

gefördert mit Mitteln der EU im Rahmen des Forest Focus Programms
C2 Projekt D - RP 5 „Lebensraumdiversität“

Inhalt :

Zusammenfassung	2
Zielsetzung des Projektes	4
Zur Verfügung stehendes Material	4
Untersuchungsflächen	5
Interpretationsparameter	5
Methode	6
Zeitbedarf und Kosten	10
Ergebnisse.....	12
Eiche 405 Merzalben	14
Buche 212 Neuhäusel	30
Eiche 408 Schaidt	44
Bewertung der erhobenen Parameter.....	58
Vorgegebene Indikatorsysteme zur biologischen Vielfalt.....	64
Fazit	69
Literatur	70
Anhang.....	72

Zusammenfassung :

Die Lebensraumdiversität ist ein Schlüsselfaktor für die Erfassung und Bewertung der Biodiversität von Wäldern, es wird von einer engen Beziehungen zwischen der Artenvielfalt und der räumlichen Strukturvielfalt ausgegangen. Mit den Level II-Flächen des europäischen Programms zum Umweltmonitoring im Wald stehen Fallstudien zur Verfügung, die schon über einen längeren Zeitraum intensiv beobachtet werden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf oft nur 0,25 ha großen Kern-Flächen und liefert unzureichende Aussagen zur Ökosystemdiversität und zum Habitatverbund. In vielen Fällen wurden von den Level II-Flächen Color-Infrarot (CIR) Luftbilder gefertigt, die neben dem Untersuchungsbestand mit der Kern-Fläche auch die Umgebung mit abbilden. Das Bildmaterial bietet sich für retrospektive Auswertungen in Bezug auf neue Fragestellungen an. In Rheinland-Pfalz liegen für alle Level II-Flächen CIR-Luftbilder mehrerer Bildflug-Jahrgänge vor. Es wurde zwei Eichen- und eine Buchen-Fläche ausgewählt und ein festes, systematisches Bezugsgebiet von 500 x 500 m (25 ha) um die Level II Kern-Fläche in 3 bzw. 4 Jahrgängen bewertet. Die Auswertung der räumlichen Strukturen wurde am digitalen Stereoskop „StereoAnalyst für ArcGIS“ durchgeführt, parallel wurden die analogen Original-Dias für bessere Detailsicht und Einsicht in Schatten-Bereiche stereoskopisch betrachtet. Mit dem geographischen Informationssystem (GIS) konnten die Bezugsflächen für alle Luftbild-Jahrgänge einheitlich abgegrenzt werden, bestimmte Strukturelemente wurden direkt digitalisiert und dargestellt. Das Interpretationsgebiet wurde in je 1 ha große Quadrate unterteilt, die jeweils hinsichtlich Lücken, Deckungsgrad, Rauigkeit des Kronendaches, Schichtung, Baumarten, -anteile und -mischung, natürliche Altersstufe, Kronenzustand, Totholz und Waldränder als Strukturparameter bewertet wurden. Für Totholz, Lücken und Waldränder wurden eigene Shapdateien für die Darstellung im GIS digitalisiert.

Sehr zuverlässig und als eigenständige Elemente sind Lücken, Waldränder und stehende, nicht überschirmte Totholz-Bäume zu erheben. Die Darstellung im GIS erlaubt die unmittelbare Visualisierung der Verteilung und der Entwicklung. Auf allen drei Flächen zeigt sich in den betrachteten Zeitraum von 1992 bis 2005 eine hohe Dynamik für Bestandeslücken und eine geringe für Waldrandstrukturen. Waldaußenränder traten nicht auf. Für stehendes Totholz ist die Dynamik auf den Flächen sehr unterschiedlich, in einer tritt es im gesamten Zeitraum nur ausnahmsweise auf, in einer anderen waren extrem viele Bäume zwischen den betrachteten Jahren abgestorben. Diese drei Parameter wurden auch flächenbezogen nach Klassen für die einzelnen Bewertungsquadrate erhoben. Sie wurden qualitativ und in ihrer Dynamik vergleichbar der eigenständigen Erhebung wiedergegeben. Die quantitative Information ist jedoch nicht so präzise, das individuelle Schicksal eines Elementes kann nicht verfolgt werden.

Die anderen Parameter beziehen sich immer auf ein festes Bezugsgebiet. Die Landnutzung ist sehr einfach zu erheben, da alle Flächen in geschlossenen Waldgebieten liegen ist das Ergebnis eher unspektakulär, Veränderungen traten nicht auf. Die Zerschneidung des Kronendaches ist einfach zu erheben. Auf den betrachteten Flächen veränderte sie sich wenig, in einem Fall schloss sich das Kronendach bestehender Zerschneidungslinien. Der Deckungsgrad ist gut zu schätzen, Schwierigkeiten bestehen bei stark wechselndem Kronenschluss oder unscharfer Trennung von Mittel- und Oberschicht. Auf allen Flächen waren deutliche Veränderungen des Deckungsgrades festzustellen. Die Schichtung ist unter geschlossenen Kronendach der Oberschicht nicht erkennbar, das war bei allen drei Flächen in den frühen Bildflug-Jahrgängen in großem Umfang der Fall. Die Schichtung veränderte sich kaum, unterschiedliche Einschätzungen waren eher eine Folge der Unterschiede in der Möglichkeit zur Beurteilung. Die Erkennung der Baumarten mit Altersstufe und die Einschätzung ihrer Verteilung ist auch aus dem stereoskopischen CIR-Luftbild nicht absolut

und ausschließlich machbar. Bodenreferenzdaten sind hier unerlässlich und stehen aus den Erhebungen der Level II Flächen ohnehin zur Verfügung. Dennoch ist es wichtig, das auch der bearbeitende Interpret sich persönlich einen Eindruck von dem Gebiet verschafft. Veränderungen sind bei den Baumarten nicht zu erwarten, durch selektive Nutzung oder unterschiedliches Wachstum kann sich aber die Verteilung verändern. Die Veränderungen der Altersstufen folgen stringent der natürlichen Entwicklung. Flächige Endnutzungen kamen in den drei Gebieten nicht vor. Das Kronendach der drei Flächen ist in den frühen Bildflug-Jahrgängen überwiegend als glatt zu charakterisieren. Die Rauigkeit der Kronendaches wird weitgehend durch Mischung der Schichten, Bestandeshöhe, Deckungsgrad und Lücken bestimmt, sie verändert sich entsprechend der bei diesen Parametern zu beobachtenden Veränderungen. In späteren Befliegungen war das Kronendach immer noch häufig als glatt und nur in einigen Rasterzellen als mittel zu bewerten, die Klassen rau oder sehr rau wurden nicht erreicht. Die Einschätzung der Bestandesschadstufe setzt voraus, dass der bearbeitende Interpret auch in diesem Verfahren geübt ist. War der Kronenzustand der Bäume in den frühen Bildflug-Jahrgängen noch allgemein gut, traten in den späteren Jahren auf allen Flächen stärkere Kronenschäden auf. Informationen zur Bodenvegetation, oder über liegendes und überschirmtes Totholz sind aus dem Luftbild nicht zu erheben, allenfalls sind punktuell Einblicke bei Lücken möglich.

Die Level II-Flächen wurden gezielt in homogenen Bereichen von regionaltypischen, älteren Waldbeständen angelegt. Sie sind damit von vorn herein relativ arm an Strukturen, schon die Einbeziehung des unmittelbar umgebenden Untersuchungsbestandes erlaubt hier umfassendere Aussagen. Da das Interpretationsgebiet auch über den Untersuchungsbestand hinaus greift, werden zusätzlich Baumarten, Altersstufen und Strukturen der Nachbarbestände erfasst. Die Kern-Fläche von 0,25 ha alleine erlaubt keine fundierte Aussage zu den im Bestand vorhandenen Strukturen. Das 25 ha große Interpretationsgebiet erfasste hierfür eine ausreichend große Teilfläche des Untersuchungsbestandes. Weitere Strukturelemente werden durch die Einbeziehung der Nachbarbestände erfasst, ohne das eine repräsentative Verteilung der einzelnen Strukturelemente für die Waldregion erwartet werden darf.

Liegen digitale orientierte CIR Luftbilder vor, steht die erforderliche EDV-Ausstattung und qualifiziertes, mit dem Verfahren vertrautes Personal zur Verfügung, so ist mit relativ geringen Aufwand eine Auswertung hinsichtlich der Strukturen durchzuführen. Für eine Level II Fläche und pro Bildflug-Jahrgang ist für Projektvorbereitung und Digitalisierung von Totholz, Lücken und Waldrändern etwa ein Arbeitstag zu rechnen, die Bewertung der Struktur-Parameter in einzelnen Rasterzellen erfordert etwa zwei Arbeitstage. Für die Erhebung von Bodenreferenzdaten ist ein weiterer Tag zu rechnen. Die Kombination mit den ohnehin terrestrisch erhobenen Daten der Level II Flächen ermöglicht hier den zusätzlichen Aufwand für die Erhebung der Bodenreferenzdaten zu minimieren.

Die in dieser Untersuchung bewerteten, speziell für das CIR-Luftbild ausgelegten Parameter lassen sich erwartungsgemäß hervorragend erheben. Das CIR-Luftbild kann aber auch einen wertvollen Beitrag zur Erfassung und zum Monitoring nach anderen vordefinierten Indikatorsystemen (z.B. MCPFE) leisten. Für eine umfassende Aussage zu Waldstrukturen bietet sich die Kombination von CIR-Luftbildauswertung und terrestrischen Erhebungen auf dem selben Bezugsgebiet an.

Zielsetzung des Projektes :

Die Ökosystemvielfalt bzw. Lebensraumdiversität ist neben der genetischen Vielfalt und der Artenvielfalt ein Schlüsselfaktor für die Erfassung und Bewertung der Biodiversität von Wäldern. Insbesondere kann von engen Beziehungen zwischen der räumlichen Strukturvielfalt, der Artenvielfalt und den in Ökosystemen ablaufenden funktionalen Prozessen ausgegangen werden. Die bislang ausschließlich terrestrischen Untersuchungen auf den oft nur 0,25 ha großen Level II Kern-Flächen liefern keine bzw. nur sehr unzureichende Aussagen zur Ökosystemdiversität und zum Habitatverbund. Unabhängig von Analysen zur Biodiversität empfiehlt die EU-Working Group „Remote Sensing for Forest Health Assessment“ bereits 1996 ausdrücklich den Einsatz von Color-Infrarot (CIR)-Luftbildern. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist daher, mit Hilfe von CIR-Luftbildern anhand einer bestands- bzw. flächenhaften Analyse Aussagen zur Habitatvielfalt und zum Habitatverbund nicht nur auf der Level II Fläche, sondern im gesamten Level II Bestand zu erhalten.

Folgende Fragen stehen im Mittelpunkt:

- ⇒ Welche Biodiversitätsindikatoren lassen sich aus dem Luftbild für die Level II Untersuchungen gewinnen?
- ⇒ Inwieweit können Luftbildinterpretationen aufwendige terrestrische Erhebungen zur Analyse der Bestandsstruktur ersetzen bzw. effizienter gestalten?
- ⇒ Welches Luftbildmaterial eignet sich für die Level II Untersuchungen?
- ⇒ Welche finanziellen, personellen und logistischen Voraussetzungen sind für einen effizienten Luftbildeinsatz zu gewährleisten?

Zur Verfügung stehendes Material :

Von allen Dauerbeobachtungsflächen (DBF) der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) und damit auch den Level II Flächen werden in regelmäßigen Abständen CIR-Luftbilder gefertigt. Für die Aufnahmen wurden die von der europäischen Kommission herausgegebenen Richtlinien (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1992) zu Grunde gelegt. Der Aufnahmemaßstab beträgt 1 : 4000, die Längsüberdeckung älterer Bilder 60 %, ab 1995 80 %. Eingesetzt wurde der Film Kodak Aerocrome IR 2443, ab 2001 der Kodak Aerocrome III 1443. Die Flugrichtung ist immer Nord-Süd orientiert. Die Bilder liegen der FAWF als Diapositive vor. Ein Messkammerbild 30/23 deckt am Boden etwa 900 x 900 m² ab, zwischen verschiedenen Jahrgängen kommt es in den Randbereichen zu Verschiebungen, so dass die Bilder selten deckungsgleich sind. Neben der DBF selbst sind meist der gesamte Untersuchungsbestand und die angrenzenden Nachbarflächen zuverlässig abgebildet.

Ab 2003 werden die CIR-Luftbilder zusätzlich direkt nach der Entwicklung mit einem photogrammetrischen Scanner bei einer Auflösung von etwa 12 µ digitalisiert. Das entspricht einer Bodenauflösung von etwa 7,5 cm, ein Bildpunkt repräsentiert also 7,5 x 7,5 cm². Jedes digitale Bild erreicht damit einen Umfang von etwa 1 GB, die Speicherung erfolgt auf externen Festplatten mit USB-Anschluss. Von allen Level II Flächen und einigen anderen DBF wurden nach dem o.a. Verfahren auch CIR-Luftbilder aus älteren Befliegungsjahrgängen digitalisiert.

Für alle digital vorliegenden Flächen und Bildflugjahrgänge wurden digitale Orthobilder, Pyramidlayer und Blockfiles berechnet. Die Berechnung erfolgte mit der Software ERDAS IMAGINE und wurde als Auftrag an eine qualifizierte Firma vergeben. Neben der technischen Ausstattung ist auch die Erfahrung der Bearbeiter mit CIR-Luftbildern und Waldflächen zu berücksichtigen. An der FAWF steht die Software ArcGIS 8.3 mit

StereoAnalyst für eine Auswertung zur Verfügung, Orthobilder und Blockfile können nicht selbst berechnet werden. Für die Geocodierung wurden die digitalen Orthobilder der Landesvermessung Rheinland-Pfalz mit 25 cm Bodenauflösung genutzt, sie liegen in Gauß-Krüger-Koordinaten des 2er Streifens (6°-Zentralmeridian) vor. Da die CIR-Luftbilder feiner aufgelöst sind, wurden die verschiedenen CIR-Bildflugjahrgänge auf das erste bearbeitete Bild gelegt. Eventuell vorhandene Lage-Fehler sind so gleichgerichtet. Für die Entzerrung wurde das digitale Geländemodell der Landesvermessung Rheinland-Pfalz mit 20 m Bodenauflösung genutzt.

FAWF Nr.	Level II Nr.	Baumart	Jahrgänge
101		Fichte	1985, 1992, 1995, 2001, 2005
106		Fichte	1985, 1992, 1995, 1997, 2001, 2005
130 - 133	701	Fichte	1992, 1995, 2001, 2005
205		Buche	1984, 1992, 1995, 2001, 2005
211	703	Buche	1985, 1992, 1995, 1997, 2001, 2005
212 + 213	704	Buche	1992 , 1995, 1997, 1999 , 2001, 2005
303	707	Kiefer	1984, 1992, 1995, 1997, 2001, 2005
405	705	Eiche	1987, 1992 , 1994, 1995, 1997 , 1999, 2001, 2003, 2005
408 + 409	706	Eiche	1992 , 1995, 1996, 1997 , 2001, 2003, 2005

Tab. 1: Dauerbeobachtungsflächen der FAWF Rheinland-Pfalz von denen digitale Color-Infrarot Luftbilder, Orthobild und IMAGINE-Blockfile vorliegen. **Für die Auswertung ausgewählte Dauerbeobachtungsflächen und Befliegungsjahrgänge.**

Seitens der FAWF war vorgesehen, die Level II Flächen Nr. 704, 705 und 706 in die Auswertung einzubeziehen. Für die Bewertung der Veränderungen wurden die Jahre 1992, 1997 und 2005 ausgewählt, für die Fläche 705 zusätzlich das Jahr 1987. Für die Fläche 704 stellte sich heraus, dass die Luftbilder des Jahres 1997 nur die Teilfläche 212 abbilden und nicht mehr den westlichen Teil des Untersuchungsbestandes mit der Fläche 213. Statt des Jahrganges 1997 wurde daher hier auf den Jahrgang 1999 ausgewichen.

Untersuchungsflächen :

Die Untersuchungsbestände der DBF 405 / Level II Nr. 04/705 „Eiche 405 Merzalben“, DBF 408 + 409 / Level II Nr. 04/706 „Eiche 408 Schaidt“ und DBF 212 + 213 / Level II Nr. 04/704 „Buche 212 Neuhäusel“ sind ausführlich in dem 1998 von der FAWF herausgegebenen Bericht „Level-II-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz“ (FVA 1998) beschrieben. Auf der Eichenfläche Schaidt löste sich die DBF 408 ab 1997 in Folge einer Schwammspinnerkalamität zunehmend auf, so dass als Ersatz im Jahr 2000 die DBF 409 in einem weniger betroffenen Teil des Untersuchungsbestandes angelegt wurde. Eine ausführliche Beschreibung ist im Anhang wiedergegeben.

Interpretationsparameter :

Bei der Luftbildauswertung sind der die Dauerbeobachtungsflächen (DBF) umgebende Untersuchungsbestand und die unmittelbar angrenzenden Flächen Ziel der Auswertung. Erste Auswertungen dieser Art wurden von der FAWF 1998 durchgeführt (FVA 1998).

Mit der Problematik der Bewertung von Strukturen in Wäldern aus dem CIR-Luftbild beschäftigte sich die Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten (AFL) und veröffentlichte 2003 einen entsprechenden Bestimmungsschlüssel (AFL 2003). Dieser dient als Basis für die

vorgesehenen Auswertungen. Für die genannten Parameter sind die im Bestimmungsschlüssel angegebenen Einschränkungen hinsichtlich der Bewertungsmöglichkeiten zu beachten. Folgende Parameter lassen einen Bezug zur Biodiversität erwarten:

- 1) Lücken; Deckungsgrad; lückenbereinigter Deckungsgrad; Schichtung; Baumarten und Baumartenanteile; Wuchsklassen (natürliche Altersklasse); Mischung der Baumarten; Verteilung der Baumarten.
- 2) Rauigkeit des Kronendaches und des Bestandes
Die Rauigkeit wird von mehreren Faktoren beeinflusst, es erscheint daher sinnvoll diesen Wert als eigenen Indikator zu erheben.
- 3) Kronenzustand
Der Kronenzustand der Waldbäume ist ein allgemeiner Indikator für die Vitalität des Einzelbaumes bzw. Bestandes und damit auch für seine Stabilität. Gleichzeitig hat der Kronenzustand einen Einfluss auf die Lichtdurchlässigkeit des Kronendaches und damit auf den Lichtgenuss des Unterstandes oder der Bodenvegetation. Damit ist auch ein Einfluss auf die Biodiversität zu erwarten.
- 4) Totholz
Totholz ist eines der wichtigsten Strukturelemente in Wäldern. Für eine Vielzahl spezialisierter Lebewesen ist Totholz unverzichtbar, daher leistet es einen besonderen Beitrag zur Biodiversität. Aus dem CIR-Luftbild sind zuverlässige Aussagen zum Vorkommen von Totholz nur für die Kategorie stehendes Totholz möglich und hier auch nur von Bäumen, die in der obersten Kronenschicht beteiligt waren. Andere Kategorien können allenfalls in Lücken erkannt werden, eine repräsentative Erhebung ist damit nicht möglich.
- 5) Waldränder
Die DBF sind vorzugsweise in größeren, geschlossenen, gleichförmigen Beständen angelegt worden. Diese Untersuchungsbestände lassen entsprechend wenig Rand- und Grenzlinien erwarten. Dennoch wurden sämtliche Randstrukturen einschließlich der Ränder zwischen unterschiedlich hohen Waldbeständen in die Auswertung einbezogen.

Veränderungen werden durch multitemporale Auswertungen erfasst. Das Luftbild ist ein Dokument des Zustandes zum Aufnahmetag. Da von den DBF wiederholt Aufnahmen gefertigt wurden, sind für mehrere Aufnahmejahre vergleichende Auswertungen hinsichtlich der genannten Parameter möglich. Diese Auswertungen sollten Rückschlüsse auf Entwicklungen und ihre Dynamik in den entsprechenden Flächen erlauben.

Methode :

Die Auswertung der Parameter erfolgt nach den Vorgaben des Bestimmungsschlüssels für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild (AFL 2003). Parameter und Methode sind dort beschrieben, ebenso ist ein Code für die Umsetzung von Eigenschaftsklassen in Schlüsselzahlen vorgegeben. Grundlage der Bestimmung der Baumarten und Alterstufen sind die 1998 und 1999 von der AFL veröffentlichten Interpretationsschlüssel zum Thema (AFL 1998; AFL 1999). Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume wurde zu einer Bestandesschadstufe zusammengefasst, das Verfahren ist von HEIDINGSFELD N. (1993) beschrieben worden. Die bearbeiteten Eichenflächen sind

dem Interpreten zusätzlich aus eigenen Erhebungen vor Ort und alle Flächen aus anderen Arbeiten (FVA 1998) bekannt. So sind die Ergebnisse der Interpretation rein am CIR-Luftbild entstanden. Durch die ohnehin jährlich terrestrisch durchgeführten Erhebungen auf den DBF liegen für den Untersuchungsbestand Bodenreferenzdaten zu Baumarten, Alter und Schichtung vor. Für die in das Interpretationsgebiet fallenden angrenzenden Waldbestände wären Bodenreferenzdaten gesondert zu erheben.

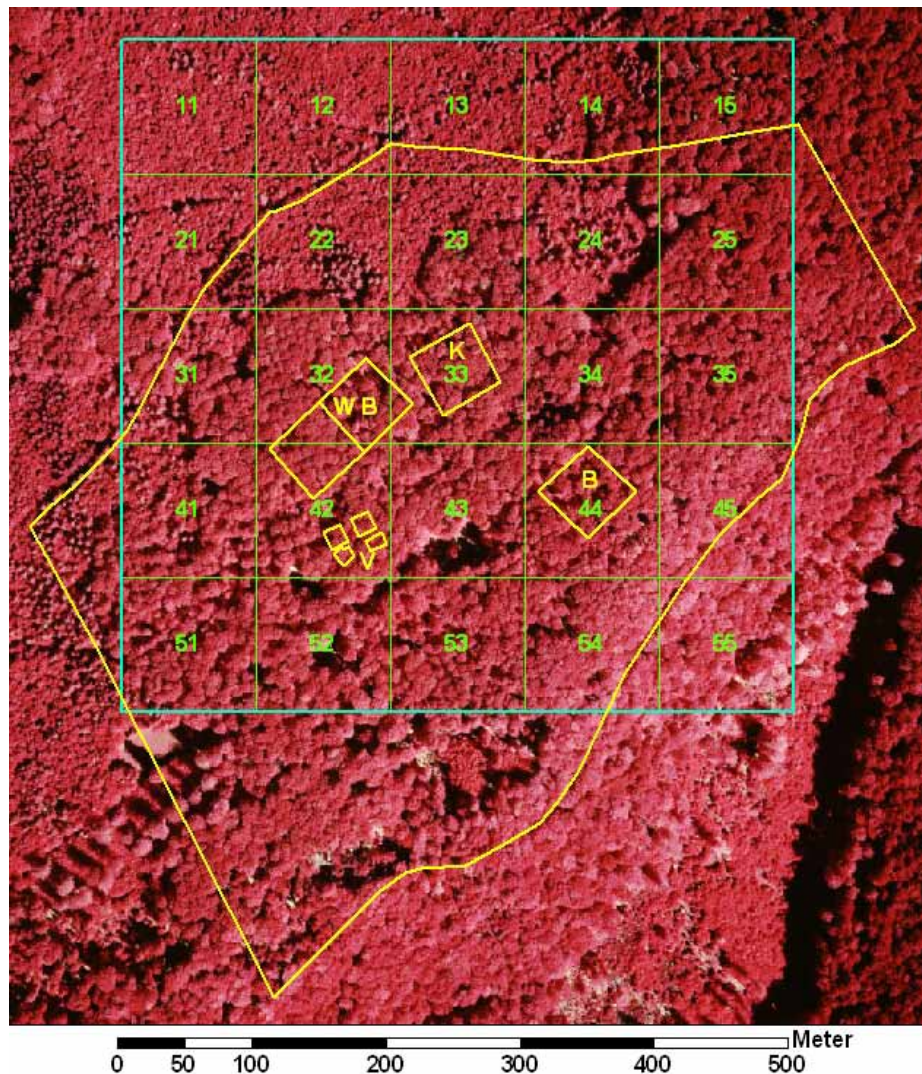


Abb. 1: Übersicht über den Untersuchungsbestand Eiche 405 Merzalben (Buche 212 Neuhäusel und Eiche 408 Schaidt als Abb. 1a und 1b im Anhang) vor dem Color-Infrarot-Orthobild von 2005, eingeordnet;

Gelb: Grenzen des Untersuchungsbestandes mit den wichtigsten Dauerbeobachtungsflächen, K: Kronenzustand, B: Bodenzustand (gezäunt), V: Bodenvegetation in 4 Varianten (gezäunt / ungezäunt, gekalkt / ungekalkt), WB: Wasserhaushalts- und Bioelementbilanzierung gezäunt in 2 Varianten (gekalkt / ungekalkt);

Minz-Grün: Interpretationsgebiet von 500 m x 500 m;

Grün: Interpretationsraster, Bewertungsquadrate mit Nummern

Wesentlich ist die Festlegung des Bezugsgebietes, in dem die Auswertung erfolgt. Die Dauerbeobachtungsflächen (DBF) selbst sind 0,25 ha groß, Ausformung und Orientierung richteten sich nach den Gegebenheiten im Untersuchungsbestand. In einzelnen Fällen wurden auch mehrere DBF in einem Untersuchungsbestand angelegt. Für die Auswertung der CIR-Luftbilder wurde ein Nord-Süd / Ost-West ausgerichtetes Interpretationsgebiet von 500 x 500 m (25 ha) um den Mittelpunkt der DBF gelegt. Das Interpretationsgebiet wiederum wurde in ein gleichmäßiges Interpretationsraster mit 25 Flächen zu 100 x 100 m („Bewertungsquadrate“ von genau 1 ha) unterteilt. Bei einer einzelnen DBF liegt diese in der zentralen Rasterfläche. Bei mehreren DBF wurde versucht das Interpretationsraster so zu legen, dass eine DBF vollständig, die zweite möglichst vollständig in einer Rasterfläche zu liegen kommt.

In den Randbereichen der Luftbilder ist die Interpretationsarbeit deutlich erschwert. Bei dem Vergleich zwischen verschiedenen Befliegungsjahrgängen sind die Ränder nicht immer deckungsgleich. Bei dem gegebenen Aufnahmemaßstab ist das Interpretationsgebiet von 25 ha einerseits groß genug, um eine flächige Aussage zuzulassen, andererseits liegt der Randbereich des Interpretationsgebietes nur im Ausnahmefall außerhalb des in den Luftbildern räumlich interpretierbaren Stereomodells.

Die Interpretationsarbeit erfolgte mit dem digitalen Stereoskop „StereoAnalyst“ als Erweiterung für ArcGIS in der Version 8.3, damit ist auch eine photogrammetrische Auswertung möglich. Stereomodelle und Orthobild wurden eingelesen und für jede Fläche und Jahrgang eine eigene Interpretationskarte angelegt. Mit Hilfe der digitalen Stereoskopie und GIS lassen sich die Bezugsflächen für alle Bildflugjahrgänge gleich darstellen und Punkte, Linien oder Flächen einheitlich und verzerrungsfrei digitalisieren. Die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Jahrgängen wird damit gegenüber der analogen Delinierung verbessert. Im StereoAnalyst für ArcGIS 8.3 ist die Möglichkeit der Bildbearbeitung eingeschränkt, zudem konnten die gegebenen Möglichkeiten vom Interpretieren wegen mangelnder Einarbeitung in diesem Bereich nicht vollständig genutzt werden. Für die Interpretation im Detail wurden daher zusätzlich die analogen Bilder im optischen Stereoskop (Visopret von Zeiss) betrachtet. Insbesondere in Schattenbereichen waren so zusätzliche Informationen zu erheben. Das war sehr wichtig für die Bewertung der Bodensicht in Lücken und die Auswertung der abgestorbenen Bäume.

Für das gesamte Interpretationsgebiet wurden für jeden Jahrgang Totholz, Waldränder und Lücken im Kronendach als eigene Shape-Datei digitalisiert.

Nicht alles Totholz eines Waldbestandes ist im Luftbild sichtbar, die Auswertung beschränkte sich daher auf stehendes Totholz, das im Kronendach zweifelsfrei als solches identifizierbar ist. Es wurden so meist nur Bäume, die in der herrschenden Schicht des Kronendaches beteiligt waren, erfasst. Die Bäume wurden mit den Koordinaten ihres Wipfelpunktes digitalisiert. In je einem Textfeld wurde der Typ (Totholzart) und die Zersetzung (Zersetzungsgrad) des erhobenen Baumes beschrieben (AFL 2003 Seite 27).

Die Waldränder wurden als Linien digitalisiert, wobei nach Maßgabe angrenzender homogener Landschaftselemente Abschnitte gebildet wurden. Für Waldinnenränder sind dies die natürlichen Altersklassen der angrenzenden Waldbestände. In der Attributtabelle wurden dazu vom älteren (höheren) Waldbestand her gesehen Exposition, Verlauf, Arten und Stufigkeit beschrieben oder verschlüsselt (AFL 2003 Seite 32). Die Länge der Linie wurde über ArcGIS [in m] berechnet.

Lücken im Kronendach wurden als Flächenpolygone entlang der angrenzenden Kronentraufe digitalisiert und in ihrer Art beschrieben (AFL 2003 Seite 9). Für die Polygone wurden dann in ArcGIS Flächengröße [in m²] und Umfang [in m] berechnet.

Begonnen wurde die Interpretation für das Jahr 1992, jedes Element erhielt dabei eine eigene fortlaufende Nummer. Diese Nummer wurde beibehalten, wenn das Element in anderen Bildflugjahrgängen ebenfalls vorhanden war. Neue Elemente erhielten höhere Nummern, so dass über alle betrachteten Bildflugjahrgänge hinweg jede Nummer nur einmal vergeben wurde. Auf diese Weise kann die Entwicklung jedes Elementes über die Jahre bei einer Zusammenführung der Attributtabelle leichter verfolgt werden.

Für jedes einzelne „Bewertungsquadrat“ des Interpretationsrasters wurde eine eigene Interpretation vorgenommen. Hierzu wurde für jeden Untersuchungsbestand eine Access-Datenbank angelegt, in der jeder Jahrgang eine eigene Tabelle erhielt. Die zu bewertenden Attribute sind in Tab. 2 zusammenfassend dargestellt.

Variable	Art	Beschreibung
DBF_Nr	Zahl	FAWF-interne Nummer der Dauerbeobachtungsfläche (bei mehreren Flächen in einem Bestand nur die niedrigste)
BQ_Nr	Zahl	Bewertungsquadrat, Nummer als Lage nach Zeile und Spalte von 11 nach 55, Größe 100m x 100m
Jahr	Zahl	Jahr der Luftbildbefliegung
LNBeschr	Text	Beschreibung der de facto Landnutzungen im Bewertungsquadrat mit Art und Flächenanteil
Waldant	Zahl	Waldanteil im Bewertungsquadrat in Prozent (de facto Wald mit Blößen)
Luebeschr	Text	Beschreibung der Lückigkeit der Waldfläche nach Anzahl, Art, Form, Größe und Verteilung
Lueflant	Zahl	Flächenanteil der Lücken an der Gesamtfläche des Bewertungsquadrates
Zerschnb	Text	Beschreibung der Zerschneidung der Waldfläche im Bewertungsquadrat
Zerschnk	Zahl	Zerschneidungsklasse
DGges	Zahl	Deckungsgrad gesamt: gesamte überschirmte Fläche / Gesamtwaldfläche des Bewertungsquadrates
DGoL	Zahl	Deckungsgrad lückenbereinigt: gesamte überschirmte Fläche / Waldfläche des Bewertungsquadrates ohne Lücken und Blößen
Schi	Zahl	Schichtung
BABeschr	Text	Beschreibung der im Bewertungsquadrat vorkommenden Baumarten mit Altersstufe, Anteil, ihrer Mischungsformen und Verteilung
MBaumh	Zahl	Mittlere Baumhöhe in Meter im Bewertungsquadrat, gewichtet anhand der Schirmfläche
RauKD	Zahl	Rauigkeit des Kronendaches
RauKS	Zahl	Rauigkeit des Kronenschlusses
BSdst	Zahl	Bestandesschadstufe, Anteil deutlich geschädigter Bäume (nach HEIDINGSFELD 1993)
Bsdvert	Text	Verteilung und Mischungsform der deutlich geschädigten Bäume
TothBsr	Text	Beschreibung Art, Menge und Verteilung von stehenden abgestorbenen Bäumen im Herrschenden
Tothkl	Zahl	Tothholzklasse nach Anzahl Bäume (stehend im Herrschenden) pro Hektar Waldfläche
Waldrbsr	Text	Beschreibung der Waldränder nach angrenzender Landschaft, Exposition, Verlauf, Art, Altersstufe und Stufigkeit
WaldrIL	Zahl	Waldinnenränder Länge (Summe aller)
WaldrAL	Zahl	Waldaußenränder Länge (Summe aller)

Tab. 2: Beschreibung der Variablen zur interpretatorischen Schätzung aus dem Stereoluftbild. Die Merkmale und Schlüsselzahlen folgen den Vorgaben des Bestimmungsschlüssels für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild (AFL 2003). Es werden nur Messungen der Waldrandlängen und, soweit möglich, der Baumhöhen vorgenommen, um die Schätzung der Bestandeshöhe und Eintiefung zu unterstützen.

In dem Interpretationsschlüssel werden als Lücken jene Flächenteile beschrieben, die keine erkennbare eigene Baumschicht (Unterstand oder Jungwuchs) aufweisen und mindestens einer Baumgruppe im Altbestand Platz bieten würden (AFL 2003 Seite 9). Eine Mindestgröße ist nicht festgelegt, denn auch die Flächenform ist mitentscheidend; kompakte, rundliche Flächenformen sind eher als Lücke zu werten, wie längliche. Bei den länglichen Flächenformen ist der Durchmesser einer Altbestandskrone als Mindestbreite anzunehmen.

Die benutzten Rauigkeitsindices werden in einer Scala von 1 mit „sehr glatt“ bis 5 mit „sehr rau“ beschrieben (AFL 2003 Seite 21). Bei der Kronenschluss-Rauigkeit können rein rechnerisch auch Werte von 0 bis über 5 auftreten, von der Beschreibung her wird eine Steigerung über sehr glatt oder sehr rau hinaus jedoch nicht als sinnvoll angesehen. Die Abschätzung der Indices bezieht sich immer auf das feste Bewertungsquadrat mit seinem spezifischen Wechsel zwischen den Alterstufen, der Durchmischung der Baumhöhenklassen, Überschirmungsgrad und Lückigkeit.

Die Bestandesschadstufe wurde für die Waldfläche des Bewertungsquadrates gebildet und ggf. beschrieben. Deutlich geschädigt sind Bäume mit einer Verlichtung ab 30 % Nadel-/Blattverlust oder starken Vergilbungerscheinungen, solche Bäume sind gut im CIR-Luftbild zu identifizieren, ihr Anteil ist mit wenig Aufwand abschätzbar.

Für jedes Bewertungsquadrat wurden zusätzlich die in ihm vorkommenden Entwicklungsphasen mit ihrem Flächenanteil abgeleitet. Für Naturwälder wird eine zyklische Waldentwicklung unterstellt, die durch Störungen auch azyklische Unterbrechungen erfahren kann. Die in einer solchen Natur- oder Urwaldgesellschaft unterscheidbaren Bestandestypen wurden von LEIBUNDGUT (1982) als Entwicklungsphasen bezeichnet und anhand ihrer natürlichen Altersstufen und Vorratsentwicklung definiert. Die natürlichen Altersstufen werden bei der CIR-Luftbildinterpretation direkt erhoben, die Vorratsentwicklung lässt sich aus der Bestandeshöhe, Schichtung, Überschirmungsgrad, Lückigkeit und dem Vorkommen von Totholz ableiten. Die Identifizierung von Entwicklungsphasen aus dem CIR-Luftbild ist so möglich (AFL 2003 Seite 38 ff). In Naturwäldern entspricht die vorhandene Baumartenmischung grundsätzlich der potenziell natürlichen, wobei sich die Anteile im Laufe der Baumgenerationen verändern können. In Wirtschaftswäldern erfolgt die Einordnung in eine Entwicklungsphase nur nach der vorgefundenen Waldstruktur, die vorhandene Baumartenmischung ist gesondert zu bewerten.

