

**Bachelor-Arbeit** (Naturwissenschaften und Technik)

Bachelor-Studiengang in Umweltnaturwissenschaften

## Vergleich verschiedener Kartierungsmethoden zur Erfassung von für Wiesel relevanten Kleinstrukturen

Referentin: Monika Anna Maria Niederhuber

Institut für Terrestrische Oekosysteme

Moritz Breitenmoser

(17-926-478)

15. Januar 2022

## Abstract

Im Rahmen des Projektes "Wiesellandschaft Jurapark" findet im Jurapark Aargau eine Förderung von Wiesel-gerechten Habitaten statt. Um zu erkennen, wo Aufbesserungen notwendig sind, ist eine Erfassung der bereits vorhandenen Strukturen notwendig. Im Fokus stehen dabei für Wiesel besonders wichtige Kleinstrukturen, wie etwa Ast- oder Steinhaufen, die für ihre Lebensweise zentral sind. In dieser Arbeit werden verschiedene dafür in Frage kommenden Kartierungsmethoden verglichen - konkret eine Erfassung im Feld, eine visuelle Interpretation von Drohnenaufnahmen und eine automatische Klassifizierung von Drohnenaufnahmen. Die Kartierung im Feld liefert die qualitativ besten Resultate, benötigt aber auch mit Abstand am meisten Zeit und eine sorgfältige Planung. Eine visuelle Interpretation der Drohnenaufnahmen ist insgesamt etwa 13 mal schneller, kann dafür aber nicht alle Strukturen erfassen. Besonders Objekte an Waldrändern und solche, die auf den Drohnenaufnahmen nicht klar erkennbar sind, verhindern eine vollständige Erfassung aller Kleinstrukturen. Die automatische Klassifizierung wurde auf verschiedene Arten ausgeführt, unüberwacht und überwacht, die sich in darin unterscheiden, wie viele Bedingungen der Nutzer vorgibt und wie viel dabei der Software überlassen wird. Beide Methoden wurden wiederum in verschiedenen Ansätzen durchprobiert mit verschiedenen vielen oder unterschiedlich definierten Zielklassen. Keine der erstellten automatischen Klassifizierungen lieferten zufriedenstellende Resultate, Kleinstrukturen konnten von keiner der Methoden konsequent erkannt werden. Es ist denkbar, dass weitere automatische Klassifizierungen mit einer breiteren Datengrundlage (z.B. inklusive Höhenmodellen oder Infrarotaufnahmen) bessere Resultate erzielen. Für eine gesamthafte Kartierung des Jurapark Aargau ist eine Kombination verschiedener Kartierungsmethoden empfehlenswert, um sowohl Qualität der Resultate als auch den Arbeitsaufwand zu optimieren.

## Dank

Ich bedanke mich herzlich bei meiner Referentin, Monika Niederhuber, für ihre Unterstützung, Feedback und Geduld, die sie mir entgegen gebracht hat. Trotz der schwierigen Umstände während der Arbeitszeit konnte ich mich immer auf sie verlassen.

Ich möchte mich auch herzlich bei Lea Reusser vom Jurapark Aargau bedanken, für alle ihre hilfreichen Ratschläge und Rückmeldungen.

Ebenso gilt mein Dank Florian Wilken, für seine Rolle bei der Drohnenbefliegung sowie seine Auskünfte bezüglich aller technischen Details.

Besonderer Dank gilt meinen Vater, für seine tatkräftige Mithilfe bei der Feldarbeit sowie sein ausführliches Korrekturlesen.

## Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	2
Dank.....	2
1. Einführung .....	4
2. Feldkartierung .....	6
2.1 Methodik .....	6
2.2 Resultate und Diskussion.....	8
3. Visuelle Interpretation .....	10
3.1 Methodik .....	10
3.1.1 Drohnenbefliegung.....	10
3.1.2 Auswertung .....	10
3.2 Resultate und Diskussion.....	11
4. Automatische Klassifizierung.....	14
4.1 Methodik .....	14
4.1.1 Bildsegmentierung .....	16
4.1.2 Überwachte und unüberwachte Klassifizierung .....	18
4.2 Resultate und Diskussion.....	20
4.2.1 Unüberwachte Klassifizierung .....	20
4.2.2 Überwachte Klassifizierung .....	22
4.2.3 Diskussion.....	23
5. Vergleich der Methoden .....	24
5.1 Zeitaufwand.....	24
5.2 Qualitative Unterschiede.....	24
6. Fazit und Ausblick.....	26
Referenzen .....	27
Anhang .....	28
Anhang 1: Bildsegmentierungen .....	28
Anhang 2: Unüberwachte automatische Klassifizierungen.....	32
Anhang 3: Überwachte automatische Klassifizierungen.....	36
Anhang 4: Eigenständigkeitserklärung .....	41

## 1. Einführung

Als kleinste heimische Raubtiere besetzen die beiden in der Schweiz heimischen Wieselarten, das Hermelin (*Mustela erminea*) und das Mauswiesel (*Mustela nivalis*), eine besondere ökologische Nische (Marchesi, 2010). Durch ihre geringe Grösse sind Wiesel selbst auch Beute von grösseren Räubern wie Eulen, Greifvögeln oder Füchsen. Wiesel benötigen deshalb Strukturen in ihrem Habitat, die eine ungesehene Fortbewegung erlauben, sowie sichere Rückzugsmöglichkeiten. Zur Hauptbeute von Wiesel gehören Schermäuse, Feldmäuse und Erdmäuse (Marchesi, 2010), was ihnen auch eine Rolle als Schädlingsbekämpfer zuteilt und sie für die Landwirtschaft interessant macht.

Ein ideales Wieselhabitat enthält also geeignete Jagdgebiete, hohe Vegetation wie Altgrasstreifen, Hecken oder Säume, die den Wiesel eine unbemerkte Bewegung ermöglichen, sowie Unterschlupfmöglichkeiten wie Ast- oder Steinhaufen, die eine Aufzucht der Jungtiere in von Räubern und Witterung geschützten Kammern bieten. Solche Habitate sind durch Diversität geprägt und ihre Förderung unterstützt die allgemeine Biodiversität in der Landschaft.

Der Jurapark Aargau ist ein Regionaler Naturpark nördlich von Aarau, der sich insgesamt auf 28 Gemeinden verteilt (Jurapark Aargau, 2018a). Der Jurapark Aargau beinhaltet somit sowohl besiedelte Regionen als auch Gebiete von besonderem Interesse in Sachen Natur- und Landschaftsschutz (Jurapark Aargau, 2018a). Deshalb werden im Jurapark Aargau Projekte in verschiedenen Bereichen realisiert, unter anderem zur Förderung regionaler Kultur, nachhaltiger Wirtschaft oder zum Schutz lokaler Biodiversität (Jurapark Aargau, 2018b)

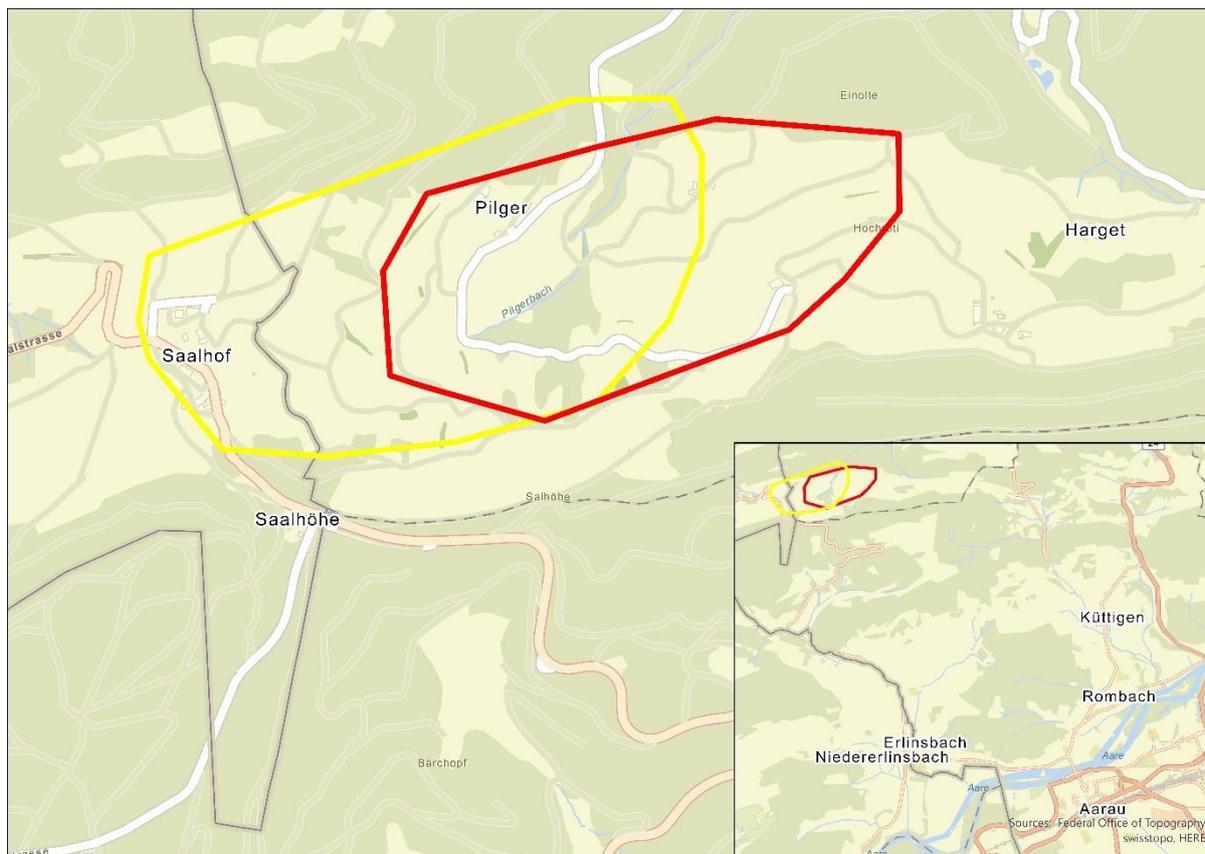


Abbildung 1: Die untersuchten Referenzgebiete und ihre Lage relativ zu umliegenden Ortschaften (kleine Übersichtskarte unten rechts). Gelb: Drohnenreferenzgebiet, rot: Feldreferenzgebiet

Ein solches Projekt heisst "Wiesellandschaft Jurapark", in dem durch Anlegen geeigneter Kleinstrukturen eine Förderung Wiesel-freundlicher Habitate stattfindet (Wieselnetz | WIN, 2017). Um den Erhalt

und Ausbau der Kleinstrukturen durchführen zu können, ist eine Kartierung der vorhandenen Strukturen notwendig. Dabei ist auch ein Ziel, den Arbeitsaufwand pro Kartierung möglichst klein zu halten und trotzdem quantitativ und qualitativ aussagekräftige Resultate zu produzieren.

Gegenstand dieser Arbeit ist es, verschiedene Kartierungsmethoden, die für diesen Zweck in Frage kommen, miteinander zu vergleichen. Konkret werden Erhebungen im Feld via der "Collector for ArcGIS" App mit Auswertungen von Drohnenaufnahmen verglichen. Die Drohnenbilder werden durch menschliche Interpretation sowie durch automatische Klassifizierung der ArcGIS Pro Software ausgewertet. Die Fragestellungen dieser Arbeit lauten somit:

- Wie unterscheiden sich die Kartierungsmethoden Feldkartierung, visuelle Interpretation von Drohnenaufnahmen und automatische Klassifizierung von Drohnenaufnahmen in Bezug auf ihren Arbeitsaufwand und die Qualität der Resultate hinsichtlich der Erfassung von für Wiesel relevanten Kleinstrukturen?
- Welche der Methoden der automatischen Klassifizierung (unüberwacht, überwacht) liefert qualitativ bessere Resultate?

Der Begriff "Qualität" bezieht sich hierbei auf Genauigkeit, Aussagekraft und Korrektheit der Resultate.

Die untersuchten Referenzgebiete liegen im Südwesten des Jurapark Aargau, östlich des Saalhofes (Abbildung 1). Die beiden Gebiete überlappen in einer Kernzone, das Drohnenreferenzgebiet erstreckt sich weiter nach Westen, das Feldreferenzgebiet weiter nach Osten. Dadurch ist ein direkter Vergleich der Methoden innerhalb der Kernzone möglich, während auch unabhängige Kontrollflächen existieren.

## 2. Feldkartierung

"Feldkartierung" bezeichnet die Methode, Kleinstrukturen und Streifen vor Ort zu erfassen, in diesem Fall mittels einer App auf Smartphones. Andere Erfassungsmethoden, zum Beispiel via GPS Gerät oder einer Karte auf Papier sind durchaus auch möglich, resultieren aber je nach dem in anderen Zeitaufwänden.

### 2.1 Methodik

Die Kartierung des Feldreferenzgebietes (ca. 0.9 km<sup>2</sup> gross) wurde am 13. und 14.07.2020 von zwei Personen mittels der "Collector for ArcGIS" App via zwei Smartphones durchgeführt. Dazu wurde vor-gängig ein konzeptionelles Datenmodell erstellt (Abbildung 2). Dieses wurde dann mittels ArcGIS Pro in ein logisches Modell übersetzt und auf ArcGIS Online geladen, worauf von der App aus zugegriffen und Datenpunkte erfasst werden konnten. Das Gebiet wurde Stück für Stück abgegangen und alle relevanten Strukturen wurden mit ihrer geografischen Position in der ArcGIS Collector App erfasst (Abbildung 3).

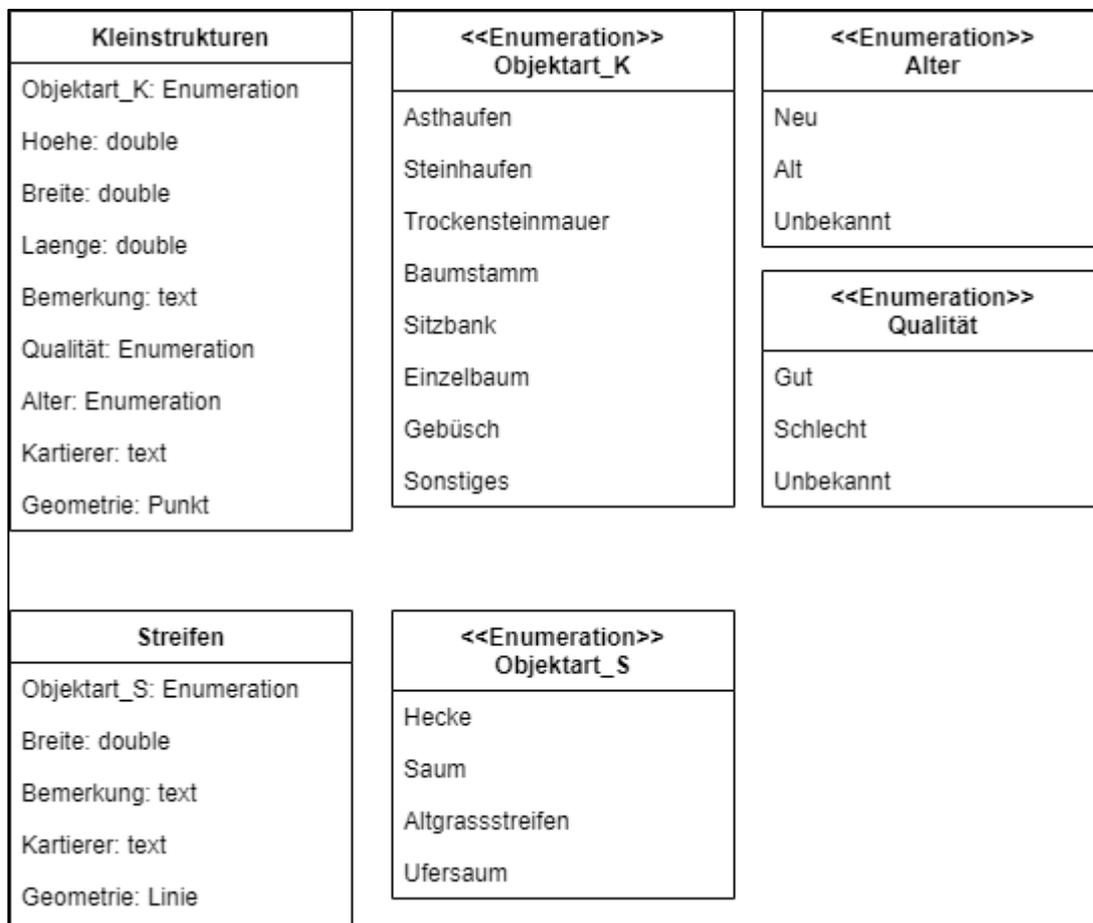


Abbildung 2: Verwendetes konzeptionelles Datenmodell. Links sind die Attribute der Kleinstrukturen und Streifen gezeigt, rechts die verwendeten Enumerations innerhalb dieser Attribute.

