

Teilprojekt A

Luftbild SNP 2000

Ergebnisbericht



Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	1
VERZEICHNIS ABBILDUNGEN	3
VERZEICHNIS TABELLEN	3
VERZEICHNIS ANHANG	3
1 EINLEITUNG	4
2 LUFTBILDAUSWERTUNGEN FÜR FLÄCHENDECKENDE INVENTUREN	5
2.1 ZUSAMMENHANG VON ERHEBUNGSMETHODE UND PLANUNGS-AUFGABE.....	5
2.2 ROLLE DER FERNERKUNDUNG.....	5
2.3 ERFAHRUNGEN MIT LUFTBILDEINSÄTZEN.....	6
2.4 GRUNDLAGEN DES LUFTBILDES UND SEINER BEARBEITUNG.....	6
2.4.1 Technische Grundlagen.....	6
2.4.2 Photogrammetrische Auswertungen.....	7
2.4.3 Grundlagen der Luftbildinterpretation.....	8
2.4.4 Vergleich von terrestrischer Erhebung und Luftbilderhebung.....	8
2.4.5 Bewertung von stereoskopischer Interpretation und Stereo-Zweibildauswertungen.....	9
3 LUFTBILDMATERIAL	10
3.1 BISHERIGE BEFLIEGUNGEN.....	10
3.2 BILDFLUG 1988.....	10
3.2.1 Luftbildbewertung.....	11
3.2.2 Sichtung des Bildmaterials.....	11
3.3 BEFLIEGUNG 2000.....	12
3.3.1 Technische Daten.....	12
3.3.2 Flugprogramm.....	12
3.3.3 Qualitätsbeurteilung.....	13
4 LANDSCHAFTSELEMENTE-KATALOG	14
4.1 PRINZIP DER ERFASSUNGSEBENEN.....	15
4.2 EINHEITSFLÄCHE.....	15
4.3 STANDARDMERKMALE.....	15
4.4 ZUSATZMERKMALE.....	17
5 ABGRENZUNGS- UND INTERPRETATIONSRICHTLINIEN	18
5.1 ENTSCHEIDUNGSSCHEMA.....	18
5.2 ABGRENZUNGS-RICHTLINIEN.....	18
5.2.1 Arbeitsmaterialien /-anforderungen.....	19
5.2.2 Abgrenzungsregeln.....	19
5.2.3 Mindestflächen /-längen.....	19
5.2.4 Maximalflächen.....	20
5.2.5 Weitere Interpretationshilfen.....	21
5.3 KOMPATIBILITÄT MIT DER LANA-CODIERUNG.....	21
6 TEST-INTERPRETATION	23
6.1 TESTGEBIETE.....	23
6.2 DELINIERUNG.....	23
6.3 FELDVERIFIKATION.....	24
6.4 BEISPIELSCHLÜSSEL.....	24
6.5 LUFTBILD-INTERPRETATION.....	25
6.5.1 Datenerfassung.....	25
6.5.2 Interpretationsanleitung.....	25
6.5.3 Interpretationsmöglichkeiten.....	26
6.5.4 Totholzerfassung.....	27

6.5.5	<i>Geomorphologie</i>	27
7	PHOTOGRAMMETRISCHE AUSWERTUNGEN	27
7.1	PASSPUNKTE.....	27
7.2	SCANNING	28
7.3	ORIENTIERUNG DER LUFTBILDER.....	28
7.4	DIGITALES TERRAINMODELL / DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL.....	28
7.5	DIGITALE ORTHOPHOTOS	30
7.6	ANALYTISCHE PHOTOGRAMMETRIE.....	31
8	GIS-BEARBEITUNG	32
8.1	DATENÜBERNAHME /-STRUKTUR	32
8.2	DATENAUSWERTUNG	32
8.2.1	<i>Vergleich Orthophoto – Luftbilddelinierung</i>	35
8.2.2	<i>Vergleich alte / neue Daten</i>	35
9	WORKSHOP	36
10	DATENMATERIAL	36
11	DISKUSSION / EMPFEHLUNGEN UND AUFWANDABSCHÄTZUNGEN	36
11.1	VERFAHREN	37
11.1.1	<i>Luftbild-Delinierungen</i>	38
11.1.2	<i>Luftbildinterpretationen</i>	38
11.1.3	<i>Photogrammetrische Auswertungen</i>	38
11.1.4	<i>Luftbild-Interpretationsschlüssel</i>	39
11.2	AUFWANDABSCHÄTZUNGEN.....	40
11.2.1	<i>Projekt-Management</i>	40
11.2.2	<i>Luftbildinterpretations-Schlüssel</i>	40
11.2.3	<i>Luftbilddauswertung</i>	40
11.2.4	<i>Orthophotoherstellung (Befliegungsperimeter2000)</i>	41
11.2.5	<i>Datenaufbereitungen / Dokumentation</i>	41
11.2.6	<i>Unvorhergesehenes</i>	41
11.3	EINSPARUNGSPOTENTIAL	41
12	ALTERNATIVMETHODEN	41
12.1	ORTHOPHOTOS ALS INTERPRETATIONS- UND KARTIERGRUNDLAGE.....	41
12.2	DIGITALE BILDVERARBEITUNG.....	43
12.3	SATELLITENDATEN	43
12.4	AUSBlick	44
13	WEITERES VORGEHEN	45
13.1	KLÄRUNG OFFENER FRAGEN	45
13.2	DATENAUSTAUSCH-MÖGLICHKEITEN	45
13.3	DIE NÄCHSTEN NOTWENDIGEN ARBEITEN	45
14	LITERATUR	46
15	ANHANG	49

Verzeichnis Abbildungen

Abb. 1: Flugübersicht 1988, grün = Fluglinien mit Nummer.....	10
Abb. 2: Flugübersicht 2000, blau = Fluglinien mit Nummer.....	12
Abb. 3 : Systematik der Standard- und Zusatzmerkmale.....	15
Abb. 4: Primäres Entscheidungsschema zum Standardmerkmal.....	18
Abb. 5: Deckungsgradschätzhilfe.....	21
Abb. 6: Lage der Testgebiete im Schweizerischen Nationalpark (Kartendaten: PK200® Bundesamt für Landestopographie).....	23
Abb. 7: Shaded Relief des DOM/1 vom oberen Talgebiet	30
Abb. 8: Prinzip der Orthophoto-Generierung.....	30
Abb. 9: Infrarot Orthophoto Ova Spin 1999 (links) und 2000 (rechts).....	31
Abb. 10: Infrarot Orthophoto Val dal Botsch 1999 (links) und 2000 (rechts).....	31
Abb. 11: Ausschnitt aus der Karte „Verteilung der Aufrechten Bergföhre“ (Original siehe Kartenanhang). Rot = photogrammetrisch erfasster Wanderweg, blau = Gewässerlinie..	34
Abb. 12: Überlagerung Orthophoto und Luftbildauswertung an zwei Beispielen.	35
Abb. 13: Überlagerung der Delinierungen von Kurth (rote Linien) Trepp und Campell (blaue Linien) und der Luftbildauswertung 2000 (grüne Linien).	36
Abb. 14: Mögliches Verfahren zur flächendeckenden Erfassung der Landschaftselemente im SNP. .	37

Verzeichnis Tabellen

Tabelle 1: Vergleich terrestrischer und luftbildgestützter Kartierverfahren (Mauser 1997).....	9
Tabelle 2: Technische Angaben zur 2000er Befliegung.....	12
Tabelle 3: Klassierung der Standardmerkmale und deren Definition.....	16
Tabelle 4: Mögliche Zusatzmerkmale pro Standardmerkmal.	17
Tabelle 5: Mindestflächengrößen und Erfassungformen	20
Tabelle 6: Vergleich der Ritztechnik und Tuschedelinierung.....	24
Tabelle 7: Zusatzmerkmal „Schlussgrad“	26
Tabelle 8: Flächenstatistik Testgebiete	32

Verzeichnis Anhang

Anhang 1: Typische Geländesituation im Nationalpark am Beispiel der Befliegung 1988 und 2000 in Farbinfrarot- und Normalfarbbildern.	49
Anhang 2: Interpretationsanleitung	50
Anhang 3: Entscheidungsschema A „Nicht vegetationsbedeckte Flächen“.....	51
Anhang 4: Entscheidungsschema B „Gewässer“.....	52
Anhang 5: Entscheidungsschema C „natürliche Rohbodenstandorte“	53
Anhang 6: Entscheidungsschema D „Wald“	54
Anhang 7: Entscheidungsschema E „vegetationsbedeckte Nichtwaldflächen“	55
Anhang 8: Schablone für Mindestflächen und – Breiten	56
Anhang 9: Beispielschlüssel Landschaftselement „subalpine / alpine Rasengesellschaften“.....	57
Anhang 10: Landschaftselement „Bergföhrenwald“	58
Anhang 11: Bildübersicht der gescannten Luftbildaufnahmen.	59
Anhang 12: Aerotriangulation „Testgebiet 1 Ova Spin“.....	60
Anhang 13: Aerotriangulation „Testgebiet 2 Val dal Botsch“	61
Anhang 14: Protokoll vom Workshop am 21.11.2000.....	62

1 Einleitung

Aufgrund der Einladung zur Offertstellung vom 05.03.2000 und den Abklärungen mit den Vertretern des GIS-SNP ist das Projektteam davon ausgegangen, dass im Rahmen des Pilotprojektes Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten sind, die den praktischen Einsatz eines Verfahrens zur Bearbeitung von Luftbildern im SNP voraussichtlich ab 2001 ermöglichen. Der knappe vorgegebene Zeit- und Finanzrahmen erlaubte nicht die Entwicklung neuer Methoden.

Das Projektteam hat sich daher entschlossen, das Pilotprojekt auf schon vorhandene und in der Praxis bewährte Verfahren abzustützen. Diese beinhalten interaktive analoge und digitale Methoden. Die digitale automatische Bildklassifikation wird für dieses Pilotprojekt nicht weiter berücksichtigt. Die visuelle Luftbildinterpretation stellt ein zuverlässiges und praxistaugliches Verfahren dar und ist durch zahlreiche Beispiele dokumentiert. Im Rahmen des Pilotprojektes werden direkte und indirekte Auswertemethoden geprüft. Darunter ist keine Entwicklung neuer Methoden zu verstehen, sondern die sinnvolle Anpassung vorhandener Methoden an die Bedürfnisse des Nationalparks. Inhaltliches Schwergewicht bildet die Forderung, eine Basisauswertung für laufende und zukünftige Anwendungen im Nationalpark zu erarbeiten. Die Erstellung einer hierarchisch einwandfreien und offenen Systematik der Landschaftselemente und -objekte ist daher ein wesentlicher Bestandteil dieser Pilotstudie. Die photogrammetrische Auswertung wird exemplarisch durchgeführt. Beispiele für weitere digitale Luftbildprodukte (Orthophotos, DOM) werden ebenfalls einbezogen. Die inhaltliche und geometrische Genauigkeit dieser Basisauswertung setzt die Massstäbe für zukünftige Auswertungen, die auf diesen Datensatz aufbauen wollen. Die Integration möglicher Parkerweiterungen und Folgeinventuren wird bestmöglich berücksichtigt.

Das Projektteam, bestehend aus verschiedenen Spezialisten der einzelnen Arbeitsschritte, möchte mit der vorliegenden Pilotstudie eine optimierte Strategie der Luftbildauswertung für den Schweizerischen Nationalpark vorschlagen. Der vorliegende Bericht zeigt auch weitere technische Möglichkeiten und Auswertemethoden aus der Sicht des Praktikers auf. Er kann jedoch nur einen Überblick über das mögliche Verfahren geben.

Das Projektteam setzt sich wie folgt zusammen:

- **Bundesamt für Landestopographie, Flugdienst / KSL, Dübendorf (Hp. Gautschi)**
- **Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf (H. Mauser)**
- **SCHERRER Ingenieurbüro AG, Nesslau (M. Wortmann)**
- **Swissphoto AG, Regensdorf-Watt (Th. Kersten)**

2 Luftbildauswertungen für flächendeckende Inventuren

2.1 Zusammenhang von Erhebungsmethode und Planungsaufgabe

Die geplante Luftbilderhebung im SNP ist Teil einer umfassenden Planungs- und Managementaufgabe. Aus dieser leiten sich Anforderungen und Rahmenbedingungen ab, die bei der luftbildgestützten Erhebung bzw. den dabei einzusetzenden Methoden beachtet werden müssen.

Am Beispiel der forstlichen Planung und des möglichen Beitrages der Satellitenbild-Fernerkundung stellen HOLMGREN/THURESSON (1998) grundsätzliche Gedanken betreffend die Beurteilung von Erhebungsmethoden vor. Planung zielt darauf ab, das Vorgehen für die Erfüllung einer Aufgabe mit dem höchst möglich erreichbaren Nutzen zu bestimmen. Die übergeordneten Ziele für diese Aufgabe müssen bekannt sein, bevor die Planung begonnen und die Informationsbedürfnisse definiert werden können. Nach der Planungsphase müssen Entscheidungen gefällt werden, die in die Realität umzusetzen sind. Informationen, die für die Planung verwendet werden, sollen für diese Entscheidung relevant, ausreichend genau und kosteneffizient sein. Die Methode, mit der diese Informationen gewonnen werden, soll kostengünstiger als alternative Methoden sein oder zu einer ausgereifteren Entscheidung führen.

Für den SNP zeichnet sich ab, dass die jetzt aktuelle Luftbildinventur Teil eines langfristig ausgelegten Beobachtungsprogramms ist, in dem periodisch Wiederholungsinventuren zur Feststellung von Veränderungen erfolgen werden. Daraus ergeben sich Anforderungen, die bereits bei der Ersterhebung berücksichtigt werden müssen. Um tatsächliche Veränderungen vom methodenbedingten "Rauschen" unterscheiden zu können, sind von Beginn an höhere Genauigkeitsansprüche zu erfüllen als bei einer einmaligen Erhebung. Für die Festlegung dieser Genauigkeitsansprüche müssen aber die Ziele des gesamten Beobachtungsprogramms definiert und daraus die Anforderungen an die Veränderungserfassung abgeleitet werden.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, dass im Rahmen des Pilotprojektes das auftragnehmende Konsortium nur einen der notwendigen Beiträge für eine effiziente Erfassung der flächendeckenden Erhebung im SNP auf der Grundlage von Luftbildern liefern kann. Der SNP selbst muss die übergeordneten Ziele festlegen und daraus die Informationsbedürfnisse ableiten. Die Arbeit des Konsortiums im Pilotprojekt will dazu von der Methodenseite her Denkanstösse bzw. Vorschläge liefern und Möglichkeiten aufzeigen.

2.2 Rolle der Fernerkundung

Für die Erhebung von Informationen über die Landoberfläche und ihre Vegetationsbedeckung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die Fernerkundung, als eine von diesen möglichen Methoden, soll für den Planungsprozess und dessen Ergebnisse einen Mehrwert erbringen. Die gewonnenen Informationen sollen kostengünstiger als jene sein, die mit anderen Methoden erhoben werden, oder einen besseren Informationsgehalt aufweisen oder beide Vorteile vereinen.

Die Fernerkundung bietet mehrere Aufnahme- und Bearbeitungsverfahren an. Die Eignung einer Fernerkundungsmethode für die effiziente Lösung einer Inventuraufgabe ist von vielen Faktoren abhängig. Vernachlässigt man vorerst wirtschaftliche Gesichtspunkte, sind neben den Eigenschaften des Aufnahmesystems und des Bearbeitungsverfahrens vor allem zwei Komplexe entscheidend: das Inventurziel und die Charakteristik des Inventurgebietes. Das Inventurziel bestimmt die Art, Detaillierung und Genauigkeit der zu erhebenden Informationen. Die Gebietscharakteristik ist entscheidend für die Auswahl jener Sensoren und Verfahren, mit denen die geforderten Informationen in der gewünschten Qualität gewonnen werden können.