Zeitbedarf und Kosten:

Die hier durchgeführte Interpretationsarbeit erfordert etliche vorbereitende Arbeiten. Zunächst sind die Bildflüge zu organisieren und durchzuführen, die gefertigten Bilder zu digitalisieren und zu Orthobildern und Bildblockdateien weiterzuverarbeiten. Diese digitalen Grunddaten sind so zu archivieren, dass mit der gewählten GIS- und Auswertungssoftware auf sie zugegriffen werden kann. Diese vorbereitenden Arbeiten sind unabhängig von der Interpretation. Auf Basis der vorhandenen Daten wird die Interpretationsumgebung eingerichtet. Die Bildblockdateien sind in die verwendete Software des digitalen Stereoskops einzulesen, hier die IMAGINE-Blockfiles in den StereoAnalyst für ArcGIS. Unter Umständen werden hierbei Fehler festgestellt, die die weitere digitale Auswertung erschweren oder unmöglich machen. Konkret wurde bei dem verwendeten Koordinatensystem (Gauß-Krüger, Bessel-Elipsoid, Potsdam-Datum) ein Fehler in der verwendeten Version der Software ERDAS-IMAGINE aufgedeckt, die zu einem Lagefehler von rund 170 m bei der Geocodierung der Bildblockdateien führte. Dank der engen Verbindung der beauftragten Firma SLU zu den ERDAS-Betreuern konnte dieser Fehler zwar zügig bereinigt werden, machte jedoch eine komplette Neuberechnung der vor 2005 erstellten Bildblöcke erforderlich.

Bildflug, Digitalisierung und Orthobild- mit Bildblockberechnung wurde an jeweils qualifizierte Firmen als Auftrag vergeben. Für den analogen Color-Infrarot Bildflug wurden in 2005 Angebote von 235,- € bis 510,- € pro Versuchsbestand, im Rahmen einer größeren Befliegungscampagne von knapp 100 Versuchsflächen, vorgelegt. Dazu kamen für die direkte Digitalisierung der Luftbilder von der Filmrolle weitere 35,- € bis 75,- € pro Versuchsbestand im Angebotspreis. Die Angebote für die Berechnung der Orthobilder und Bildblöcke lagen 2005 zwischen 410,- € und 1170,- € pro Versuchsfläche. Von einem Bildflug im Hochsommer bis zur Fertigstellung der Orthobilder und Bildblöcke sind rund 6 Monate zu rechnen, so dass frühestens Anfang des auf den Bildflug folgenden Jahres mit den Interpretationsarbeiten begonnen werden kann. Inwieweit die direkte digitale Befliegung hier zu einem schnelleren Ablauf führt und mit welchen Kosten zu rechnen ist bleibt abzuwarten.

Einmalig sind die Bildblockdateien nach ArcGIS einzulesen und eine passende ArcGIS-Karte für die stereoskopische Interpretation und Digitalisierung aufzubauen. Für jeden Versuchsbestand und Jahrgang war eine Bildblockdatei einzulesen, dieser Vorgang dauert etwa 0,5 Stunden, läuft aber nach der Initiierung automatisch ab, so dass es sich empfiehlt diesen Arbeitsschritt parallel zu anderen Arbeiten durchzuführen. Neben den Stereobildern wurde noch das Orthobild hinzugefügt. Dieser Projektkarte sind die entsprechenden Shapedateien für Interpretationsraster, Lücken, Waldränder und Totholz hinzuzufügen. Diese Shapedateien wurden zusammen mit ihren Attributtabelle als Muster-Datei vorbereitet. Für jede Fläche und Bildflug-Jahrgang waren sie zu kopieren und entsprechend umzubenennen. Das Interpretationsraster ist einmalig für jede DBF zu digitalisieren und wird einheitlich für alle Jahrgänge übernommen. Auch die Access-Datenbank für die flächige Interpretation wurde einmalig als Musterdatei vorbereitet und für alle Flächen vervielfältigt. Nach dem Eintrag der Ordnungsdaten für die Fläche wurde die Tabelle für jeden Jahrgang vervielfältigt und die Ordnungsdaten für den Jahrgang hinzugefügt. Die Vorbereitungsarbeiten erfordern zusammen etwa 2 Stunden pro Fläche und Jahrgang.

Für die unmittelbare Digitalisier- und Interpretationsarbeit muss die entsprechende Karte in ArcGIS geladen werden. Anschließend ist das Stereofenster des StereoAnalyst zu öffnen und auf die gewünschte Vergrößerung einzustellen, zusätzlich sind jedesmal die Eigenschaften der Maus für den Cursor im Stereofenster neu zu definieren. Diese Arbeitsschritte erfordern zusammen rund 0,5 Stunden, es sollte daher wenigstens ein halber Tag für kontinuierliches Arbeiten zur Verfügung stehen.

Die Digitalisierung und Attributierung der Strukturparameter Totholz, Waldränder und Lücken in dem gesamten Interpretationsgebiet von 25 ha ist abhängig von der Anzahl, Variabilität und Eindeutigkeit dieser Strukturparameter. Einfache Verhältnisse wie in Buche 212 Neuhäusel oder Eiche 405 Merzalben erfordern rund 0,5 Tage pro Luftbildjahrgang, für die Fläche Eiche 408 Schaidt erforderte alleine für die Erhebung des Totholzes 1997 und 2005 je 4 Tage.

Für die Interpretation der Parameter in den einzelnen Bewertungsquadraten werden, unter einfachen Verhältnissen wie in Neuhäusel 1,5 Arbeitstage benötigt. Für die Einarbeitung des Interpreten bis zum Erreichen der Übungsschwelle sollten zusätzlich 2 Arbeitstage veranschlagt werden.

Schwierigkeiten ergaben sich aufgrund der besonderen Konstellationen von Hard- und Software. Das Stereofenster des StereoAnalyst wechselte mit hartnäckiger Regelmäßigkeit (mehrmals in der Stunde) immer wieder für kurze Zeit (Sekundenbruchteile bis wenige Sekunden) vom stereoskopischen ins pseudoskopische. Die Zeit im pseudoskopischen war

insgesamt vernachlässigbar, die Unterbrechung des Digitalisier- oder Interpretationsvorganges und die Umstellung des Bildes erforderte aber jedesmal eine Neuorientierung des Interpreten und führte so in der Summe zu merklichen Verzögerungen und zur schnelleren Ermüdung des Interpreten. Von Zeit zu Zeit (1 - 2 mal die Woche) kam es zu Abstürzen des ArcGIS-Programmes. Bei regelmäßigem Zwischenspeichern der geleisteten Arbeiten waren die Datenverluste gering, die Zeitverzögerung durch den erforderlichen neuen Ladevorgang des Projektes mit Litanei der Einstellung nahm mehr Zeit in Anspruch, als die ggf. notwendige Wiederholung der verlorenen Interpretationsarbeiten. Geschätzt summierten sich diese Zeitverzögerungen im Schnitt auf rund 1 Stunde pro Tag. Auf der benutzten Arbeitsstation ArcGIS mit StereoAnalyst war die Funktion zur Berechnung der Attributfelder Länge, Fläche und Umfang verlorengegangen. Da bisher an der FAWF keinerlei Erfahrung mit Berechnungen dieser Art vorlag, musste das Verfahren erst recherchiert werden. Der Test an der fehlerhaften Arbeitsstation führte zu intensiver und verlängerter Suche, da zunächst die an sich korrekten Programmierungen für fehlerhaft gehalten wurden. Für diese Arbeit musste auf die andere ArcGIS-Arbeitsstation ausgewichen werden. Liegt die Programmierung vor, nimmt dieser Arbeitsschritt dann nur wenige Minuten in Anspruch. Nachdem der Fehler und die Arbeitsalternative gefunden war, konnte die Berechnung als eigener Arbeitsschritt für alle Flächen und Jahrgänge in 2 Stunden nachgeholt werden. Der Zeitverlust bis zur Feststellung dieses Fehlers war mit 2 Arbeitstagen ungleich höher. Es steht zu vermuten, dass diese Unannehmlichkeiten unter anderen Hard- und Softwarekonstellationen nicht oder seltener auftreten, dafür aber eventuell mit anderen Problemen zu rechnen ist.

Ergebnisse :

Die Auswahl der Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen (DBF) wurde gezielt, vorzugsweise im Staatswald, vorgenommen. Es sind Bestände der vier Hauptbaumarten (Fichte, Buche, Kiefer, Eiche) in regionaltypischer Ausprägung inmitten größerer Waldgebiete. Standorts- und Bestockungsverhältnissen sind möglichst homogenen. Die Bestände haben bereits die zweite Hälfte der jeweils planmäßigen Umtriebszeit, also die natürliche Altersklasse Baumholz, erreicht, sind aber noch etliche Jahrzehnte von einer planmäßigen Ernte und Verjüngung entfernt (SCHRÖCK 1998). Mithin ist von vornherein zu erwarten, dass der Untersuchungsbestand relativ gleichmäßig aufgebaut ist und keine besonderen Strukturmerkmale aufweist, auch sollte er noch über etliche Jahrzehnte geschlossen und stabil bleiben. Es handelt sich um gleichmäßig aufgebaute Waldbestände, wie sie für rheinland-pfälzische Wirtschaftswälder auf großer Fläche typisch sind. Das willkürlich festgelegte Interpretationsgebiet von 500 x 500 m greift zum Teil über den Untersuchungsbestand hinaus, wodurch auch Nachbarbestände mit ihren spezifischen Eigenheiten in die Auswertung einbezogen werden. Das individuelle Schicksal der einzelnen Bestände hat jedoch zu unterschiedlichen und teilweise extremen Entwicklungen geführt, die auch Auswirkungen auf die Strukturen der Bestände hatten.

Lücken :

In den ausgewerteten Flächen überwiegen Lücken von Trupp- bis Gruppengröße. Da im Wald klare Grenzen selten sind, hätten etliche der truppgrößen Lücken ohne eigene Ausweisung im Überschirmungsgrad aufgehen können, umgekehrt hätte die ein oder andere Diskontinuität im Kronendach noch zusätzlich als Lücke ausgewiesen werden können.

Die Lücken wurden nach zwei unterschiedlichen Verfahren bewertet, zum einen die Schätzung des Lückenanteiles in den Bewertungsquadraten von 1 ha, zum anderen die Digitalisierung als eigener GIS-Layer in Form einer Shapefile. Die Verfahren führen zu gewissen Unterschieden in den Ergebnissen. So sind Lücken an den Grenzen der Bewertungsquadrate nicht eindeutig einem der Quadrate zuzuordnen. Was in der Shapefile eindeutig als eine Lücke ausgewiesen ist, kann in der Schätzung untergehen, da die Teilflächen in den Bewertungsquadraten zu klein sind, um als eigene Lücke zu gelten. Umgekehrt ist möglich, dass sie doppelt zählt, da jede Teilfläche für sich die Kriterien erfüllt. Unterschiedlich ist auch die Fläche der Lücken, im GIS lässt sie sich im Rahmen der Genauigkeit der Digitalisierung berechnen, in der Schätzung wird sie als Flächenanteil in 5 %-Stufen angegeben. Da die Mehrzahl der Lücken nur Truppgröße erreicht, liegt deren Fläche meist unter 0,05 ha, die Flächengröße wird damit bei der Schätzung verfahrensbedingt überschätzt, da in diesem Fall ein Ausgleich durch größere Lücken, die kleiner geschätzt werden, nicht stattfindet.

Im Laufe der Zeit verändern sich Lücken. Angrenzende Bäume wachsen in die Lücke oder Verjüngung stellt sich ein, die Lücke wird kleiner oder kann ganz verschwinden. Andere Lücken vergrößern sich oder entstehen neu, wenn Bäume absterben oder gefällt werden. Alle diese Prozesse konnten auf den untersuchten Flächen in dem betrachteten Zeitraum von 1987 bzw. 1992 bis 2005 beobachtet werden.

Waldrandstrukturen :

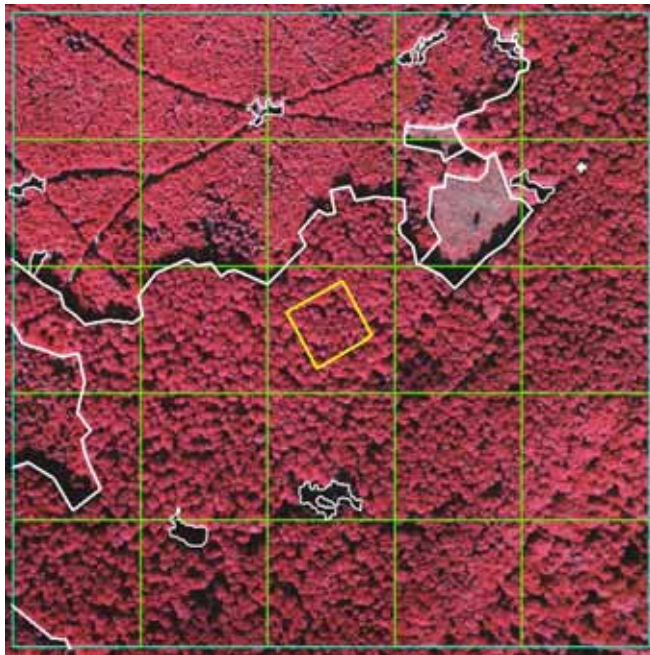
Bei keiner der drei Level II-Flächen treten im Interpretationsgebiet Grenzen zwischen Wald und Offenlandflächen auf. Es finden sich aber Randstrukturen zwischen Waldbeständen unterschiedlicher Höhe.

Es war zu erwarten, dass sich bei den Waldrändern im Laufe der Zeit nur wenige Veränderungen ergeben. Und in dem betrachteten Zeitraum weisen die beobachteten Waldrandstrukturen tatsächlich eine hohe Kontinuität auf.

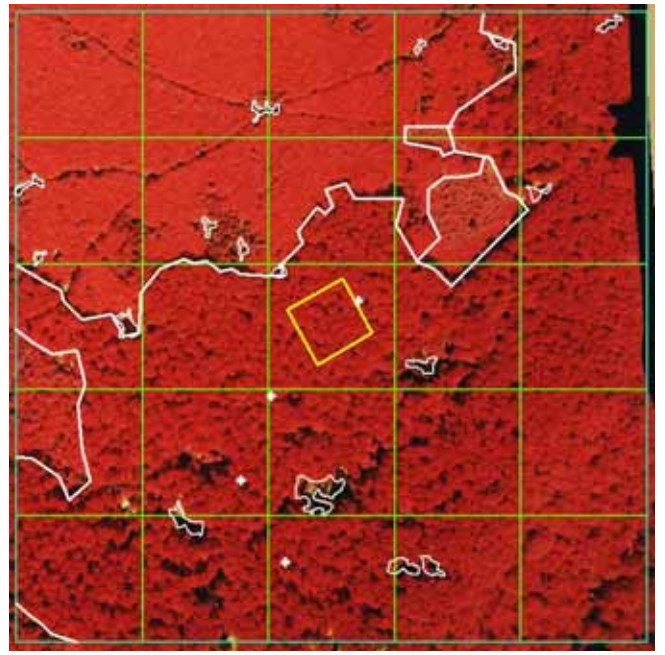
Entwicklungsphasen :

Die Entwicklungsphasen sind relativ eng an die natürliche Altersstufe gebunden. Bei den hier verwendeten festen Bewertungsquadraten treten damit genauso mehrere Entwicklungsphasen, wie natürliche Altersstufen und in entsprechenden Flächenanteilen auf. Die Stangenholzphase entspricht ziemlich genau der Stangenholzstufe, Jungwuchs und Dickung gehen zusammen in die Jungwuchsphase ein. Die Altbestände differenzieren sich je nach Kronenschluss der Oberschicht, Lücken und Totholz in Optimal-, Alters- oder Zerfallsphase. Plenterphase und Verjüngungsphase treten nicht auf.

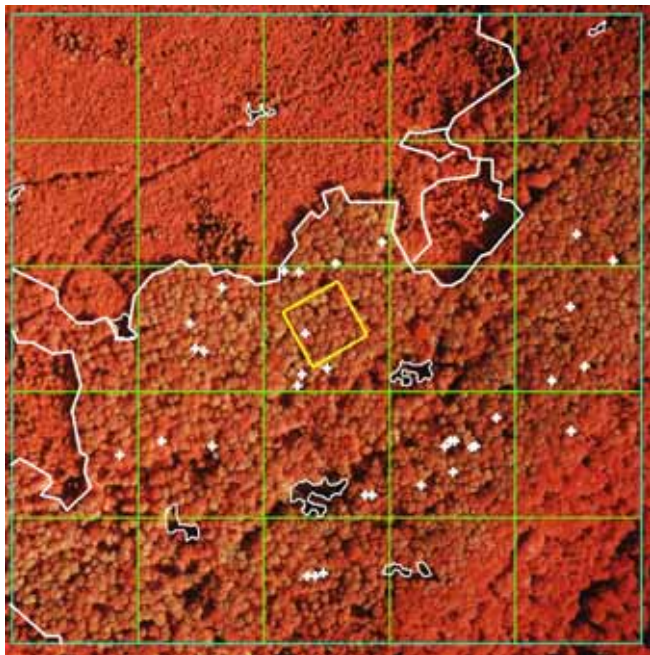
Ergebnisse für die Fläche Eiche 405 Merzalben



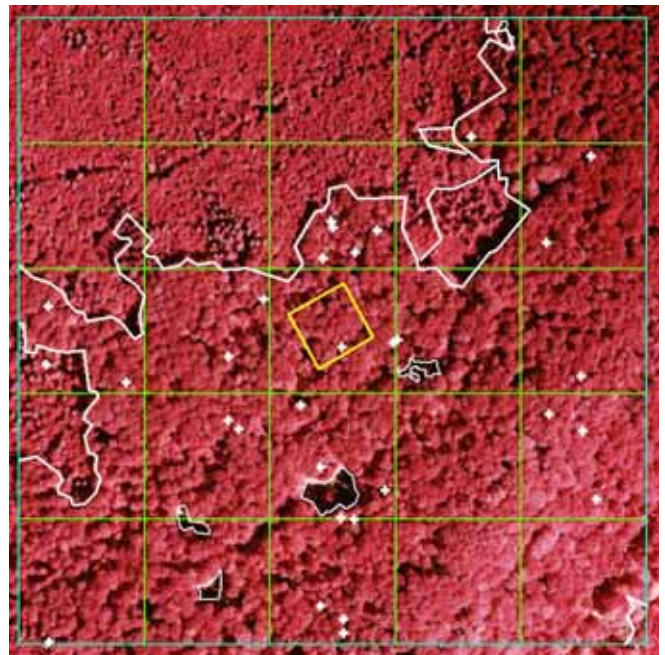
1987



1992



1997



2005

Abb. 405.1: Eiche 405 Merzalben, Zeitreihe der Color-Infrarot-Orthobilder (eingeordnet) mit dem Interpretationsraster (grün), der Dauerbeobachtungsfläche Kronenzustand (gelb) und den digitalisierten stehenden Totholz-Bäumen (Kreuz), Waldrandlinien (fette Linie) und Lücken (dünne Linie).

Die Serie der Orthobilder gibt einen ersten Überblick über die ausgewertete Fläche und ihre Entwicklung von 1987 bis 2005. Es zeigt sich ein ausgesprochen homogenes Laub-Waldgebiet, südlich mit älteren, nördlich mit jüngeren Beständen, zwischen denen eine unregelmäßig verlaufende Grenzlinie liegt. Dieser Waldinnenrand bleibt über die verschiedenen Bildflug-Jahrgänge weitgehend unverändert.

Es ist offensichtlich, dass etliche der im Interpretationsgebiet zu erhebenden Strukturmerkmale nicht in der Dauerbeobachtungsfläche Kronenzustand (DBF) selbst zu finden sind. Lücken und Waldrandstrukturen wurden bei der Anlage der DBF gezielt ausgespart und sind in der weiteren Entwicklung dort auch nicht entstanden. Auch wurde die DBF in einen Bestandesteil ohne hauptständige Mischbaumarten gelegt. In den Bild-Jahrgängen 1997 und 2005 wird je ein Totholz-Baum von der DBF erfasst, diese einzelnen Bäume sind jedoch nicht repräsentativ. Die Totholz-Bäume finden sich fast ausschließlich im älteren Bestandesteil, ihre Anzahl ist im Jahr 1997 und 2005 deutlich höher als 1992 und 1987.

Im jüngeren Bestandesteil sind 1987 noch deutliche, durchgehende, linienförmige Unterbrechungen des Kronenschlusses zu erkennen, die bis 2005 immer undeutlicher werden und zum Teil vollständig verschwinden. In allen Bildflug-Jahrgängen treten Lücken auf.

Landnutzung und Waldanteil :

Die Dauerbeobachtungsfläche liegt in einem geschlossenen Waldgebiet, auch das willkürlich festgelegte Interpretationsgebiet (500 x 500 m²) greift nicht über die Waldgrenze hinaus. Das gesamte Interpretationsgebiet ist von 1987 bis 2005 zu 100 % mit Wald bedeckt.

Lücken :

Jahr	BQ mit Lücken	Anzahl geschätzt	Flächenanteil [%]	Gesamtfläche [ha]	Anzahl im Shape	Gesamtfläche Shape [ha]
1987	8	10	1,6	0,4	8	0,247
1992	11	15	2,2	0,55	16	0,240
1997	8	9	1,2	0,3	9	0,193
2005	4	5	1,0	0,25	5	0,194

Tab. 405.1: Eiche 405 Merzalben, Lücken im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Schätzung nach Bewertungsquadraten (**BQ**) und Digitalisierung als eigenes Shape.

Es wurden mehrere überwiegend kleinere Lücken vorgefunden. Die größte Lücke wurde mit 1005 m² ausdigitalisiert, die kleinste mit 41 m², die meisten sind zwischen 100 bis 300 m² groß. Insgesamt nehmen die Lücken nur einen geringen Flächenanteil ein. Ausdigitalisiert sind es 1 % oder darunter. Die Schätzung als Flächenanteil zu 5 % Stufen in den einzelnen Bewertungsquadraten ergibt zwischen 1 und 2 % umgerechnet auf die Gesamtfläche. Die Zahl der Lücken liegt nach beiden Verfahren unter einem Stück pro Hektar. Es handelt sich also um ein Waldgebiet mit weitgehend geschlossenem Bestand.

In dem betrachteten Zeitraum sind bei den Lücken verschiedenste Dynamiken zu beobachten. Zwei der Lücken sind durchgehend von 1987 bis 2005 zu erkennen. Die eine ist durch einen Waldweg geprägt, die andere durch eine Nass-Stelle (Suhle), die im Luftbild als solche nicht erkennbar, aber aus Waldbegängen bekannt ist. Bei beiden ist durchgängig Bodenvegetation erkennbar. Elf Lücken sind durch aufkommende Verjüngung oder seitlich einwachsende

Bäume verschwanden. Zehn Lücken entstanden neu, von denen bis 2005 aber sieben wieder verschwanden.

Die im Jahr 1987 kartierten Lücken wurden in 1992 alle als noch vorhanden bewertet, waren jedoch in ihrer Größe durchweg kleiner geworden. Bis 1997 hatten sich vier der Lücken von 1987 von der Seite her oder durch Unterstand geschlossen, drei weitere bestanden nur 1992. In 1997 waren keine Lücken neu entstanden. Bis 2005 waren alle Lücken bis auf drei zugewachsen, an anderer Stelle waren zwei Lücken neu entstanden. Ausgefallene Bäume aus der Oberschicht der Altbestände führten häufig nicht zu Lücken, da eine Mittelschicht vorhanden ist.

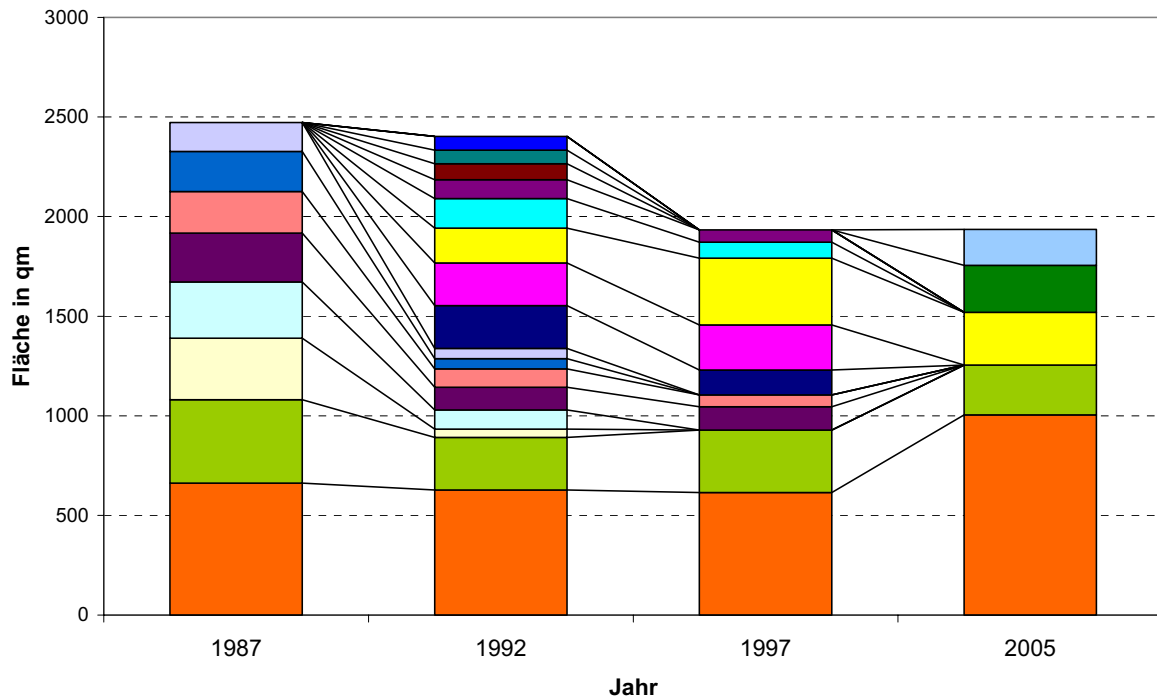


Abb. 405.2: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der einzelnen Lücken (jede in eigener Farbe dargestellt) im Interpretationsgebiet

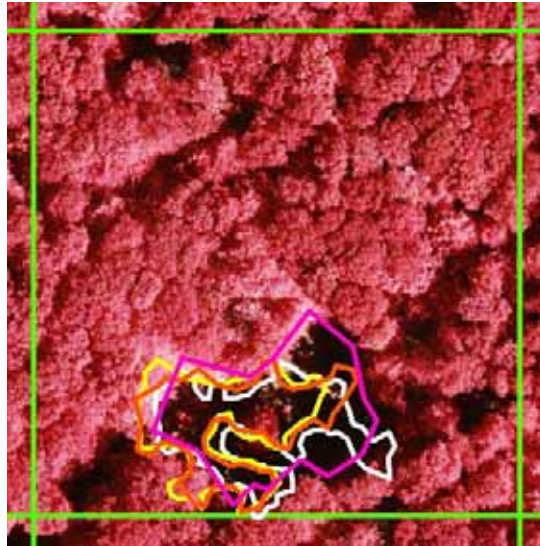


Abb. 405.3: Eiche 405 Merzalben, Detailbild der Entwicklung einer durchgehend vorhandenen Lücke (1987 weiß, 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett) vor dem Color-Infrarot-Orthobild von 2005 mit Interpretationsraster (grün)



Abb. 405.4: Eiche 405 Merzalben, Interpretationsraster und Entwicklung der Lücken 1987 weiß, 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Lineare Zerschneidung des Kronendaches :

Jahr	BQ unzerschnitten	BQ zerschnitten	schwach zerschnitten	stark zerschnitten
1987	18	7	5	2
1992	23	2	2	0
1997	24	1	1	0
2005	25	0	0	0

Tab. 405.2: Eiche 405 Merzalben, Zerschneidung des Kronendachs der Bewertungsquadraten (**BQ**)

Das Kronendach des Interpretationsgebietes ist nur wenig zerschnitten. Von 1987 bis 2005 geht die Zahl der im Kronendach zerschnittenen Bewertungsquadrate von 7 (28 %) auf 0 zurück. Offenkundig hat sich in den betrachteten 19 Jahren das Kronendach über den vorhandenen Lineamenten geschlossen, ohne das an anderer Stelle neue geschaffen wurden. Über die Zerschneidung am Boden ist keine Aussage möglich, das vorhandene Wegenetz blieb in diesem Zeitraum unverändert.

Deckungsgrad ohne Lücken :

Jahr	arithmet. Mittel	Median	Minima	Maxima
1987	84	85	45	100
1992	83	80	65	100
1997	86	85	65	100
2005	84	80	75	95

Tab. 405.3: Eiche 405 Merzalben, Überschirmungsgrad des Oberstandes ohne Lücken in Prozent im Interpretationsgebiet, Mittelwerte, Maxima und Minima der Bewertungsquadrate (**BQ**)

Der Deckungsgrad im Interpretationsgebiet ist über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg hoch. Auch mit Einbeziehung der Lücken verringert sich das arithmetische Mittel der Überschirmung nur um ein bis zwei Prozentpunkte, Median und Extremwerte bleiben unverändert.

Das absolute Minima von 45 % wird in dem Bewertungsquadrat erreicht, welches 1987 durch eine Jungwuchsfläche mit noch erkennbaren einzelnen Pflanzen in Reihen geprägt wird. Schon in 1997 ist diese Fläche zur Dichtung zusammengewachsen und das Bewertungsquadrat mit 70 % Überschirmung versehen. Bis 2005 ist diese Fläche zu einem Stangenholz herangewachsen und im Bewertungsquadrat wird 85 % Überschirmung erreicht. In den von Stangenhölzern dominierten Bewertungsquadraten bewegt sich der Deckungsgrad zwischen 85 % und 100 % und bleibt über die Jahre konstant hoch. Die von Altholz dominierten Bewertungsquadrate weisen eine höhere Streuung im Deckungsgrad auf und bewegen sich zwischen 65 % und 100 %, im Schwerpunkt um die 80 %. Auch in den Althölzern verändert sich der Deckungsgrad im Laufe der betrachteten Jahre nur wenig, obgleich ab 1997 etliche Bäume der Oberschicht ausfielen. Die allgegenwärtige Mittelschicht ist hier in die Rolle der Oberschicht eingerückt.

Baumarten- und Altersstufenzusammensetzung, Schichtung :

Jahr	Eiche		Buche		Bu-Ust	Lärche		Douglas		Tanne		Fichte		Bäume	
	BQ	%	BQ	%	BQ	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1987	20	56,8	23	35,6	12	10	3,7	4	0,5	2	0,4	3	0,2	3	2,8
1992	20	56,4	23	36,9	14	10	3,1	4	0,6	1	0,4	2	0,0	2	2,6
1997	20	57,4	24	38,8	15	10	3,0	4	0,6	2	0,0	4	0,2	0	0,0
2005	20	59,4	24	34,7	16	11	4,7	3	0,2	1	0,2	3	0,0	1	0,4

Tab. 405.4: Eiche 405 Merzalben, Baumartenvorkommen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %; **Bu-Ust**: Buchen-Unterstand (nur Abudanz); **Bäume**: Baumart wegen des Alters im Luftbild nicht bestimmbar

Das Interpretationsgebiet wird von Eiche und Buche geprägt, Lärche, Douglasie, Fichte und Tanne sind in geringen Anteilen beigemischt. Auf dieser Fläche kommen nur vergleichsweise wenige Baumarten vor, die sich im Allgemeinen ab dem Stangenholz gut differenzieren lassen. So können die nicht bestimmten Bäume von 1987 retrospektiv aus dem Bildflug 1997 und 2005 mit hoher Wahrscheinlichkeit als Lärche und Buche bestimmt werden.

Im Bildflug 2005 wurde eine Baumgruppe, die in allen drei früheren Jahrgängen als Douglasie bestimmt wurde als Lärche bestimmt. Nun ist es unmöglich, dass sich die Baumart ändert, wohl aber ist möglich, dass das Urteil des Interpreten falsch ist, eine Verifizierung ist nur durch eine Gegenkontrolle vor Ort möglich, sofern die Bäume noch vorhanden sind. Dieser hier offenkundige Widerspruch der Baumarteninterpretation wurde exemplarisch stehen gelassen, um zu demonstrieren, dass die Baumarteninterpretation nicht absolut zuverlässig ist, sondern auch mit unerkannten Widersprüchen oder Fehlern behaftet sein kann.

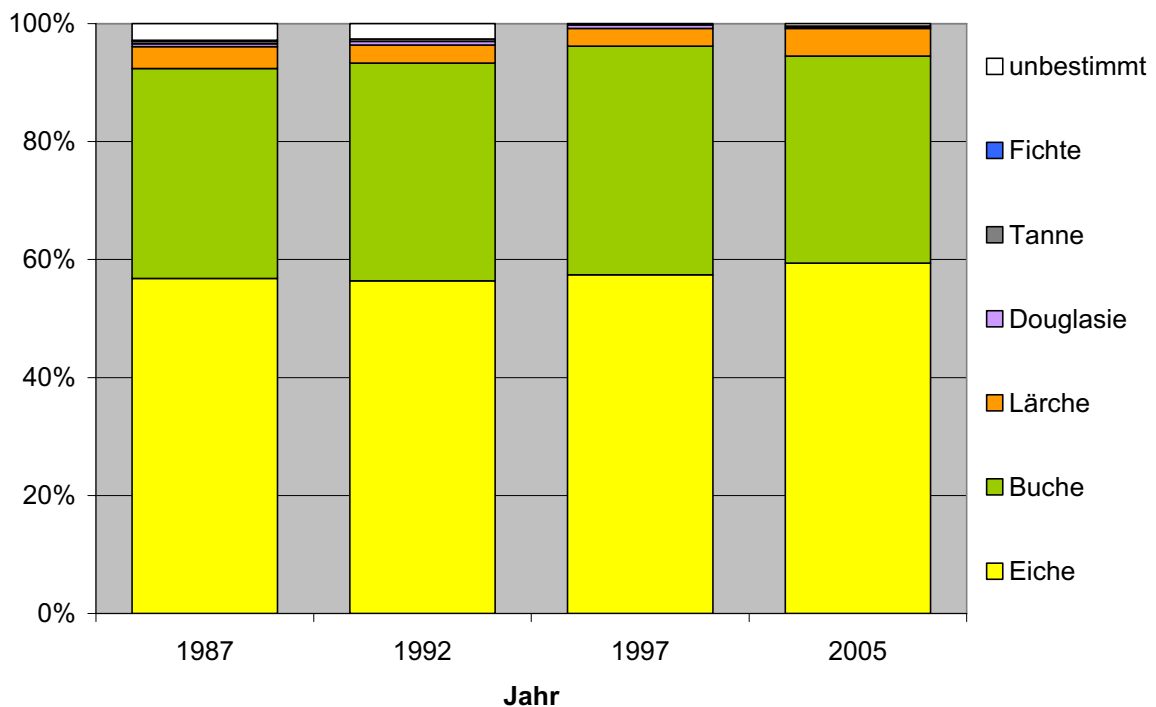


Abb. 405.5: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Baumartenverteilung im Interpretationsgebiet

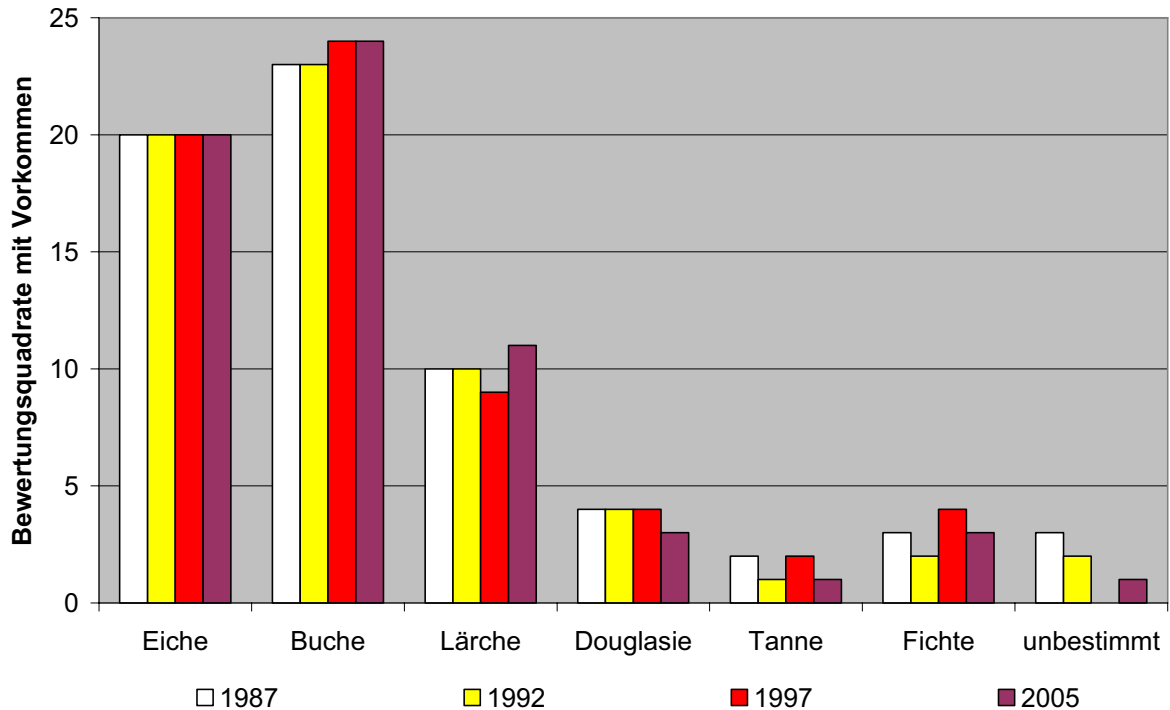


Abb. 405.6: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Abundanz der Baumarten in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Innerhalb der einzelnen Bewertungsquadrate bleibt die Baumartenverteilung weitgehend im Rahmen der Schätzgenauigkeit für die Bestimmung der Baumarten und Überschirmungsanteile und damit stetig. In nur zwei Fällen waren merkliche Verschiebungen bei den Baumartenanteilen festzustellen. In dem 1987 durch Jungwuchs geprägtem Bewertungsquadrat verschiebt sich die Überschirmung hin zur Lärche, da diese gegenüber der Buche vorwüchsig ist und die Buchen überschirmt. In einem durch Stangenholz geprägten Bewertungsquadrat steigt nach dem Ausfall etliche Lärchen der Buchenanteil entsprechend an. Wie erwartet ändert sich die Baumartenverteilung in der Zeitreihe so gut wie nicht.