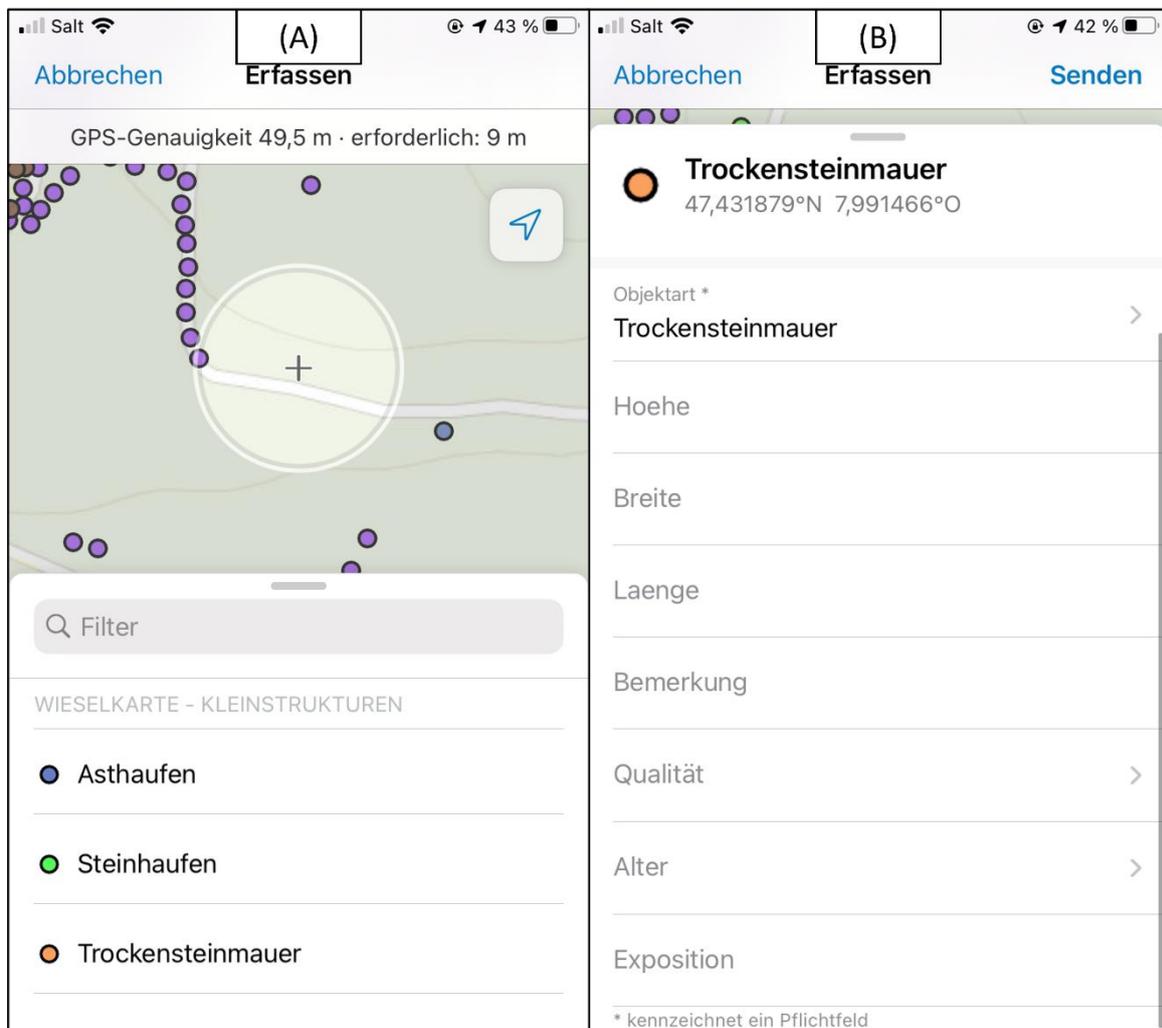


Abbildung 3: Bildschirmfotos aus der Erfassung durch die "Collector for ArcGIS" App. (A) Setzen eines Datenpunktes (B) Erfassung der Attribute, welche vorgängig festgelegt wurden.

Die Attribute "Alter" und "Qualität" wurden nur für Ast- und Steinhaufen erfasst, da sie bei anderen Strukturen keine Relevanz besitzen. Bei Einzelbäumen wurde zusätzlich vermerkt, falls es sich um junge Bäume handelt. Strukturen in Wäldern wurden nicht kartiert, da solche mit Drohnenaufnahmen nicht erfasst werden können und für Wiesel nur Waldränder relevant sind (Marchesi, 2010). In der Kategorie "Sonstiges" wurden andere potentiell interessante Kleinstrukturen, wie Baumstrünke oder von Vegetation umgebene Strommasten erfasst.

## 2.2 Resultate und Diskussion

Die Feldkartierung dauerte insgesamt etwa 20 Arbeitsstunden (10 h pro Person). Dabei wurden total 899 Objekte erfasst, wovon Einzelbäume mit einer Anzahl von 496 den grössten Anteil ausmachen. 494 der Objekte liegen in der Kernzone (Tabelle 1; Abbildung 4).

	Anzahl
Objekte insgesamt	899
Objekte in der Kernzone	494
Einzelbäume	496
Gebüsche	282
Asthaufen	12
Steinhaufen	3
Baumstämme	3
Scheiterbeigen	6
Sitzbänke	4
Sonstiges	20
Nicht identifizierbare Objekte	0

*Tabelle 1: Resultate der Feldkartierung*

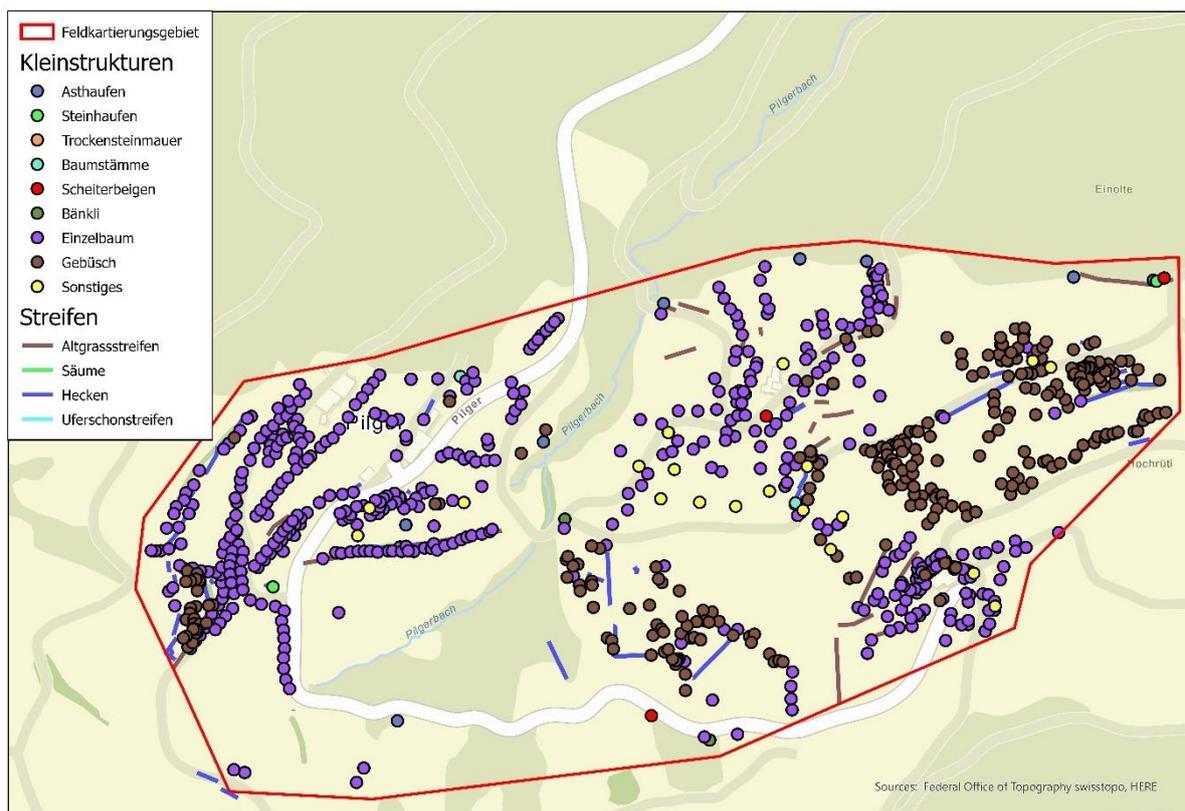


Abbildung 4: Die in der Feldkartierung erfassten Kleinstrukturen und Streifen.

Der Jurapark Aargau umfasst eine ungefähre Fläche von 241 km<sup>2</sup> (Jurapark Aargau, 2017). Diese Fläche setzt sich aus verschiedenen Landschaftstypen zusammen, die nicht alle relevant sind für eine solche Untersuchung. Der Jurapark Aargau besteht aus 43% Forstwirtschaftsfläche, 48% Landwirtschaftsfläche, 8% Siedlung und 1% unproduktive Fläche (Jurapark Aargau, persönliche Kommunikation, 6.10.2021). Da Wiesel keine Waldflächen bewohnen, können die 43% Forstwirtschaftsfläche von der

Berechnung abgezogen werden. Somit bleibt noch eine Gesamtfläche von 137.7 km<sup>2</sup>, die den restlichen 57% entspricht. In der kartierten Fläche ergab sich ein Arbeitsaufwand-Flächen-Verhältnis von 22.2 h/km<sup>2</sup> (20 Arbeitsstunden für 0.9km<sup>2</sup>) (Tabelle 2). Falls in den andere Teilen des Jurapark Aargau ein ähnlicher Arbeitsaufwand pro Fläche zu erwarten ist, bedeutet dies für eine Kartierung des gesamten Parks mit dieser Methode einen ungefähren Arbeitsaufwand von 3056.94 h, was etwa 382 Arbeitstagen oder 76 Arbeitswochen entspricht. Diese sehr grobe Schätzung soll nur illustrieren, in welcher Grössenordnung sich der Aufwand einer Feldkartierung des gesamten Gebietes befindet. Für eine genauere Abschätzung müssten zusätzliche Faktoren in Erwägung gezogen werden wie Hangneigung oder dichte Bodenvegetation, die sich auf die Geschwindigkeit einer Kartierung auswirken würden.

Dauer Feldkartierung	20 h
Fläche Feldreferenzgebiet	0.9 km <sup>2</sup>
Arbeitsaufwand pro Fläche	22.2 h/km <sup>2</sup>
Fläche Jurapark Aargau (exklusive Waldflächen)	137.7 km <sup>2</sup>
Arbeitsaufwand gesamter Jurapark Aargau	3056.94 h oder etwa 382 Arbeitstage
<i>Tabelle 2: Übersicht zum resultierenden Arbeitsaufwand für eine gesamthafte Feldkartierung der Kleinstrukturen im Jurapark Aargau.</i>	

Einige Aspekte der Methodik können angepasst werden, sowohl um die Effizienz der Erfassung zu verbessern wie auch die Aussagekraft der Resultate zu erhöhen. Grossflächige, homogene Strukturen wie Obstgärten könnten leichter durch Polygone erfasst werden. Hecken und Gebüsche dehnen sich teils auch zu flächigen Strukturen aus, welche nur schlecht durch Linien oder Punkte abstrahiert werden können. Durch ihre grosse Anzahl nehmen Einzelbäume beim Kartieren den grössten Teil der Zeit in Anspruch. Dabei sind aber nicht alle dieser Bäume für Wiesel relevant: grosse, alte Bäume mit umgebender Bodenvegetation sind deutlich interessanter als junge, kleine Bäume. Um Zeit zu sparen, könnten deshalb bei einer Kartierung nur Bäume erfasst werden, die für Wiesel eine gewisse Bedeutung haben.

Im verwendeten Datenmodell (Abbildung 2) wurde nicht zwischen alten und jungen Bäumen unterschieden. Bei der Feldkartierung wurde aber klar, dass eine solche Unterscheidung notwendig ist, um die Landschaft aus einer Perspektive zu beurteilen, die den Ansprüchen von Wiesel gerecht wird. Zukünftige Datenmodelle sollten diese Differenzierung von Anfang an vornehmen, um präzise Aussagen machen zu können, auch im Hinblick auf mögliche Vernetzungsanalysen.

Die Standortgenauigkeit bei der Kartierung schwankte teils stark, befand sich jedoch grösstenteils in einem Bereich von 4-8 Metern. Andere Kartierungsgeräte wie etwa leistungsstarke GPS Geräte liefern eventuell genauere Resultate. Bei den meisten erfassten Kleinstrukturen ist diese Standortgenauigkeit jedoch für die Zielsetzung dieser Kartierung jedoch ausreichend. Einzig bei besonders interessanten Strukturen wie Ast- oder Steinhaufen ist eine höhere Präzision wünschenswert.

## 3. Visuelle Interpretation

"Visuelle Interpretation" beschreibt folgend den Prozess, von Drohnen erstellte Orthofotos von Auge auszuwerten. Dabei werden die Bilder von einem Mensch in der ArcGIS Pro Software interpretiert und Kleinstrukturen und Streifen dort erfasst.

### 3.1 Methodik

Die Methodik besteht aus einzelnen Teilschritten, die auch von verschiedenen Personen ausgeführt werden können.

#### 3.1.1 Drohnenbefliegung

Die Befliegung des Drohnenreferenzgebietes (ca. 1.3 km<sup>2</sup>) wurde am 17.07.2019 durchgeführt. Durch die fehlende Bewölkung herrschten ideale Wetterbedingungen, da Schattenwürfe von Wolken zu optischen Unterschieden bei sonst ähnlichen Strukturen führen können. Das Gebiet wurde mit zwei verschiedenen Drohnen befliegen. Die erste Drohne, eine Auftragsarbeit bei der Firma RC Take Off, trug eine RedEdge-MX Multispektralkamera der Marke MicaSense. Die damit gewonnenen Spektraldaten (abgesehen von den Orthofotos) wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht ausgewertet. Die zweite Drohne, eine Phantom 3 Advanced des Herstellers DJI, erstellte Orthofotos mit einer Auflösung von 12.4 Megapixel. Die Orthofotos wurden anschliessend mithilfe der Software Pix4D zu einem grossen Mosaik zusammengefügt.

#### 3.1.2 Auswertung

Um die visuelle Interpretation der Drohnenaufnahmen geordnet durchzuführen, wurde ein Hilfs-Rasternetz mit 40 m\*40 m über das Gebiet gelegt, worauf Zellen einzeln ausgewertet wurden (Abbildung 5). Bei grösseren Rasterzellen sind nicht mehr alle Kleinstrukturen optisch erkennbar, kleinere Rasterzellen führen zu einem unnötigen zeitlichen Mehraufwand. Für die Erfassung der Kleinstrukturen wurde das gleiche Datenmodell wie für die Feldkartierung verwendet (siehe Kapitel 2.1; Abbildung 2), mit dem Unterschied, dass ein neues Attribut "Identifikation" eingeführt wurde. Grund dafür ist, dass nicht alle Kleinstrukturen eindeutig identifizierbar sind. Besonders die Unterscheidung zwischen Bäumen und Gebüsch ist nicht überall möglich. Deshalb wurde in diesem Attribut festgehalten, falls eine eindeutige Identifikation nicht möglich war, um unklare Fälle für spätere Auswertungen festzuhalten.



Abbildung 5: Ausschnitt der Orthofotos zusammen mit dem verwendeten Rasternetz mit einer Zellgrösse von 40 m\*40 m. Bei der Erfassung der Kleinstrukturen wurde weiter hinein gezoomt, sodass der gezeigte Bildausschnitt einer einzigen Zelle entspricht.

### 3.2 Resultate und Diskussion

Die eigentliche Befliegung des Gebietes dauerte insgesamt 13 Minuten, nicht eingerechnet ist die Vorbereitung der Flugroute. Die Software benötigte für das Zusammenfügen der Orthofotos ca. 12 Stunden, welche aber keine aktive Arbeitszeit von Seiten des Nutzers waren und deshalb von weiteren Berechnungen ausgeschlossen werden. Die Kartierung aller Kleinstrukturen in ArcGIS Pro anhand der Drohnenaufnahmen dauerte etwa 2 Stunden.

