusch (Rasensprenger). Vogelrufe oder -gesänge werden stark überdeckt, sodass sie kaum hör- oder sichtbar sind.

Eine Bestimmung der Vogelarten war nicht immer möglich, da ein Teil der Rufe nicht eindeutig zugeordnet werden konnten. Da Rabenkrähen (*Corvus corone*) und Nebelkrähe (*Corvus cornix*) akustisch nicht eindeutig voneinander zu unterscheiden sind, wurden sie als „Aaskrähe“ (*Corvus corone/cornix*) zusammengefasst (BirdLife Österreich, 2016). Die Rufe der Kohlmeise (*Parus major*) sind sehr variabel und die Vogelart kann andere Meisenarten imitieren (Svensson et al., 2025). Insofern wurden die Rufe, die nicht eindeutig einer Art zugeordnet werden konnten unter dem Sammelbegriff „Meise“ zusammengefasst. Ebenso wurden Lautäußerungen von Feldsperling (*Passer montanus*) und Haussperling (*Passer domesticus*) teilweise unter "Sperling" zusammengefasst, da sie manchmal akustisch schwer zu unterscheiden waren. Die nicht eindeutig bestimmten Selektionen verblieben im Datensatz, wurden jedoch vor der weiterführenden statistischen Auswertung entfernt. Wurden in einer Audiodatei (à 5 Minuten) keine Vogelstimmen erfasst, wurde die Datei entsprechend markiert („no call“).

Automatische Auswertung der Audiodateien

Im Anschluss an die manuelle Auswertung der Audiodateien wurden die Dateien mithilfe der Software BirdNET analysiert, die von der Cornell University und der Technischen Universität Chemnitz entwickelt wurde, um Lautäußerungen von Vögeln in Audioaufnahmen mithilfe von künstlicher Intelligenz (KI) zu analysieren, und die entsprechenden Vogelarten zu identifizieren (Kahl et al., 2021). Die Software verarbeitet akustische Merkmale der Aufnahmen und vergleicht sie mit einer umfangreichen Datenbank, u.a. Xeno-canto (Kahl et al., 2021). Bei der Auswertung mit BirdNET werden die Audioaufnahmen in Abschnitte von jeweils 3 Sekunden unterteilt. Eine Audiodatei mit einer Länge von 5 Minuten wird somit in 100 × 3-Sekunden Segmente unterteilt (0-3, 3-6, 6-9, …, 297-300). Jedes 3-Sekunden Segment wird einzeln ausgewertet und eine Liste der erkannten Arten mit den entsprechenden „confidence“-Werten ausgegeben (Kahl et al., 2021).

Der Begriff "confidence" in BirdNET bezieht sich auf die von der KI berechnete Sicherheit, mit der eine bestimmte Vogelart in einem 3-Sekunden Segment der Audiodatei erkannt wurde. Diese "confidence" basiert auf den internen Modellen und Trainingsdaten der KI und gibt an, wie stark das akustische Muster im jeweiligen Segment einer Vogelart ähnelt (Kahl et al.,

2021). Im Gegensatz dazu ist eine statistische Wahrscheinlichkeit ein mathematisch definierter Wert, der auf einer klaren, objektiven Grundlage wie Häufigkeiten oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen basiert. Die "confidence" von BirdNET ist daher eher eine modellbasierte Schätzung und keine absolute statistische Wahrscheinlichkeit, sondern ein Maß für die Übereinstimmung der analysierten Daten mit den Mustern in der Trainingsdatenbank (Wood & Kahl, 2024). Der Konfidenz-Schwellenwert kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei hohe Werte auf eine höhere Sicherheit der Bestimmung hinweisen (Wood & Kahl, 2024).

Die Software kann über die grafische Benutzeroberfläche BirdNET-Analyzer verwendet werden (Kahl et al., 2021) und Nutzer*innen können verschiedene Einstellungen vornehmen, wie z. B. die Auswahl des geografischen Standorts, um die Erkennung der Lautäußerungen auf die dort vorkommenden Arten zu beschränken. Der BirdNET-Analyzer bietet die Möglichkeit, mehrere Audiodateien gleichzeitig zu analysieren, anstatt sie einzeln zu bearbeiten (Batch-Analyse). Diese Funktion ist besonders nützlich, wenn große Mengen an Aufnahmen vorliegen, da sie den Prozess der Vogelstimmenerkennung erheblich beschleunigt. Man kann einen Ordner mit Audiodateien auswählen, und die Software verarbeitet diese automatisch nacheinander, wobei für jede Datei die erkannten Vogelarten und deren Konfidenz-Schwellenwert („minimum confidence“) ausgegeben werden (Kahl et al., 2021).

Für die Auswertung der Audiodateien im Projekt DivMoSt wurden die folgenden Einstellungen im BirdNET-Analyzer vorgenommen: Inferenzeinstellungen: Konfidenz-Schwellenwert: 0,1; Sensitivität: 1; Überlappung (s): 0; Aufeinanderfolgende Detektionen zusammenführen: 1; Audio Geschwindigkeitsanpassung: 1; Minimale Frequenz des Bandpassfilters (Hz): 0; Maximale Frequenz des Bandpassfilters (Hz): 15000; Artenauswahl: Arten nach Standort; Breitengrad: 48; Längengrad: 14; Woche: 17; Schwellenwert für Standortfilter: 0,03; Ausgabeeinstellungen: Ergebnistyp: Raven selection table; Lokalisierung: DE.

Nach der automatischen Auswertung der Audiodateien mithilfe von BirdNET wurden diejenigen Vogelarten, die bei der manuellen Auswertung der Audiodateien nicht nachgewiesen werden konnten, aber mit BirdNET erfasst wurden, stichprobenhaft überprüft. Zur effizienten Überprüfung dieser Identifikationen wurde mithilfe der Software R von jeder Vogelart eine maximale Anzahl von 15 × 3-Sekunden Selektionen mit den höchsten Konfidenz-Werten ausgewählt. Einige Vogelarten wurden in weniger als 15 Selektionen erfasst, in diesen Fällen wurde die maximale verfügbare Anzahl an Selektionen ausgewertet.

Mit der Software R (Version 4.5.1) (R Core Development Team, 2025) wurde eine Vorgehensweise programmiert, um automatisiert in den entsprechenden Audiodateien nach den entsprechenden 3-Sekunden Selektionen zu suchen, einen Puffer von 5 Sekunden vor und 15 Sekunden nach der Selektion zu markieren und die so entstandene neue Selektion (jeweils 23 Sekunden Länge) zu exportieren. Die neu erstellten kurzen Audiodateien wurden dann artspezifisch kombiniert und in einer neuen Audiodatei abgespeichert, um die manuelle Überprüfung zu erleichtern. So stand für die manuelle Überprüfung der 3-Sekunden Segmente mehr Information und Kontext zur Verfügung, analog zu den manuellen Auswertungen der Audiodateien, bei welchen immer die gesamte 5-Minuten Audiodatei am Stück ausgewertet wurde.

6.4.3 Definition Charakterarten Vögel

Die Auswahl der für Streuobstflächen charakteristischen Vogelarten fand anhand verschiedener Parameter (Habitat, Funktion, Sensibilität, Verbreitung) statt und wurde schrittweise durchgeführt. Habitat: Zuerst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um die Brutvogelarten Österreichs (Dvorak et al., 2017) zu identifizieren, die einen Bezug und eine Bindung zu den Strukturen im Lebensraum Streuobstfläche haben (Andretzke et al., 2005; Bauer et al., 2005a, 2005b). Zu diesen Strukturen gehören unter anderem alte Obstbäume, Baumhöhlen, extensive bewirtschaftetes Grünland und halboffene Landschaften. Eine starke Bindung an Streuobstflächen bzw. Offenland als primäres Habitat wurde entsprechend höher gewichtet (Gewichtung: 2) als Vogelarten, die lediglich eine mäßige Bindung an Streuobstflächen bzw. Offenland haben (Gewichtung: 1). Vogelarten, die als primäres Habitat andere Lebensraumtypen und Strukturen nutzen wurden von der weiteren Bewertung ausgeschlossen. Funktion: Im darauffolgenden Schritt wurde die Nutzungsart bzw. Funktion des Lebensraums bewertet (Bauer et al., 2005a, 2005b; Teufelbauer et al., 2024). Vogelarten, die den Lebensraum hauptsächlich zur Brut- und Jungenaufzucht nutzen, wurden höher gewichtet (Gewichtung: 2) als Vogelarten, die den Lebensraum primär als Nahrungshabitat und nur gelegentlich als Bruthabitat nutzen (Gewichtung: 1). Sensibilität: Es wurde auch bewertet, inwieweit die Vogelart empfindlich auf Strukturverluste, Intensivierung der Landwirtschaft oder Pestizideinsätze reagiert (ökologische Sensibilität, Bauer et al., 2005a, 2005b). Vogelarten, die sehr empfindlich auf die Intensivierung der Landwirtschaft und Strukturverlust reagieren, wurden höher bewertet (Gewichtung: 2) als Arten, die nur mäßig auf die Veränderungen reagieren (Gewichtung: 1). Verbreitung: Abschließend wurde bewertet, wie weit verbreitet die Vogelart in Österreich als Brutvogel ist (Teufelbauer et al., 2024). Weit verbreitete Arten (7-9 Bundesländer, Gewichtung: 2) wurden höher bewertet als Arten, die weniger weit verbreitet sind (Gewichtung: 1 für 4-6 Bundesländer, Gewichtung: 0 für 1-3 Bundesländer). Die Gewichtungen der einzelnen Parameter wurden summiert, um für Streuobstflächen charakteristische Vogelarten zu identifizieren.

6.4.4 Auswertung Daten und Methodenvergleich

Um die Methoden (Freilandkartierung versus manuelle Auswertung der Audiodateien versus automatische Auswertung der Audiodateien) zur Erfassung von Brutvogelarten vergleichen zu können, wurden in einem ersten Schritt Artenlisten der Referenzflächen erstellt, die zusätzliche Informationen zum Status in der Roten Liste der Brutvögel Österreichs (Dvorak et al., 2017), der Ampelliste (Dvorak et al., 2017) und dem Anhang I der Vogelschutzrichtlinie (Europäische Union, 2019) enthalten. Danach wurde mithilfe eines t-Tests für gepaarte Stichproben untersucht, inwieweit sich die Anzahl der im Freiland erfassten Arten auf den 44 Referenzflächen bei der 1. und 2. Kartierung unterscheidet. Die Voraussetzungen für die Durchführung des Tests (Unterschiede zwischen den verbundenen Testwerten sind normalverteilt) waren gegeben. Die statistischen Auswertungen wurden mit der Software R (R Core Development Team, 2025) durchgeführt.

Kartierung im Freiland versus manuell ausgewertete Audiodateien

Da die Erfassung der Vogelarten im Freiland auf 44 Referenzflächen stattfand, die Auswertung der Audiodateien jedoch nur 38 Referenzflächen umfasste, wurde bei den folgenden Vergleichen der Erfassungsmethoden das Datenset der Freilanderfassungen auf die entsprechenden 38 Referenzflächen eingegrenzt. Danach wurde unter Verwendung eines

verallgemeinerten linear gemischten Modells („generalized linear mixed model“, GLMM, family = Poisson, R package lme4, Bates et al., 2015) überprüft, inwieweit sich die Anzahl der erfassten Arten am Kartierungspunkt 1 im Freiland von der Anzahl der erfassten Arten in der gesamten Referenzfläche (Kartierungspunkte 1-9) und von der Anzahl der erfassten Arten in den Audiodateien unterscheidet. Da die zugrundeliegenden Datensätze der unterschiedlichen Methoden von denselben Referenzflächen stammen, und somit ein Einfluss der Referenzfläche erwartet werden kann, wurde die Referenzfläche als Zufallseffekt im Modell berücksichtigt.

Manuell ausgewertete Audiodateien versus automatisch ausgewertete Audiodateien

Die manuell erstellten Selektionen wurden mithilfe der Software R bearbeitet, sodass sie den Ausgabedateien der 3-Sekunden Selektionen der automatischen Auswertung der Audiodateien mithilfe von BirdNET entsprachen. Konkret bedeutet das, dass eine manuell erstellte Selektion einer Lautäußerung von Sekunde 9,3819 - 29,3360 in die folgenden 3-Sekunden Segmente aufgeteilt wurde: $9 \leq x < 12$, $12 \leq x < 15$, $15 \leq x < 18$, $18 \leq x < 21$, usw. (Abb. 39).