Jahr	Jungwuchs		Dickung		Stangenholz		angehendes Baumholz		Altholz	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1987	3	2,8	0	0,0	12	31,2	0	0,0	20	66,0
1992	1	0,2	1	2,4	11	30,2	3	1,2	20	66,0
1997	0	0,0	2	2,6	12	29,2	4	1,4	20	66,8
2005	1	0,4	2	0,4	11	31,2	4	1,0	20	67,0

Tab. 405.5: Eiche 405 Merzalben, Vorkommen der natürlichen Altersstufen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %

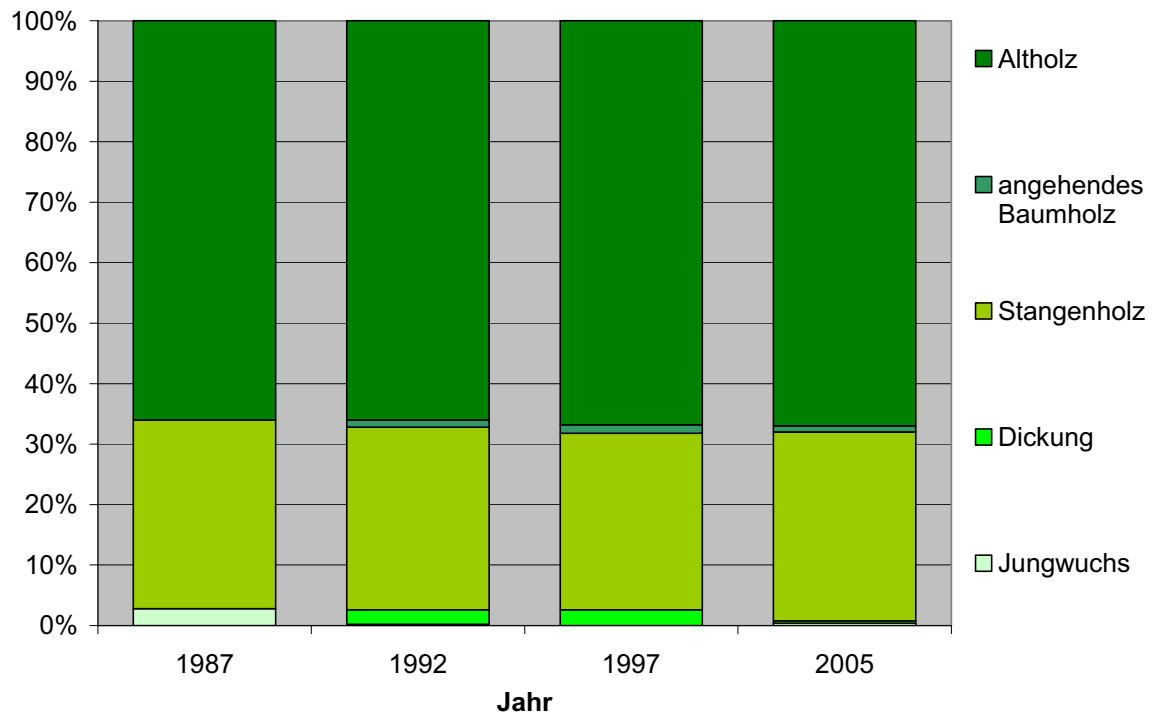


Abb. 405.7: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Altersstufenverteilung im Interpretationsgebiet

Im gesamten Interpretationsgebiet sind alle wichtigen Altersstufen der Waldentwicklung vertreten, aber sehr ungleichmäßig verteilt und in strenger räumlicher Trennung. So sind 15 der Bewertungsquadrate reine Altholz-Bestände mit maximal 10 % anderer Altersstufen, weitere 5 sind von Stangenholz-Beständen dominiert. Durch das regelmäßige Raster der Bewertungsquadrate werden zwar in vielen Fällen die räumliche Grenze zwischen den Altersstufen geschnitten, meist macht ein angeschnittener Teil aber nur maximal 10 % der Fläche aus. Lediglich 5 Bewertungsquadrate weisen mehrere Altersstufen (4 x 2; 1 x 3) in nennenswerten Anteilen (über 10 %) auf. Über dem betrachteten Zeitraum bleiben die Altersstufen und ihre Verteilung in den einzelnen Bewertungsquadraten, im Rahmen der Schätzgenauigkeit von ± 5 %-Punkten, unverändert. Ausgenommen ist nur die natürliche Entwicklung, die sich im Übergang in eine höhere Altersstufe bemerkbar macht. So ist die Jungwuchsfläche von 1987 schon 1992 überwiegend in die Dickung einzuordnen und 2005 in das Stangenholz. Die durchgängig seit 1987 als Stangenhölzer bewerteten Flächen nähern sich in 2005 dem angehenden Baumholz und hätte auch schon als solches eingestuft werden können. In 2005 war eine neue Jungwuchsfläche von 0,1 ha neu entstanden.

Jahr	BQ nicht erkennbar	BQ mit Mittelschicht	BQ kleinflächig gemischt
1987	15	9	1
1992	11	13	1
1997	10	14	1
2005	10	14	1

Tab. 405.6: Eiche 405 Merzalben, Schichtung in den Bewertungsquadraten (BQ)

Die Schichtung ist in den geschlossenen Bestandteilen nicht erkennbar, dies betrifft die Stangenhölzer und einige der Altholzbereiche. In den Bereichen, wo erkennbar ist, ob eine Schichtung vorhanden ist, waren zweischichtige Bestände mit einer mittleren Baumschicht (Unterstand) zu sehen. Dies betraf die Altholzbereiche mit einer Überschirmung um 80 % und die durch Lärche dominierten Partien. In der Abfolge der Befliegungen wurde der Unterstand

immer besser erkennbar. 1987 konnte in nur 9 der Bewertungsquadrate die Schichtung bewertet werden, hier war in jedem ein Unterstand zu sehen, 1992 waren es bereits 13, 1997 und 2005 je 14. Durchgängig war ein Bewertungsquadrat als kleinflächig gemischt mit mehreren Baumschichten zu bewerten. Die Wälder des Interpretationsgebietes sind auf großer Fläche zweischichtig mit Ober- und Mittelschicht. Eine Veränderung in der Schichtung war nicht feststellbar, aber die Bewertbarkeit der Schichtung veränderte sich.

Das gesamte Interpretationsgebiet lässt sich nach der natürlichen Altersstufe recht gut in drei Waldbestände einteilen:

Im mittleren und südlichen Bereich, auf zwei Dritteln der Fläche des Interpretationsgebietes, ein Altholz aus einem Eichengrundbestand dem Buche, Tanne und Fichte beigemischt sind. Buchen-Unterstand ist auf großer Fläche vorhanden und je nach Einblicksmöglichkeit unter den Schirm des Oberstandes in unterschiedlichem Umfang erkennbar. Hauptständige Buchen sind einzeln bis truppweise in nahezu allen Bewertungsquadraten des Eichen-Altbestandes vertreten. Im südöstlichen Eck wird die Buche häufiger und schließlich dominant. Tanne und Fichte finden sich in wenigen Trupps oder Gruppen, entsprechend sind sie auch in nur 2 bis 4 der Bewertungsquadrate vertreten. Über den betrachteten Zeitraum wird der Altbestand immer mehr aufgelichtet, die Mittelschicht tritt immer kräftiger hervor und übernimmt teilweise die Rolle der Oberschicht. Die Tannengruppe ist schon 1992 bis auf wenige Bäume aufgelöst, bis 2005 wurden auch die Fichten bis auf wenige Bäume entnommen.

Im nördlichen Bereich, auf knapp einem Drittel der Fläche, ein Stangenholz aus einem Buchengrundbestand dem Lärche und Douglasie beigemischt sind. Die Lärchen sind einzeln bis gruppenweise beigemischt und in fast jedem der Bewertungsquadrate zu finden, in denen auch die Altersstufe Stangenholz auftritt. Die Douglasie ist gruppen- bis horstweise beigemischt und in nur wenigen Bewertungsquadraten vorhanden. Über den betrachteten Zeitraum werden die Buchen durchweg der Stangenholzstufe zugeordnet, nähern sich in 2005 aber dem Übergang zum angehenden Baumholz. Die Lärchen und Douglasien sind vorwüchsig und können schon ab 1992 teilweise der Stufe angehenden Baumholz zugeordnet werden.

In einem kleinen Bereich ist 1987 eine Jungwuchsfläche, die Baumart ist nicht erkennbar. Über den betrachteten Zeitraum entwickelt sich der Bewuchs bis in die Stangenholzstufe, erste Merkmale zur Baumartenerkennung werden sichtbar, wahrscheinlich handelt es sich um Buche und Lärche. In 2005 ist in der äußersten Südost-Ecke nach dem Ausscheiden der Altbäume (Buche) eine neue Jungwuchsgruppe erkennbar.

Rauigkeit der Bestandesoberfläche :

Jahr	Kronendach-Rauigkeit				Kronenschluss-Rauigkeit			
	Mittel	Median	Min.	Max.	Mittel	Median	Min.	Max.
1987	1,2	1	1	3	1,8	2	0	2,6
1992	1,2	1	1	2,2	2,1	2,1	1	2,9
1997	1,2	1	1	2,5	1,7	1,7	0	2,9
2005	1,3	1	1	2,2	1,8	2	0,7	3,2

Tab. 405.7: Eiche 405 Merzalben, Rauigkeit des Kronendachs und im Kronenschluss, arithmetisches Mittel, Median, Maxima und Minima des geschätzten Index in den Bewertungsquadraten (BQ)

Hinsichtlich der Kronendach-Rauigkeit sind die Waldbestände der Bewertungsquadrate überwiegend in die Stufe 1 „sehr glatt“ eingeordnet, die Maximalwerte liegen für 1987 bei 3 „mittel rau“ sonst eher bei 2 „glatt“ als darüber. Insgesamt treten nur bei 4 der

Bewertungsquadrate Werte von 2 oder höher auf. Es sind dies die Bewertungsquadrate mit nennenswerten Anteilen mehrerer verschiedener natürlicher Alterstufen. Auch die Bewertung der Kronenschluss-Rauigkeit bewegt sich überwiegend im als glatt bezeichneten Bereich. Selbst die Gebiete mit lückigen Altbeständen liegen nur in dem als „mittel rau“ charakterisierten Bereich. Für die geschlossenen Stangenhölzer ergeben sich auch Werte unter 1. Die Kronenschluss-Rauigkeit weist meist etwas höhere Indexwerte auf, als die Kronendach-Rauigkeit.

Insgesamt weisen die Waldbestände des Interpretationsgebietes geringe Rauigkeitswerte auf. In der Entwicklung ändert sich die Kronendach-Rauigkeit wenig. In 14 der Bewertungsquadrate wird sie in allen Jahren gleich mit 1 bewertet. In 6 weiteren Bewertungsquadraten weicht sie in nur einem Jahr um 0,5 Punkte ab. In den verbleibenden 5 Bewertungsquadraten treten unterschiedliche Werte auf, bei denen kein einheitlicher Trend einer Entwicklung erkennbar ist. Für die Kronenschluss-Rauigkeit ergeben sich in allen Bewertungsquadraten zwischen den Befliegungen ungerichtete Unterschiede. Ein einheitlicher Trend ist nicht erkennbar. 1992 sind die Werte im Mittel die höchsten, dies ist das Jahr in dem die meisten Lücken festgestellt wurden, da die Lückigkeit in die Kronenschluss-Rauigkeit eingeht ist dies nicht überraschend.

Bestandesschadstufe :

Jahr	0	1	2	3
1987	23	2	-	-
1992	24	1	-	-
1997	7	3	7	8
2005	6	5	14	-

Tab. 405.8: Eiche 405 Merzalben, Anzahl der Bewertungsquadrate in den Bestandesschadstufen (nach HEIDINGSFELD 1993); **0** : Anteil deutlich geschädigter Bäume unter 30 %; **1** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 30 % bis unter 60 %; **2** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 60 % bis unter 90 %; **3** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 90 % oder höher

Durch die Kronenschäden sind vor allem die Altbestände betroffen. 1987 sind erst einzelne Bäume deutlich geschädigt. Die beiden in Bestandesschadstufe 1 eingeordneten Bewertungsquadrate sind durch Buche dominiert. Da der Flugtermin am 17. September war, ist davon auszugehen, das die Buchen schon beginnende Herbstfärbung zeigen und die Zuordnung der Bestandesschadstufe hiervon beeinflusst wird. Auch 1992 sind erst einzelne Bäume betroffen, nur in einem Bewertungsquadrat übersteigt der Anteil deutlicher Schäden die 30 % Grenze. 1997 traten dann massive Kronenschäden auf. Sämtliche Altholz-Bereiche sind geschädigt, die meisten stark oder sehr stark. Zu 2005 hat sich die Situation leicht verbessert, etliche der Bäume sind aber ausgefallen.

Im Interpretationsgebiet hat sich zwischen den Befliegungsjahren 1992 und 1997 der Kronenzustand von einem nur schwach geschädigten Waldbestand hin zu einem stark geschädigten verschlechtert. Nur die Buchen-Stangenhölzer sind 2005 noch weitgehend frei von deutlich geschädigten Bäumen.

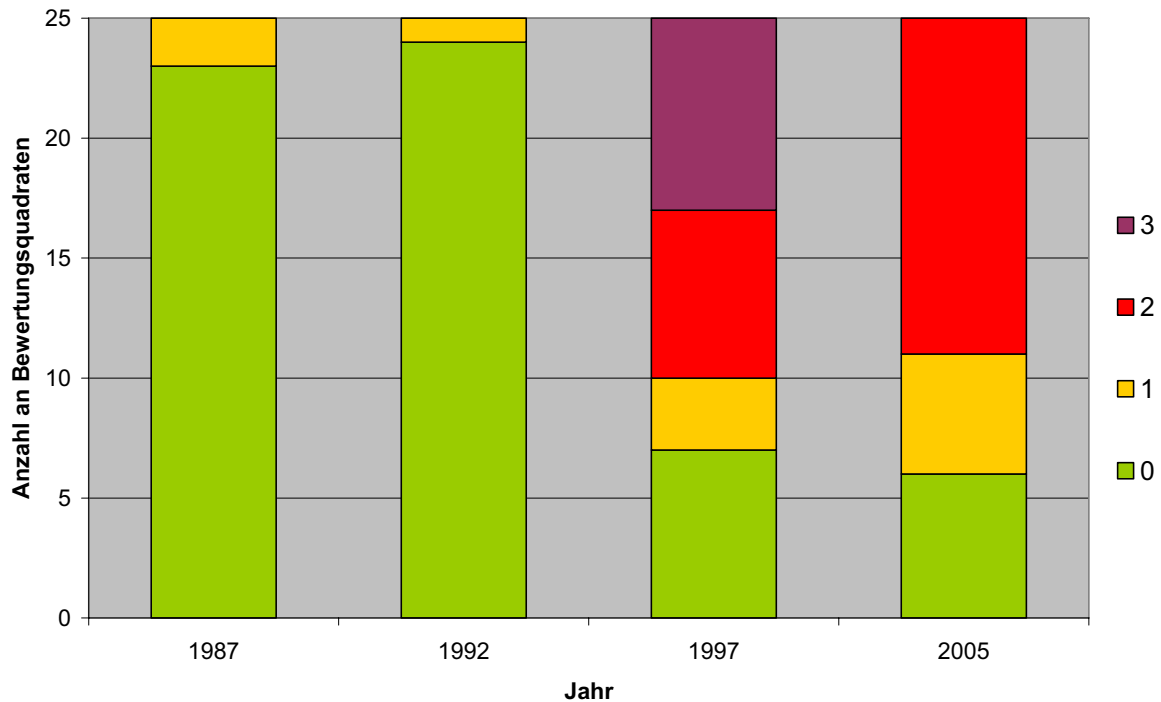


Abb. 405.8: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Bestandesschadstufen (vergleiche Tab. 405.8) in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Totholz :

Jahr	BQ mit Totholz	Totholzmenge		
		vereinzelt	3 - 5 Bäume / ha	häufiger
1987	1	1	-	-
1992	3	3	-	-
1997	12	7	3	2
2005	13	8	5	-

Tab. 405.9: Eiche 405 Merzalben, flächige Bewertung des stehenden Totholzes in den Bewertungsquadraten (BQ)

In den betrachteten Jahren treten auf 25 ha stehende tote Bäume nur vereinzelt auf. Selbst in den Jahren mit einer höheren Anzahl an Totholz-Bäumen bleibt rund die Hälfte der Bewertungsquadrate ohne stehendes Totholz, nur 5 Bewertungsquadrate (20 %) weisen mehrere Totholz-Bäume auf.

Im Rahmen eines Praktikums wurde zusätzlich das Totholz in dem Bildflug des Jahres 1995 digitalisiert. Das Jahr 1995 wurde ausgewählt, da in den Jahren 1996 und 1997 die Eichen durch die Frostspannerfraßgesellschaft stark entlaubt wurden. In der Folge traten Schäden durch den Eichenprachtkäfer auf, der etliche Eichen zum Absterben brachte. Die Auswertung des Totholzes 1995 zeigt damit den Stand unmittelbar vor der einsetzenden Insektenkalamität. Bei den stehenden Totholz-Bäumen handelt es sich überwiegend um Eichen oder Buchen des Altholzes. Der größere Anteil der Totholz-Bäume ist bereits solange abgestorben, dass keine Blattreste mehr sichtbar sind. Aber nur wenige Totholz-Bäume bleiben so lange erhalten, dass sie ihr Reisig verlieren.

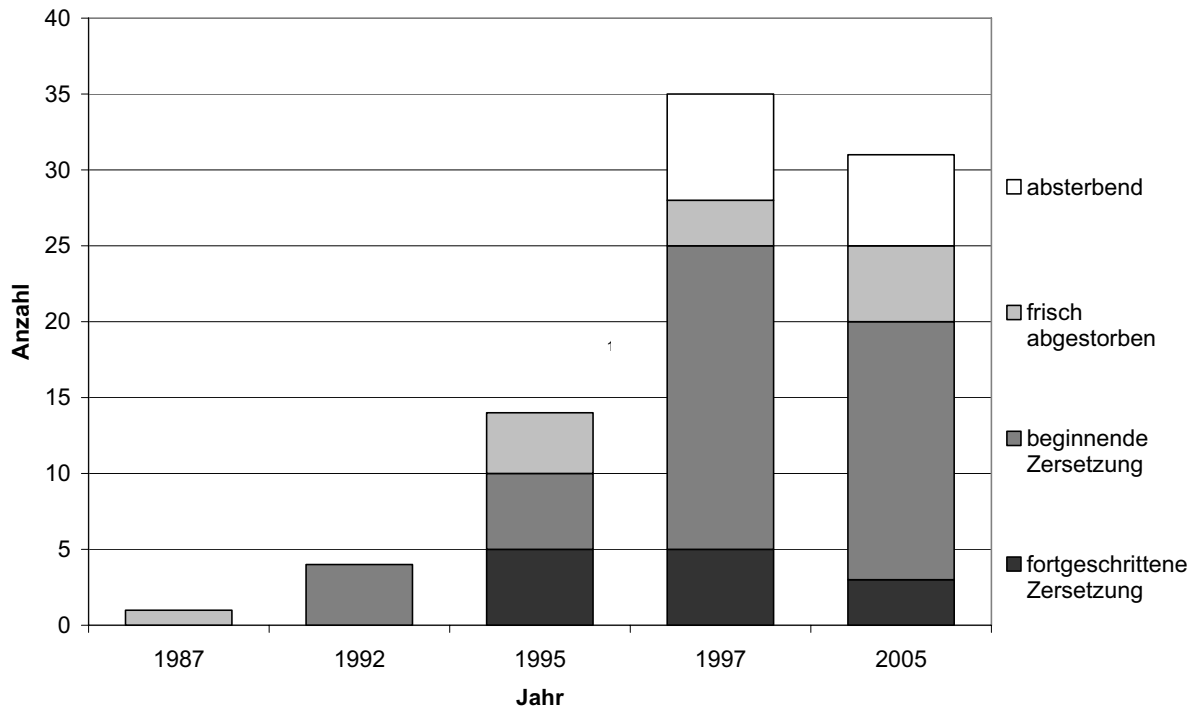


Abb. 405.9: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Anzahl stehender Totholz-Bäume und ihr Zersetzungsgrad im Interpretationsgebiet

Jahr	Anzahl	Alt	Jung	Zersetzungsgrad			
				0,5	1	2	3
1987	1	1	0	0	1	0	0
1992	4	4	0	0	0	4	0
1995	14	14	0	0	4	5	5
1997	35	34	1	7	3	20	5
2005	31	34	0	6	5	17	3

Tab. 405.10: Eiche 405 Merzalben, stehendes Totholz im Interpretationsgebiet. **Alt**: ab angehendem Baumholz, auch Zwischenständer; **Jung**: bis Stangenholz. **Zersetzungsgrad**: **0,5** absterbend (Blattverlust ~ 95 %) oder Teilkrone abgestorben, **1** frisch abgestorben, Blattreste noch vorhanden; **2** beginnende Zersetzung, Fein- oder Grobreisig noch vorhanden; **3** fortgeschrittene Zersetzung, Äste, Grobäste oder Stammrest erkennbar

Jahr	Anzahl	noch identifizierbar in			
		1992	1995	1997	2005
1987	1	-	-	-	-
1992	4	-	1	-	-
1995	14	-	-	6	-
1997	35	-	-	-	1
2005	31	-	-	-	-

Tab. 405.11: Eiche 405 Merzalben, stehendes Totholz über mehrere Jahre im Interpretationsgebiet

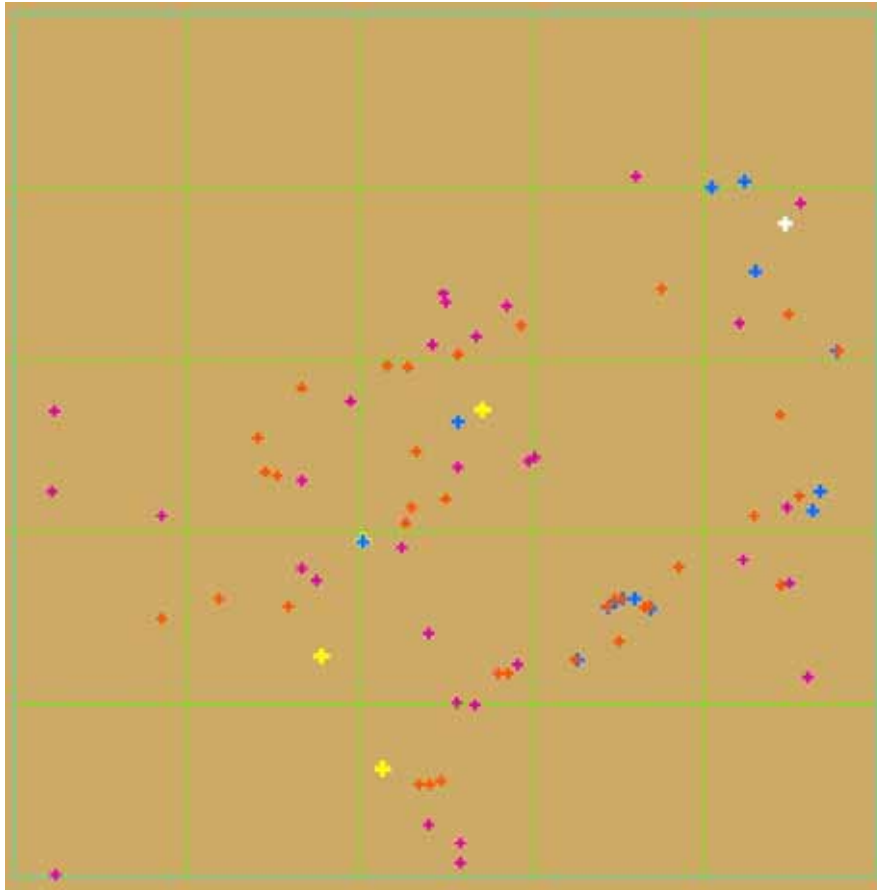


Abb. 405.10: Eiche 405 Merzalben, Interpretationsraster und Entwicklung der stehenden Totholz-Bäume 1987 weiß, 1992 gelb, 1995 blau, 1997 rot, 2005 violett

In der multitemporalen Aufnahme war festzustellen, dass in nur wenigen Fällen Totholz-Bäume im jüngeren Bildflug noch erkennbar waren. In einem Zeitintervall von 5 bis 8 Jahren bleibt ein stehender toter Baum anscheinend nur in Ausnahmefällen erhalten. Über den kürzeren Zeitraum zwischen 1995 zu 1997 sind immerhin 6 tote Bäume identifizierbar geblieben. Es sind zwar immer stehende tote Bäume vorhanden, doch bleiben diese nicht über solche Zeiträume erhalten, sondern entstehen neu.

Bei der gesamten untersuchten Fläche handelt es sich um Wälder die regelmäßig bewirtschaftet werden. Das Holz absterbender oder abgestorbener Eichen ist in der Regel noch sehr gut verwertbar. Bei der hier betrachteten Fläche kommt noch ein Grund des Waldschutzes hinzu. Nach 1996 trat vermehrt der Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) auf, der hier die stark geschwächten Eichen zum Absterben bringt. Tote und stark verlichtete Eichen sollen daher hier gezielt entnommen werden. Bei den in 1997 und 2005 als absterbend oder mit abgestorbener Teilkrone bewerteten Bäumen handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um befallene Eichen. Vergleichbare Bäume wurden auf den beiden anderen Versuchsflächen nicht beobachtet.

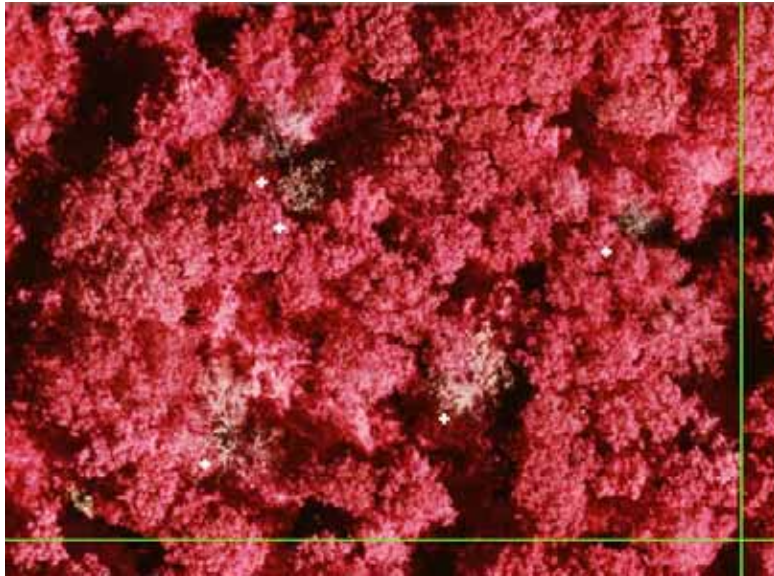


Abb. 405.11: Eiche 405 Merzalben, Detailbild von stehenden Totholz-Bäumen im Color-Infratrot-Orthobild von 2005, die digitalisierte Marke (weißes Kreuz) ist im Orthobild wegen der Verkippung hier nach links unten versetzt (grüne Linie: Interpretationsraster)

Waldrandstrukturen :

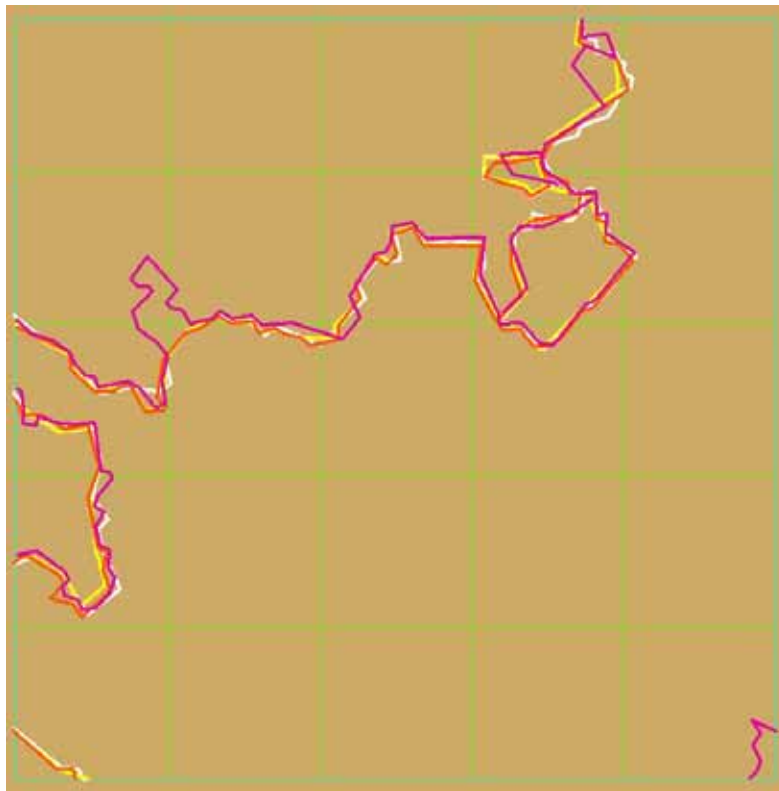


Abb. 405.12: Eiche 405 Merzalben, Interpretationsraster und Entwicklung der Waldränder 1987 weiß, 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Jahr	BQ mit Randstruktur	Gesamtlänge [m]	Gesamtlänge Shape [m]
1987	10	1165	1455
1992	8	1145	1388
1997	9	1120	1441
2005	8	1050	1601

Tab. 405.12: Eiche 405 Merzalben, Waldrandstrukturen im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Interpretation nach Bewertungsquadraten (BQ) und Digitalisierung als eigenes Shape

Von den Bewertungsquadraten weisen 7 durchgängig Waldrandstrukturen auf. In einem hatte sich nach 1997 die Höhendifferenz ausgewachsen, dafür war in 2005 in einem anderen nach Hiebsmaßnahmen ein neuer Rand entstanden. In zwei Bewertungsquadraten lagen die Waldrandstrukturen derartig an der Grenze zum benachbarten, dass sie nicht durchgängig als in dem Bewertungsquadrat liegend gewertet wurden. Waldrandlinien sind zwar vergleichsweise eindeutig zu erkennen, eine gewisse Unschärfe besteht jedoch auch hier.

Die Linien der digitalisierten Waldinnenränder liegen recht genau übereinander. Die Bewertung hinsichtlich Exposition, Verlauf, der beteiligten Arten und der Stufigkeit ist zwischen den bewerteten Jahrgängen gleich oder sehr ähnlich. Nördliche Expositionen überwiegen, der Verlauf ist meist geschwungen in einigen Fällen eckig. Die Artenzusammensetzung des Waldinnenrandes entspricht in allen Fällen der des höheren Waldbestandes, sie sind als Steilrand aufgebaut, die Randbäume aber nicht bis zum Boden beastet.

Die Gesamtlänge der Randstrukturen wird bei der Schätzung nach Bewertungsquadraten im Vergleich zur digitalisierten Länge merklich unterschätzt.

Entwicklungsphasen :

Jahr	OP		AP		ZP		VP		PP		JP		SP	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1987	15	47,8	5	18,2	-	-	-	-	-	-	3	2,8	12	31,2
1992	9	24,0	11	40,4	2	2,0	-	-	-	-	1	2,4	11	31,2
1997	3	5,4	17	55,2	7	6,8	-	-	-	-	1	2,4	11	30,2
2005	2	0,6	19	56,4	8	11,4	-	-	-	-	-	-	10	31,6

Tab. 405.13: Eiche 405 Merzalben, Vorkommen der Entwicklungsphasen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %: **OP** Optimalphase; **AP** Altersphase; **ZP** Zerfallsphase; **VP** Verjüngungsphase; **PP** Plenterphase; **JP** Jungwuchsphase; **SP** Stangenholzphase (nach LEIBUNDGUT H. 1982)

Über den betrachteten Zeitraum verändern sich die der Stangenholzphase zugeordneten Waldbestände nicht in der Weise, dass die Zuordnung anders ausfallen müsste. Die Jungwuchsphase geht zwischen 1997 und 2005 in die Stangenholzphase über. In den Althölzern ist eine Entwicklung von der Optimalphase hin zur Zerfallsphase erkennbar. Inwieweit sich die hier vorhandene Mittelschicht entwickelt und in die Oberschicht aufsteigend, die dort entstandene Freiräume schließt, müssen künftige Erhebungen zeigen. Jedenfalls ist vorstellbar, dass hierdurch wieder eine Entwicklung hin zur Alters- oder Optimalphase erfolgen kann.