	Anzahl
Objekte insgesamt	754
Objekte in der Kernzone	486
Einzelbäume	545
Gebüsche	160
Asthaufen	2
Steinhaufen	0
Baumstämme	0
Scheiterbeigen	2
Sitzbänke	0
Sonstiges	12
Nicht identifizierbare Objekte	39

*Tabelle 3: Übersicht der Resultate der visuellen Interpretation.*



Abbildung 6: Die in der visuellen Interpretation erfassten Kleinstrukturen und Streifen über den gesamten mit Drohnen erstellten Orthofotos.

Insgesamt wurden 754 Objekte erfasst, wovon 545 Einzelbäume sind (Tabelle 3; Abbildung 6). 486 Objekte liegen in der Kernzone. Total 39 Objekte konnten nicht eindeutig identifiziert werden.

Dauer Drohnenbefliegung	13 min
Dauer visuelle Auswertung der Drohnenaufnahmen	2 h
Fläche Drohnenreferenzgebiet	1.3 km <sup>2</sup>
Gesamter Arbeitsaufwand pro Fläche	1.7 h/km <sup>2</sup>
Fläche Jurapark Aargau (exklusive Waldflächen)	137.7 km <sup>2</sup>
Arbeitsaufwand gesamter Jurapark Aargau	234.09 h oder etwa 29 Arbeitstage

Tabelle 4: Übersicht zum resultierenden Arbeitsaufwand für eine gesamthafte Kartierung mittels Drohnenbefliegung und visueller Interpretation der Kleinstrukturen im Jurapark Aargau.

Wie bereits in Kapitel 2.2 erwähnt, umfasst der Jurapark Aargau eine Gesamtfläche von 241 km<sup>2</sup>, wovon aber nur 137.7 km<sup>2</sup> für diese Untersuchung relevant sind, da sich Wiesel hauptsächlich auf offenen Flächen oder nur an Waldrändern aufhalten. Dazu kommt, dass Kleinstrukturen in Wäldern durch Drohnen sowieso nicht erkannt werden könnten, da die Sicht durch Bäume verhindert wird. Für die kartierte Fläche ergibt sich ein Arbeitsaufwand-Flächen-Verhältnis von 1.7 h/km<sup>2</sup> (2.21 h/1.3 km<sup>2</sup>) (Tabelle 4). Falls in den anderen Teilen des Jurapark Aargaus ein ähnlicher Arbeitsaufwand pro Fläche zu erwarten ist, bedeutet dies für eine Kartierung des gesamten Park mit dieser Methode einen Gesamtarbeitsaufwand von 234.09 h, was etwa 29 Arbeitstagen oder knapp 6 Arbeitswochen entspricht. Dies ist erneut nur eine sehr grobe Schätzung und soll nur illustrieren, in welcher Grössenordnung sich der Aufwand einer Feldkartierung des gesamten Gebietes befindet.

Das Randgebiet der Drohnenaufnahmen weist teilweise eine gewisse Verzerrung auf (Abbildung 7). Solche Verzerrungen erschweren die Identifikation. 17 der 39 nicht eindeutig identifizierbaren Objekte befinden sich in Regionen, welche einer offensichtlichen Verzerrung unterliegen. Die Verzerrungen scheinen durch Randeffekte zustande zu kommen. Diese können einfach behoben werden, indem die Drohnenroute dementsprechend ein grösseres Gebiet abdeckt, sodass das zu untersuchende Gebiet keine Verzerrungen mehr enthält. Bei einer gesamthaften Befliegung des Jurapark Aargau sollten Verzerrungen also kein Problem darstellen.



*Abbildung 7: Beispielhafter Ausschnitt der auftretenden Verzerrung*

Strukturen an Waldrändern (unter überhängenden Ästen) können nur schlecht, solche in Wäldern gar nicht erkannt werden. Andere nicht erfasste Strukturen werden in Kapitel "5. Vergleich der Methoden" behandelt.

## 4. Automatische Klassifizierung

Bei der automatischen Klassifizierung teilt die ArcGIS-Software selbst die Bildaufnahmen in verschiedene Kategorien ein, basierend auf Kriterien, die vom Nutzer festgelegt werden (ESRI Inc, n.d.-b).

### 4.1 Methodik

Für die automatische Klassifizierung wurden die gleichen Daten wie für die visuelle Interpretation verwendet. Die Aufnahme der Drohnenbilder und das Erstellen des Gesamtmosaiks wird in Kapitel 3.1.1 Drohnenbefliegung beschrieben.

Die automatische Klassifizierung der Drohnenaufnahme wurde mithilfe der ArcGIS Pro Software durchgeführt. ArcGIS Pro enthält den "Image Classification Wizard", welcher ein geordnetes Durcharbeiten der Teilschritte erlaubt, wobei die verwendeten Werkzeuge auch einzeln vorab durchgerechnet werden können. Um den Vergleich zwischen den verschiedenen Varianten zu vereinfachen, die Reproduzierbarkeit zu stärken und Rechenzeit zu sparen, wurden die Bildsegmentierung und die Erstellung der Training Samples jeweils vor dem restlichen Arbeitsablauf der Klassifizierung durchgeführt (ESRI Inc., n.d.).

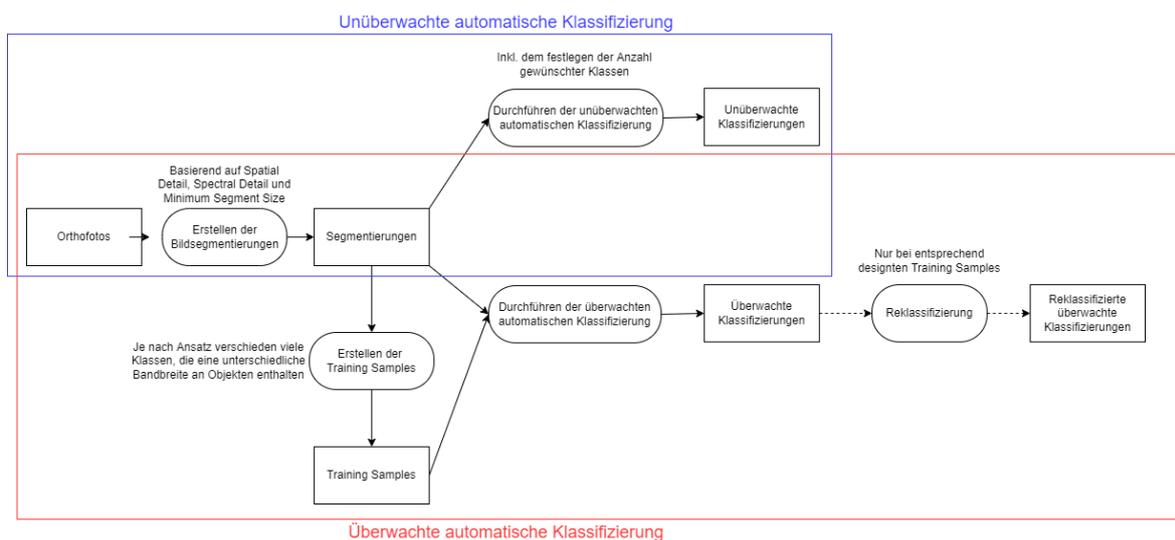


Abbildung 8: Schematische Darstellung des grundsätzlichen Arbeitsablaufes der unüberwachten (blaue Box) und der überwachten (rote Box) automatischen Klassifizierung.

Die grundlegenden Varianten der automatischen Klassifizierung unterscheiden sich durch zwei Eigenschaften, ihren Typ und ihre Methode. Der Typ der Klassifizierung kann entweder pixel- oder objektbasiert sein. Eine pixelbasierte Klassifikation teilt jeden Pixel einzeln aufgrund seiner spektralen Eigenschaften einer Klasse zu, während bei einer objektbasierten Klassifikation die benachbarten Pixel anhand der Bildsegmentierung ebenfalls Einfluss auf die Klassifizierung haben. Da das Ziel dieser Klassifizierung die Erkennung von Kleinstrukturen ist, wurde die objektbasierte Klassifizierung ausgewählt. Die Methode der Klassifizierung ist entweder überwacht oder unüberwacht. Abbildung 8 zeigt eine Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes der beiden Methoden. Bei einer überwachten Klassifizierung stellt der Nutzer Training Samples bereit. Diese identifizieren an repräsentativen Stellen durch Polygone die gewünschten Klassen mit Namen und werden bei der Klassifizierung dazu verwendet, den Rest des Bildes den definierten Klassen zuzuordnen. Hierbei wurden verschiedene Ansätze erprobt, die in den Resultaten näher erläutert werden. Eine unüberwachte Klassifizierung verzichtet auf Training Samples und verwendet stattdessen nur eine vordefinierte Anzahl an Klassen, um Pixel oder Segmente aufgrund ihrer Eigenschaften zu klassifizieren. Die Identifikation der erstellten Klassen erfolgt dabei in einem zweiten Schritt. Die Klassifizierung wurde mit beiden Methoden durchprobiert.

Segment	Parameterinformationen	Bildausschnitt
A	Spectral Detail: 5 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 3	
B	Spectral Detail: 10 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 5	
C	Spectral Detail: 5 Spatial Detail: 20 Minimum Segment Size: 3	
D	Spectral Detail: 20 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 5	
E	Spectral Detail: 20 Spatial Detail: 20 Minimum Segment Size: 5	
F	Spectral Detail: 20 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 3	
G	Spectral Detail: 20 Spatial Detail: 20 Minimum Segment Size: 3	
H	Spectral Detail: 20 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 10	
I	Spectral Detail: 18 Spatial Detail: 5 Minimum Segment Size: 10	

*Tabelle 5: Übersicht der Erstellten Segmente. Grössere Ansichten dieser Bildausschnitte (ausser Segmentierung D und I) werden in Anhang 1 gezeigt.*

#### 4.1.1 Bildsegmentierung

Bei der objektbasierten Klassifikation werden die Pixel zuerst in Segmente unterteilt, welche wiederum Klassen zugeordnet werden. Die Bildsegmentierung wird aufgrund des Mean-Shift Ansatzes durchgeführt, welcher den Durchschnittswert von Pixelgruppen berechnet, um zu entscheiden, welche Pixel in welche Segmente eingeteilt werden. Somit ergibt sich eine "vereinfachte" Version des Originalbildes (ESRI Inc., n.d.-b). Bei der Berechnung eines segmentierten Bildes sind drei Parameter entscheidend: das Spektraldetail, das räumliche Detail und die minimale Segmentgrösse. Das Spektraldetail entscheidet, wie stark zwischen spektral ähnlichen Objekten unterschieden wird und kann in ArcGIS Pro von 1.0 bis 20.0 festgelegt werden. Ein hoher Wert bedeutet eine starke Unterscheidung, heisst Objekte, die sich ähnlich sind können trotzdem in unterschiedliche Segmente eingeteilt werden. Das räumliche Detail bestimmt über die Gewichtung der Nähe zwischen Objekten und kann ebenfalls zwischen 1.0 und 20.0 eingestellt werden. Ein hoher Wert eignet sich besser, wenn zwischen kleinen Objekten unterschieden werden muss, während ein tiefer Wert eine "glattere" Bildsegmentation liefert (ESRI Inc., n.d.-a). Die minimale Segmentgrösse legt fest, wie gross Segmente in Pixeln mindestens sein müssen, um als solche erkannt zu werden. Die Drohnenaufnahmen haben eine Zellgrösse von ca. 8 cm x 8 cm, weshalb eine minimale Segmentgrösse von 3-5 Pixeln zuerst sinnvoll erscheint, um auch kleinere Büsche und Bäume von 24-40 cm Durchmesser erfassen zu können. Trotzdem wurden auch Segmentationen mit grösseren Werten erstellt, um den Einfluss dieses Parameters überprüfen zu können.



Abbildung 9: Repräsentativer Ausschnitt des ursprünglichen Luftbildes

Um die am besten geeigneten Bildsegmentierungen zu finden, wurden verschiedene Varianten erstellt, die sich durch ihre Einstellungen der oben genannten Parameter unterscheiden (Tabelle 5). Segmentierungen D und I wurden dabei als beste Segmentierungen ausgewählt (siehe Abbildungen 10 und 11 für grössere Darstellungen der Segmentierungen). Beide sind gute Vereinfachungen des ursprünglichen Luftbildes (Abbildung 9 zeigt den gleichen Ausschnitt des Luftbildes), wobei Kleinstrukturen aber immer noch gut erkennbar sind. Beide Bildsegmentierungen weisen hohe

Spektraldetail-Werte auf. Dies macht intuitiv Sinn, da eine Unterscheidung zwischen vielen verschiedenen Grüntönen notwendig ist, um Bäume und Büsche vom umliegenden Gras abgrenzen zu können.



Abbildung 10: Segmentierung D. Spektraldetail: 20, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgrösse: 5

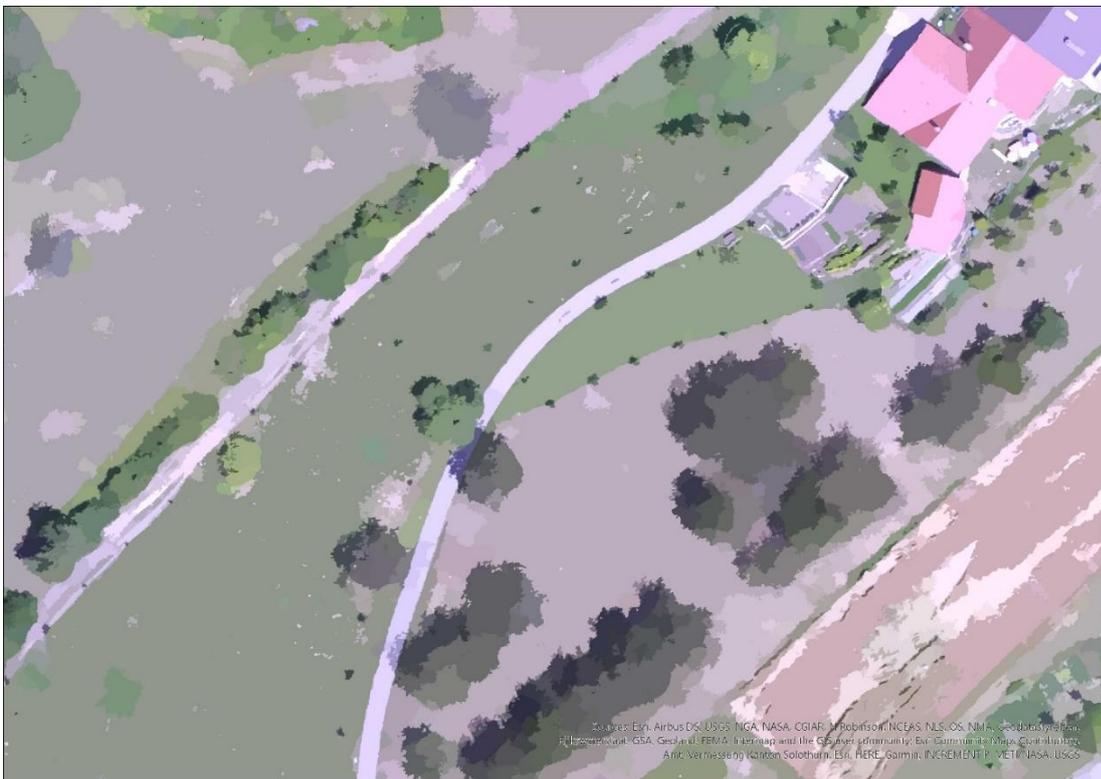


Abbildung 11: Segmentierung I. Spektraldetail: 18, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgrösse: 10

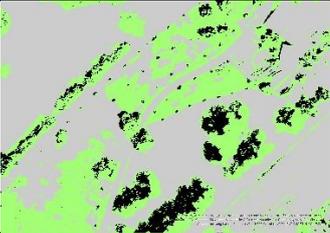
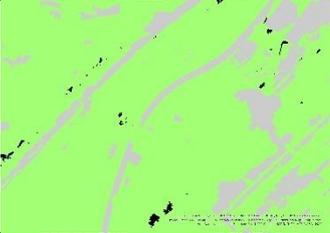
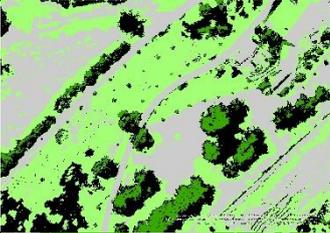
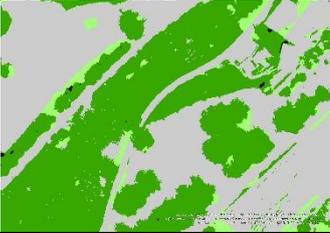
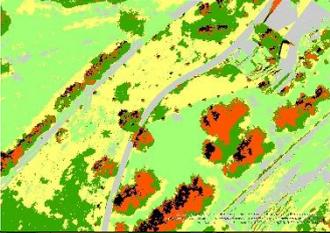
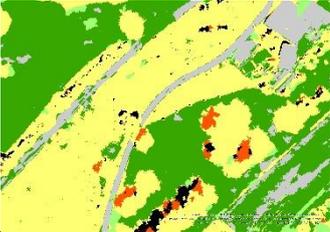
Segmentierung I (Abbildung 11) besitzt einen leicht tieferen Spektraldetail-Wert, was hauptsächlich für den klar erkennbaren Unterschied zwischen den beiden Segmentationen verantwortlich ist. Dieser kommt nur teilweise durch den stark unterschiedlichen Wert für minimale Segmentgrösse zustande, wie ein Vergleich zwischen Segmentierung D (Abbildung 10) und Segmentierung H (Tabelle 5/Anhang 1, Abbildung A1.7) aufzeigt, welche sich nur durch diesen Wert unterscheiden und optisch fast identisch aussehen. Beide besitzen ebenfalls tiefe Werte für räumliches Detail. Ein Vergleich zwischen Segmentierungen D und G (Tabelle 5/Anhang 1, Abbildung A1.6) zeigt kaum optische Unterschiede. Dies deutet darauf hin, dass in diesem Fall mit einem Wert von 5 schon eine Obergrenze für räumliches Detail erreicht ist und eine weitere Erhöhung nicht zu einer Verbesserung führt.