In den intensiv genutzten Landschaften West- und Mitteleuropas werden in der Regel hohe Anforderungen an flächendeckende Landschaftsinventuren gestellt. Eine grosse Zahl von Merkmalen, differenziert in mehrere Klassen, ist mit hoher thematischer und geometrischer Genauigkeit zu erheben. Dies gilt auch für die Inventuraufgaben im SNP. Das Inventurgebiet SNP ist durch eine stark bewegte Topographie sowie durch eine grosse Vielfalt an Landoberflächen- und Landbedeckungsformen mit einem kleinflächig wechselnden Flächenmosaik geprägt. Diese Gebietscharakteristik

erlaubt es nicht, mit den bisher bekannten und relativ gut verfügbaren Satellitendaten LANDSAT-TM, SPOT und IRS die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Im EU-Projekt ALPMON wurden die Grenzen dieser Systeme für den SNP aufgezeigt (ALPMON, 2000). Daher kommen auf absehbare Zeit nur luftbildgestützte Erhebungen für die Aufgabenstellungen im SNP in Frage. In Kapitel 11.2.5 werden alternative Erhebungsmethoden näher behandelt.

2.3 Erfahrungen mit Luftbildeinsätzen

Die thematische und geometrische Auswertung von Luftbildern wird in Europa seit Jahrzehnten in zunehmendem Umfang für Erhebungen bei der Bewältigung von Planungsaufgaben in den Bereichen Naturschutz, Landschaftsplanung und Forstwirtschaft eingesetzt. Flächendeckende Landschaftsinventuren mit Hilfe von CIR-Luftbildern sind in zahlreichen deutschen Bundesländern schon durchgeführt worden (Bierhals, 1988, Kenneweg, 1994, 1996). Grundlage all dieser Kartierungen war die Kartieranleitung des Bundesamtes für Naturschutz (LANA, 1995).

Wurde in früheren Jahren das Luftbild grösstenteils nur als Orientierungshilfe bzw. Grundlage für die Erfassung von Kartierergebnissen genutzt, dient es heute als eigentliche Datenquelle, aus der direkt die gewünschten Informationen entnommen werden. Die zunehmende Verwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS) in der Landnutzungsplanung hat dazu geführt, dass vermehrt lagerichtige und flächendeckende Informationen in digitaler Form benötigt werden. Daher wurden in vielen Bereich in den letzten Jahren einfache Interpretationsverfahren durch Ansätze abgelöst, in denen die Interpretation und die photogrammetrische Bearbeitung kombiniert bzw. integriert werden. Eine Übersicht über diese Verfahren am Beispiel Forstwirtschaft gibt PRÖBSTING (1994).

In der Schweiz gibt es umfangreiche Erfahrungen mit luftbildgestützten Erhebungen, sowohl bei kleinräumigen (z.B. BOLLIGER, 1993; BUWAL, 1996; GINZLER et al, 1999; WORTMANN, 1997) wie auch bei grossräumigen bzw. landesweiten Erhebungsaufgaben (z.B. SCHERRER et al. 1990; SCHERRER 1993; BFS 1992).

Auch für Nationalparkaufgaben wurden und werden Luftbilder eingesetzt. Der Nationalpark Berchtesgaden führt seit vielen Jahren Inventuren mit CIR-Luftbildern durch und verwendet seit der letzten Erhebung als Grundlage den Schlüssel aus der oben erwähnten flächendeckenden Landschaftsinventur in Deutschland (KIAS et. al 1996a, 1996b). Aufgrund der Naturraumausstattung im Hochgebirge waren jedoch spezielle Anpassungen notwendig. Der Nationalpark Hohe Tauern in Österreich lässt in einer Pilotstudie "Luftbildinterpretation Nationalpark Hohe Tauern" prüfen, ob der Kartierschlüssel für die Situation des NP Hohe Tauern geeignet ist. Ziel ist es, die Kartierungsergebnisse miteinander vergleichen zu können. Auch für den SNP wurde ein erster Schritt in diese Richtung bereits 1988 gesetzt. Damals wurde der SNP vollständig mit Farbinfrarot- und Normalfarbluftbildern aufgenommen und Passpunkte vermessen. Eine nachfolgende Bearbeitung fand aber nicht statt (siehe auch Kapitel 3.2).

In allen Erhebungen, bei denen Luftbilder die Daten für danach getroffene Planungsentscheidungen geliefert haben, wurde bei der Erfassung der thematischen Informationen die interaktive Methode der visuellen Interpretation durch eine Fachperson eingesetzt. Für alpine Regionen ist keine Luftbild-erhebung bekannt, in der automatische oder halbautomatische Verfahren zur Gewinnung thematischer Informationen auf grösserer Fläche bei inhomogener Landbedeckung zu Ergebnissen geführt haben, die nachfolgend in der Planung verwendet wurden.

2.4 Grundlagen des Luftbildes und seiner Bearbeitung

2.4.1 Technische Grundlagen

Das Luftbild ist ein Umweltdokument, das den Zustand der Landoberfläche zum Zeitpunkt der Aufnahme wiedergibt. Unter "Luftbild" wird eine grossformatige Aufnahme verstanden, die aus einem Flugzeug mit einer für Photogrammetriezwecke konstruierten Kamera in senkrechter Blickrichtung aufgenommen wurde. Auf die detaillierte Darstellung der theoretischen und technischen Grundlagen des Luftbildes und seiner Bearbeitung wird hier weitgehend verzichtet und dafür auf die Literatur verwiesen (z.B. DIETZ, K., 1981; HILDEBRANDT, 1996). Ausgewählte wichtige Punkte werden im folgenden kurz dargestellt.

Aus der Tatsache, dass Luftbilder die Erdoberfläche in Zentralperspektive abbilden, ergeben sich gravierende Konsequenzen. Nur in einem Ausnahmefall bildet ein Luftbild die aufgenommene Landoberfläche vollständig massstabs- und lagerichtig ab: Bei ebenem Gelände, darauf senkrecht stehender Aufnahmeachse und einem senkrecht auf die Filmebene stehenden Bildhauptstrahl. Da diese Bedingungen praktisch nie erfüllt sind, weist jedes Luftbild in seiner Abbildung der Landoberfläche Lage- und Massstabsänderungen auf, die im wesentlichen durch das Relief, die Neigungen der Aufnahmeachsen, die Verzeichnung des Objektivs sowie die Kamerabrennweite bedingt sind. Diese Lage- und Massstabsänderungen können mit Methoden der Photogrammetrie bestimmt und ausgeglichen werden. Dabei wird eine entzerrte, lage- und winkeltreue Abbildung der erfassten Objekte erstellt. Diese Methoden unterscheiden sich bezüglich Genauigkeiten und Aufwand.

Für Luftbildaufnahmen sind verschiedene Filmarten verfügbar. Am häufigsten werden Schwarz/Weiss-, Farb- oder Farbinfrarotaufnahmen verwendet. Für vegetationsbezogene Erhebungen bietet der Farbinfrarotfilm (abgekürzt FIR oder CIR für Color-Infrared) die besten Voraussetzungen und wird daher auch für die Erhebungsaufgabe im SNP empfohlen. Diese besondere Eignung ergibt sich aus

1. dem speziellen Reflexionsverhalten von Vegetation. Im Nahen Infrarot wird viel mehr Energie reflektiert. Dies gibt grössere Differenzierungsmöglichkeiten als im sichtbaren Wellenlängenbereich.
2. dem dreischichtigen Aufbau des FIR-Films, der drei Wellenlängenbereiche getrennt aufzeichnet und damit eine bessere Differenzierung als einschichtige Filme erlaubt.
3. aus den unterschiedlichen Veränderungen des Reflexionsverhaltens von Vegetation in verschiedenen Spektralbereichen, die zu deutlichen Abbildungsunterschieden im FIR-Film führen,

Die Punkte 1 bis 3 begründen die bessere Eignung gegenüber einem Schwarz/Weissfilm, die Punkte 1 und teilweise 3 gegenüber dem normalen Farbfilm. Am Beispiel von Moorvegetation hat GAUTSCHI (1999) die Einzelheiten der spektralen Information im Farbinfrarotfilm und ihre Abhängigkeit von der phänologischen Entwicklung untersucht. Die langjährigen umfangreichen Erfahrungen der L+T, Flugdienst/KSL und die überdurchschnittlich gute Qualität der von ihr aufgenommenen FIR-Bilder belegen, dass die höheren Anforderungen an den Einsatz des FIR-Films sowie den Entwicklungsprozess erfüllt werden können.

2.4.2 Photogrammetrische Auswertungen

Die photogrammetrische Bearbeitung dient der Gewinnung geometrischer Informationen aus Luftbildern. Eine ausführliche Darstellung der Grundlagen und Methoden der Photogrammetrie (=Luftbildmessung) findet sich in KRAUS (1994). Die derzeit genaueste Methode für die Bestimmung und Ausgleichung der Lage- und Massstabsänderungen im Luftbild (Kap. 2.4.1) ist jene der Stereo-Zweibildauswertung an einem analytischen Auswertegerät. Dabei bilden zwei benachbarte, einander teilweise überdeckende Luftbilder das sogenannte Stereomodell. Jeder darin befindliche Objektpunkt wird in den beiden Bildern mit unterschiedlichen Winkeln abgebildet. Voraussetzung für die genaue Bestimmung der Lage eines Objektpunktes im Landeskoordinatensystem ist die absolute Orientierung des Stereomodells. Dabei wird mit Hilfe von Passpunkten der mathematische Bezug zwischen dem Luftbild bzw. Stereomodell und dem Landeskoordinatensystem hergestellt. In einem absolut orientierten Stereomodell liefert jede nachfolgende photogrammetrische Messung eines Punktes dessen genaue Lage- und Höhenkoordinaten. Dazu werden für den gemessenen Punkt seine Abbildungsstrahlen in jedem der beiden benachbarten Luftbilder bestimmt. Der Abbildungsstrahl ist jene Verbindungslinie zwischen dem Punkt in der Natur und seiner Abbildung auf dem Film, die durch das Projektionszentrum der Kamera geht. Durch den rechnerischen Verschnitt dieser beiden Abbildungsstrahlen wird die Lage des Punktes im Landeskoordinatensystem mittels exakter mathematischer Lösung bestimmt, bei der alle Lage- und Massstabsänderungen ausgeglichen werden. Bei einem analytischen Auswertegerät wird der Bezug zwischen dem analogen Luftbild und dem Landeskoordinatensystem mit Hilfe eines Steuerrechners hergestellt. Wenn bei Luftbildinventuren von photogrammetrischer Auswertung, photogrammetrischer Messung oder analytischer Auswertung gesprochen wird, ist das dargestellte Verfahren der Stereo-Zweibildauswertung gemeint.

Die Stereo-Zweibildauswertung an einer digitalen Photogrammetriestation verwendet nicht mehr die analogen Luftbilder, sondern digitale Daten nach dem Scannen der Bilder. Unter der Bezeichnung "Digitale Photogrammetrie" wird diese Form der Luftbildbearbeitung verstanden. In Abhängigkeit von der Auflösung beim Scannen kommt die dabei erreichbare Genauigkeit jener in einem analytischen Auswertegerät sehr nahe.

2.4.3 Grundlagen der Luftbildinterpretation

Unter Luftbildinterpretation versteht man die Gewinnung nicht-metrischer, thematischer Informationen aus Luftbildern. Die Interpretation ist ein komplexer Prozess, der vom Bearbeiter vielfältige Fähigkeiten und fachliche Kompetenzen erfordert.

Die Luftbildinterpretation umfasst das Erkennen, Identifizieren, Deuten und Auslegen von Bildinhalten. Sie basiert einerseits auf der Reizaufnahme beim Sehen und sinnlichen Wahrnehmen von Unterschieden (Grauwerte, Farben) und Bildgestalten, andererseits auf dem bewussten Erfassen der Seherlebnisse und Wahrnehmungsinhalte sowie sich daraus ergebende Assoziationen. Das Sehen und Unterscheiden wird von physischen Fähigkeiten des Betrachters bestimmt und von photographischen Qualitäten des Bildes beeinflusst. Das bewusste Erfassen des Gesehenen und Wahrgenommenen ist demgegenüber eine intellektuelle Leistung. Diese setzt sowohl Sachkenntnisse als auch geistige Fähigkeiten voraus, wie vergleichen, erinnern, abstrahieren, assoziieren und schlussfolgern können. Sachkenntnisse und diese Fähigkeiten führen zum Erkennen von Objekten, Strukturen und Zusammenhängen, zum Deuten solcher Gegebenheiten, dort wo das Erkennen aus dem Gesehenen und Wahrgenommenen nicht offenkundig ist sowie zum Wiedererkennen zuvor schon einmal verifizierter Sachverhalte. Mit zunehmenden Ansprüchen an die Interpretation nimmt das Gewicht von a-priori-Wissen und zusätzlichen Informationen über sachbezogene, örtliche und zeitliche Faktoren progressiv zu (HILDEBRANDT, 1996).

Objekte unterscheiden sich voneinander in ihren Farbmerkmalen, aber auch in ihrer dreidimensionalen Struktur. Nur bei der stereoskopischen Betrachtung von Stereomodellen können beide Merkmalsgruppen bei der Erhebung thematischer Informationen im Zuge der Interpretation genutzt werden. In der Luftbildanwendung der letzten Jahrzehnte haben die Strukturmerkmale zunehmend an Bedeutung gewonnen, da ihre Einbeziehung eine höhere Beurteilungssicherheit gegenüber Erhebungen aufweist, die nur auf der Interpretation von Farbunterschieden beruhen. International abgestimmte Interpretationsschlüssel für forstliche Merkmale stützen vor allem auf Strukturmerkmale ab (CEC, 1991; AFL, 1999). Luftbildinterpretation nach dem heutigen Stand der Technik verlangt zwingend nach der stereoskopischen Betrachtung. Diese kann an einem Stereoskop, analytischen Auswertegerät oder an einer digitalen Photogrammetriestation erfolgen.

2.4.4 Vergleich von terrestrischer Erhebung und Luftbilderhebung

In Tabelle 1 wird die Eignung von terrestrischer Erhebung mit jener der Luftbilderhebung verglichen. Dabei wird zu jedem Kriterium eine relative Bewertung zwischen den beiden Verfahren versucht und die wichtigsten Argumente stichwortartig dargestellt. Dabei wurde vom Allgemeinfall ausgegangen. Die Berücksichtigung aller denkbaren Situationen ist unmöglich und in einer tabellarischen Darstellung wahrscheinlich nicht lesbar. Je nach Aufgabenstellung und natürlichen Gegebenheiten werden die dargestellten Kriterien mit unterschiedlichem Gewicht in die Entscheidung über die Inventurmethode einfließen. Das Luftbild erlaubt die Erhebung einer Vielzahl von notwendigen Informationen. Darüber hinaus liegen die Stärken in der Dokumentation des vorgefundenen Zustandes und in der umfassenden Nachvollziehbarkeit von Erhebungen. Bei gleicher oder höherer Erhebungsintensität können grosse Gebiete in kurzer Zeit mit einem kleinen Personenkreis bearbeitet werden. Allerdings sind nicht alle gewünschten Informationen im Luftbild erfassbar. Dies gilt insbesondere für die Merkmale innerhalb von Waldbeständen und eine differenzierte Ausscheidung von pflanzensoziologischen Einheiten.