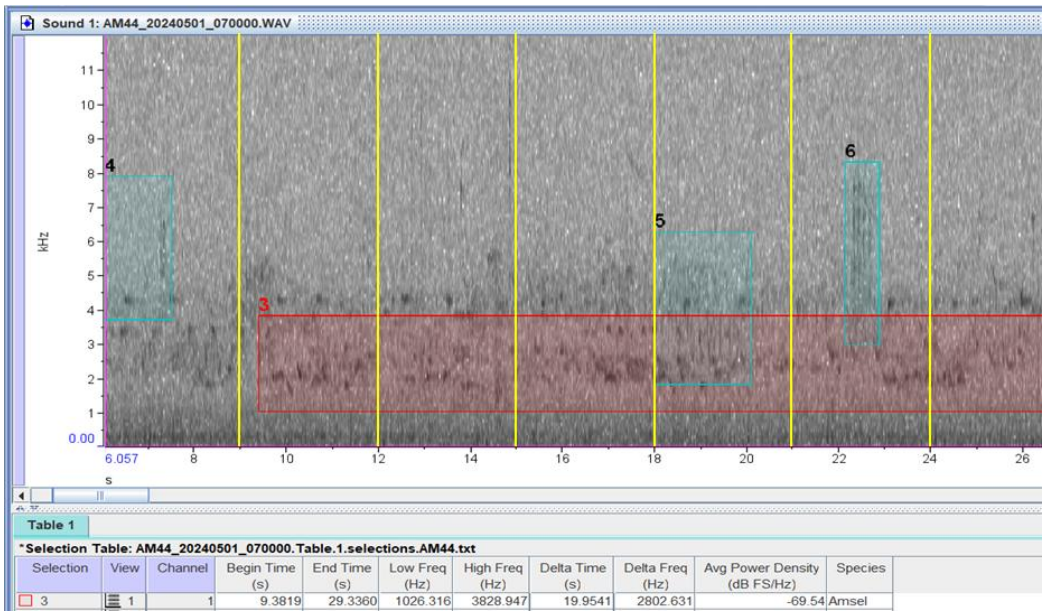

Abbildung 39: Abschnitt eines Sonagrammes in RavenPro mit rot hervorgehobener Selektion der Lautäußerung einer Amsel (3). Die manuelle Selektion wurde in 3-Sekunden Segmente unterteilt, um in der Folge den manuell erstellten Datensatz mit dem automatisch erstellten Datensatz von BirdNET vergleichen zu können.

Qualität von BirdNET für die für Streuobstflächen charakteristischen Brutvogelarten

Darauffolgend wurde ein neuer Datensatz erstellt, um die Ergebnisse der manuell bestimmten Vogelarten in den 3-Sekunden Segmenten mit den Ergebnissen der automatischen Auswertung vergleichen und die Leistung von BirdNET bewerten zu können. Die Konfusionsmatrix besteht aus vier Hauptkomponenten:

- **true positives (TP)**: Fälle, bei denen im jeweiligen 3-Sekunden Segment eine spezifische Vogelart sowohl manuell als auch von BirdNET erkannt wurde.
- **true negatives (TN)**: Fälle, bei denen im jeweiligen 3-Sekunden Segment sowohl manuell als auch von BirdNET keine Vogelart erkannt wurde.

- **false positives (FP)**: Fälle, bei denen im jeweiligen 3-Sekunden Segment manuell keine bzw. eine andere Vogelart nachgewiesen wurde als mit BirdNET.
- **false negatives (FN)**: Fälle, bei denen im jeweiligen 3-Sekunden Segment manuell eine Vogelart nachgewiesen wurde, BirdNET die Vogelart aber nicht erkannt hat.

Die Konfusionsmatrix kann verwendet werden, um verschiedene Leistungskennzahlen zu berechnen und somit die Qualität der automatischen Auswertung mit BirdNET zu bewerten, unter anderem

- **Präzision („Precision“)**: Der Anteil der korrekt vorhergesagten positiven Fälle an allen als positiv vorhergesagten Fällen (Präzision = TP / (TP + FP)
- **Sensitivität („Recall“)**: Der Anteil der korrekt vorhergesagten positiven Fälle an allen tatsächlichen positiven Fällen (Sensitivität = TP / (TP + FN)
- **F1-Wert**: Das harmonische Mittel von Präzision und Recall (F1 = (2 × Präzision × Sensitivität) / (Präzision + Sensitivität)))

6.4.5 Ergebnisse Vögel

Der Abstand zwischen dem mittig in der Referenzfläche liegenden Kartierungspunkt 1 (Standort des Audiogerätes) und den umgebenden Kartierungspunkten 2-9 variierte zwischen 120 m und 485 m (Mittelwert ± Standardabweichung: 327 m ± 58 m). Die Entfernung zwischen den einzelnen Kartierungspunkten entspricht somit im Durchschnitt den Entfernungen, die auch im Brutvogel-Monitoring von BirdLife Österreich (Wald: 300 m, Kulturland: 400 m) eingehalten werden (BirdLife Österreich, 2018).

Erfassung der Brutvogelarten im Freiland

Auf den **44 Referenzflächen** wurden im Rahmen der zwei Begehungen insgesamt 111 Vogelarten durch die Kartierer*innen erfasst (siehe Anhang, Tab. A-14). Am mittig in der Referenzfläche liegenden Kartierungspunkt (KP1) wurden in Summe 70 Vogelarten erfasst. Berücksichtigt man, dass auf nur 38 Referenzflächen Informationen zur manuellen und automatischen Auswertung der Audiodateien vorliegen, konnten auf ebendiesen 38 Referenzflächen noch 110 Vogelarten im Freiland erfasst werden. Das Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*) war die einzige Vogelart, die nicht auf einer der verbliebenen 38 Referenzflächen nachgewiesen werden konnte.

In der 1. Kartierung wurden 97 und in der 2. Kartierung 95 verschiedene Vogelarten in den **44 Referenzflächen** aufgenommen. Einige wenige Vogelarten konnten entweder nur während der 1. Kartierung oder nur während der 2. Kartierung erfasst werden. Am mittig in der Referenzfläche liegenden Kartierungspunkt (KP1) wurden bei der 1. Kartierung 57 Vogelarten und bei der 2. Kartierung 63 Vogelarten erfasst. Die Anzahl der Vogelarten auf den einzelnen Referenzflächen variierte stark zwischen den Referenzflächen (Kartierung 1: Minimum (Min) - Maximum (Max) = 18 - 38 Vogelarten je Referenzfläche, Mittelwert (MW) ± Standardabweichung (SD) = 27,7 ± 5,5 Vogelarten je Referenzfläche; Kartierung 2: Min - Max = 15 - 41 Vogelarten je Referenzfläche, MW ± SD = 28,2 ± 6,0 Vogelarten je Referenzfläche), unterschied sich aber nicht zwischen der 1. und 2. Kartierung (t-Test für abhängige Stichproben: t = -0,587, df = 43, p = 0,560). Bei der 1. bzw. 2. Kartierung konnte an zwei Kartierungspunkten bzw. einem Kartierungspunkt keine Vogelart („*no call*“) nachgewiesen werden.

Manuelle Auswertung der Audiodateien

Von insgesamt 46 Audiogeräten mussten 8 Geräte von der darauffolgenden Analyse ausgeschlossen werden, da sie nicht einwandfrei funktionierten. Bei 6 Geräten endeten die Aufnahmen zu früh oder begannen zu spät und bei zwei weiteren Geräten gab es aufgrund technischer Probleme keine Aufnahmen. In Summe wurden 50 Stunden und 40 Minuten an Audiodateien der **38 Referenzflächen** (16 Audiodateien à 5 Minuten je Referenzfläche) manuell ausgewertet. Insgesamt wurden 69 Vogelarten erfasst (siehe Anhang, Tab. A-14). In 12 % (N = 79) der insgesamt 608 Audiodateien konnten keinerlei Gesänge bzw. Rufe („*no call*“) nachgewiesen werden.

Von den 69 Vogelarten, die mithilfe der manuellen Auswertung der Audiodateien nachgewiesen werden konnten, wurden 66 Arten auch im Freiland erfasst. Die Vogelarten Rotschenkel (*Tringa totanus*), Schleiereule (*Tyto alba*) und Ziegenmelker (*Caprimulgus europeaus*) wurden nur mithilfe der manuellen Auswertung der Audiodateien erfasst, aber nicht im Freiland bei den zwei Kartierungen nachgewiesen. Im Gegensatz dazu gab es 45 Vogelarten, die nur bei den Freilandkartierungen erfasst, aber nicht mithilfe der manuell ausgewerteten Audiodateien nachgewiesen werden konnten (siehe Anhang, Tab. A-14).

Um die Daten der erfassten Vogelarten bei der 1. Kartierung im Freiland (an Kartierungspunkt KP1 und den neun Kartierungspunkten KP1-9) mit den erfassten Vogelarten der manuell ausgewerteten Audiodateien vergleichen zu können, wurden die Daten der **38 Referenzflächen** analysiert, an welchen beide Methoden (Freiland, Audio) durchgeführt wurden. Die Anzahl der erfassten Vogelarten unterschied sich signifikant zwischen den drei Datensätzen (Tab. 19). Bei der 1. Kartierung im Freiland wurden am Kartierungspunkt 1 weniger Arten erfasst (Min – Max = 7 - 21 Arten, MW ± SD = 10,7 ± 2,95 Arten) als mit den manuell ausgewerteten Audiodateien (Min – Max = 14 - 28 Arten, MW ± SD = 21,1 ± 4,21 Arten). Im Gegensatz dazu wurden jedoch bei der 1. Kartierung im Freiland an den Kartierungspunkten 1-9 mehr Vogelarten erfasst (Min – Max = 18 - 38 Arten, MW ± SD = 28,5 ± 5,15 Arten) als an Kartierungspunkt 1 und mithilfe der manuell ausgewerteten Audiodateien.

Tabelle 19: Ergebnis des verallgemeinerten linear gemischten Modells (GLMM) zur Untersuchung der Unterschiede zwischen der Anzahl der erfassten Vogelarten im Freiland an Kartierungspunkt (KP) 1, in der gesamten Referenzfläche (KP 1-9) und in den manuell ausgewerteten Audiodateien (Audio manuell) zum Zeitpunkt der ersten Kartierung.

Variablen	Estimate	SE	z-Wert	p-Wert
Freiland KP 1 vs. Freiland KP 1-9	0,980	0,058	16,856	< 0,001
Freiland KP 1-9 vs. Audio manuell	0,303	0,047	6,495	< 0,001
Audio manuell vs. Freiland KP1	0,677	0,061	11,126	< 0,001

Es gibt mehrere Gründe für die unterschiedliche Anzahl erfasster Vogelarten. Obwohl die Kartierer*innen in Summe an den 9 Kartierungspunkten die Vogelarten nur für 45 Minuten erfassten (9 KP × 5 Minuten) und für die Auswertung der Audiodateien 80 Minuten (16 Audiodateien × 5 Minuten) zur Verfügung standen, wurden bei den Kartierungen im Freiland an den Kartierungspunkten 1-9 mehr Vogelarten erfasst als mithilfe der Audiodateien. Das kann u.a. damit zusammenhängen, dass bei den Kartierungen im Freiland von den Kartierer*innen sowohl gesehene als auch gehörte Vogelarten erfasst wurden. Im Gegensatz dazu kann das Audiogerät nur Lautäußerungen erfassen. Während die Erfassung der

Vogelarten direkt in der zentral in der Referenzfläche gelegenen Streuobstfläche den entsprechenden Lebensraum repräsentiert, sind aufgrund der zusätzlichen 8 Kartierungspunkte auch andere Lebensräume erfasst worden. Da Vogelarten jedoch grundsätzlich einen größeren Mobilitätsradius haben, kann davon ausgegangen werden, dass die Vogelarten, die an den Kartierungspunkten 2-9 erfasst worden sind, auch zur Nahrungsaufnahme in die Streuobstflächen kommen können. Die ermittelte Anzahl an Vogelarten auf Grundlage der manuell ausgewerteten Audiodateien macht deutlich, dass die Erfassung der Vogelarten mit den Audiogeräten räumlich über die zentral liegenden Streuobstflächen hinausgehen kann bzw. die Vogelarten sich auch in der Nähe der bzw. in den Streuobstflächen aufgehalten haben.

