



# Klimakritische Bestände im GIS

KlimaBeraterFWZ

Anleitung zur Auswahl und Identifikation klimakritischer  
Bestände im GIS

**Bearbeitung:**

Jonas Werle (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)

Matthias Dees (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)

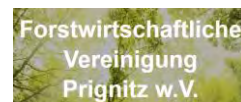
Eva Kehayova (UNIQUE forestry and land use)

**Version:**

1.0

**Veröffentlichungsdatum:**

19.05.2021



Dieses Dokument entstand im Rahmen des Projektes „Neue Beratungsleistungen für Forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse - Klimaangepasste Bewirtschaftung im kleineren und mittleren Privatwald (KlimaBeraterFWZ)“. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen des Waldklimafonds über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



**Projektleitung:**

Prof. Dr. Matthias Dees, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Kontakt: [matthias.dees@felis.uni-freiburg.de](mailto:matthias.dees@felis.uni-freiburg.de)

**Projektbeteiligte:**

Professur für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme

Institut für Forstwissenschaften

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Tennenbacher Straße 4,

D-79106 Freiburg.

[www.felis.uni-freiburg.de](http://www.felis.uni-freiburg.de)

Forstwirtschaftliche Vereinigung Prignitz w.V.

Meyenburger Tor 75

16928 Pritzwalk

[www.fv-prignitz.de](http://www.fv-prignitz.de)

Forstwirtschaftliche Vereinigung Schwarzwald eG

Hauptstraße 38

77796 Mühlenbach

[www.fvs-eg.de](http://www.fvs-eg.de)

Waldbesitzervereinigung Westallgäu e.V.

Austraße 29

88161 Lindenberg im Allgäu

[www.wbv-westallgaeu.de](http://www.wbv-westallgaeu.de)

UNIQUE forestry and land use GmbH

Schnewlinstraße 10

79098 Freiburg

[www.unique-landuse.de](http://www.unique-landuse.de)

**Empfohlene Zitierung:**

Werle, J., Dees, M., Kehayova, E. (2021): Anleitung zur Auswahl und Identifikation klimakritischer Bestände. Projektbericht. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen des Waldklimafonds über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). Fördernummer: 22WC507801. 49 S.

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
1 Einführung.....	9
2 GIS Aufbau.....	10
2.1 Datengrundlagen.....	10
2.2 Soft- und Hardwareausstattung.....	10
2.3 Know-how.....	10
2.4 Varianten der Vorgehensweise.....	10
3 Bestandesdelinierung / Waldeinteilung.....	11
4 Erste vereinfachte Bestandesbeschreibung .....	12
4.1 Übersicht Bestandesattribute .....	12
4.2 Naturale Bestandesattribute .....	14
4.3 Schätzung der Baumartenanteile durch visuelle Luftbild-Interpretation .....	14
4.3.1 Fichte .....	16
4.3.2 Tanne .....	17
4.3.3 Kiefer.....	18
4.3.4 Douglasie .....	20
4.3.5 Buche .....	21
4.3.6 Eiche.....	23
4.4 Alterseinteilung durch visuelle Luftbild-Interpretation .....	24
4.4.1 Jungwuchs .....	24
4.4.2 Jungbestand.....	25
4.4.3 Stangenholz .....	27
4.4.4 Baumholz und Altholz.....	28
4.5 Attribute der Risikoeinstufung.....	30
5 Erstellen von Stichprobepunkten in Vorbereitung einer Bestandesinventur.....	35
6 Umsetzung in QGIS.....	35
6.1 QGIS Tool und Templates.....	35
6.2 Installation und Ergänzung um wichtige Erweiterungen (Plugins) .....	35
6.2.1 Download.....	35

6.2.2	Installation .....	36
6.2.3	Erweiterungen .....	36
6.3	GIS Aufbau.....	36
6.3.1	Projektionen.....	36
6.3.2	Datenimport.....	37
6.3.3	Anpassung des Layouts von Layern.....	38
	Symbolisierung .....	38
	Beschriftung.....	40
6.4	Bestandesdelinierung / Waldeinteilung im GIS.....	40
6.4.1	Erstellen eines neuen Layers und Anlegen der Attribute.....	40
6.4.2	Bearbeitung eines Layers – Erstellung von Behandlungseinheiten.....	41
6.5	Erfassen von Bestandesattributen .....	44
6.6	Erstellen von Inventurpunkten bei einer optionalen Bestandesinventur.....	44
7	Literatur .....	47
8	Anlagen .....	48

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht über die innerhalb einer Behandlungseinheit erfassten Attribute..	12
Tabelle 2: Definitionen der Einteilung in natürlichen Altersklassen .....	14
Tabelle 3: Gestalts- und Farbmerkmale zur visuellen Interpretation von Baumarten im Luftbild .....	15
Tabelle 4: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Jungwuchs .....	24
Tabelle 5: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Jungbestand.....	25
Tabelle 6: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Stangenholz .....	27
Tabelle 7: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Baumholz und Altholz .....	28
Tabelle 8: Erfassung der Bestandesattribute Baumart, Baumartenanteil, sowie natürliche Altersklasse .....	29
Tabelle 9: Risiko-Klassen der Klimarisikokarten für Bayern und Baden-Württemberg ....	30
Tabelle 10: Klimarisikoregeln Baden-Württemberg .....	33
Tabelle 11: Klimarisikoregeln Bayern .....	33
Tabelle 12: Ampelklassen zur Ermittlung des Gesamtrisikos einer Behandlungseinheit.	34
Tabelle 13: Erfassung der Attribute zur Risikoeinstufung pro Behandlungseinheit.....	34
Tabelle 14: Projektionen und dazugehörige EPSG Codes für das Gebiet des entsprechenden FWZ.....	37



# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Beispielhafte Delinierung des Flurstücks 588 (links) im Gebiet der FVS in mehrere homogene Behandlungseinheiten (rechts).....	11
Abbildung 2 Flurstücksgrenzen (links) und darauf basierende Delinierung von Behandlungseinheiten im Gebiet der FVS (rechts).....	12
Abbildung 3: Kronenaufsicht der Fichte.....	16
Abbildung 4: Kronenaufsicht der Tanne .....	17
Abbildung 5: Kronentypen der Kiefer (oben links); Grobstruktur der Kiefer (oben rechts, unten links); Feinstruktur der Kiefer (unten rechts).....	19
Abbildung 6: Kronenaufsicht der Douglasie .....	20
Abbildung 7: Kronenaufsicht der Buche .....	21
Abbildung 8: Kronenaufsicht der Buche mit leichter Kronenverlichtung.....	21
Abbildung 9: Kronenaufsicht der Eiche .....	23
Abbildung 10: Tannen-Jungwuchs aus KV.....	24
Abbildung 11: Buchen-Jungwuchs aus NV .....	25
Abbildung 12: Tanne-Jungbestand .....	25
Abbildung 13: Buche-Jungbestand.....	26
Abbildung 14: Fichten-Stangenholz.....	27
Abbildung 15: Buchen-Stangenholz.....	27
Abbildung 16: Starkes Fichte-Tanne-Baumholz/Altholz.....	28
Abbildung 17: Starkes Buche-Baumholz/Altholz.....	28
Abbildung 18: Identifizierung des Anbaurisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaurisikokarte (C), hier am Beispiel Fichte.....	31
Abbildung 19: Identifizierung des Anbaurisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaurisikokarte (C), hier am Beispiel Tanne.....	32
Abbildung 20: Dialogbox zur Installation von Erweiterungen in QGIS .....	36
Abbildung 21: Symbolleiste am zur Anpassung der Projektion eines QGIS Projekts am unteren Rand eines Dokuments.....	37
Abbildung 22: Anpassung der Projektion des Kartendokuments.....	37
Abbildung 23: Datenimport in QGIS .....	38
Abbildung 24: Anpassung der Symbolisierung eines Layers in QGIS.....	39
Abbildung 25: Anpassung des Farbschemas der Klimarisikokarten.....	39

Abbildung 26: Layereigenschaften Dialog zur Anpassung der Beschriftung eines Layers .....	40
Abbildung 27: Erstellung eines neuen Layers in QGIS.....	40
Abbildung 28: Dialogbox zur Erstellung eines neuen Layers.....	41
Abbildung 29: Aktivierung des Bearbeitungsstatus bei einem Layer .....	41
Abbildung 30: Digitalisierung Toolbar.....	42
Abbildung 31: Snapping Toolbar.....	42
Abbildung 32: Abgrenzung einer Behandlungseinheit entlang der Grenze eines Flurstücks.....	43
Abbildung 33: Erfassen von Bestandesattributen .....	43
Abbildung 34: Datenauswahl Tools .....	44
Abbildung 35: Exemplarische Darstellung der Attributtabelle eines Layers .....	44
Abbildung 36: Erstellung des zentralen Inventurpunkts innerhalb einer Behandlungseinheit.....	45
Abbildung 37: Erstellung eines randomisierten Inventurpunkts innerhalb einer Behandlungseinheit.....	45
Abbildung 38: Zusammenführen der Inventurpunkte zu einem Punkt-Layer.....	46
Abbildung 39: Identifizierung des Anbaurisikos innerhalb der Behandlungs-einheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaurisikokarte (C), hier am Beispiel Eiche. ....	48
Abbildung 40: Identifizierung des Anbaurisikos innerhalb der Behandlungs-einheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaurisikokarte (C), hier am Beispiel Buche.....	49



# 1 EINFÜHRUNG

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen des Projekts „Klimaberater FWZ“ als Anleitung zur Identifikation und Beschreibung klimakritischer Bestände entwickelt.

In einem ersten Schritt wird ein Projektgebiet ausgewählt, dessen Bearbeitung in diesem Handbuch beschrieben wird.

Langfristiges Ziel ist es über eine Folge von ausgewählten Projektgebieten sukzessive die gesamte Fläche eines Forstwirtschaftlichen Zusammenschlusses zu bearbeiten.

In Bezug auf die ideale Größe eines Projektgebietes gibt es einige Bestimmungsfaktoren, z.B. die Kleinstrukturiertheit der Flächen. Erste Erfahrungen zeigen, dass 80 bis 200 Hektar als Orientierungsgröße für ein übergeordnetes Projektgebiet innerhalb des Zusammenschlusses dienen können.

Die Bearbeitung des Projektgebietes besteht vornehmlich aus GIS Arbeiten und Fernerkundungsarbeit, einschließlich unter fallweisem Hinzuziehen des Försters auf der Fläche. Sind die Daten für das Projektgebiet in digitaler Kartenform aufbereitet, folgen die Arbeitsschritte im Feld, bei denen dann eine umfassende Bestandesbeschreibung, eine konkretisierte Risikoeinschätzung und die Planung erfolgt.

Die Prozessschritte der GIS und Fernerkundungsarbeit werden im nachfolgenden Leitfaden im Detail veranschaulicht. Der erste Teil des Handbuchs schafft die inhaltliche, konzeptionelle Basis für die Identifikation und Beschreibung klimakritischer Bestände.

Der zweite Teil des Handbuchs widmet sich der Umsetzung des inhaltlichen Teils in QGIS. Im zweiten Teil wird neben dem GIS Aufbau auch das GIS Layout und die Erstellung von digitalen Karten beschrieben.

## 2 GIS AUFBAU

### 2.1 Datengrundlagen

Grundlage für die Klimaberatung im Feld ist ein Waldinformationssystem.

Zur Auswahl und Beschreibung „klimakritischer“ Bestände sind folgenden Datengrundlagen nötig:

- Aktuelle Orthophotos oder alternativ kostenlos verfügbare Layer wie z.B. Google Satellite oder Bing Aerial, die als WebMapService oder XYZ Tile Layer verfügbar sind; ggf. Fernerkundungsdaten (wie z.B. Sentinel2-Daten)
- Klimarisikokarten für bestimmte Baumarten bzw. Anbaueignungskarten
- Eigentumsinformationen (ALKIS-Daten)
- Verfügbare Daten zu Boden, Standort und Klima
- Daten zum aktuellen Waldzustand.

### 2.2 Soft- und Hardwareausstattung

Im Bereich der Soft- und Hardware ist folgende Ausstattung notwendig:

- Hardware für Standard-Office-Anwendungen
- Standard GIS-Anwendungen (z.B. QGIS) oder eine Anwendersoftware (z.B. Waldinfoplan).

### 2.3 Know-how

Die Mitarbeiter der Zusammenschlüsse benötigen für die Umsetzung der Arbeiten folgende Kompetenzen:

- GIS-Basiswissen (wenn mit Standard GIS-Anwendungen gearbeitet wird)
- GIS-Spezialwissen (wenn Expertensoftware zum Einsatz kommt).

### 2.4 Varianten der Vorgehensweise

In diesem Handbuch wird davon ausgegangen, dass folgende Informationen beschafft werden konnten:

- Aktuelle Orthophotos oder alternativ kostenlos verfügbare und aktuelle Fernerkundungsdaten
- Klimarisikokarten für bestimmte Baumarten bzw. Anbaueignungskarten
- Eigentumsinformationen (ALKIS-Daten)
- Verfügbare Daten zu Boden, Standort und Klima

Das Handbuch beschreibt die Erstellung einer Bestandesdelinierung. Ist eine solche vorhanden kann dieser Schritt entfallen.

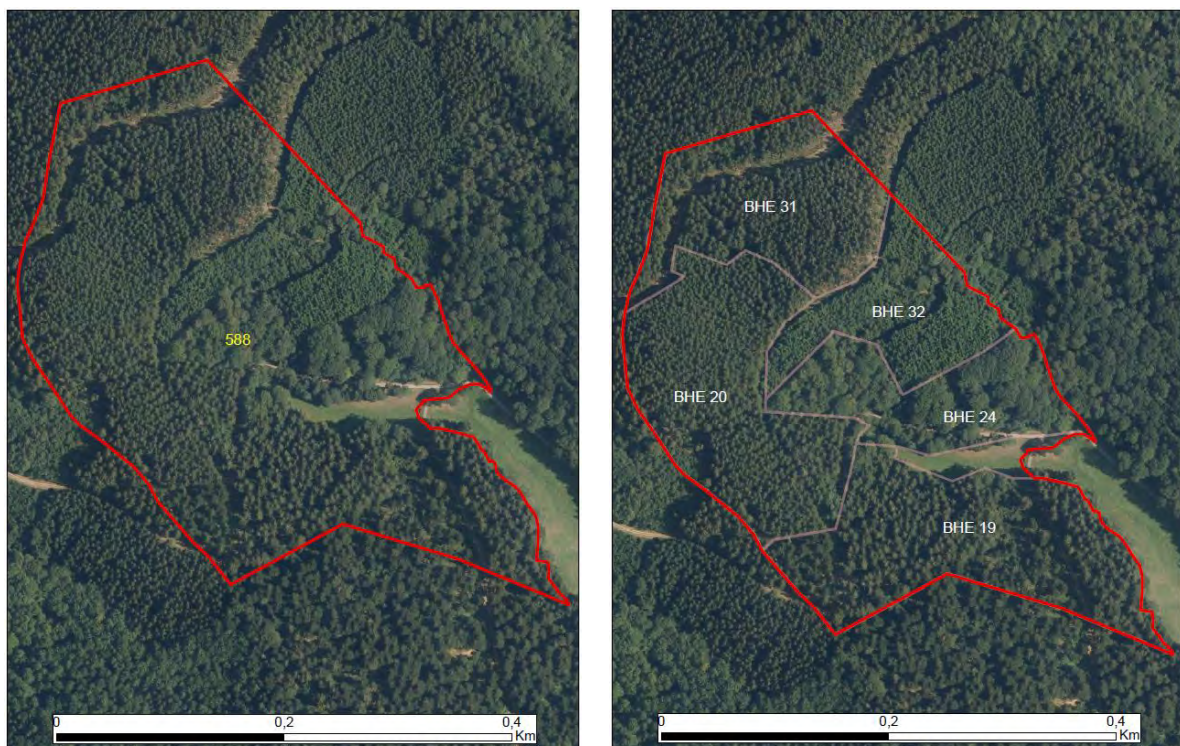
Das Handbuch beschreibt die Erfassung von aktueller Information je Bestand. Ist eine solche vorhanden, so kann auch dieser Schritt entfallen.