Basierend auf den Bildsegmentierungen D und I wurden die automatischen Klassifizierungen durchgeführt. Ziel der automatischen Klassifizierung war es, Kleinstrukturen getrennt von der restlichen Umgebung zu erfassen. Dabei spielt es keine Rolle, ob umliegende Strukturen korrekt erkannt werden oder ob Kleinstrukturen schlussendlich aus mehr als einer Klasse bestehen. Entscheidend ist, dass Klassen konsequent zugewiesen werden, um eine anschliessende Reklassifizierung möglich zu machen.

#### 4.1.2 Überwachte und unüberwachte Klassifizierung

Bei der überwachten Klassifizierung wurden Training Samples mit verschiedenen Ansätzen erstellt. Dazu wurden jeweils Stichproben der Bildsegmentierung den entsprechenden Klassen zugeordnet, womit anschliessend die Software trainiert wird. Hier wurde die "Maximum Likelihood" Methode ausgewählt. Die gleichen Training Samples wurden dann jeweils an Segmentierung D und I ausprobiert.

Die unüberwachte Klassifizierung funktioniert ohne Training Samples. Hier wird nur definiert, wie viele Klassen erstellt werden sollen. ArcGIS Pro ordnet die Objekte anschliessend der festgelegten Anzahl Klassen zu.

Ansatz	Segmentierung	Bildausschnitt
3 Klassen	D	
	I	
4 Klassen	D	
	I	
5 Klassen	D	
6 Klassen	D	
	I	

*Tabelle 6: Übersicht der erstellten unüberwachten Klassifizierungen. Farben repräsentieren die erstellten Klassen und korrelieren nicht zwischen Abbildungen. Grössere Ansichten dieser Bildausschnitte werden in Anhang 2 gezeigt. Eine automatische unüberwachte Klassifizierung mit 5 Klassen der Segmentierung I wurde ebenfalls erstellt, enthielt aber aus unbekanntem Gründen nur 4 Klassen und wird hier deshalb nicht gezeigt.*

## 4.2 Resultate und Diskussion

Da sich die Herangehensweise der unüberwachten und überwachten automatischen Klassifizierungen unterscheiden, werden die Resultate der beiden Methoden im Folgenden zuerst getrennt illustriert.

### 4.2.1 Unüberwachte Klassifizierung

#### 3 Klassen

Eine Unterteilung in 3 Klassen liefert sehr unterschiedliche Resultate für die beiden Segmentierungen. Im Fall von Segmentierung I werden Busch- und Baumstrukturen kaum erkannt oder zwei unterschiedlichen Klassen zugeordnet (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildung A2.2). Die Klassifizierung basierend auf Segmentierung D liefert befriedigendere Resultate (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildung A2.1). Büsche und Bäume werden fast immer der gleichen Klasse zugeordnet, welche auch nur wenige andere Objekte enthält wie Schattenwürfe von Häusern. Problematisch ist aber, dass Waldflächen jeweils aus zwei unterschiedlichen Klassen bestehen, wodurch einzelne schwarze Teilflächen entstehen, welche als Einzelbüsche oder -bäume auftreten, die es nicht gibt. Eine unüberwachte Klassifizierung mit 3 Klassen ist somit in beiden Fällen ungeeignet.

#### 4 Klassen

Ähnlich wie bei der Unterscheidung mit 3 Klassen liefert eine Unterteilung in 4 Klassen qualitativ sehr unterschiedliche Resultate für die beiden Segmentierungen. Im Falle der Klassifizierung basierend auf Segmentierung I enthalten alle erstellten Klassen eine Mischung auf verschiedensten Strukturen, Kleinstrukturen werden kaum erkannt (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildung A2.4). Die Klassifizierung basierend auf Segmentierung D erkennt Kleinstrukturen deutlich besser (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildung A2.3), wobei diese meistens aus zwei Klassen gleichzeitig bestehen, schwarz und dunkelgrün, Waldflächen bestehen ebenfalls aus diesen beiden Klassen. Die schwarze Klasse enthält jedoch viele Fehlklassifizierungen, wodurch sie bei einer Identifikation der Kleinstrukturen ausser Acht gelassen werden muss. Die dunkelgrüne Klasse alleine reicht aber nicht, Waldflächen getrennt von einzelnen Kleinstrukturen zu erkennen, weshalb eine zuverlässige Erkennung von Kleinstrukturen mit 4 Klassen nicht möglich ist.

#### 5 Klassen

Eine Unterteilung mit 5 Klassen basierend auf Segmentierung D produziert kein zufriedenstellendes Resultat. Kleinstrukturen werden nicht zuverlässig erkannt und bestehen aus mehreren Klassen, die auch bei anderen Strukturen auftreten (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildung A2.5). Eine automatische unüberwachte Klassifizierung mit fünf Klassen mit Segmentierung I wurde ebenfalls durchgeführt, der Output enthielt aber nur 4 Klassen. Der Grund dafür ist unklar, es wird ein Softwarefehler vermutet. Eine Klassifizierung mit 5 Klassen ist somit ungeeignet.

#### 6 Klassen

Eine Klassifizierung mit 6 Klassen liefert in beiden Fällen nicht brauchbare Resultate. Beide Klassifizierungen ordnen Kleinstrukturen nicht immer anderen Klassen zu als die umliegenden Strukturen, und wenn doch, bestehen sie jeweils aus mehreren Klassen, die nicht konsequent nur Kleinstrukturen zugeordnet werden (Tabelle 6/Anhang 2, Abbildungen A2.6 und A2.7). Eine eindeutige Identifikation ist also auch in einem späteren Auswertungsschritt nicht möglich. Waldstrukturen bestehen ebenfalls aus einer Mischung verschiedener Klassen, was die eindeutige Unterscheidung zwischen Kleinstrukturen und zerstückelten Wäldern unmöglich macht.

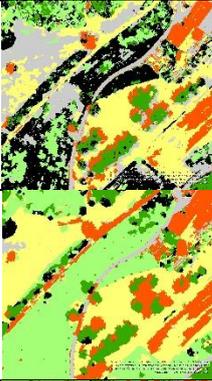
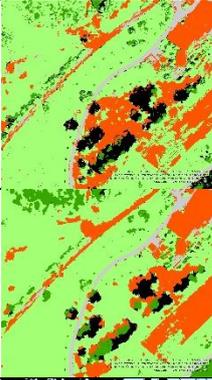
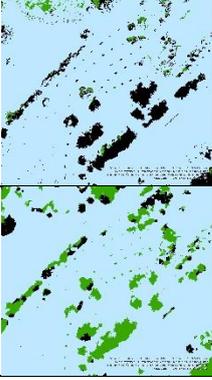
Ansatz	Segmentierung	Bildausschnitt	Legende
1: Unterscheidung zwischen Baum/Busch, Wald, Wiese, Ackerfläche, Haus und Strasse	D		Schwarz: Baum/Busch Dunkelgrün: Wald Hellgrün: Wiese Gelb: Ackerfläche Rot: Haus Grau: Strasse
	I		
2: Unterscheidung zwischen Baum/Busch, Wald, Wiese, Haus und Strasse	D		Schwarz: Baum/Busch Dunkelgrün: Wald Hellgrün: Wiese Rot: Haus Grau: Strasse
	I		
3: Unterscheidung zwischen Baum/Busch und "Alles andere"	D		Schwarz: Baum/Busch Hellblau: "Alles andere"
	I		
4: Nur Baum/Busch	D & I gleiches Resultat		Grün: Baum/Busch
5: Unterscheidung wie Ansatz 1, anschliessende Reklassifizierung zu Busch/Baum, Wald und "Alles andere"	D		Schwarz: Busch/Baum Dunkelgrün: Wald Hellblau: "Alles andere"
	I		

Tabelle 7: Überwachte automatische Klassifizierungen. Grössere Ansichten dieser Bildausschnitte werden in Anhang 3 gezeigt.

Klassifizierungen mit 7, 8 und 9 Klassen wurden ebenfalls durchgeführt, führten aber zu keiner Verbesserung der Resultate. Ähnlich wie bei 4, 5 und 6 Klassen werden Kleinstrukturen nur schlecht erkannt und bestehen aus mehreren Klassen, die nicht konsequent genug zugeordnet werden, um Kleinstrukturen in einem anschliessenden Analyseschritt zu identifizieren.

#### 4.2.2 Überwachte Klassifizierung

##### **Ansatz 1: Unterscheidung zwischen Baum/Busch, Wald, Wiese, Ackerfläche, Haus und Strasse.**

Eine Unterscheidung zwischen sechs verschiedenen Klassen lieferte nicht die gewünschten Resultate. Die erstellten Klassifizierungen enthalten zu viele Fehler, um Kleinstrukturen einzeln erkennen zu können (Tabelle 7/Anhang 3, Abbildungen A3.1 und A3.2). Eine fehlerhafte Identifikation von Ackerflächen als "Haus" oder von Häusern als "Strasse" ist dabei nicht relevant, da diese Klassen für die Erkennung von Kleinstrukturen nur indirekt von Bedeutung sind. Problematisch ist, wenn Büsche und Bäume nicht als solche erkannt werden und andere Strukturen fälschlicherweise dieser Klasse zugeordnet werden. In Abbildung 8 ist erkennbar, dass eine Klassifizierung basierend auf Segmentierung D schlecht zwischen Wiese und Bäumen/Gebüsch unterscheiden kann. Die Klassifizierung basierend auf Segmentierung I erkennt zwar Wiesen zuverlässiger (einige Fehlidentifikationen existieren, nicht gezeigt in Anhang 3 Abbildung A3.2), ordnet aber auch Teile des Waldes der Klasse "Wiese" zu, wodurch falsche alleinstehende Bäume und Büsche entstehen (siehe Anhang 3 Abbildung A3.2, obere linke Ecke).

Beide Klassifizierungen unterscheiden schlecht zwischen "Baum/Busch" und "Wald" (Wälder enthalten "Baum/Busch" und Büsche und Bäume werden auch als "Wald" klassifiziert). Dies ist kein unlösbares Problem, da grössere zusammenhängende Flächen in einem späteren Auswertungsschritt als Wald ausgeschieden werden könnten, was aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieser Arbeit aber nicht weiter verfolgt wurde.

##### **Ansatz 2: Unterscheidung zwischen Baum/Busch, Wald, Wiese, Haus und Strasse**

Im zweiten Ansatz wird nicht mehr zwischen Ackerflächen und Wiesen unterschieden, beides wird in den Training Samples der Klasse "Wiese" zugeordnet. Eine Klassifizierung mit fünf Klassen zeigt eine Verbesserung gegenüber den Resultaten mit sechs Klassen (Tabelle 7/Anhang 3, Abbildungen A3.3 und A3.4). Die automatische Klassifizierung ordnet Büsche und Bäume fast immer den Klassen "Baum/Busch" oder "Wald" zu, Fehlidentifikationen dieser Strukturen sind in beiden erstellten Klassifizierungen selten. Die falsche Zuordnung von "Haus" und "Strasse" spielt wiederum keine Rolle, solange dadurch nicht Kleinstrukturen falsch identifiziert oder Waldflächen zerschnitten werden.

Ein Problem, das jedoch weiterhin besteht, ist die Identifikation von Waldfläche als "Wiese", wodurch einzelne Busch- und Baumflächen entstehen, die es so nicht gibt. Beispielhaft erkennbar in Anhang 3 Abbildungen A3.3 und A3.4 in der oberen Mitte der Bilder, ergeben sich so kleinere Flächen, die nicht mehr als Teil des Waldes erkennbar sind, sondern als Einzelbäume oder Büsche auftreten. Eine zuverlässige Identifikation von Kleinstrukturen ist deshalb nicht möglich.

##### **Ansatz 3: Unterscheidung zwischen Baum/Busch und "Alles andere"**

Ansatz 3 ordnet die Untersuchungsfläche nur zwei Klassen zu, "Baum/Busch" und "Alles andere". Die grundlegende Überlegung dahinter ist, dass die Unterscheidung zwischen Strukturen wie Häusern, Strassen, Ackerflächen und Wiesen nur wichtig ist, falls dies das Resultat der Klassifikation verbessert. Deshalb wurden diese Strukturen in den Training Samples in der Klasse "Alles andere" zusammengefasst. Obwohl diese Klasse damit eine grosse spektrale Spannbreite abdeckt, liefern die erstellten Klassifikationen erstaunlich gute Resultate, wobei die Klassifikation basierend auf Segmentierung I (Tabelle 7; Anhang 3 Abbildung A3.6) deutlich besser ist als die basierend auf Segmentierung D (Tabelle 7;

Anhang 3 Abbildung A3.5). Beide Klassifikationen ordnen Büsche und Bäume immer der richtigen Klasse zu, und auch Wälder werden zusammenhängender als bei den Ansätzen 1 und 2 dieser Klasse zugeordnet. Trotzdem kommt es zu Zerstückelungen der Wälder, welche in der Realität so nicht besteht. Dadurch entstehen kleinere Teilflächen, die in einem späteren Auswertungsschritt als einzelne Büsche oder Bäume erfasst werden, und nicht als Teil der Waldfläche. Zudem ordnen beide Klassifikationen falsche Strukturen der Klasse "Baum/Busch" zu, insbesondere Grasflächen und Schattenwürfe von Häusern. Eine zuverlässige Identifikation von Einzelbäumen und Gebüsch ist mit diesem Ansatz deshalb nicht möglich.

#### **Ansatz 4: Nur Baum/Busch**

Eine automatische Klassifizierung mit nur einer Klasse "Baum/Busch" ordnet das gesamte Gebiet dieser einen Klasse zu (Tabelle 7; Anhang 3 Abbildung 3.7). Eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Strukturen ist nicht möglich und dieser Ansatz somit ungeeignet.

#### **Ansatz 5: Unterscheidung zwischen Baum/Busch, Wald, Wiese, Ackerfläche, Haus und Strasse und anschliessende Reklassifizierung zu Busch/Baum, Wald und "Alles andere"**

Im Ansatz 5 werden Strukturen zuerst in sechs Klassen eingeteilt, worauf diese 6 Klassen in 3 neue Klassen reklassifiziert werden. Die neuen Klassen werden dabei schon vor der automatischen Klassifizierung festgelegt, wodurch sich der Ansatz von einer einfachen Reklassifizierung von Ansatz 1 unterscheidet. Bei Segmentierung I unterscheiden sich die Resultate zwischen einer Reklassifizierung von Ansatz 1 und diesem Ansatz jedoch nicht, in beiden Fällen werden schlussendlich die gleichen Flächen als "Busch/Baum" und "Wald" ausgeschieden (Tabelle 7; Anhang 3 Abbildungen A3.9 und 3.2). Im Fall von Segmentierung D hingegen führt dieser Ansatz zu einer deutlichen Verbesserung der Resultate im Vergleich zu Ansatz 1, insbesondere in Bezug auf die falsche Erkennung von Wiesenfläche als "Busch/Baum" (Tabelle 7; Anhang 3 Abbildungen A3.8 und A3.1). In beiden Fällen kommt es aber zu einer Zerstückelung der Waldstrukturen, wodurch alleinstehende Bäume entstehen, die es nicht gibt. Zudem werden in beiden Fällen kleine Punkte innerhalb von Wiesenflächen der Klasse "Busch/Baum" zugeordnet, welche aber in einem weiteren Analyseschritt aufgrund ihrer geringen Grösse ausgeschieden werden könnten.