Die Dokumentationswirkung des Luftbildes erlaubt die Kontrolle der Richtigkeit von Erhebungen auch nach längerer Zeit. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn bei Wiederholungsaufnahmen nach mehreren Jahren oder Jahrzehnten Veränderungen festgestellt werden sollen. Nur wenn dabei die Auswirkungen von Erhebungsfehlern ausgeschaltet werden, lassen sich die tatsächlichen Veränderungen in der Natur bestimmen. Dabei ist es immer von Vorteil, den ursprünglichen Zustand quasi im Original nochmals betrachten zu können. Ausserdem ist es möglich, in älteren Luftbildern zu einem späteren Zeitpunkt Erhebungen nach neuen Gesichtspunkten durchzuführen. Mit diesem Blick zurück können Entwicklungen bestimmter Sachverhalte verfolgt und Hinweise auf Ursache-Wirkungsmechanismen gewonnen werden.

Tabelle 1: Vergleich terrestrischer und luftbildgestützter Kartierverfahren (Mauser 1997).

Erhebung im Luftbild	Kriterium	terrestrische Erhebung
einfach auch für große Gebiete	Flächendeckung	aufwendig, bei großen Gebieten geringere Differenzierung
hoch, abhängig von Bildmaßstab und Paßpunkten	Lagegenauigkeit	geringer, abhängig von Kartenunterlagen und Gelände
leicht, da Blick von oben	Orientierung im Untersuchungsgebiet	schwieriger, abhängig von Gelände und Kartenunterlagen
leicht, da Blick von oben	Erkennbarkeit von Lagebeziehungen und Verteilungsmustern	schwierig, abhängig von Orientierung im Gelände und der Übersichtlichkeit
leicht, da Blick von oben	Beurteilbarkeit von fließenden Übergängen	schwierig, abhängig von Orientierung im Gelände und der Übersichtlichkeit
leicht, da Blick von oben	Beurteilbarkeit von kleinflächigen Mosaiken	schwierig, abhängig von Orientierung im Gelände und der Übersichtlichkeit
schwierig bis unmöglich, abhängig von Bestandesdichte und Bildmaßstab	Erkennbarkeit von bodennahen Merkmalen (z.B. Kleinrelief, Bodenvegetation, Verjüngung)	leicht, abhängig von Begehrbarkeit
schwierig bis unmöglich, abhängig von Bestandesdichte und Bildmaßstab	Erkennbarkeit von Merkmalen im Bestandesinneren (z.B. Stammschäden, Schaftgüte, Mittel- Unterschicht)	leicht, abhängig von Begehrbarkeit
leicht, da Zeitreihen von Luftbilddokumenten	Erkennbarkeit von Veränderungen	mit Vorbehalt, da keine Originalinformationen
leicht durch direkten Vergleich unterschiedlich alter Luftbilder	direkte Erhebung von Veränderungen	schwieriger, da nur abgeleitete Informationen verfügbar
leichte Koordination, einheitliche Genauigkeit, kleines Bearbeiterteam	Mehrfachverwendung für andere raumrelevante Planungen	leichte Koordination, i.d.R. größeres Bearbeiterteam, einheitliche Genauigkeit nur bei gleichzeitiger, gemeinsamer Kartierung
leicht, da Luftbilddokumente	Nachvollziehbarkeit, Wiederholbarkeit	schwieriger, da sich Untersuchungsobjekt im Laufe der Zeit verändert
kaum bedeutend, da nur kurzer Zeitraum für Bildflug	Veränderungen während der Aufnahme	in Abhängigkeit von Erhebungsdauer unbedeutend bis bedeutend
nur für Referenzerhebungen und zur Verifikation bedeutend bei Bildflug	Begehrbarkeit des Untersuchungsgebietes	vor allem für laufende Erhebung bedeutend
	Wetterabhängigkeit	während ganzer Erhebung
hoch pro Person	Flächenleistung bei gegebener Erhebungsintensität und Genauigkeitsanforderungen	geringer pro Person
gering, für Referenzerhebung und Verifikation	Aufwand für Feldarbeiten	hoch, für gesamte Erhebung und Verifikation
hoch, Projektvorbereitung, Flugplanung, Bildflug, absolute Orientierung	Aufwand für Vorarbeiten	geringer, Projektvorbereitung
hoch, Bildflug, Interpretation, Photogrammetrie	Geräteaufwand	gering
gering, da bei Photogrammetrie	Aufwand für digitale Erfassung	höher, da Digitalisierung notwendig
hoch, da hoher Geräteanteil	Umfang und Notwendigkeit von Investitionen	gering
abhängig von Erfahrung	Aufwand für Schulung	abhängig von Erfahrung
gering, da Luftbildvergleich im Büro	Aufwand für Qualitätskontrolle	höher, da Kontrollaufnahmen im Feld
gering	Zeitbedarf für laufende Abstimmung mehrerer Bearbeiter	höher, da Wegzeiten im Feld

2.4.5 Bewertung von stereoskopischer Interpretation und Stereo-Zweibildauswertungen

Die stereoskopische Interpretation zusammen mit der Stereo-Zweibildauswertung haben sich in den vergangenen Jahrzehnten als praktikable Verfahren für luftbildgestützte Landschaftserhebungen bewährt. Sie liefern Ergebnisse, deren Verwendbarkeit für Planungen und Entscheidungen nachgewiesen ist. In der Schweiz sind viele Erfahrungen bei der praktischen Durchführung vorhanden. Der hohe Anteil an interaktiven Arbeiten muss im Verhältnis zur Qualität der gewonnenen Ergebnisse gesehen werden. Alternative Erhebungsmethoden sind ebenfalls mit einem hohen Aufwand verbunden, insbesondere wenn sie gleichwertige Ergebnisse liefern sollen. Der Nachvollziehbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Interpretationsergebnisse sind prinzipielle Grenzen gesetzt, die auch für andere Verfahren, insbesondere die Feldkartierung gelten. Versuche, mit automatischen Bildklassifikationen für die vorgegebene Fragestellung objektive Abgrenzungen zu erhalten, befinden sich noch in der Experimentierphase. In der Natur gibt es eher selten klare, zwingende Grenzen zwischen unterschiedlichen Flächenarten. Vielfach treten häufig allmähliche Übergänge, Verzahnungen und Mosaikflächen auf, für die eine eindeutige Unterscheidung und Grenzziehung nicht möglich ist. In derartigen Fällen sind mehrere, gleichwertige Grenzzentscheide möglich. Die Nachvollziehbarkeit und

Vergleichbarkeit einer Luftbildbearbeitung kann durch Interpretationsrichtlinien, Interpretationsschlüssel, Interpretentraining und laufende Abstimmung sowie eine begleitende Qualitätskontrolle verbessert werden. Das photographische Dokument Luftbild liefert dabei entscheidende Vorteile gegenüber einer Felderhebung, die zu einem späteren Zeitpunkt schwer oder nicht mehr reproduziert werden kann. Die Bedeutung von unterschiedlichen Kartierergebnissen sind allerdings im Einzelfall unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung und den Genauigkeitsanforderungen zu bewerten.

3 Luftbildmaterial

3.1 Bisherige Befliegungen

Der Nationalpark gilt als gut dokumentiertes Gebiet im Hinblick auf Luftaufnahmen. Bis 1988 wurden ca. 1268 Luftaufnahmen und ca. 820 terrestrische Stereo-Messbildaufnahmen erfasst. Vermutet werden weitere 1000 Stereoaufnahmen die in weiteren Archiven lagern (SCHERRER Ingenieurbüro SIA 1988). Bis heute wurden diese Bilder jedoch nur teilweise genutzt und eine zentrale Archivierung fehlt weitestgehend.

3.2 Bildflug 1988

1988 erfolgte im Zusammenhang des SANASILVA-Teilprogramms „Luftbild“ eine flächendeckende Simultan-Befliegung der damaligen Kernzone des Nationalparks mit CIR- und NF-Luftbildern im Massstab 1:9'000. Vor der Befliegung fand eine Signalisation ausgewählter Topopunkte statt. Schon 1988 bestand der Wunsch, ein flächendeckendes Landschaftsinventar über den Park zu erarbeiten. Verschiedene Gründe haben das Projekt zum Scheitern verurteilt. Weitere Details finden sich im Bericht „Vorstudie über die Anwendung der Fernerkundung im Schweizerischen Nationalpark“ (SCHERRER Ingenieurbüro SIA 1988). Bis heute wurden die Luftbilder für den SNP nicht genutzt (Ausnahme: Neuerstellung der Übersichtspläne „Val Minger“ und „Val Trupchun“). Abb. 1 zeigt die Flugübersicht der 88er-Befliegung.

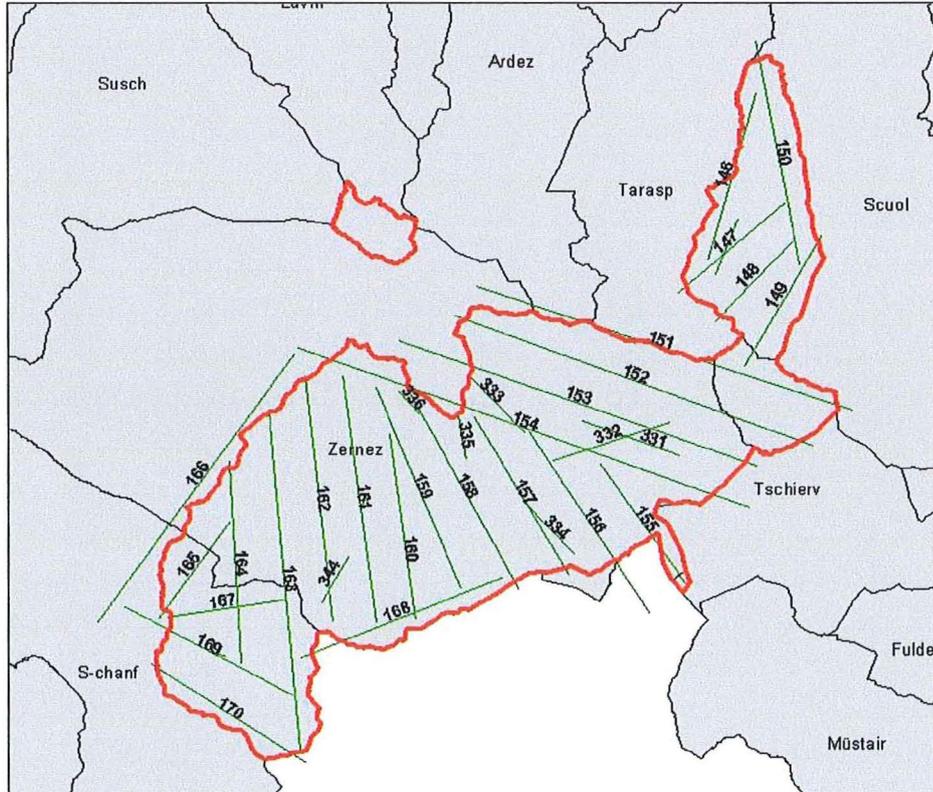


Abb. 1: Flugübersicht 1988, grün = Fluglinien mit Nummer.

3.2.1 Luftbildbewertung

Grund für eine flächendeckende Befliegung des SNP war die Waldzustandserfassung, die in den 80er Jahren grosse Bedeutung hatte. Dementsprechend wurde die Belichtung der Aufnahmen auf den Wald fixiert, was in waldlosen Regionen oft zu einer geringen Überbelichtung führte. Die Problematik der Überstrahlung in vegetationslosen Gebieten war in dieser Zeit z.T. unterschätzt worden. Für die Übersichtsplanerstellung in den Gebieten wurden NF-Bilder verwendet, weil dort die Signalisation auch in vegetationslosen Gebieten noch gut erkennbar war.

3.2.2 Sichtung des Bildmaterials

Um die Variabilität und Ausprägung der vorkommenden Landschaftselemente im Nationalpark abschätzen zu können, wurden die Luftbilder der Befliegung von 1988 komplett gesichtet und exemplarisch unter dem Aviopteren betrachtet. Es wird auf eine naturräumliche Beschreibung des Nationalparks verzichtet und auf die einschlägige Literatur verwiesen (u.a. CAMPPELL, E und W. TREPP 1968 und ZOLLER, H. 1995).

Beispielhaft werden kurz 4 Situationen umschrieben. Sie können nur einen kleinen, aber charakteristischen Teil des Spektrums im Park aufzeigen.

Situation 1, Hochwald / Gebüschwald

Als typische Waldsituation im Haupttal findet sich häufig ein klarer Übergang von Hochwald in den Gebüschwald mit Legföhrenbeständen und dann in die alpine Zone mit Rasen- und Felsfluren. Häufig werden die Waldbestände, je nach geologischem Untergrund, von klaren Rufen und Erosionsrinnen durchschnitten. Diese sind je nach Hangneigung und Substrat mit oder ohne Vegetation bedeckt. Anhang 1 zeigt diese typische Situation.

Situation 2, Aufgelöste Bestände:

Im Waldgrenzbereich finden sich häufig aufgelöste Bestände, die in Einzelbaumvorkommen übergehen. Diese aufgelösten Bestände werden oft von Lärchen und Arven gebildet. Als Bodenvegetation kommen häufig geschlossene alpine Rasengesellschaften vor.

- Typische Lärchen-Arvenwälder
- in ehemaligen Weidegebieten stark aufgelöste Bestände
- Einzelbaumvorkommen an der Waldgrenze
- Felsschuttfluren

Siehe Original-Luftbilder: CIR: FL 199164, Nr. 5429, NF: FL 199464, 1429

Situation 3, Formen der alpinen Stufe:

Oberhalb der Baumgrenze und der Rasenfluren finden sich im Parkgebiet fast alle Formen geomorphologischer Elemente der alpinen Stufe. Typische Schuttfluren mit steilen Felswänden, Firnschnee, alpine Stillgewässer, Moränen, Fliess- und Strukturböden usw. charakterisieren das Erscheinungsbild.

Siehe Original-Luftbilder: CIR: FL 199161, Nr. 5561, NF: FL199461, Nr. 1561

Situation 4, Sonderformen:

Neben der allgemeinen Formenvielfalt finden sich im Park ausgeprägte Blockschuttströme und Schuttfächer. Sie treten markant im Luftbild hervor und prägen ganze Tallandschaften.

Siehe Original-Luftbilder: CIR: FL 199159, Nr. 5523, NF: FL 199459, Nr. 1523

3.3 Befliegung 2000

3.3.1 Technische Daten

Die meteorologischen Bedingungen für die Befliegung am 24. August 2000 waren sehr gut. Das Wetter war heiter mit 0/8 Bewölkung. Die Sicht betrug über 50 km, sodass kaum Dunst einfluss vorhanden war. Total wurden 37 Fluglinien mit einer Gesamtlänge von 291 km geflogen. Der durchschnittliche Zeitaufwand für eine Fluglinie betrug ca. 8 Minuten. Der Sonnenstand lag zwischen 33° und 53° und das Sonnenazimuth zwischen 111° und 193°. Die technischen Daten der Befliegung 2000 finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Technische Angaben zur 2000er Befliegung.

	Normalfarbbilder	Farbinfrarotbilder
Kamera	Leica RC30 (FMC)	Leica RC30 (FMC)
Objektivbrennweite	303 mm	303 mm
Filmart	AGFA Avichrome 200	KODAK IR 2443
Auflösung	Ca. 80 L/mm	Ca. 63 L/mm
Bildmassstab	1:10'000	1:10'000
Längsüberdeckung	75 %	75 %
Querüberdeckung	Ca. 35 %	Ca. 35 %
Flugdatum	24. August 2000	24. August 2000
Anzahl Bilder	680	680
Flugdienst	L+T, Flugdienst / KSL	L+T, Flugdienst / KSL

3.3.2 Flugprogramm

Die Flugübersicht der Befliegung 2000 ist aus Abb. 2 ersichtlich. Im Zuge einer möglichen Nationalparkerweiterung wurden die Randgebiete der Gemeinden Zernez und Lavin mit beflogen. Obwohl die Erweiterung noch stark diskutiert wird, ist die photographische Dokumentation dieser Gebiete wertvoll und ökonomisch vertretbar.