Alternativ ist im Projekt die Option erarbeitet worden, die Bestände ergänzend im Feld mit Unterstützung einer Stichprobeninventur vor dem Planungsbegang zu beschreiben. Die notwendigen Feldarbeiten sind in einem separaten Handbuch beschrieben.

In diesen Schritt kann eine Stichprobeninventur integriert und durchgeführt werden, um hohe Ansprüche an die Bestandesdaten zu erfüllen. Die Vorbereitung der Auswahl der Stichprobenpunkte der Stichprobeninventur erfolgt im GIS und wird in diesem Handbuch ebenfalls beschrieben.

### 3 BESTANDESDELINIERUNG / WALDEINTEILUNG

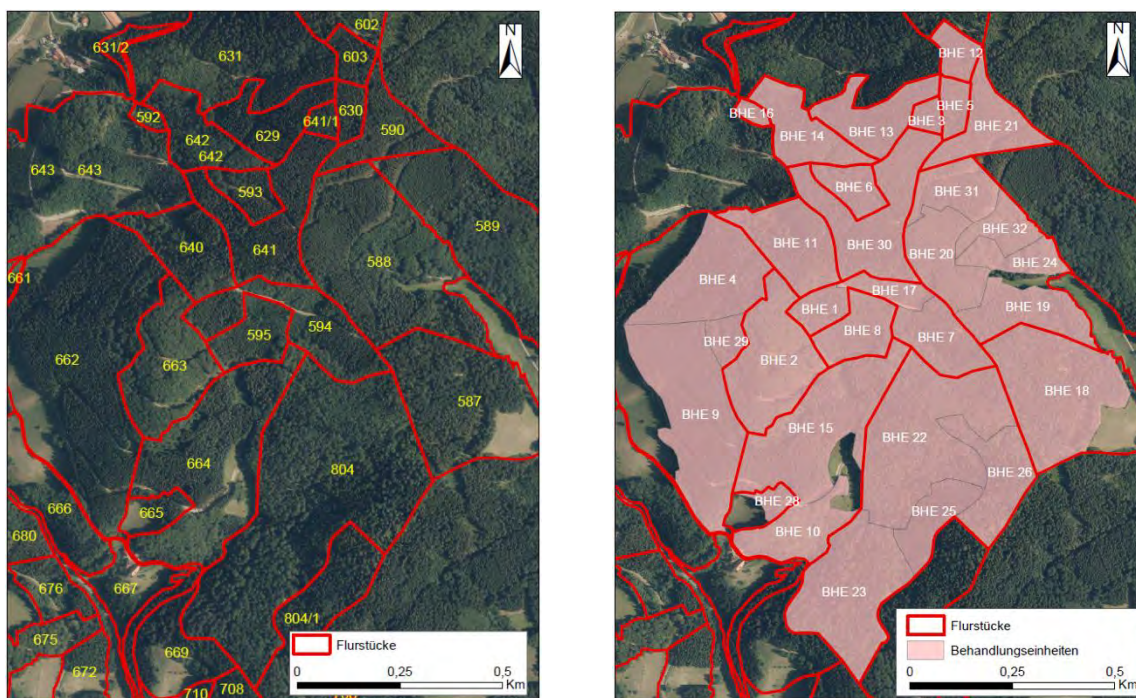
Die Waldflächen werden unter Beachtung der Besitzgrenzen (Flurstücke) in Behandlungseinheiten abgegrenzt (Abbildung 1). Die Größe der Behandlungseinheiten sollte sich an der Forsteinrichtung orientieren. Dort wo eine Forsteinrichtung vorhanden ist, wird diese Bestandesabgrenzung überprüft. Als Orientierungsgröße werden 5 Hektar vorgeschlagen. Die Behandlungseinheiten sollten idealerweise homogene Einheiten in Bezug auf Baumart und Bestandesalter darstellen. Überschreitet ein Flurstück die Größe von 5 ha und ist der Waldbestand eines Flurstücks heterogen, sollten mehrere Behandlungseinheiten innerhalb eines Flurstückes ausgeschieden werden (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Beispielhafte Delinierung des Flurstücks 588 (links) im Gebiet der FVS in mehrere homogene Behandlungseinheiten (rechts).**

Diese GIS-Arbeit erfolgt unter Einsatz des Waldinformationssystems und besteht aus einer visuellen Bestandesabgrenzung (Delinierung).

Die Bestandesdelinierung ist in Abbildung 1 exemplarisch für einen Bereich innerhalb des Gebiets der FVS dargestellt. Die praktische Vorgehensweise der Bestandesdelinierung wird in Kapitel 6 „Umsetzung in QGIS“ genauer erläutert.



**Abbildung 2 Flurstücksgrenzen (links) und darauf basierende Delinierung von Behandlungseinheiten im Gebiet der FVS (rechts).**

## 4 ERSTE VEREINFACHTE BESTANDESBESCHREIBUNG

### 4.1 Übersicht Bestandesattribute

Im Rahmen der Bestandesbeschreibung werden die notwendigen Merkmale im GIS in Attributen einer Fläche (Behandlungseinheit) erfasst. Diese sind in Tabelle 1 zur Übersicht dargestellt.

**Tabelle 1: Übersicht über die innerhalb einer Behandlungseinheit erfassten Attribute**

Attribut	Beschreibung	Acronym
Flurstücksnummer	Eindeutige Nummer des Flurstücks in dem sich die Behandlungseinheit befindet	FSNr
Behandlungseinheit	Abgegrenzter Bereich innerhalb eines Flurstücks mit eindeutiger Nummer	BHE



Baumart 1	Baumart innerhalb einer Behandlungseinheit mit mindestens 5 % Anteil	BA1
Anteil Baumart 1	Prozentualer Anteil der Baumart an der Behandlungseinheit	BA1_%
Baumart 2	Baumart innerhalb einer Behandlungseinheit mit mindestens 5 % Anteil	BA2
Anteil Baumart 2	Prozentualer Anteil der Baumart an der Behandlungseinheit	BA2_%
Baumart 3	Baumart innerhalb einer Behandlungseinheit mit mindestens 5 % Anteil	BA3
Anteil Baumart 3	Prozentualer Anteil der Baumart an der Behandlungseinheit	BA3_%
Sonstige Nadelbäume	Neben den dominierenden Baumarten sonstige vorkommende Nadelbäume	SonstNB
Anteil sonstige Nadelbäume	Prozentualer Anteil der sonstigen vorkommenden Nadelbäume	SonstNB_%
Sonstige Laubbäume	Neben den dominierenden Baumarten sonstige vorkommende Laubbäume	SonstLB
Anteil sonstige Laubbäume	Prozentualer Anteil der sonstigen vorkommenden Laubbäume	SonstLB_%
Dominierende natürliche Altersklasse	Am häufigsten vorkommende natürliche Altersklasse innerhalb einer Behandlungseinheit	natALK
Dominierendes Risiko (Ampel) Baumart 1	Dominierende Risikostufe der entsprechenden Baumart, das sich durch Verschneidung von der Risikoklasse mit der natürlichen Altersklasse ergibt (siehe Tabelle 10,11)	RISK_BA1
Dominierendes Risiko (Ampel) Baumart 2	Dominierende Risikostufe der entsprechenden Baumart, das sich durch Verschneidung von der Risikoklasse mit der natürlichen Altersklasse ergibt (siehe Tabelle 10,11)	RISK_BA2
Dominierendes Risiko (Ampel) Baumart 3	Dominierende Risikostufe der entsprechenden Baumart, das sich durch Verschneidung von der Risikoklasse mit der natürlichen Altersklasse ergibt (siehe Tabelle 10,11)	RISK_BA3
Dominierendes Risiko (Ampel) Bestand	Dominierendes Risiko einer Behandlungseinheit, das sich durch Verschneidung der einzelnen Risiken der innerhalb der Behandlungseinheit vorkommenden Baumarten ergibt (siehe Tabelle 12)	RISK_BS

## 4.2 Naturale Bestandesattribute

Im Anschluss an die Delinierung von Behandlungseinheiten werden pro Behandlungseinheit unter Zuhilfenahme des Fernkundungsmaterials Attribute der Behandlungseinheit erfasst, die für die Ermittlung des Klimarisikos notwendig sind. Eine differenziertere Beschreibung erfolgt im Bestand.

Folgende Attribute werden mit Hilfe der Orthophotos erfasst:

- *Baumartenanteile*: Diese werden für die 3 bedeutendsten Baumarten pro Behandlungseinheit erfasst und in 5-Prozent-Stufen angegeben.
- *Vereinfachte natürliche Altersklassen*: Für die Ermittlung des Klimarisikos erfolgt eine Klassifizierung der Behandlungseinheit in vereinfachte natürliche Altersklassen (Tabelle 2)

Dabei trägt die Nutzung örtlicher Kenntnisse wesentlich zur Qualität der Kartierung bei. Wenn nötig, wird die Interpretation durch wenige Feldbegänge unterstützt.

**Tabelle 2: Definitionen der Einteilung in natürlichen Altersklassen**

	Definition	
Vereinfachte natürliche Altersklasse	Jungwuchs bis Stangenholz	Jungwuchs: Ein natürlich oder künstlich begründeter Jungbestand bis zum Eintritt des Bestandesschlusses (Zustand in welchem die Kronen eines Bestandes in gegenseitigem Kontakt stehen) oder bis zu einer Höhe von 2 m Stangenholz: Ab Bestandsschluss bis Erreichen eines BHD von 15 cm
	Angehendes bis mittleres Baumholz	Überwiegend Bäume ab 15- 50cm BHD
	Starkes Baumholz bis Altholz	BHD > 50 cm

## 4.3 Schätzung der Baumartenanteile durch visuelle Luftbild-Interpretation

Ziel der visuellen Luftbild-Interpretation ist es, die Baumartenverteilung innerhalb einer Behandlungseinheit, bzw. innerhalb des gesamten Waldbesitzes zu schätzen. Diese Informationen werden benötigt, um in einem späteren Schritt eine Aussage zum Anbaurisiko der Baumarten anhand der Klimarisikokarte treffen zu können. Des Weiteren dient die visuelle Interpretation dazu sich ein erstes vereinfachtes Bild von einem Bestand zu verschaffen, das zur Vorbereitung auf den später folgenden Planungsbezug mit dem Waldbesitzer dient.

Im Luftbild sind vor allem die Lichtkronen und dort phänologische Merkmale umfassend und genau abgebildet. Diese werden bei der visuellen Interpretation des Luftbildes und bei der Auswertung genutzt. Ergänzend verwendet der Interpret Kenntnisse aus dem Feld (Unterstützung vom Praxisförster).

Der folgende Interpretationsschlüssel baut sowohl auf Gestalts- als auch auf Farbmerkmalen auf. Die Gestalt der Baumkrone einer Baumart wird durch eine konkrete Beschreibung der im Luftbild sichtbaren Merkmale definiert.

Die Farbe der Einzelkrone je Baumart im Luftbild wird unabhängig davon beschrieben und ebenfalls anhand mehrerer Komponenten systematisch klassifiziert. Zur visuellen Interpretation können sowohl Normalfarbenbilder (Rot-Grün-Blau) sowie Falschfarbenbilder (Nahes Infrarot-Rot-Grün) herangezogen werden. Sofern verfügbar sollten Falschfarbenbilder verwendet werden, da hier die Differenzierung der Baumarten stärker ausgeprägt ist, um Unterschiede zwischen verschiedenen Baumarten deutlicher hervorzuheben.



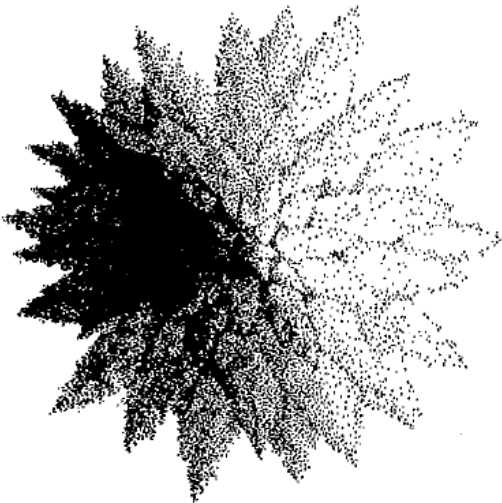
**Tabelle 3: Gestalts- und Farbmerkmale zur visuellen Interpretation von Baumarten im Luftbild**

Form	Erfasst die äußeren Konturen einer Baumkrone, sowohl im Umriss (Kronenaufsicht) als auch im Aufriss (Seitenansicht)
Grobstruktur	Umfasst die durch die Primäräste bestimmten Merkmale eines Einzelbaumes. Sie beschreibt die äußere Gestalt dieser Strukturelemente mittlerer Größenordnung und deren Anordnung zueinander
Feinstruktur	Beschreibt Details innerhalb der Grobstruktur, d.h. die Ausformung ihrer Ränder sowie die Größe und Anordnung von Lücken innerhalb der einzelnen Strukturelemente
Farbverteilung	Beschreibt das räumliche Muster der Farben in den Strukturelementen bzw. der Kronenfläche. Sie reicht von gleichmäßig bis ungleichmäßig.
Farbsättigung	Beschreibt die Intensität des Farbtons und reicht von intensiv bis sehr gering. Bei abnehmender Farbsättigung nimmt der Grauanteil zu
Farbhelligkeit	Maß für die Trübung des Farbtons und reicht von dunkel bis sehr hell
Farbton	Eigentliches Attribut der Farbe, gibt einen Anhalt für die jeweilige Baumart und Stufe typischen Farbton.