Automatische Auswertung der Audiodateien

Die Ergebnisse der manuellen Auswertung der Audiodateien wurden in der Folge mit den Ergebnissen der automatischen Auswertung der Audiodateien mithilfe von BirdNET verglichen, um die Artenvielfalt auf den untersuchten Flächen darzustellen und die Erhebungsmethoden vergleichen zu können. Bei der automatischen Auswertung der 608 Audiodateien mit BirdNET wurden in 50 Dateien keine Vogelarten („*no call*“) identifiziert. Auf den **38 Referenzflächen** wurden bei der automatischen Auswertung der 16 Audiodateien (je 5 Minuten) je Referenzfläche insgesamt 129 Vogelarten mit BirdNET detektiert.

Bei einem Abgleich der Vogelarten der manuellen und automatischen Auswertung der Audiodateien zeigte sich, dass 66 Vogelarten von BirdNET identifiziert wurden, die nicht mit der manuellen Auswertung der Audiodateien nachgewiesen werden konnten. Nach der stichprobenhaften manuellen Überprüfung einer Auswahl an Selektionen dieser 66 Vogelarten (15 × 3-Sekunden Segmente je Vogelart) wurde 6 Arten (entspricht 9 %; Gartengrasmücke *Sylvia borin*, Gimpel *Pyrrhula pyrrhula*, Hohltaube *Columba oenas*, Mauersegler *Apus apus*, Saatkrähe *Corvus frugilegus*, Waldbaumläufer *Certhia familiaris*) im Nachhinein als richtig kategorisiert und zur Artenliste der Audioauswertung hinzugefügt werden (siehe Anhang, Tab. A-14). Die restlichen 60 Vogelarten (entspricht 91 %) hielten der Überprüfung nicht stand und sind somit von BirdNET tatsächlich fälschlicherweise identifiziert worden (siehe Anhang, Tab. A-15).

Es konnten drei Fehlerquellen festgestellt werden, die als Begründung für viele der falsch positiven Selektionen in Frage kommen: (1) BirdNET „erfindet“ Arten: teilweise ist auf dem Sonagramm neben Hintergrundrauschen keine Lautäußerung sicht- bzw. hörbar. Trotzdem wurden beispielsweise Arten wie Purpurreiher (*Ardea purpurea*), Bruchwasserläufer (*Tringa glareola*) und Blässhuhn (*Fulica atra*) fälschlicherweise festgestellt. (2) Räumlicher Bezug in BirdNET: die Artenliste für die automatische Auswertung wurde auf den „Standort“ Österreich (Breitengrad: 48; Längengrad: 14) festgelegt. Die Liste enthielt jedoch auch Arten wie z. B. Seidensänger (*Cettia cetti*) und Italiensperling (*Passer italiae*), die aufgrund ihrer Verbreitung ausgeschlossen hätten werden können. (3) Verwechslung in BirdNET: Manche Arten wurden mit einer anderen Art oder dem Ausschnitt des Gesangs einer anderen Art aufgrund ihrer Ähnlichkeit oder einer Imitation verwechselt. Ein paar Beispiele dafür sind ein Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*), der eine Haubenmeise (*Lophophanes cristatus*) imitiert hatte; ein Waldkauz (*Strix aluco*), der für einen Sperber (*Accipiter nisus*) gehalten wurde oder Buchfinken (*Fringilla coelebs*), die als Baumpieper (*Anthus trivialis*) erkannt wurden, da der Beginn der Gesangsstrophe der beiden Arten sehr ähnlich klingt. Besonders auffallend war auch die falsche Identifikation der Rohrammer (*Emberiza schoeniclus*), die niemals eine Rohrammer war, sondern ein Star (*Sturnus vulgaris*), eine

Tannenmeise (*Periparus ater*), ein Zilpzalp (*Phylloscopus collybita*), eine Kohlmeise (*Parus major*), eine Amsel (*Turdus merula*), ein Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*) oder eine Goldammer (*Emberiza citrinella*). Außerdem verwechselte BirdNET oftmals den Straßenlärm oder das Zirpen der Grillen mit Vogelarten (z. B. Mittelmeermöwe *Larus michahellis*, Neuntöter *Lanius collurio*).

Insgesamt wurde somit mit BirdNET 69 Vogelarten richtig identifiziert (siehe Anhang, Tab. A-14). Weitere 6 Vogelarten (Grauspecht *Picus canus*, Ringdrossel *Turdus torquatus*, Rotschenkel *Tringa totanus*, Schleiereule *Tyto alba*, Waldkauz *Strix aluco*, Ziegenmelker *Caprimulgus europaeus*) wurden bei der manuellen Auswertung der Audiodateien nachgewiesen, jedoch nicht von BirdNET identifiziert. In Summe konnten unter Einsatz der 3 unterschiedlichen Erfassungsmethoden 114 Vogelarten erfasst werden (Anhang, Tab. A-16).

Für den überwiegenden Großteil (70,2 %, 80 Vogelarten) der erfassten Vogelarten ist laut Ampelliste kein Bedarf für eine rasche Umsetzung von Schutzmaßnahmen notwendig (Anhang, Tab. A-14). Insgesamt ist bei 26 der erfassten Vogelarten (entspricht 22,8 %) ein fortwährender Handlungsbedarf gegeben. Bei 4 Arten (3,5 % der erfassten Vogelarten) ist unmittelbarer Handlungsbedarf geboten. Vier der erfassten Vogelarten wurden in der Ampelliste von BirdLife Österreich nicht evaluiert, da sie keine autochthone Art in Österreich darstellen bzw. nur teilweise heimisch sind, weil sie entweder eingeführt oder domestiziert wurden, z. B. Nilgans (*Alopochen aegyptiaca*), Höckerschwan (*Cygnus olor*) und Straßentaube (*Columba livia forma domestica*) (Brader, 2024; Grüll, 2024). Weiters ist zu beachten, dass Rabenkrähe (*Corvus corone*) und Nebelkrähe (*Corvus cornix*) seit kurzem als separate Arten gesehen werden (Avifaunistische Kommission Österreich, 2024; Probst & Uhl, 2024), in den Erhebungen wurden Raben- und Nebelkrähe jedoch als Aaskrähe zusammengefasst (siehe Methoden).

Charakteristische Vogelarten

Von den insgesamt 229 Vogelarten, die in der Roten Liste Österreich (Dvorak et al., 2017) aufgelistet sind, haben 4 Vogelarten eine starke und 17 Vogelarten eine mäßige Bindung an die Strukturen im Lebensraum Streuobstfläche (Andretzke et al., 2005; Bauer et al., 2005a, 2005b, siehe Anhang, Tab. A-17). Von diesen 21 Vogelarten nutzen 14 Vogelarten die Streuobstflächen hauptsächlich zur Brut und während der Aufzuchtzeit der Jungtiere, während die anderen 7 Vogelarten die Streuobstflächen vorranging zum Nahrungserwerb nutzen und nur gelegentlich direkt in den Flächen brüten (Bauer et al., 2005a, 2005b; Teufelbauer et al., 2024). Der Großteil der Vogelarten (19 Arten entspricht 90,5 %) zeigt eine hohe Sensitivität gegenüber Veränderungen in der Landwirtschaft (Intensivierung, Strukturverlust) (Bauer et al., 2005a). Drei Vogelarten (Blauracke *Coracias garrulus*, Ortolan *Emberiza hortulana*, Raubwürger *Lanius excubitor*) sind in nur einem Bundesland Österreichs als Brutvogel nachgewiesen (Teufelbauer et al., 2024), insofern ist die Eignung dieser Arten als für Streuobstflächen charakteristische Vogelarten auf diese Bundesländer beschränkt. Zwölf Vogelarten sind auf Grundlage der summierten Gewichtung besonders charakteristisch für die Streuobstflächen in Österreich (Summenwert ≥ 7, siehe Anhang, Tab. A-17), wobei von diesen zwölf Vogelarten vier Arten (Grauammer *Emberiza calandra*, Neuntöter *Lanius collurio*, Steinkauz *Athene noctua*, Zwergohreule *Otus scops*) nicht mit der manuellen Auswertung der Audiodateien nachgewiesen werden konnten. Steinkauz und Zwergohreule konnten nicht mit den Audioaufnahmen erfasst werden, da die Aufnahmezeiträume für die Erfassung der

Lautäußerungen der Vogelarten auf den Vormittag beschränkt und somit nicht passend für die beiden Vogelarten war (Andretzke et al., 2005).

Qualitätsüberprüfung von BirdNET für die für Streuobstflächen charakteristischen Vogelarten

Durch die Verschneidung der manuell bestimmten Vogelarten in den 3-Sekunden Segmenten mit den Ergebnissen der automatischen Auswertung mithilfe von BirdNET wurde ein neuer Datensatz erstellt, der aus 98 444 Selektionen (je 3 Sekunden) bestand, und Informationen zu den vier Hauptkomponenten der Konfusionsmatrix (true positive, true negative, false positive, false negative) und zur Qualität der Leistung von BirdNET enthielt. BirdNET eignete sich gut, um Girlitz, Stieglitz und Gartenrotschwanz nachzuweisen (in abnehmender Reihenfolge), jedoch weniger gut, um Wiedehopf, Grünspecht, Feldsperling und Wendehals nachzuweisen (Tab. 20). Besonders schlecht wurde der Baumpieper erkannt. Als Fehlerquellen können die oben, bei der Überprüfung der falsch positiven Selektionen genannten Gründe herangezogen werden.

Tabelle 20: Anzahl der 3-Sekunden Segmente, in welchen die entsprechende Vogelart manuell nachgewiesen werden konnte, bzw. mit der Software BirdNET automatisch detektiert, und nach Vergleich mit den Daten der manuellen Auswertung in die Kategorien true positive (TP), false positive (TP) und false negative (FP) kategorisiert wurde. Darauf aufbauend wurde der F1-Wert berechnet, mit dem die Leistung der Software BirdNET bewertet werden kann.

Artname deutsch	Manuell	BirdNET	BirdNET TP	BirdNET FP	BirdNET FN	F1-Wert
Baumpieper	79	303	10	293	67	5,3
Feldsperling	2618	442	295	147	2320	19,3
Gartenrotschwanz	3689	1515	1298	217	2384	50,0
Girlitz	806	478	424	54	380	66,1
Grauammer	0	3	0	3	0	-
Grünspecht	182	315	85	230	97	34,2
Neuntöter	0	91	0	91	0	-
Stieglitz	5936	2915	2737	178	3186	61,9
Steinkauz	0	0	0	0	0	-
Wendehals	26	156	12	144	14	13,2
Wiedehopf	225	62	58	4	165	40,7
Zwergohreule	0	0	0	0	0	-

Fazit

Streuobstflächen konnten als wichtige Lebensräume für unsere heimische Vogelvielfalt bestätigt werden. Etwa 50 % der 217 Brutvogelarten, die in Österreich regelmäßig nachgewiesen werden (Avifaunistische Kommission Österreich, 2024), konnten auf den untersuchten Referenzflächen erfasst werden. In der zentral gelegenen Streuobstfläche konnten bei den beiden Kartierungen im Freiland 70 Vogelarten (entspricht 32 % der regelmäßigen Brutvogelarten Österreichs) nachgewiesen werden. Insofern zeigt sich, dass Streuobstflächen und die umgebenden Lebensräume einen wertvollen Beitrag für den Erhalt der Biodiversität leisten können. Die drei verwendeten Erfassungsmethoden ergänzen sich sehr gut, da mithilfe einzelner Methoden auch Vogelarten nachgewiesen werden konnten, die mit den anderen Methoden nicht erfasst worden wären. Gleichzeitig wird deutlich, dass die

automatische Auswertung der Audiodateien mit der Software BirdNET noch Schwächen aufweist, da Arten fälschlicherweise oder auch nicht identifiziert wurden, die mit der manuellen Auswertung der Audiodateien nachgewiesen werden konnten. Darüber hinaus wird in wissenschaftlichen Studien darauf hingewiesen, dass der Konfidenz-Schwellenwert, der ausgewählt werden sollte, um sicherzustellen, dass eine von BirdNET erkannte Vogelart mit einer zuvor definierten (z. B. 95 %-igen) Wahrscheinlichkeit tatsächlich richtig erkannt wurde, artspezifisch (Bota et al., 2023; Singer et al., 2024) oder auch standortspezifisch (Wood & Kahl, 2024) variieren kann. Es ist davon auszugehen, dass die laufende Weiterentwicklung der Software BirdNET, sowie der Ausbau der verfügbaren Trainingsdaten, mit denen die Audioaufnahmen verglichen werden, zu einer Verbesserung der Analysen beitragen wird. Eine manuelle Überprüfung durch Fachpersonal wird jedoch weiterhin notwendig sein, da eine Überprüfung der Selektionen von BirdNET immer nur spezifisch für die jeweiligen Selektionen stattfinden kann, die BirdNET auch gefunden hat. Insofern sind Arten, die von BirdNET nicht detektiert werden, von einer solchen manuellen Überprüfung ausgeschlossen.