#### 4.2.3 Diskussion

Alle durchgeführten überwachten und unüberwachten Klassifikationen haben nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert. Eine zuverlässige Identifikation von alleinstehende Büschen und Bäumen war in keinem Fall möglich. Das am häufigsten auftretende Problem war, dass Waldflächen nicht einheitlich in eine Klasse eingeteilt wurden, wodurch Unterscheidungen zwischen realen Kleinstrukturen und "Zerstückelungen" der Waldflächen nicht möglich sind. Kleinstrukturen bestanden zudem oftmals aus mehreren Klassen, welche nicht konsequent genug nur Kleinstrukturen zugewiesen wurden, um sie in einem anschliessenden Auswertungsschritt auszuschneiden.

Abgesehen von dieser Problematik liefern einige der Ansätze aussichtsreiche Resultate. Die Ansätze 3 und 5 der überwachten Klassifizierung schaffen es vergleichsweise zuverlässig, Kleinstrukturen in die richtige Klasse einzuteilen, besonders basierend auf Segmentierung I. Ähnliches gilt für die Versuche mit 3 und 4 Klassen der unüberwachten Klassifizierung, welche basierend auf Segmentierung D bessere Resultate ergeben. Auch wenn diese Klassifizierungen unter den oben erwähnten Schwächen leiden, geben sie doch Grund zur Annahme, dass durch weitere Optimierung des Prozesses diese Fehler ausgebessert oder zumindest reduziert werden können. Falls es möglich ist, die Waldfläche in einem ersten Auswertungsschritt vom Rest der Fläche zu trennen, könnte eine automatische Klassifizierung deutlich bessere Resultate liefern.

Aus Zeitgründen wurden in dieser Arbeit nur Orthofotos für die Auswertung verwendet. Eine automatische Klassifizierung, die neben Orthofotos auch andere Spektraldaten verwendet, könnte durchaus bessere Resultate liefern.

Grundsätzlich scheint für die überwachte Klassifizierung Segmentierung I (tieferes Spektraldetail) besser geeignet zu sein, während Segmentierung D (höheres Spektraldetail) besser für die unüberwachte Klassifizierung geeignet ist.

## 5. Vergleich der Methoden

Gegenstand dieser Arbeit ist eine Gegenüberstellung der Methoden Feldkartierung, visuelle Interpretation und automatische Klassifizierung bezüglich ihrer Eignung, Wiesel-relevante Kleinstrukturen zu erfassen. Dazu werden die Methoden direkt verglichen, einerseits aufgrund des geschätzten Zeitaufwandes einer Kartierung des Gesamtgebietes, andererseits aufgrund der Qualität der Resultate.

### 5.1 Zeitaufwand

Methoden	Zeitaufwand
Feldkartierung	22.2 h/km <sup>2</sup> , ca. 3056.94 h für Gesamtfläche; verhältnismässig hoch
Visuelle Interpretation	1.7 h/km <sup>2</sup> , ca 234.09 h für Gesamtfläche; verhältnismässig tief
Automatische Klassifizierung	Aufgrund nicht zufriedenstellender Resultate keine genauere Zeitabschätzung möglich. Es ist jedoch eine geringere aktive Arbeitszeit als bei der visuellen Interpretation zu erwarten.

*Tabelle 8: Übersicht über die Zeitaufwände der verschiedenen Methoden*

Basierend auf den Berechnungen zu den jeweiligen Zeitaufwänden (Tabelle 8) würde eine Erfassung der Kleinstrukturen mittels ArcGIS-Collector App im Feld schätzungsweise 13 Mal länger dauern als eine Kartierung mittels Drohnenaufnahmen und anschliessender visueller Interpretation. Eine Abschätzung des Zeitaufwandes der beiden automatischen Klassifizierungen war aufgrund der ungenügenden Resultate nicht möglich. Falls es aber gelingen sollte, die optimale Methode festzulegen und alle Parameterdetails bekannt sind, ist bei einer automatischen Klassifizierung mit geringerer aktiver Arbeitszeit als bei der visuellen Interpretation zu rechnen, da die meiste Arbeit von der Software übernommen wird.

### 5.2 Qualitative Unterschiede

In der Feldkartierung wurden in der Kernzone insgesamt 452 Kleinstrukturen erfasst, in der visuellen Interpretation 459. Auffällig ist der Unterschied zwischen in der Feldkartierung 427 erfassten Gebüschchen und Bäumen gegenüber 445 Gebüschchen und Bäumen in der visuellen Interpretation. Der grösste Teil dieses Unterschiedes kommt aufgrund von zwei Gebieten zustande. Das erste Gebiet weist eine grosse Anzahl Gebüsche auf, die nicht alle während der Feldkartierung erfasst wurden. Es ist nicht klar, wieso einige Gebüsche nicht kartiert wurden. Es handelt sich hierbei um einen Kartierungsfehler, der eventuell aufgrund des steilen Geländes entstanden ist. Das zweite Gebiet stellt eine Reihe Obstbäume dar, die zwischen einem Ackerfeld und einem Stück Wald stehen. Diese wurden während der Feldkartierung ebenfalls nicht erfasst. Auch hier ist nicht ganz klar, wieso die Bäume nicht erfasst wurden, es wird vermutet, dass bei der Aufteilung des Gesamtgebietes durch die zwei Kartierer diese Region aufgrund ihrer Nähe zum angrenzenden Wald übersehen wurde.

In der Feldkartierung wurden in der Kernzone fünf Asthaufen und ein Steinhaufen gefunden. In der visuellen Interpretation konnte keine dieser Strukturen erkannt werden. Dies ist für die Zielsetzung einer solchen Kartierung problematisch, da Ast- und Steinhaufen wichtige Strukturen in einem Wieselhabitat darstellen. Eine Kartierung rein durch visuelle Interpretation unterschätzt also die Existenz dieser Haufen stark. Vier der fünf in der Feldkartierung gefundenen Asthaufen liegen entweder am

Waldrand oder direkt neben anderen Bäumen, weshalb sie in den Drohnenaufnahmen entweder ganz oder fast ganz verdeckt sind, so dass eine Identifikation nicht mehr möglich ist. Der fünfte Asthaufen liegt frei auf dem Feld, ist aber in den Drohnenaufnahmen nicht von umliegenden Bodenflecken zu unterscheiden und konnte deshalb nicht identifiziert werden. Der Steinhaufen liegt ebenfalls frei, jedoch in den Drohnenaufnahmen direkt neben verpackten Heuballen die ihm farblich sehr ähnlich sind. Er wurde in der Auswertung der Drohnenaufnahmen deshalb irrtümlicherweise als solche identifiziert. Es ist davon auszugehen, dass solche Steinhaufen unter freiem Himmel unter anderen Umständen identifiziert werden können. Solche temporären Strukturen können aber je nach Jahreszeit problematisch sein, besonders in Landwirtschaftsgebieten, die während der Erntezeit starke Veränderungen diesbezüglich erleben.

Aufgrund der senkrechten Perspektive konnte in der visuellen Interpretation nicht immer zwischen Bäumen und Gebüsch unterschieden werden. In der Feldkartierung war diese Abgrenzung nicht problematisch. Eine solche Unterscheidung ist aber für Wiesel durchaus relevant, da Bäume nicht die gleiche Rückzugsmöglichkeit wie Gebüsche bieten.

Eine qualitative Beurteilung der Kleinstrukturen ist nur in der Feldkartierung möglich. Über Alter und Zustand einzelner Objekte wie Ast- oder Steinhaufen lassen sich aufgrund der Drohnenaufnahmen alleine keine Aussagen machen. Die Höhe kann ebenfalls nicht erkannt werden, Länge und Breite können grob geschätzt werden.

Feldkartierungen können auch bei Bewölkung oder schlechtem Wetter durchgeführt werden, die Qualität der durch die Drohne erstellten Orthofotos hängt hingegen von der Wetterlage am Befliegungstag ab. Schattenwürfe von Wolken können die Auswertung schwierig machen, Regenfall kann eine Drohnenbefliegung ganz verhindern. Es ist aber schwierig abzuschätzen, welchen Einfluss die unterschiedliche Wettersensibilität der Methoden hat. Für die visuelle Interpretation werden nur einige unbeeinträchtigte Tage benötigt, die restliche Auswertung wird vom Wetter nicht beeinflusst. Wiederum hängt die Auswirkung des Wetters auf die Qualität der Feldkartierung von den kartierenden Personen ab.

Die Standortgenauigkeit der ArcGIS Collector App war in den meisten Fällen ausreichend. Es gab aber vereinzelte in der Feldkartierung erfasste Kleinstrukturen, die verglichen mit den Orthofotos fernab vom vermutlichen Originalstandort zu liegen kamen, wie etwa ein Baum inmitten einer Ackerfläche. Standortgenauigkeit ist in der visuellen Interpretation kein Problem, solange die Orthofotos korrekt georeferenziert sind.

Die erstellten automatischen Klassifizierungen liefern keine aussagekräftigen Resultate. Besonders im Vergleich mit den anderen beiden Methoden sind die Ergebnisse der automatischen Klassifizierungen bislang davon entfernt, qualitativ vergleichbare Resultate zu liefern. Diese Beurteilung wurde rein visuell durchgeführt, da die erhaltenen Resultate zu schlecht sind, um eine statistische Analyse durchzuführen.

<b>Methode</b>	<b>Qualität der Resultate</b>
Feldkartierung	Bei sorgfältiger Durchführung aussagekräftige Resultate; alle Strukturen können mit Attributen erfasst werden
Visuelle Interpretation	Nicht alle Strukturen können erfasst werden, besonders problematisch für die Zielsetzung dieser Kartierung sind Ast- und Steinhaufen, die nicht erkannt werden
Automatische Klassifizierung	Keine brauchbaren Resultate mit verwendeten Ansätzen

*Tabelle 9: Übersicht über die Qualität der verwendeten Methoden*

## 6. Fazit und Ausblick

Die Feldkartierung und die visuelle Interpretation weisen beide deutliche Stärken und Schwächen auf. Eine Kartierung im Feld dauert im Vergleich schätzungsweise 13 Mal länger. Sie erlaubt aber auch qualitative Aussagen über die erfassten Objekte und garantiert bei gründlicher Organisation die Erfassung aller im Gebiet vorhandenen Objekte. Im Gegensatz dazu nimmt die visuelle Interpretation deutlich weniger Zeit in Anspruch, selbst mit dem Aufwand der Drohnenbefliegung. Dafür sind qualitative Beurteilungen nicht möglich und einige Strukturen, vor allem solche an Waldrändern, können sogar unter den besten Bedingungen nicht erfasst werden. Um garantieren zu können, dass alle relevanten Kleinstrukturen erfasst werden, ist eine (teilweise) Feldkartierung also unumgänglich.

Um eine gesamthafte Kartierung möglichst zeiteffizient zu gestalten und doch alle relevanten Kleinstrukturen erfassen zu können, wäre eine Kombination von Drohnenbefliegung und Feldkartierung möglich. Das Gebiet könnte in einem ersten Schritt per Orthofotos/Drohnenaufnahmen kartiert werden, wobei alle unklaren Fälle vermerkt werden. In einem zweiten Schritt könnten dann per Feldarbeit alle diese unklaren Fälle kontrolliert sowie Waldränder kartiert werden. Ob dieser Ansatz die zeitlichen und qualitativen Ansprüche einer Gesamtkartierung erfüllt, muss in weiteren Untersuchungen festgestellt werden.

Die als Kontrollfläche geplante Kernzone in der Mitte des Untersuchungsgebietes wurde in dieser Arbeit nur minimal verwendet, um einige qualitative Unterschiede zwischen den Methoden zu erkennen. In weiteren Untersuchungen wäre es sinnvoll, eine solche Kontrollfläche intensiver zu untersuchen, um Unterschiede zwischen den Methoden nicht nur erkennen zu können sondern auch um sie besser zu verstehen, besonders im Hinblick auf die Entwicklung einer neuen Herangehensweise die aus einer Kombination verschiedener Methoden besteht.

Eine weitere Optimierung der automatischen Klassifizierung ist notwendig, um abschliessende Aussagen über die Möglichkeiten dieser Methode zu machen sowie um einen Vergleich zwischen den beiden Methoden zu ermöglichen. Die beiden verwendeten Segmentierungen scheinen auch unterschiedlich gut geeignet zu sein für unterschiedliche Methoden der automatischen Klassifizierung. Eine weitere Optimierung der Segmentierung, beziehungsweise eine genauere Abstimmung zwischen Segmentierung und Methode, könnte also allenfalls die Resultate verbessern. Diese Erkenntnis konnte aus Zeitknappheit nicht weiter verfolgt werden. Ebenfalls aus Zeitgründen wurden in dieser Arbeit nur die Orthofotos klassifiziert. Es ist vorstellbar, dass eine Auswertung, die ein digitales Höhenmodell und andere Spektraldaten (wie etwa Infrarot) ebenfalls berücksichtigt, bessere Resultate liefert. Ob dies der Fall ist, muss ebenfalls in weiteren Untersuchungen beurteilt werden.

## Referenzen

- Düco GmbH. (2015). *Landschaftsqualitäts-Projekt Jurapark Aargau: Projektbericht (Hauptdokument)*.
- ESRI Inc. (n.d.-a). *Segmentation—ArcGIS Pro | Documentation*. Retrieved May 27, 2021, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/segmentation.htm>
- ESRI Inc. (n.d.-b). *The Image Classification Wizard—ArcGIS Pro | Documentation*. Retrieved May 27, 2021, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.6/help/analysis/image-analyst/the-image-classification-wizard.htm>
- ESRI Inc. (n.d.-c). *Understanding segmentation and classification—ArcGIS Pro | Documentation*. Retrieved May 27, 2021, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/understanding-segmentation-and-classification.htm>
- Jurapark Aargau. (2017). *Der Jurapark Aargau - Jurapark Aargau*. <https://jurapark-aargau.ch/der-jurapark-aargau.html>
- Jurapark Aargau. (2018a). *Jurapark Aargau*. Jurapark Website. [https://jurapark-aargau.ch/files/jurapark/pdf/Diverse Materialien/Umfrage\\_JPA\\_Resultate\\_Web\\_Medien.pdf](https://jurapark-aargau.ch/files/jurapark/pdf/Diverse_Materialien/Umfrage_JPA_Resultate_Web_Medien.pdf)
- Jurapark Aargau. (2018b). *Jurapark Aargau - Projekte*. Jurapark Website. [https://jurapark-aargau.ch/files/jurapark/pdf/Diverse Materialien/Umfrage\\_JPA\\_Resultate\\_Web\\_Medien.pdf](https://jurapark-aargau.ch/files/jurapark/pdf/Diverse_Materialien/Umfrage_JPA_Resultate_Web_Medien.pdf)
- Marchesi, P. (2010). *Marder, Iltis, Nerz und Wiesel kleine Tiere, grosse Jäger* (C. Mermod & H. C. Salzmann (eds.)) [Book]. Haupt Verlag.
- Wieselnetz | WIN. (2017). *Wieselnetz | WIN – Stiftung zur Förderung von Kleinkarnivoren*. <http://wieselnetz.ch/de/projekte-win/praxisprojekte/>

# Anhang

## Anhang 1: Bildsegmentierungen



Abbildung A1.1: Segmentierung A. Spektraldetail: 5, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgrösse: 3