Quellen: im Anhalt an VDI, 1993 und AFL 1999


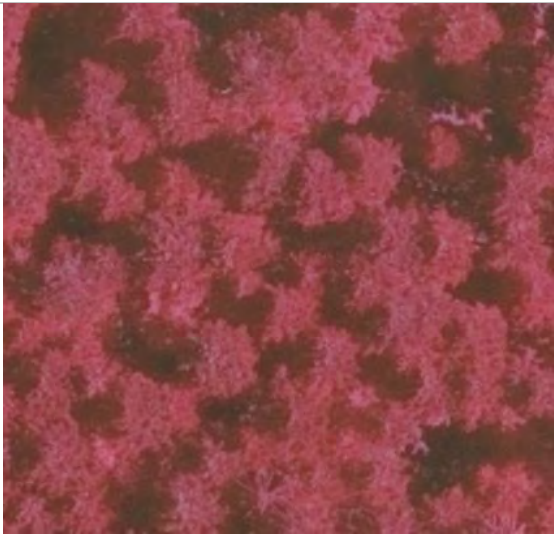
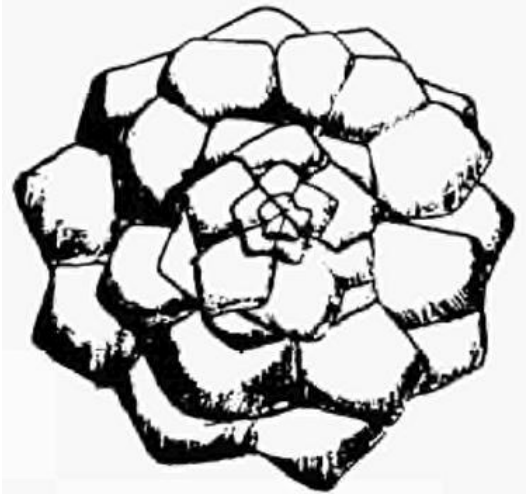


### 4.3.1 Fichte

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
 <p><b>Abbildung 3: Kronenaufsicht der Fichte</b></p>	<p>Merkmale:</p> <p><u>Kronenform</u>: spitzkegelförmig; Umriss sternförmig gezackt</p> <p><u>Grobstruktur</u>: Primäräste sternartig</p> <p><u>Feinstruktur</u>: Primäräste lückenlos; gleichmäßig; glatt</p> <p><u>Farbverteilung</u>: gleichmäßig</p> <p><u>Farbsättigung</u>: intensiv</p> <p><u>Farbhelligkeit</u>: dunkel</p> <p><u>Farbton</u>: grün (Normalfarbe), rot (Falschfarbe)</p>


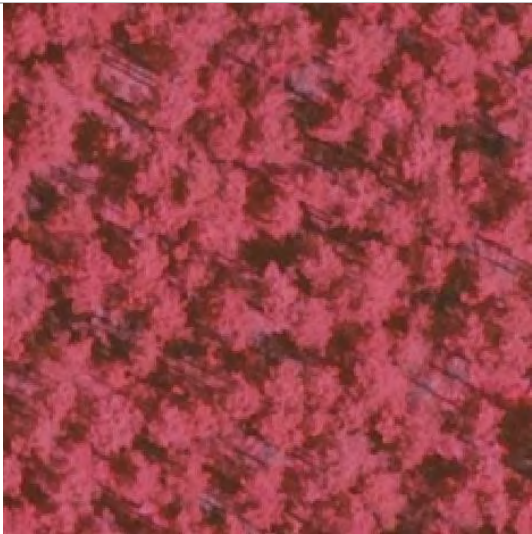
Quelle: Text: im Anhalt an VDI, 1993, AFL 1999 und EC 2000, Luftbildabbildungen (eigene Darstellung)

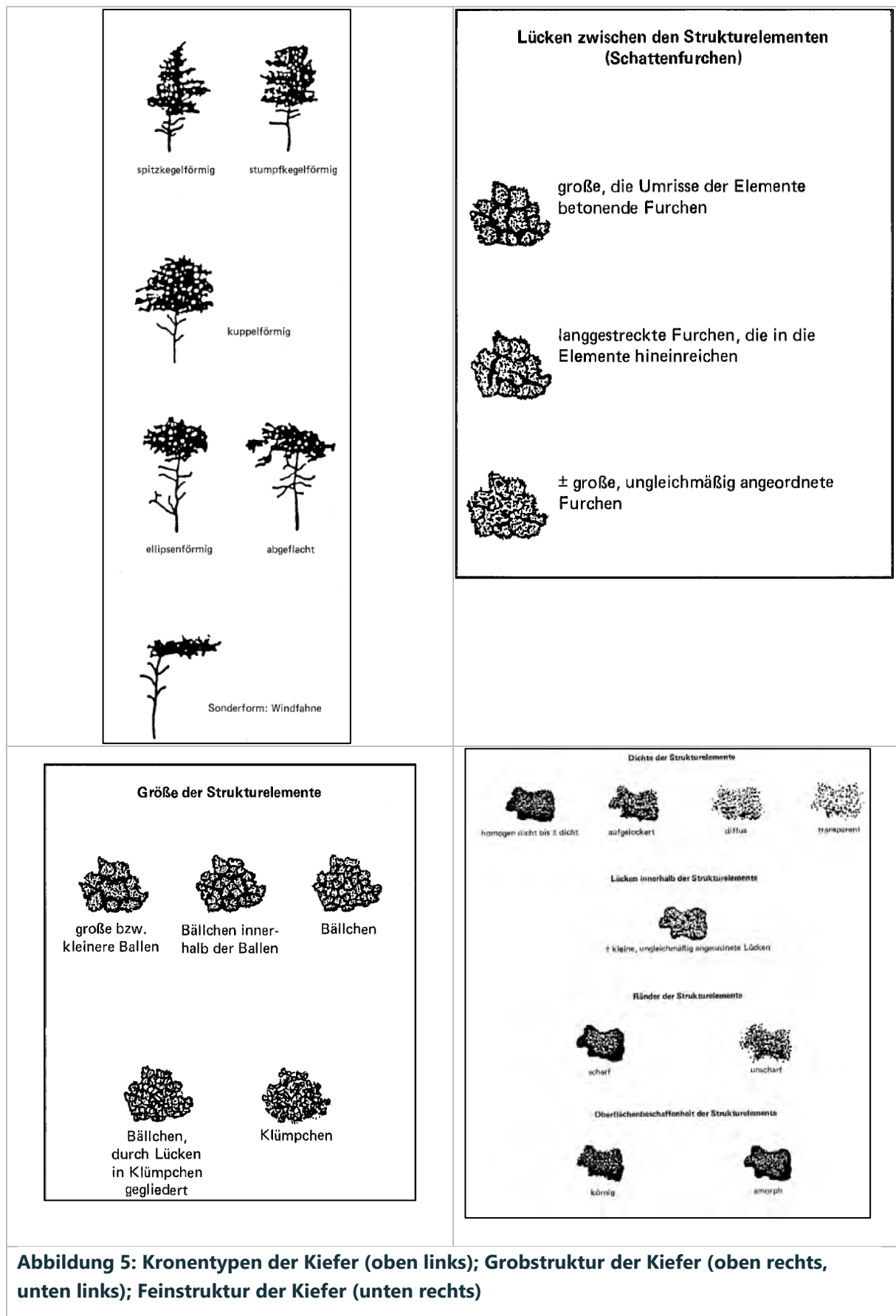
### 4.3.2 Tanne

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
 <p><b>Abbildung 4: Kronenaufsicht der Tanne</b></p>	<p><b>Merkmale:</b></p> <p><u>Kronenform:</u> kegelförmig, Außerand lückenlos, gelegentlich eingebuchtet   jüngere Tannen: spitz- kegelförmig, gezackter Rand   ältere Tannen: stumpf-kegelförmig, gezackter Rand</p> <p><u>Grobstruktur:</u> Voll, dicht gelappt, rund oder dreieckig, Kronenstruktur stufenförmig, reguläre Anordnung der Äste</p> <p><u>Feinstruktur:</u> Ohne Lücken, scharfe Konturen</p> <p><u>Farbverteilung:</u> gleichmäßig</p> <p><u>Farbsättigung:</u> intensiv</p> <p><u>Farbhelligkeit:</u> dunkel</p> <p><u>Farbton:</u> rot, grün</p>

Quelle: Text: im Anhalt an VDI, 1993, AFL 1999 und EC 2000, Luftbildabbildungen (eigene Darstellung)


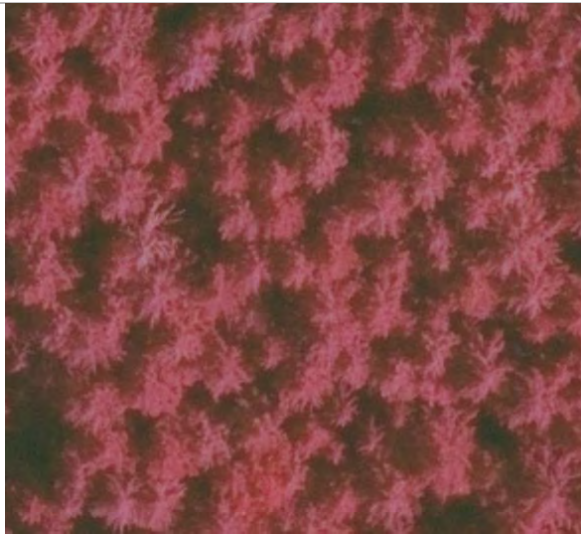

### 4.3.3 Kiefer

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
<p><b>Merkmale:</b></p> <p><u>Kronenform:</u> mindestens sechs Kronentypen: spitzkegelförmig, stumpfkegelförmig, kuppelförmig, ellipsenförmig, abgeflacht, Sonderform "Windfahne"</p> <p><u>Grobstruktur:</u></p> <p>Krone kann je nach Anordnung des Primärsystems aus einem einzigen großen Strukturelement oder aus mehreren horizontal und vertikal angeordneten Strukturelementen bestehen.</p> <p>In Fall einer Gliederung sind diese Elemente durch Schattenfurchen getrennt. Die Ausprägung der Furchen hängt vom Abstand und der Form der Primärsysteme ab. Bei weiterer Reduktion der Trieblänge und der Verzweigungsdichte zerfallen die Ballen in Bällchen bis hin zum Klümpchen.</p> <p><u>Feinstruktur:</u> Die Feinstruktur ist insbesondere durch die Anzahl der Nadeljahrgänge, die Nadellänge und die Benadelungsdichte bedingt. Sie ist entscheidend für die Einstufung der Einzelkrone. Im Luftbild zeigt sich das an der Dichte, den Lücken, den Rändern und der Oberflächenbeschaffenheit der Strukturelemente</p> <p><u>Farbmerkmale:</u> Blaugrün bis gelbgrün</p>	




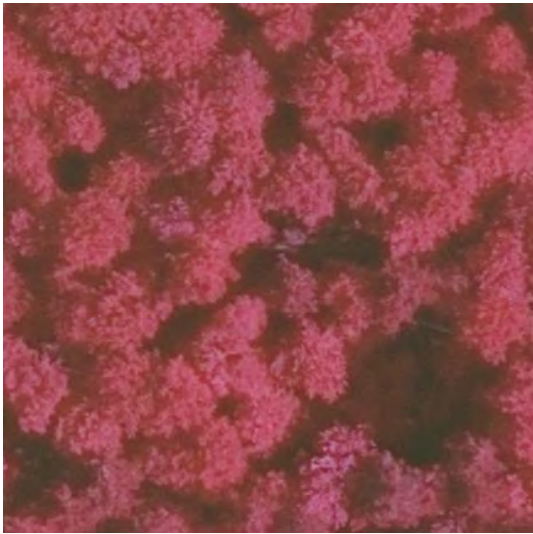
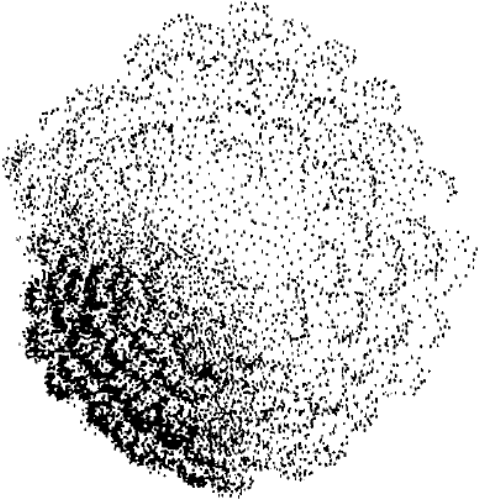
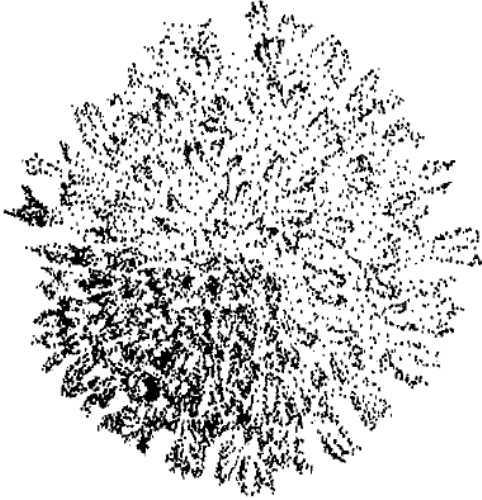


#### 4.3.4 Douglasie

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
 <p data-bbox="236 1496 647 1568"><b>Abbildung 6: Kronenaufsicht der Douglasie</b></p>	<p data-bbox="786 981 919 1014"><u>Merkmale:</u></p> <p data-bbox="786 1025 1353 1093"><u>Kronenform:</u> tief gezackt oder eingekerbt, sternenförmig   Front Ansicht: spitz-kegelförmig</p> <p data-bbox="786 1144 1385 1245"><u>Grobstruktur:</u> Primäräste: keilförmig angespitzt mit rundlichen Formen und in zwei Drittel differenzierbar</p> <p data-bbox="786 1296 1369 1364"><u>Feinstruktur:</u> Primäräste lückenlos, Kanten gerade bis gewellt</p> <p data-bbox="786 1415 1114 1449"><u>Farbverteilung:</u> gleichmäßig</p> <p data-bbox="786 1500 1201 1534"><u>Farbsättigung:</u> medium bis intensiv</p> <p data-bbox="786 1585 1313 1619"><u>Farbhelligkeit:</u> medium (mit weiter Streuung)</p> <p data-bbox="786 1671 1337 1738"><u>Farbton:</u> braun-rot bis kirschenrot; hellgrün bis blaugrün</p>

Quelle: Text: im Anhalt an VDI, 1993, AFL 1999 und EC 2000, Luftbildabbildungen (eigene Darstellung)

### 4.3.5 Buche

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
 <p data-bbox="236 1509 730 1543"><b>Abbildung 7: Kronenaufsicht der Buche</b></p>	 <p data-bbox="810 1509 1358 1576"><b>Abbildung 8: Kronenaufsicht der Buche mit leichter Kronenverlichtung</b></p>
<p data-bbox="204 1711 336 1744"><u>Merkmale:</u></p> <p data-bbox="204 1756 1262 1823"><u>Kronenform:</u> Krone kuppelartig gewölbt; Umriss rundlich geschlossen, stumpf gezähnt bis kleingewellt</p> <p data-bbox="204 1868 1289 1935"><u>Grobstruktur:</u> Krone dicht; periphere Astsysteme -fächer / – zungenartig aufragend, dadurch Kronenoberfläche deutlich strukturiert; Elemente +/- rosettenartig angeordnet</p> <p data-bbox="204 1980 1018 2024"><u>Feinstruktur:</u> Strukturelemente scharfrandig gelappt, in sich lückenlos</p>	

Farbverteilung: gleichmäßig

Farbsättigung: intensiv




Farbhelligkeit: mittel bis hell

Farbton: rot, mittelgrün

*Quelle: Text: im Anhalt an VDI, 1993, AFL 1999 und EC 2000, Luftbildabbildungen (eigene Darstellung)*



#### 4.3.6 Eiche

Normalfarbenbild	Falschfarbenbild (Nahes Infrarot)
	
 <p data-bbox="229 1487 708 1520"><b>Abbildung 9: Kronenaufsicht der Eiche</b></p>	<p data-bbox="810 983 943 1016"><u>Merkmale:</u></p> <p data-bbox="810 1028 1382 1167"><u>Kronenform:</u> Krone kuppelartig gewölbt bis abgeflacht. Umriss unregelmäßig rundlich: meist gebuchtet, gelegentlich in mehrere Kronenteile gespalten</p> <p data-bbox="810 1218 1310 1319"><u>Grobstruktur:</u> Krone bzw. Kronenteile aus dichtgepackten ballenförmigen Elementen zusammengesetzt, blumenkohlartig</p> <p data-bbox="810 1370 1374 1471"><u>Feinstruktur:</u> Ballen bzw. ganze Krone lückenlos, aus dicht gelagerten Körnern (Blattbüschel) zusammengesetzt</p> <p data-bbox="810 1523 1273 1556"><u>Farbverteilung:</u> tendenziell gleichmäßig</p> <p data-bbox="810 1608 1078 1641">Farbsättigung: intensiv</p> <p data-bbox="810 1693 1358 1760"><u>Farbhelligkeit:</u> mittel bis dunkel (meist dunkler als Buche)</p> <p data-bbox="810 1812 1086 1845"><u>Farbton:</u> rot, mittelgrün</p>

Quelle: Text: im Anhalt an VDI, 1993, AFL 1999 und EC 2000, Luftbildabbildungen (eigene Darstellung)