6.5 Artengemeinschaften

Die Daten der untersuchten Tiergruppen wurden in Excel Tabellen erfasst und werden im Anhang (Tab. A-5; Tab. A-6, Tab. A-7, Tab. A-13, Tab. A-16), bezogen auf die jeweilige Katastralgemeinde, in der die Referenzflächen bzw. Transekte lagen, zur Verfügung gestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Erhebungsmethoden stehen für Bienen, Tagfalter und Heuschrecken Abundanz-Daten und für Fledermäuse und Vögel Präsenz/Absenz-Daten zur Verfügung. Die Abundanz-Daten der Bienen, Tagfalter und Heuschrecken umfassen alle im Rahmen des Projektes erhobenen Individuen (Transekt-Daten und semi-quantitative Erhebungen).

6.5.1 Auswertung der Daten

Für die Untersuchung der Artengemeinschaften wurden Abundanzen von Bienen und Tagfaltern auf den Transekten pro Referenzfläche aggregiert, da sie in mehreren Durchgängen erhoben wurden. Aufgrund der Unterschiede im Beprobungsaufwand wurden die semi-quantitativen Erhebungen von den multivariaten quantitativen Analysen ausgeschlossen. Bei Heuschrecken war dies nicht notwendig, da nur ein Beprobungsdurchgang und keine semi-quantitativen Erhebungen durchgeführt wurden. Zwei Referenzflächen, auf welchen keine Heuschreckenarten gefunden wurden, wurden von der Ordinationsanalyse exkludiert. Für die Auswertung der Fledermausarten wurden sowohl die Daten der Audioaufnahmen als auch die Daten der Netzfänge verwendet. Bei den Vogelarten wurden nur die Daten verwendet, die zentral in der Referenzfläche an Kartierungspunkt 1 während der beiden Kartierungsdurchgänge erfasst wurden, da somit eine starke Bindung der Vogelarten an die Streuobstfläche sichergestellt werden kann. Um die Artengesellschaften so akkurat wie möglich abzubilden, wurden Individuen, welche nur auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, von der Auswertung ausgeschlossen (Wildbienen: *Andrena* sp., *Bombus* sp., *Eucera* sp., *Hylaeus* sp., *Lasioglossum* sp., *Sphecodes* sp.; Tagfalter: *Lycaena* sp., *Pieris* sp., *Thymelicus* sp.; Heuschrecken: *Gomphocerinae* sp., *Tetrix* sp; Fledermäuse: *Eptesicus* sp., *Myotis* sp., *Nyctalus* sp., *Pipistrellus* sp., *Plecotus* sp.).

Die streuobstbaufachlichen Daten (SOK-Daten; Erhebungsmethode Kapitel 4) beziehen sich auf die SOK-Qualitätsparameter der jeweiligen Streuobstwiese, auf welcher die Erhebungen der Tiergruppen tatsächlich stattgefunden haben. Sie liegen ordinalskaliert (Durchschnittliches Bestandsalter, Nachpflanzungen, Mistelbefall, Pflege der Obstbäume, Obstarten- und Strukturvielfalt) bzw. nominalskaliert (Unterwuchs) vor, wurden aber im Zuge der Auswertung alle nominalskaliert behandelt. Aufgrund der sich ergebenden unausgewogenen Verteilung der Stichprobengröße der Kategorien innerhalb der SOK-Qualitätsparameter wurden zuerst einzelne Levels zusammengefasst (Anhang Tab. A-18). Dennoch war die Stichprobengröße vieler SOK-Qualitätsparameter sehr unausgewogen, weshalb nur die Parameter „Nachpflanzungen“ und „Pflege der Obstbäume“ bei der weiteren Auswertung berücksichtigt wurden.

Auf der höheren räumlichen Ebene wurden für die Landschaftsausschnitte (1000 m × 1000 m) vorhandene Landschaftsdaten (LULC; Marsoner et al., 2023) ebenfalls vereinheitlicht (Anhang Tab. A-18) und flossen als skalierte Flächenanteile (%) in die Analyse ein. Zusätzlich wurden die im AP 4 erhobenen Streuobstflächen ebenfalls als skalierte Flächen-Prozentdaten mitanalysiert.

Alle statistischen Auswertungen wurden mit der Software R (Version 4.4.3) durchgeführt (R Core Development Team, 2025). Um zu untersuchen, welchen Effekt streuobstbaufachliche Charakteristika und die Landschaftsstruktur auf die Artengemeinschaften der Indikatortiergruppen haben wurde eine eingeschränkte Ordinationsanalyse, Funktion „capscale“, basierend auf der quantitativen Sørensen Dissimilaritätsmatrix, mit dem Package „vegan“ durchgeführt (Oksanen et al., 2025). Aufgrund der Erhebungsmethode flossen die Fledermaus- und Vogeldaten als Präsenz-/Absenz-Daten ein, wodurch für diese beiden Gruppen die Analyse auf einer qualitativen Sørensen-Dissimilaritätsmatrix basierte (Oksanen et al., 2025).

Für jede Tiergruppe wurden separate Modelle formuliert, welche die SOK-Qualitätsparameter „Nachpflanzungen“ und „Pflege der Obstbäume“, sowie die Parameter der Landschaftsstruktur „Flächenanteil Wald“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensraume“, „Ökoregion“ und „Seehöhe“ enthielten (Anhang Tab. A-18). Die Kollinearität der metrischen Landschaftsstrukturparameter (ausgenommen „Ökoregion“) wurde zuvor mit der Funktion „cor“ überprüft und die Parameter „Flächenanteil Wald“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnaher Lebensraum“ und „Seehöhe“ wurden mit der Standardfunktion „scale“ skaliert, bevor sie in das Modell aufgenommen wurden. Die Modelle wurden außerdem mit den Parametern „Ökoregion“ und „Seehöhe“ oder nur mit einem der beiden Parameter formuliert.

Mit der Funktion „ordistep“ (direction = „both“) und darauffolgenden ANOVAs wurde die Signifikanz der Variablen gegenüber einem unbeschränkten Nullmodell getestet und so das beste Modell ausgewählt (ANOVA: $p < 0{,}05$). Um die Qualität der Modelle bewerten zu können wurden die R^2-Werte der Modelle mit der Funktion „RsquareAdj“ berechnet. Signifikante Landschaftsparameter wurden über die Funktion „envifit“ im „vegan“ R-Package (Oksanen et al., 2025) als Vektoren an einen reduzierten Ordinationsraum angepasst und dargestellt, wobei die Länge des Vektors die Stärke der Korrelation angibt. Vom Ursprung ausgehend steigt entlang des Vektors der Landschaftsparameter vom minimalen zum maximalen Anteil und entlang dieses Gradienten ändern sich die Artengesellschaften. Zusätzlich wurden die Levels der im Modell signifikanten Variablen auf signifikante Unterschiede getestet, basierend auf der quantitativen oder qualitativen Sørensen Dissimilaritätsmatrix mit der Funktion „vegdist“ eine PERMANOVA Analyse. Um Signifikanz aufgrund von multivariater Homogenität der Streuung der Levels auszuschließen, wurde die multivariate Streuung, Funktion „betadisper“ mittels ANOVAs getestet.

6.5.2 Ergebnisse Artengemeinschaft

Insekten

Die schrittweise Modellauswahl zeigte, dass die Unterschiede der Wildbienenartengemeinschaften in einem reduzierten Ordinationsraum am besten durch die Modellierung der beschränkten Variablen „Ökoregionen“, „Flächenanteil Wald“ und „Nachpflanzungen“ erklärt werden konnte (ANOVA: df = 11 (34), sum of squares = 5,736 (10,743), F = 1,650, p-Wert = 0,001; R^2 der gesamten Ordination = 13,71 %) (Abb. 40, Abb. 41).

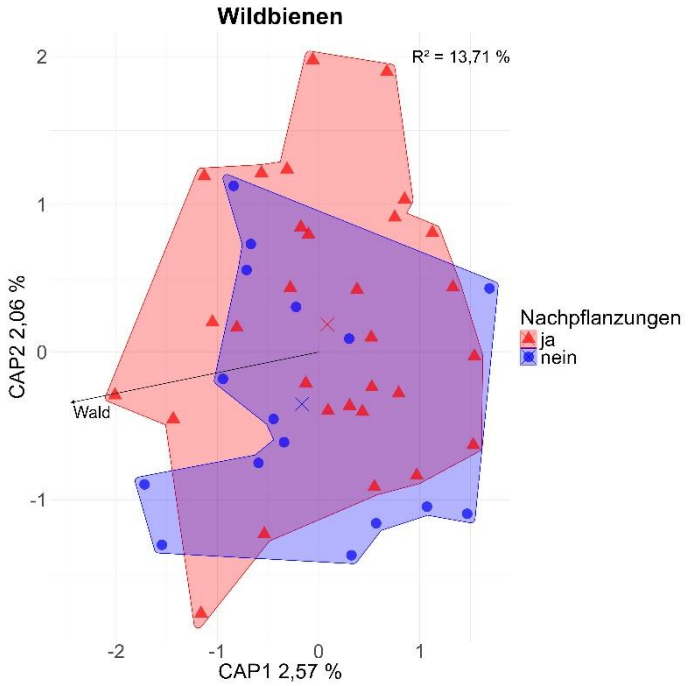

Abbildung 40: Darstellung der Wildbienenartengesellschaften der untersuchten Streuobstflächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung der Levels der Variable „Nachpflanzungen“ und dem Landschaftsparameter „Flächenanteil Wald“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf die Anteile, den die Achsen zu dem gesamt R^2 der Ordination beitragen.

Die Effekte der Variablen „Ökoregion“ (p = 0,001), „Flächenanteil Wald“ (p = 0,006) und „Nachpflanzungen“ (p = 0,020) sind signifikant und erklärten die Unterschiede der Artengemeinschaften besser als die anderen getesteten Variablen, wie „Pflege der Obstbäume“, „Unterwuchs“, und „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensräume“ und „Seehöhe“ auf Landschaftsebene. Die Streuung der Wildbienenartengemeinschaften war bezogen auf „Nachpflanzungen“ (p = 0,0181) und „Ökoregion“ signifikant (p < 0,001) und wurde daher in der anschließenden PERMANOVA nicht weiter getestet (Abb. 41). Der „Flächenanteil Wald“ in den Landschaftsausschnitten veränderte die Artengemeinschaft auf den untersuchten Streuobstflächen signifikant (p = 0,001).