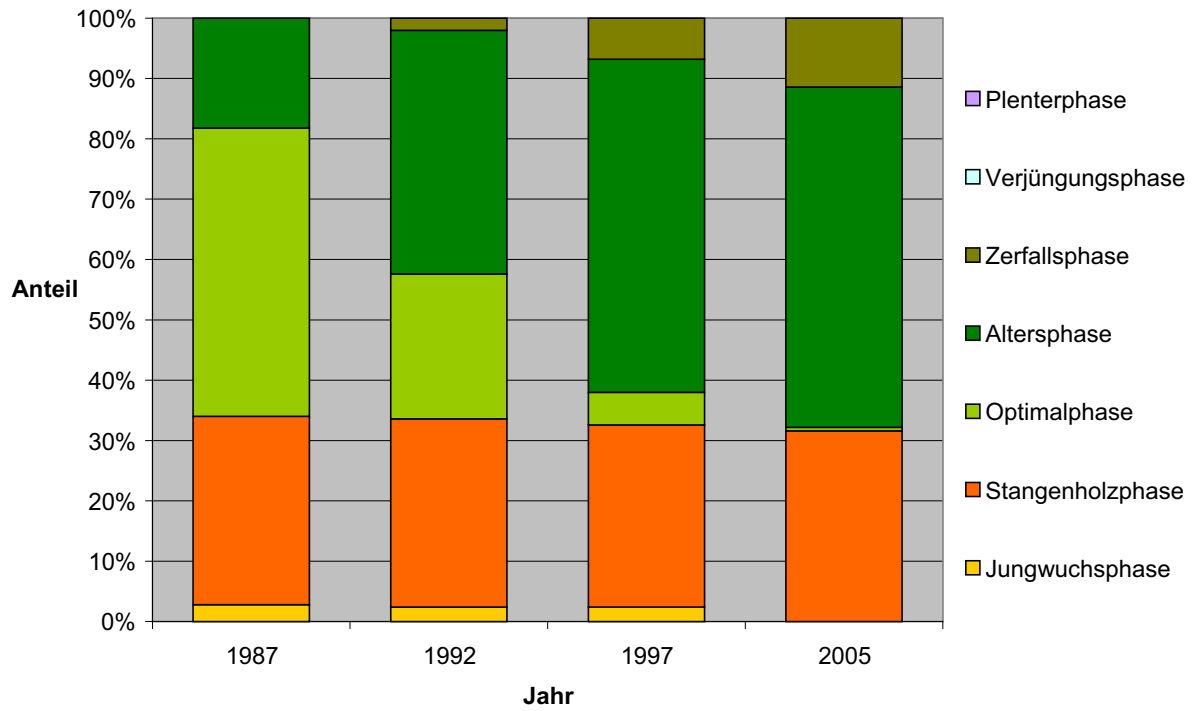
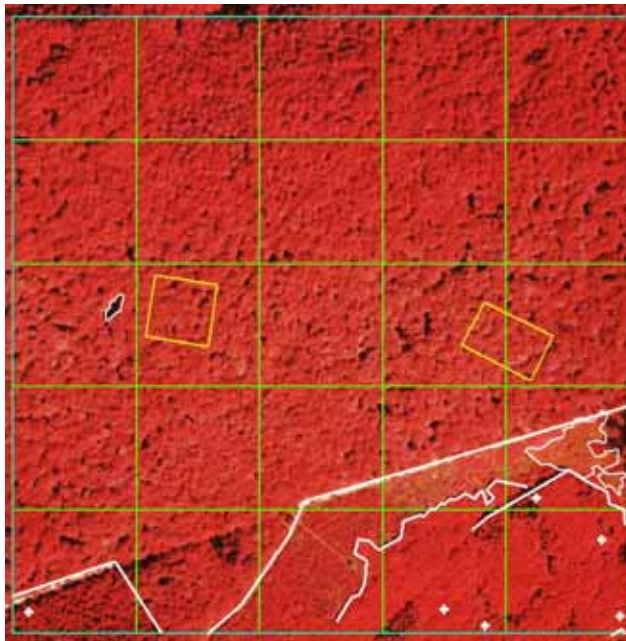
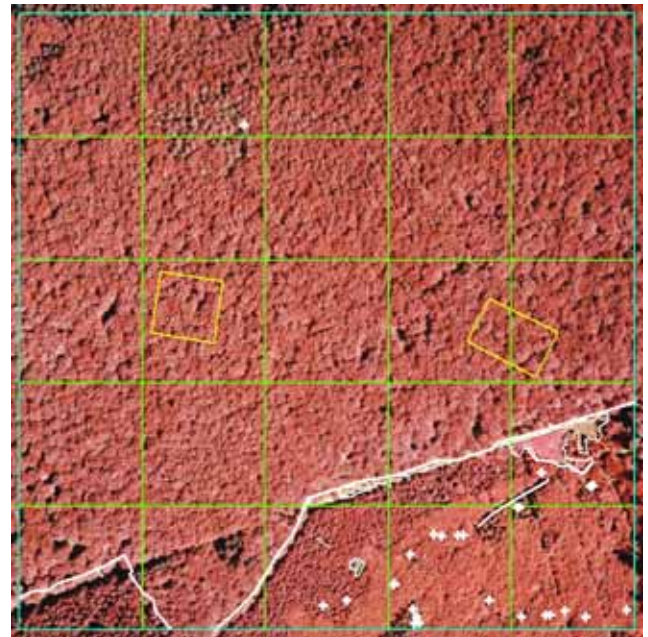


Abb. 405.13: Eiche 405 Merzalben, Entwicklung der Verteilung der Entwicklungsphasen (vergleiche Tab. 405.13) im Interpretationsgebiet

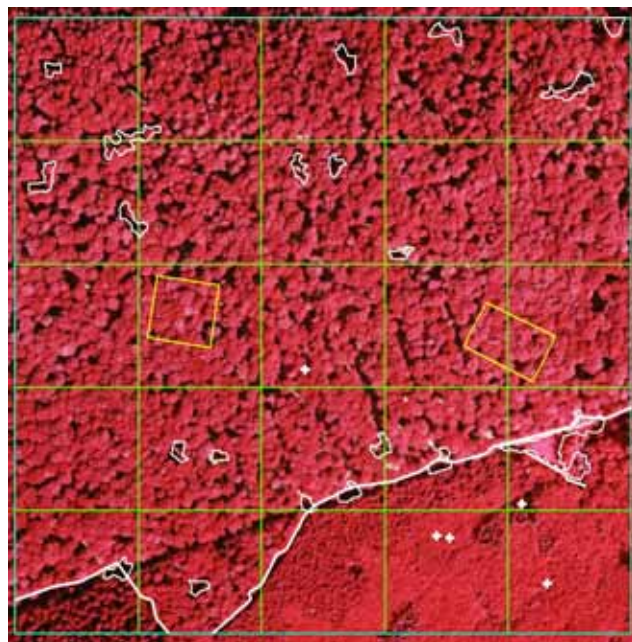
Ergebnisse für die Fläche Buche 212 Neuhäusel



1992



1999



2005

Abb. 212.1: Buche 212 Neuhäusel, Zeitreihe der Color-Infrarot-Orthobilder (eingenordet) mit dem Interpretationsraster (grün), den Dauerbeobachtungsflächen Kronenzustand (gelb) und den digitalisierten stehenden Totholz-Bäumen (Kreuz), Waldrandlinien (fette Linie) und Lücken (dünne Linie).

Die Serie der Orthobilder gibt einen ersten Überblick über die ausgewertete Fläche und ihre Entwicklung von 1992 bis 2005. Es zeigt sich ein ausgesprochen homogenes Laub-Waldgebiet mit südlich angrenzenden jüngeren Laub-Nadel-Mischbeständen. Es ist offensichtlich, dass etliche der im Interpretationsgebiet zu erhebenden Strukturmerkmale nicht in den Dauerbeobachtungsflächen Kronenzustand (DBF) selbst zu finden sind. Lücken und Waldrandstrukturen wurde bei der Anlage der DBF gezielt ausgespart und sind in der weiteren Entwicklung dort auch nicht entstanden. Auch wurden die DBF in einen Bestandesteil ohne Mischbaumarten gelegt. Totholz-Bäume sind bei dieser Fläche im Altbestandesteil außerordentlich selten und werden von der DBF in keinem der Bild-Jahrgänge erfasst. Auffällig ist die Absenkung des Deckungsgrades zwischen 1999 und 2005 im Altbestand, die im Zuge einer Durchforstung vorgenommen wurde. Betroffen sind die nördlichen und mittleren Bereiche des Interpretationsgebietes, wohingegen die Bereiche mit den DBF weniger intensiv durchforstet wurden. In Folge der Durchforstungsmaßnahme entstanden im Altbestandsbereich etliche kleinere Lücken. Nur eine Lücke ist dauerhaft über alle Bild-Jahrgänge nachzuweisen. Die Waldrandstrukturen zwischen altem und jüngeren Bestandesteil verlaufen meist längs eines Waldweges und sind stabil. Im jüngeren Bestandesteil verwachsen sich einige Höhendifferenzen, nur zur Lücke hin bildet sich ein dauerhafter Waldrand heraus. Totholz-Bäume finden sich hier häufiger im jüngeren Bestandesteil, die hinterlassenen Löcher schließen sich aber schnell.

Landnutzung und Waldanteil :

Die Dauerbeobachtungsfläche liegt in einem geschlossenen Waldgebiet, auch das willkürlich festgelegte Interpretationsgebiet (500 x 500 m²) greift nicht über die Waldgrenze hinaus. Das gesamte Interpretationsgebiet ist von 1992 bis 2005 zu 100 % mit Wald bedeckt.

Lücken :

Jahr	BQ mit Lücken	Anzahl geschätzt	Flächenanteil [%]	Gesamtfläche [ha]	Anzahl im Shape	Gesamtfläche Shape [ha]
1992	2	3	1,4	0,350	3	0,223
1999	3	3	1,0	0,250	3	0,191
2005	13	20	2,6	0,650	20	0,494

Tab. 212.1: Buche 212 Neuhäusel, Lücken im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Schätzung nach Bewertungsquadraten (BQ) und Digitalisierung als eigenes Shape.

Es wurden in den früheren Bild-Jahrgängen wenige kleinere und eine größere Lücke vorgefunden. Die größte Lücke wurde mit 1859 m² ausdigitalisiert, die kleinste mit 94 m², die meisten sind zwischen 100 bis 300 m² groß. Insgesamt nehmen die Lücken nur einen geringen Flächenanteil ein. Ausdigitalisiert sind es unter 1 % und im Jahr 2005 knapp 2 %. Die Schätzung als Flächenanteil zu 5 % Stufen in den einzelnen Bewertungsquadraten ergibt 1 % bis 2,6 % umgerechnet auf die Gesamtfläche. Die Zahl der Lücken liegt nach beiden Verfahren unter einem Stück pro Hektar. Es handelt sich also auch noch im Jahr 2005 um ein Waldgebiet mit weitgehend geschlossenem Bestand.

In dem betrachteten Zeitraum sind bei den Lücken verschiedenste Dynamiken zu beobachten. Eine, die größte, der Lücken ist durchgehend von 1992 bis 2005 zu erkennen, geht in ihrer Flächengröße aber zurück. Sie ist im Norden durch einen Waldweg begrenzt und weißt durchgängig Bodenvegetation auf. Diese Lücke wurde genutzt, um im Jahr 2000 den

Messturm für die Freiland-Deposition neu zu errichten, nachdem der ursprünglich im Nadel-Jungbestand errichtete baufällig geworden war und von dem umgebenden Waldbestand überwachsen wurde.

Die beiden anderen im Jahr 1992 kartierten Lücken schlossen sich bis 1999. In 1999 waren an anderer Stelle zwei neu entstanden, von denen sich eine bis 2005 wieder weitgehend geschlossen hatte. Durch eine Durchforstungsmaßnahme waren bis zum Jahr 2005 insgesamt 18 durchweg kleinere Lücken neu entstanden. Die Bodensicht wurde in 5 Fällen durch Schatten verwehrt, in 6 Lücken war teilweise Bodenvegetation erkennbar, in 8 war erkennbar, dass keine Bodenvegetation vorhanden war. In 5 der einsehbaren Lücken war erkennbar, dass dort unter dem Kronendach Waldwege verliefen.

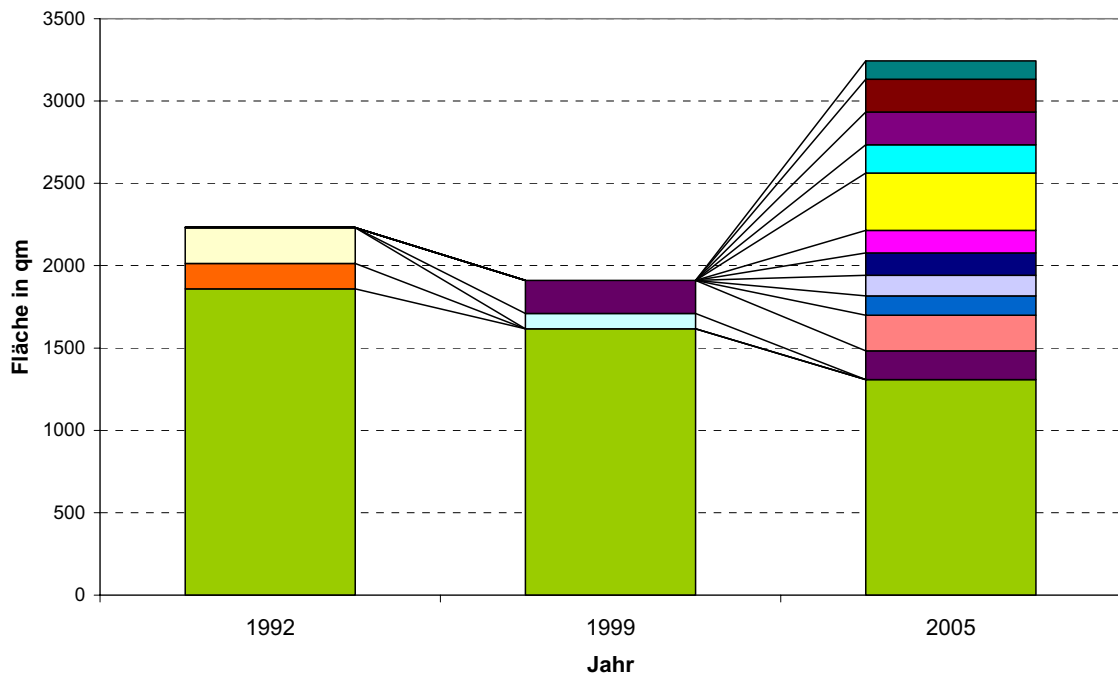


Abb. 212.2: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der einzelnen Lücken (jede in eigener Farbe dargestellt) im Interpretationsgebiet

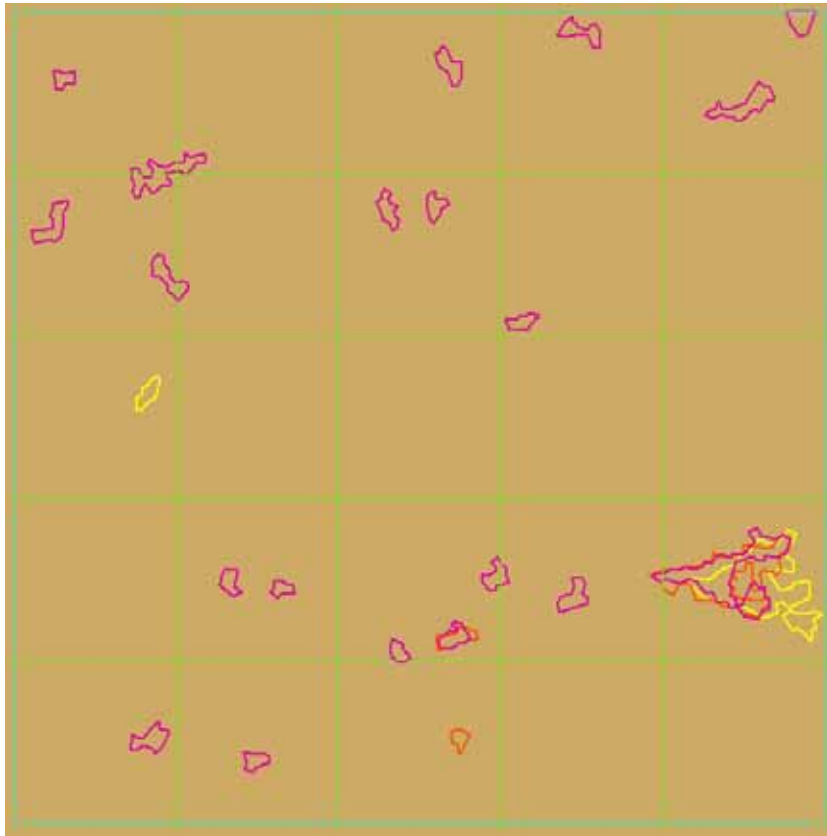


Abb. 212.3: Buche 212 Neuhäusel, Interpretationsraster und Entwicklung der Lücken
1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Lineare Zerschneidung des Kronendaches :

Jahr	BQ unzerschnitten	BQ zerschnitten	schwach zerschnitten	stark zerschnitten
1992	20	5	4	1
1999	20	5	4	1
2005	21	4	4	0

Tab. 212.2: Buche 212 Neuhäusel, Zerschneidung des Kronendachs in den Bewertungsquadraten (**BQ**)

Das Kronendach des Interpretationsgebietes ist nur wenig zerschnitten, von 1992 bis 2005 ändert sich daran wenig. Über die Zerschneidung am Boden ist keine Aussage möglich, das vorhandene Wegenetz blieb in diesem Zeitraum unverändert.

Deckungsgrad ohne Lücken :

Jahr	arithmet. Mittel	Median	Minima	Maxima
1992	91	90	70	100
1999	93	95	80	100
2005	85	85	80	100

Tab. 212.3: Buche 212 Neuhäusel, Überschirmungsgrad des Oberstandes ohne Lücken in Prozent im Interpretationsgebiet, Mittelwerte, Maxima und Minima der Bewertungsquadrate (**BQ**)

Der Deckungsgrad im Interpretationsgebiet ist über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg hoch. Auch mit Einbeziehung der Lücken verringert sich das arithmetische Mittel der Überschirmung nur um ein bis drei Prozentpunkte, das Minima liegt niedriger.

Das absolute Minima von 50 % wird in dem Bewertungsquadrat erreicht, in welchem 1992 die ausgedehnte Lücke vorhanden ist. In den Jahren 1999 und 2005 ist diese Lücke durch einwachsenden Jungwuchs deutlich kleiner geworden, der Deckungsgrad des Bewertungsquadrates steigt in der Folge auf 75 % an. Der Deckungsgrad ist durchweg in allen Bereichen des Interpretationsgebietes hoch und wird erst durch die Durchforstung im älteren Bestandesteil etwas abgesenkt. In 1992 wurden nur 4 Bewertungsquadrate mit einem Deckungsgrad unter 90 % bewertet, in 1999 nur noch eines. Im Jahr 2005 wurden dagegen 23 der Bewertungsquadrate mit einem Deckungsgrad von 80 %, 85 % oder 90 % bewertet.

Baumarten- und Altersstufenzusammensetzung, Schichtung :

Jahr	Buche		Lärche		Birke		Douglas		Fichte		Nadelb.		Bäume	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1992	25	89,6	5	2,8	0	0,0	0	0,0	7	0,4	5	6,8	1	0,4
1999	25	89,0	5	2,5	3	1,3	0	0,0	7	0,6	7	6,6	0	0,0
2005	25	89,3	5	2,3	3	1,2	2	1,8	7	0,6	6	4,8	0	0,0

Tab. 212.4: Buche 212 Neuhäusel, Baumartenvorkommen in den Bewertungsquadraten (**BQ**) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %; **Nadelb.** und **Bäume**: Baumart wegen des Alters im Luftbild nicht näher bestimmbar

Das Interpretationsgebiet wird von Buche geprägt, Lärche, Douglasie, Fichte und Birke sind in geringen Anteilen beigemischt. Auf dieser Fläche kommen nur vergleichsweise wenige Baumarten vor, die sich im Allgemeinen ab dem Stangenholz gut differenzieren lassen, schwierig ist in dieser Altersstufe noch die Differenzierung von Fichte und Douglasie. Auch einzelne eventuell in den Grundbestand des Buchenstangenholzes beigemischte andere Laubbaumarten sind nicht erkennbar. Eine Verifizierung der nicht bestimmten Baumarten ist nur durch eine Gegenkontrolle vor Ort möglich.

Innerhalb der einzelnen Bewertungsquadrate bleibt die Baumartenverteilung weitgehend im Rahmen der Schätzgenauigkeit für die Bestimmung der Baumarten und Überschirmungsanteile und damit stetig. Merkliche Verschiebungen ergaben sich um die große Lücke an der sich Birke etablierte und in den Bereichen, wo in späteren Bildflug-Jahrgängen eine Baumartenerkennung möglich wurde.

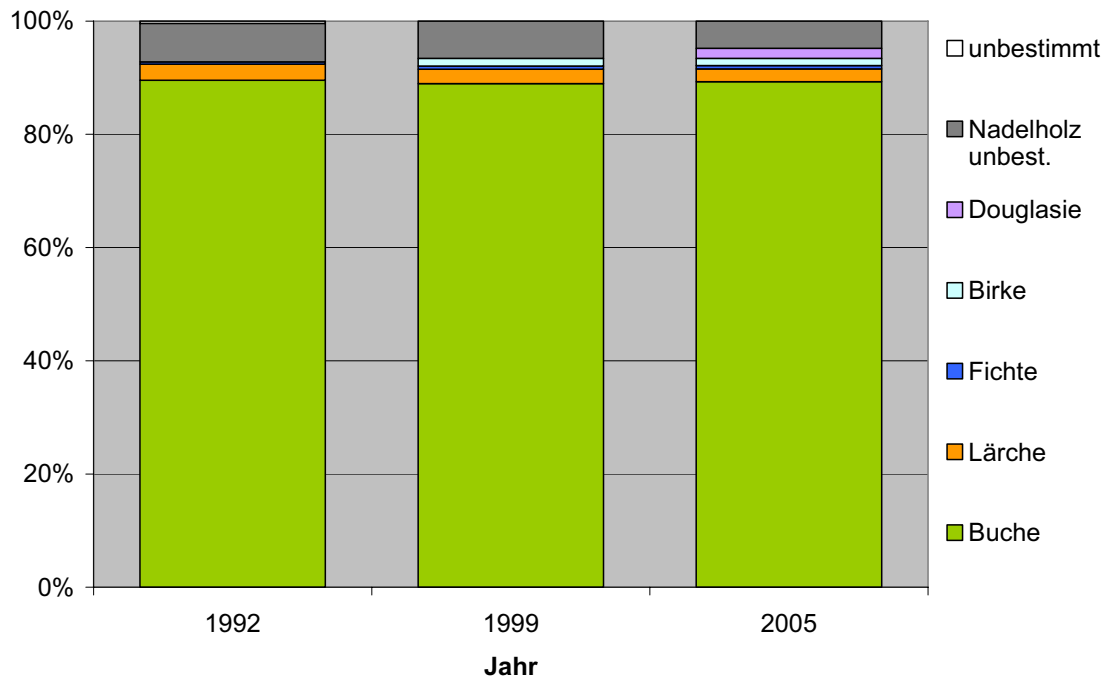


Abb. 212.4: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Baumartenverteilung im Interpretationsgebiet

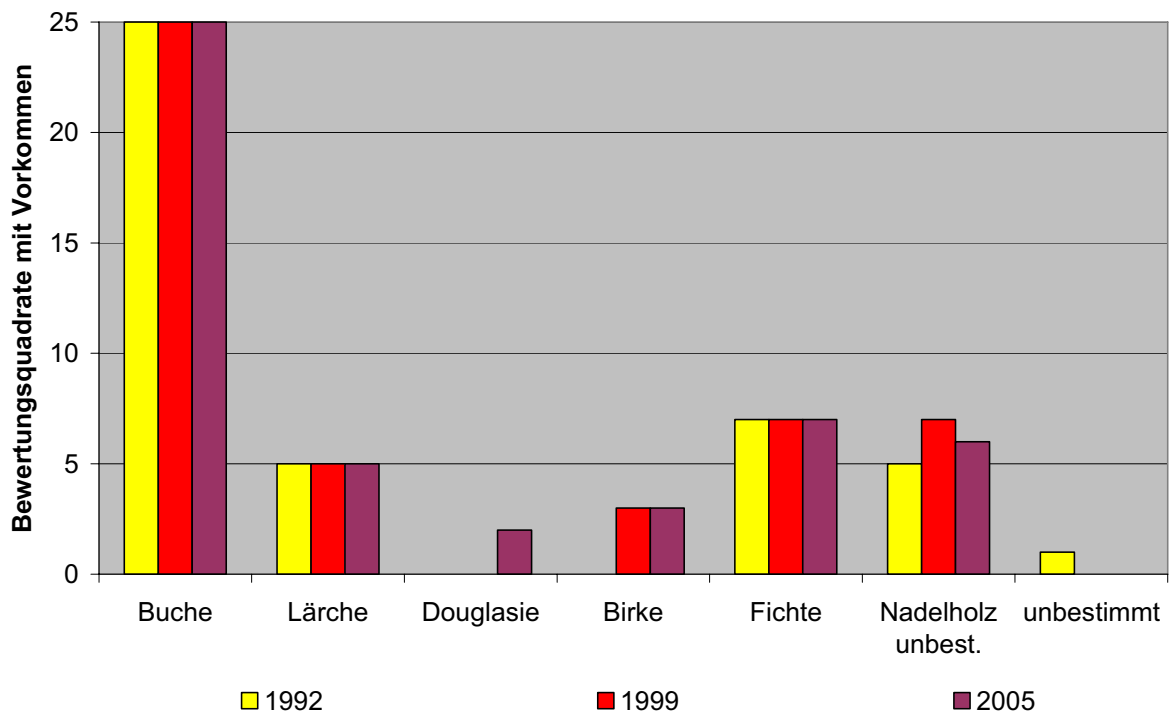


Abb. 212.5: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Abundanz der Baumarten in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Jahr	Jungwuchs		Dickung		Stangenholz		angehendes Baumholz		Baumholz	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1992	2	2,0	4	3,8	6	12,0	0	0,0	23	82,2
1999	0	0,0	2	2,8	9	15,8	0	0,0	23	81,4
2005	0	0,0	0	0,0	7	16,8	2	1,8	23	81,4

Tab. 212.5: Buche 212 Neuhäusel, Vorkommen der natürlichen Altersstufen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %

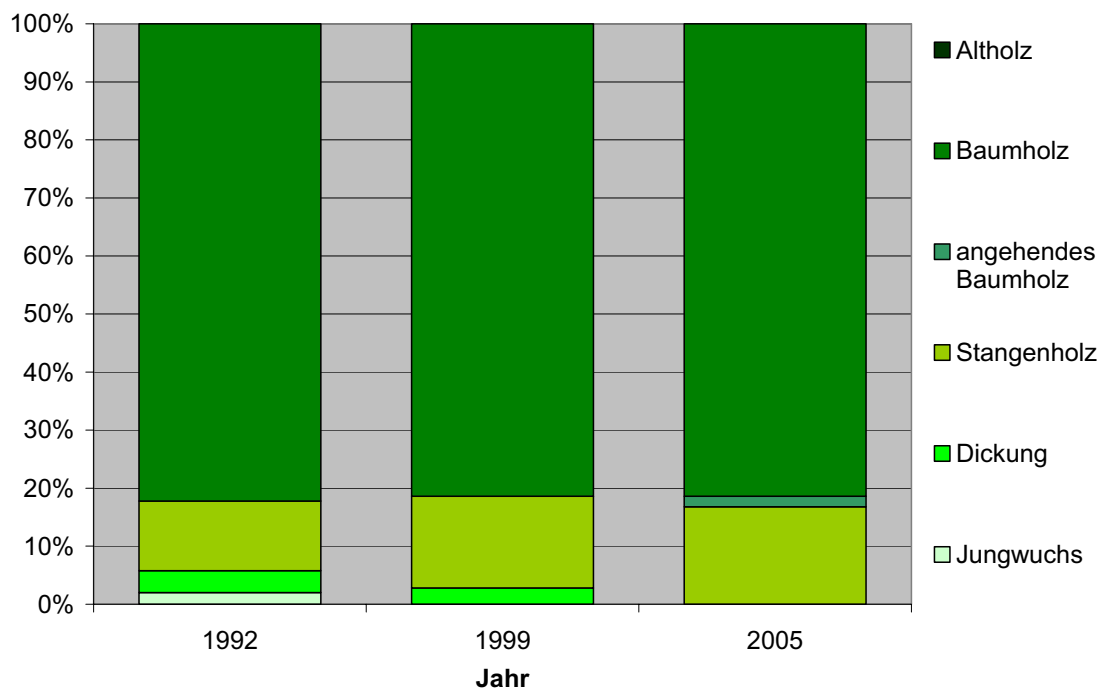


Abb. 212.6: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Altersstufenverteilung im Interpretationsgebiet

Im gesamten Interpretationsgebiet sind alle wichtigen Altersstufen der Waldentwicklung vertreten, aber sehr ungleichmäßig verteilt und in strenger räumlicher Trennung. So sind 18 der Bewertungsquadrate reine Baumholz-Bestände, weitere 2 sind von Stangenholz-Beständen dominiert. Da die räumlichen Grenzen zwischen den Altersstufen recht gradlinig verlaufen, sind nur bei einem dieser 18 Bewertungsquadrate 10 % anderer Altersstufen beigemischt. In den 5 verbleibenden Bewertungsquadraten sind zwei Altersstufen in nennenswerten Anteilen (über 10 %) vertreten, mit bis zu 10 % ist gelegentlich eine dritte vorhanden. Über dem betrachteten Zeitraum bleiben die Altersstufen und ihre Verteilung in den einzelnen Bewertungsquadraten unverändert, soweit nicht die natürliche Entwicklung zu einer höheren Altersstufe führt. So ist die Jungwuchs- und Dickungsfläche schon im nächst folgenden Bildflug-Jahrgang eine Altersstufe höher einzuordnen, von den Nadel-Stangenhölzern hat sich ein Teil zum angehenden Baumholz entwickelt. Es entstanden keine neuen Jungwuchsflächen.

Jahr	BQ nicht erkennbar	BQ einschichtig	BQ kleinflächig gemischt
1992	22	2	1
1997	20	4	1
2005	9	16	0

Tab. 212.6: Buche 212 Neuhäusel, Schichtung in den Bewertungsquadraten (BQ)

Die Schichtung ist in den geschlossenen Bestandesteilen nicht erkennbar, dies betrifft so gut wie alle Stangen- und Baumhölzer. Erst mit der Auflichtung der älteren Bestandesteile wird erkennbar, dass sie einschichtig sind. Nur die Partien der gruppen- bis horstweise beigemischten Lärche weisen einen Buchenunterstand auf. Ein Bewertungsquadrat war als kleinflächig gemischt mit mehreren Baumschichten zu bewerten, bis auch die jüngeren Partien zur Stangenholzstufe herangewachsen waren.

Die Wälder des Interpretationsgebietes sind auf großer Fläche einschichtig. Eine Veränderung in der Schichtung war nicht feststellbar, aber die Bewertbarkeit der Schichtung veränderte sich.

Das gesamte Interpretationsgebiet lässt sich recht gut in drei Waldbestände einteilen:

Im nördlichen Bereich, auf vier Fünfteln der Fläche des Interpretationsgebietes, ein Baumholz aus einem Buchengrundbestand dem Lärche und Fichte in geringen Anteilen beigemischt sind. In den Luftbildern der Jahre 1992 und 1999 ist dieser Bestand dicht geschlossen, was vermuten lässt, dass der Bestand einschichtig ist. In den Luftbildern aus dem Jahr 2005 ist erkennbar, dass der Bestand durchforstet wurde, im nördlichen Bereich wurde der Deckungsgrad um 10 - 20 % abgesenkt im südlichen dagegen kaum. Auf etwa der Hälfte der Fläche ist jetzt erkennbar, dass der Bestand einschichtig ist. Lärche ist horstweise in 2 Bewertungsquadraten vertreten, Fichte findet sich als Gruppe oder einzeln in 7 der Bewertungsquadrate.

Südlich schließen sich jüngere Bestände an. Südwestlich eher Nadelbäume unterschiedlicher Altersstufe und im Südosten ein Buchenstangenholz mit Lärche. Im östlichen Bereich, angrenzend an das Baumholz fanden sich im Jahr 1992 Jungwuchs- und Dickungsflächen. Bis zum Jahr 2005 wuchsen diese weitgehend ins Stangenholz ein und die Höhendifferenzen zu dem südlich anschließenden Buchen-Stangenholz verwischten sich.

Rauigkeit der Bestandesoberfläche :

Jahr	Kronendach-Rauigkeit				Kronenschluss-Rauigkeit			
	Mittel	Median	Min.	Max.	Mittel	Median	Min.	Max.
1992	1,1	1	1	1,9	1,5	1,4	1	3,5
1999	1,1	1	1	2,1	1,4	1,3	1	2,2
2005	1,0	1	1	1,4	2,2	2,1	1	3,7

Tab. 212.7: Buche 212 Neuhäusel, Rauigkeit des Kronendachs und im Kronenschluss, arithmetisches Mittel, Median, Maxima und Minima des geschätzten Index in den Bewertungsquadraten (BQ)

Hinsichtlich der Kronendach-Rauigkeit sind die Waldbestände der Bewertungsquadrate überwiegend in die Stufe 1 „sehr glatt“ eingeordnet, die Maximalwerte gehen gerade knapp über 2 „glatt“. Insgesamt treten nur bei 3 der Bewertungsquadrate Werte über 1 auf. Es sind dies die Bewertungsquadrate mit nennenswerten Anteilen mehrerer verschiedener natürlicher Alterstufen. Auch die Bewertung der Kronenschluss-Rauigkeit bewegt sich überwiegend im als glatt bezeichneten Bereich. Erst im Jahr 2005 steigert sich die Kronenschluss-Rauigkeit in dem durchforsteten Teil des Baumholzes auf Werte zwischen 2 und 4. Von den

Bewertungsquadraten wurden 5 in den als „mittel rau“ , 2 in den als „rau“ charakterisierten Bereich eingeordnet. Für die geschlossenen Stangenhölzer ergeben sich durchweg Werte um 1.

Insgesamt weisen die Waldbestände des Interpretationsgebietes geringe Rauigkeitswerte auf. In der Entwicklung ändert sich die Kronendach-Rauigkeit so gut wie nicht. In 22 der Bewertungsquadrate wird sie in allen Jahren gleich mit 1 bewertet. In den verbleibenden 3 Bewertungsquadraten treten unterschiedliche Werte zwischen 1,4 und 2,1 auf. Für die Kronenschluss-Rauigkeit ergeben sich in allen Bewertungsquadraten zwischen den Befliegungen 1992 und 1999 nur geringe ungerichtete Unterschiede. Zum Jahr 2005 hin steigt die Kronenschluss-Rauigkeit in 16 der Bewertungsquadrate um mehr als 0,5 Punkte an, in 3 Fällen sogar um über 2 Punkte.

Bestandesschadstufe :

Jahr	0	1	2	3
1992	19	6	-	-
1999	23	2	-	-
2005	5	14	6	-

Tab. 212.8: Buche 212 Neuhäusel, Anzahl der Bewertungsquadrate in den Bestandesschadstufen (nach HEIDINGSFELD 1993); **0** : Anteil deutlich geschädigter Bäume unter 30 %; **1** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 30 % bis unter 60 %; **2** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 60 % bis unter 90 %; **3** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 90 % oder höher

Durch die Kronenschäden sind vor allem die Altbestände betroffen. 1992 sind bereits etliche der Bäume betroffen, in sechs der Bewertungsquadraten übersteigt der Anteil deutlicher Schäden die 30 % Grenze. Zu 1999 hin verbesserte sich der Kronenzustand etwas, doch in 2005 waren dann deutliche Kronenschäden festzustellen. Sämtliche Altholz-Bereiche sind geschädigt, etliche stark.