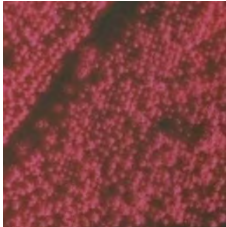

## 4.4 Alterseinteilung durch visuelle Luftbild-Interpretation

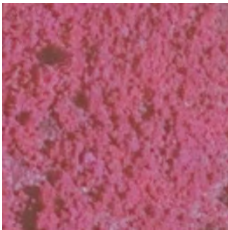

Für die Beschreibung der natürlichen Altersklassen werden ausschließlich luftbildsichtbare Merkmale verwendet:

- Struktur des Einzelbaumes (Erkennbarkeit von Individuen, Höhen, Struktur der einzelnen Krone)
- Struktur des Bestandes (Verteilung der Individuen, Art der Bestandesoberfläche, Bestandesschluss, Höhendifferenzierung, Erkennbarkeit von Pflanzreihen, Erkennbarkeit der Feinerschließung),
- Farbmerkmale (Farbton, Helligkeit, Farbvariationen, Farbmuster, dunkle Partien)

### 4.4.1 Jungwuchs

**Tabelle 4: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Jungwuchs**

	Form Einzelbaum		Struktur Einzelbaum	Struktur Bestand		Schatten Bestandes- oberfläche	Farbe	Color-Infrarot- Luftbild	Normalfarben- Luftbild
	Kronenf. vertikal	Kronen- rand		Bestandes- oberfläche	Abgrenzbarkeit der Einzelbäume				
KV	-	-	Einzelne Individuen oder Gruppen sind erkennbar, aber nicht näher beschreibbar  Kaum oder nur geringe Höhenunterschiede zum Boden/Hintergrund erkennbar	Verteilung +/- regelmäßig	Pflanzreihen erkennbar  Zwischen den Pflanzreihen kein Schluss, innerhalb der Pflanzreihen +/- geschlossen bis kein Schluss	-	Immergrüne Nadelbäume: dunklere, punktförmige Rottöne  Sonstige: hellere Rottöne  Große Farbvariationen durch wechselnde Hintergrundinformation  Farbmuster teilweise streifenförmig (Pflanzverband)		
Abbildung 10: Tannen-Jungwuchs aus KV									

NV	-	-	Verteilung unregelmäßig, flächendeckend dicht, oft mit Lücken  Geringe Höhen- differenzierung	-	-	-	Immergrüne Nadelbäume: dunklere, punkt-oder flächenförmige Rottöne  Sonstige: hellere Rottöne  Große Farbvariationen durch wechselnde Hintergrundinformation	 
----	---	---	---	---	---	---	--	---



**Abbildung 11: Buchen-Jungwuchs aus NV**

KV = künstliche Verjüngung, NV = natürliche Verjüngung


Quelle: AFL (1998); Luftbildabbildungen eigene Darstellung

## 4.4.2 Jungbestand

**Tabelle 5: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Jungbestand**

Baumart	Form Einzelbaum		Struktur Einzelbaum	Struktur Bestand		Schatten Bestandesoberfläche	Farbe	Color-Infrarot-Luftbild	Normalfarben-Luftbild
	Kronenform vertikal	Kronenrand		Bestandesoberfläche	Abgrenzbarkeit der Einzelbäume				
Fichte	punktförmig bis spitz zulaufend	-	Nicht erkennbar	KV: leicht gezackt und aufgeraut	KV: i. d. R. nicht eindeutig, kaum vertikale Differenzierung, Pflanzreihen meist noch erkennbar	Sehr wenig	hellrot	 	
Tanne				NV: Ungleichmäßig z.T. sehr dicht, leicht zackig aufgeraut	NV: i. d. R. nicht möglich, z. T. vertikale Differenzierung vorhanden		Hell braunrot		
Kiefer		-		KV:	KV:	Sehr wenig	graurot		

**Abbildung 12: Tanne-Jungbestand**

	Nicht erkennbar bis punktförmig		Nicht erkennbar	gleichmäßig leicht aufgeraut  NV: gleichmäßig bis wellig, leicht aufgeraut	Nicht eindeutig, kaum vertikale Differenzierung, Pflanzreihen erkennbar  NV: i. d. R. nicht möglich, trotzdem vertikale Differenzierung erkennbar			
Buche				glatt	Nicht möglich, keine vertikale Differenzierung		Hellrot, z.T. mit weißem Schimme r, heller als Fi, Ta, Ei	
Eiche	Nicht erkennbar	-	Nicht erkennbar	glatt (NV) bis körnig aufgeraut (KV)	NV: nicht möglich, keine vertikale Differenzierung  KV: i. d. R. nicht möglich, kaum vertikale Differenzierung	keine	Hellrot, heller als Fi, Ta	



KV = künstliche Verjüngung, NV = natürliche Verjüngung

Quelle: AFL (1998); Luftbildabbildungen eigene Darstellung

**Abbildung 13: Buche-Jungbestand**

### 4.4.3 Stangenholz

**Tabelle 6: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Stangenholz**

Baumart	Form Einzelbaum		Struktur Einzelbaum	Struktur Bestand		Schatten in der Bestandesoberfläche	Farbe	Color-Infrarot-Luftbild	Normalfarben-Luftbild
	Kronenform vertikal	Kronenrand		Bestandesoberfläche	Abgrenzbarkeit der Einzelbäume				
Fichte	Spitzkegelförmig	Undeutlich sternförmig	radial	Aus spitzen Kegeln dicht zusammengesetzt	Deutlich, vertikale Differenzierung, Pflanzreihen gelegentlich noch erkennbar	Deutlich, häufig regelmäßiges Muster	rot		
Tanne		Undeutlich gewellt		Aus spitzen und stumpfen Kegeln dicht zusammengesetzt			braunrot		
Kiefer	Kegel- bis spitzkegelförmig	Undeutlich gewellt bis diffus	Nicht erkennbar bis körnig	Gleichmäßig, rau	Meist deutlich, vertikale Differenzierung vorhanden, Pflanzreihen gelegentlich noch erkennbar	Meist deutlich	graurot		
Buche	i.d.R. nicht erkennbar	i.d.R. nicht erkennbar, sichtbare Teile unregelmäßig gewellt	i.d.R. nicht erkennbar	Faserig aufgeraut	Einzelkronen meistens nicht abgrenzbar, kaum vertikale Differenzierung	Sehr wenig	hellrot		
Eiche	Beginnend kuppelartig, leicht gewölbt	i.d.R. glatt, gewellt	kleinballig	flachkuppig	Schwierig, geringe vertikale Differenzierung	wenig	Intensiv rot, dunkler als Buche, heller als Fi, Ta, Ki		

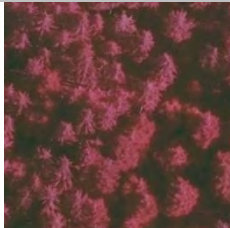

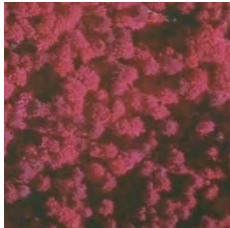
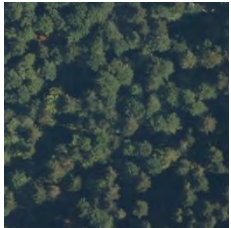
**Abbildung 14: Fichten-Stangenholz**

**Abbildung 15: Buchen-Stangenholz**

Quelle: AFL (1998); Luftbildabbildungen eigene Darstellung

#### 4.4.4 Baumholz und Altholz

**Tabelle 7: Interpretationsschlüssel zur Ansprache der natürlichen Altersklasse – Baumholz und Altholz**

Baumart		Form Einzelbaum		Struktur Einzelbaum	Struktur Bestand		Schatten Bestandesoberfläche	Farbe	Color-Infrarot-Luftbild	Normalfarben-Luftbild
		Kronenform vertikal	Kronenrand		Bestandesoberfläche	Abgrenzbarkeit der Einzelbäume				
Fichte	Kamm	Spitz kegelförmig	Sternförmig	Primäräste sternartig feinstrahlig	Aus spitzen Kegeln zusammengesetzt, dazwischen tiefe Kerben	Deutlich; starke vertikale Differenzierung	ausgeprägt	Dunkelrot, dunkelste Baumart im Luftbild (ausgenommen Schwarzkiefer); dunkler als Laubholz		
	Bürste	Spitz bis stumpf kegelförmig	Gewellt bis glatt	Primäräste wulstig sternartig						
	Platte			Primäräste lappig sternartig						
Tanne		Stumpfkegelförmig; häufig abgeflacht	Leicht gewellt	Primäräste rosettenartig gelappt	Kuppig; gekerbt bis tief gewellt	Deutlich; vertikale Differenzierung vorhanden		Intensiv braunrot; dunkler als Laubholz		
Kiefer	Schmal-spitz	Spitzkegelförmig	Glatt bis gewellt	Körnig amorph, nicht sternförmig	aus Kegeln zusammengesetzt, dazwischen Kerben	Deutlich vertikale Differenzierung vorhanden	deutlich	Blass graurot, dunkler als Laubholz		
	flachbreit	abgeflacht	Überwiegend gewellt, oft diffus, uneinheitlich	Krone in Ballen gegliedert	kuppig gewellt	Kronenteile oder Ballen deutlich, Einzelkrone z. T. Schwer abgrenzbar, vertikale Differenzierung schwach ausgeprägt	Sehr wenig			

**Abbildung 16: Starkes Fichte-Tanne-Baumholz/Altholz**

**Abbildung 17: Starkes Buche-Baumholz/Altholz**

Buche	kuppelartig, gewölbt	Stumpf gezähnt bis leicht gewellt, oft unscharf	Länglich schmale Elemente, Fächerspitzen dicht rosettenartig angeordnet	Faserig aufgeraut, flach gewellt	Einzelkrone meist abgrenzbar, geringe vertikale Differenzierung	wenig	hellrot, heller als Fi, Ta, Ki	
Eiche	kuppelartig, gewölbt	unregelmä- ßig rundlich bis leicht gebuchtet; i. d. R. scharf abgegrenzt	dicht angeordnete Ballen (blumenkohl- artig)	kuppig bis ballig gewellt	Kronen, Kronenteile oder Ballen deutlich abgrenzbar, Zuordnung zur Einzelkrone schwierig; vertikale Differenzierung deutlich	wenig	Intensiv rot, dunkler als Buche, heller als Fi, Ta, Ki	

Quelle: AFL (1999); Luftbildabbildungen eigene Darstellung

**Tabelle 8: Erfassung der Bestandesattribute Baumart, Baumartenanteil, sowie natürliche Altersklasse**

Id	Flurstnr	BHE	BA1	BA1_%	BA2	BA2_%	BA 3	BA3_%	SonstNB	SonstNB_%	SonstLB	SonstLB_%	natALK	RISK_BA1	RISK_BA2	RISK_BA3	RISK_BS
1	588	31	Fi	100									MBH				
2	588	32	Ta	70	Fi	25	Bu	5					SH				
3	588	24	Dgl	50	Ei	50							MBH				
4	588	19	Ta	70	Fi	30							MBH				
5	588	20	Fi	95	Ta	5							MBH				













Fi = Fichte, Ta = Tanne, Dgl = Douglasie, Ei = Eiche, MBH = Mittleres Baumholz, SH = Stangenholz