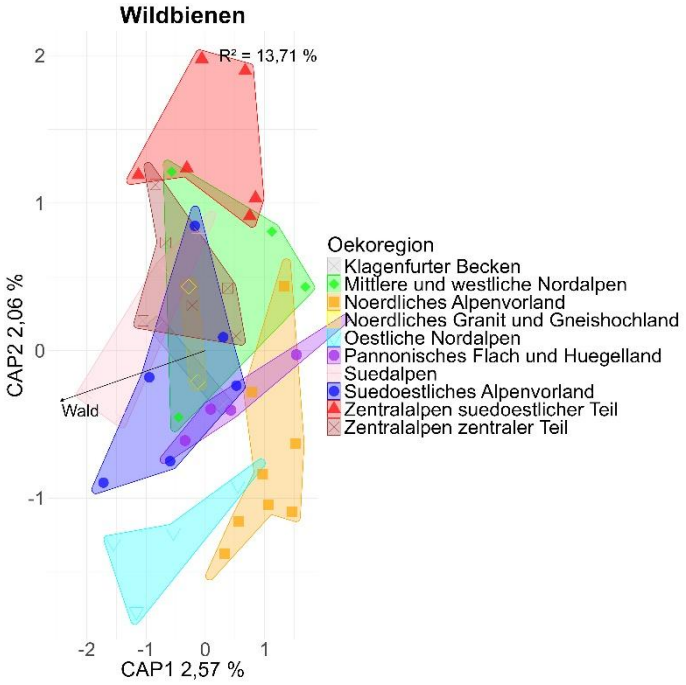

Abbildung 41: Darstellung der Wildbienenartengesellschaften auf den untersuchten Flächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung der Parameter „Ökoregion“ und des Landschaftsparameters „Flächenanteil Wald“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R² der Ordination beitragen.

Im reduzierten Ordinationsraum ließen sich die Unterschiede der Tagfalterartengemeinschaften (Abb. 42) am besten durch die Modellierung der Variable „Ökoregion“ erklären (ANOVA, df = 9 (36), sum of squares = 3,479 (9.390), F = 1,482, p-Wert = 0,008; R^2 der gesamten Ordination = 8,79 %). Der signifikante Effekt der Variable „Ökoregion“ (p = 0,008) erklärte die Unterschiede der Artengemeinschaften besser als die anderen getesteten Variablen, wie etwa „Pflege der Obstbäume“, „Nachpflanzungen“, „Unterwuchs“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensräume“, „Flächenanteil Wald“ und „Seehöhe“. Der Test, ob Artengemeinschaften der Levels von der Variable „Ökoregion“ signifikant unterschiedlich sind, hat ergeben, dass die Levels signifikant unterschiedlich gestreut sind (p < 0,001), wodurch mit der anschließende PERMANOVA nicht getestet werden konnte, ob die Levels ausschließlich aufgrund ihrer Lage im reduzierten Ordinationsraum signifikant unterschiedlich sind. Aussagen, wie stark sich die Artengemeinschaft der Tagfalter auf den untersuchten Streuobstflächen unterscheiden, ist somit nur optisch anhand der Abb. 42 möglich.

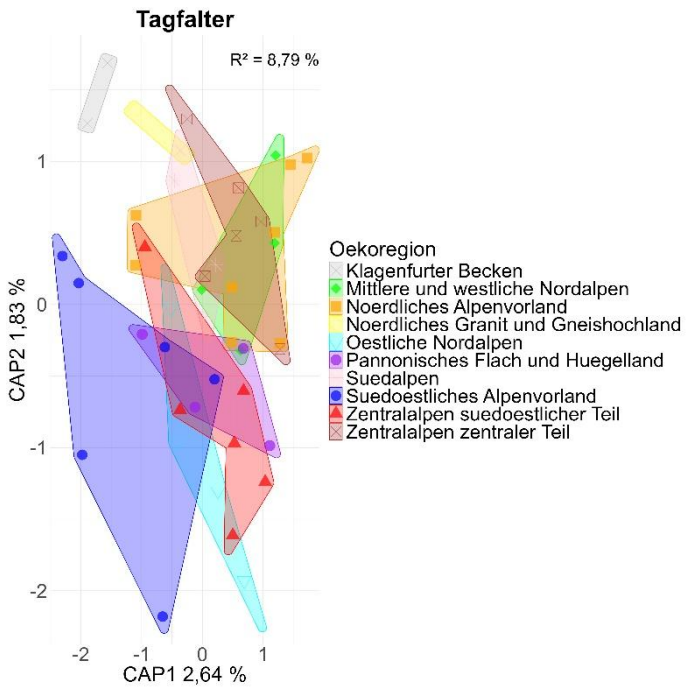

Abbildung 42: Darstellung der Tagfalterartengemeinschaft auf den untersuchten Streuobstflächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung des Parameters „Ökoregion“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R^2 der Ordination beitragen.

Die Unterschiede der Heuschreckenartengemeinschaft im reduzierten Ordinationsraum werden am besten durch die Modellierung der Variable Ökoregion erklärt (ANOVA, df = 9 (34), sum of squares = 4,637 (11,892), F = 1,473, p-Wert = 0,006; R^2 der gesamten Ordination = 9,00 %, Abb. 43). Die Heuschreckengemeinschaften der Streuobstflächen unterscheidet sich signifikant aufgrund der „Ökoregion“ (p = 0,004). Die Ökoregion erklärte die Unterschiede der Artengemeinschaften besser als die anderen getesteten Variablen, wie „Pflege der Obstbäume“, „Nachpflanzungen“, „Unterwuchs“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensräume“, „Flächenanteil Wald“ und „Seehöhe“ (p > 0,05). Aufgrund der signifikanten Streuung der Heuschreckengemeinschaften (p < 0,001) für die Variable „Ökoregion“ wurde keine anschließende PERMANOVA getestet. Aussagen, ob die Artengemeinschaft der Heuschrecken aufgrund der Lage der Streuobstflächen (in der Ordination) unterschiedlich ist, ist somit nur anhand der Abb. 43 möglich.

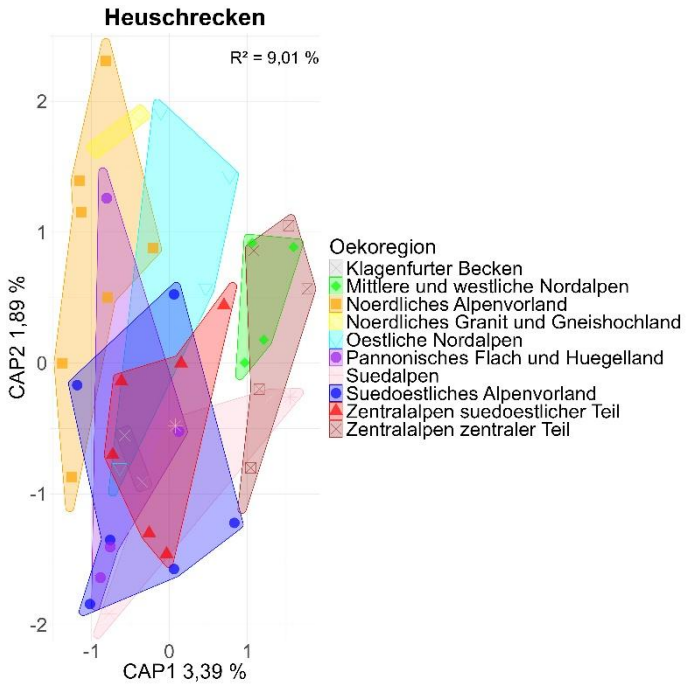

Abbildung 43: Darstellung der Heuschreckenartengesellschaften auf den untersuchten Flächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung des Parameters „Ökoregion“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R^2 der Ordination beitragen.

Österreich weist auf kleinem Raum sehr unterschiedliche Lebensräume auf. Es ist somit nicht verwunderlich, dass sich die Artengemeinschaften der Insekten in den Streuobstflächen anhand der Ökoregionen unterscheiden. Auch die Unterschiede der vorkommenden Arten von Westen nach Osten des Landes dürfte hier mitspielen. Der signifikante Einfluss des Waldes auf die Wildbienenartengemeinschaft in den Streuobstflächen lässt sich damit erklären, dass dieser nur für wenige Wildbienenarten einen relevanten Lebensraum darstellt. Die Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, da die jeweiligen R^2 kaum über 10 % hinaus gehen. Faktoren wie Vegetationsstrukturen, Pflanzendiversität oder Bewirtschaftungsintensitäten der Flächen wurden hier nicht miteinbezogen, haben aber nachweislich eine hohe Relevanz für Insekten (z. B., Habel et al., 2013; Peer et al., 2024).

Fledermäuse

Die Unterschiede der Fledermausartengemeinschaften (Abb. 44, Abb. 45) im reduzierten Ordinationsraum werden am besten durch die Modellierung der beschränkten Variablen Ökoregion und Nachpflanzungen erklärt werden (ANOVA, df = 10 (31), sum of squares = 1,6820 (2,5787), F = 2,0221, p-Wert = 0,001; R^2 der gesamten Ordination = 19,95 %).

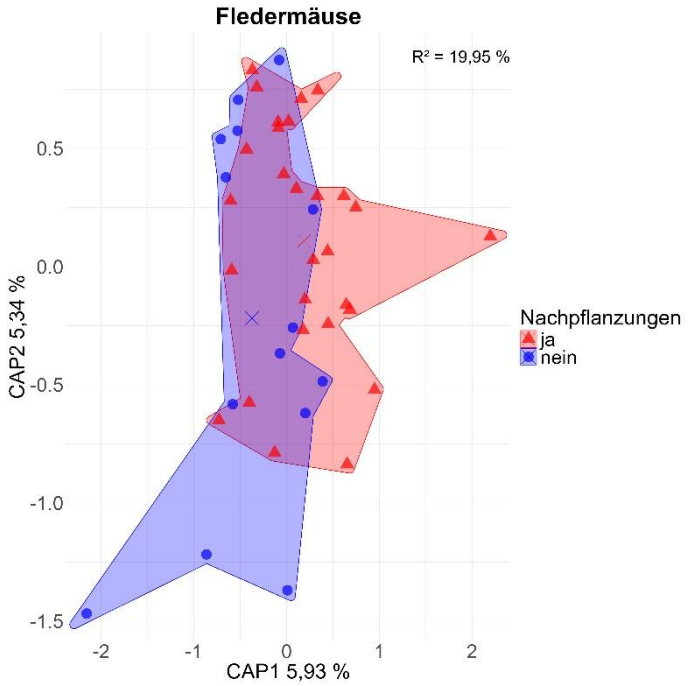

Abbildung 44: Darstellung der Fledermausartengemeinschaften auf den untersuchten Streuobstflächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung der Variable „Nachpflanzungen“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R^2 der Ordination beitragen.

Die Effekte der Variablen „Ökoregion“ (p = 0,001) und „Nachpflanzungen“ (p = 0,008) sind signifikant und erklärten die Unterschiede der Artengemeinschaften besser als die anderen getesteten Variablen, wie „Pflege der Obstbäume“, „Unterwuchs“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensräume“, „Flächenanteil Wald“ und „Seehöhe“.

Die Streuung der Fledermausartengesellschaften war für den Parameter „Nachpflanzungen“ nicht signifikant (p = 0,167), aber für „Ökoregion“ signifikant (p = 0,003, Abb. 45). Das Ergebnis der PERMANOVA zeigte, dass sich die Fledermausartengemeinschaften der Streuobstflächen mit Nachpflanzungen signifikant von den Artengemeinschaften ohne Nachpflanzungen unterscheiden (p = 0.018).

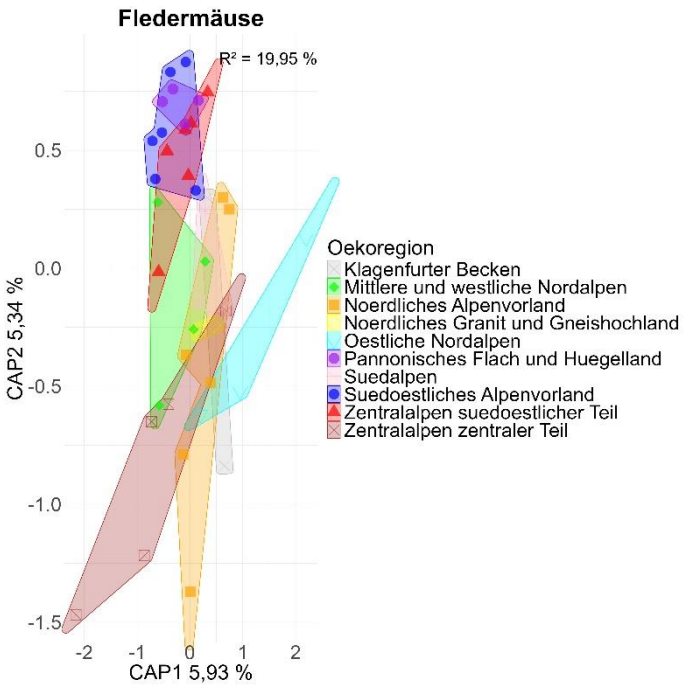

Abbildung 45: Darstellung der Fledermausartengesellschaften auf den untersuchten Flächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung des Parameters „Ökoregion“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R² der Ordination beitragen.