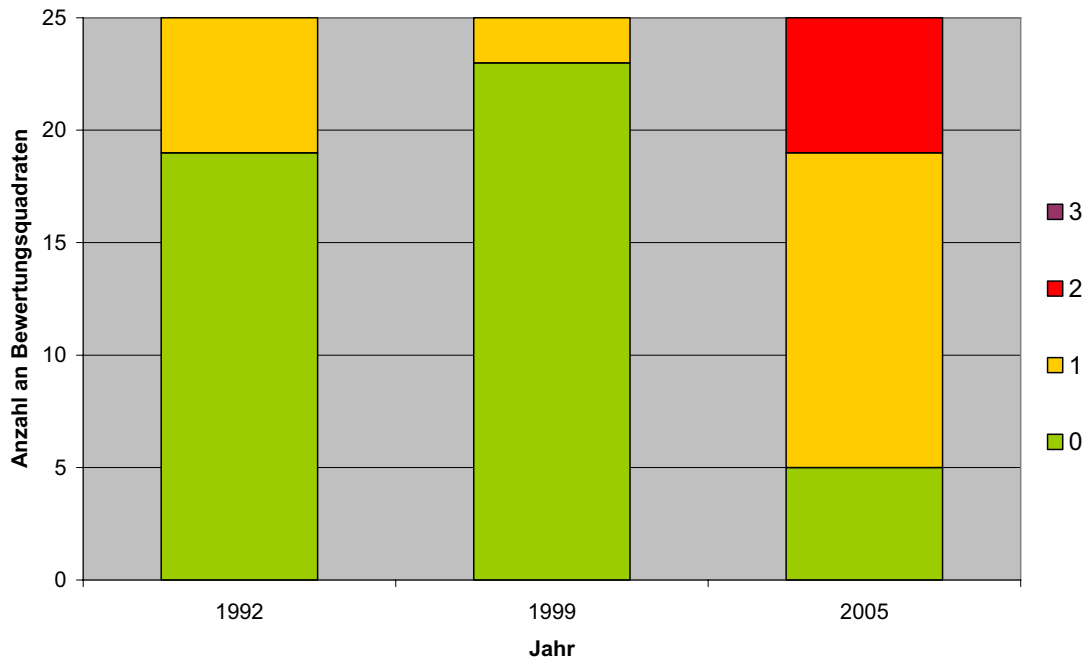


Abb. 212.7: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Bestandesschadstufen (vergleiche Tab. 212.8) in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Totholz :

Jahr	BQ mit Totholz	Totholzmenge		
		vereinzelt	3 - 5 Bäume / ha	häufiger
1992	4	4	-	-
1999	5	2	1	2
2005	4	4	-	-

Tab. 212.9: Buche 212 Neuhäusel, flächige Bewertung des stehenden Totholzes in den Bewertungsquadraten (BQ)

In den betrachteten Jahren treten auf 25 ha stehende tote Bäume nur vereinzelt auf. 18 der Bewertungsquadrate bleiben in allen betrachteten Jahren ohne stehendes Totholz, nur im Jahr 1999 sind in 3 der Bewertungsquadrate mehrere Totholz-Bäume zu finden.

Jahr	Anzahl	Alt	Jung	Zersetzungsgrad			
				0,5	1	2	3
1992	6	0	6	0	0	6	0
1999	28	1	27	0	2	26	0
2005	5	1	4	0	0	5	3

Tab. 212.10: Buche 212 Neuhäusel, stehendes Totholz im Interpretationsgebiet.
Alt: ab angehendem Baumholz, auch Zwischenständer; **Jung:** bis Stangenholz.
Zersetzungsgrad: **0,5** absterbend (Blattverlust ~ 95 %) oder Teilkrone abgestorben, **1** frisch abgestorben, Blattreste noch vorhanden; **2** beginnende Zersetzung, Fein- oder Grobreisig noch vorhanden; **3** fortgeschrittene Zersetzung, Äste, Grobäste oder Stammrest erkennbar

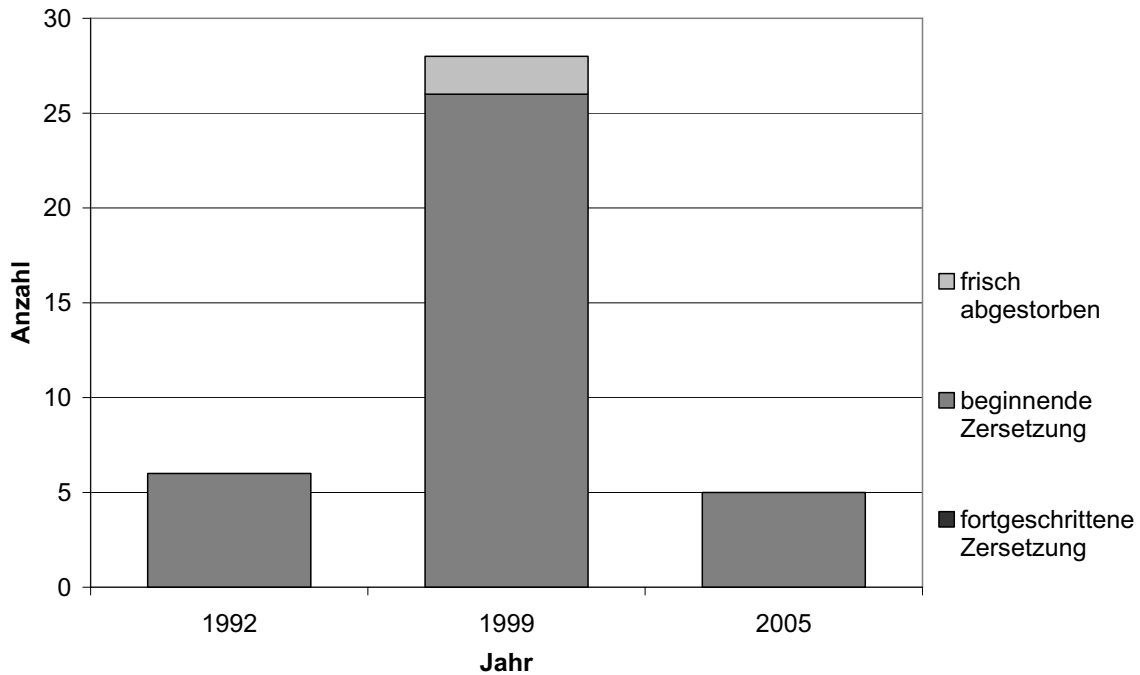


Abb. 212.8: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Anzahl stehender Totholz-Bäume und ihr Zersetzungsgrad im Interpretationsgebiet

Bei den vorgefundenen Totholz-Bäumen handelte es sich fast ausschließlich um Bäume in den Stangenholz-Bereichen, also um kleinere Bäume in einer Altersstufe mit schnellem Wachstum. Es wundert daher nicht, dass in der multitemporalen Aufnahme festzustellen war, dass die Totholz-Bäume nur im jeweils aktuellen Bildflug zu erkennen waren, ja selbst Totholz-Bäume mit fortgeschrittener Zersetzung nicht vorgefunden wurden. In den Zeitintervallen von 6 bis 7 Jahren zwischen den Bildflug-Jahrgängen darf erwartet werden, dass ein stehender toter Baum in dieser Altersklasse zusammenbricht oder überwachsen wird, mithin im Luftbild nicht erkennbar bleibt. Es sind, insbesondere in dem Buchen-Stangenholzbereich, immer stehende tote Bäume vorhanden, doch bleiben diese nicht über die hier betrachteten Zeiträume erhalten, sondern entstehen immer wieder neu.

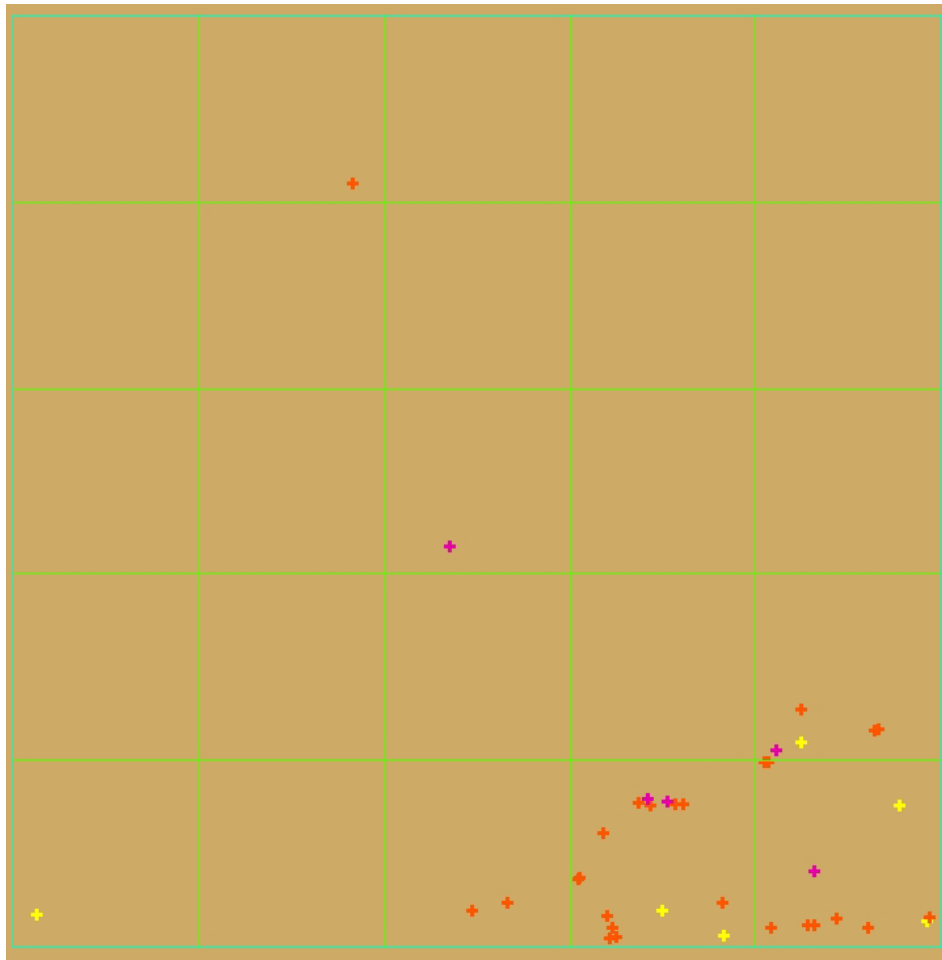


Abb. 212.9: Buche 212 Neuhäusel, Interpretationsraster und Entwicklung der stehenden Totholz-Bäume 1992 gelb, 1999 rot, 2005 violett

Waldrandstrukturen :

Von den Bewertungsquadraten weisen 6 durchgängig Waldrandstrukturen auf. In einem Bereich hatte sich nach 1999 die Höhendifferenz ausgewachsen, neue Ränder entstanden nicht.

Die Linien der digitalisierten Waldinnenränder liegen sehr genau übereinander. Dominant und über die Zeit unverändert ist der, überwiegend längs eines Waldweges laufende, Rand des Baumholzes. Die Exposition ist durchweg südlich, der Verlauf eckig bis geradlinig, die beteiligten Arten entsprechen dem Baumholzbestand und die Stufigkeit ist, soweit erkennbar, steil mit meist nicht zum Boden reichender Beastung. Im Jahr 1992 war noch ein nördlich exponierter Rand zwischen dem Buchen-Stangenholz und den Nadelbaum-Jungwuchs oder Dichtung erkennbar. Bis auf kleine Reste verschwand die Höhendifferenz bis 1999. Zu einer Lücke hin bildete sich dagegen ein nordöstlich exponiertes Waldrandstück von 1992 bis 2005 immer deutlicher aus.

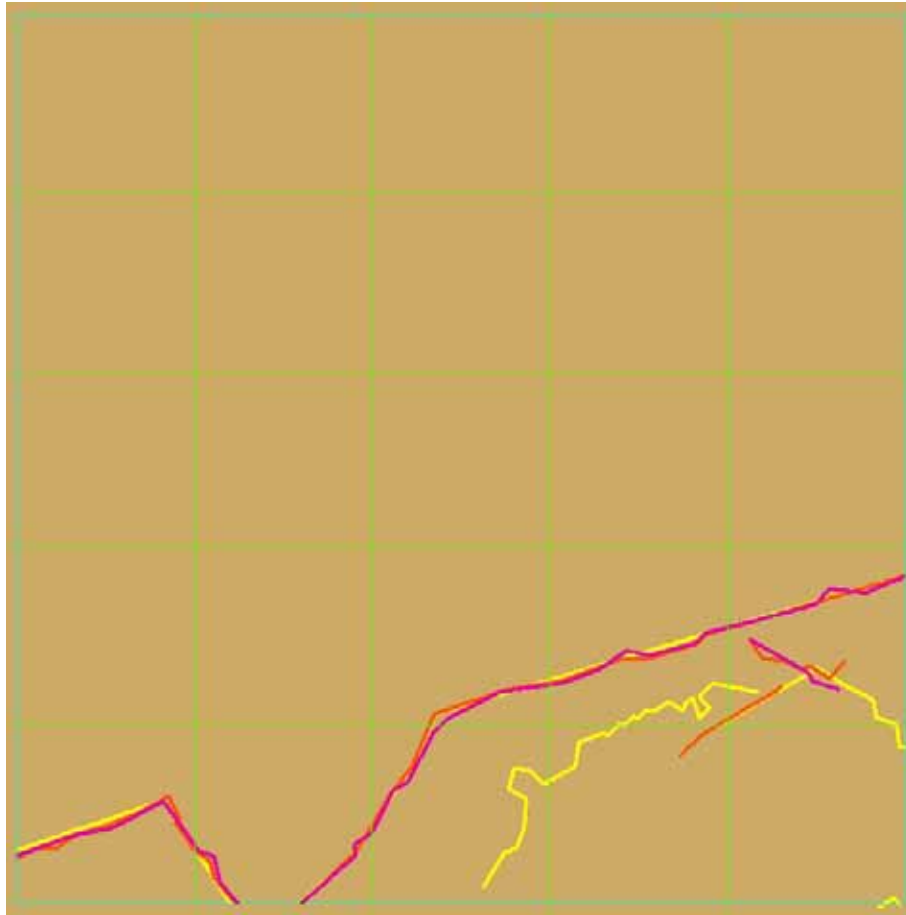


Abb. 212.10: Buche 212 Neuhäusel, Interpretationsraster und Entwicklung der Waldränder 1992 gelb, 1999 rot, 2005 violett

Jahr	BQ mit Randstruktur	Gesamtlänge [m]	Gesamtlänge Shape [m]
1992	8	830	1024
1999	6	585	713
2005	6	595	636

Tab. 212.11: Buche 212 Neuhäusel, Waldrandstrukturen im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Interpretation nach Bewertungsquadraten (BQ) und Digitalisierung als eigenes Shape

Die Gesamtlänge der Randstrukturen wird bei der Schätzung nach Bewertungsquadraten im Vergleich zur digitalisierten Länge merklich unterschätzt.

Entwicklungsphasen :

Jahr	OP		AP		ZP		VP		PP		JP		SP	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1992	23	82,2	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9,4	3	8,4
1999	23	81,4	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9,0	4	9,6
2005	14	45,0	18	36,4	-	-	-	-	-	-	-	-	8	18,6

Tab. 212.12: Buche 212 Neuhäusel, Vorkommen der Entwicklungsphasen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %: **OP** Optimalphase; **AP** Altersphase; **ZP** Zerfallsphase; **VP** Verjüngungsphase; **PP** Plenterphase; **JP** Jungwuchsphase; **SP** Stangenholzphase (nach LEIBUNDGUT H. 1982)

Über den betrachteten Zeitraum verändern sich die der Stangenholzphase zugeordneten Waldbestände nicht in der Weise, dass die Zuordnung anders ausfallen müsste. Die Jungwuchsphase geht zwischen 1999 und 2005 in die Stangenholzphase über. Die Baumhölzer befinden sich in der Optimalphase. Von 1999 zu 2005 wurde ein Teilbereich der Baumhölzer durchforstet und dabei aufgelichtet, diese Bereiche sind der Altersphase vergleichbar.

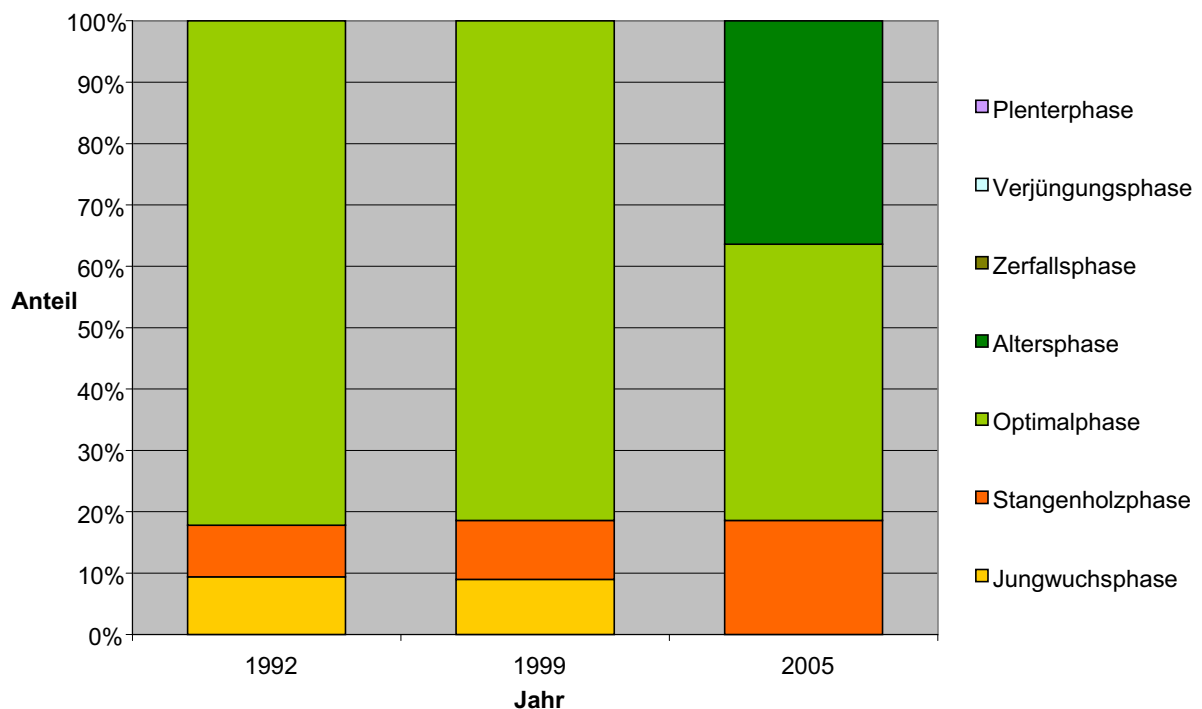
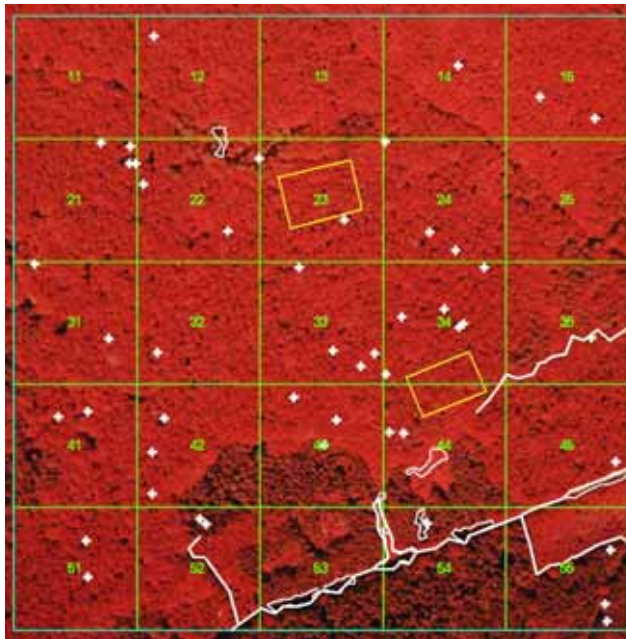
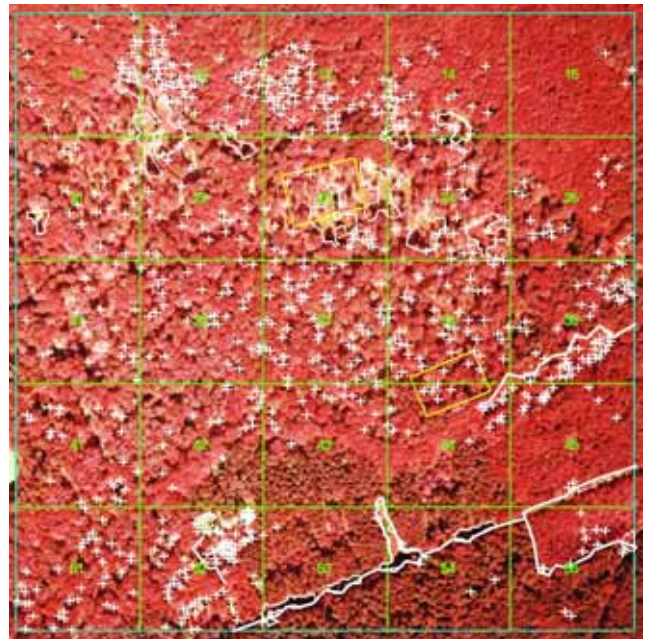


Abb. 212.11: Buche 212 Neuhäusel, Entwicklung der Verteilung der Entwicklungsphasen (vergleiche Tab. 212.12) im Interpretationsgebiet

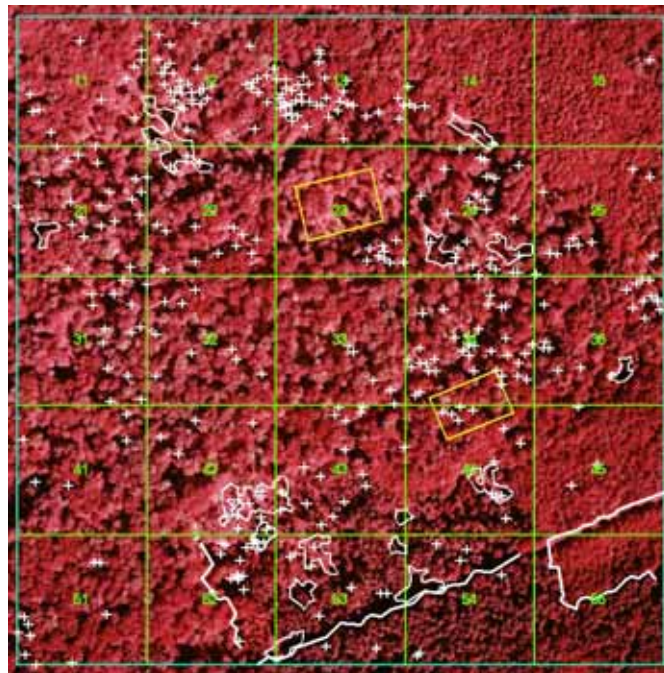
Ergebnisse für die Fläche Eiche 408 Schaidt



1992



1997



2005

Abb. 408.1: Eiche 408 Schaidt, Zeitreihe der Color-Infrarot-Orthobilder (eingenordet) mit dem Interpretationsraster (grün), den Dauerbeobachtungsflächen Kronenzustand (gelb) und den digitalisierten stehenden Totholz-Bäumen (Kreuz), Waldrandlinien (fette Linie) und Lücken (dünne Linie).

Die Serie der Orthobilder gibt einen ersten Überblick über die ausgewertete Fläche und ihre Entwicklung von 1992 bis 2005. Es zeigt sich ein Laubwaldgebiet mit südlich angrenzenden Nadel-Beständen. Es ist offensichtlich, dass etliche der im Interpretationsgebiet zu erhebenden Strukturmerkmale nicht in den Dauerbeobachtungsflächen Kronenzustand (DBF) selbst zu finden sind. Lücken und Waldrandstrukturen wurden bei der Anlage der DBF (zunächst nur Nr. 408, die nördliche) gezielt ausgespart. Auch wurde die DBF in einem Bestandesteil ohne hauptständige Mischbaumarten gelegt. Totholz-Bäume sind im Jahr 1992 im Bereich der DBF nicht vorhanden. In der Entwicklung bis zum Jahr 1997 entstand in DBF Nr. 408 eine Lücke und etliche Bäume starben ab. Da das Hauptziel der DBF die Beobachtung der Entwicklung der hauptständigen Bäume des Waldbestandes ist, wurde die in der DBF verbliebene Anzahl an Prohebäumen als nicht mehr ausreichend angesehen. Im Jahr 2000 wurde daher die südliche DBF Nr. 409 als Ersatzfläche neu angelegt. Hierfür wurde ein noch möglichst geschlossener, Eichen-dominierter Bestandesteil gewählt, der weder Waldrandstrukturen noch Lücken aufweist. Doch sind auch in diesem Bestandesteil etliche Bäume abgestorben, wie die Aufnahme der Totholz-Bäume 1997 zeigt. Zum Teil sind diese Totholz-Bäume noch im Jahr 2005 vorhanden.

In der Übersicht wird die dramatische Entwicklung des Untersuchungsbestandes deutlich. In Folge einer Schwammspinnerkalamität wurden bis zum Jahr 1997 sehr viele Bäume entnommen, so dass etliche Lücken entstanden, in denen auch die Mittelschicht keinen Ersatzbestand bildet. Es ist eine extrem hohe Zahl an Totholz-Bäumen festzustellen. Der Deckungsgrad ist deutlich abgesenkt. Der ehemals geschlossene Bestand hat sich in weiten Teilen aufgelöst. Auch im Jahr 2005 sind etliche Lücken vorhanden und viele Totholz-Bäume zu beobachten. Der Deckungsgrad bleibt auf den Niveau von 1997.

Waldrandstrukturen zwischen alten und jüngeren Bestandesteilen verlaufen nur im südöstlichen Teil des Interpretationsgebietes. Sie sind recht stabil, in einem Bereich verwachsen sich die Höhendifferenzen und der Waldinnenrand geht in normale Höhendifferenzierung des Bestandesdaches über.

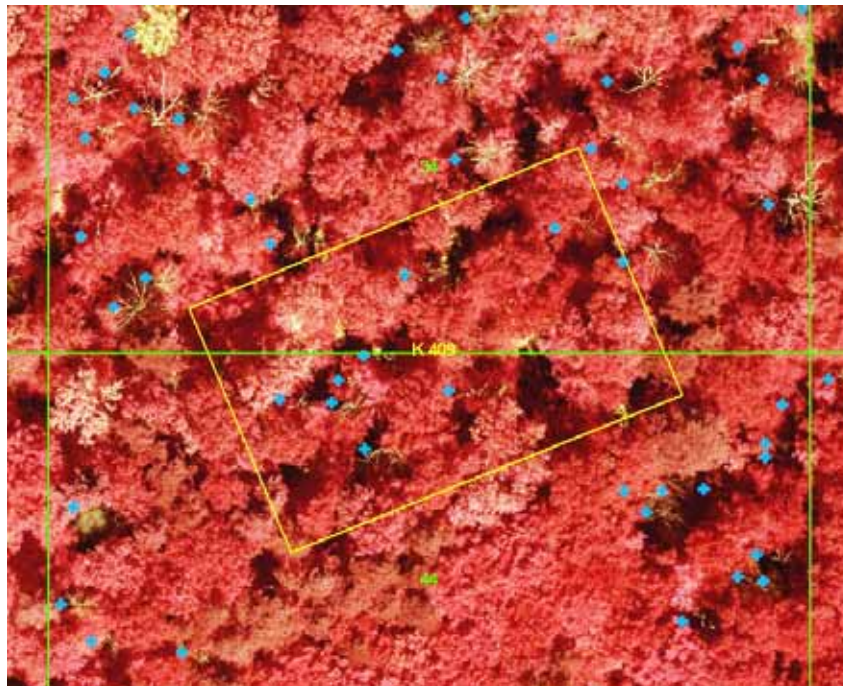
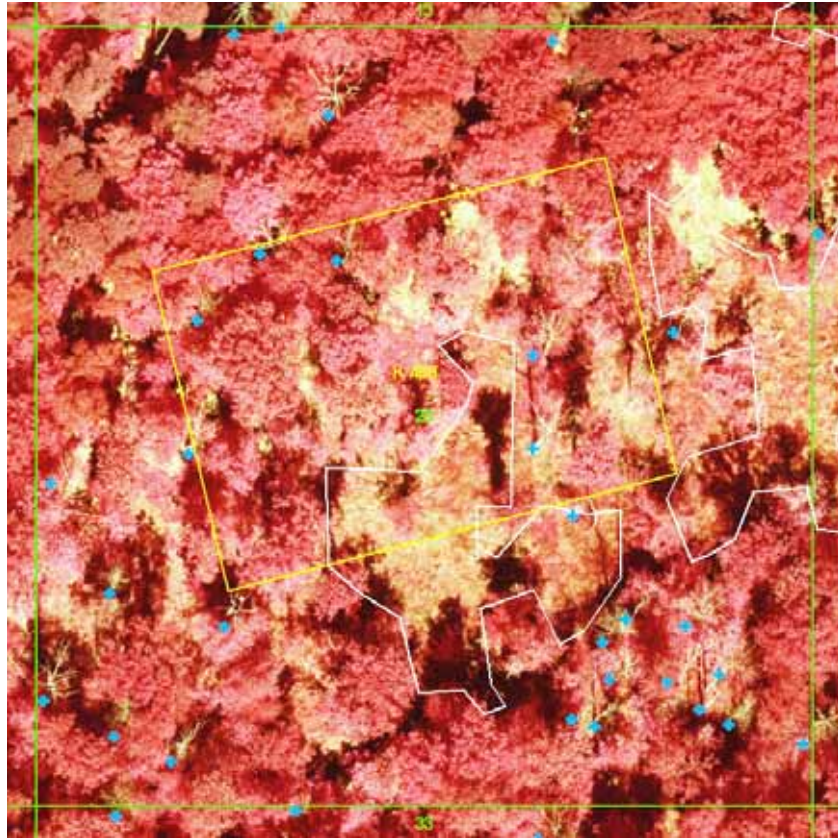


Abb. 408.2: Eiche 408 Schaidt, die Dauerbeobachtungsfläche Kronenzustand (gelb) Nr. 408 (oben) und die im Jahr 2000 angelegte Ersatzfläche Nr. 409 (unten) vor dem Color-Infrarot-Orthobild des Jahres 1997 mit dem Interpretationsraster (grün) und den digitalisierten stehenden Totholz-Bäumen (Kreuz) und Lücken (weiße Linie) von 1997.

Landnutzung und Waldanteil :

Die Dauerbeobachtungsfläche liegt in einem geschlossenen Waldgebiet, auch das willkürlich festgelegte Interpretationsgebiet (500 x 500 m²) greift nicht über die Waldgrenze hinaus. Das gesamte Interpretationsgebiet ist von 1992 bis 2005 zu 100 % mit Wald bedeckt.

Lücken :

Jahr	BQ mit Lücken	Anzahl geschätzt	Flächenanteil [%]	Gesamtfläche [ha]	Anzahl im Shape	Gesamtfläche Shape [ha]
1992	5	9	1,4	0,350	8	0,199
1997	10	16	4,0	1,000	15	0,683
2005	11	16	3,4	0,840	15	0,575

Tab. 408.1: Eiche 408 Schaidt, Lücken im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Schätzung nach Bewertungsquadraten (**BQ**) und Digitalisierung als eigenes Shape.

Es wurden im Jahr 1992 nur wenige kleinere Lücken vorgefunden. Die meisten ziehen sich konzentriert im Südosten des Interpretationsgebietes längs eines Waldweges und einer Schneise. Bis zum Jahr 1997 entstanden etliche, auch größere Lücken im nördlichen Bereich der Untersuchungsbestandes. Einige dieser Lücken verschwanden wieder bis zum Jahr 2005, dafür entstanden etliche neue im südlichen Bereich des Interpretationsgebietes.

Die größte Lücke wurde mit 1566 m² ausdigitalisiert, die kleinste mit 103 m². Viele der Lücken sind zwischen 100 bis 300 m² groß, einige aber auch um 500 m² oder größer. Insgesamt nehmen die Lücken nur einen geringen Flächenanteil ein. Ausdigitalisiert sind es auch im Jahr 1997 nur knapp 3 %. Die Schätzung als Flächenanteil zu 5 % Stufen in den einzelnen Bewertungsquadraten ergibt 1 bis 4 % umgerechnet auf die Gesamtfläche. Die Zahl der Lücken liegt nach beiden Verfahren unter einem Stück pro Hektar. Es handelt sich also, trotz der Auflösungserscheinungen, auch in den Jahren 1997 und 2005 um ein Waldgebiet mit weitgehend geschlossenem Waldbestand, obgleich dieser zu großen Teilen durch Bäume der ehemaligen Mittelschicht gebildet wird, während der ehemalige Hauptbestand nur noch geringe Bestockungsgrade aufweist.

In dem betrachteten Zeitraum sind bei den Lücken verschiedenste Dynamiken zu beobachten. Zwei der Lücken sind durchgehend von 1992 bis 2005 zu erkennen. Beide sind durch einen Waldweg geprägt.

Einige der Lücken waren nur in einem der Bildflug-Jahrgänge zu sehen, etliche jedoch in zweien. Die Bodensicht war meist gut, nur in einem Fall durch Schatten verwehrt, in allen Lücken bis auf zweien war Bodenvegetation erkennbar.

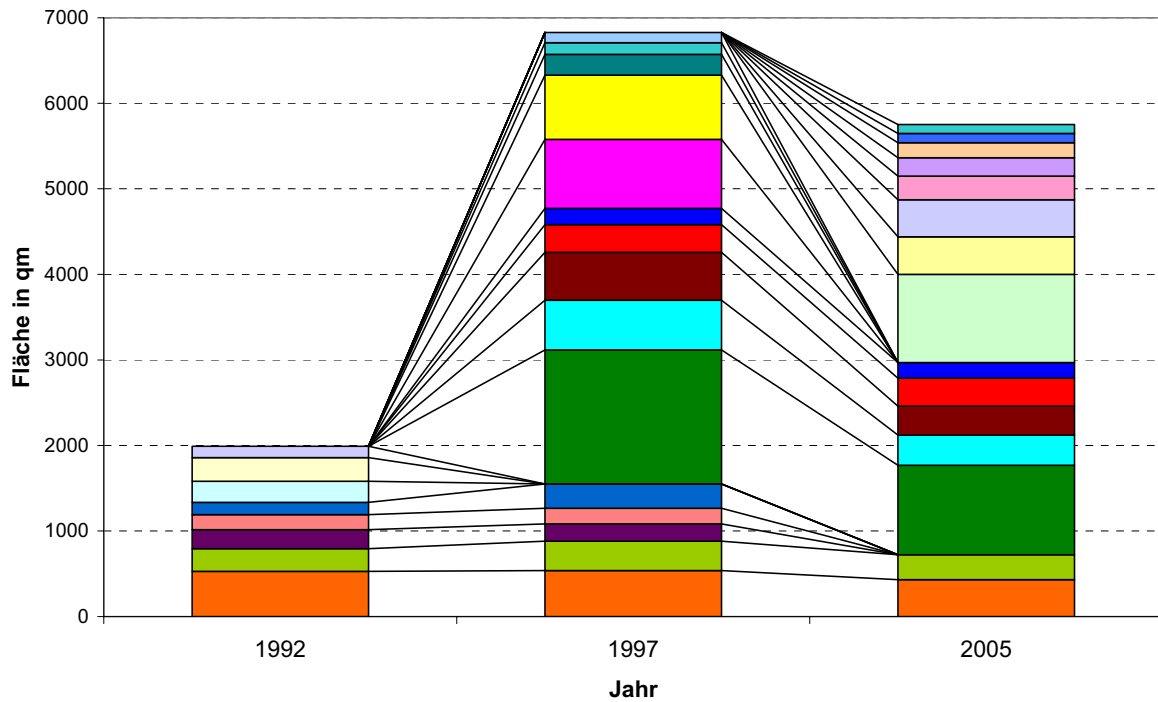


Abb. 408.3: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der einzelnen Lücken (jede in eigener Farbe dargestellt) im Interpretationsgebiet

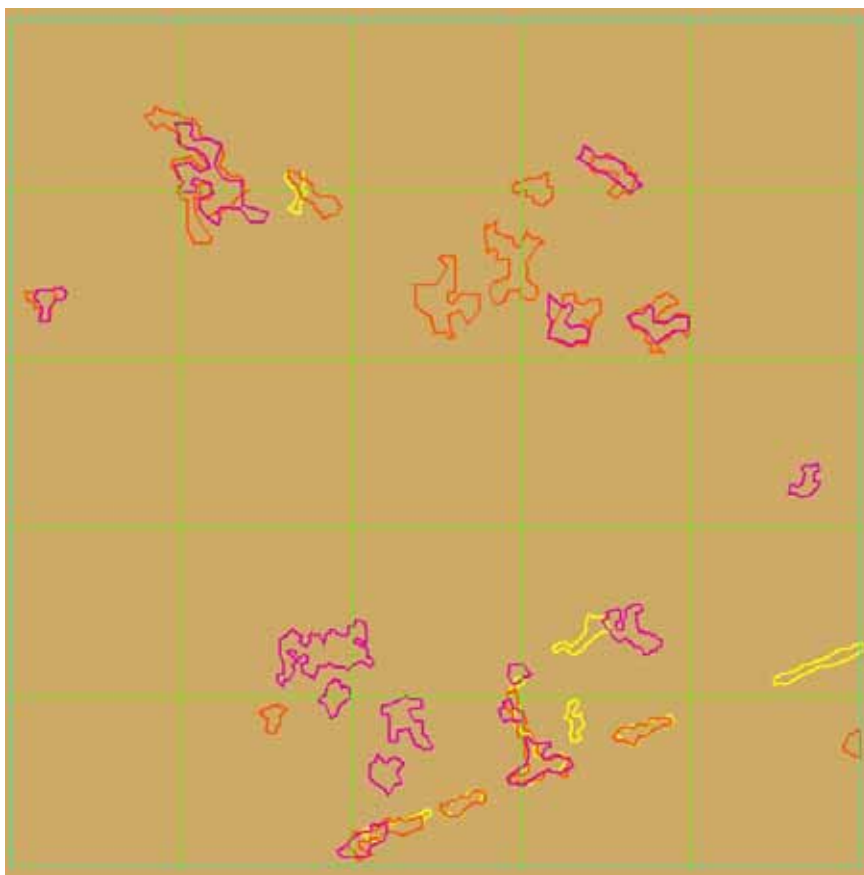


Abb. 408.4: Eiche 408 Schaidt, Interpretationsraster und Entwicklung der Lücken 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Lineare Zerschneidung des Kronendaches :

Jahr	BQ unzerschnitten	BQ zerschnitten	schwach zerschnitten	stark zerschnitten
1992	20	5	4	1
1997	18	7	7	0
2005	20	5	5	0

Tab. 408.2: Eiche 408 Schaidt, Zerschneidung des Kronendachs der Bewertungsquadraten (**BQ**)

Das Kronendach des Interpretationsgebietes ist nur wenig zerschnitten, von 1992 bis 2005 ändert sich daran wenig. Über die Zerschneidung am Boden ist keine Aussage möglich, das vorhandene Wegenetz blieb in diesem Zeitraum unverändert. Entscheidend ist der im Südwesten des Interpretationsgebietes verlaufende Waldweg, der durchweg zu einer Unterbrechung des Kronenschlusses führt, während andere sichtbare oder bekannte Waldwege den Kronenschluss nicht so unterbrechen, das es zu einer Zerschneidung führt.