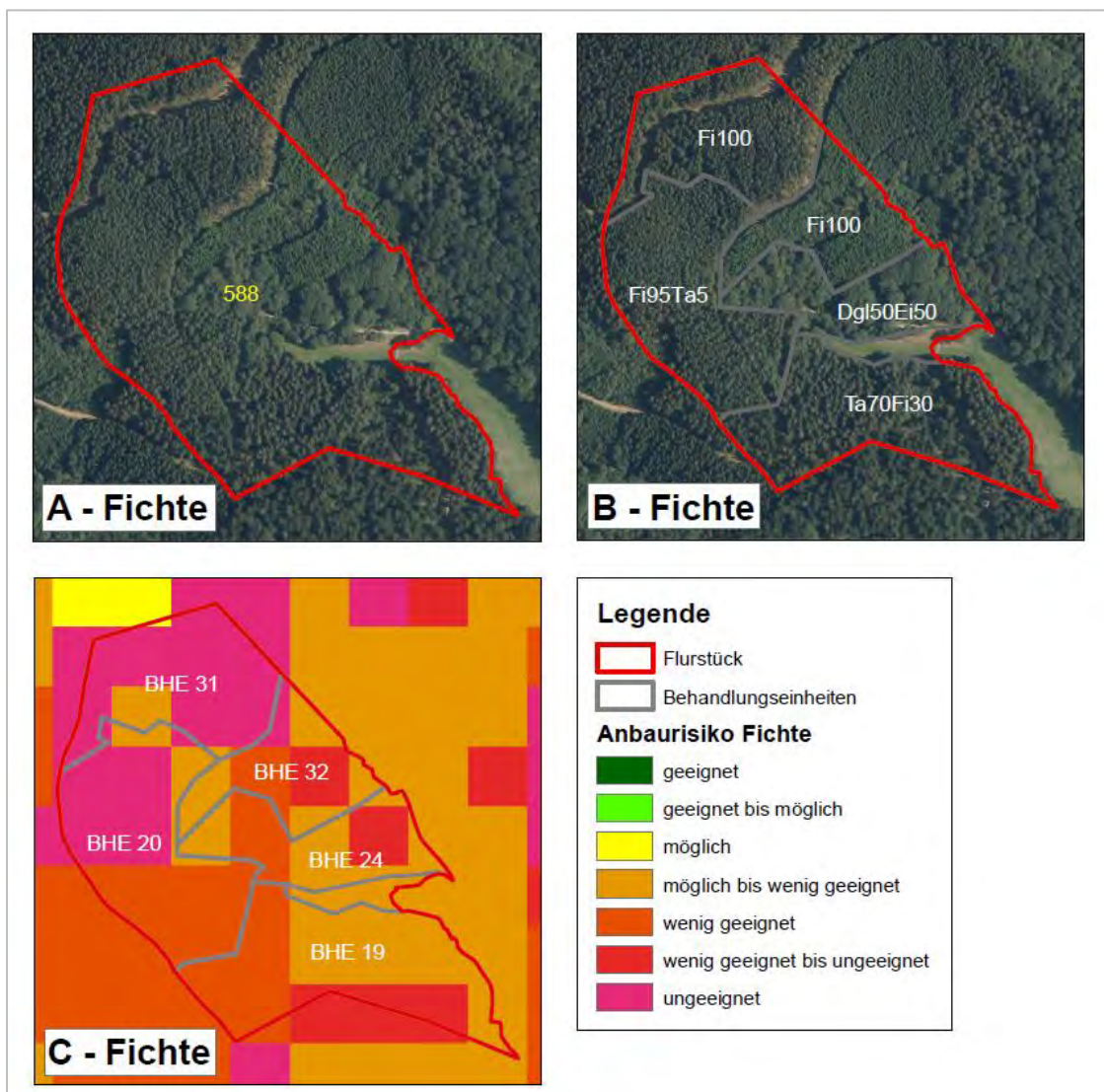
## 4.5 Attribute der Risikoeinstufung

**Schritt 1** Abgleich der Klimarisikoklassen für Baden-Württemberg und Bayern mit den Behandlungseinheiten

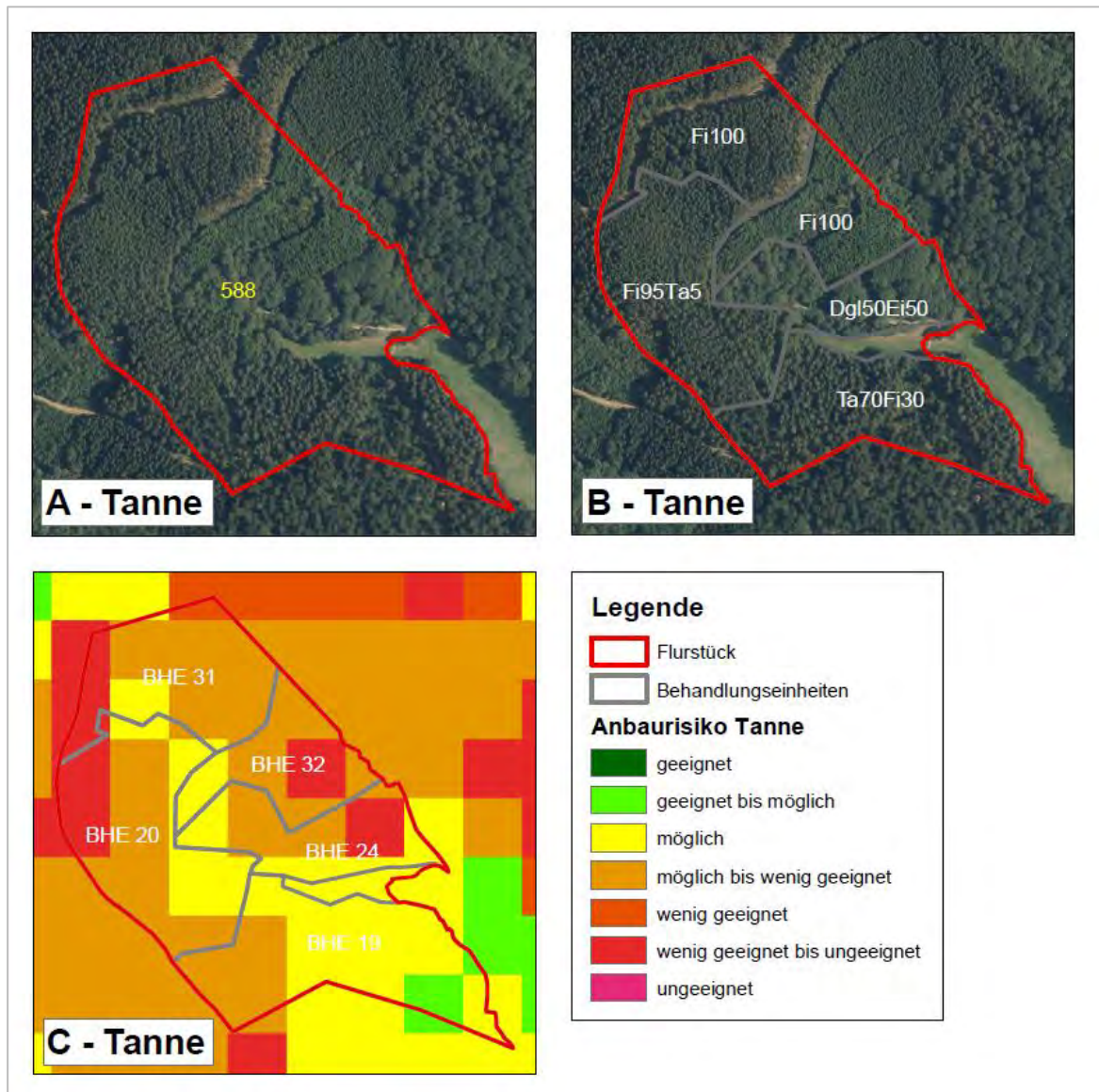
**Tabelle 9: Risiko-Klassen der Klimarisikokarten für Bayern und Baden-Württemberg**

Klimarisiko Baden- Württemberg	Verfügbar für 2010, 2050 und 2100. Für 2100 sind 2 Szenarien verfügbar, RCP 4.5 und RCP 8.5. Bewertet werden die Hauptbaumarten Fichte, Tanne, Buche und Traubeneiche	 geeignet  geeignet bis möglich  möglich  möglich bis wenig geeignet  wenig geeignet  wenig geeignet bis ungeeignet  ungeeignet
Klimarisiko Bayern	Verfügbar für 2010, 2050 (nur Fichte, Kiefer) und 2100  Baumarten: Bergahorn, Bergulme, Buche, Douglasie, Elsbeere, Esche, Feldahorn, Fichte, Hainbuche, Kiefer, Lärche, Sandbirke, Schwarzerle, Sommerlinde, Speierling, Spitzahorn, Stieleiche, Tanne, Traubeneiche, Vogelbeere, Winterlinde	 sehr geringes Risiko als führende Baumart möglich  geringes Risiko als führende Baumart mit hohen Mischbaumanteilen möglich  erhöhtes Risiko als Mischbaumart in mäßigen Anteilen möglich  hohes Risiko als Mischbaumart in geringen Anteilen möglich  sehr hohes Risiko als Mischbaumart in sehr geringen Anteilen möglich

Im Anschluss an die Kartierung der Baumarten kann pro Behandlungseinheit ein Abgleich der Klimarisikokarten für die jeweilige Baumart mit den einzelnen Behandlungseinheiten erfolgen (Abbildung 18 & Abbildung 19). Die Risikostufe wird dann anhand von vordefinierten Regeln ermittelt (Tabelle 10, 11). Die Regeln beziehen sich – wo diese vorliegt – auf die standorts- und baumartenbezogene Klimarisikoeinstufung für die jeweilige Baumart in Kombination mit dem Alter des Bestandes. Baumarten, für die keine Klimarisikoeinstufung vorliegt, werden gutachtlich im Anhalt an die am besten passende Baumart bewertet, für die eine Klimarisikoeinstufung vorliegt. Beim Bestandesalter werden, wie bereits erwähnt, die natürlichen Altersklassen verwendet. Das Ergebnis der Risikoeinstufung sind Ampelkarten. Es werden die Begriffe „Kein bis geringes“ – „mittleres“ – „hohes“ Risiko verwendet (Tabelle 10, 11). Ein hohes Risiko bedeutet einen hohen Handlungsdruck. Ein geringes Risiko bedeutet einen geringen Handlungsdruck. Sie ist insofern eine vorläufige Risikoeinstufung.



**Abbildung 18: Identifizierung des Anbaorisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaorisikokarte (C), hier am Beispiel Fichte.**



**Abbildung 19: Identifizierung des Anbaorisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaorisikokarte (C), hier am Beispiel Tanne.**

**Tabelle 10: Klimarisikoregeln Baden-Württemberg**

Risikokategorie	Jungwuchs bis Stangenholz	Angeheudes bis mittleres Baumholz	Starkes Baumholz bis Altholz
Geeignet	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko
Geeignet bis möglich	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko
Möglich	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Mittleres Risiko <sup>1</sup>
Möglich bis wenig geeignet	Kein bis geringes Risiko	Mittleres Risiko	Mittleres Risiko
Wenig geeignet	Mittleres Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko
Wenig geeignet bis ungeeignet	Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko
ungeeignet	Hohes Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko

**Tabelle 11: Klimarisikoregeln Bayern**

Risikokategorie	Jungwuchs bis Stangenholz	Angeheudes bis mittleres Baumholz	Starkes Baumholz bis Altholz
Sehr geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko
Geringes Risiko	Kein bis geringes Risiko	Mittleres Risiko <sup>2</sup>	Mittleres Risiko <sup>3</sup>
Erhöhtes Risiko	Mittleres Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko <sup>4</sup>
Hohes Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko
Sehr hohes Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko

**Beispiel:**

Für Behandlungseinheit 20 befindet sich Fichte in der Risikoklasse „wenig geeignet“ (Abbildung 18) und Tanne in der Risikoklasse „möglich bis wenig geeignet“ (Abbildung 19).

Ein Abgleich mit den Klimarisikoregeln ergibt, dass eine Kombination von mittlerem Baumholz mit der Risikoklasse „wenig geeignet“ für Fichte ein mittleres Risiko ergibt.

Für Tanne ergibt sich durch Kombination von mittlerem Baumholz und der Risikoklasse „möglich bis wenig geeignet“ ebenfalls ein mittleres Risiko.

Das Anbaurisiko für die Baumarten Buche und Eiche für Behandlungseinheit 20 können dem Anhang entnommen werden.

<sup>1</sup> Mittleres Risiko besteht hier vor allem für Reinbestände.

<sup>2</sup> Es sollte bei der Risikobewertung berücksichtigt werden, dass die derzeit verfügbaren Klimaprognosen auf einem inzwischen ausgesprochen optimistischen Szenario beruhen (B2). Es wurde daher ein etwas strengerer Maßstab angelegt als für Baden- Württemberg. Es wäre zu diskutieren, ob die Bewertung hier weiter verschärft werden muss.

<sup>3</sup> Mittleres Risiko besteht hier vor allem für Reinbestände.

<sup>4</sup> Hohes Risiko besteht hier vor allem für Reinbestände. Sonst eher mittleres Risiko

## Schritt 2: Ermittlung des Gesamtrisikos einer Behandlungseinheit

In einem nächsten Schritt wird für die gesamte Behandlungseinheit das Risiko ermittelt. Dieses ergibt sich durch die Summierung der Einzelrisiken pro Baumart aus Schritt 1. Jede Risikostufe erhält einen numerischen Wert (Tabelle 12). Die Summe der Werte wird durch die Anzahl der Baumarten geteilt und ergibt somit das Gesamtrisiko pro Behandlungseinheit.

**Tabelle 12: Ampelklassen zur Ermittlung des Gesamtrisikos einer Behandlungseinheit**

Gewichtung	„Ampelfarbe“	Definition
1	„grün“	Kein bis geringes Risiko
2	„gelb“	Mittleres Risiko
3	„rot“	Hohes Risiko

### Beispiel:

Nach der in Schritt 1 beschriebenen Vorgehensweise ergeben sich für Behandlungseinheit 19 die Risikoklassen „möglich“ für Tanne und „möglich bis wenig geeignet“ für Fichte. Anhand der Risikoregeln resultiert für Tanne ein geringes Risiko und für Fichte ein mittleres Risiko.

Basierend auf dieser Einstufung erhält Tanne eine Gewichtung von 1 und Fichte eine Gewichtung von 2 (Tabelle 10). Summiert ergibt das 3 und geteilt durch die Anzahl der Baumarten (zwei) ein Risiko von 1,5. Dieses Risiko wird auf 2 aufgerundet und ergibt ein mittleres Risiko.

**Tabelle 13: Erfassung der Attribute zur Risikoeinstufung pro Behandlungseinheit.**

Id	Flurstnr	BHE	BA1	BA1_%	BA2	BA2_%	BA 3	BA3_%	SonstNB	SonstNB_%	SonstLB	SonstLB_%	natALK	RISK_BA1	RISK_BA2	RISK_BA3	RISK_BS
1	588	31	Fi	100									MBH	2			2
2	588	32	Ta	70	Fi	25	Bu	5					SH	1	1	1	1
3	588	24	Dgl	50	Ei	50							MBH	2			2
4	588	19	Ta	70	Fi	30							MBH	1	2		2
5	588	20	Fi	95	Ta	5							MBH	2	2		2

1 = kein bis geringes Risiko, 2 = mittleres Risiko, 3 = hohes Risiko



## 5 ERSTELLEN VON STICHPROBEPUNKTEN IN VORBEREITUNG EINER BESTANDESINVENTUR

Je Bestand werden zwei Inventurpunkte aufgenommen:

- ein Inventurpunkt im Zentrum der Fläche (Punkt-ID endet auf "A")
- ein zufällig gesetzter Inventurpunkt im verbleibenden Bereich zwischen Zentrum und Rand (Punkt-ID endet auf "B")

Die Inventurpunkte werden vor Beginn der Feldmessungen im GIS ausgewählt und müssen dann vor Ort im Bestand mit möglichst hoher Genauigkeit anhand der Koordinaten aufgesucht werden.

## 6 UMSETZUNG IN QGIS

Während im ersten Teil des Leitfadens die inhaltliche und konzeptionelle Basis für die Identifikation und Beschreibung klimakritischer Bestände geschaffen wurde, beschäftigt sich der zweite Teil mit der Umsetzung des inhaltlichen Teils in QGIS. In diesem Teil werden nur Konzepte vorgestellt, die von Relevanz für die Aufgabenstellung sind. Weiterführende Informationen zur Funktionsweise von QGIS können folgendem UserGuide entnommen werden: <https://docs.qgis.org/3.4/pdf/de/>

### 6.1 QGIS Tool und Templates

Für die Umsetzung der im Vorangegangenen beschriebenen Konzepte wird im Rahmen des Projekts ein Demo QGIS Tool (Vorbereitetes Q-GIS Projekt), sowie Vorlagen zum Design einzelner Layer und zur Erstellung von Kartenmaterial zur Verfügung gestellt. Diese Vorlagen ermöglichen ein dem Demo QGIS entsprechendes QGIS Tool für den konkreten FWZ zu erstellen. Im Folgenden werden der Aufbau eines Q-GIS Projekts beschrieben sowie die wichtigsten Arbeitsschritte. Für die Nutzung der Layer und Kartentemplates wird auf die allgemeine Q-GIS Dokumentation verwiesen.

### 6.2 Installation und Ergänzung um wichtige Erweiterungen (Plugins)

#### 6.2.1 Download

Die Software kann unter folgendem Link heruntergeladen werden

<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html#>. Empfohlen wird die stabilste Langzeitversion 3.4.

## 6.2.2 Installation

Genauere Informationen zur Installation von QGIS können dem UserGuide entnommen werden.

## 6.2.3 Erweiterungen

Nach erfolgreicher Installation sollten notwendige Erweiterungen installiert werden (Abbildung 20). Durch Klick auf **Erweiterungen | Erweiterungen verwalten und installieren...** können bereits installierte Erweiterungen eingesehen und neue Erweiterungen installiert werden:

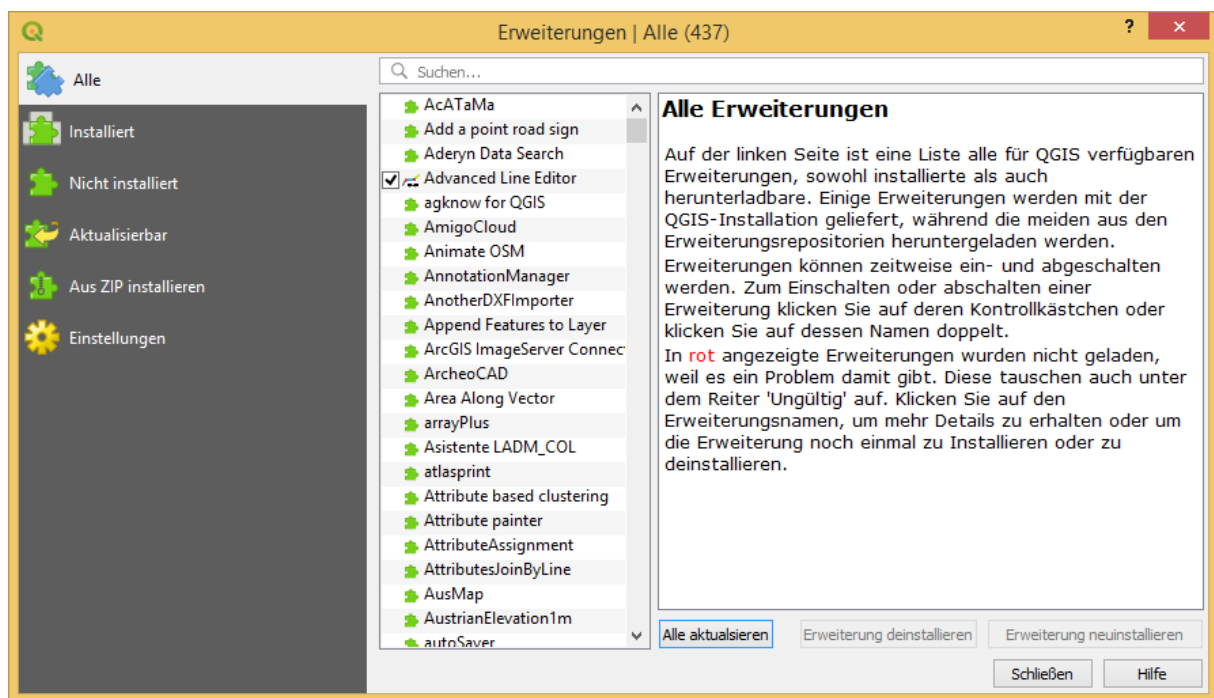


Abbildung 20: Dialogbox zur Installation von Erweiterungen in QGIS

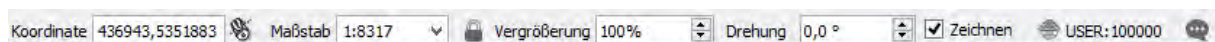
Wichtige Erweiterungen, die installiert werden sollten sind:

- Digitizing Tools
- QuickMapServices
- QuickOSM

## 6.3 GIS Aufbau

### 6.3.1 Projektionen

Beim Anlegen eines neuen Projekts in QGIS sollte die Projektion des Projekts auf die jeweilige Region angepasst werden. Die Projektion kann im unteren rechten Bildrand des Dokuments angepasst werden (Abbildung 21).