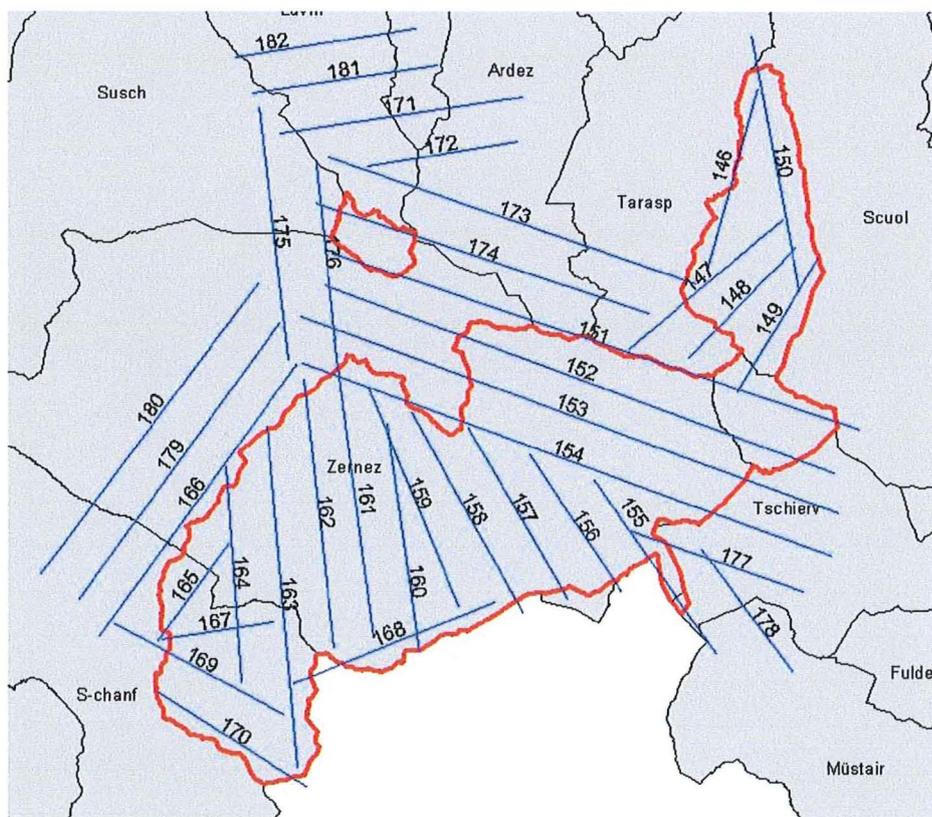


Abb. 2: Flugübersicht 2000, blau = Fluglinien mit Nummer.

3.3.3 Qualitätsbeurteilung

Die Luftbilder der 2000er Befliegung sind von guter bis sehr guter Qualität. In Teilbereichen sind aufgrund des Sonnenazimutes vereinzelt Schlagschatten vorhanden. Durch das geologische Substrat sind Teilbereiche im CIR-Bildmaterial überstrahlt, was kaum vermieden werden kann. Im NF-Film sind diese Bereiche gut differenzierbar. Der Waldbereich lässt sich mit dem vorhandenen CIR-Bildmaterial gut differenzieren.

4 Landschaftselemente-Katalog

Für flächendeckende Inventuren von Landschaftselementen ist eine Systematik oder ein Katalog aller vorkommenden Einheiten zwingend. Mit einer klaren und dokumentierten Systematik ist ein Datenaustausch auch mit anderen Gebieten möglich.

Zur Diskussion stand die Übernahme des bestehenden Kartierungsschlüssels gemäss LANA (1995). Dieser Schlüssel und dessen Codierung wird im folgenden immer mit „LANA“ bezeichnet. Da dieser Schlüssel jedoch für die Bundesrepublik Deutschland erstellt wurde und alle Naturräume von der Küste bis zum Hochgebirge abdeckt, erschien dieser nicht präzise genug, um auf die Bedürfnisse des Nationalparks einzugehen. Zudem erzeugt eine direkte Übernahme der Kodierung zu starke Zwänge. Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „Luftbildinterpretation Nationalpark Hohe Tauern“ bestätigen notwendige Anpassungen des „LANA-Schlüssels“ an die Hochgebirgssituation. Um dem schweizerischen Standard zu genügen, hätten diverse Definitionen bestimmter Elemente geändert werden müssen. So ist die Wald-Definition mit einem Deckungsgrad von 30 % in Deutschland und Österreich üblich, wohingegen in der Schweiz Wald ab 20 % Deckungsgrad ausgeschieden wird. Gebüschwälder mit Legföhren zählen gemäss LANA-Schlüssel nicht zum Wald. In der Schweiz zählt jedoch der Gebüschwald forstlich zum Waldareal. Die Waldausscheidung wird gemäss den gängigen Kriterien des Landesforstinventares durchgeführt (Schweizerisches Landesforstinventar 1993 – 95). Teilweise wurden Klassen zusammengefasst oder den spezifischen Gegebenheiten angepasst.

Um der Situation im schweizerischen Nationalpark gerecht zu werden, erschien die Erstellung einer neuen Systematik am sinnvollsten. Die Kompatibilität zum LANA-Schlüssel ist in den Bereichen der Standardmerkmale und einer Vielzahl der Zusatzmerkmale gewährleistet.

Im folgenden wird für alle Flächeneinheiten der Oberbegriff „Landschaftselement“ verwendet. Die herkömmlichen und üblichen Begriffe wie „Biotop- und Landnutzung“ sind für die Verhältnisse im Nationalpark nicht immer sinnvoll anwendbar. Insbesondere der Begriff „Landnutzung“ ist im Parkgebiet im herkömmlichen Sinne nicht angebracht, da der SNP flächendeckend als Kernzone ohne jegliche Landnutzung geschützt ist. Für eine zukünftige Parkerweiterung mit der sogenannten Umgebungszone kann dieser Begriff jedoch wieder an Bedeutung gewinnen.

Der Landschaftselemente-Katalog umfasst keine abschliessende Liste von Elementen mit festen Codes, sondern umschreibt Klassen und Merkmalskategorien in ihrer Ausprägung. So werden z.B. für den Bereich Wald individuell der Deckungsgrad der Waldbäume, die Mischungsverhältnisse der Nadel- und Laubhölzer sowie die Anteile der Bodenbedeckungen wie Stein / Fels oder Rasen pro Einheitsfläche beschrieben. Erst aus dieser individuellen Charakterisierung kann eine Codierung z.B. gemäss LANA erfolgen.

4.1 Prinzip der Erfassungsebenen

In der hierarchischen Struktur der Landschaftselemente werden die sogenannten Standardmerkmale von den Zusatzmerkmalen unterschieden. Die Anzahl der Zusatzmerkmale kann beliebig sein. Die Standardmerkmale sind in 7 Bereiche gegliedert (Abb. 3, Tabelle 3). Ziel der Standardmerkmale war es, eine gewisse Kompatibilität zur LANA-Systematik zu gewährleisten.

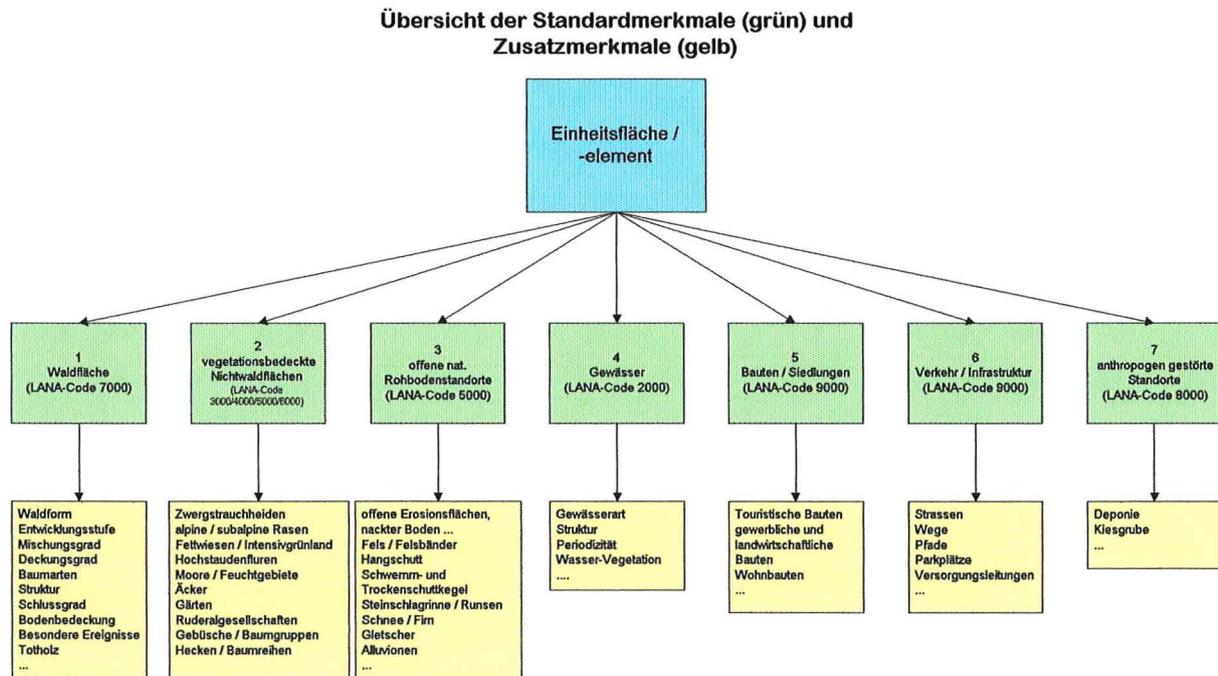


Abb. 3 : Systematik der Standard- und Zusatzmerkmale

Für jede Fläche im Datensatz muss zumindest ein Standardmerkmal definiert werden. Die Erfassung der Zusatzmerkmale ist je nach Ausprägung zwingend oder optional.

4.2 Einheitsfläche

Die Einheitsfläche bildet die Basis der Luftbildauswertung. Sie entspricht in ihrer Ausprägung primär luftbildsichtbaren Kriterien (siehe auch Kapitel 4.2 oder GINZLER, Chr. et. al. 1999). Dabei werden Flächen zusammengefasst, die durch ihre Farbe, Textur und Struktur in sich homogen erscheinen. Eine inhaltliche Wertung und Interpretation steht nicht im Vordergrund, sie sollte \pm neutral sein. Die Kartierung von Einheitsflächen in Luftbildern ist weit verbreitet.

4.3 Standardmerkmale

Tabelle 3 umschreibt grob die Inhalte der Standardmerkmale. In der zweiten Spalte werden die Codes gemäss LANA aufgeführt. Insbesondere die „vegetationsbedeckten Nichtwaldflächen“ differenzieren erst mit den Zusatzmerkmalen die weiteren Kartiereinheiten des LANA-Schlüssels. Wir unterscheiden die zwei Standardmerkmale „Verkehr/Infrastruktur“ und „Bauten/Siedlungen“, der LANA-Schlüssel fasst diese unter die „Kartiereinheit“ 9000 „Siedlung, Verkehr, Freizeit und Erholung“ zusammen. Die exemplarische Zuordnung der kartierten Einheiten zum LANA-Code wird in Kap. 5.3 beschrieben.

Tabelle 3: Klassierung der Standardmerkmale und deren Definition.

CODE gemäss SNP- Projekt	Standardmerkmal	CODE gemäss LANA (1995)	Inhalt:
1	Wald	7000	Alle bestockten Flächen, die dem Kriterium der Walddefinition entsprechen (DG \geq 0.2). Hierzu gehören auch Gebüschwälder.
2	Vegetationsbedeckte Nichtwaldflächen	3000 4000 5000 6000	Alle Flächen, die mit Vegetation bedeckt sind und nicht der Walddefinition entsprechen. Hierzu gehören z.B. fast alle offenen Vegetationseinheiten wie Rasengesellschaften, Zwergstrauchheiden, Moore, Gebüsche etc. Ferner fallen in diese Kategorie auch Hecken und Baumreihen.
3	Offene natürliche Rohboden- standorte	5000	Standorte, die mehrheitlich nicht vegetationsbedeckt sind und nicht direkt anthropogen entstanden sind. Hierzu gehören u.a. Gehängeschuttpartien, Felsen und Schotterflächen etc.
4	Gewässer	2000	Alle Formen der Binnengewässer wie Stillgewässer und Fliessgewässer.
5	Bauten / Siedlungen	9000	Flächen und Objekte, die durch Bauten geprägt sind. Hierzu zählen u.a. alle Wohngebäude, gewerbliche und landwirtschaftliche Bauten.
6	Verkehr / Infrastruktur	9000	Einrichtungen, die dem Verkehr und dem Transport dienen. Insbesondere alle Strassen und Verkehrswege, aber auch Wanderwege, Land- und Forstwirtschaftswege.
7	Anthropogen gestörte Standorte	8000	Flächen, die durch den Menschen stark beeinflusst oder künstlich erstellt worden sind. Hierzu zählen u.a. Kiesgruben, Deponien oder Steinbrüche.

4.4 Zusatzmerkmale

Die Zusatzmerkmale umschreiben das Standardmerkmal in seiner eigentlichen Ausprägung. Die Anzahl und der Inhalt der Zusatzmerkmale sind für jedes Standardmerkmal speziell entwickelt worden. Je nach Element können ein oder mehrere Zusatzmerkmale ein Standardmerkmal umschreiben. Die Ausprägung einer Fläche ist jeweils individuell und sollte möglichst genau charakterisiert werden. Die Angabe gewisser Zusatzmerkmale in 10%-Stufen ermöglicht später eine individuelle Klassenbildung. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die erhobenen Zusatzmerkmale. Besonderer Wert wurde auf die genaue Umschreibung der Waldbestände gelegt. Die Erfassung von forstlichen Bestandesparametern bezüglich Mischung, Deckungsgrad, Struktur, Entwicklungsstufen etc. ermöglichen Aussagen über den Entwicklungsprozess, die Ökologie und den Zustand des Waldes. Detaillierte Angaben können weiter für zukünftige Management- und Forschungsaufgaben dienen. Erfahrungen aus anderen Nationalparks zeigen, dass Informationen der Waldbestandesparameter eine wichtige Datengrundlage darstellen (u.a. Ergebnis aus dem Workshop „Luftbildinterpretation Nationalpark Hohe Tauern vom 12.Sept.2000).

Tabelle 4: Mögliche Zusatzmerkmale pro Standardmerkmal.