Deckungsgrad ohne Lücken :

Jahr	arithmet. Mittel	Median	Minima	Maxima
1992	85	85	75	95
1997	71	70	50	90
2005	72	70	40	90

Tab. 408.3: Eiche 408 Schaidt, Übershirmungsgrad des Oberstandes ohne Lücken in Prozent im Interpretationsgebiet, Mittelwerte, Maxima und Minima der Bewertungsquadrate (**BQ**)

Im Jahr 1992 ist der Deckungsgrad im Interpretationsgebiet mit 80 bis 90 % recht hoch. In 16 der Bewertungsquadrate ist der Deckungsgrad bis zum Jahr 1997 um mindestens 10 Prozentpunkte abgesunken, in einigen sogar um 30 Prozentpunkte. Die Werte liegen hier jetzt im Bereich von 60 bis 75 %. Zwischen 1997 und 2005 veränderte sich der Deckungsgrad weniger stark und ungerichtet. In den nordwestlichen und südwestlichen Teilen des Interpretationsgebietes blieb der Deckungsgrad unverändert hoch oder stieg vereinzelt noch an.

Das absolute Minima von 40 % wird in dem Bewertungsquadrat erreicht, in welchem die DBF 408 liegt, hier sind zwischen 1992 und 1997 etliche Bäume ausgefallen.

Baumarten- und Altersstufenzusammensetzung, Schichtung :

Das Interpretationsgebiet wird von einem Eichen-Mischwald geprägt. In der Luftbildinterpretation sind Buche, Esche, Birke und Erle als beigemischte Laubbaumarten, an Nadelbäumen Kiefer, Fichte und Douglasie zu erkennen. In vielen Bewertungsquadraten ist ein Unterstand aus Laubbäumen sichtbar. Aus Begängen vor Ort ist bekannt, dass auf dieser Fläche auch noch andere Baumarten, z.B. Ulme und Strobe, vorkommen und der Unterstand überwiegend aus Hainbuche besteht. Es konnten nicht alle Baumarten im CIR-Luftbild mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden. Auf dieser Fläche kommen vergleichsweise viele Baumarten vor, die Differenzierung ist auch in den Baumholz-Beständen nicht immer machbar. Die Einschätzung der Baumartenanteile und ihrer Verteilung anhand der

Überschirmungsfläche ist daher nur eingeschränkt möglich. Eine Nacherhebung der nicht bestimmten Baumarten vor Ort wäre nur mit erheblichem Mehraufwand möglich.

Von den Ausfällen war vornehmlich die Eiche betroffen, die Baumartenverteilung hat sich daher in einigen Bewertungsquadraten zugunsten der Mischbaumarten verschoben. In einem Bereich starben aber auch die Fichten ab und verschwanden bis 2005 zum Teil vollständig. In den Laubholzbereichen ergaben sich zwischen den Bildflug-Jahrgängen auch Verschiebungen durch die unterschiedlich gute Erkennbarkeit der Eschen, Erlen und Birken. Im nordöstlichen Bereiche des Interpretationsgebietes sind diese Baumarten bestandesbildend, die Flächenanteile lassen sich aber nicht gut abschätzen. Im südlichen Bereich dominiert Kiefern-Mischwald. In den Kiefern-Baumhölzern sind sowohl im Oberstand als auch in der Mittelschicht regelmäßig Fichte und einzelne Laubbäume beigemischt.

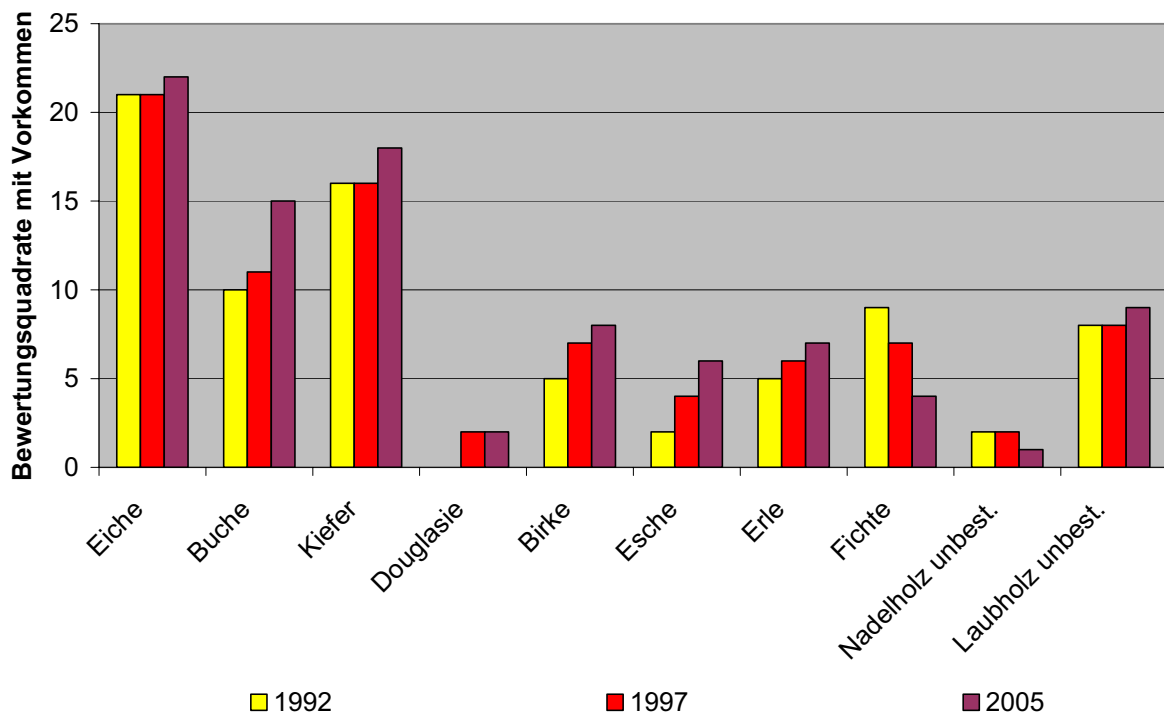


Abb. 408.5: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der Abundanz der Baumarten in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Jahr	Jungwuchs		Dickung		Stangenholz		angehendes Baumholz		Baumholz	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1992	0	0,0	3	1,6	7	13,4	8	15,2	23	69,8
1997	0	0,0	2	1,2	5	7,0	10	22,4	23	69,4
2005	1	0,2	1	0,6	3	2,2	13	26,4	24	70,6

Tab. 408.4: Eiche 408 Schaidt, Vorkommen der natürlichen Altersstufen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %

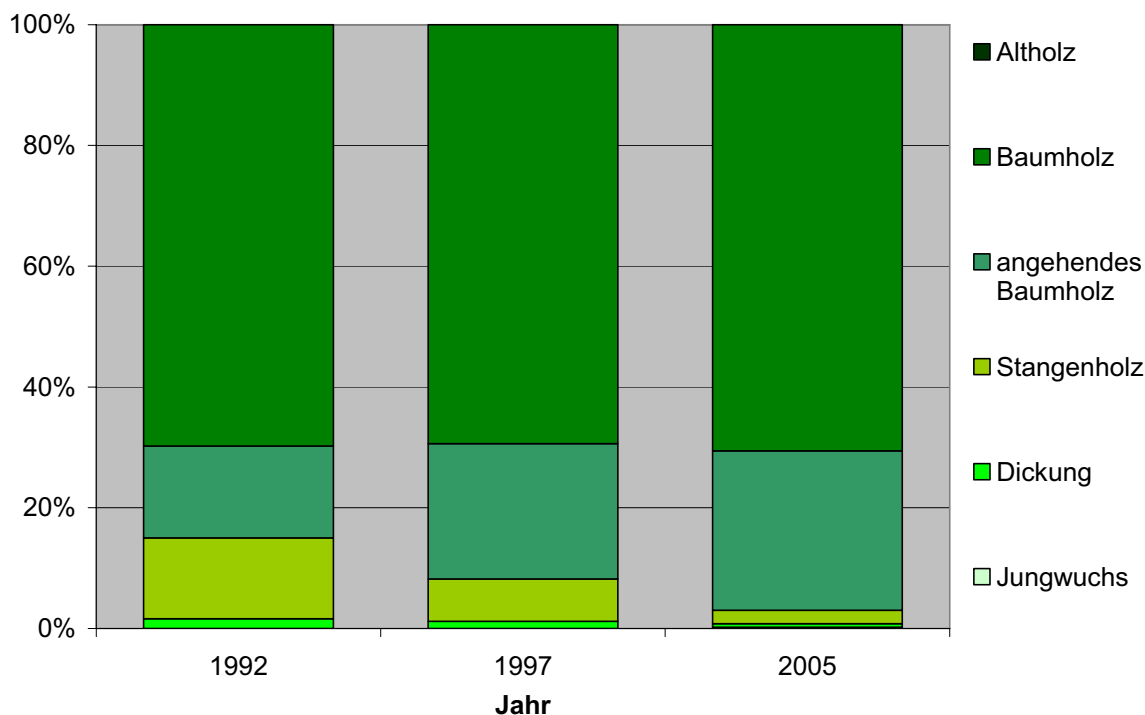


Abb. 408.6: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der Altersstufenverteilung im Interpretationsgebiet

Das Interpretationsgebiet wird von den höheren Altersstufen dominiert, die jüngeren sind nur mit geringen Anteilen vertreten, die bis zum Jahr 2005 weiter zurückgehen. 13 der Bewertungsquadrate sind reine Baumholz-Bestände, weitere 5 setzen sich aus angehenden Baumhölzern und Baumholz-Beständen zusammen. Ein Bewertungsquadrat wird im Jahr 1992 von einem Stangenholz-Bestand dominiert, welches sich im Jahr 1997 bereits zu einem angehenden Baumholz entwickelt hat. In nur zwei Bewertungsquadraten mischen sich drei Altersstufen in Anteilen von mehr als 10 %.

Über dem betrachteten Zeitraum bleiben die Altersstufen und ihre Verteilung in den einzelnen Bewertungsquadraten weitgehend unverändert, soweit nicht die natürliche Entwicklung zu einer höheren Altersstufe führt. In einigen Fällen führte die Auflösung eines Bestandesteiles zu Lücken, die nur eine der vorhandenen Altersstufen betrafen. Hierdurch kam es zu relativen Veränderungen in der Verteilung der Altersstufen. Auf diese Weise entstand auf einer minimalen Teilfläche auch eine neue Jungwuchsfläche. Die meisten der Dickungs- und Stangenholz-Fläche von 1992 waren bis 2005 eine Alterstufe höher einzuordnen.

Jahr	BQ nicht erkennbar	BQ einschichtig	BQ zweischichtig (Mittelschicht)	BQ kleinflächig gemischt
1992	10	3	12	0
1997	2	3	18	2
2005	0	3	22	0

Tab. 408.5: Eiche 408 Schaidt, Schichtung in den Bewertungsquadraten (BQ)

Gegenüber 1992 ist 1997 der Deckungsgrad merklich lichter geworden, die Zahl der Bewertungsquadrate in denen die Schichtung nicht erkennbar war, ist bis auf 2 zurückgegangen. In fünf Bewertungsquadraten wurde die Schichtung in den betrachteten Jahren unterschiedlich bewertet. Die Wälder des Interpretationsgebietes sind auf großer

Fläche zweischichtig mit Mittelschicht, 11 der Bewertungsquadrate wurden durchgängig so bewertet, fünf weitere ab dem Bildflugjahr 1997. Nur in einem Bewertungsquadrat wurde die Schichtung durchgängig als einschichtig bewertet.

Das gesamte Interpretationsgebiet ist uneinheitlich, grob lässt es sich in einen Laubmischwald (80 % Flächenanteil) mit einzelnen Gruppen von Nadelbäumen und am südlichen Rand einen Nadelmischwald (20 % Flächenanteil) mit einzelnen Laubbäumen einteilen. Der Laubmischwald ist von Eiche dominiert, in nordwestlichen Bereich stockt je ein von Erle, Esche und Birke dominierter Kleinbestand. Der Nadelmischwald ist von Kiefer dominiert. Für den Laub- wie auch Nadelmischwald sind Baumhölzer vorherrschend, doch kommen auch Stangenhölzer und Jungwuchsflächen vor. Die jüngeren Bestände konzentrieren sich im südlichen und südwestlichen Bereich des Interpretationsgebietes. Soweit erkennbar ist in den Baumhölzern eine Mittelschicht aus Laubbäumen, im von Kiefer dominierten Bereich auch Fichten, vorhanden.

Rauigkeit der Bestandesoberfläche :

Jahr	Kronendach-Rauigkeit				Kronenschluss-Rauigkeit			
	Mittel	Median	Min.	Max.	Mittel	Median	Min.	Max.
1992	1,2	1	1	2,2	2,0	1,8	1	3,9
1997	1,7	1,5	1	3,1	2,9	2,6	1,5	4,6
2005	1,4	1,5	1	2,3	2,9	2,6	1,4	4,2

Tab. 408.6: Eiche 408 Schaidt, Rauigkeit des Kronendachs und im Kronenschluss, arithmetisches Mittel, Median, Maxima und Minima des geschätzten Index in den Bewertungsquadraten (BQ)

Hinsichtlich der Kronendach-Rauigkeit sind die Waldbestände der Bewertungsquadrate im Jahr 1992 überwiegend in die Stufe 1 „sehr glatt“ eingeordnet, die Maximalwerte geht gerade knapp über 2 „glatt“. Im Jahr 1997 ist die Kronendach-Rauigkeit in vielen Bewertungsquadraten höher, die Mehrzahl der Flächen ist jetzt mit 1 bis 2 bewertet, etliche auch mit Werten über 2. In 2005 ist sie in einzelnen Bewertungsquadraten wieder etwas niedriger, bleibt insgesamt aber auf vergleichbarem Niveau.

Auch die Bewertung der Kronenschluss-Rauigkeit bewegt sich im Jahr 1992 überwiegend im als glatt bezeichneten Bereich, steigt zum Jahr 1997 hin an und verändert sich zu 2005 nur wenig und ungerichtet. Die Zahl der in den als „rau“ bezeichneten Bereich (Index-Werte von 3,5 und höher) eingeordneten Bewertungsquadrate steigt von 2 im Jahr 1992 auf 5 im Jahr 1997 und 9 im Jahr 2005 an. Die Kronenschluss-Rauigkeit weist für fast alle Bewertungsquadrate in allen Jahren merklich höhere Index - Werte auf als die Kronendach-Rauigkeit.

Insgesamt weisen die Waldbestände des Interpretationsgebietes im Jahr 1992 geringe Rauigkeitswerte (sehr glatt bis glatt) auf. Ab dem Jahr 1997 sind die Waldbestände des Interpretationsgebietes als mittel-rau zu bezeichnen. In 6 der Bewertungsquadrate wird die Kronendach-Rauigkeit in allen Jahren gleich mit 1 bewertet, die Kronenschluss-Rauigkeit nur in einem Bewertungsquadrat und nur im Jahr 1992. Von 1992 auf 1997 steigt die Kronenschluss-Rauigkeit in 21 der Bewertungsquadrate an, in 12 Fällen um mehr als 1 Punkt.

Bestandesschadstufe :

Jahr	0	1	2	3
1992	24	1	-	-
1997	10	6	9	-
2005	5	5	12	3

Tab. 408.7: Eiche 408 Schaidt, Anzahl der Bewertungsquadrate in den Bestandesschadstufen (nach HEIDINGSFELD 1993); **0** : Anteil deutlich geschädigter Bäume unter 30 %; **1** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 30 % bis unter 60 %; **2** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 60 % bis unter 90 %; **3** : Anteil deutlich geschädigter Bäume 90 % oder höher

Fast das gesamte Interpretationsgebiet war im Jahr 1995 durch eine Schwammspinnerkalamität betroffen. In deren Folge starb eine hohe Anzahl Bäume, insbesondere Eichen, ab (DELB 1999). Die Einschätzung der Bestandesschadstufe ist daher hier von der Vorgabe insofern abgewichen, als dass stehende tote Bäume (Bäume der Schadstufe 4) nicht in die Schätzung eingeflossen sind. Es wurde nur der verbleibende lebende Waldbestand als Grundlage für die Bestandesschadstufe genommen. Da die toten Bäume ohnehin gesondert erhoben wurden, sollte hier eine Aussage zum Kronenzustand der lebenden Bäume gewonnen werden. Im Jahr 1992 sind Kronenschäden erst sehr begrenzt zu beobachten, bis 1997 und 2005 nimmt die Schädigung der Baumkronen dann rasant zu. Sämtliche Baumholz-Bereiche sind geschädigt, etliche stark.

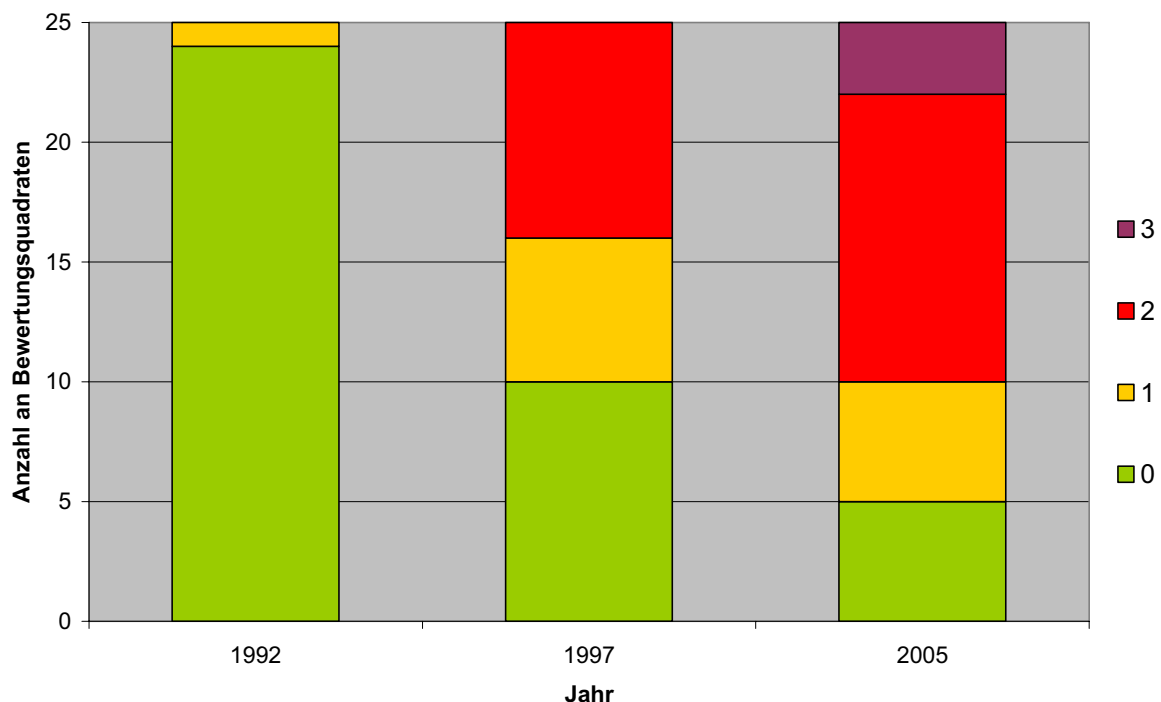


Abb. 408.7: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der Bestandesschadstufen (vergleiche Tab. 408.7) in den Bewertungsquadraten des Interpretationsgebietes

Totholz :

Jahr	BQ mit Totholz	Totholzmenge		
		vereinzelt	3 - 5 Bäume / ha	häufiger
1992	21	14	6	1
1997	25	1	3	21
2005	24	2	2	20

Tab. 408.8: Eiche 408 Schaidt, flächige Bewertung des stehenden Totholzes in den Bewertungsquadraten (BQ)

In den betrachteten Jahren sind stehende tote Bäume auf 25 ha stark verbreitet. Es gibt kein Bewertungsquadrat, in dem nicht in zwei der betrachteten Jahre stehendes Totholz zu finden ist. Selbst im Jahr 1992, noch vor der Schwammspinnerkalamität, ist stehendes Totholz weit verbreitet, wenn auch meist vereinzelt. Im Jahr 1997 und auch noch 2005 ist es zu einem prägenden Element dieser Fläche geworden.

Jahr	Anzahl	Alt	Jung	Zersetzungsgrad				
				0,5	1	2	3	4
1992	48	48	0	0	9	17	22	0
1997	801	694	107	0	18	401	367	15
2005	361	335	26	1	4	23	181	152

Tab. 408.9: Eiche 408 Schaidt, stehendes Totholz im Interpretationsgebiet.

Alt: ab angehendem Baumholz, auch Zwischenständer; **Jung:** bis Stangenholz.
Zersetzungsgrad: 0,5 absterbend (Blattverlust ~ 95 %) oder Teilkrone abgestorben, **1** frisch abgestorben, Blattreste noch vorhanden; **2** beginnende Zersetzung, Fein- oder Grobreisig noch vorhanden; **3** fortgeschrittene Zersetzung, Äste oder Grobäste erkennbar; **4** fortgeschrittene Zersetzung Stamm oder Stammrest erkennbar.

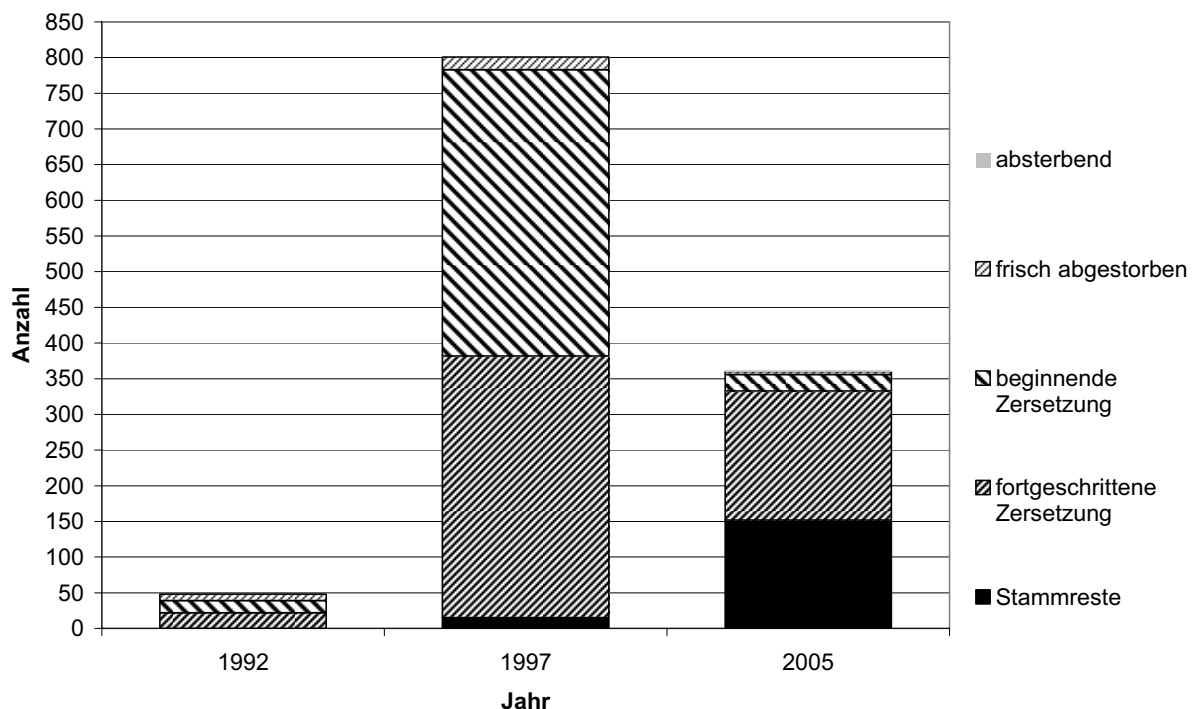


Abb. 408.8: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der Anzahl stehender Totholz-Bäume und ihr Zersetzungsgrad im Interpretationsgebiet

Bei den vorgefundenen Totholz-Bäumen handelte es sich vorwiegend um Bäume der Altersstufe Baumholz, aber auch in den Stangenholz-Bereichen sind sie zu finden, hier häufig geklumpt. Der Zersetzungsgrad ist weit gestreut, wegen der starken Auflichtung des Deckungsgrades sind im Jahr 1997 und 2005 auch zwischen- und unterständige Totholz-Bäume erkennbar und die bis auf den Stamm oder einen Stammrest zerfallenen Totholz-Bäume sind nicht von Nachbarbäumen verdeckt. Die Zersetzungsklasse Stamm / Stammrest wurde bei der Auswertung dieser Fläche neu gebildet und kommt nur hier vor. Nach der Schwammspinnerkalamität im Jahr 1995 war in 1997 eine enorme Anzahl an stehenden Totholz-Bäumen festzustellen, die zur Hälfte noch Fein- oder Grobreisig aufwiesen. Ein nicht ganz so großer Anteil wies noch Äste oder zumindest Grobäste auf. Eine erhebliche Zahl an Totholz-Bäumen war in mehreren Bildflug-Jahrgängen als identisch zu erkennen. Von 1992 auf 1997 blieben 7 (21 %) erhalten, meist in einem fortgeschritteneren Zersetzungsgrad, von 1997 auf 2005 waren es 254 Stück (32 %). Der überwiegende Anteil (68 %) der im Jahr 2005 beobachteten Totholz-Bäume stammt damit aus früheren Jahren. Auch auf dieser Fläche entstehen laufend neue Totholz-Bäume, doch bleiben sie hier auch, trotz der wirtschaftlichen Nutzung der Fläche, über längere Zeit erhalten.

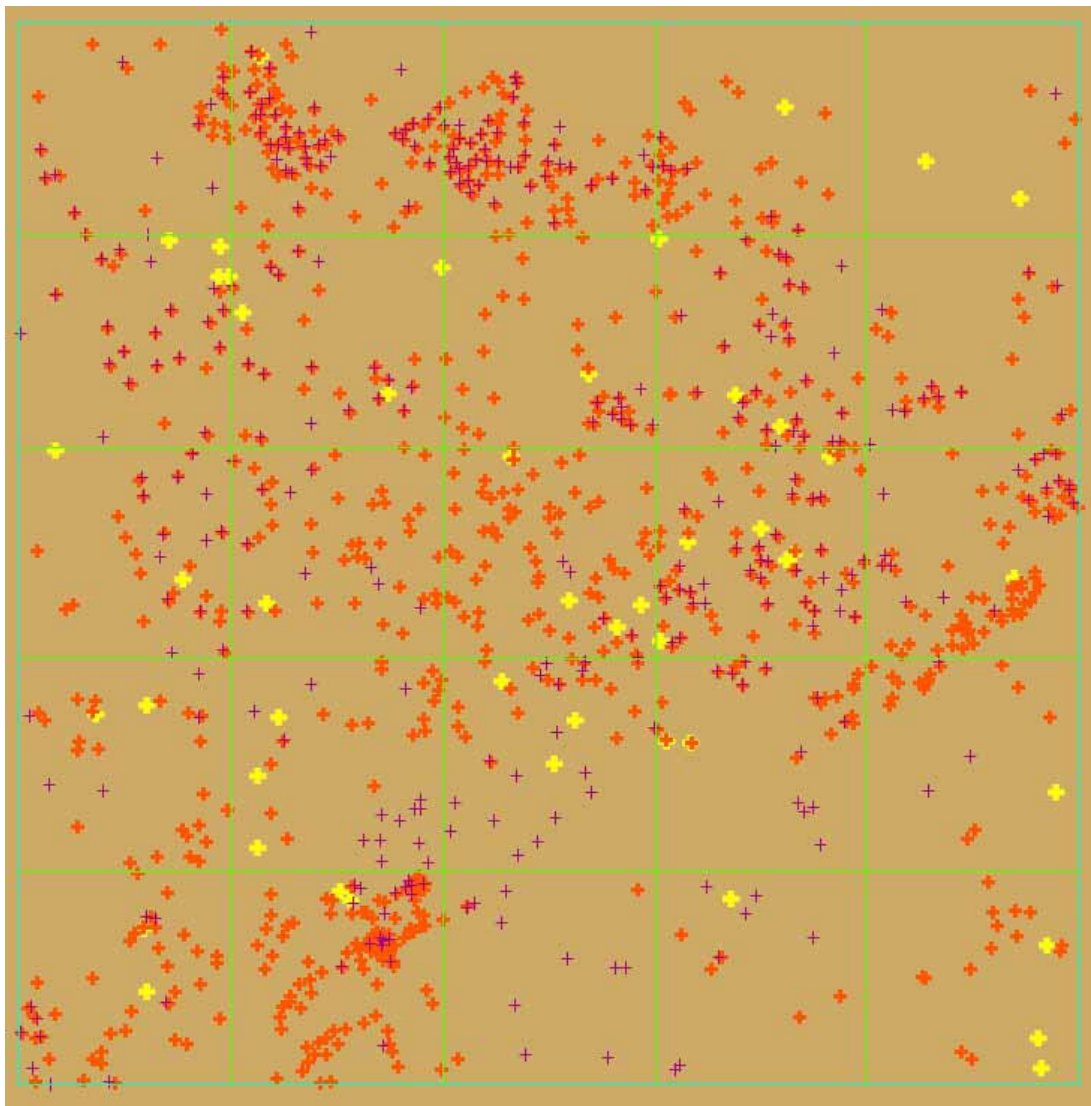


Abb. 408.9: Eiche 408 Schaidt, Interpretationsraster und Entwicklung der stehenden Totholz-Bäume 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Waldrandstrukturen :

Von den Bewertungsquadraten weisen 5 durchgängig Waldrandstrukturen auf. In einem Bereich hatte sich nach 1997 die Höhendifferenz ausgewachsen, in einem anderen eine Schneise soweit geschlossen, dass kein Waldrand mehr ausgewiesen wurde. Neue Ränder entstanden nicht. Die Linien der digitalisierten Waldinnenränder liegen sehr genau übereinander. Dominant und über die Zeit unverändert ist der, überwiegend längs eines Waldweges laufende, Rand des Baumholzes.

Die Exposition ist unterschiedlich, der Verlauf geradlinig oder eckig, die beteiligten Arten entsprechen dem Baumholzbestand, meist sind einzelne andere Arten beigemischt. Die Stufigkeit ist, soweit erkennbar, steil mit nicht zum Boden reichender Beastung.

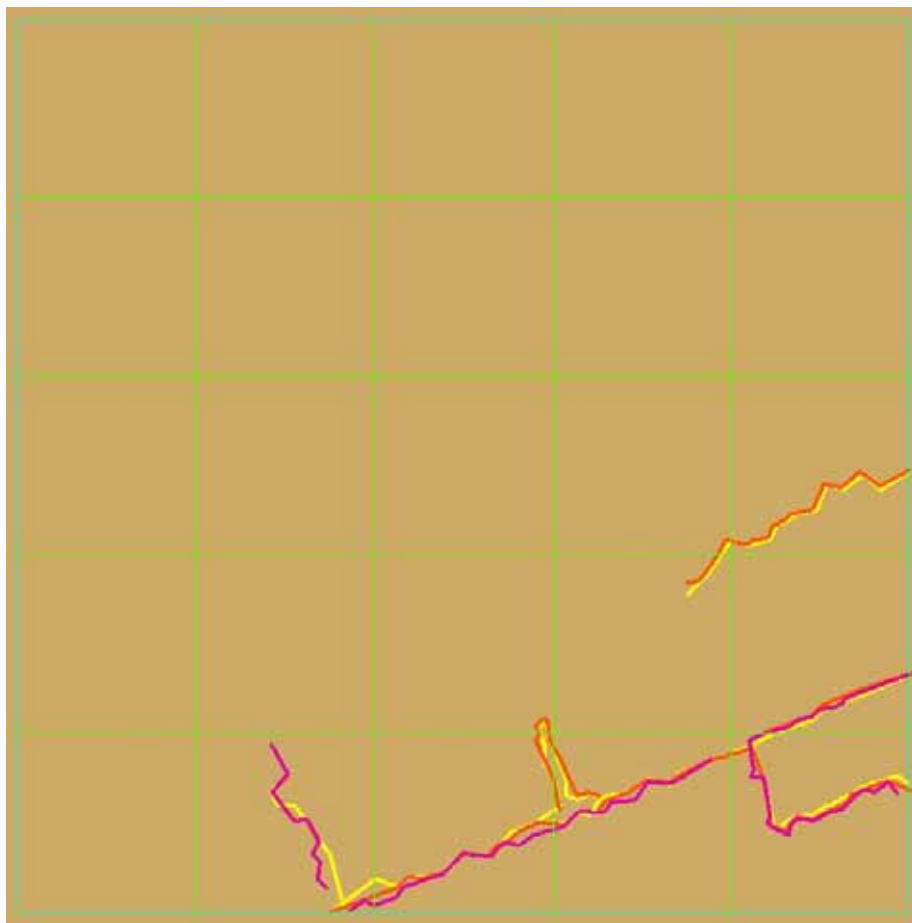


Abb. 408.10: Eiche 408 Schaidt, Interpretationsraster und Entwicklung der Waldränder 1992 gelb, 1997 rot, 2005 violett

Jahr	BQ mit Randstruktur	Gesamtlänge [m]	Gesamtlänge Shape [m]
1992	6	735	894
1997	7	710	847
2005	5	520	588

Tab. 408.10: Buche 408 Schaidt, Waldrandstrukturen im Interpretationsgebiet, flächenmäßige Interpretation nach Bewertungsquadraten (BQ) und Digitalisierung als eigenes Shape

Die Gesamtlänge der Randstrukturen wird bei der Schätzung nach Bewertungsquadraten im Vergleich zur digitalisierten Länge merklich unterschätzt.