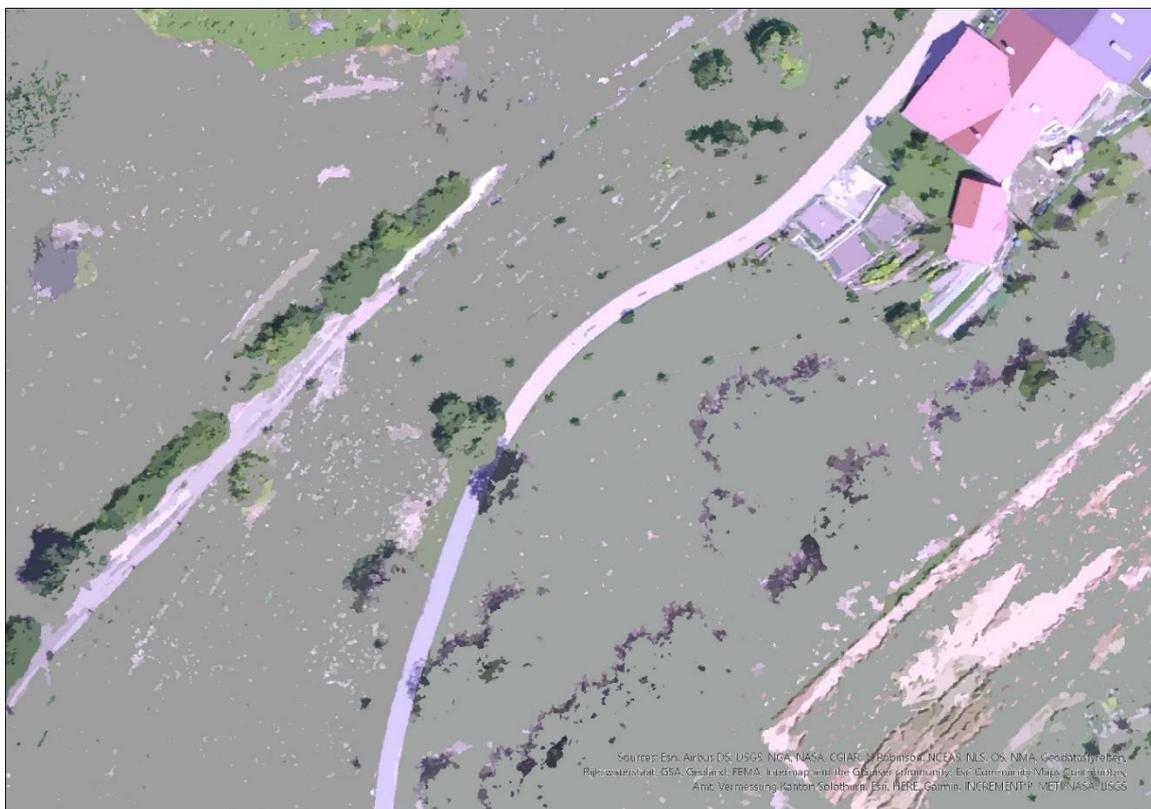


Abbildung A1.2: Segmentierung B. Spektraldetail: 10, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgrösse: 5



Abbildung A1.3: Segmentierung C. Spektraldetail: 5, Räumliches Detail: 20, Minimale Segmentgrösse: 3



Abbildung A1.4: Segmentierung E. Spektraldetail: 20, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgrösse: 3



Abbildung A1.5: Segmentierung F. Spektraldetail: 20, Räumliches Detail: 20, Minimale Segmentgrösse: 5

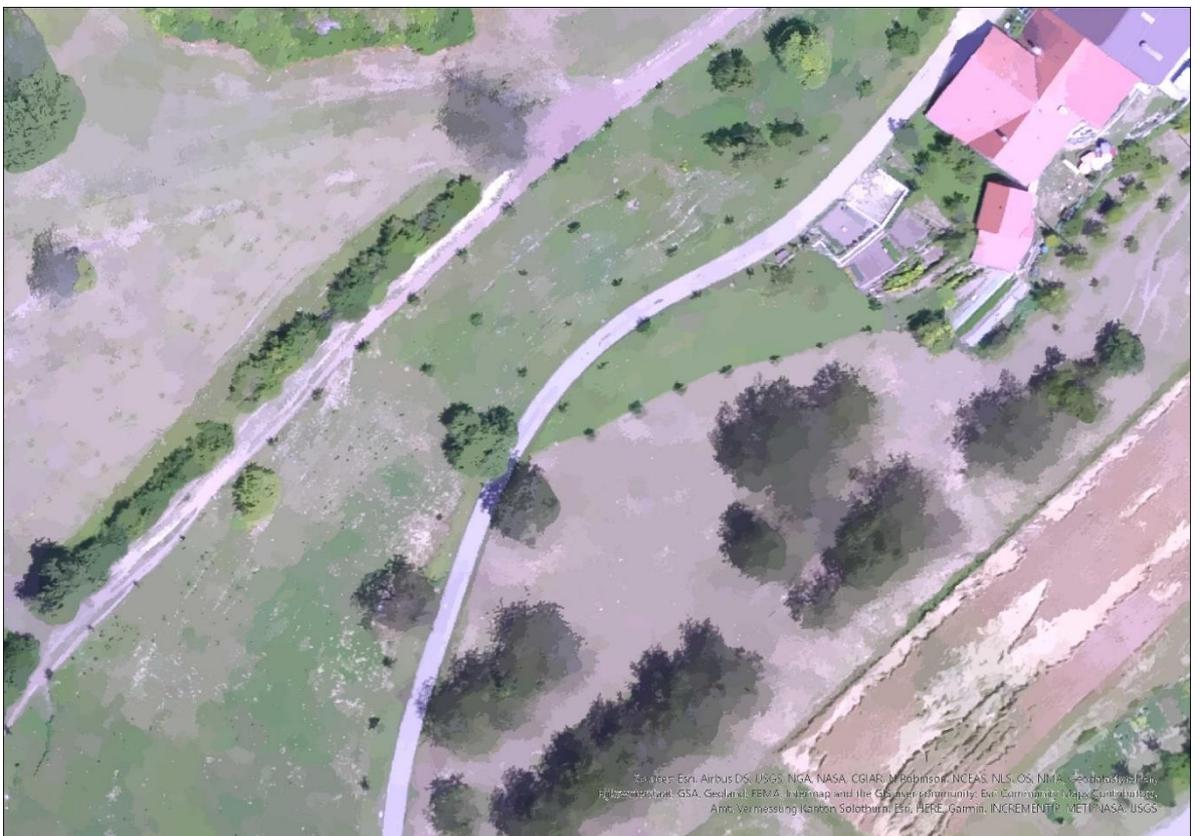
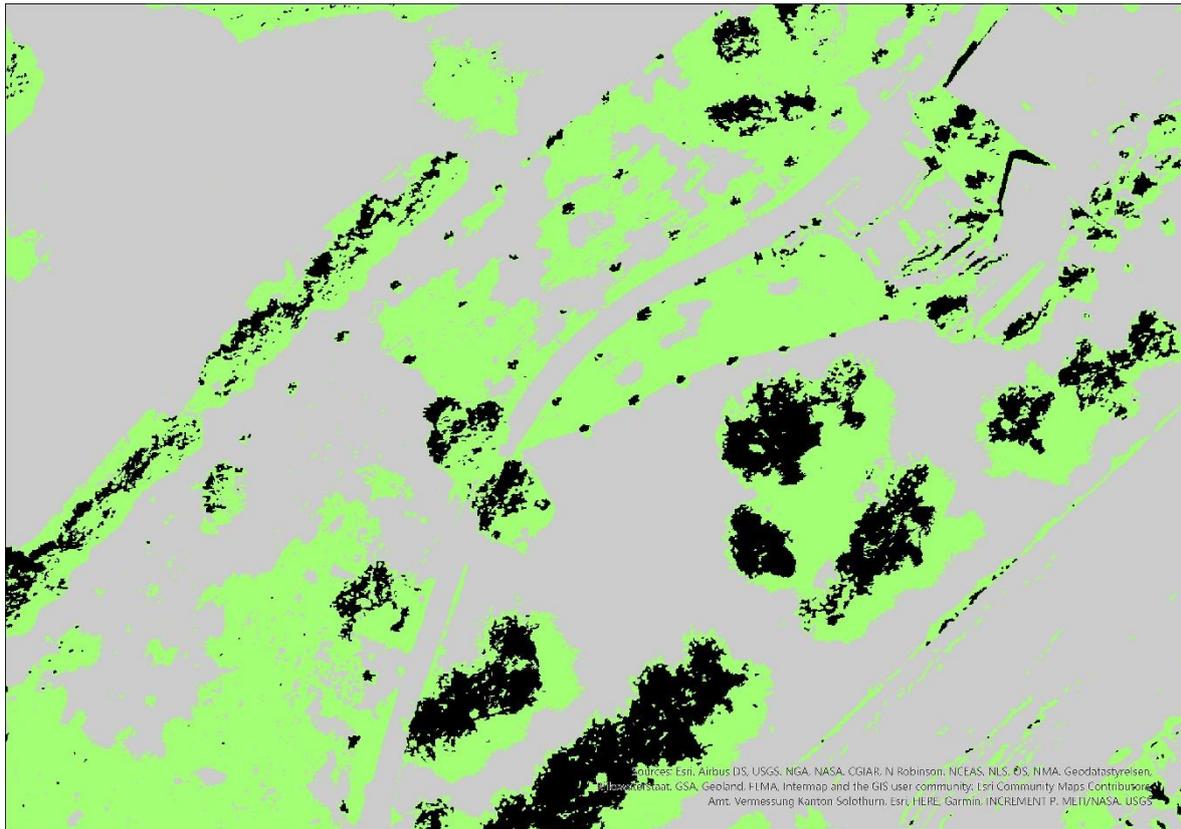


Abbildung A1.6: Segmentierung G. Spektraldetail: 20, Räumliches Detail: 20, Minimale Segmentgrösse: 3



Abbildung A1.7: Segmentierung H. Spektraldetail: 20, Räumliches Detail: 5, Minimale Segmentgröße: 10

## Anhang 2: Unüberwachte automatische Klassifizierungen



*Abbildung A2.1: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 3 Klassen basierend auf Segmentierung D*



*Abbildung A2.2: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 3 Klassen basierend auf Segmentierung I*

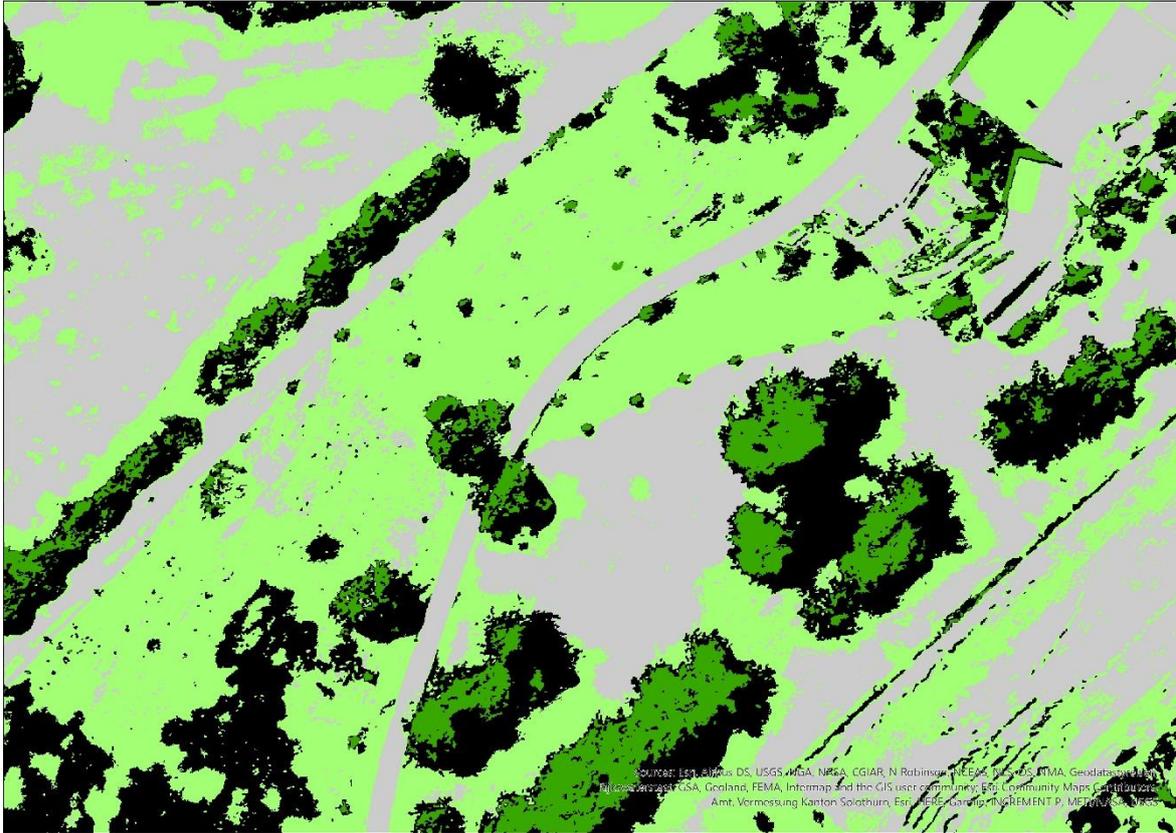


Abbildung A2.3: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 4 Klassen basierend auf Segmentierung D

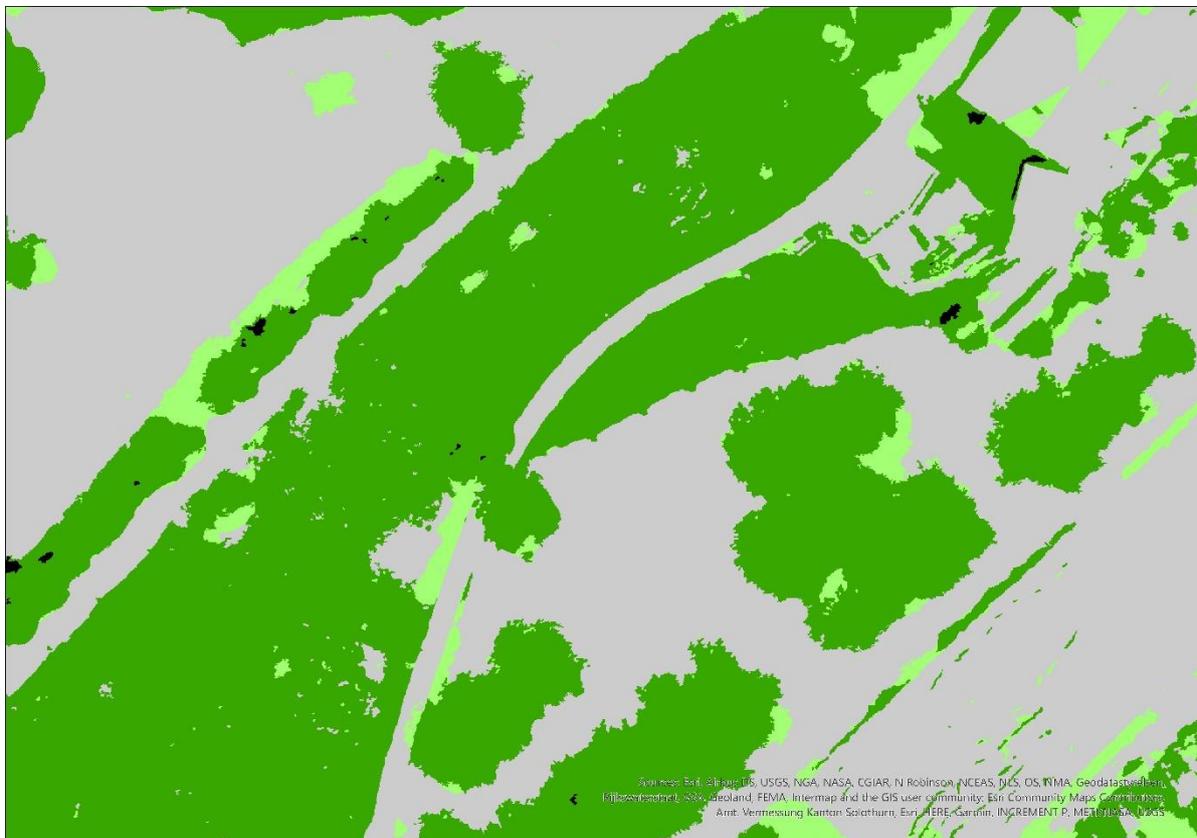


Abbildung A2.4: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 4 Klassen basierend auf Segmentierung I