Standardmerkmal	Zusatzmerkmal
Wald	<ul style="list-style-type: none"> - Waldform /-typ - Mischung - Deckungsgrad - Entwicklungsstufe - Schlussgrad - Struktur - Baumarten - Totholzart - Totholzanteil - Besondere Ereignisse - Bodenbedeckung
Vegetationsbedeckte Nichtwaldflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Vegetations-Haupttypen - Bodenbedeckung - Zwergstraucharten - Gebüsch- und Straucharten - Moorausprägung
Offene natürliche Rohbodenstandorte	<ul style="list-style-type: none"> - Standortstyp - Bodenbedeckung
Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> - Gewässer-Art - Struktur - Periodizität - Vegetation
Bauten / Siedlungen	<ul style="list-style-type: none"> - Gebäudeart /-nutzung
Verkehr / Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzungskategorie /-ausprägung
Anthropogen gestörte Standorte	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzungskategorie / -ausprägung

Es ist jederzeit möglich, weitere Zusatzmerkmale zu definieren. Insbesondere bei einer möglichen Parkerweiterung mit einer genutzten Umgebungszone sollte das Zusatzmerkmal „Nutzung“ z.B. für die vegetationsbedeckten Nichtwaldflächen ergänzt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Zusatzmerkmale findet sich im Anhang 2 „Interpretationsanleitung und Kategorien Landschaftselemente Schweizerischer Nationalpark“. Nicht jedes Zusatzmerkmal ist gleich gut interpretierbar (siehe Kap. 6.5.3), es sollte somit durchaus legitim sein, gesicherte Zusatzinformationen zu nutzen, um Datenlücken zu füllen. In welchem Umfang dies erfolgen sollte, muss im Vorfeld definiert werden.

5 Abgrenzungs- und Interpretationsrichtlinien

5.1 Entscheidungsschema

Die Entscheidungsschemata dienen zur Flächenabgrenzung der Einheitsfläche (Abb. 4) und der Bestimmung der Standardmerkmale (Schemata A – E im Anhang 3 bis Anhang 7). Im Entscheidungsschema werden die grundsätzlichen Merkmalsansprachen erläutert und der Weg zum Zusatzmerkmal aufgezeigt. Die genauen Interpretations-Regeln und –Richtlinien werden in einer schriftlichen Anleitung dokumentiert.

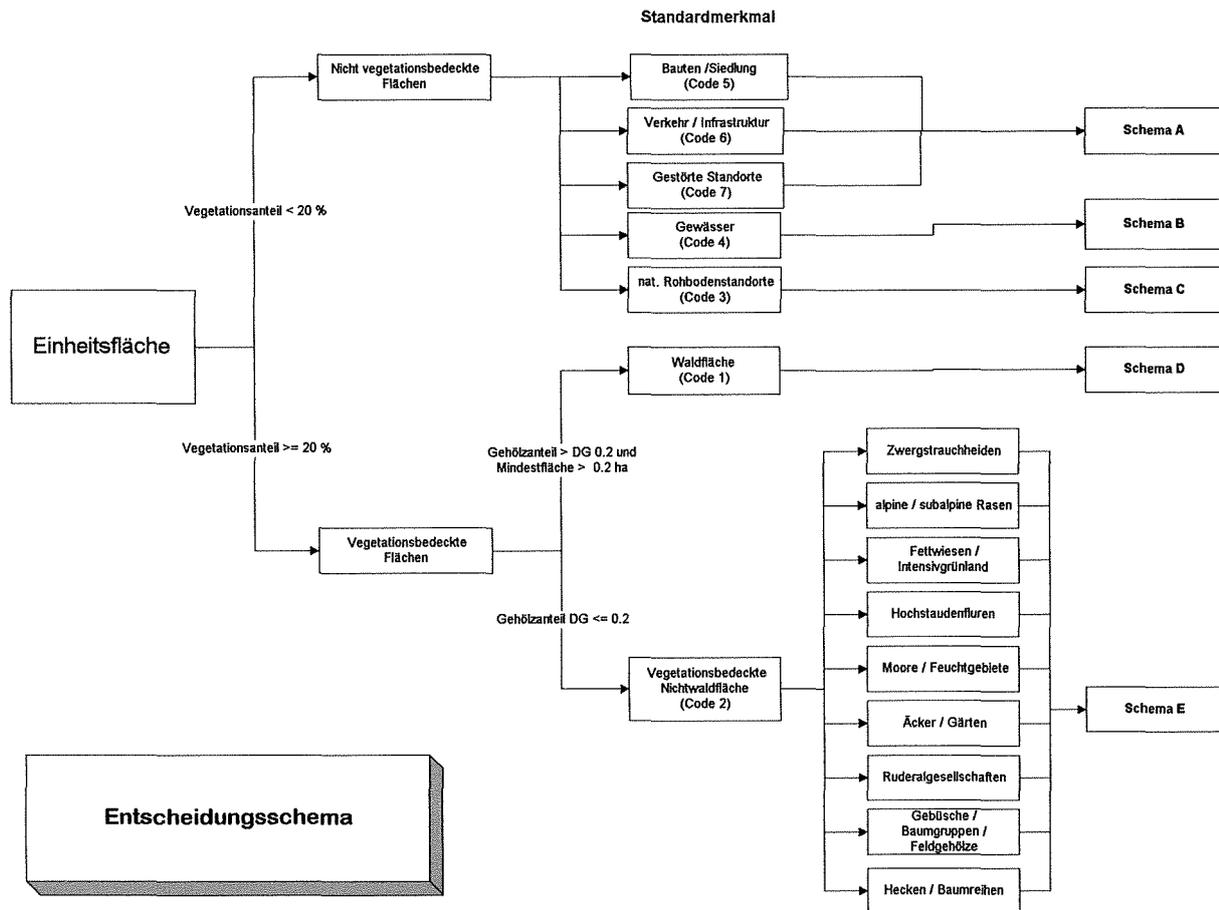


Abb. 4: Primäres Entscheidungsschema zum Standardmerkmal

5.2 Abgrenzungs-Richtlinien

Abgrenzungsrichtlinien sollen den Delinierungsprozess und die Luftbildinterpretation transparenter und nachvollziehbarer machen, sowie eine einheitliche Kartierarbeit gewährleisten. Die Landschaftselementekartierung ist eine Grundlagen-Erfassung für den Nationalpark. Sie soll Referenzbasis nachfolgender Kartierungen und Erhebungen sein. Deshalb ist eine kontrollierbare Datenbasis notwendig.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss die Abgrenzung einer Einheitsfläche anhand luftbildsichtbarer Kriterien erfolgen. Ein weiteres wichtiges Ziel ist die Nachvollziehbarkeit der Delinierung im Gelände, um als Grundlage von Zusatzkartierungen zu dienen. Abgrenzungsrichtlinien umfassen Angaben zu den einzusetzenden Arbeitsmaterialien und –anforderungen sowie Abgrenzungsregeln, die Angaben zu Mindestflächen oder auch Maximalflächen enthalten. Sonderfälle müssen auch dokumentiert werden.

5.2.1 Arbeitsmaterialien /-anforderungen

Die Wahl der Arbeitsmaterialien und die Ausbildung des Luftbildinterpreten haben neben dem eigentlichen Bildmaterial grossen Einfluss auf die Qualität der Arbeit. Bei der Anwendung des Luftbildinterpretationsschlüssels und der Kartierung der Landschaftselemente mit Luftbildern wird von guter bis durchschnittlicher Erfahrung bzw. Einarbeitung des Interpreten ausgegangen. Dabei ist eine gute bis sehr gute technische Handfertigkeit bei der Luftbilddelinierung mit Tuschestiften Grundvoraussetzung. Der Luftbildinterpret muss ein einwandfreies stereoskopisches Farbseh-Vermögen aufweisen können. Für die optimale stereoskopische Betrachtung und routinemässige Auswertung von Luftbildern sind qualitativ hochwertige Stereointerpretationsgeräte mit Durchlichtbeleuchtung und variabler Vergrösserung notwendig. Die Flächenabgrenzung erfolgt mit einem Tuschestift (0.13mm) auf einer auf das Luftbild montierten Spezial-Folie. Dabei werden auch die Rahmenmarken als Orientierungshilfe markiert. Für diesen Arbeitsschritt werden folgende Materialien benötigt:

- CIR-Luftbilder (evt. auch noch NF-Bilder)
- Klarsichtfolie
- Tuschestift
- Folienschreiber
- Photohandschuhe
- Klebeband
- Beschwerungsgewichte
- Mindestflächen-Schablone
- Korrekturmittel (z.B. Wattestäbchen)

Jede Folie wird mit den notwendigen Metadaten versehen, damit bei der späteren Demontage der Folie vom Luftbild eine eindeutige Zuordnung möglich ist:

Pilotprojekt Nationalpark Flugliniennummer Bildnummer Datum der Bearbeitung Name des Interpreten

Die Delinierungsfolien sind Originale der Kartierung und müssen dementsprechend sorgfältig behandelt und archiviert werden.

5.2.2 Abgrenzungsregeln

Die Einheitsfläche ist eine Fläche, die in sich eine homogene Ausprägung in Bezug auf Farb- und Strukturmerkmale besitzt. Es lassen sich primär eindeutige Flächen von strukturreichen und mosaikartigen Flächen unterscheiden. Für den geübten Luftbildinterpreten gehören zu den eindeutigen Flächen alle Flächen der Infrastruktur und der Wald/Nichtwald-Entscheid in einfachen, klaren Fällen.

Inhaltliche Interpretationen und Abgrenzungen auf dem Luftbild im Sinne der traditionellen Pflanzensoziologie sind direkt nicht möglich da hierzu das Artenspektrum benötigt wird. Die Ausscheidung von Pflanzenformationen, die sich aufgrund ihrer Struktur, Farbe und Textur unterscheiden lassen, können im Einzelfall jedoch soziologischen Einheiten entsprechen (WORTMANN 1997).

Grenzziehungen, die nur aufgrund von Insider- oder Lokalkenntnissen beruhen und in keiner Weise im Luftbild nachvollziehbar sind, sind zu vermeiden. Auch zwischenzeitliche Veränderungen in der Landschaft, die erst nach der Befliegung stattgefunden haben, dürfen nicht bei der Abgrenzung berücksichtigt werden, da sie nicht luftbildsichtbar sind. Dieser Grundsatz ist insbesondere im Hinblick auf Folge- und Veränderungskartierungen zu befolgen.

5.2.3 Mindestflächen / -längen

Die Anwendung des Mindestflächen- und Mindestlängenkriteriums gewährleistet die technisch erfassbaren Kleinstflächen (Tuscheabgrenzung mit 0.13 mm Breite). Dabei sollten die Mindestflächen-

kriterien nur in begründeten Fällen angewendet werden. Die durchschnittliche Flächengrösse sollte generell um ein Vielfaches grösser sein als die angegebene Mindestfläche. Erst bei Einhaltung dieser Kriterien ist noch eine sinnvolle kartographische Darstellung möglich und der Arbeitsaufwand abschätzbar. Abweichungen von der Mindestfläche sollten im Einzelfall erlaubt sein, um besondere Situationen erfassen zu können. Es ist jedoch im Vorfeld der Kartierung der Umfang solcher Unterschreitungen festzulegen, um die Homogenität der Kartierung zu gewährleisten.

Wichtige Grundsätze sind:

- die Mindestgrösse wird mit Hilfe der Schablone überprüft
- der Gebrauch der Mindestgrösse sollte sinnvoll angewendet werden

Je nach Element können die Mindestflächen variieren. Diese Richtlinien werden dann im Beispiel-Schlüssel angegeben (Anhang 9). Die Erfassung von einzelnen Elementen kann flächig, linear oder punktuell erfolgen. So sollten z.B. stehende Gewässer ab einer Grösse von 0.1 ha flächig aus-geschieden werden, kleinere Gewässer, wenn gewünscht, nur noch punktuell erfasst werden. Tabelle 5 stellt die vorgeschlagenen Mindestflächengrössen für eine „flächendeckende Luftbildinventur SNP“ im Massstab 1:10'000 dar.

Tabelle 5: Mindestflächengrössen und Erfassungformen

Standardmerkmal	Mindestfläche	Erfassungsform
Wald	0,2 ha	Flächig
Vegetationsbedeckte Nichtwaldflächen	0,2 ha Ausnahmen: 0.1 ha für Moore, Gebüsche	Flächig Ausnahmen: (Hecken, Baumreihen linear)
Offene natürliche Rohbodenstandorte	0.5 ha	Flächig
Gewässer	0.1 ha	Flächig und linear
Bauten / Siedlungen	0.1 ha bei flächiger Ausprägung	Flächig und punktuell
Verkehr / Infrastruktur	0.1 ha	Flächig und linear
Anthropogen gestörte Standorte	0.1 ha	Flächig und punktuell

Die Einhaltung der Mindestflächen und –längen erfolgt mit Hilfe von Schablonen. Diese kann bei der Delinierung zur Kontrolle direkt auf das Luftbild gelegt werden. Für den Nationalpark sollten für die verschiedenen Bildmassstabsbereiche die gängigen Mindestflächengrössen abgedeckt sein (siehe Anhang 8).

5.2.4 Maximalflächen

Die Festlegung einer Maximalfläche hat primär organisatorische Gründe. Bei sehr grossen Flächen, die sich über mehrere Luftbilder erstrecken, ist der Überblick und die fachliche Interpretation erschwert.

Hier ist es ratsam, eine „organisatorische“ Grenze zu ziehen. Diese „Grenzen“ können später im GIS durch Zusammenlegung der Flächen automatisch wieder gelöscht werden, sofern die Sachinformationen beider Flächen identisch sind.

5.2.5 Weitere Interpretationshilfen

Deckungsgrad-Schätzungen sind ein wesentlicher Bestandteil von Luftbildinterpretationen. Geübte Luftbildinterpreten können auf einen grossen Erfahrungsschatz zurückgreifen und benötigen weniger Schätzhilfen. Für den ungeübten Interpreten und bei unklaren Situationen kann eine Deckungsgrad-Skala hilfreich sein (Abb. 5).

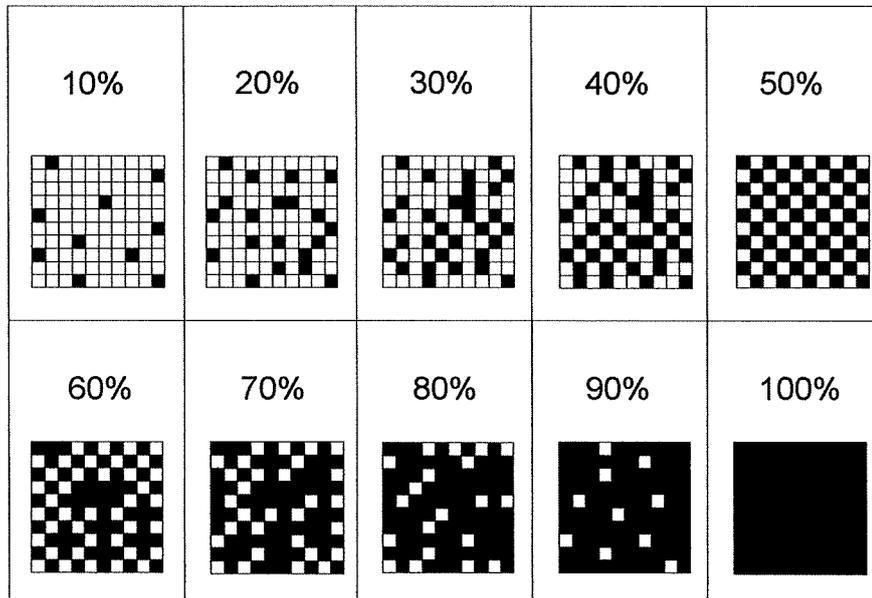


Abb. 5: Deckungsgradschätzhilfe

Je nach Interpret und Fragestellung können weitere Interpretationshilfen angefertigt werden. Als grösste Interpretationshilfe dienen das Entscheidungsschema und der Beispielschlüssel.