Entwicklungsphasen :

Jahr	OP		AP		ZP		VP		PP		JP		SP	
	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%	BQ	%
1992	22	68,4	5	5,6	-	-	-	-	-	-	4	2,8	12	23,2
1997	10	18,8	15	25,2	17	35,2	-	-	-	-	4	2,8	10	18,0
2005	8	18,2	22	35,0	17	29,8	-	-	-	-	5	3,2	8	13,8

Tab. 408.11: Eiche 408 Schaidt, Vorkommen der Entwicklungsphasen in den Bewertungsquadraten (BQ) und geschätzter Anteil an der Gesamt-Schirmfläche im Interpretationsgebiet in %: **OP** Optimalphase; **AP** Altersphase; **ZP** Zerfallsphase; **VP** Verjüngungsphase; **PP** Plenterphase; **JP** Jungwuchsphase; **SP** Stangenholzphase (nach LEIBUNDGUT H. 1982)

Über den betrachteten Zeitraum kam es zu teilweise massiven Veränderungen im Gefüge der Waldbestände. Die Baumhölzer des Untersuchungsbestandes lösten sich teilweise auf und wanderten so von der Optimalphase in die Alters- oder Zerfallsphase. Aber auch einige der Nadelbaum-Stangenhölzer lösten sich auf und wanderten so direkt in die Zerfallsphase. Die nordöstlichen Bereiche des Interpretationsgebietes, mit von Erlen und Eschen dominierten angehenden Baumhölzern, blieben unverändert in der Optimalphase oder wuchsen von der späten Stangenholz- in die Optimalphase ein. Auch die südöstlichen Bereiche zeigen wenig Veränderungen.

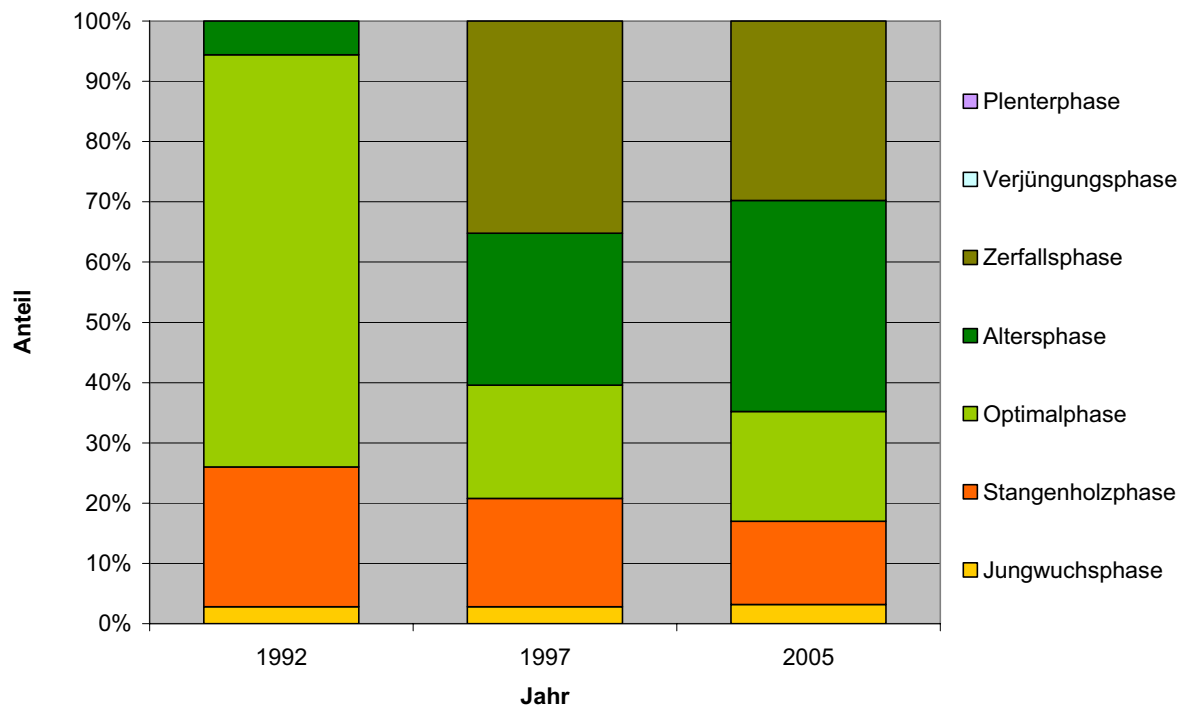


Abb. 408.11: Eiche 408 Schaidt, Entwicklung der Verteilung der Entwicklungsphasen (vergleiche Tab. 408.11) in im Interpretationsgebiet

Bewertung der erhobenen Parameter :

Die bewerteten Parameter wurden von der AFL (2003) speziell für die stereoskopische Luftbildauswertung nach ihrer Eignung ausgewählt und in einem Interpretationsschlüssel beschrieben. Der Interpretationsschlüssel hat sich für diese Auswertung bewährt, keiner der Parameter hat sich als ungeeignet erwiesen.

Landnutzung und Waldanteil:

Die tatsächliche Landnutzung innerhalb der Interpretationsgebiete ist schnell und einfach im Luftbild zu erheben. Für eine hinreichende Genauigkeit zur Klassifizierung der Landnutzungsart und Abschätzung der jeweiligen Flächenanteile sollte erfahrungsgemäß auch die monoskopische Auswertung im normalen Farb-Luftbild ausreichen. Die hier betrachteten Flächen liegen alle in geschlossenen Waldgebieten, auch Waldwiesen, Leitungstrassen oder Straßen wurden nicht von den 25 ha großen Interpretationsgebieten erfasst. Über die betrachteten Zeiträume waren keine Veränderungen in der Landnutzung festzustellen.

Lücken:

Lücken sind im Luftbild stereoskopisch sehr gut zu erkennen. In der monoskopischen Auswertung fehlt die Höheninformation zur Abgrenzung gut ausgeleuchteter Lücken mit Bodenvegetation, deren Reflektion der des umgebenden Waldbestandes ähnelt. In der Draufsicht ist der Flächenanteil der Lücken im Bezugsgebiet gut zu schätzen. Die Digitalisierung der Lücken des Bezugsgebietes als eigenes Charakteristikum ist relativ einfach und zügig umzusetzen.

Die Klassifizierung der Lücken ist von der Bodensicht im Luftbild abhängig, beschattete Bereiche lassen sich nur eingeschränkt bewerten. Hierbei hat sich gezeigt, dass die Auswertung der Original-Dias am optischen Stereoskop in Schattenbereichen mehr Informationen erkennen lassen, als die digitalisierten Bilder im StereoAnalyst. Ist Bodenvegetation vorhanden, kann diese zwar als solche erkannt, aber nicht näher differenziert werden. Für eine differenzierte Bewertung der Bodenvegetation sind Aufnahmen vor Ort nötig. Durch die Vorkartierung der Lücken aus einem möglichst aktuellen Luftbild lassen sich diese im Gelände gezielt aufsuchen.

Die Digitalisierung der Lücken als eigene Shapefile erlaubt eine wesentlich genauere Abschätzung ihres Flächenanteils im Bezugsgebiet, eine individuelle Klassifizierung ihrer Form und der Eigenschaften am Boden. Die Verfolgung ihrer individuellen Entwicklung in der Zeitreihe ist möglich. Die Visualisierung im GIS lässt die Verteilung der Lücken erkennen und macht eine Beschreibung überflüssig.

Auf allen drei betrachteten Flächen weisen die Lücken eine hohe Dynamik über den jeweils betrachteten Zeitraum auf. Es sind die verschiedensten Varianten der Veränderung zu beobachten.

Zerschneidung:

Für die Erkennbarkeit linearer Unterbrechungen des Kronendaches im Luftbild gilt entsprechendes wie für Lücken. Je nach Blickwinkel und Sonnenstand ist die Bodensicht in Lineamenten nicht immer möglich. Ob auch eine Zerschneidung am Waldboden vorliegt und wenn ja, welcher Art sie ist, kann im Luftbild nicht immer festgestellt werden. Diesem

Mangel kann durch einen mittelbaren Rückschluss aus Anordnung und Regelmäßigkeit der Linien (wie z.B. bei Rückegassen oder Seillinien), durch begleitende Information (wie z.B. einem Waldwege-GIS) oder Erhebungen vor Ort abgeholfen werden.

Ergänzungen durch ein Waldwege-GIS oder Erhebungen vor Ort bieten Aussagen zum jeweiligen Stichtag und beschränken sich so auf das hierzu am zeitnächsten aufgenommene Luftbild.

Nicht jede Zerschneidungslinie am Boden ist im Kronendach sichtbar, in Altbeständen ist über vielen Waldwegen Kronenschluss gegeben. Insbesondere in jüngeren Waldbeständen ist in der Zeitreihe eine Dynamik in den Zerschneidungslinien erkennbar, in Stangenhölzern werden Rückegassen angelegt, anfangs offene Waldwege oder Schneisen wachsen zu.

Informationen der Forsteinrichtung zum Waldwegenetz liegen in der Regel GIS-basiert vor und können in das Projekt übernommen werden. Sie bieten eine zuverlässige Aussage zur Zerschneidung am Waldboden. Im Luftbild wird die Zerschneidung des Kronendaches deutlich. Beide Aussagen ergänzen einander in idealer Weise und sind von unterschiedlicher qualitativer Bedeutung für den Habitatverbund oder für Grenzlinieneffekte.

Deckungsgrad:

Der Deckungsgrad ist für ein vorgegebenes Bezugsgebiet im Luftbild als Überschirmungsgrad in der Regel recht einfach einzuschätzen. Es bedarf aber der stereoskopischen Auswertung, wenn zwischen Oberstand und niedrigeren Schichten differenziert werden soll. Zudem wird die monoskopische Schätzung vom Sonnenstand bei der Aufnahme (Schattenwurf) beeinflusst

In der Zeitreihe weist der Deckungsgrad im betrachteten Zeitraum auf allen drei Flächen in nur wenigen Teilbereichen keine oder geringe in den meisten Teilbereichen dagegen eine deutliche Dynamik auf.

Schichtung:

Die Schichtung der Waldbestände ist im Luftbild nur erkennbar, wenn die Oberschicht nicht dicht geschlossen ist und wenn eine stereoskopische Auswertung vorgenommen wird.

Auf den untersuchten Level II-Flächen ist die Schichtung auf einen großen Flächenanteil erkennbar, aber nicht überall. Aussagen zu den nicht bewertbaren Teilflächen sind nur über ergänzende Informationen aus Waldbegängen möglich. In der Zeitreihe verändert sich die Schichtung in der Regel nicht, durch die auf allen drei Flächen in etlichen Teilgebieten aufgetretene Auflichtung der Oberschicht wurde aber die Schichtung besser erkennbar.

Baumarten und Altersstufen:

Die Interpretation der Baumarten im CIR-Luftbild ist immer mit gewissen Unsicherheiten behaftet, abhängig von Aufnahmezeitpunkt, Bildschärfe, Grundfarbton und Farbdifferenzierung. Durch die multitemporale Interpretation ist hier ein Quervergleich über mehrere Luftbild-Jahrgänge möglich, wodurch sich Schwächen eines Jahrganges ausgleichen lassen. In den Altersstufe Jungwuchs und Dichtung ist eine Baumartenerkennung nicht, ab dem Stangenholz eingeschränkt möglich; sie kann aber durch eine retrospektive Bestimmung anhand des Vergleichs mit einem späteren Bildflug-Jahrgang nachgeholt werden.

Schon im normalen Farbluftbild sind Laub- und Nadelbäume voneinander zu trennen. Das CIR-Luftbild bietet eine weit bessere Differenzierung. Einige Baumarten haben einen so

typischen Farbton, dass sie bereits monoskopisch (im Orthobild) erkannt werden können. Die stereoskopische Auswertung bietet neben der Farbe auch die arttypische Kronenstruktur als Erkennungsmerkmal und damit wesentlich bessere und zuverlässigere Aussagen.

Es ist für den Interpreten außerordentlich hilfreich, wenn ihm das Baumartenspektrum des Interpretationsgebietes bekannt ist. Für eine zuverlässige Ansprache sind einige aus Bodenreferenzdaten in ihrer Art bekannte Bäume erforderlich. Im CIR-Luftbild kann dann recht gut und zügig die Verteilung und die Anteile dieser Bauarten in dem Bezugsgebiet anhand ihrer Kronenschirmfläche abgeschätzt werden. Bei den Nadelbäumen sind die Arten bzw. Gattungen Kiefer, Lärche und Tanne in der Regel gut zu erkennen. Bei Fichte und Douglasie besteht eine gewisse Verwechslungsgefahr, insbesondere im Stangenholzalter, aber auch noch in angehenden Baumhölzern. Bei den Laubbaumarten sind die Farbunterschiede weniger ausgeprägt, die Arterkennung ist daher mehr von der spezifischen Farbdifferenzierung des jeweiligen Luftbild-Jahrganges abhängig. Gut zu erkennen ist in der Regel die Buche, die Ähnlichkeit zur Hainbuche ist ohne Belang, da diese meist nur in der mittleren oder unteren Baumschicht auftritt. Die zwei häufigsten Laubbaumarten Buche und Eiche sind meist gut zu unterscheiden.

In der Fläche „Eiche 405 Merzalben“ wurde eine Baumgruppe in drei der Bildflug-Jahrgänge als Douglasie und in einem als Lärche bestimmt. Durch die multitemporale Auswertung ist klar zu erkennen, dass zumindest in einem Fall ein Fehltriteil vorliegt. Mit solchen Fehltriteilen ist zu rechnen, eine absolut zuverlässige Verifikation der Baumart ist nur durch eine Gegenkontrolle vor Ort möglich, sofern die Bäume noch vorhanden sind. Für diese Fläche betrifft dieses Fehltriteil eine Baumgruppe, schon im betroffenen Bewertungsquadrat ist dies für die Baumartenverteilung nur von eingeschränkter Bedeutung und nimmt für das Interpretationsgebiet insgesamt noch weiter ab. Für die Schlussfolgerungen zur Lebensraumdiversität ist es ohne Bedeutung.

Schwierigkeiten ergeben sich, wenn durch Schädigungen der Baumkrone die Farbe oder Kronenstruktur nicht mehr arttypisch ist. Zunächst nimmt die Verwechslungsgefahr zu, ab einem gewissen Schädigungsgrad ist die Art nicht mehr erkennbar. Damit wird auch die Abschätzung der Baumartenverteilung schwieriger bis unmöglich. In der Fläche „Eiche 408 Schaidt“ traten viele verschiedene Baumarten auf, Wegen der teilweise starken Kronenschädigung waren hier Eiche, Buche und andere Laubbäume nicht sauber zu trennen, ihre Anteile in den betreffenden Beständen damit nicht mehr zuverlässig quantifizierbar. Neben der Eiche bilden hier Erle, Esche und Birke kleinere Bestände, in den höheren Altersstufen waren diese drei Baumarten gut zu erkennen.

In der Zeitreihe verändern sich die Baumarten nicht, durch selektive Nutzung können sich aber ihre Anteile verändern. Die zwischen den Bildflug-Jahrgängen in den drei Gebieten beobachteten Unterschiede lagen im Rahmen der Schätzgenauigkeit.

Die Bewertung der Altersstufe ist stereoskopisch, also mit Kenntnis der Höhe des Bestandes, sehr einfach und zuverlässig möglich. Da die Altersstufen kontinuierlich in einander übergehen, bleibt eine gewisse Unschärfe in der Einordnung von Beständen, die noch in die jüngere oder schon in die um eines ältere Stufe eingewertet werden können. In der Zeitreihe führt bei den Altersstufen nur das natürliche Wachstum zu einer höheren Altersstufe oder nach flächigem Ausfall entsteht neuer Jungwuchs. Die drei Gebiete sind durch ältere Bestände geprägt, die sich in ihrer Alterstufe nicht veränderten. Jungwuchs und Dickungen sind deutlich dynamischer und wachsen in den betrachteten Zeiträumen meist in die nächst höhere Alterstufe ein. Da junge Bestände hier nur in geringen Flächenanteilen vorhanden sind, war die Dynamik insgesamt entsprechend gering.

Mittlere Baumhöhe:

Die mittlere Baumhöhe in einem Bezugsgebiet kann nur bei stereoskopischer Auswertung eingeschätzt werden. Bei der photogrammetrischen Auswertung konnte über den StereoAnalyst die Höhe einiger Bäume gemessen werden, sofern in der Nähe dieser Bäume Bodensicht gegeben war. Mit Hilfe dieser bekannten Höhen konnte die mittlere Baumhöhe über eine Rasterzelle recht gut im Meterbereich geschätzt werden. In der Zeitreihe ist bei jüngeren Beständen der Höhenzuwachs gut erkennbar, da über feste Rasterzellen gemittelt wurde, sagt die mittlere Baumhöhe bei einer flächigen Mischung verschiedener Altersstufen nicht viel aus. Hier erscheint eine Trennung nach Bezugsflächen einheitlicher Bestandeshöhe, oder zumindest Altersstufe sinnvoller.

Rauigkeit:

Das hier vorgenommene Verfahren zur Einschätzung der Rauigkeit des Kronendaches und im Kronenschluss zielt auf eine Einteilung in 5 Stufen. Es erfordert einige Einarbeitung und ist aufwendiger, als die anderen Parameter zu schätzen. Da jedoch auf einigen dieser anderen Parametern (Baumhöhe, Deckungsgrad, Lücken) aufgebaut wird, relativiert sich der Aufwand, wenn diese Parameter ohnehin erhoben werden. Geliefert werden zwei verdichtete Indexwerte, die einen groben Vergleich zwischen verschiedenen Flächen oder in einer Zeitreihe erlauben.

Bei den auf den betrachteten Flächen vorgefundenen Bestockungsverhältnissen von Beständen mit recht einheitlichen individuellen Baumhöhen oder flächig getrennten Auftreten von Bestandesteilen unterschiedlicher Baumhöhen, weist die Kronendach-Rauigkeit überwiegend niedrige Indexwerte auf. Die Kronenschluss-Rauigkeit hängt von Bestandeshöhe, Deckungsgrad und Lücken ab. Da hier ältere Bestände überwiegen, sind die Indexwerte eher im mittleren Bereich. In der Zeitreihe war auf den drei Flächen eine unterschiedliche Dynamik der Rauigkeit, insbesondere der Kronenschluss-Rauigkeit, zu erkennen.

Bestandesschadstufe:

Die Einschätzung der Bestandesschadstufe ist nur im CIR-Luftbild bei stereoskopischer Betrachtung möglich. Der Interpret muss das Verfahren beherrschen, oder sich eigens einarbeiten und einüben. Die Erhebung selbst ist dann recht schnell durchgeführt und bietet eine Aussage zur Vitalität der Bestände. Hinweise auf die Ursache von Vitalitätseinbußen lassen sich dabei nicht ableiten, hierfür bedarf es ergänzender Informationen, die für die DBF ja über die gesamte Zeitreihe vorliegen. Im betrachteten Zeitraum zeigt sich für alle drei Flächen ein drastischer Anstieg der Kronenschäden in den älteren Beständen.

Totholz:

Entsprechend der schon im Abschnitt „Interpretationsparameter“ beschriebenen Einschränkung für die Aufnahme des Totholzes im Luftbild, wurden bei den hier vorgefundenen Überschirmungsgraden ausschließlich stehende Totholz-Bäume erfasst, die zu Lebzeiten zumindest mitherrschend waren. Ehemals herrschende Totholz-Bäume sind oft auch schon im normalen Farb-Luftbild und teilweise auch im Orthobild erkennbar. Nicht mehr erkennbar und so auch nicht mehr kartierbar sind stehende tote Bäume die von

Nachbarbäumen bereits überwachsen werden oder deren Stammrest im Schatten zwischen den Nachbarbäumen untergeht. Zum liegenden Totholz kann keine Aussage gemacht werden. Liegendes Totholz oder abgestorbene Unterstände sind nur bei geringen Überschirmungsgraden oder in Lücken sichtbar. Repräsentative Aussagen zu liegendem oder unter Schirm stehenden Totholz erfordern damit ein terrestrisches Aufnahmeverfahren.

Im stereoskopischen CIR-Luftbild sind stehende, nicht überschirmte Totholz-Bäume auf großer Fläche vollständig, schnell (sofern nicht großflächige Absterbeerscheinungen auftreten) und photogrammetrisch auch verortet zu erheben. Die Erhebung als eigene Shapedatei erlaubt die individuelle Klassifizierung und Verfolgung in der Zeitreihe. Die flächenbezogene Schätzung ist noch schneller, erlaubt aber nur eine pauschale Klassifizierung in ordinaler Skala. Es kann nicht festgestellt werden, ob die Totholz-Bäume über mehrere Bildflug-Jahrgänge erhalten bleiben.

In der Zeitreihe war für die Totholz-Bäume eine hohe Dynamik zu beobachten. Auf den Eichen-Flächen waren die Totholz-Bäume meist in den älteren Beständen zu finden, bei der Buchen-Fläche war es dagegen die jüngeren. Bei den hier betrachteten Abständen zwischen den Bildflug-Jahrgängen bleiben sie nur ausnahmsweise bis in das folgende Bildflug-Jahr erhalten. Eine Ausnahme ist die Fläche Eiche 408 Schaidt, auf der sehr viele Totholz-Bäume teilweise kleinflächig auftraten. Hier waren bis zum folgenden Bildflug-Jahr etliche erhalten geblieben, wobei wegen der starken Auflichtung der Oberschicht auch Stammreste, die normalerweise im Schatten des umgebenden Bestandes versinken, sichtbar waren.

Eine der photogrammetrischen Auswertung vergleichbare terrestrische Erhebung, ist die Einmessung mit Hilfe eines Global Positioning Systems (GPS), der Zeitaufwand ist hierfür jedoch ungleich höher. Die relative Position mehrerer Totholz-Bäume zueinander ist bei der photogrammetrischen Auswertung wegen der gleichgerichteten Lagefehler im Luftbild genauer, als bei der terrestrischen GPS-Messung mit ungerichteten Lagefehler.

Für eine umfassende Totholzerhebung bietet sich die Kombination der photogrammetrischen Auswertung für stehende Totholz-Bäume und terrestrischen Erhebung für liegendes Totholz an. Zunächst wird eine GIS-Karte erstellt und auf stehende Totholz-Bäume photogrammetrisch ausgewertet, hier ist auch eine Vollerhebung möglich. Für die terrestrische Erhebung des liegenden Totholzes bieten die schon bekannten stehenden Totholz-Bäume wertvolle Orientierungspunkte. Gleichzeitig können die stehenden Totholz-Bäume verifiziert und mit zusätzlichen Attributen versehen werden.

Waldränder:

Wegen der Lage der drei ausgewählten Level II-Flächen in großen geschlossenen Waldkomplexen treten Waldaußenränder in keinem der Fälle auf. Selbst kleinere Nicht-Waldflächen wie Waldwiesen, Straßen oder Leitungstrassen werden von den Interpretationsgebieten nicht erfasst. Für eine repräsentative Erhebung der strukturell bedeutsamen Grenzlinien von Wald zu Nicht-Wald ist daher anscheinend auch das über den Untersuchungsbestand der Level II-Flächen hinausgreifende Interpretationsgebiet noch zu klein.

Waldinnenränder zwischen unterschiedlich hohen Beständen sind dagegen in allen drei Fällen zu finden. Die meisten der vorgefundenen Waldinnenränder lagen an der Außengrenze des Untersuchungsbestandes. Für die Erhebung dieses Parameters war daher entscheidend, dass das Bezugsgebiet als systematisch festgelegtes Interpretationsgebiet über den Untersuchungsbestand hinausgriff und nicht den Bestandesgrenzen folgte.

Waldaußenränder und Waldinnenränder zwischen Beständen mit deutlichem Unterschied in der Kronengröße sind auch monoskopisch im Orthobild zu erkennen. Die Klassifizierung nach Stufigkeit erfordert aber die stereoskopische Auswertung, auch Waldinnenränder

zwischen Beständen mit geringem Unterschied in der Kronengröße sind nur stereoskopisch zu erkennen. Für die Betrachtung der Artenzusammensetzung bietet das CIR-Luftbild die größte Informationstiefe. Die photogrammetrische Auswertung mit Digitalisierung bietet zusätzlich die Möglichkeit der Darstellung der verorteten Randstrukturen im GIS und erlaubt so einen Überblick über ihre Lage und Verteilung.

Die Erhebung der Waldränder ist in allen Verfahrensvarianten einfach durchführbar und auch bei der relativ aufwendigsten Variante der photogrammetrischen Auswertung schnell gemacht.

In den Bewertungsquadraten lassen sich die Waldränder nur pauschal beschreiben. Die Erhebung als eigenes Charakteristikum im GIS erlaubt die Trennung nach individuellen Eigenschaften. Die Gesamtlänge der Randstrukturen im Interpretationsgebiet wird bei der Schätzung nach Bewertungsquadraten im Vergleich zur digitalisierten Länge merklich unterschätzt.

Wie erwartet zeigen sich in der Zeitreihe auf den drei betrachteten Level II-Flächen nur wenige Veränderungen, meist durch auswachsen der Höhenunterschiede zwischen den angrenzenden Waldbeständen.

Entwicklungsphase:

Die Bewertung der Entwicklungsphase baut auf Altersstufe, Lücken, Deckungsgrad und stehendem Totholz auf. Da diese Parameter vorliegen, ist sie mit wenig zusätzlichem interpretatorischem Aufwand abzuleiten. Die Entwicklungsphase bietet besonders für die Baum- und Althölzer differenziertere Informationen. Sie stellt damit eine gute Ergänzung der Bewertung nach der Altersstufenverteilung dar.

In der Zeitreihe war bei den betrachteten Flächen, mit der Entwicklung von der Optimalphase in die Alters- oder sogar Zerfallsphase, eine höhere Dynamik als bei den Altersstufen zu beobachten.

In Naturwäldern entspricht die vorhandene Baumartenzusammensetzung per definitionem der natürlichen. Bei Wirtschaftswäldern ist dies nicht der Fall, hier werden zusätzlich Informationen zur (mutmaßlichen) potentiellen natürlichen Vegetation benötigt, um den betrachteten Waldbestand im Vergleich zu einem Naturwald zu bewerten.

Dynamik in der Zeitreihe:

Die Auswertungen der drei Flächen deckt anhand der Luftbilder eine Zeitspanne von 13 (Buche 212 und Eiche 408) bzw. 18 Jahren (Eiche 405) ab. Für die Anlage der Level II Flächen wurden gezielt angehende Altbestände ausgewählt, die noch mehrere Jahrzehnte der Entwicklung bis zum vorgesehenen Ende der Umtriebszeit haben, deren Bestandeglieder sich aber bereits weitgehend als die Endbestockung herausgebildet haben. Insofern war wenig Dynamik in diesen Beständen zu erwarten. Dennoch wurde bei allen drei Untersuchungsbeständen bei den Waldstrukturen nicht nur geringfügige Veränderungen, sondern eine klare Zunahme der Diversität beobachtet.

In den durch die willkürliche Festlegung des Interpretationsgebietes mit erfassten, jüngeren Waldbeständen war eine natürliche Entwicklung durch das Wachstum der Bäume zu erwarten, die innerhalb der betrachteten Zeitspanne auch sichtbar wird. Weitere Veränderungen in Wirtschaftswäldern ergeben sich durch Pflege- oder Holzerntemaßnahmen.

Im Untersuchungsbestand der Fläche „Eiche 405 Merzalben“ zeigt sich eine Zunahme der Strukturelemente Lücke und stehendes Totholz, der Übershirmungsgrad nahm ab und die

mittlere Baumschicht erstarkte. Infolge der Vorratsverringerung und des Totholzvorkommens zeigten einige Teilflächen bereits Merkmale der Zerfallsphase. Bei einer ungestörten Entwicklung wäre dies in einem 200 jährigen Eichenbestand im Pfälzerwald noch nicht zu erwarten gewesen. Ursache war eine Störung durch eine Insektenkalamität der ab 1996 etliche der alten Eichen vor Erreichen der natürlichen Altersgrenze zum Opfer fielen.

Der Untersuchungsbestand der Fläche „Buche 212 Neuhäusel“ verändert sich relativ wenig. Zwischen 1999 und 2005 war eine Verringerung des Überschirmungsgrades und Zunahme der Anzahl der Lücken verbunden mit höheren Rauigkeitsindices festzustellen. Verursacht wurde diese Veränderung durch eine Altdurchforstung und der Anlage von Rückewegen.

Der Untersuchungsbestand der Fläche „Eiche 408 Schaidt“ hat sich im Beobachtungszeitraum stellenweise aufgelöst. Durch die Verringerung des Überschirmungsgrades, der Zunahme der Lückigkeit und dem enormen Vorkommen stehenden Totholzes, war auf großen Teilflächen ein rascher Übergang von der Optimalphase in die Zerfallsphase zu beobachten. Auch hier war die Ursache dieser Dynamik in den Waldstrukturen eine Störung durch eine Insektenkalamität. Aufgrund besonderer Standortfaktoren, insbesondere einer ausgeprägten Staunässeperiode, kam es hier infolge eines Kahlfraßereignisses zu einem massiven Absterben der Alteichen vor Erreichen der natürlichen Altersgrenze.

Es bleibt festzuhalten, dass die Dynamik in den Baum- und Althölzern aller drei Flächen im jeweils betrachteten Interpretationsgebiet zu einer höheren Diversität der Waldstrukturen geführt hat, die aber in allen Fällen auf eine Störung in der Waldentwicklung zurückzuführen war.

Vorgegebene übergeordnete Indikatorsysteme zur biologischen Vielfalt :

Die in diesem Projekt ausgewählten Parameter zur Bewertung der Waldstrukturen und damit der Lebensraumdiversität wurden von der Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpretieren (AFL) gezielt nach im CIR-Luftbild erkennbaren Merkmalen bzw. Signaturen ausgewählt und beschrieben (AFL 2003). Auf internationaler und bundesdeutscher Ebene beschäftigen sich Forstfachleute mit Faktoren, Kriterien und Indikatoren zur Bewertung der biologischen Vielfalt im Wald, ohne dabei ein spezifisches Inventur- oder Monitoringverfahren vorzugeben. Auf solche Faktoren und Indikatorsysteme soll kurz eingegangen werden, um abzuschätzen, inwieweit CIR-Luftbilder und die in diesem Projekt abgehandelten Parameter einen Beitrag zur Erfassung und Überwachung leisten können.

Biodiversity Evaluation Tools for European Forests (BEAR):

Als richtungweisend können die Erkenntnisse aus dem europaweiten BEAR-Projekt (Larsson 2001) gelten. Für unterschiedliche räumliche Ebenen (Nation / Region, Landschaft, Waldbestand) wurden Teilaspekte der Biodiversität analysiert und Schlüsselfaktoren der Biodiversität und mögliche Indikatoren beschrieben. Die im CIR-Luftbild bearbeiteten Level II Flächen sind der Ebene des Waldbestandes zuzuordnen, daher werden im Folgenden nur die Indikatoren dieser Ebene betrachtet.

Schlüsselfaktor	Indikator
<i>Struktureller Art</i>	
Baumarten (autochton, nicht autochton, nicht heimisch)	Arten (Volumen, Grundfläche, Anzahl, Anteile) Anwesenheit und räumliche Verteilung unterschiedlicher Baumgrößen und Altersstufen (Anzahl, Dichte, Gruppen)
Größe des Bestandes	Fläche in Hektar
Bestandesränder und -form	Gestalt (Verhältnis der Fläche zur Randlänge) Übergänge (Typ und angrenzende Habitate)
Geschichtliche Entwicklung	Zeitliche Beständigkeit (der Leitarten; historische Karten; Fläche alter Wälder, wieder aufgeforsteter Wälder, Plantagenwälder)
Habitattyp(en)	Fläche unterschiedlicher Habitate (Waldtypen)
Waldstruktur (horizontal und vertikal)	Lücken, Baumgruppen / -rotten, Kronendach, Schichten, Strauchschicht, Bodenvegetation, Verjüngung
Totholz	Vorhandensein, Art und räumliche Verteilung von stehendem und liegendem Totholz (Typ, Holzart, Zerfallsstadium, Menge)
Streu	Humus (Form, Menge), Brennbare Streu (Menge)
<i>Zusammenfassender Art (integrierend)</i>	
Arten mit spezifischen Ansprüchen an Typ und Größe des Lebensraumes	Vorhandensein
Biologischer Bodenzustand	Humusform
<i>Funktionelle Faktoren (natürlicher Einfluss)</i>	
Feuer	Brandfläche Jährliche Regenerationsfläche (natürlich-künstlich)
Wind und Schnee	Schadensfläche (%) Jährliche Regenerationsfläche (natürlich-künstlich)
Biologische Schadfaktoren	Befallsfläche Veränderung der Humusform
<i>Funktionelle Faktoren (anthropogener Einfluss)</i>	
„normale“ Bewirtschaftung	Fläche (Anteil) unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme: Kahlgelegte Flächen Verjüngung Systeme unter Schirm Vor-/Unterbau
„besondere“ Bewirtschaftung	Art nach Fläche (Anteil): Schutzwald (Art, z.B. Bodenschutz, Wasserschutz) Naturschutz, Naturwaldreservat, Plenterwald Erholungswald
Landwirtschaft und Weide	Fläche (Anteil) nach Art der Nutzung: Agroforst (z.B. Korkeichen, Olivenhain), Waldfeldbau oder Waldweide Merkliche Spuren von früherer Landwirtschaft oder Weide
Andere Nutzung	Art (Militär, Jagdeinrichtungen, Park) Einfluss der Bevölkerung (Besucherdruck, Erholungseinrichtungen, Müll)
Verschmutzung (Immission und Deposition)	Unterschiedliche Immissionsursachen (in Relation zu critical levels and critical loads)

Tab. 3: Schlüsselfaktoren und Indikatoren für Biodiversität in Wäldern auf Bestandesebene nach dem BEAR-Konzept (Biodiversity Evaluation Tools for European Forests)

Viele der hier aufgeführten Schlüsselfaktoren (Baumarten, Bestandesränder, Entwicklung, Habitattyp, Waldstruktur, Totholz) und Indikatoren sind in der vorliegenden Arbeit erhoben worden. Die Eignung des CIR-Luftbildes für die Erhebung und Beschreibung ist im Bericht dargelegt. Für die Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung eignen sich historische Luftbilder wegen ihres Charakters als Dokument besonders gut, wobei der Zeitraum, über den zurückgeblickt werden kann, im Verhältnis zu einer Baumgeneration noch sehr kurz ist. In der vorliegenden Arbeit konnte nur ein Zeitraum von 13 bzw. 18 Jahren betrachtet werden, dennoch war für einige der Indikatoren eine Dynamik erkennbar.

Etliche andere Schlüsselfaktoren (Streu, Arten -außer Baumarten-, Biologischer Bodenzustand) und Indikatoren (Bodenvegetation, Verjüngung, liegendes Totholz) lassen sich aus dem Luftbild nicht erheben.

Für die Erhebung und Überwachung der unter „Funktionelle Faktoren natürlicher oder anthropogener Einfluss“ aufgeführten Schlüsselfaktoren und Indikatoren ist das CIR-Luftbild ebenfalls geeignet (z.B. DELB 1999), je nach Indikator mit Einschränkungen. Diese Faktoren wurden in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht betrachtet.

Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE):

Aufbauend auf dem BEAR-Projekt wurden im Rahmen des MCPFE-Prozesses gesamteuropäische Indikatoren für nachhaltige Waldbewirtschaftung definiert (MCPFE 2003). Die Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt in Waldökosystemen ist hierbei als „Kriterium 4“ ein eigenständiger Teil.

Die **Baumartenzusammensetzung** (Kriterium 4.1), Wald- und andere bewaldete Flächen klassifiziert nach Anzahl der vorkommenden Baumarten und Waldtyp, ist gut bis eingeschränkt im CIR-Luftbild zu erfassen. Die Probleme mit der Baumartenerkennung und die Möglichkeiten zur Abschätzung ihrer Flächenanteile sind im Bericht beschrieben. Waldtypen sind gut abzuleiten.

Die **Verjüngung** (Kriterium 4.2), Verjüngungsflächen in gleichaltrigen und ungleichaltrigen Beständen, klassifiziert nach Verjüngungstyp, ist nur eingeschränkt im CIR-Luftbild zu erfassen. Naturverjüngung ist je nach ihrer Höhe nicht von anderer Bodenvegetation oder Sträuchern zu trennen. Künstliche Verjüngung kann ggf. anhand von Pflanzmustern mittelbar erkannt werden.