Wie bereits bei den Insekten interpretiert, sind auch Fledermausartengemeinschaften in den Ökoregionen und den sich daraus ergebenden Lebensraumgegebenheiten verschieden. Nachpflanzungen könnten auf die unterschiedliche Offenheit bzw. Bestandesdichte der Streuobstbestände hinweisen, in denen sich die verschiedenen Fledermausarten z. B. in Abhängigkeit der Jagdstrategie, mehr oder weniger gut bewegen können. Die Modellqualität ist mit einem R² von knapp 20 % jedenfalls besser als bei den Insekten. Dennoch ist nicht außer Acht zu lassen, dass auch hier andere wichtige erklärende Variablen nicht in diese Analyse eingegangen sind.

Vögel

Die Unterschiede der Vogelartengemeinschaften (Abb. 46) im reduzierten Ordinationsraum wurde durch die Modellierung der beschränkten Variablen „Ökoregion“ und „Seehöhe“ am besten erklärt (ANOVA, df = 10 (33), sum of squares = 2,5455 (4,9094), F = 1,711, p-Wert = 0,001; R^2 der gesamten Ordination = 14,18 %). Die Effekte der Variablen „Ökoregion“ (p = 0,001) und „Seehöhe“ (p = 0,010) sind signifikant und erklärten die Unterschiede der Artengemeinschaften besser als die anderen getesteten Variablen, wie „Pflege der Obstbäume“, „Nachpflanzungen“, „Unterwuchs“, „Flächenanteil Siedlung“, „Flächenanteil Streuobstwiese“, „Flächenanteil naturnahe Lebensräume“ und „Flächenanteil Wald“. Die Seehöhe korreliert signifikant mit den Artengesellschaften auf den untersuchten Flächen (p = 0,001).

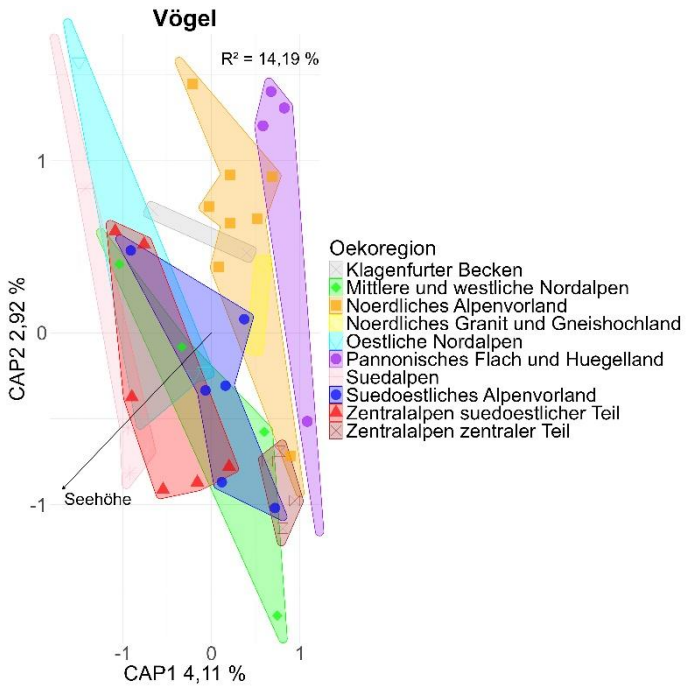

Abbildung 46: Darstellung der Vogelartengemeinschaft auf den untersuchten Streuobstflächen anhand der Ordination des besten Modells unter Berücksichtigung der Parameter „Ökoregion“ und „Seehöhe“ anhand der kanonischen Achsen CAP1 und CAP2. Die Prozentangaben in der Achsenbeschriftung beziehen sich auf den Anteil, den die Achsen zu dem gesamt R^2 der Ordination beitragen.

Die Relevanz der Ökoregionen für Vögel kann ebenso interpretiert werden, wie bereits bei den Insekten und Fledermäusen beschrieben. Die Seehöhe wirkt sich bekanntlich auch auf die Artenzusammensetzung von Vögeln und anderen Tieren aus. Mit einem R^2 von 14 % liegt auch hier der Verdacht nahe, dass relevante erklärende Variablen nicht in dieser Analyse berücksichtigt wurden.

7 Projektmanagement & Bewusstseinsbildung (AP 5)

In der Laufzeit des Projektes konnten die geplanten Outreach Maßnahmen umgesetzt werden. Es wurde über die gesamte Projektlaufzeit ein Newsletter versendet, um Interessierte über den Fortschritt des Projektes zu informieren. Im zweiten Projektjahr fanden Informationstage in Streuobstgemeinden statt. Geplant waren hier ursprünglich zwei Informationsveranstaltungen. Aufgrund der Nachfrage fand im Herbst 2025 eine weitere Informationsveranstaltung in der Gemeinde Trofaiach statt.

Im Herbst 2025 fand außerdem eine Streuobsttagung in Klosterneuburg statt die sowohl von wissenschaftlichem Publikum aber auch anderen Stakeholdern besucht wurde. Die Tabelle A-19 im Anhang fasst alle Outreach Maßnahmen zusammen.

Im Jahr 2026 ist außerdem ein weiterer Vortrag bei den Streuobsttagen in Vorarlberg durch Samira Linhart geplant.

7.1.1 Wissenstransfer durch (populär-)wissenschaftliche Beiträge

Während der gesamten Projektlaufzeit wurden Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit umgesetzt und gewonnene Erkenntnisse zielgruppengerecht aufbereitet.

Zu Beginn des Projektes erfolgte eine Presseaussendung. Im Verlauf griffen mehrere Medien das Projekt auf, darunter Die Presse, das Salzburger Bauernjournal und news.at. Die Naturparke Jauerling Wachau und Ötscher Tormäuer veröffentlichten Social Media Posts zu den Erhebungen im Rahmen des Projektes. Auch die Universität für Bodenkultur Wien veröffentlichte einen Beitrag zum Projekt über die sozialen Medien.

Etwa einmal im Monat erging außerdem ein Newsletter mit aktuellen Informationen an Flächenbesitzer*innen, Koorperationspartner*innen und Interessierte. Insgesamt erschienen 21 Ausgaben des Newsletters. Diese Beiträge sind auch auf der Website der Universität für Bodenkultur Wien öffentlich zugänglich.

Das Projekt bzw. Teilaspekte daraus wurden als Vorträge und wissenschaftliche Poster bei etlichen wissenschaftlichen Veranstaltungen präsentiert, u. a. beim Tag der Ressortforschung 2024 (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft), bei der GfÖ-Tagung der Deutschen Gesellschaft für Ökologie in Freising (Deutschland), bei der bei der Stuttgarter Hymenopteren-Tagung 2024, bei der Entomologentagung in Linz (November 2024), bei zwei Jahrestagungen der British Ecological Society (Liverpool, Dezember 2024, und Edinburgh, Dezember 2025) sowie bei den Tagen der Biodiversität 2025 an der Universität für Bodenkultur Wien.

Zudem wurden Workshops und Vorträge Schüler*innen und Landwirt*innen zu verschiedenen Teilaspekten des Projektes durchgeführt. Eine vollständige Liste der Maßnahmen zu Wissenstransfer und Bewusstseinsbildung ist im Anhang (Tab. A-19) ersichtlich.

Am 19. September 2025 wurden im Rahmen der Streuobsttagung die Methoden und erste Projektergebnisse der Streuost-Community präsentiert. Die Veranstaltung fand an der HBLA und BA Klosterneuburg statt und brachte insgesamt 59 Teilnehmer*innen aus Forschung und Landwirtschaft zusammen. Die zahlreichen Fragen und Diskussionen lieferten wertvolle Anregungen, die in die weiteren Auswertungen einfließen. Die Tagung verdeutlichte erneut, wie wichtig der interdisziplinäre Austausch für den Erfolg solcher Projekte ist. In weiterer Folge ist ein Tagungsband mit Beiträgen aus den Arbeitspaketen 2, 3 und 4 geplant, der online veröffentlicht werden soll.

7.1.2 Bewusstseinsbildung durch Infoveranstaltungen

Im Mai 2025 wurden zwei Infoveranstaltungen für Landwirt*innen und interessierte Personen in Untersuchungsgebieten abgehalten, bei welchen das Projekt präsentiert wurde (Abb. 47, Abb. 48). In mehreren Kurzvorträgen wurden erste Ergebnisse aus den Biodiversitätserhebungen, der Streuobstkartierung und der automatischen Erfassung von Streuobstbeständen vorgestellt. Darüber hinaus fand jeweils eine gemeinsame Begehung einer Streuobstfläche statt, bei der Insekten und Vögel gemeinsam mit den Teilnehmer*innen beobachtet und Wissen zur Bestimmung von Arten, die auf Streuobstflächen zu finden sind, vermittelt. Aufgrund des großen Interesses in der Region Vordernberg wurde im September 2025 eine zusätzliche dritte Infoveranstaltung durchgeführt (Abb. 49).

An der Veranstaltung am 6. Mai 2025 im Naturpark Obst-Hügel-Land nahmen zehn Flächenbesitzer*innen, -bewirtschafter*innen und Interessierte teil. Die Veranstaltung am 9. Mai 2025 im Schneebergland hatte fünfzehn Teilnehmer*innen, die Veranstaltung am 26. September 2025 in Trofaiach 17 Teilnehmer*innen.

Abbildung 47: Impressionen der Infoveranstaltung am 6. Mai 2025 im Naturpark Obst-Hügel-Land (© Samira Linhart).

Abbildung 48: Impressionen der Infoveranstaltung am 9. Mai 2025 im Schneebergland (© Samira Linhart).

Abbildung 49: Impressionen der Infoveranstaltung am 26. September 2025 in Trofaiach (© Sophie Kratschmer).

8 Literaturverzeichnis

Aizpurua, O., Budinski, I., Georgiakakis, P., Gopalakrishnan, S., Ibañez, C., Mata, V., Rebelo, H., Russo, D., Szodoray-Parádi, F., Zhelyazkova, V., Zrncic, V., Gilbert, M. T. P., & Alberdi, A. (2018). Agriculture shapes the trophic niche of a bat preying on multiple pest arthropods across Europe: Evidence from DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, *27*(3), 815–825. https://doi.org/10.1111/mec.14474

AMA. (2023). *Geodatensatz Punktförmige Landschaftselemente - Streuobst, Beantragung im Mehrfachantrag 2023. (Stand 25.04.2023)*.

AMA. (2025). *Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung.- Informationsblatt der Agrarmarkt Austria, Stand Oktober 2025*.

Amiet, F. (1996). Apidae, 1: Allgemeiner Teil, Gattungsschlüssel, die Gattungen Apis, Bombus und Psithyrus. In *Insecta Helvetica* (Issue 12). Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Amiet, F., Hermann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2007). Apidae 5: Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tetralonia, Thyreus, Xylocopa. In *Fauna Helvetica 20* (Vol. 20). Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2001). Apidae 3: Halictus, Lasioglossum. In *Fauna Helvetica 6* (Vol. 6). Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2004). Apidae 4: Anthidium, Chelostoma, Coelioxys, Dioxys, Heriades, Lithurgus, Megachile, Osmia, Stelis. In *Fauna Helvetica 9*. Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2010). Apidae 6: Andrena, Melitturga, Panurginus, Panurgus. In *Fauna Helvetica 26* (Issue 26). Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Amiet, F., Müller, A., & Neumeyer, R. (1999). Apidae 2: Colletes, Dufourea, Hyleaus, Nomia, Nomioides, Rhophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha. In *Fauna Helvetica 4* (Vol. 4). Schweizerische Entomologische Gesellschaft.