5.3 Kompatibilität mit der LANA-Codierung

Ein wesentliches Anliegen des SNP war, eine Datenbasis zu erarbeiten, die eine Vergleichbarkeit mit anderen Nationalparks ermöglicht. Da aus den schon in Kap. 4 genannten Gründen eine uneingeschränkte Übernahme des Kartierungsschlüssels vom NP Berchtesgaden nicht möglich war, ist eine Vergleichbarkeit nur mit Zuordnungsalgorithmen der einzelnen Zusatzmerkmale möglich. Die detaillierte Erfassung von Grunddaten in 10 %-Stufen ermöglicht eine variierende Klassenbildung. Die Vergleichbarkeit ist auf der Ebene der „Kartiereinheit“ (Ebene im LANA-Schlüssel) und der hier vorgestellten Standardmerkmale gut möglich. Die weitere Differenzierung muss im Einzelfall geprüft werden, sollte grundsätzlich jedoch möglich sein. Einzig die Vergleichbarkeit der Bestandesparameter im Wald könnten zu Problemen führen, da in Deutschland, Österreich und in der Schweiz unterschiedliche Klassen und Kriterien von Waldbestandesdaten existieren. Auf die Systematik der LANA-Codes wird hier nicht näher eingegangen, sondern anhand von 2 Beispielen kurz die Transformationsmöglichkeiten aufgezeigt:

Beispiel A: Landschaftselement „Fels / Steilwand mit Bewuchs“ (LANA-CODE = 5820)

Systematik LANA-CODE = 5820

Kartiereinheit	5000 = Rohbodenstandorte, Zwergstrauchheiden, Extremstandorte
Biotop / Nutzungstyp	5800 = Fels / Steilwand
Biotop / Nutzungstyp	5820 = Fels / Steilwand mit Bewuchs

Gleicher Sachverhalt in SNP-Kategorien:

Hierunter fallen alle Rohbodenstandorte (Code = 2) mit einem Bodenbedeckungsanteil Rasen 10 % oder Zwergsträucher = 10 % oder Baumbewuchs = 10 %. Diese Merkmalskombination umschreibt alle Standorte, die Fels / Felsbänder und Steinfluren umfassen, sowie eine Vegetationsbedeckung von unter 20 % aufweisen.

**Beispiel B: Landschaftselement „Fels / Steilwand mit Bewuchs
Rasenanteil, Verheidung (1-10%)
(LANA-CODE = 5820.200)**

Systematik LANA-CODE = 5820.200

Kartiereinheit	5000 = Rohbodenstandorte, Zwergstrauchheiden, Extremstandorte
Biotop / Nutzungstyp	5800 = Fels / Steilwand
Biotop / Nutzungstyp	5820 = Fels / Steilwand mit Bewuchs
Art / Gattung / Ausprägung	5820.200 = Rasenanteil, Verheidung vereinzelt (1-10 %)

Gleicher Sachverhalt in SNP-Kategorien:

Hierunter fallen alle Rohbodenstandorte (Code = 2) mit einem Bodenbedeckungsanteil Rasen = 10 % oder Zwergstrauchheideanteil = 10 %.

Anmerkung: Im LANA-CODE werden Rasen- und Zwergstrauchheideanteile zusammengefasst., in der SNP-Systematik jedoch differenziert.

Bei Datenvergleichen verschiedener Nationalparks müssen im Vorfeld klare Datenstrukturen und –kriterien aufgestellt werden (siehe auch Kapitel 13.2.). Einer kritischen Beurteilung muss grundsätzlich auch die LANA-Codierung unterzogen werden.

6 Test-Interpretation

6.1 Testgebiete

Die Auswahl der Testgebiete wurde durch die Tatsache eingeschränkt, dass zum Zeitpunkt der Auftragserteilung nur die Testbefliegung 1999 vorhanden war. Diese Testbefliegung wurde zum Zwecke von Belichtungsversuchen im Gebiet Val dal Spöl bis zum Ofenpass durchgeführt. Davon wurden zwei Gebiete ausgewählt, die erstens photogrammetrisch auswertbar waren, zweitens das Spektrum der vorkommenden Elemente möglichst gut abdecken und drittens eine typische Situation im Park widerspiegeln. Die Lage der Testgebiete ist aus Abb. 6 ersichtlich. Auf die naturräumliche Ausstattung der Gebiete wird nicht näher eingegangen.

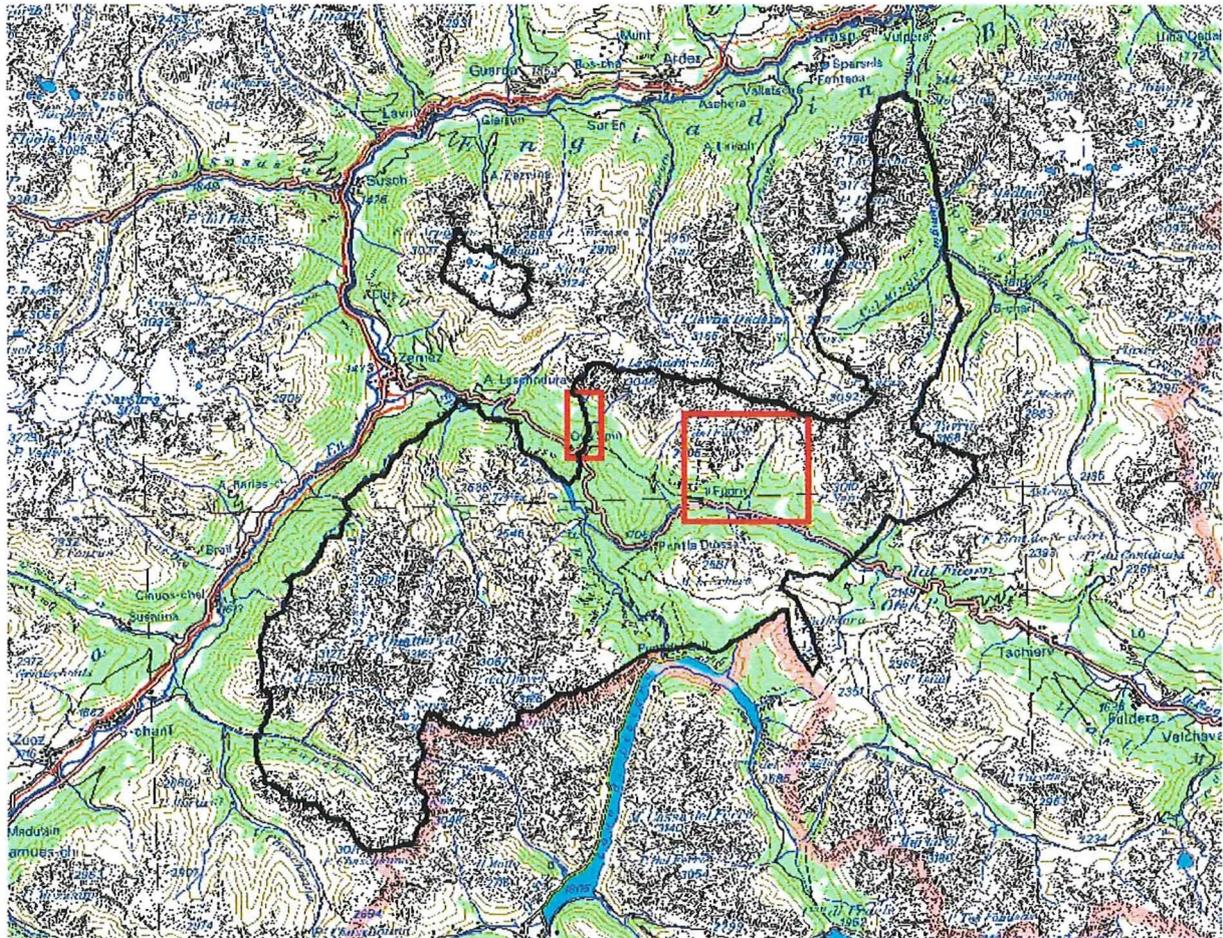


Abb. 6: Lage der Testgebiete im Schweizerischen Nationalpark (Kartendaten: PK200[®] Bundesamt für Landestopographie).

6.2 Delinierung

Die Flächenabgrenzung der Testgebiete erfolgte mit Tuschestiften von 0.13mm Dicke auf einer verzugsfreien Folie. Frühere Techniken wie Ritzen können heute nicht mehr empfohlen werden. Obwohl die Ritztechnik eine feinere Linie erzeugt, überwiegen die Nachteile dieser Methode für dieses Projekt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich der Ritztechnik und Tuschedelinierung.

Ritzen in das Originalluftbild	Tusche auf Folie
Keine Korrekturen möglich (stark eingeschränkt).	Korrekturen problemlos möglich.
Sehr feine und genaue Flächenabgrenzungen möglich.	Genauigkeit bei der Flächenabgrenzung eingeschränkt.
Geringe Strichbreite, fast kein Informationsverlust und fast uneingeschränkter Stereoeindruck (50 - 80 Mikrometer).	Strichbreite gross, gewisser Informationsverlust und der Stereoeindruck ist eingeschränkt.
Gleichbleibende Strichbreite.	Ungewollte variable Strichbreite möglich (Abhängig von der Qualität der Folien und Tuschestifte).
Linien gut sichtbar, einfarbig weiss.	Linien gut sichtbar, können aber verwischen (Arbeitstechnik!). Unter Verwendung verschiedener Farben sind mehrere inhaltliche Auswertungsebenen möglich.
Luftbilder werden durch das Ritzen für spätere Arbeiten stark beeinträchtigt. Abgrenzung ist absolut.	Abgrenzung auf verzugsfreien Folien. Luftbilder bleiben unversehrt. Zusatzkosten für Folien.
Orientierung bei der Abgrenzung erschwert, weil sich die zu ritzende Emulsionsschicht auf der Rückseite der Luftbilder befindet. Die Bilder müssen seitenverkehrt betrachtet werden.	Orientierung normal. Lagerichtiges Arbeiten möglich.
Die Ritztechnik ist generell bei fremdem Filmmaterial nicht erlaubt und benötigt eine spezielle Bewilligung.	Flächenabgrenzungen auf Folie können bei allen Luftbildern problemlos vorgenommen werden.

Bei einer durchschnittlichen Strichbreite von 0.13mm bis 0.18mm verdeckt die Linie auf einem Luftbild (M. 1:10'000) ca. 1.30 Meter bis 1.80 Meter in der Natur. Die spätere photogrammetrische Erfassung der Linien bewegt sich innerhalb dieser Toleranzen. Der Delinierungsvorgang sollte im Vorfeld klar definiert werden, um die Homogenität der Einheitsfläche zu gewährleisten. Dies muss Bestandteil der Kartieranleitung sein.

6.3 Feldverifikation

Die Kontrolle und Eichung einer Luftbildkartierung muss mit einer Feldverifikation verbunden werden. Die Testgebiete wurden an 3 Tagen im Gelände begangen (29.8, 30.8 und 19.9.2000). Vor der Feldbegehung wurden im Luftbild charakteristische Standorte markiert und soweit möglich im Feld besucht. Für den Luftbildinterpreten ist eine Feldbegehung vor und während der Kartierphase zwingend angezeigt.

Neben terrestrischen Feldaufnahmen dokumentieren zahlreiche Fotos die Feldbegehung, die später bei der Interpretation zu Hilfe genommen wurden.

6.4 Beispielschlüssel

Im Beispielschlüssel werden die wichtigsten Landschaftselemente photographisch und verbal dokumentiert. Erscheinungsmerkmale werden herausgehoben und grundlegende Erfassungskriterien erläutert. Durch ständiges Vergleichen der Luftbilder mit den Bildbeispielen im Schlüssel sollen Zweifelsfälle und Unklarheiten gelöst werden. Angaben zur Farb-, Struktur- und Texturausprägung geben allgemeine Hinweise für die Interpretation. Der Beispielschlüssel dient als Kontroll- und Eichmittel für grössere und längerfristige Interpretationsaufgaben, vor allem, wenn mehrere Interpreten am gleichen Projekt arbeiten. Die Rolle eines Interpretationsschlüssels darf jedoch nicht überbewertet werden. Viel entscheidender sind die Qualitäten und Erfahrungen des Luftbildinterpreten (siehe hierzu auch Kap.11.1.2).

Die Ausarbeitung eines kompletten Beispielschlüssels für den Nationalpark konnte aufgrund des Arbeitsaufwandes und der Kosten nicht in diesem Projekt erfolgen. Im Rahmen dieser Pilotstudie wird exemplarisch an 2 Beispielen die Form eines möglichen Beispielschlüssels aufgezeigt. Dabei werden

die Elemente und ihre Erscheinungsform im CIR-Luftbild wie auch im NF-Luftbild umschrieben und dargestellt.

Der Schlüssel enthält eine Standardstruktur mit folgenden Inhalten:

- Zuordnung zum Standardmerkmal
- Angaben über Zusatzmerkmale
- Feldaufnahme (wenn möglich Foto)
- Angaben über die Grundcharakteristik
- Angaben über die Ausprägung im CIR-Luftbild
- Angaben über die Ausprägung im NF-Luftbild
- Angaben über die Bilddaten (Fluglinie, Bildnummer und Aufnahmezeitpunkt)
- Abgrenzungskriterien
- Erfassungskriterien
- Code gemäss LANA

Im Anhang 9 und Anhang 10 werden zwei Landschaftselemente in Form eines Beispielschlüssels dargestellt.

6.5 Luftbild-Interpretation

6.5.1 Datenerfassung

Die Delinierung und Interpretation der Testgebiete erfolgte durch einen erfahrenen Interpreten an einem Stereointerpretationsgerät ATP2 von der Firma Leica. Die Sachdaten wurden direkt in ein digitales Aufnahmeformular eingegeben. Eine fortlaufende Flächenummer bildet den Schlüssel zum späteren Geodatensatz. Die Nummerierung wird auf einer vergrösserten Folienkopie dokumentiert. Eine neuere und effizientere Methode der Sachdateneingabe wird in Kap. 11.1.2 diskutiert.

6.5.2 Interpretationsanleitung

Die Interpretation erfolgte nach Interpretationsrichtlinien, die im Laufe des Projektes dynamisch angepasst wurden. Es war allen Beteiligten bewusst, dass die Interpretationsmerkmale eine Maximalvariante darstellten, die im Einzelfall auf ihre Tauglichkeit überprüft werden müssen. Dieser Prozess kann erst nach eingehender Diskussion mit dem Auftraggeber und der abschliessenden Detailvorgabe ganz abgeschlossen werden. Für die Testgebiete gelten die im Anhang 2 „Interpretationsanleitung und Kategorien Landschaftselemente Schweizerischer Nationalpark“ aufgeführten Richtlinien und Codierungen.

Alle Sachdateneingaben erfolgten mit Hilfe von einfachen Integer-Codes. Bei allen Codierungen wurde darauf geachtet, dass der Nullwert keinen Sachdatenbezug erhält. Null (0) bedeutet immer „keine Angaben“ zu diesem Attribut vorhanden. Viele Attribute mussten nicht explizit angesprochen werden, diese erhalten automatisch den Wert „0“.

Für Attribute, die obligatorisch ausgefüllt werden mussten (z.B. „Bodenbedeckung“ bei terrestrischen Elementen), für die aber keine Angaben möglich waren (Merkmal nicht sichtbar etc.), wurde immer der Code „9“ oder „99“ (NIP = nicht interpretierbar) verwendet. Unsichere Interpretationen / Angaben sollten in einem Attribut „Qualität“ speziell gekennzeichnet werden (Anm.: Dieses Attribut ist in den Testdatensätzen noch nicht enthalten, sollte zukünftig jedoch angehängt werden).

Tabelle 7 zeigt exemplarisch die Codierung und Definition des Merkmals „Schlussgrad“ für den Wald. Der Schlussgrad ist ein Mass für die gegenseitige Bedrängung der Baumkronen eines Bestandes (Kronenschluss).