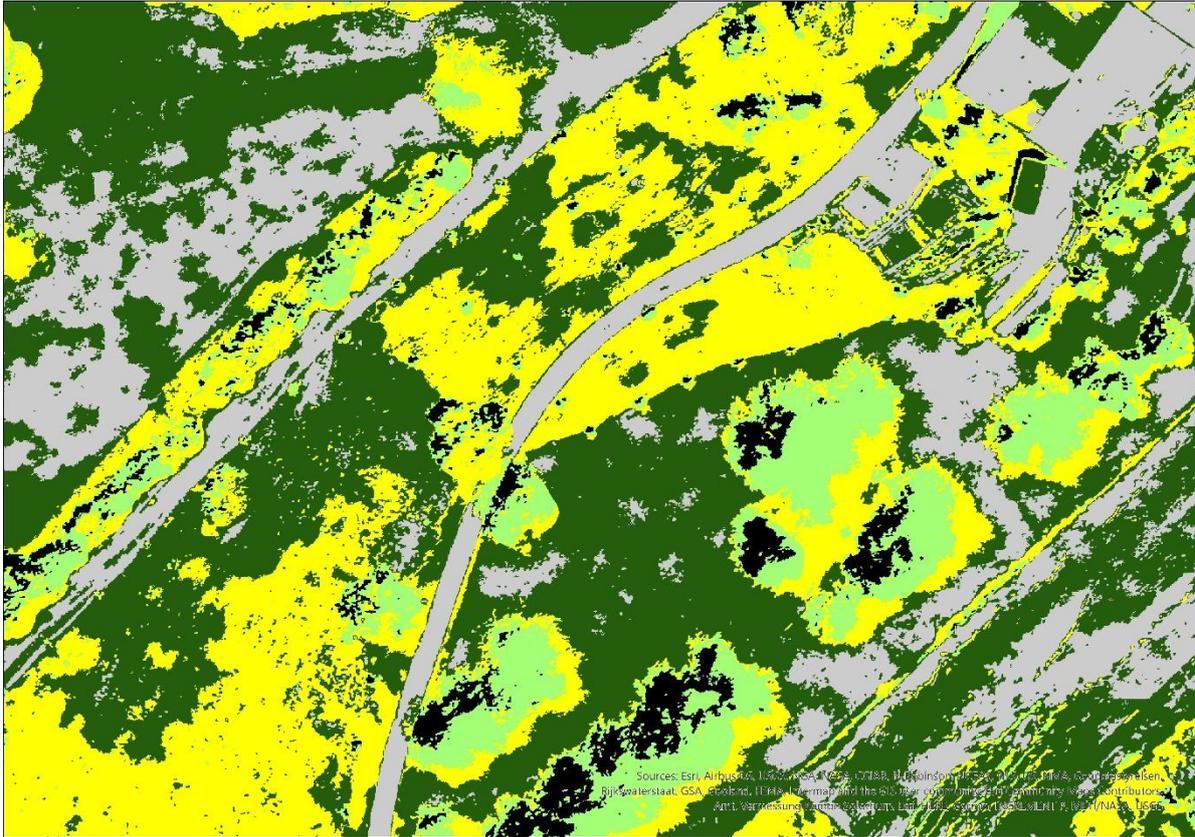


Abbildung A2.5: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 5 Klassen basierend auf Segmentierung D

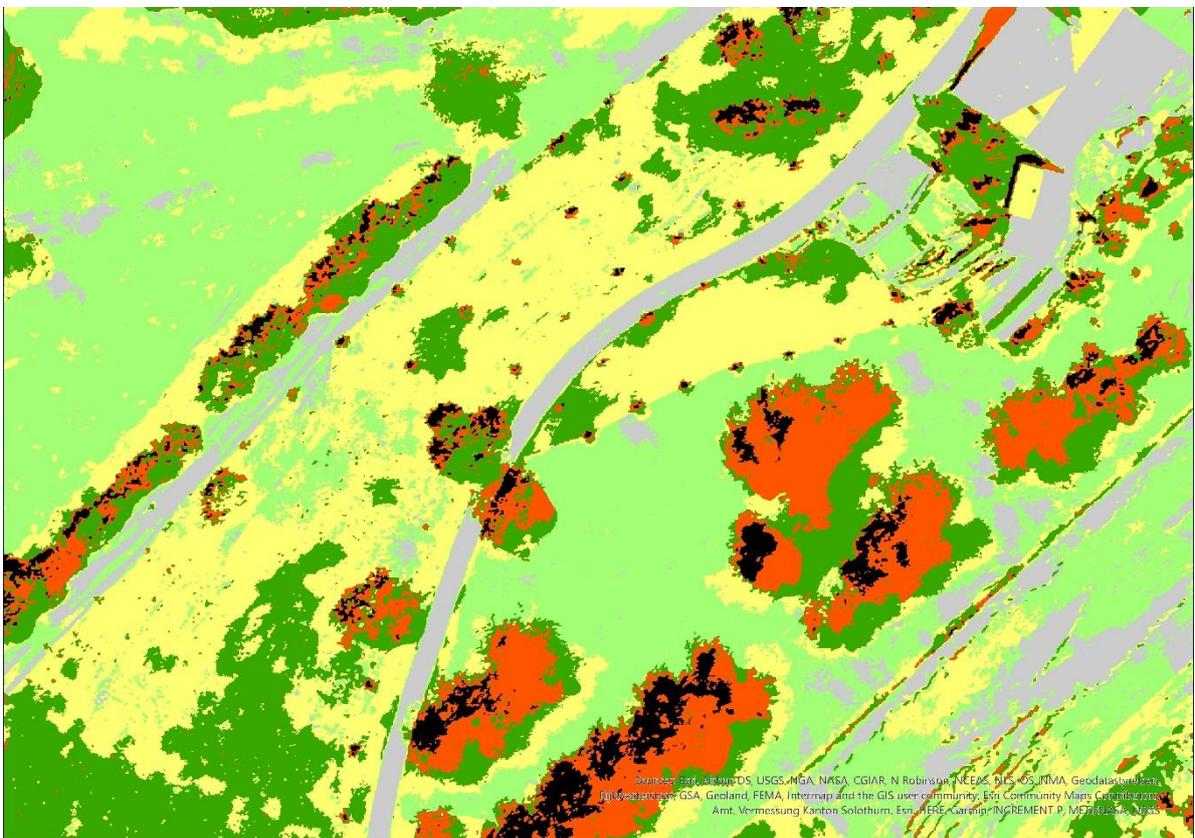


Abbildung A2.6: Unüberwachte automatische Klassifizierung mit 6 Klassen basierend auf Segmentierung D



### Anhang 3: Überwachte automatische Klassifizierungen

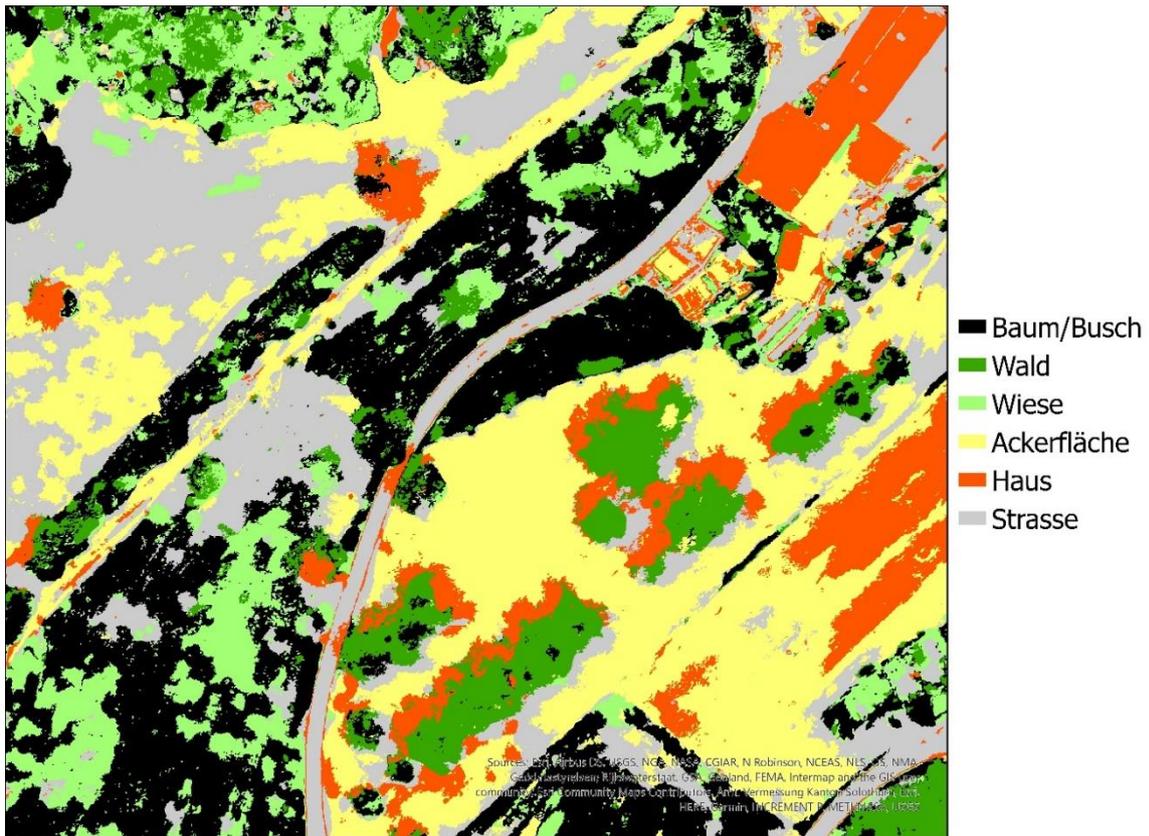


Abbildung A3.1: Überwachte automatische Klassifizierung mit 6 Klassen basierend auf Segmentierung D

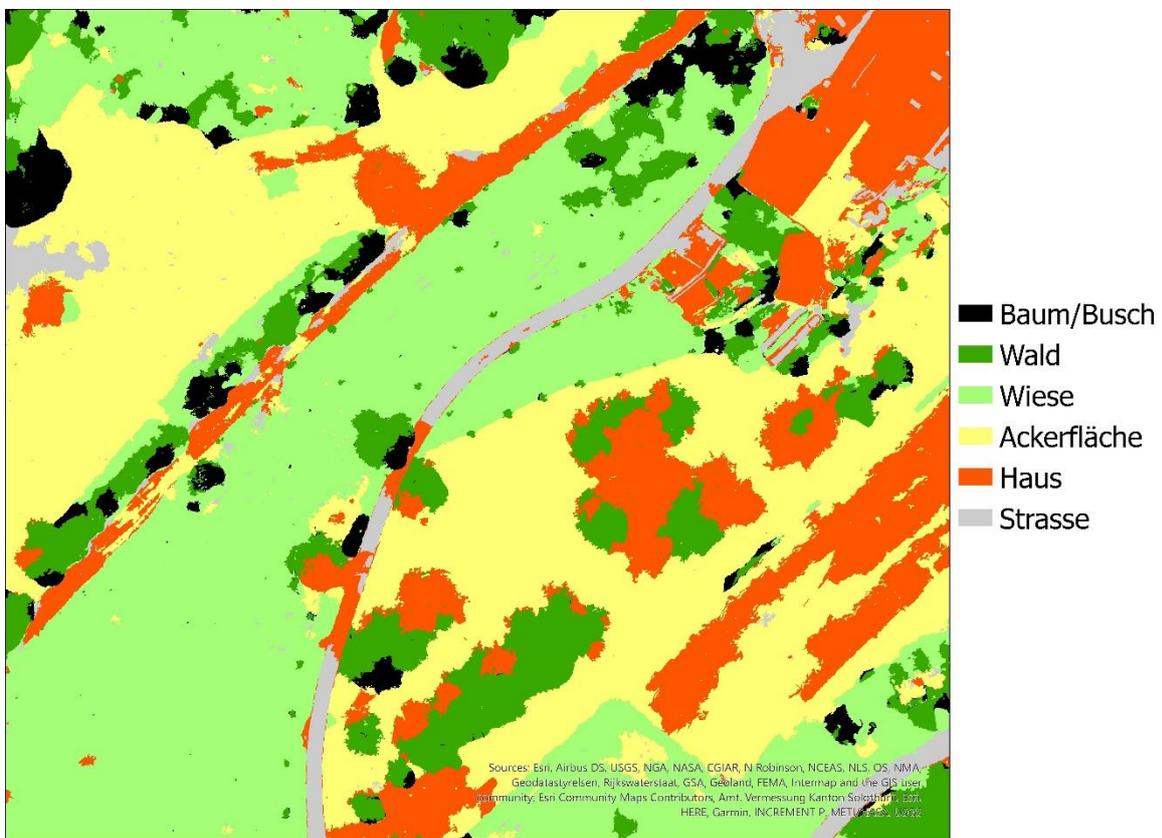


Abbildung A3.2: Überwachte automatische Klassifizierung mit 6 Klassen basierend auf Segmentierung I

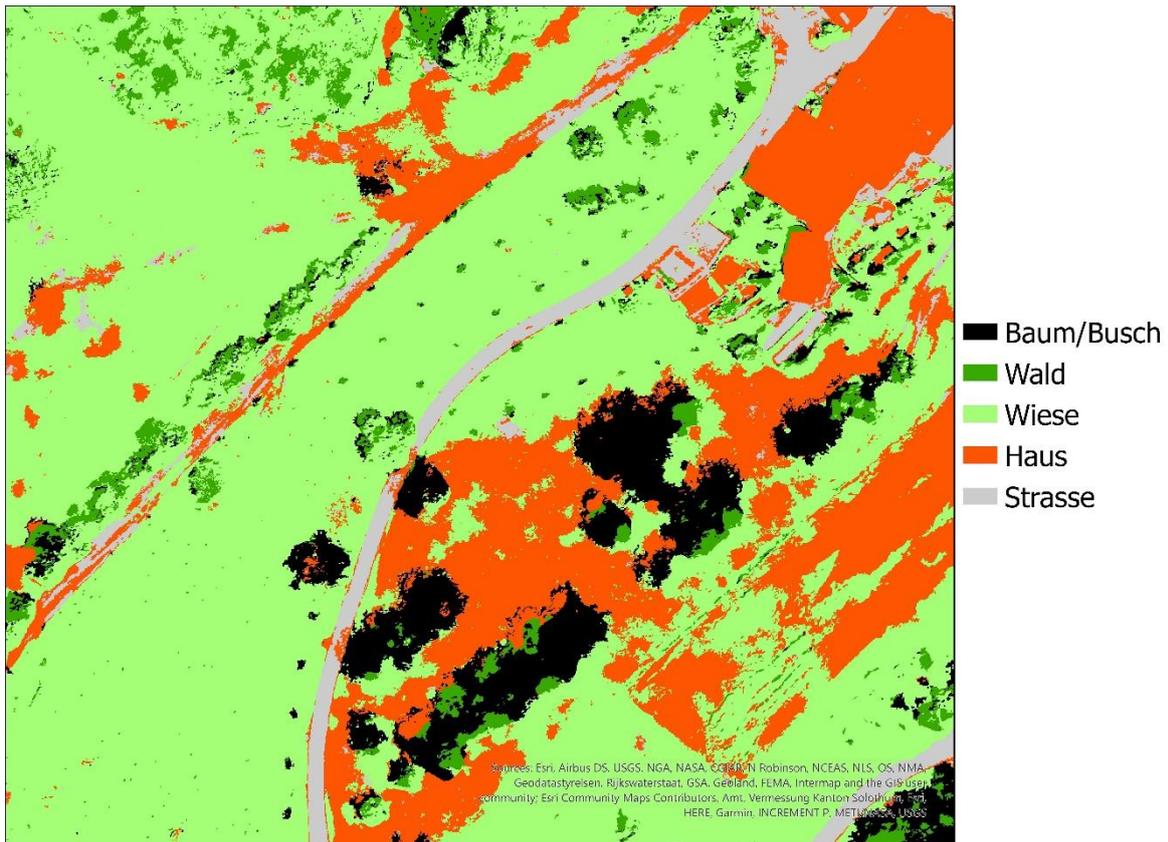


Abbildung A3.3: Überwachte automatische Klassifizierung mit 5 Klassen basierend auf Segmentierung D