Andretzke, H., Schikore, T., & Schröder, K. (2005). Artensteckbriefe. In P. Südbeck (Ed.), *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands* (pp. 135–695).

ARGE Streuobst. (n.d.). *Biodiversität im Obstgarten*. Retrieved June 5, 2023, from https://argestreuobst.at/service/biodiversitat-im-obstgarten/

ARGE Streuobst. (2017). Streuobst – Definition für Österreich. In Fachorgan des Österr. Bundes-Obstbauverbandes (Ed.), *Besseres Obst: Vol. 10/11*. Österreichischer Agrarverlag.

Arlettaz, R. (1996). Foraging behaviour of the gleaning bat Myotis nattereri (Chiroptera, Vespertilionidae) in the Swiss Alps. *Mammalia*, *60*(2), 181–186. https://doi.org/10.1515/mamm.1996.60.2.181

Austrian Butterfly Conservation. (2021). *Transekt-Anleitung* (pp. 1–7). Gesellschaft für Schmetterlingsschutz. https://austrian-butterfly-conservation.jimdosite.com/links-und-downloads/

Avifaunistische Kommission Österreich. (2024). *Artenliste der Vögel Österreichs. Fassung Jänner 2024.* https://www.birdlife-afk.at/artenliste-species-list/

Bader, R., & Holler, C. (2013). Extensiver Obstbau in Österreich: Erfassung in der Statistik und

Entwicklung seit 1930. *Statistische Nachrichten*, *4*(2013).

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. M., & Walker, S. C. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, *67*(1), 1–48. https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Bauer, Bezzel, & Fiedler. (2005a). *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas - Nonpasseriformes - Nichtsperlingsvögel.* (2nd Editio). Aula-Verlag GmbH.

Bauer, Bezzel, & Fiedler. (2005b). *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas - Passeriformes - Sperlingsvögel* (2nd Editio). Aula-Verlag GmbH.

BEV. (n.d.). *Kataster Stichtagsdaten*. https://www.bev.gv.at/Services/Produkte/Kataster-und-Verzeichnisse/Kataster-Stichtagsdaten.html

Bilonozhko, Y., Tokarieva, O., Heinze, B., & Kodym, A. (2023). *MISTELUR Misteln im urbanen Raum als Frühwarnsystem für klimabedingte Waldschäden. Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Wien*.

BirdLife Österreich. (2016). *Brutzeit-Tabelle*. https://www.birdlife.at/

BirdLife Österreich. (2018). *Monitoring der Brutvögel Österreichs Kurzinformation*. https://www.birdlife.at/

Bosch, H.-T. (2017). *Mistelbefall am Apfelhochstamm.- Vortrag 11. Streuobsttag Baden-Württemberg*.

Bosch, S., & Lurz, P. (2022). Die Ausbreitung des Halbschmarotzers Mistel. *Biologie Unserer Zeit*, *52*(3), 285–291.

Bota, G., Manzano-rubio, R., Catalán, L., Gómez-Catasús, J., & Pérez-Granados, C. (2023). Hearing to the Unseen: AudioMoth and BirdNET as a Cheap and Easy Method for Monitoring Cryptic Bird Species. *Sensors*, *23*, 7176. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23167176

Brader, M. (2024). Nilgans Alopochen aegyptiaca, Höckerschwan Cygnos olor. In N. Teufelbauer, B. Seaman, J. A. Hohenegger, E. Nemeth, E. Karner-Ranner, R. Probst, A. Berger, L. Lugerbauer, H. M. Berg, & C. Laßnig-Wlad (Eds.), *Österreichischer Brutvogelatlas 2013-2018* (pp. 106–109). Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, *45*, 5–32.

Breinesberger, J., Holler, C., Bernkopf, M., Engelmeier, K., Silhavy-Richter, K., Hinterbichler, E., & Silber, R. (2024). *Streuobstanbau in Österreich. Immaterielles Kulturerbe der UNESCO*.

Brown, C. F., Kazmierski, M. R., Pasquarella, V. J., & Rucklidge, W. J. (2025). AlphaEarth Foundations : An embedding field model for accurate and efficient global mapping from sparse label data. *ArXiv Preprint ArXiv.2507.22291*, *arXiv.2507*.

Chen, B., Jin, Y., & Brown, P. (2019). An enhanced bloom index for quantifying floral phenology using multi-scale remote sensing observations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *156*, 108–120. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.08.006

Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., & Bommarco, R. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, *5*, eaax0121. https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121

Dalponte, M., & Coomes, D. A. (2016). Tree-centric mapping of forest carbon density from airborne laser scanning and hyperspectral data. *Methods in Ecology and Evolution*, *7*, 1236–1245. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12575

Daryaei, A., Lechner, M., Iglseder, A., Waser, L. T., & Immitzer, M. (2025). Remote Sensing Applications: Society and Environment Sentinel-2 vs. PlanetScope: Comparison and combination for tree species classification in two central European forest ecosystems. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *38*, 101617. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101617

Dathe, H. H., Scheuchl, E., & Ockermüller, E. (2016). Illustrierte Bestimmungstabelle für die Arten der Gattung Hylaeus F. (Maskenbienen) in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Entomologica Austriaca*, *Supplement*, 51.

Dierschke, H., & Briemle, G. (2002). *Kulturgrasland. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht*. Ulmer Verlag.

Dvorak, M., Landmann, A., Teufelbauer, N., Wichmann, G., Berg, H. M., & Probst, R. (2017). Erhaltungszustand und Gefährdungssituation der Brutvögel Österreichs: Rote Liste (5. Fassung) und Liste für den Vogelschutz prioritärer Arten (1. Fassung). *Egretta*, *55*, 6–42.

Ebmer, A. W. (1969). Die Bienen des Genus Halictus Latr. S. L. im Großraum von Linz (Hymenoptera, Apidae): Systematik, Biogeographie, Ökologie und Biologie mit Berücksichtigung aller bisher aus Mitteleuropa bekannten Arten. Teil I. Mit neun Bildtafeln. *Natkdl. Jb. Stadt Linz*, *1969*, 133–183.

Ebmer, A. W. (1971). Die Bienen des Genus Halictus Latr.S.L. im Großraum von Linz (Hymenoptera, Apidae): Teil III mit 19 Bildtafeln. *Natkdl. Jb. Stadt Linz*, 63–156.

Ebmer, P. A. W. (1969). *Die Bienen des Genus Halicuts Latr.S.L. im Großraum von Linz (Hymenoptera, Apidae): Systematik, Biogeographie, Ökologie und Biologie mit Berücksichtigung aller bisher aus Mitteleuropa bekannten Arten. Teil 1*. Naturkundliche Station Stadt Linz.

Ellmauer, T., Igel, V., Kudrnovsky, H., Moser, D., & Paternoster, D. (2020). *Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016–2018 und Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Art.17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019: Teil 2: Artikel 17-Bericht.* https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2366&cHash=12aabea35b4ba8f9e37d0eafe1b09512

Europäische Union. (1992). *Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A31992L0043

Europäische Union. (2019). *Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0147

García, D., Miñarro, M., & Martínez-Sastre, R. (2018). Birds as suppliers of pest control in cider apple orchards: Avian biodiversity drivers and insectivory effect. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *254*(December 2017), 233–243. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.034

Gokcezade, J. F., Gereben-Krenn, B. A., & Neumayer, J. (2018). *Feldbestimmungsschlüssel für Hummeln Deutschlands, Österreichs und der Schweiz* (2nd Editio). Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co.

Grüll, A. (2024). Straßentaube Columba livi forma domestica. In N. Teufelbauer, B. Seaman, J. A. Hohenegger, E. Nemeth, E. Karner-Ranner, R. Probst, A. Berger, L. Lugerbauer, H. M. Berg, & C. Laßnig-Wlad (Eds.), *Österreichischer Brutvogelatlas 2013-2018* (pp. 174–175). Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.

Habel, J. C., Dengler, J., Janišová, M., Török, P., Wellstein, C., & Wiezik, M. (2013). European grassland ecosystems: Threatened hotspots of biodiversity. *Biodiversity and*

Conservation, *22*(10), 2131–2138. https://doi.org/10.1007/s10531-013-0537-x

Holler, C. (2013). *Managementplan für das Streuobstwiesengebiet in Stoob - erstellt im Rahmen des Leader Projekts „Lebendiger Noplerberg – Biri“*.

Holler, C. (2019). *Streuobstwiesenerhaltung in der Mürztaler Streuobstregion. Endbericht. Leader Projekt i. A. d. ARGE Mürztaler Herzimpulse*.

Holler, C. (2023). *Streuobstbaufachlicher Projektteil ELER-Projekt „Die Zwergohreule in den Streuobstwiesen des Südburgenlandes“.- Endbericht i.A.d. Naturschutzbund*.

Holler, C., & Hausmann, K. (2025). *Erhebung und Bewertung der Streuobstwiesen im Naturpark Rosalia-Kogelberg.- Studie im Auftrag des Naturparks Rosalia-Kogelberg*.

Holler, C., & Schlögl, G. (2024). *Weiterentwicklung Naturjuwel Noplerberg-Biri. Grundlagen für die Biotoppflege im Landschaftsschutzgebiet „Biri – Noplerberg Stoob“ und für im Nahbereich liegende Wiesenflächen. Studie im Auftrag der Marktgemeinde Stoob*.

Holler, C., Spornberger, A., Engelmeier, M., & Kajtna, B. (2024). *Perspektiven für den Streuobstanbau im Klimawandel.- In StartClim2023: Biodiversität, Klimakippeffekte und sozioökonomische Klimaindikatoren, Auftraggeber: BMK, BMWFW, Klima- und Energiefonds, Land Oberösterreich*.

Holler, C., Weiss, S., Schroll, K., Neubauer, E., Schnetzer, N., & Lampert, A. (2014). *“Streuobstkartierung Südburgenland” - Studie i. A. d. Naturschutzbund Burgenland. Abschlussbericht Leader-Projekt*.

Horak, J., Peltanova, A., Podavkova, A., Safarova, L., Bogusch, P., Romportl, D., & Zasadil, P. (2013). Biodiversity responses to land use in traditional fruit orchards of a rural agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *178*, 71–77. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.020

Höttinger, H., Pendl, M., Wiemers, M., & Pospisil, A. (2013). Insekten in Wien: Tagfalter. In H. Zettel, S. Gaal-Haszler, W. Rabitsch, & E. Christian (Eds.), *Insekten in Wien* (p. 349). Gesellschaft für Entomofaunistik. https://www.oegef.at/downloads

Immitzer, M., Atzberger, C., & Koukal, T. (2012). Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band WorldView-2 Satellite Data. *Remote Sensing*, *4*, 2661–2693. https://doi.org/10.3390/rs4092661

Immitzer, M., Neuwirth, M., Böck, S., Brenner, H., Vuolo, F., & Atzberger, C. (2019). Optimal input features for tree species classification in Central Europe based on multi-temporal Sentinel-2 data. *Remote Sensing*, *11*(22). https://doi.org/10.3390/rs11222599

Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, *61*, 101236. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236

Kajtoch, Ł. (2017). The importance of traditional orchards for breeding birds: The preliminary study on Central European example. *Acta Oecologica*, *78*, 53–60. https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.12.010

Kevan, P. G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: Species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *74*(1–3), 373–393. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00044-4

Kornprobst, M. (1994). Lebensraumtyp Streuobst. In Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) (Ed.), *Landschaftspflegekonzept Bayern*. ANL.

Kropfberger, J., Reiter, G., & Schmotzer, I. (2015). Quartier- und Lebensraumnutzung der

Bech- steinfledermaus im Naturpark Obst-Hügel-Land. *ÖKO-L*, *37*(3), 21–27.