Tabelle 7: Zusatzmerkmal „Schlussgrad“

Klasse	Code	Definition
Keine Angaben	0	Zu diesem Merkmal gibt es keine Angaben, da nicht gefordert
Gleichmässig geschlossen	1	Starke bis leichte Berührung der Kronen
Locker und räumig	2	Kleine bis grössere Unterbrechungen des Kronenschlusses, Einschieben von einzelnen bis mehreren Kronen möglich
Aufgelöst	3	Mit Einzelbäumen wenig zusammenhängend bestockte Fläche
Gruppiert	4	Baumgruppen mit normalen bis gedrängten Kronenschluss ohne Zusammenhang untereinander
Nip	9	Nicht interpretierbar

Viele Zusatzmerkmale wurden in Prozent-Anteilen geschätzt. Dabei wird hier ausdrücklich auf das Wort „geschätzt“ verwiesen. Es findet bei der thematischen Interpretation keine Messung im eigentlichen Sinne statt. Die Schätzerfahrung des Interpreten beruht auf häufigem Eichen und Kontrollieren im Gelände und die Zuhilfenahme der Interpretationshilfen. In den Testgebieten wurde versucht, möglichst differenziert die Deckungsgrad-Anteile festzuhalten. Teilweise stösst man an die Grenzen der Machbarkeit. Die Aufteilung in 10 %-Stufen ermöglicht jedoch grosse Freiräume für die späteren Datenauswertungen.

6.5.3 Interpretationsmöglichkeiten

Luftbildmasstab, Bildqualität, Filmart und der Interpret selbst haben entscheidenden Einfluss auf die Interpretierbarkeit einzelner Merkmale. Die o.g. Zusatzmerkmale konnten mehrheitlich gut interpretiert werden. Ungünstige lokale Lichtverhältnisse (Überstrahlung oder Schattenwurf) können die Interpretierbarkeit jedoch erschweren.

In den Testgebiete gab es auch bei der Ansprache der Bodenbedeckungsanteile z.T. Schwierigkeiten. Auch die Differenzierung der Zwergstraucharten in die verschiedenen Artengruppen ist nur in ausgeprägten Monobeständen möglich.

6.5.4 Totholzerfassung

Ein grosses Interesse des SNP war es, Angaben über die Totholzverteilung und –menge zu erhalten. Fragen zum Brandpotential standen hierfür im Vordergrund. Die Erfassung von Totholz ist generell möglich. Es muss immer berücksichtigt werden, dass nur der Totholzanteil erfassbar ist, der auch im Luftbild sichtbar ist. Stark überwachsene oder unter dichten Baumbeständen liegende Tothölzer können nicht erkannt werden. Auch ohne Seitenäste noch stehendes Totholz ist nicht immer eindeutig interpretierbar. Neben diesen optischen Einschränkungen ergibt sich ein inhaltliches Problem der Erfassung. In welchen Kategorien soll das Totholz erfasst werden? Wird es im Verhältnis zum Gesamtbestand geschätzt? Wird es im Verhältnis zum restlichen bestehenden vitalen Bestand gesetzt? Sollen die einzelnen Stämme gezählt werden?

Für den Auftragnehmer erschien die Variante der Totholzschätzung im Verhältnis zum vitalen Bestand am sinnvollsten. Dabei wurde nur in groben Klassen geschätzt, da durch stehendes und liegendes Totholz schwer feinere Anteilsschätzungen möglich sind. Liegendes Totholz dominiert im Luftbild optisch mehr als stehendes. Dies kann zu Fehleinschätzungen führen. Als weiteres Attribut wurde die Totholzart erfasst. Unterschieden wurden „stehendes“, „liegendes“ und „stehend und liegendes“ Totholz. Dieses Merkmal gibt Hinweise auf die Entwicklungsphase des Bestandes.

6.5.5 Geomorphologie

In einem Zusatzattribut wurde versucht, die geomorphologische Ausprägung einer Fläche zu umschreiben. Das Luftbild bietet bis zu einem gewissen Grade sehr gute Möglichkeiten zur Charakterisierung der geomorphologischen Erscheinungsformen. Da die Einheitsflächenabgrenzung dreidimensional erfolgt, sind geomorphologische Formen wie Moränen, Dolinen und Schuttfächer sehr gut abgrenzbar. Es ist zu prüfen, ob die im Park erfolgten geomorphologischen Kartierungen mit Hilfe der Luftbildauswertung ergänzt oder fortgeführt werden können. Die möglichen Merkmale werden in der Interpretationsanleitung Anhang 2 definiert.

7 Photogrammetrische Auswertungen

7.1 Passpunkte

Um die verfügbaren Infrarot-Luftbilder im Landeskoordinatensystem orientieren zu können, müssen Passpunkte verwendet werden. Für den Bildflug 1988 wurden 264 Passpunkte signalisiert, von denen nur 6 Passpunkte beim Bildflug zerstört waren (Scherrer Ingenieurbüro SIA, 1988).

Passpunkte können auf verschiedene Arten bestimmt werden:

- ◆ Signalisierung der Passpunkte im Feld und ggf. Bestimmung durch GPS (falls Koordinaten nicht bekannt sind) → Genauigkeit $\pm 10\text{cm}$
- ◆ Geodätische Bestimmung (z.B. GPS) von Passpunkten im Feld anhand von Definitionen und Dokumentationen in den Luftbildern (Stereomodell) am analytischen Plotter → Genauigkeit $\pm 10\text{-}20\text{cm}$
- ◆ Bestimmung von Passpunkten in bereits orientierten Luftbildern (sogenannte Punktübertragung) → Genauigkeit $\pm 20\text{-}50\text{cm}$
- ◆ Bestimmung von Passpunkten aus Karten (Übersichtsplan 1: 10'000, Landeskarte 1: 25'000) → Genauigkeit $\pm 100\text{-}500\text{cm}$

Für die Bestimmung der Orientierungen der Luftbilder von den Testgebieten Ova Spin und Val dal Botsch wurden zuerst die Luftbilder von 1988 orientiert und anschliessend die eindeutig identifizierbaren Passpunkte in die Bilder 1999 und 2000 übertragen.

Da die Anordnung der Passpunkte und die Sichtbarkeit auf den Luftbildern einen direkten Einfluss auf die Genauigkeit der Aerotriangulation und der Auswertungen hat, sollten die doppelten Passpunkte (Punktpaare) in den Blockecken des Perimeters bestimmt oder signalisiert werden. Damit ist auch bei

Ausfall eines dieser Passpunkte die Zuverlässigkeit der Aerotriangulation und der weiteren Auswertungen gegeben. Die Grösse der Passpunktssignale ist abhängig vom Bildmassstab und sollte im Bild mindestens 25-30 micron betragen. Bei einem Bildmassstab von 1: 10'000 sollten die Signale mindestens 25-30 cm betragen. Hinweisstreifen und Kontrastfarbe um das Signal erleichtern die Identifikation der Passpunkte in den Luftbildern.

7.2 Scanning

Die Luftbilder wurden auf einem photogrammetrischen Scanner LH Systems DSW300 im Farbmodus 24 Bit-RGB gescannt. Die technischen Spezifikationen des Scanners DSW300 sind in BALTSAVIAS et al (1998) beschrieben.

Spezifikationen:

◆ Scanner	DSW300 von LH Systems
◆ Scanning	Einzelbild
◆ Geometrische Genauigkeit	± 2 micron
◆ Auflösung	20 micron (1270 DPI) und 25 micron (1016 DPI)
◆ Format	TIFF (RGB 24 Bit) unkomprimiert
◆ Datenmenge	ca. 396/250 MByte pro Photo

Folgende IR-Luftbilder (Diapositiv-Nr.) wurden gescannt: 5226/5227, 5239/5240, 5189/5190 mit 25 micron (2000) und 2008/2009, 2011/2012, 2019/2020 mit 20 micron (1999). Im Anhang 11 ist eine Übersicht der gescannten Bilder (2000er-Befliegung) zusammengefasst.

Bei einem Bildmassstab von 1: 10'000 erreichen die digitalen Luftbilder eine Pixel-Auflösung von ca. 20 bzw. 25 cm am Boden.

7.3 Orientierung der Luftbilder

Folgende Daten sind als Grundlage für eine Aerotriangulation (AT) erforderlich:

- ◆ Kalibrierungsprotokolle der verwendeten Objektive
- ◆ GPS-Koordinaten der Projektionszentren für jedes Luftbild (Optional)
- ◆ Passpunktkoordinaten als digitales File (Bildnummer, x, y, z, sxy, sz)
- ◆ Passpunktübersicht und Skizze pro Passpunkt

Für die Bestimmung der Luftbildorientierungen wurden Bildpunktmessungen in den Luftbildern modellweise am analytischen Stereoplotter Kern DSR-14 mit der Software ORIMA-TB durchgeführt.

Die Aerotriangulation beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- ◆ Vorbereitungsarbeiten (Datenvorbereitung, innere Orientierung, etc.)
- ◆ Messungen der Passpunkte und natürlicher Verknüpfungspunkte
- ◆ Bündelblockausgleichung der Messungen mit BLUH

Durch eine gemeinsame Bündelblockausgleichung der Luftbilder 1988/1999/2000 je Testgebiet wurden u.a. die Orientierungsparameter der Luftbilder bestimmt und die Qualität der Triangulation analysiert. Folgende Qualitätskontrollen wurden nach der Aerotriangulation durchgeführt: Restfehler an den Passpunkten (20-50cm), Punktverteilung und Bildverknüpfung (Anhang 12 und Anhang 13).

7.4 Digitales Terrainmodell / Digitales Oberflächenmodell

Beim Höhenmodell unterscheidet man in einem digitalen Terrainmodell, das sich auf das reine Terrain ohne Bewuchs und Bauten bezieht, und in einem digitalen Oberflächenmodell, das die Oberfläche mit Bewuchs und Bauten repräsentiert. Das Terrainmodell wird durch manuelle Messungen an ana-

lytischen Stereoplottern oder digitalen Plottern erfasst oder durch Laserscanning mit anschliessender Filterung des Bewuchses und der Bauten erzeugt. Dagegen wird das Oberflächenmodell durch digitale Bildkorrelation, Laserscanning oder durch Erfassung interferometrischer synthetischer Apertur Radar (InSAR) erstellt.

Für die Generierung von hochauflösenden Orthophotos (Pixelgrösse 10-25cm) sollte wegen der Genauigkeitsanforderungen das digitale Terrainmodell mit Hilfe von Bruchkanten, Erfassung von Massenpunkten und Höhenkoten an einem analytischen Plotter ausgewertet werden.

Die Höhengenaugigkeit aus Massenpunkten, Bruchkanten und Höhenkoten lässt sich gemäss einer Faustformel wie folgt berechnen:

$$\sigma_H = \pm 0.1-0.15 \% hg, \text{ wobei } hg = \text{Flughöhe über Grund}$$

Bei einem Bildmassstab von 1: 10'000 und einer Brennweite von $f = 300$ mm beträgt die Flughöhe über Grund ca. 3000 m. Damit lässt sich eine Höhengenaugigkeit für den manuell gemessenen Punkt mit $\sigma_H = \pm 30-45$ cm bestimmen.

Für die Berechnung der Orthophotos müssen neben dem Terrain auch Kunstbauten wie Brücken erfasst werden, damit diese lagerichtig erscheinen. Für die Generierung des Orthophotos Val dal Botsch wurde das bereits existierende digitale Terrainmodell DTM/AP verwendet, das in Luftbildern der Landestopographie von 1991 im Bildmassstab 1: 30'000 am analytischen Plotter Leica BC2/BC3 erfasst wurde.

Da das Testgebiet Ova Spin am Randes des Nationalparkes liegt und das DTM/AP den Testgebietsperimeter nicht ganz abdeckt, wurde für die Erstellung des Orthophotos auf das bereits existierende Oberflächenmodell DOM/10 der Swissphoto AG zurückgegriffen. Das DOM/10 wurde aus Swissphoto Luftbilder 1995/96 flächendeckend für die ganze Schweiz durch digitale Bildkorrelation in einem 10m-Raster erstellt. Jedoch wurden in dem DOM/10 künstliche Bauten wie Gebäude und Brücken durch Editierung eliminiert, so dass nur die Vegetation ausserhalb von urbanen Gebieten in diesem Höhenmodell enthalten ist. Für dieses Oberflächenmodell ist in gebirgigen Gegenden mit einer Höhengenaugigkeit von 7-10m zu rechnen. Eine genaue Beschreibung des DOM/10 und der Genauigkeitsuntersuchungen ist in KERSTEN et al. 2001 gegeben. Das Shaded Relief vom DOM/10 (LK25-Blatt 1218) ist in Abb. 8 dargestellt:

Die Erstellung des digitalen Oberflächenmodelle (DOM) erfolgte an der digitalen photogrammetrischen Arbeitsstation DPW770 durch digitale Bildkorrelation mit der Software SOCET SET ATE in einem Punktraster von 10m bzw. 1m. Grobe Fehler des korrelierten DOM's wurden durch Editierung im Stereomodell beseitigt. In Abb. 7 ist das „Shaded Relief“ des Oberflächenmodells DOM/1 vom oberen Tal des Val dal Botsch dargestellt. Der Übergang von bewaldetem Gebiet in die vegetationsarme Zone ist im unteren Teil der Abbildung klar ersichtlich.



**Abb. 7: Shaded Relief des DOM/1 vom oberen Talgebiet
Val dal Botsch**

7.5 Digitale Orthophotos

Mit den Orientierungsdaten der Luftbilder und dem digitalen Terrainmodell/Oberflächenmodell wurden aus den digitalen Luftbildern die Orthophotos berechnet (Prinzip siehe Abb. 8) und zusammengesetzt (Mosaiking).

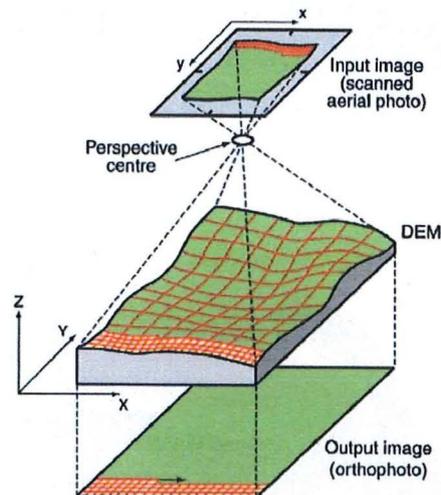


Abb. 8: Prinzip der Orthophoto-Generierung

Die Wahl der Pixelgrösse für die Orthophotos hängt von den Anforderungen der Anwendung, vom Bildmassstab der Luftbilder, von der Scanauflösung und den verfügbaren Weiterverarbeitungsressourcen wie Computersysteme und Software ab. Die Pixelgrösse der Orthophotos für die beiden Testgebiete wurde mit 0.5m festgelegt, obwohl eine Auflösung bis zu 10cm möglich wäre. Es ist jedoch zu beachten, dass die Auflösung der Orthophotos nicht unbedingt mit der Genauigkeit übereinstimmt. Je höher die Genauigkeitsanforderungen für die Orthophotos sind, desto genauer muss das für die Orthophoto-Berechnung verwendete Höhenmodell sein. Daher stellt die Pixelauflösung von

0.5m für die Orthophotos der Testgebiete ein Kompromiss zwischen Genauigkeit des verfügbaren Höhenmodells und der zu verarbeitenden Datenmenge dar. Von den beiden Testgebieten Ova Spin (Abb. 9) und Val dal Botsch (Abb. 10) wurden jeweils Orthophotos von 1999 und 2000 erstellt.