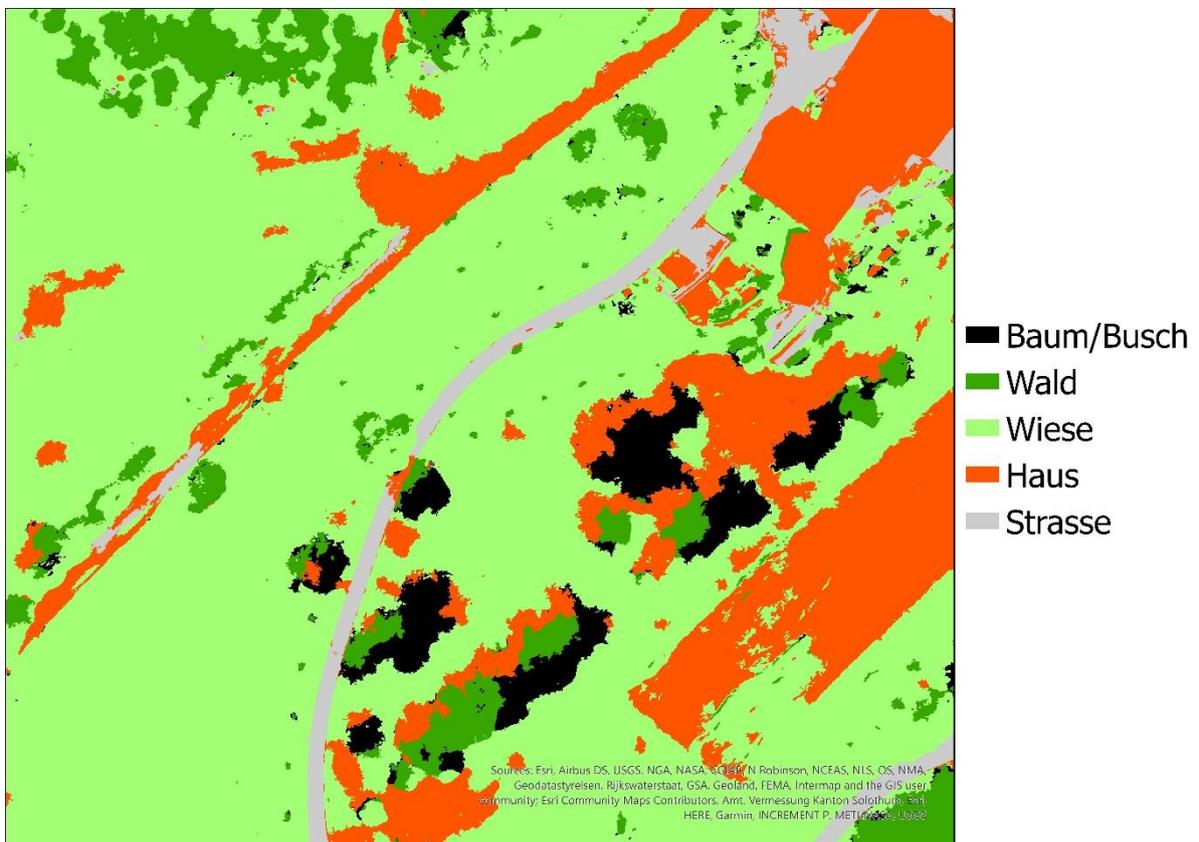


Abbildung A3.4: Überwachte automatische Klassifizierung mit 5 Klassen basierend auf Segmentierung I

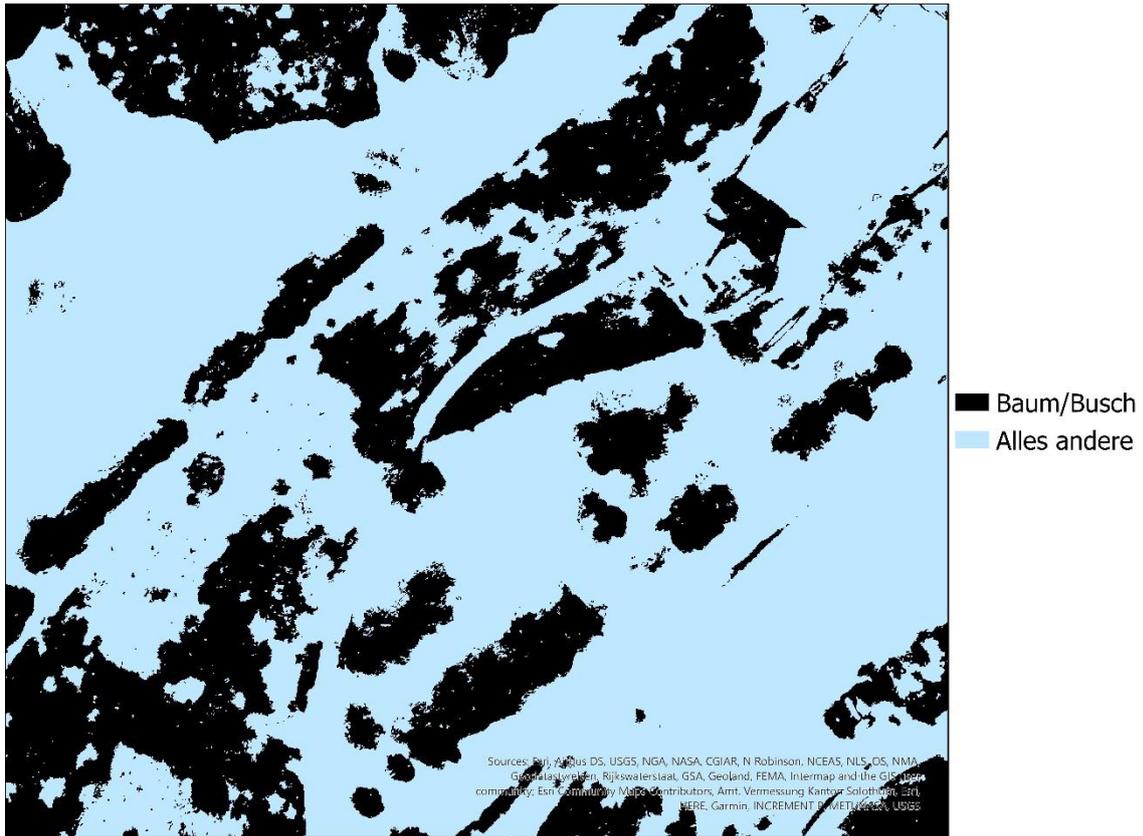


Abbildung A3.5: Überwachte automatische Klassifizierung mit 2 Klassen basierend auf Segmentierung D

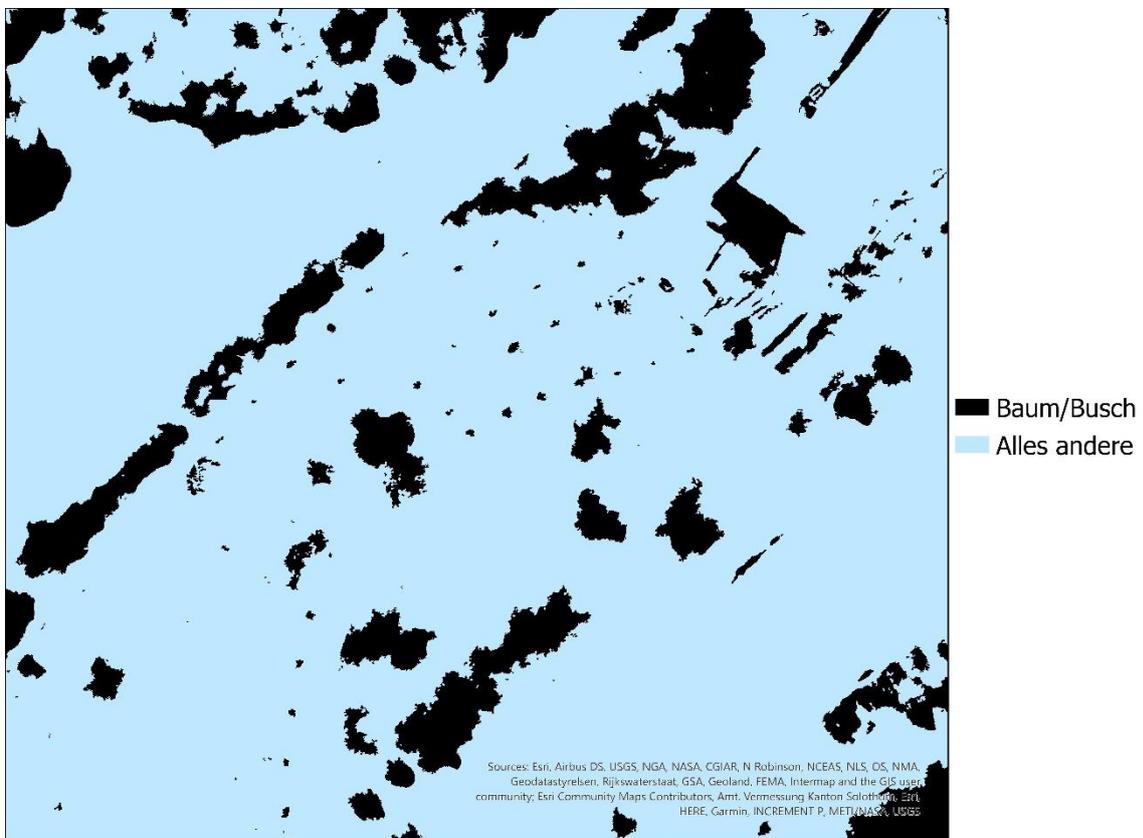


Abbildung A3.6: Überwachte automatische Klassifizierung mit 2 Klassen basierend auf Segmentierung I



Abbildung A3.7: Überwachte automatische Klassifizierung mit einer Klasse basierend auf Segmentierung D. Eine Klassifizierung basierend auf Segmentierung I lieferte das gleiche Resultat.

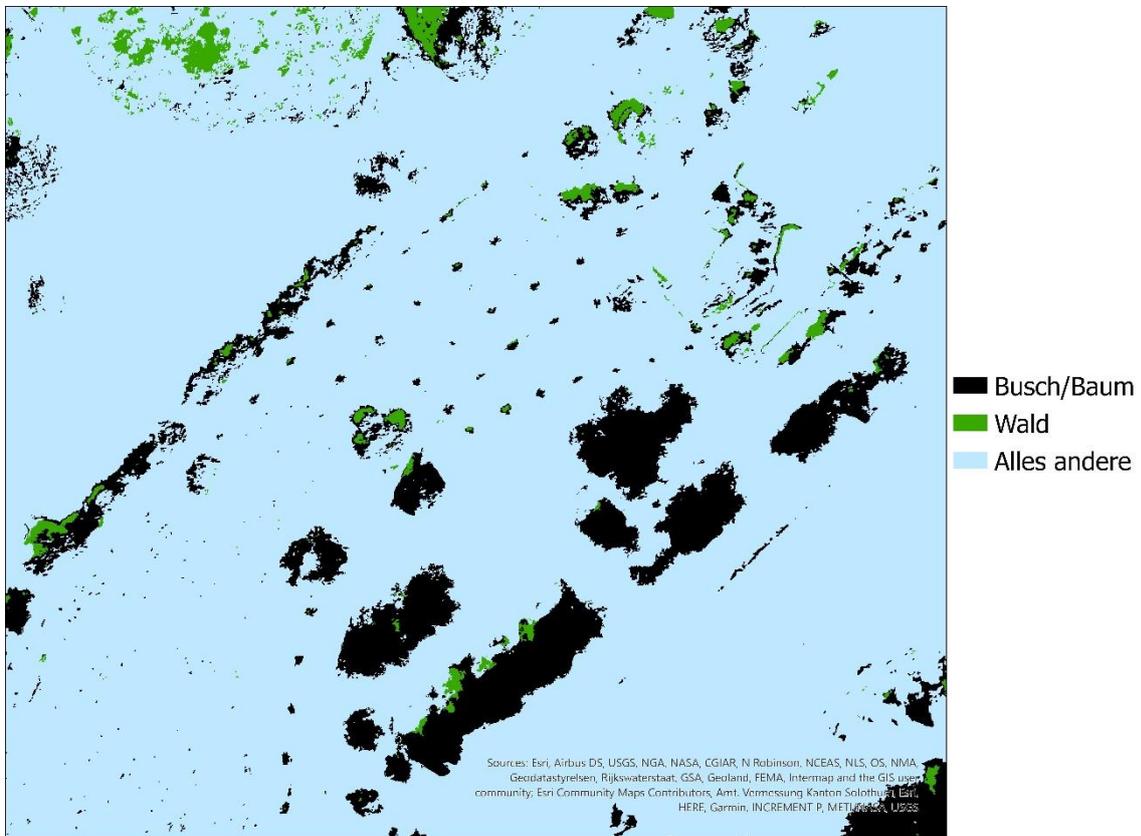


Abbildung A3.8: Reklassifizierung zu 3 Klassen (ursprünglich 6) einer überwachten automatischen Klassifizierung basierend auf Segmentierung D

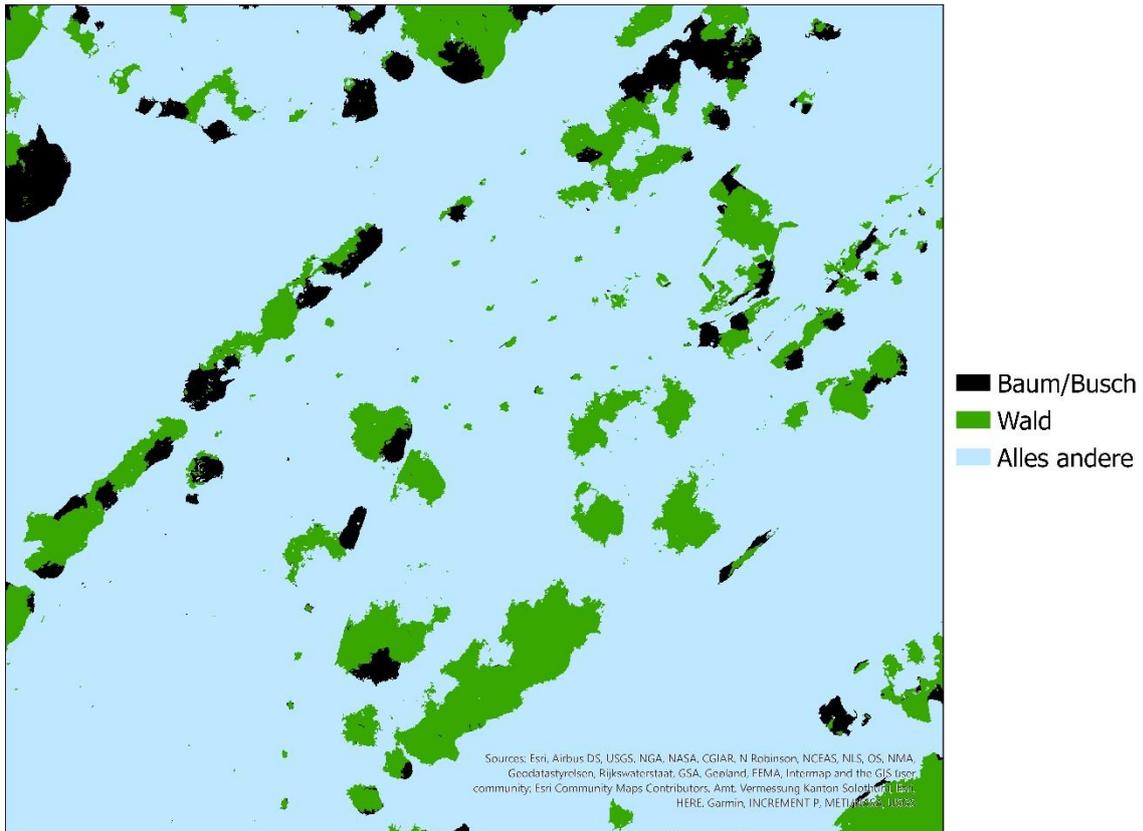


Abbildung A3.9: Reklassifizierung zu 3 Klassen (ursprünglich 6) einer überwachten automatischen Klassifizierung basierend auf Segmentierung I

## Anhang 4: Eigenständigkeitserklärung



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

### Eigenständigkeitserklärung

Die unterzeichnete Eigenständigkeitserklärung ist Bestandteil jeder während des Studiums verfassten Semester-, Bachelor- und Master-Arbeit oder anderen Abschlussarbeit (auch der jeweils elektronischen Version).

Die Dozentinnen und Dozenten können auch für andere bei ihnen verfasste schriftliche Arbeiten eine Eigenständigkeitserklärung verlangen.

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

**Titel der Arbeit** (in Druckschrift):

Vergleich verschiedener Kartierungsmethoden zur Erfassung von für Wiesel relevanten Kleinstrukturen

**Verfasst von** (in Druckschrift):

*Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.*

**Name(n):**

Breitenmoser

**Vorname(n):**

Moritz

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:

- Ich habe keine im Merkblatt „Zitier-Knigge“ beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

**Ort, Datum**

Muri b. Bern, 15.01.2022

**Unterschrift(en)**

M. Breitenmoser

*Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich. Durch die Unterschriften bürgen sie gemeinsam für den gesamten Inhalt dieser schriftlichen Arbeit.*