Lechner, M., Dostálová, A., Hollaus, M., Atzberger, C., & Immitzer, M. (2022). Combination of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Tree Species Classification in a Central European Biosphere Reserve. *Remote Sensing*, *14*(11), 1–16. https://doi.org/10.3390/rs14112687

Leitner, M., Sacher, C., Sanglhuber, E., Schnetzer, N., & Weiss, S. (2011). *Lebendiger Noplerberg „Biri“ - Ergebnisse zur Vegetation des Offenlandes und der Landschaftselemente - Vorschläge für eine zukünftige Bewirtschaftung.- Studie i. A. von Marktgemeinde und Obstbauverein Stoob.*

Maringer, J., Radtke, M., & Schulz, C. (2024). *Klimawandelanpassung im Streuobst - Potentialstudie für klimaresiliente Bewirtschaftungssysteme und Erprobung alternativer Baumarten und Anbausysteme*.

Marsoner, T., Simion, H., Giombini, V., Vigl, L. E., & Candiago, S. (2023). A detailed land use/land cover map for the European Alps macro region. *Scientific Data*, *10*, 468. https://doi.org/10.1038/s41597-023-02344-3

Meng, J., Li, L., Liu, H., Li, Y., Li, C., Wu, G., Yu, X., Guo, L., Cheng, D., Muminov, M. A., Liang, X., & Jiang, G. (2016). Biodiversity management of organic orchard enhances both ecological and economic profitability. *PeerJ*, *2016*(23), 1–22. https://doi.org/10.7717/PEERJ.2137

Middleton, N., Froud, A., & French, K. (2022). *Social Calls of the Bats of Britain and Ireland*. Pelagic Publishing. https://doi.org/DOI: 10.53061/OELT7442

Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., … Weedon, J. (2025). Package 'vegan' - Community Ecology Package. Version2.7-2. *CRAN*. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan

Pachinger, B. (2022). *Erfassung der Wildbienen in Österreich (MoWi)*. https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=de&menue_id_in=300&id_in=15005

Pascher, K., Hainz-Renetzeder, C., Sachslehner, L., Frank, T., & Pachinger, B. (2020). *BINATS II – Erfassung der Biodiversität in den österreichischen Ackerbaugebieten anhand der Indikatoren Landschaftsstruktur, Gefäßpflanzen, Heuschrecken, Tagfalter und Wildbienen - 2. Erhebungsdurchgangn 2017/18 nach zehn Jahren. Studie im Auftrag des Bun* (Vol. 2020, Issue Endbericht 2020).

Pascher, K., Moser, D., Dullinger, S., Sachslehner, L., Gros, P., Sauberer, N., Traxler, A., & Frank, T. (2010). *Biodiversität in österreichischen Ackerbaugebieten im Hinblick auf die Freisetzung und den Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen. BINATS - Biodiverity - Nature - Safety*.

Pascher, K., Moser, D., Sachslehner, L., Höttinger, H., Sauberer, N., Dullinger, S., Traxler, A., & Frank, T. (2009). *Kartierhandbuch zur Biodiversitätserfassung im Agrarraum: Gefäßpflanzen, Tagfalter, Heuschrecken, sowie Zuordnung von Landschaftsstrukturen zu ausgewählten Biotoptypen.*

Peer, M., Kratschmer, S., Bürgler, M., Hussain, R. I., Rabl, D., Walcher, R., Schernhammer, T., Maas, B., Schuller, N., Vogel, N., Heer, M., Zwatz, S., Krautzer, B., Moser, D., & Frank, T. (2024). Development of insects in newly established grassland over six years: Increased conservation benefits through diverse plant communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *373*(April), 109113. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109113

Pfeiffer, B., & Marckmann, U. (2020). Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen Teil 1- Gattungen Nyctalus, Eptesicuts, Vespertilio, Pipistrellus (nyctaloide und pipistrelloide Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen. In Bayrisches Landesamt für Umwelt (Ed.), *Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen Teil 1- Gattungen Nyctalus, Eptesicuts, Vespertilio, Pipistrellus (nyctaloide und pipistrelloide Arten), Mopsfledermaus, Langohrfledermäuse und Hufeisennasen* (p. 86).

Pfeiffer, B., & Marckmann, U. (2022). Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen Teil 2- Gattung Myotis. In Bayrisches Landesamt für Umwelt (Ed.), *Bestimmung von Fledermausrufaufnahmen und Kriterien für die Wertung von akustischen Artnachweisen Teil 2- Gattung Myotis* (p. 46).

Probst, R., & Uhl, H. (2024). Nebelkrähe Corvus cornix. In N. Teufelbauer, B. Seaman, J. A. Hohenegger, E. Nemeth, E. Karner-Ranner, R. Probst, A. Berger, L. Lugerbauer, H. M. Berg, & C. Laßnig-Wlad (Eds.), *Österreichischer Brutvogelatlas 2013-2018* (pp. 376–377). Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.

R Core Development Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* (4.4.3). https://www.r-project.org/

Rada, P., Bogusch, P., Pech, P., Pavlíček, J., Rom, J., & Horák, J. (2023). Active management of urban fruit orchard meadows is important for insect diversity. *Ecological Engineering*, *186*(October 2022). https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106833

Radzevičiūtė, R., Theodorou, P., Schlegel, M., & Paxton, R. J. (2021). A two-part modelling approach reveals a positive effect of pollinator biodiversity in boosting the pollination of apple flowers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *306*(November 2019). https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107197

Reverté, S., Miličić, M., Ačanski, J., Andrić, A., Aracil, A., Aubert, M., Balzan, M. V., Bartomeus, I., Bogusch, P., Bosch, J., Budrys, E., Cantú-Salazar, L., Castro, S., Cornalba, M., Demeter, I., Devalez, J., Dorchin, A., Dufrêne, E., Đorđević, A., … Vujić, A. (2023). National records of 3000 European bee and hoverfly species: A contribution to pollinator conservation. *Insect Conservation and Diversity*, *16*(6), 758–775. https://doi.org/10.1111/icad.12680

Röbbelen, F. (n.d.). *Mahd und Tagfalter – eine Übersicht*.

Rouse, J., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication . Presented at the Third EERTS Symposium. Presented at the Third EERTS Symposium*, 309–317.

Russ, J. (2021). *Bat Calls of Britain and Europe* (J. Russ (ed.)). Pelagic Publishing.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. (2012). *Nützlinge in Obstanlagen und Gärten*. *8*, 1–38.

Scharnhorst, V. S., Thierolf, K., Neumayer, J., Becsi, B., Formayer, H., Lanner, J., Ockermüller, E., Mirwald, A., König, B., Kriechbaum, M., Meimberg, H., Meyer, P., Rupprecht, C., & Pachinger, B. (2023). Changes in Community Composition and Functional Traits of Bumblebees in an Alpine Ecosystem Relate to Climate Warming. *Biology*, *12*(2), 1–22. https://doi.org/10.3390/biology12020316

Scheuchl, E. (2000). *Illustrierte Bestimmungstabellen der Widbienen Deutschlands und Österreichs Band 1: Schlüssel der Gattungen und der Arten der Familie Anthophoridae*. Eigenverlag.

Scheuchl, E. (2006). *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und*

Österreichs Band 2: Megachilidae - Melittidae. (2nd ed.). Eigenverlag.

Scheuchl, E., & Willner, W. (2016). *Taschenlexikon der Wildbienen Mitteleuropas: Alle Arten im Porträt*. Quelle & Meyer Verlag.

Schindler, M., & Peters, B. (2011). Eignen sich die Mauerbienen Osmia bicornis und Osmia cornuta als Bestäuber im Obstbau? *Erwerbs-Obstbau*, *52*(3), 111–116. https://doi.org/10.1007/s10341-010-0118-z

Schindler, S., Neuwirth, M., Moser, D., Adam, M., Hofmeister, J., Lackner, S., Paternoster, D., Staudinger, M., Zuna-Kratky, T., Gallmetzer, N., Sauberer, N., Richter, P., Heimbuch, H., Guariento, E., Wegleitner, S., Oberleitner, I., Stejskal-Tiefenbach, M., & Banko, G. (2021). *Österreichisches Biodiversitätsmonitoring ÖBM – Kulturlandschaft*.

Schliebner, S., Decker, P., & Schlitt, M. (2023). *Streuobstwiesen im Klimawandel. Ein Leitfaden*.

Schmid-Egger, C., & Scheuchl, E. (1997). *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs unter Berücksichtigung der Arten der Schweiz Band 3: Schlüssel der Arten der Familie Andrenidae*. Eigenverlag.

Schramayr, G., & Nowak, H. (2000). *Obstgehölze in Österreich: Ökologie, Landschaft und Naturschutz*.

Singer, D., Hagge, J., Kamp, J., Hondong, H., & Schuldt, A. (2024). Aggregated time-series features boost species-specific differentiation of true and false positives in passive acoustic monitoring of bird assemblages. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, *10*(4), 517–530. https://doi.org/10.1002/rse2.385

Solomon, M. G., Cross, J. V., Fitzgerald, J. D., Campbell, C. A. M., Jolly, R. L., Olszak, R. W., Niemczyk, E., & Vogt, H. (2000). Biocontrol of pests of apples and pears in northern and central Europe - 3. Predators. *Biocontrol Science and Technology*, *10*(2), 91–128. https://doi.org/10.1080/09583150029260

Spitzenberger, F. (2005). Rote Liste der Säugetiere Österreichs (Mammalia). In K. P. Zulka (Ed.), *Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs, Grüne Reihe Band 14/1* (pp. 45–62). Böhlau Verlag GesmbH&Co.KG.

Statistik Austria. (2022). *Landwirtschaftlicher Extensivobstbau 2020*. https://statistik.at/fileadmin/pages/163/LandwExtObstbau2020.pdf

Steffan-Dewenter, I., & Leschke, K. (2003). Effects of habitat management on vegetation and above-ground nesting bees and wasps of orchard meadows in Central Europe. *Biodiversity and Conservation*, *12*, 1953–1968.

Stettmer, C., Bräu, M., Gros, P., & Wanninger, O. (2022). *Die Tagfalter Deutschlands und Österreichs*. Bayrische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL).

Svensson, L., Mullarney, K., & Zetterström, D. (2025). *Der Kosmos Vogelführer - Alle Arten Europas, Nordafrikas und Vorderasien.* Franckh-Kosmos Verlags GmbH & Co. KG.

Teufelbauer, N. (2010). The Farmland Bird Index for Austria – first results of the changes in populations of common birds of farmed land. *Egretta*, *51*, 35–50.

Teufelbauer, N., Seaman, B., Hohenegger, J. A., Nemeth, E., Karner-Ranner, E., Probst, R., Berger, A., Lugerbauer, L., Berg, H. M., & Laßnig-Wlad, C. (2024). *Österreichischer Brutvogelatlas 2013-2018*. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien.

Tscharntke, T., Gathmann, A., & Steffan-Dewenter, I. (1998). Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: Community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, *35*(5), 708–719. https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.355343.x

Università degli Studi di Padova. (2025). *PollHab - Pollinators typical of habitats protected under the Habitats Directive - Inception report*. https://pollhab.com/

Weiss, S. (2019). *Vegetationsökologische Kartierung. Streuobstwiesenerhaltung in der Mürztaler Streuobstregion.- Studie i.A.d. ARGE Mürztaler Herzimpulse, Kindberg*.

Westrich, P. (2018). *Die Wildbienen Deutschlands*. Eugen Ulmer KG.

Winiarska, D., Szymański, P., & Osiejuk, T. S. (2024). Detection ranges of forest bird vocalisations: guidelines for passive acoustic monitoring. *Scientific Reports*, *14*, 894. https://doi.org/10.1038/s41598-024-51297-z

Wood, C. M., & Kahl, S. (2024). Guidelines for appropriate use of BirdNET scores and other detector outputs. *Journal of Ornithology*, *165*(3), 777–782. https://doi.org/10.1007/s10336-024-02144-5

Wright, M. N., Wager, S., & Probst, P. (2025). *Package ‘ ranger .’* https://doi.org/10.32614/CRAN.package.ranger

Zörner, J., Dymond, J. R., Shepherd, J. D., Wiser, S. K., & Jolly, B. (2018). LiDAR-Based Regional Inventory of Tall Trees — Wellington , New Zealand. *Forests*, *9*, 702. https://doi.org/10.3390/f9110702

Zukrigl, V. (2023). *Kartierung von Streuobstbeständen im Naturpark Pöllauer Tal. -Studie im Auftrag des Naturparks Pöllauer Tal*.

9 Anhang