Der **Natürlichkeitsgrad** (Kriterium 4.3), Wald- und andere bewaldete Flächen, eingeteilt in „natürlich (unberührt)“, naturnah“ oder „Plantagen“, jeweils nach Waldtyp, ist gut aus im CIR-Luftbild zu erfassenden Strukturen abzuleiten. Die Möglichkeiten zur Ableitung aus der Entwicklungsphase und Baumartenzusammensetzung sind im Bericht beschrieben.

Eingebürgerte Baumarten (Kriterium 4.4), Wald- und andere bewaldete Flächen, auf welchen eingebürgerte Baumarten vorherrschend sind, sind gut bis eingeschränkt im CIR-Luftbild zu erkennen. Es bestehen die selben Probleme wie bei der Baumartenerkennung allgemein. Für solche Baumarten wird über Bodenreferenzdaten ein gesonderter Interpretationsschlüssel zu erstellen sein. Sind typische, luftbildsichtbare Merkmale festzustellen, kann die Fläche und Verteilung der eingebürgerten Baumart für das Interpretationsgebiet einfach, schnell und zuverlässig erhoben werden. Besteht Verwechslungsgefahr mit einer heimischen Baumart, kann zumindest die terrestrisch zu überprüfende Fläche eingegrenzt werden.

Totholz (Kriterium 4.5), Volumen an stehendem und liegendem Totholz auf Wald- und anderen bewaldeten Flächen, eingeteilt nach Waldtyp, ist gut bis eingeschränkt im CIR-Luftbild zu erfassen. Für stehendes Totholz ist das Luftbild ideal, für liegendes wenig geeignet, die Einschränkungen und Probleme sind im Bericht beschrieben.

Genetische Ressourcen (Kriterium 4.6), Fläche, die zum Schutz und zur Nutzung forstgenetischer Ressourcen bewirtschaftet wird (in situ und ex situ Generhaltungswälder), und Fläche, die zur Saatgutproduktion bewirtschaftet wird, ist selbst nicht im CIR-Luftbild zu erfassen. Sind die Gebiete aber bekannt, können sie im Luftbild einfach und zuverlässig abgegrenzt, photogrammetrisch auch flächengenau verortet, werden.

Das **Landschaftsmuster** (Kriterium 4.7), Räumliches Muster der Waldbedeckung auf Landschaftsebene, ist sehr gut im Luftbild zu erfassen. Für Bezugsgebiete auf Landschaftsebene sind entsprechend kleinmaßstäbige Luftbilder erforderlich. Normale Farbluftbilder und Orthobilder, wie sie in Deutschland von der Landesvermessung gefertigt werden, sollten ausreichen. Dieser Indikator bezieht sich auf eine höhere räumliche Ebene und war nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Gefährdete Waldarten (Kriterium 4.8), Anzahl der gefährdeten Waldarten, klassifiziert gemäß der Kategorien der Roten Liste nach IUCN im Verhältnis zur Gesamtzahl an Waldarten, sind -außer Baumarten- nicht im CIR-Luftbild zu erfassen. Es sind aber ggf. Rückschlüsse auf potentielle Lebensräume möglich, wenn diese typische, luftbildsichtbare Signaturen aufweisen. Ist eine (oder mehrere) der in dieser Untersuchung erhobenen Waldstrukturen Element des Lebensraumes einer zu untersuchenden Art, so kann über eine Luftbildauswertung das Suchgebiet eingeschränkt werden. Ist ein Vorkommen über Einzelfunde bekannt, kann umgekehrt über das Luftbild das potentielle Verbreitungsgebiet einer Population abgeschätzt werden und ggf. auch Barrieren zwischen potentiellen Verbreitungsgebieten erkannt werden.

Geschützte Wälder (Kriterium 4.9), Wald- und andere bewaldete Flächen, die zur Erhaltung der biologischen und landschaftlichen Vielfalt sowie spezifischer natürlicher Elemente gemäß den MCPFE-Erhebungsrichtlinien geschützt werden, sind nicht im CIR-Luftbild zu erfassen. Auch hier gilt aber, dass bekannte Gebiete im Luftbild einfach und zuverlässig abgegrenzt und photogrammetrisch flächengenau verortet werden können.

Strategie Forstwirtschaft und biologische Vielfalt:

Von dem für Forsten zuständigen Bundesministerium wurde die „Strategie Forstwirtschaft und biologische Vielfalt“ erarbeitet (BMELF 2000) und über Beispiele der Umsetzung berichtet (BMVEL 2002). Für ein Forschungsvorhaben zur biologischen Vielfalt in Wäldern im Rahmen des EU-LIFE Projektes „Demonstration of Method's to Monitor Sustainable Forestry“ in niedersächsischen Wäldern, wurden aus dem Strategiepapier konkrete Indikatoren der Wald-Biodiversität abgeleitet.

Die Aspekte **Genetische Vielfalt** mit Wäldern für Generhaltung und Saatguternte und **Artenvielfalt** mit Waldtypischer Flora und Fauna, sowie Anzahl oder Anteil bedrohter Waldarten an der Gesamt-Waldartenzahl der Region, ist mit den schon weiter oben aufgeführten und besprochenen MCPFE-Kriterien Nr. 4.6 und 4.8 identisch.

Der Aspekt **Bestandesdiversität** umfasst verschiedene Kriterien, die unterschiedlich gut aus dem CIR-Luftbild erfasst werden können. Die Baumartenzusammensetzung, Altersstruktur und Totholz sind gut bis eingeschränkt im CIR-Luftbild zu erfassen und Gegenstand dieses Berichts, auch etliche Parameter der Bestandesstruktur werden beschrieben.

Durchmesserstruktur und Starkholzanteil wären im Luftbild für einen Bestand indirekt aus den Baumhöhen und Kronendurchmessern abzuleiten. Die Erhebung von Horst- und Höhlenbäumen aus dem Luftbild ist nicht möglich.

Der Aspekt der **Landschaftsdiversität** mit dem Anteil Rein- und Mischbestände, der Differenzierung auf Landschaftsebene und Fragmentierung auf Waldkomplexebene ist sehr gut im Luftbild zu erfassen. Für Bezugsgebiete auf Landschaftsebene sind entsprechend kleinmaßstäbige Luftbilder erforderlich. Normale Farbluftbilder und Orthobilder, wie sie in Deutschland von der Landesvermessung gefertigt werden, sollten ausreichen. Dieser Indikator bezieht sich auf eine höhere räumliche Ebene und war nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Kurz:

Es zeigt sich, dass für alle oben aufgeführten Indikatorsysteme das CIR-Luftbild einen Beitrag zur Erfassung und zum Monitoring leisten kann. Einige der Indikatoren sind 1 zu 1 in den Luftbild-Interpretationsschlüsseln (AFL 1998, 1999 und 2003) beschrieben. Der spezifische Blickwinkel des Luftbildes und die luftbildsichtbaren Merkmale geben hierbei die Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung vor, so werden z.B. die Baumartenanteile nach ihrer Schirmfläche anstelle ihres Volumens oder ihrer Grundfläche eingeschätzt.

Die Auswertung von Luftbildern ist in den meisten Fällen mit der Erhebung von Bodenreferenzdaten in unterschiedlichem Ausmaß verbunden. Umgekehrt dient bei terrestrischen Aufnahmen häufig ein Luftbild, meist als Orthobild, zur Übersichts-Orientierung oder als Kartenersatz. Die Kombination der auf unterschiedlichen Wegen gewonnenen Erkenntnisse liegt auf der Hand.

Für einige Indikatoren (Baumartenzusammensetzung, Altersstruktur, Natürlichkeitsgrad, eingebürgerte Baumarten) sind wenige Bodenreferenzdaten und gezielte, ergänzende, terrestrische Erhebungen ausreichend. Für andere dient das Luftbild nur zur Vorbereitung und zur Gewinnung der Übersicht bei einer umfassenden terrestrischen Erhebung. Im Luftbild lassen sich räumliche Ausdehnung, Verteilung, Zerschneidung oder Zersplitterung von Landschaftselementen mit typischer Signatur gut erkennen und bei photogrammetrischer Auswertung auch lagegenau festhalten.

Fazit :

Die Verwendung von Luftbildern zur Erhebung und Bewertung der Lebensraumdiversität ist möglich und empfehlenswert. Die hier vorgestellte Methode basiert auf der stereoskopischen, photogrammetrischen Auswertung von Color-Infrarot (CIR) Luftbildern. Die bei der Interpretation erreichbare Informationstiefe ist bei der stereoskopischen (räumlichen) Auswertung von CIR-Luftbildern am höchsten. Die Photogrammetrie bietet zusätzlich gewonnene Messwerte und erlaubt eine direkte Verschneidung der Ergebnisse mit einem Geographischen-Informationssystem (GIS) und damit die kartographische Darstellung. Die Karte ist ein wichtiges heuristisches Mittel und oft besser geeignet räumliche Verhältnisse, wie Lage, Form oder Verteilung, darzustellen, als eine wörtliche Beschreibung.

Nicht immer liegen CIR-Luftbilder der Versuchsflächen vor. Die eigene Fertigung und Aufbereitung für die photogrammetrische Auswertung bedeutet einen Aufwand, der erst einmal als Vorleistung zu erbringen ist. Wurden die Versuchsflächen in der Vergangenheit nicht gezielt mit CIR-Luftbildern dokumentiert, liegen bestenfalls Schwarz-Weiß oder normale Farbbilder anderer Befliegungen (meist der Landesvermessung) vor. Einige der Parameter sind jedoch auch schon im normalen Farb-Luftbild oder auch nur monoskopisch im Orthobild erkennbar. Auch wenn die Informationstiefe geringer ist, lohnt der Zugriff auf diese Medien, um wenigstens Teilinformationen zu gewinnen, terrestrische Aufnahmen vorzubereiten und zu ergänzen oder bei historischen Aufnahmen einen Rückblick auf den früheren Zustand zu erreichen.

Fehlt die Möglichkeit zur photogrammetrischen Auswertung, kann auf eine gutachterliche Übertragung in die Karte oder eine Einmessung der Strukturen im Gelände ausgewichen werden. Bei einer gutachterlichen Übertragung sind Abstriche bei der Lagegenauigkeit hinzunehmen, die Einmessung im Gelände erfordert erheblichen Mehraufwand.

Eine Auswertung in Eigenregie ist an die technische Ausstattung und die Qualifikation des Personals gebunden. Je nach den zur Verfügung stehenden Ressourcen kann eine Luftbildauswertung bis zu dem entsprechenden Grad erfolgen. Fehlen bestimmte Ressourcen, können die Arbeiten ganz oder teilweise an entsprechend qualifizierte Unternehmen vergeben werden. Am Markt sind einige Unternehmen (meist Ingenieurbüros) vertreten, die über die erforderliche technische Ausstattung verfügen. Die Qualifikation der Interpreten ist dagegen häufig problematisch, photogrammetrische und GIS-Kenntnisse sind meist solide, aber spezifische Kenntnisse zur Bewertung und Differenzierung innerhalb von Waldflächen sind häufig nur spärlich entwickelt, da nur wenige Aufträge in diesem Bereich vergeben werden und entsprechend wenig Erfahrung vorliegt.

Als besonders einfach und aussagekräftig erweist sich die Digitalisierung der Lücken, Waldränder und Totholz-Bäume als eigene GIS-Ebene (Shapedatei). Für diese Parameter fehlen in der Regel Aussagen aus den terrestrischen Erhebungen der Level II Flächen. Treten sie nahe oder in der Kernfläche auf, so ist dies eher zufällig. Mit der Luftbildauswertung kann eine deutlich größere Fläche betrachtet werden, die Ergebnisse erlauben damit eine fundierte Aussage.

Literatur :

und bereits vorliegende Luftbildauswertungen und Auswertungsschlüssel

AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten) (1998): Luftbild-Interpretationsschlüssel, Bestimmung der natürlichen Altersklasse von Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. LÖBF-Mitteilungen Nr. 1/1998, Seiten 45-50.

AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten) (1999): Luftbild-Interpretationsschlüssel II, Bestimmung der natürlichen Altersklassen und der Baumarten von Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. LÖBF-Mitteilungen Nr. 4/1999, Seiten 51-56.

AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten) (2003): Luftbildinterpretationsschlüssel - Bestimmungsschlüssel für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. Landesforstpräsidium Sachsen Schriftenreihe Nr. 26, 48 Seiten, ISBN 3-932967-29-3

BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg.) (2000): Forstwirtschaft und biologische Vielfalt - Strategie zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt in den Wäldern Deutschlands. Selbstverlag in PDF-Format, 34 Seiten, URL: www.bmelv.de Rubrik Forstwirtschaft / biologische Vielfalt

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.) (2002): Bericht zur Umsetzung der Strategie Forstwirtschaft und biologische Vielfalt. Selbstverlag in PDF-Format, 23 Seiten, URL: www.bmelv.de Rubrik Forstwirtschaft / biologische Vielfalt

DELB H., BLOCK J. (Hrsg.) (1999): Untersuchungen zur Schwammspinner-Kalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 45/99, 246 Seiten.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (1992): Anwendung der Fernerkundung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Wälder. Verlag Walphot S.A. Belgien.

FVA (Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz) (Hrsg.) (1998): Level-II-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz; Dokumentation der Lage, der Meßstellenausstattung sowie der Homogenität der Untersuchungsbestände. Selbstverlag, 58 Seiten. Autoren: SCHRÖCK H-W., BLOCK J., ENGELS F., ZIMMER M.

HEIDINGSFELD N. (1993): Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumige permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 23/93.

KORPEL S. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. Verlag Gustav Fischer Stuttgart, 310 Seiten, ISBN 3-437-30702-9.

LARSSON T-B. (Coord.) (2001): Biodiversity Evaluation Tools for European Forest. Ecological Bulletins No. 50. Printed by Wallin & Dalholm Lund Sweden, 237 Seiten. Auch The BEAR-Project Newsletter 3 "Indicators for monitoring and evaluation of forest biodiversity in Europe", 12 Seiten, URL: www.algonet.se/~bear

LEIBUNDGUT H. (1982): Europäische Urwälder der Bergstufe. Verlag Paul Haupt Bern, 308 Seiten, ISBN 3-258-03166-5.

MCPFE (Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe), (2003): Fourth Ministerial Conference Wien 2003, Wiener Deklaration des Living Forest Summit, Wiener Resolutionen 1-5, Verbesserte gesamteuropäische Indikatoren für nachhaltige Waldbewirtschaftung, deutsche Übersetzung, Selbstverlag in PDF-Format, 36 Seiten, URL: www.mcpfe.org/system/files/u1/vienna_german.pdf

SCHRÖCK H-W. (1994): Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz, Entwicklung und Einflussfaktoren. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz Nr. 28/94, 229 Seiten.

WOLFF B., HABERMANN R., ARENDT K. (1999): Evaluierung des Luftbildeinsatzes im Rahmen des deutschen Level-II-Monitorings. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung, Abschlußbericht zum EU-Projekt Nr. 96.60.DL.020.0

Anhang :

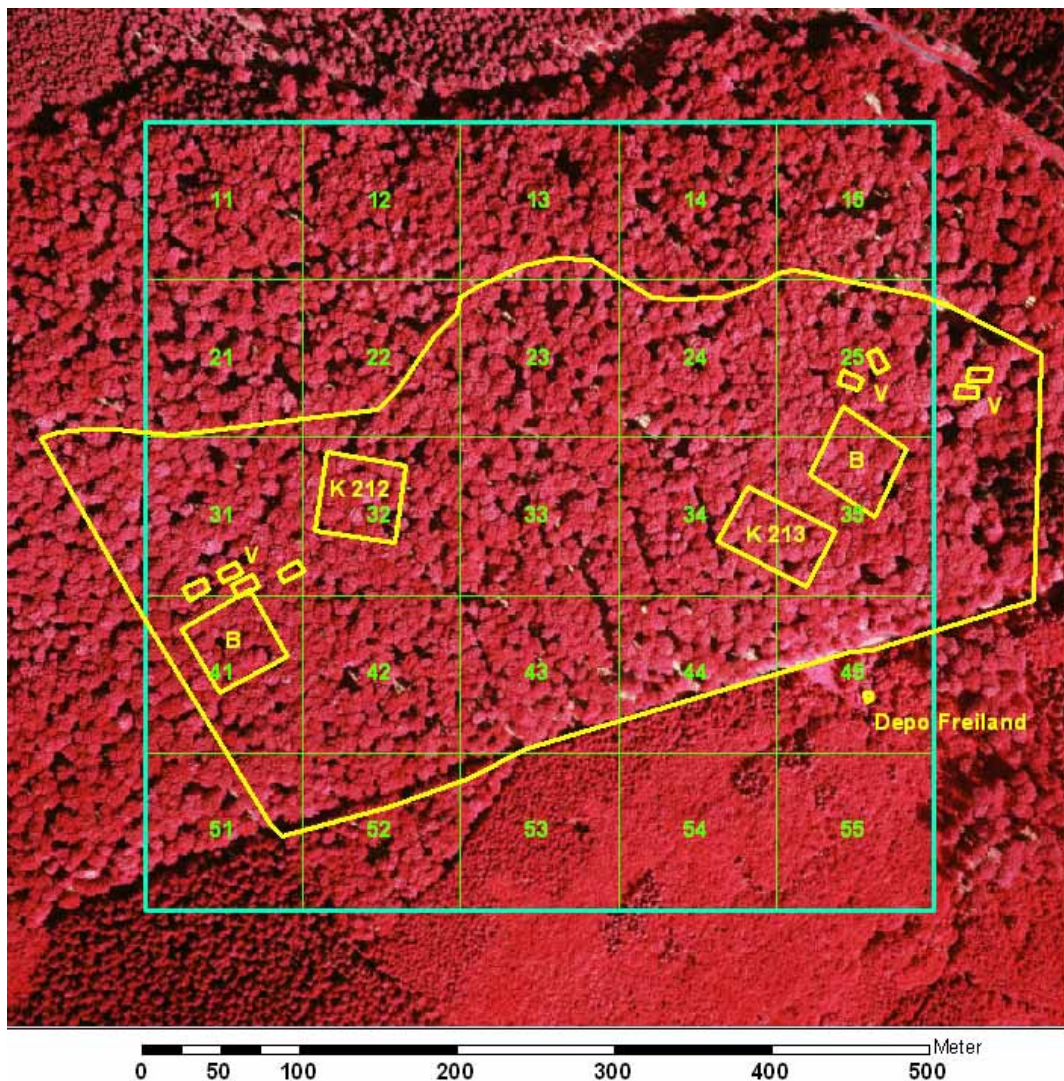


Abb. 1a: Übersicht über den Untersuchungsbestand Buche 212 Neuhäusel vor dem Color-Infrarot-Orthobild von 2005 (eingenordet);

Gelb: Grenzen des Untersuchungsbestandes mit den wichtigsten Dauerbeobachtungsflächen in zweifacher Wiederholung (212 mit Bimsüberdeckung, 213 ohne) , K: Kronenzustand, B: Bodenzustand (gezäunt), V: Bodenvegetation in 4 Varianten (gezäunt / ungezäunt, gekalkt / ungekalkt), Depo Freiland: Depositionsmessturm ohne Bestandesschirm.

Minz-Grün: Interpretationsgebiet von 500 m x 500 m;

Grün: Interpretationsraster, Bewertungsquadrate mit Nummern

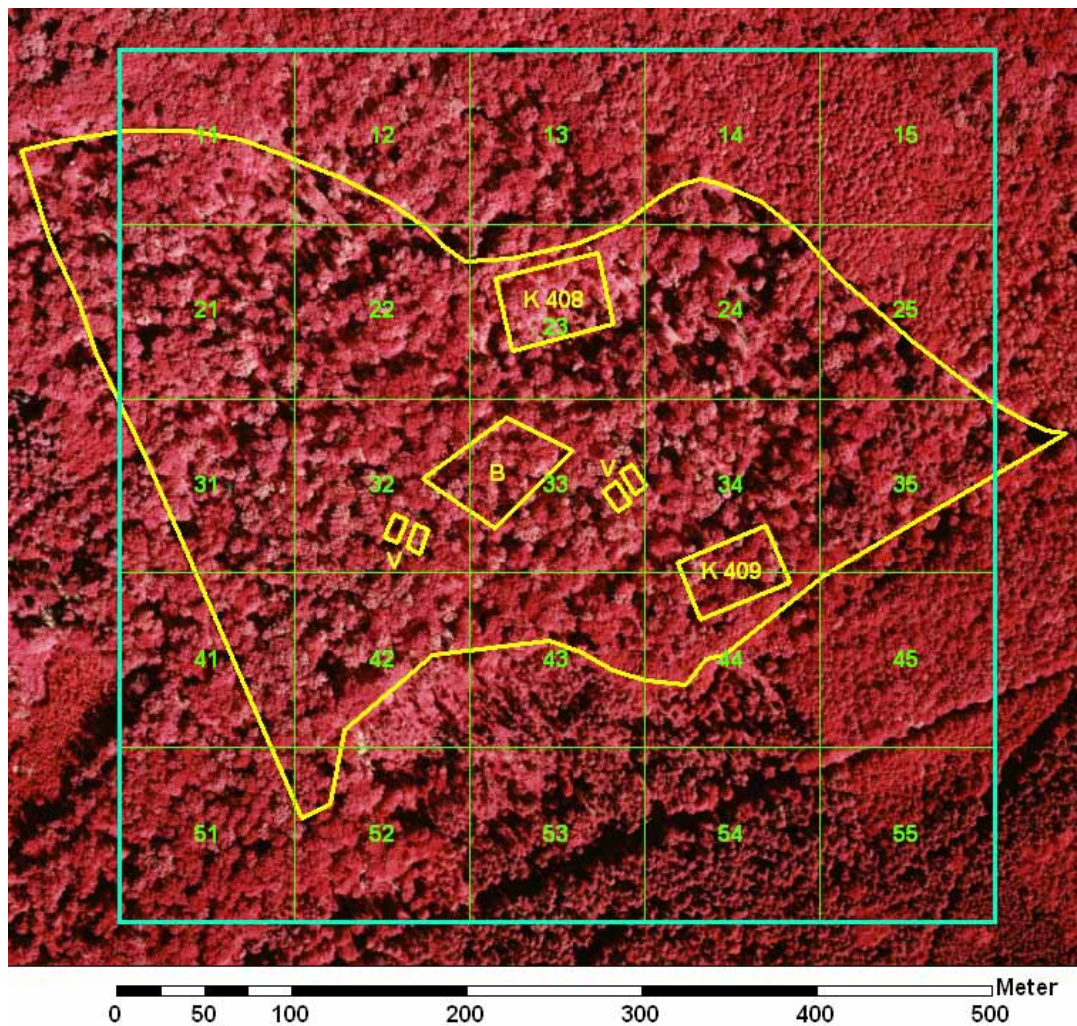


Abb. 1b: Übersicht über den Untersuchungsbestand Eiche 408 Schaidt vor dem Color-Infrarot-Orthobild von 2005 (eingenordet);
Gelb: Grenzen des Untersuchungsbestandes mit den wichtigsten Dauerbeobachtungsflächen, K: Kronenzustand (409 im Jahr 2000 angelegt), B: Bodenzustand (gezäunt), V: Bodenvegetation in 4 Varianten (gezäunt / ungezäunt, gekalkt / ungekalkt).
Minz-Grün: Interpretationsgebiet von 500 m x 500 m;
Grün: Interpretationsraster, Bewertungsquadrate mit Nummern

Beschreibung der Untersuchungsflächen :

Die rheinland-pfälzischen Level-II-Flächen, so auch die hier bearbeiteten Flächen, wurden im Jahr 1996 ausführlich bearbeitet. Hierbei wurde die Lage und der Standort der Flächen mit den verschiedenen Messeinrichtungen allgemein beschrieben. Auf Basis von Color-Infrarot Luftbildern des Jahres 1995 wurde die unmittelbare Umgebung des Untersuchungsbestandes bewertet. Es wurde eine Kronenkarte über den Kernbereich des Untersuchungsbestandes erstellt und für alle erfassten Bäume eine individuelle Kronenzustandsansprache durchgeführt. Die Befliegung und Interpretation erfolgte nach dem Standard der Europäischen Kommission (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1992). Die Beschreibungen und Auswertungen wurden 1998 von der FAWF herausgegebenen „Level-II-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz“ (FVA 1998). Die folgenden Beschreibungen der Untersuchungsflächen sind diesem Bericht entnommen und wurden um die aktuellen Veränderungen ergänzt. Die Daten sind auch über die Internetpräsentation der FAWF (www.fawf.wald-rlp.de Rubrik Forschungsschwerpunkte, Forstliches Umweltmonitoring, Forschung an Dauerbeobachtungsflächen) abrufbar.

Beschreibung der Fläche Buche 212 Neuhäusel, EU-Level-II 04/0704

Die Level-II-Fläche 04/0704 befindet sich auf der Montabaurer Höhe im Wuchsgebiet Westerwald ca. 380 m über NN in Plateau- und nach Norden ausgerichteter Oberhanglage. Die langjährigen Mittel der Lufttemperatur liegen bei 8,1 °C, die Niederschlagssummen bei 956 mm. Sie ist Bestandteil des Naturparks Nassau und liegt ca. 8 km südwestlich der Stadt Montabaur. Der geschlossene Untersuchungsbestand der Level-II-Fläche hat eine Größe von 17,3 ha und besteht nahezu ausschließlich aus etwa 100-jähriger Buche. Der Untersuchungsbestand ist Teil eines größeren Buchenaltholzkomplexes; nach Süden schließen sich verschiedene Gruppen unterschiedlich alter Bestände (Kultur bis Altbestand) an. Die Bestandesgrenze ist nach Süden hin in weiten Bereichen offen. In der südlich angrenzenden Tannenkultur befindet sich auf einem Messturm die Freiland-Depositionsmessanlage, der im Jahr 2000 um etwa 200 m nach Westen in eine Bestandeslücke verlegt wurde. Die nächste Waldmessstation des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) liegt ca. 2 km nördlich (Station Westerwald-Neuhäusel).

Der Standort des großflächigen, von der Bestockung her weitgehend homogenen Untersuchungsbestandes ist nicht einheitlich. Das geologische Ausgangssubstrat gliedert sich in Emsquarzit ohne bzw. mit nur geringer Bimsbeimischung und Emsquarzit mit z.T. mächtiger Bimsüberlagerung. Um diese standörtlichen Unterschiede adäquat zu erfassen, wurden alle Beobachtungsflächen und Messanlagen jeweils auf beiden Standortvarianten eingerichtet. Die Aufgliederung in standörtlich unterschiedliche Teilflächen innerhalb des gleichen Buchengrundbestandes eröffnet durch einen Vergleich der Teilergebnisse die Möglichkeit einer Differentialdiagnose.

Die über eine Kernfläche von 12,7 ha des Untersuchungsbestandes erstellte Kronenkarte von 2.373 Bäumen zeigt im Jahr 1995 eine relativ homogene Schädigung des Bestandes bezüglich der Schadstufenverteilung. Aus dieser Kartierung werden keine größeren Unterschiede zwischen bimsüberlagertem und nicht bimsüberlagertem Emsquarzit ersichtlich. Auch der freistehende Bestandesrand scheint keine größeren Schäden aufzuweisen. Die Schadstufen werden ausschließlich durch die Kronenverlichtungsstufen bestimmt, die Vergilbung ist ohne Bedeutung. Der Vergleich der Ergebnisse der CIR-Luftbildkartierung zeigt für alle Teiluntersuchungsflächen sehr ähnliche Häufigkeitsverteilungen hinsichtlich der Kriterien „Blattverlust“ und „Vergilbung“. Die statistische Analyse ergibt, dass alle Teilflächen

hinsichtlich Blattverlust und Vergilbung als repräsentativ für das Gesamtareal des Untersuchungsbestandes angesehen werden können. Dies gilt auch für den Kronenzustand der beiden unterschiedlichen Standorte.

Beschreibung der Fläche Eiche 405 Merzalben, EU-Level-II-Fläche 04/0705

Die Level-II-Fläche 04/0705 befindet sich im Wuchsgebiet Pfälzerwald, ca. 20 km südlich der Stadt Kaiserslautern 550 m über NN in Plateaulage. Die langjährigen Mittel der Lufttemperatur liegen bei 7,9 °C, die Niederschlagssummen bei 1067 mm. Sie liegt inmitten des Naturparks Pfälzerwald, gleichzeitig Biosphärenreservat und größtes geschlossenes Waldgebiet in Rheinland-Pfalz. Der 9,2 ha große Untersuchungsbestand besteht überwiegend aus 200-jährigen Traubeneichen mit ca. 90-jährigem Buchenunterstand, im Oberstand sind Fichten, Tannen und Buchen einzeln bis gruppenweise beigemischt. Erkennbare Lücken sind durch den Sturmwurf 1990 entstanden. Da der Buchenunterstand durch den Sturm 1990 meist nicht beeinflusst wurde, werden sich diese Lücken mittelfristig durch die sich ausbreitenden Buchen wieder schließen. Der Untersuchungsbestand ist Teil eines größeren, nach Nordosten ausgedehnten Eichen-(Buchen)-Altholzkomplexes. Im Norden schließen sich größere Eichendickungen, nach Westen bzw. Südwesten Buchenstangenhölzer mit beigemischt Nadelbäumen und eine Buchen-Eichen-Naturverjüngung mit lockerem Altholzschirm an.

Zu den Dauerbeobachtungsflächen „Kronenzustand“, „Bodenzustand“ und „Bodenevegetation“ kommen in diesem Untersuchungsbestand je eine gekalkte und eine ungekalkte Wasserhaushalts- und Bioelementbilanzierungsfläche mit Messungen von Bodensickerwasser, Bodensaugspannung, Bodenwassergehalt, Streufall und Meteorologie. Die Kalkung erfolgte mit 6 t Dolomit/ha im Dezember 1988. Diese Level-II-Fläche entspricht somit in etwa einem noch festzulegenden Level-III-Standard. Die meteorologische Freilandmessstation und die Freiland-Depositionsmessanlage liegen ca. 600 m nordwestlich des Untersuchungsbestandes, die nächste Waldmessstation des Zentralen Immissionsmessnetzes ca. 1 km in östlicher Richtung.

Die über eine Kernfläche von 9,2 ha des Untersuchungsbestandes erstellte Kronenkarte von 1.971 Bäumen lässt im Jahr 1995 tendenziell eine inhomogene Schadstufenverteilung erkennen. Geringer verlichtete Eichen treten im nördlichen Bereich des Untersuchungsbestandes gehäuft auf. Stärkere Vergilbung trägt in nur in wenigen Fällen zur Erhöhung der Schadstufe bei. Der Vergleich der Ergebnisse der CIR-Luftbildkartierung der Dauerbeobachtungsflächen „Kronenzustand“, „Bodenzustand“ sowie der beiden Wasserhaushalts- und Bilanzierungsflächen und des gesamten gekalkten Areals mit dem Untersuchungsbestand, zeigt bei der durchschnittlichen Kronenverlichtung Unterschiede bis zu 11%-Punkten (Bodendauerbeobachtungsfläche zu Gesamtbestand). Bei vergleichsweise geringem Vergilbungsanteil sind bei diesem Merkmal Unterschiede von bis zu 2%-Punkten zu verzeichnen. Die statistische Analyse belegt, dass im Jahr 1995 lediglich die Dauerbeobachtungsfläche „Bodenzustand“ hinsichtlich ihrer Kronenverlichtung als signifikant verschieden angesehen werden muss.

In den Jahren 1996 und 1997 war der Untersuchungsbestand von einer Massenvermehrung von Schmetterlingen der Eichwickler-/Frostspanner-Fraßgesellschaft betroffen und wurde zweimal in Folge jeweils im Frühjahr durch Raupenfraß stark entlaubt. Die nachwachsenden Regenerationstrieb wurden in unterschiedlichem Ausmaß von Mehltäupilzen befallen. In der Folge nahm die Kronenverlichtung stark zu. Die stark geschädigten Eichen wurden häufig

vom Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agilus biguttatus*) befallen und zum Absterben gebracht. Seitdem sterben in den folgenden Jahren immer wieder einzelne Eichen unter Mitwirkung von Prachtkäferbefall ab.

Beschreibung der Fläche Eiche 408 Schaidt, EU-Level-II-Fläche 04/0706

Die Level-II-Fläche 04/0706 liegt inmitten des Bienwaldes, ca. 20 km westlich von Karlsruhe im Wuchsgebiet Nördliches Oberrheinisches Tiefland in ebener Lage 128 m über NN. Die langjährigen Mittel der Lufttemperatur liegen bei 10,4 °C, die Niederschlagssummen bei 774 mm. Der Untersuchungsbestand hat eine Größe von 11,4 ha und besteht zu etwa 70 % aus ca. 100-jährigen hauptständigen Stieleichen mit unterschiedlich ausgeprägtem Hainbuchenunterstand (1995). Als hauptständige Mischbaumarten treten Erle, Buche, Kiefer, Esche und Ulme auf. Der Bestand ist sehr stark geschädigt; 1995 sind nahezu 40 % aller hauptständigen Eichen nach zweimaligem Befall durch Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) abgestorben. Besonders stark betroffen sind Bestandespartien mit nasser Standortsverhältnissen. Der Bestand ist aus diesem Grunde unterschiedlich stark aufgelichtet. Da weitere Abgänge erfolgten, löste sich die DBF 408 ab 1997 zunehmend auf, so dass als Ersatz im Jahr 2000 die DBF 409 in einem weniger betroffenen Teil des Untersuchungsbestandes angelegt wurde. Das Umfeld des Untersuchungsbestandes ist überwiegend geprägt von Baum- und Althölzern, lediglich nach Süden schließen sich jüngere Bestände an. Die Bestände bestehen meist aus mehreren Baumarten, wobei Laubbäume dominieren.

Die Dauerbeobachtungsflächen „Kronenzustand“, „Bodenzustand“ und „Bodenvegetation“ liegen innerhalb eines vergleichsweise eng begrenzten, standörtlich jedoch, das zeigt auch die unterschiedlichen Ausfälle nach der Schwammspinnerkalamität, in Bezug auf die Wasserverhältnisse nicht homogenen Bereiches. Die Messeinrichtungen für die Bestandesdeposition, Bodensickerwasser und Streufall, sowie die Probestämme für die Blattanalysen liegen auf bzw. angrenzend zu der Bodendauerbeobachtungsfläche. Die Freiland-Depositionsmessstelle liegt ca. 2 km, die meteorologische Messstation ca. 4 km nordwestlich des Untersuchungsbestandes. Die wegen des Fehlens geeigneter Freiflächen vergleichsweise große Entfernung zwischen diesen Messeinrichtungen und dem Untersuchungsbestand dürfte bei der ebenen Lage des Waldgebietes tolerierbar sein.

Die über eine Kernfläche von 10,5 ha des Untersuchungsbestandes erstellte Kronenkarte von 2.639 Bäumen aus der Befliegung des Jahres 1995 verdeutlicht den hohen und inhomogen verteilten Anteil abgestorbener bzw. unterschiedlich stark verlichteter Eichen. Auf die gesonderte Darstellung der Vergilbung wird verzichtet, da diese im vorliegenden Fall durch den beginnenden Absterbeprozess, in der Regel durch Prachtkäfer, verursacht wird. Die hauptständigen Mischbaumarten sind ebenfalls ungleichmäßig verteilt, wobei in den etwas trockeneren Bereichen Buchen und Kiefern und in den feuchteren Teilen Erlen und Eschen dominieren. Die Kronenverlichtung dieser Baumarten ist im Aufnahmejahr vergleichsweise gering, Ausfälle sind nicht zu verzeichnen. Der Vergleich der Ergebnisse der CIR-Luftbildkartierung der Dauerbeobachtungsflächen „Kronenzustand“ und „Bodenzustand“ mit dem gesamten Untersuchungsbestand zeigt große, signifikante Unterschiede zwischen den Flächen. Während die Dauerbeobachtungsfläche „Kronenzustand“ höhere Schäden als der Gesamtbestand aufweist, liegt die Bodendauerbeobachtungsfläche im Schadniveau deutlich darunter. Auch die Ausfallraten der Baumart Eiche weisen große Unterschiede auf. Sie liegen im Gesamtbestand bei 37 %, auf der Kronenzustandsfläche bei 51 % und auf der Bodendauerbeobachtungsfläche bei 15 %.