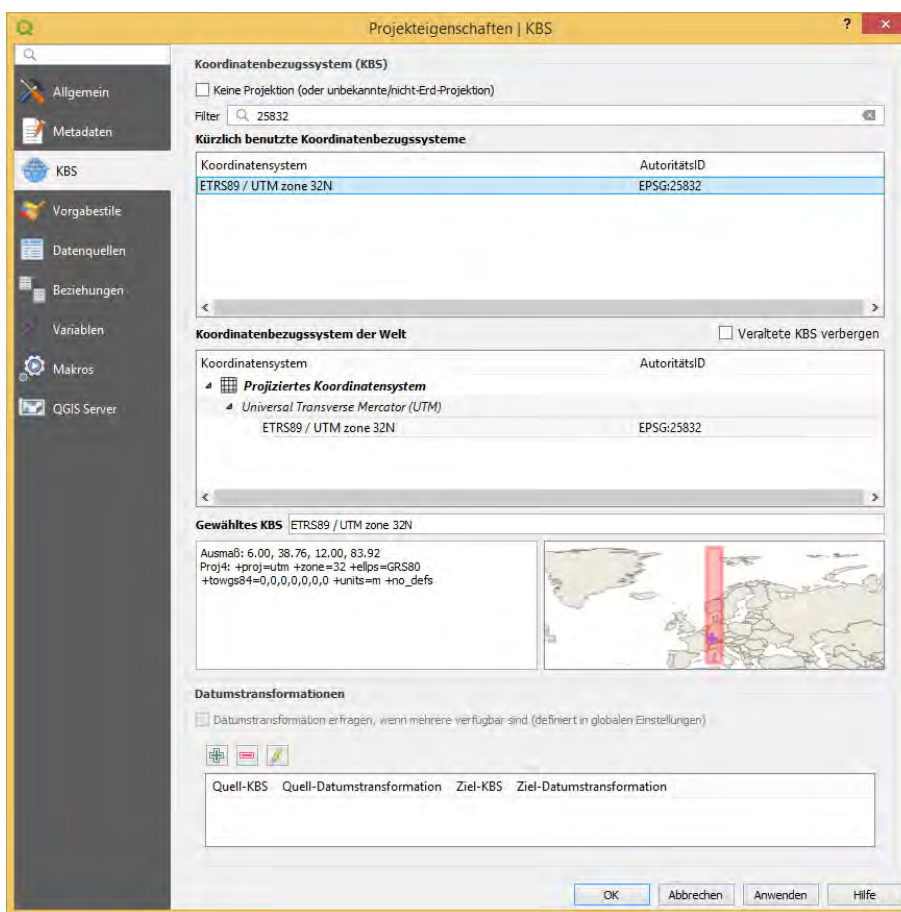


## Abbildung 21: Symbolleiste am zur Anpassung der Projektion eines QGIS Projekts am unteren Rand eines Dokuments

Mit Hilfe des EPSG-Codes kann die entsprechende Projektion für das Projektgebiet ausgewählt werden.

**Tabelle 14: Projektionen und dazugehörige EPSG Codes für das Gebiet des entsprechenden FWZ**

FWZ	EPSG Code	Projektion
FVS, WBV	25832	ETRS89 / UTM zone 32N
FV Prignitz	25833	ETRS89 / UTM zone 33N



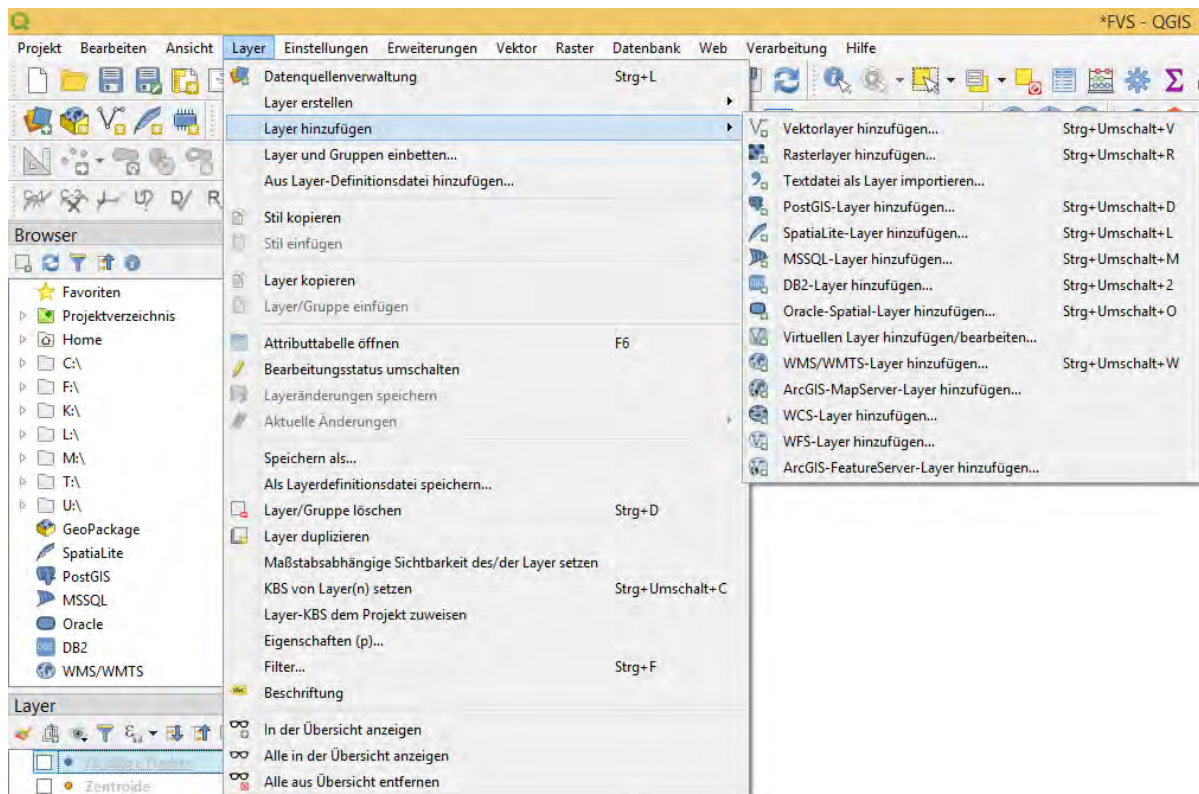
**Abbildung 22: Anpassung der Projektion des Kartendokuments**

## 6.3.2 Datenimport

Daten können auf unterschiedliche Weise in QGIS importiert werden (Abbildung 23). Die drei üblichsten Arten sind:

- Die Daten können direkt per **Drag and Drop** von einem Ordner in das Dokument gezogen werden

- Die Daten können vom **Browser** in das Dokument gezogen werden
- Durch Klick auf Layer | Layer hinzufügen| Vektorlayer/Rasterlayer hinzufügen

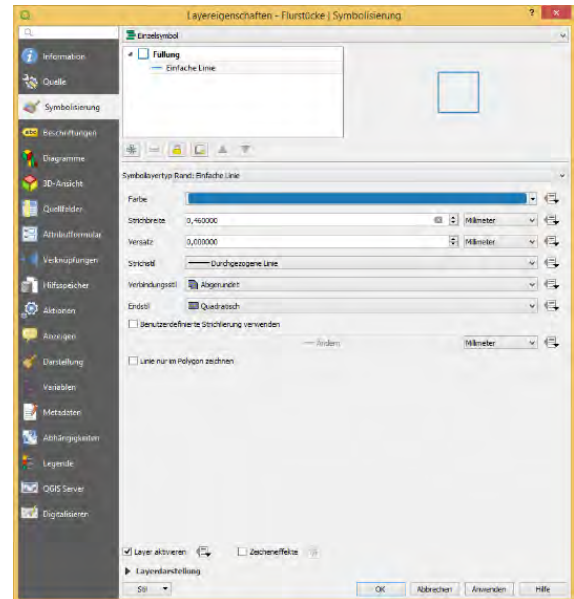
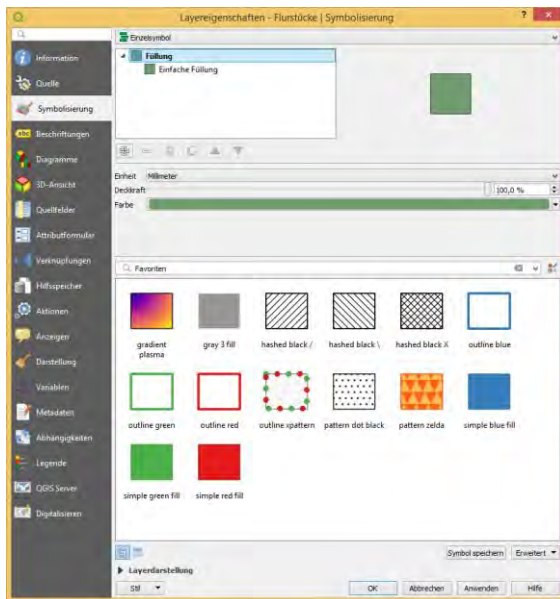


**Abbildung 23: Datenimport in QGIS**

### 6.3.3 Anpassung des Layouts von Layern

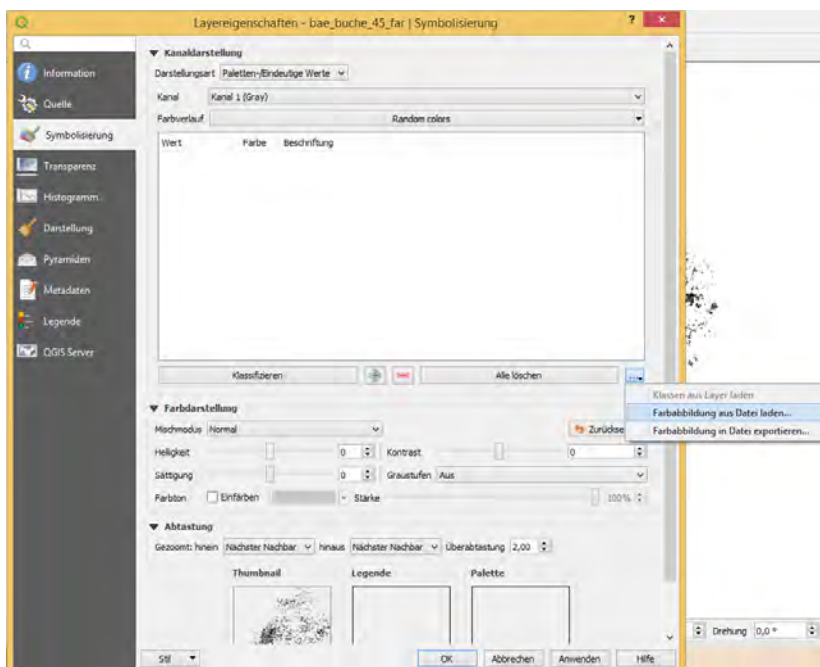
#### Symbolisierung

Durch Doppelklick oder Rechtsklick auf den **Layer | Eigenschaften** können die Layereigenschaften des Layers geöffnet werden (Abbildung 24). Dort können Farbe, Füllung etc. des Layers angepasst werden.



**Abbildung 24: Anpassung der Symbolisierung eines Layers in QGIS**

Im Falle von Rasterdaten (z.B. bei den Klimarisikokarten für Baden-Württemberg) kann das Farbschema der Klimarisikoklassen aus einer Datei importiert werden. Durch Auswahl von **Paletten/Eindeutige Werte** als Darstellungsart kann das Farbschema durch Import der .clr-Datei „Farbschema\_Anbaurisiko“ im Dateiordner der Klimarisikodaten geladen werden (Abbildung 25).



**Abbildung 25: Anpassung des Farbschemas der Klimarisikokarten**

## Beschriftung

In den Layereigenschaften können unter dem Reiter Beschriftungen, Attribute ausgewählt werden, mit denen Objekte eines Layers beschriftet werden sollen (Abbildung 26).

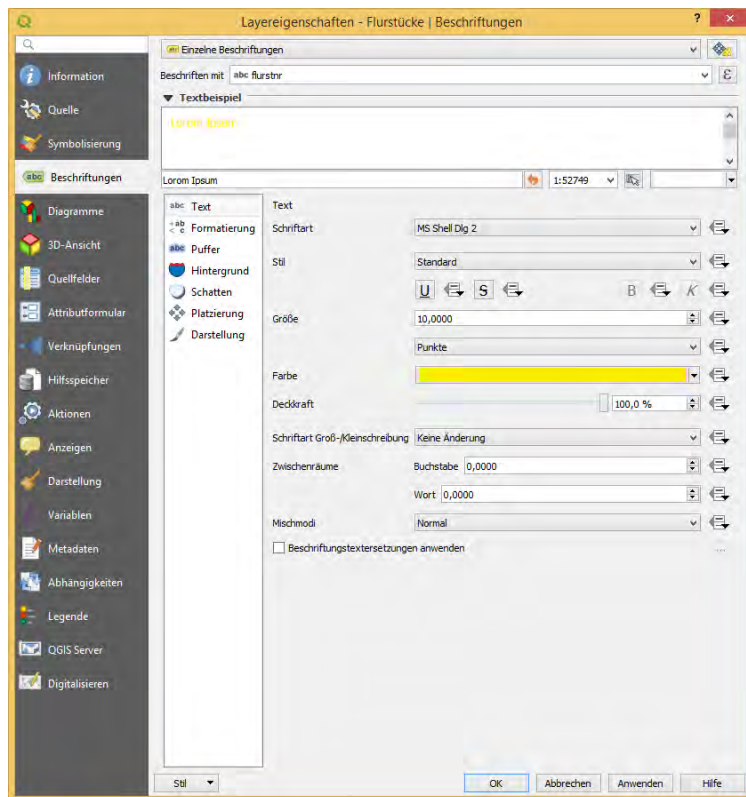


Abbildung 26: Layereigenschaften Dialog zur Anpassung der Beschriftung eines Layers

## 6.4 Bestandesdelinierung / Waldeinteilung im GIS

### 6.4.1 Erstellen eines neuen Layers und Anlegen der Attribute

Zur Abgrenzung von Behandlungseinheiten auf der Fläche, muss zunächst ein neuer Shapedatei-Layer erstellt werden. Das geschieht durch Klick auf **Layer | Layer erstellen | Neuer Shapedatei-Layer...** (Abbildung 27)

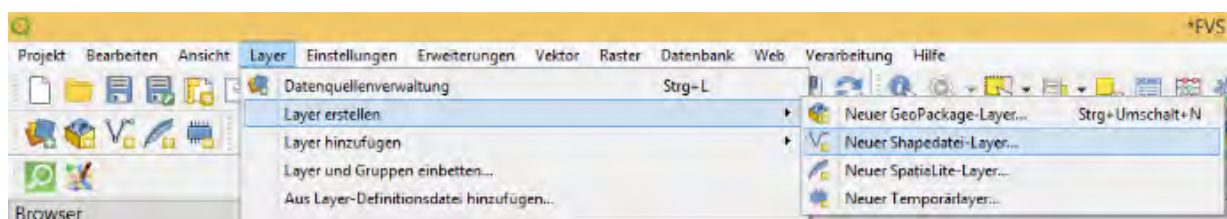


Abbildung 27: Erstellung eines neuen Layers in QGIS

In der Dialogbox zur Erstellung eines neuen Layers werden der Name des Layers, der Geometrietyp, sowie das Koordinatensystem festgelegt. Des Weiteren können alle Bestandesattribute, die für eine Behandlungseinheit erfasst werden (Tabelle 1) zur Feldliste des Layers hinzugefügt werden (Abbildung 28).



Durch Klick auf OK wird der neue Layer dem Kartendokument hinzugefügt und erscheint im Layer und Browser Fenster.

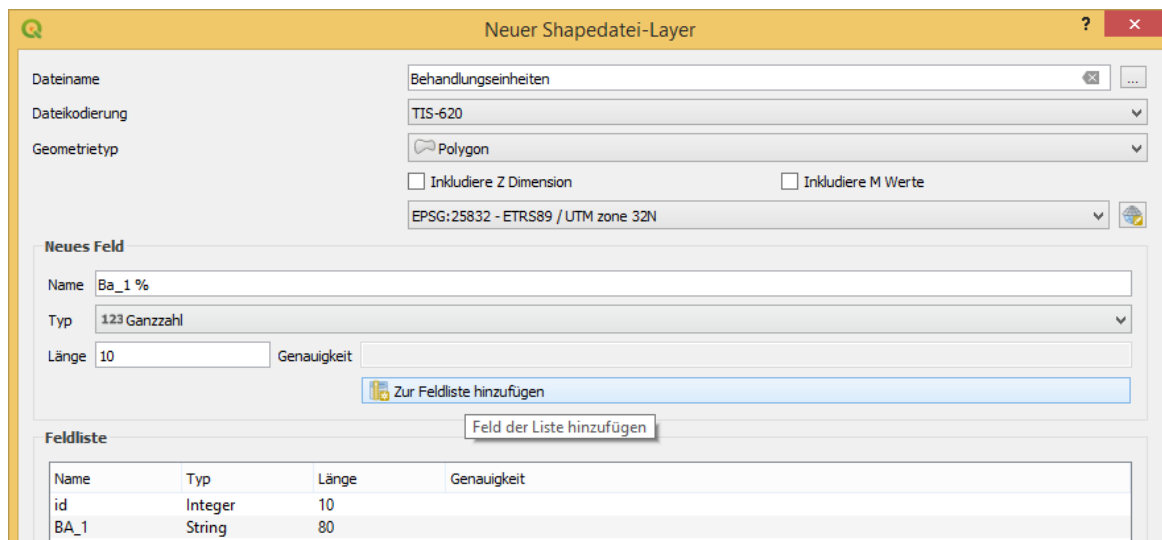


Abbildung 28: Dialogbox zur Erstellung eines neuen Layers

## 6.4.2 Bearbeitung eines Layers – Erstellung von Behandlungseinheiten

Zur Bearbeitung des Layers muss durch **Rechtsklick auf den Layer | Bearbeitungsstatus umschalten** der Bearbeitungsstatus aktiviert werden (ein gelber Stift erscheint über dem Layer) (Abbildung 29).

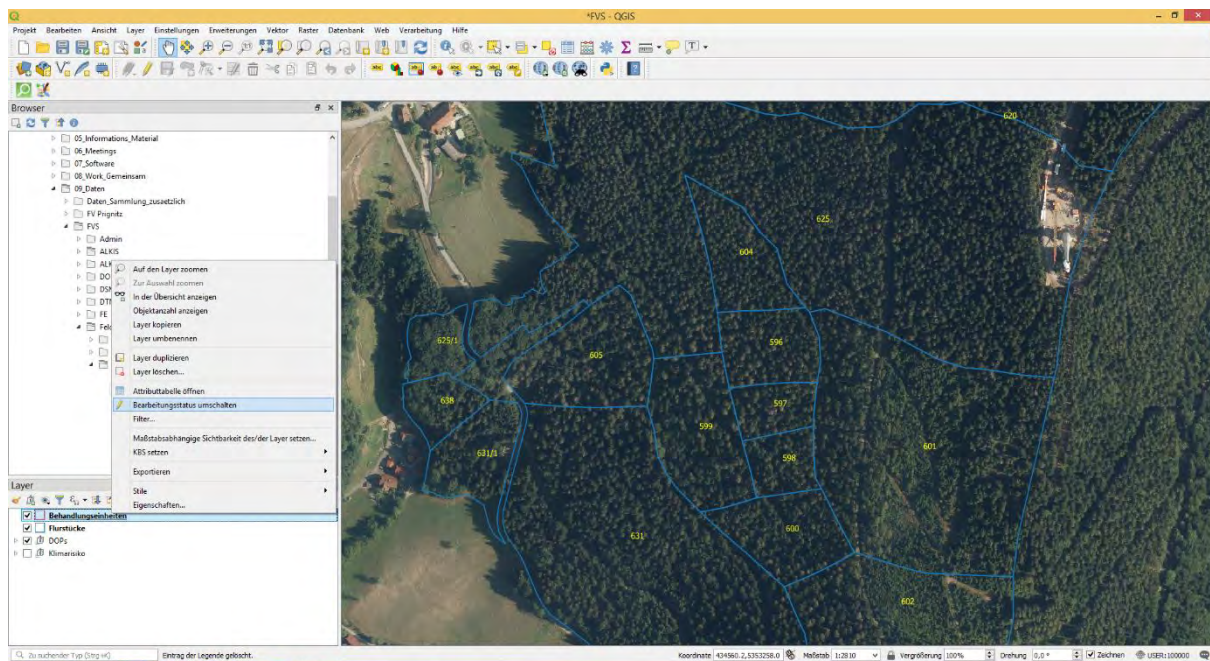
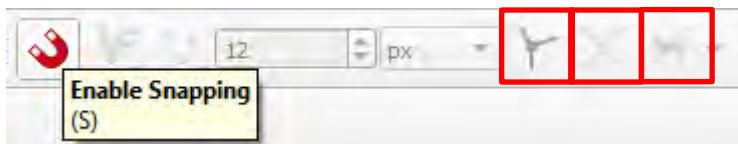


Abbildung 29: Aktivierung des Bearbeitungsstatus bei einem Layer



**Abbildung 30: Digitalisierung Toolbar**

Um ein neues Polygon zu erstellen klickt man in der Digitalisierung Toolbar den **Button Polygonobjekt hinzufügen** (Grünes Oval mit gelbem Stern) (Abbildung 30).



**Abbildung 31: Snapping Toolbar**

Um einen nahtlosen Übergang zwischen einer Behandlungseinheit und den Besitzgrenzen herzustellen müssen einige Funktionen in der snapping toolbar aktiviert werden (Abbildung 31):

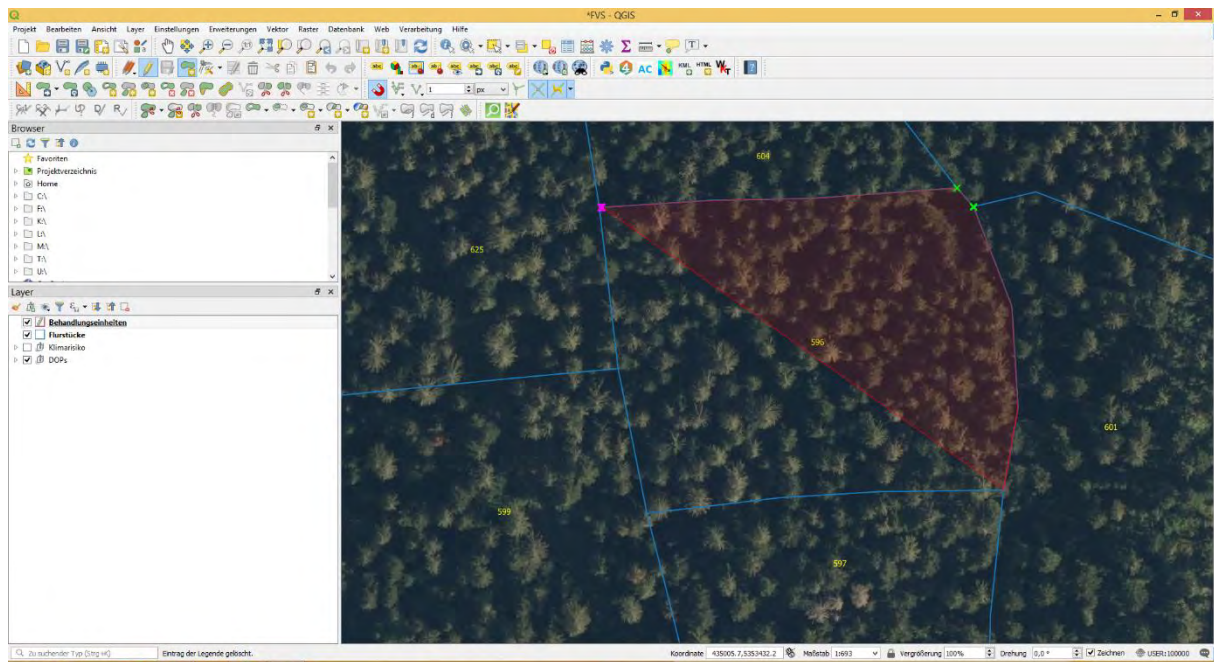
- Einrasten einschalten (roter Magnet)
- Stützpunkt auswählen
- Stützpunkt Distanz Erkennung auf 1 px setzen
- Einrasten auf Schnittpunkte aktivieren
- Spurverfolgung einschalten

Durch Klick auf die linke Maustaste kann die Grenze des Polygons abgesteckt werden.

Sobald ein Stützpunkt (z.B. von einem angrenzenden Flurstück) erreicht ist, erscheint ein pinkes Kreuz. Durch Klick mit der linken Maustaste entsteht ein nahtloser Übergang (Abbildung 32)

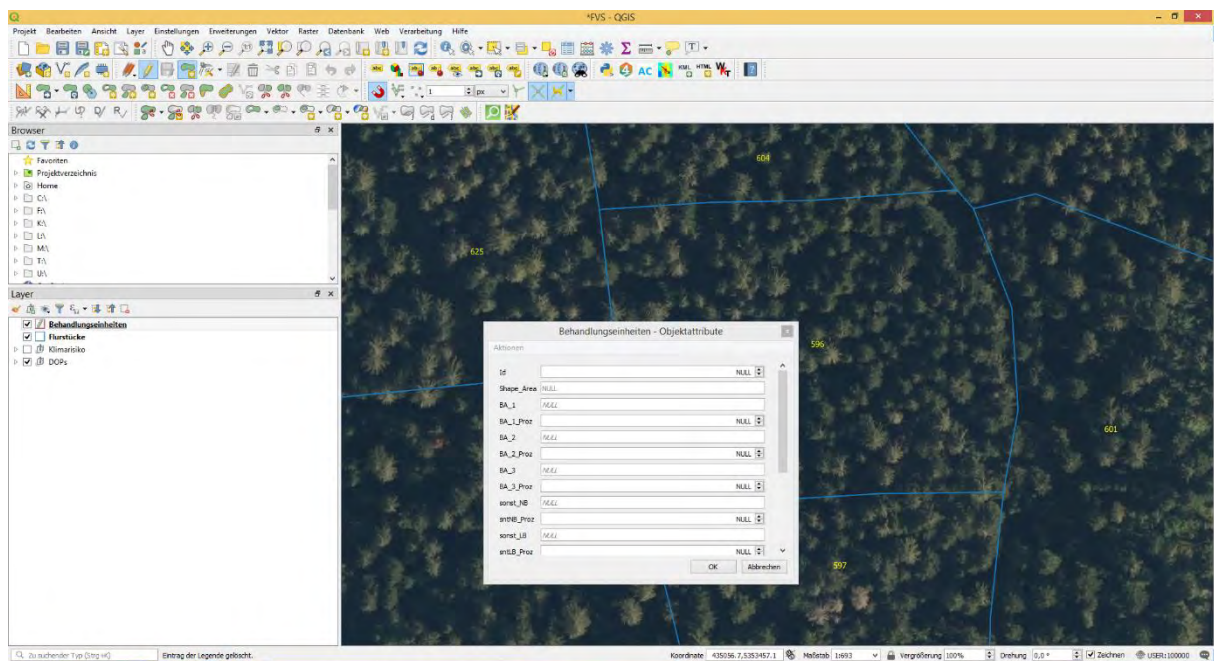
Das Objekt wird durch Klick auf die rechte Maustaste fertiggestellt.





**Abbildung 32: Abgrenzung einer Behandlungseinheit entlang der Grenze eines Flurstücks**

Nach Fertigstellung des Objektes können die bei der Erstellung des Layers definierten Bestandesattribute erfasst werden (Abbildung 33).



**Abbildung 33: Erfassen von Bestandesattributen**

Durch Rechtsklick auf den Layer | **Layeränderungen speichern** kann das erstellte Objekt gespeichert werden und durch auf erneuten Klick auf **Bearbeitungsstatus umschalten**, kann der Editierprozess beendet werden.

## 6.5 Erfassen von Bestandesattributen

Bestandesattribute können nur im Bearbeitungsmodus erfasst werden. Durch Rechtsklick auf den Layer wird der Bearbeitungsstatus umgeschaltet. Mit Hilfe der Datenauswahl Tools kann durch Klick auf eine einzelne Behandlungseinheit auf der Karte diese ausgewählt werden (Abbildung 34).



Abbildung 34: Datenauswahl Tools

Durch Rechtsklick auf den Layer kann dann die Attributtabelle geöffnet werden und das ausgewählte Objekt erscheint blau hinterlegt (Abbildung 35). Attribute können im Bearbeitungsmodus direkt in die Attributtabelle eingetragen werden.

Behandlungseinheiten :: Objekte gesamt:31, gefiltert: 31, gewählt: 1													
	Id	Shape_Area	BA_1	BA_1_Proz	BA_2	BA_2_Proz	BA_3	BA_3_Proz	sonst_NB	sntNB_Proz	sonst_LB	sntLB_Proz	nat_ALK
1	0	15055	Fi	70 Bu		30		0		0			0 mittleres BH
2	0	5521	Fi	100		0		0		0			0 mittleres BH
3	0	51664	Fi	95 Bu		5		0		0			0 mittleres BH
4	0	12004	Dgl	90 Bu		10		0		0			0 mittleres BH
5	0	55092	Bu	100		0		0		0			0 starkes BH
6	0	74139	Dgl	40 Fi		35 Bu		20		5	sonstLB		0 schwaches BH
7	0	3729	Bu	70 Fi		15 Dgl		15		0			0 mittleres BH
8	0	30901	Fi	100		0		0		0			0 schwaches BH
9	0	30865	Bu	45 Fi		45 Ei		5		5	sonstLB		5 mittleres BH
10	0	38244	Fi	75 Bu		20 Ta		5		0			0 schwaches BH
11	0	11209	Fi	100		0		0		0			0 schwaches BH
12	0	82330	Fi	95 Bu		5		0		0			0 schwaches BH

Abbildung 35: Exemplarische Darstellung der Attributtabelle eines Layers

## 6.6 Erstellen von Inventurpunkten bei einer optionalen Bestandesinventur

Im Falle einer optionalen Bestandesinventur werden pro Bestand zwei Inventurpunkte aufgenommen. Ein Inventurpunkt im Zentrum der Fläche und ein zufällig gesetzter Inventurpunkt im verbleibenden Bereich zwischen Zentrum und Rand.

Die Punkte werden in QGIS zunächst getrennt voneinander erstellt und dann zusammengefügt. Der Inventurpunkt im Zentrum der Fläche wird durch die Auswahl **Vektor | Geometrie | Werkzeuge | Zentroide** gesetzt (Abbildung 36).

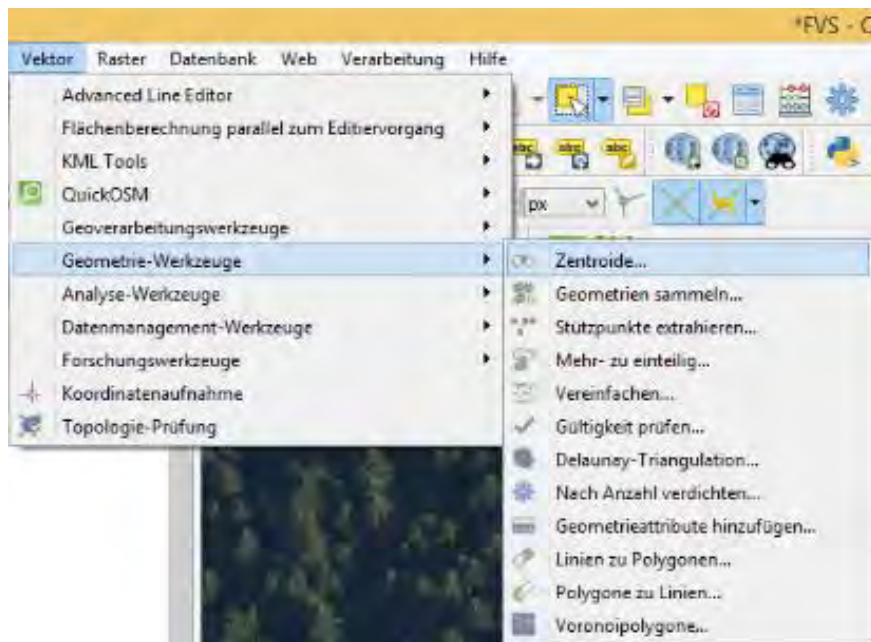


Abbildung 36: Erstellung des zentralen Inventurpunkts innerhalb einer Behandlungseinheit

Der zweite, randomisierte Inventurpunkt wird durch die Auswahl **Vektor | Forschungswerkzeuge | Zufällige Punkte in Polygonen** erstellt (Abbildung 37).

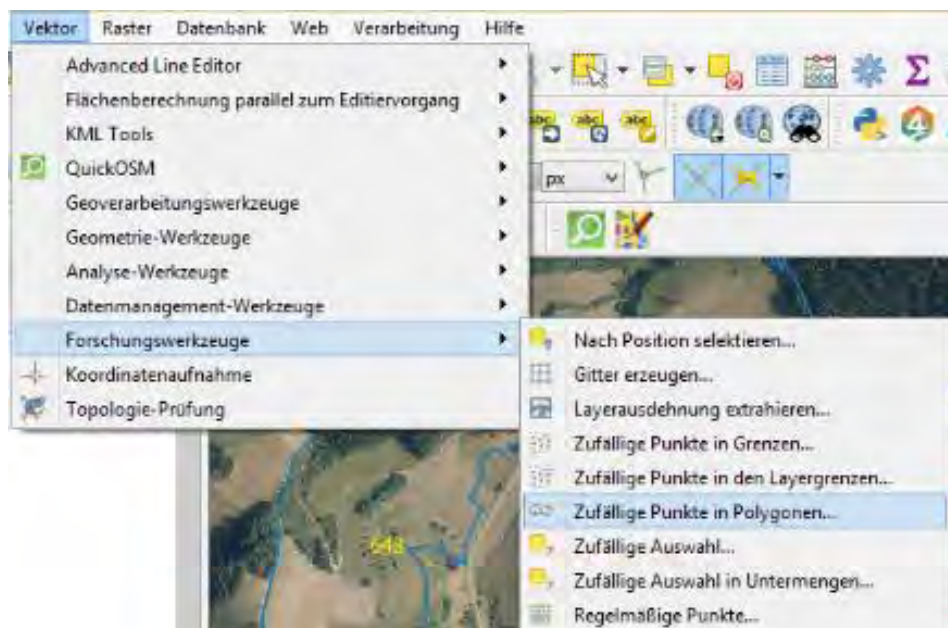
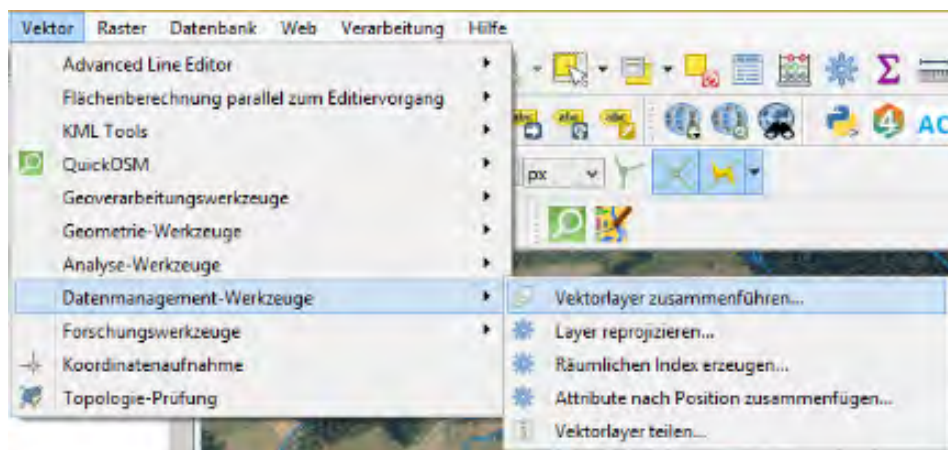


Abbildung 37: Erstellung eines randomisierten Inventurpunkts innerhalb einer Behandlungseinheit

Im Anschluss werden beide Inventurpunkte durch die Auswahl **Vektor | Datenmanagement | Werkzeuge | Vektorlayer zusammenführen** zu einem Punkt-Layer zusammengeführt (Abbildung 38)



**Abbildung 38: Zusammenführen der Inventurpunkte zu einem Punkt-Layer.**



## 7 LITERATUR

- AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten) (1998): Luftbild-Interpretationsschlüssel - Bestimmung der natürlichen Altersklasse von Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild (CIR-Luftbild). LÖBF-Mitteilungen 1/98, S.45-50. Recklinghausen.
- AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten) (1999): Luftbild-Interpretationsschlüssel - Bestimmung der natürlichen Altersklasse und der Baumarten von Waldbeständen im Color- Infrarot-Luftbild (CIR-Luftbild). LÖBF-Mitteilungen 4/99, S.51-56. Recklinghausen.
- Cutts, A. and Graser, A. (2018): Learn QGIS Fourth Edition – Your step-by-step guide to the fundamental of QGIS 3.4.
- CEC (Commission of the European Communities) (2000): Remote sensing applications for forest health status assessment – Second edition.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2017): Richtlinie 3793 Blatt 2. Erfassung und Monitoring von Bäumen und Waldbeständen anhand digitaler Luftbildaufnahmen – Planung und Durchführung digitaler Bildbeflüge.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1993): Richtlinie 3793 Blatt 3. Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort – Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen 8Fichte, Buche, Eiche, Kiefer).

## 8 ANLAGEN

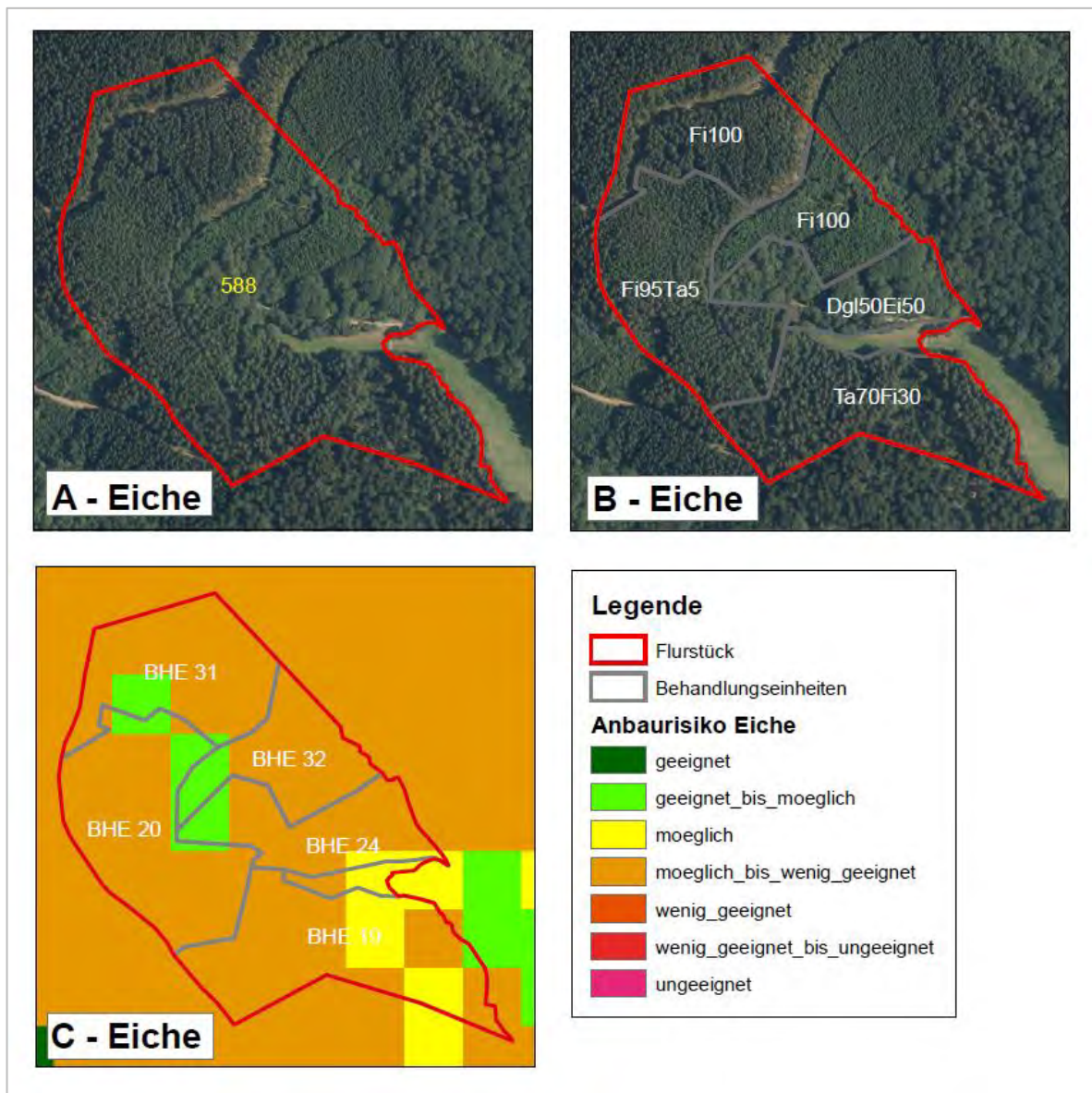


Abbildung 39: Identifizierung des Anbaurisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaurisikokarte (C), hier am Beispiel Eiche.



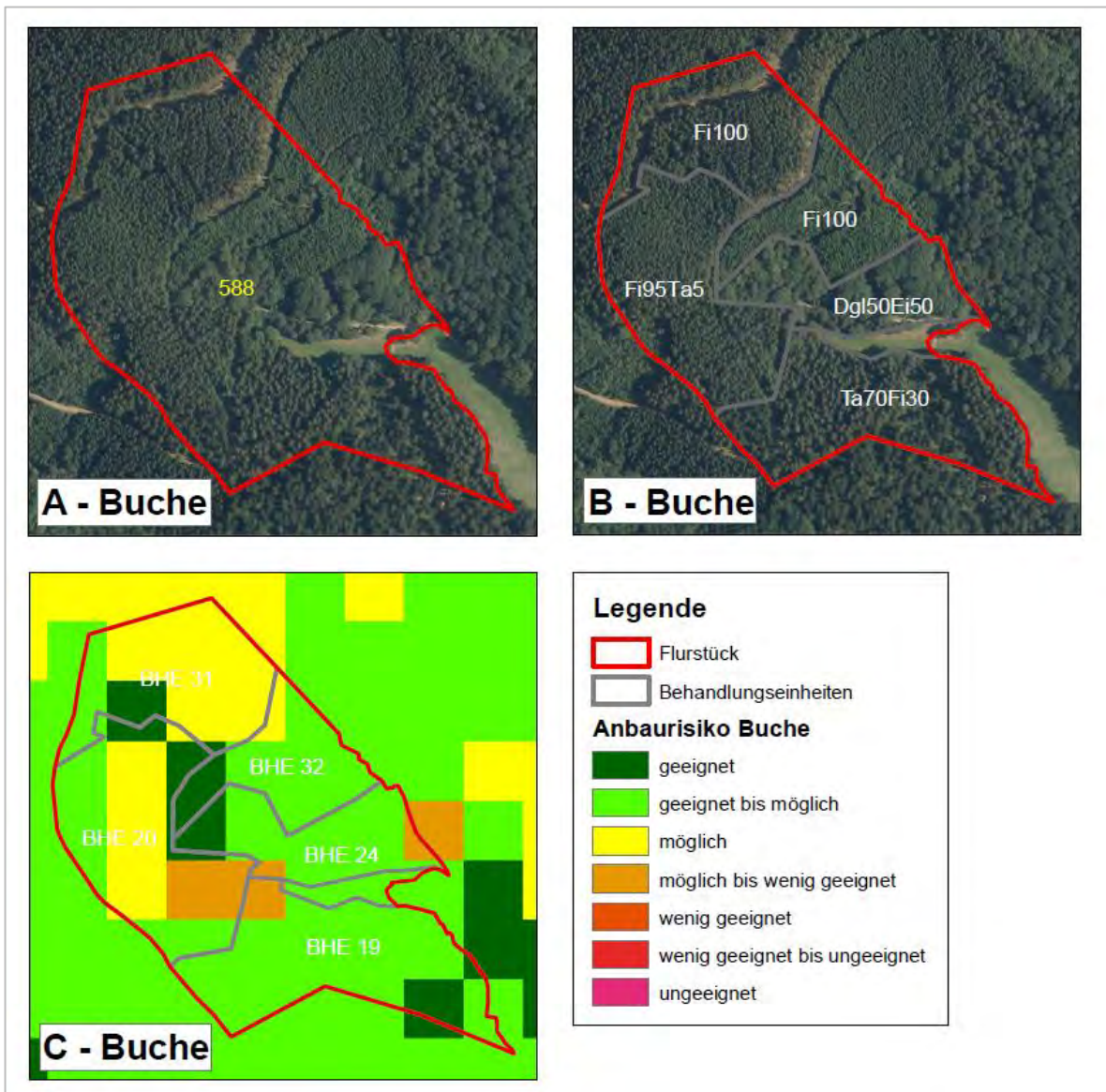


Abbildung 40: Identifizierung des Anbaorisikos innerhalb der Behandlungseinheiten eines Flurstücks (A, B) für die entsprechend vorkommenden Baumarten anhand der Anbaorisikokarte (C), hier am Beispiel Buche.

The image features a white background with three horizontal bars of different shades of teal and blue. The top bar is a light teal. Below it is a darker teal bar. The bottom bar is a medium blue and contains the text 'KlimaBeraterFWZ' in white.

KlimaBeraterFWZ