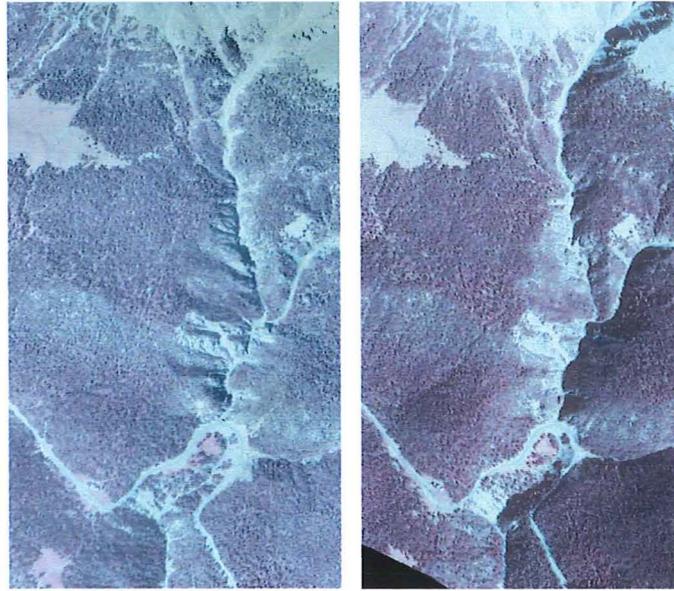


Abb. 9: Infrarot Orthophoto Ova Spin 1999 (links) und 2000 (rechts)

Die Lieferung der jeweiligen Orthophotos erfolgte als ganze Orthophoto-Files wie oben abgebildet im File-Format TIFF unkomprimiert mit einer Farbtiefe von 24bit. Zur Geokodierung der Orthophotos wurde das nordwestlichste Pixel (links oben) in Schweizer Landeskoordinaten in einem separaten File (TIFF-World-File *.tfw und ein Text-File *.txt) angegeben.

Die erstellten Orthophotos der Testgebiete besitzen eine Genauigkeit von ca. 2-3 Pixel (1.0-1.5m). Empirische Genauigkeitsuntersuchungen mit genauen Referenzdaten müssten jedoch noch durchgeführt werden, um exaktere Angaben zu erhalten.

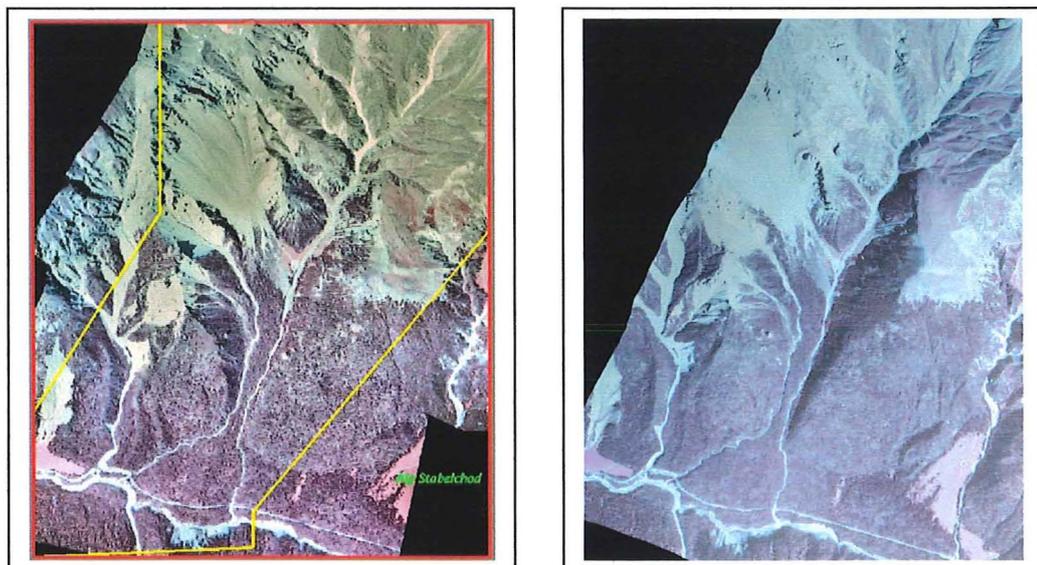


Abb. 10: Infrarot Orthophoto Val dal Botsch 1999 (links) und 2000 (rechts)

7.6 Analytische Photogrammetrie

Die Bestandesgrenzen am analytischen Plotter BC2 der Firma Wild ausgewertet. Diese Auswertungen gehören heute zu den Standardverfahren für flächendeckende Delinierungen (SCHERRER et al.

1990, 1996). Die Genauigkeit der Auswertung wird weniger von den technischen Restriktionen der analytischen Photogrammetrie bestimmt als vielmehr von der Grenzziehung des Interpreten. In der Regel liegt die geometrische Genauigkeit innerhalb der Strichstärke der Abgrenzungen.

Die Vorteile dieser Auswertemethode liegt in dem personellen und zeitlichen Splitting von Delinierung / Interpretation (thematische Auswertung) und der eigentlichen Vermessung (photogrammetrische Auswertung). Teure Photogrammetriegeräte können somit effizient und unabhängig von der Interpretation genutzt werden. Der Photogrammeter braucht nur die Linien auszuwerten, ohne inhaltliche Entscheidungen zu fällen. Parallel zur photogrammetrischen Auswertung von einem Modell kann der Interpret weiter an anderen Modellen arbeiten. Klare Infrastrukturelemente wie Gebäude oder Verkehrs- und Wanderwege sowie eindeutige Punktelemente sollten jedoch direkt am Photogrammetriegerät erfasst werden (siehe auch GINZLER et al, 1999).

8 GIS-Bearbeitung

8.1 Datenübernahme /-struktur

Die Daten der photogrammetrischen Auswertung (dgn-Format) wurden in das GIS ARC/INFO übernommen, topologisch bereinigt und mit den Sachdaten der Interpretation (Excel-Daten) verknüpft. Ein kurzer Datenbeschrieb erfolgt bei Lieferung der digitalen Daten. Die Beispielkarten wurden mit ArcView 3.1. generiert. Die Pixeldaten liegen im TIFF-Format vor.

8.2 Datenauswertung

Die Möglichkeiten der Datenauswertungen mit dem gewonnenen Grunddatensatz sind vielfältig. Eine statistische Aussage ist jedoch nur auf die Testperimeter möglich. Die Eckdaten der Flächenstatistik für beide Testgebiete sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Flächenstatistik Testgebiete

	Testgebiet 1 „Ova Spin“	Testgebiet 2 „Val dal Botsch“
Ausgewertete Fläche	143 ha	400 ha
Anzahl Flächen	127	409
Minmalfläche	0.05 ha	0.03 ha
Maximalfläche	1.4 ha	9 ha
Mittlere Flächengrösse	1.1 ha	0.97 ha

Mit einer mittleren Flächengrösse von 1 Hektare ist die Delinierung sehr detailliert für grossräumige Inventuren.

Die Erfassung von Einzelparametern ermöglicht nachträgliche Ergänzungen und Umkodierungen. Müssen aus bestimmten Gründen Codierungen in der Reihenfolge geändert werden, so ist dies mit einfachen Algorithmen auch später noch möglich, ohne die Grundsystematik zu ändern.

Die Angabe gewisser Zusatzmerkmale in 10%-Stufen ermöglicht eine individuelle Klassenbildung. Gerade für den Datenaustausch mit anderen NP's ist dieses Vorgehen

Mit dem bestehenden Grunddatensatz sind verschiedenste Auswertungen und Darstellungen möglich. Im separaten Kartenanhang sind Beispiele von Auswertungen aufgeführt. Für die beiden Testgebiete wurden folgenden Karten erstellt(siehe im speraten Karten-Anhang):

- Landschaftselemente gemäss Kartiereinheiten der LANA-Systematik
- Waldformen
- Deckungsgrad
- Schlussgrad

- Entwicklungsstufen
- Verteilung der aufrechten Bergföhre
- Verteilung der Legföhre
- Deckungsgrad der Rasengesellschaften
- Totholzanteile in den Waldbeständen

Der Grunddatensatz ermöglicht verschiedenste Aus- und Abfragemöglichkeiten die hier nur ansatzweise aufgeführt werden können. Mit der Erfassung der Zusatzattribute sind z.B. folgende Fragen und Aussagen möglich:

<p>Thema Wald:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wie sieht die aktuelle Waldverteilung aus? - Wie gross ist der Anteil des Hoch- und Gebüschwaldes im Park? - Welche Baumarten kommen wo vor? - Wie ist die Verteilung der Laub- und Nadelhölzer? - Wie sieht die Waldstruktur aus? - Wie sieht die Schichtung der Wälder aus? - Welche Entwicklungsstadien haben die Wälder? - Wie dicht sind die Wälder (Deckungsgradangaben)? - Welche Bodenvegetation besitzen die Waldbestände? - Wie gross ist der Anteil der vegetationslosen Bodenbedeckung in den Wäldern? - Welche besonderen Ereignisse gab es wo in den Wäldern? - Wie vital sind die Waldbestände? - Wie und wo ist das Totholz verteilt? - etc.
<p>Thema Nichtwaldflächen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche Vegetationshaupttypen gibt es im Park und wo sind sie? - Welche Vegetationshaupttypen kommen vor und wie gross ist ihr Anteil an der Gesamtfläche? - Wo gibt es geschlossene oder aufgelockerte Rasenbestände? - Wie sieht die Verteilung der Zwergstrauchbestände aus? - Welche Moore gibt es wo? - Wo gibt es welche Strauch- und Gebüscharten ausserhalb der Waldflächen? - Wieviel offene Erosionsflächen gibt es, wo sind sie? - Wie gross ist der Anteil der offenen, nackten Rohbodenstandorte im Park? - etc.
<p>Thema Gewässer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wieviel und welche Gewässer gibt es im Park? - Welche Flächeanteile haben die stehenden Gewässer? - etc.
<p>Thema Infrastruktur / Erschliessung / Bauten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wie gross ist das Wanderwegenetz? - Wo sind Rast- und Parkplätze? - Wieviel und welche Gebäude gibt es? - Wo gibt es Flächen mit anthropogenen Einflüssen? - etc.
<p>Thema Geomorphologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wieviel Rufen und Schuttfluren gibt es im Park? - Wieviel Strukturböden gibt es, und wo sind sie? - etc.

Mit der gleichzeitigen Darstellung von Übersichtsplandaten oder den digitalen Orthophotos ist die Erstellung von hochpräzisen Kartiergrundlagen z.B. für eine Feldkartierung möglich (Abb. 11. und Abb. 12). Die digitale Karte ermöglicht zukünftig auch den Einsatz von PEN-Computern im Gelände für weitere Detailkartierungen.

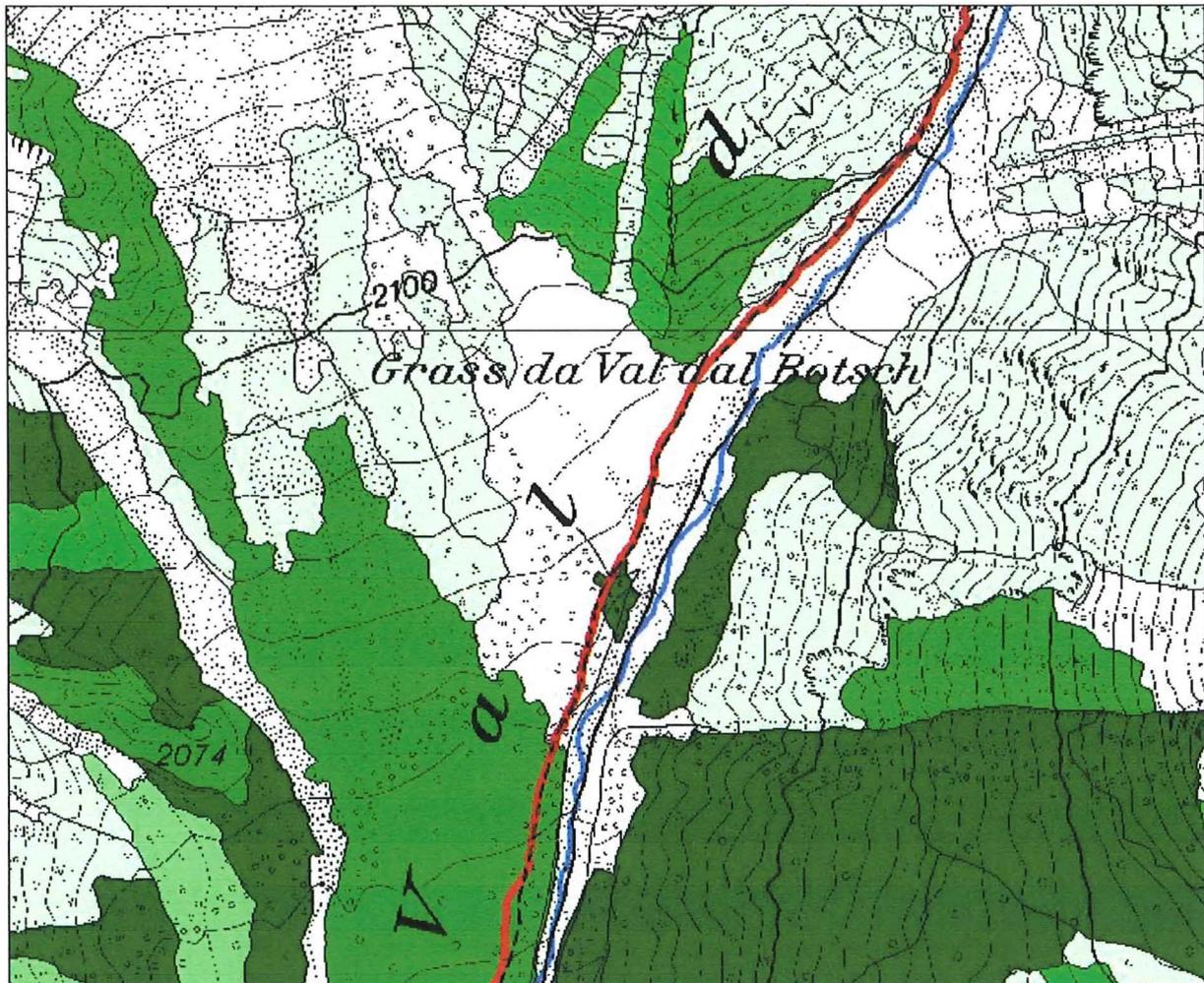


Abb. 11: Ausschnitt aus der Karte „Verteilung der Aufrechten Bergföhre“ (Original siehe Kartenanhang). Rot = photogrammetrisch erfasster Wanderweg, blau = Gewässerlinie.

Die weitere Differenzierung der Einheitsflächen ist für spezielle Aufgaben immer möglich. Aufbauend auf den Grundlagendaten könnten z.B. pflanzensoziologische oder tierökologischen Kartierungen, die im Feld erhoben werden, auf die Geometrien der Luftbildauswertung aufgesetzt werden. Durch spezielle Attributierung der Zusatzgeometrien ist eine Trennung vom Grunddatensatz sinnvoll.

8.2.1 Vergleich Orthophoto – Luftbilddelinierung

Auf die Verwendbarkeit von Orthophotos zu Interpretationszwecken wird in Kapitel 12.1 näher eingegangen. Für spätere Dokumentationen kann jedoch das Orthophoto eine brauchbare und gute Grundlage je nach Fragestellung sein. In Abb. 12 wurden die Delinierungen auf das Orthophoto projiziert. Sehr eindrücklich lassen sich die Einheitsflächen nachvollziehen.

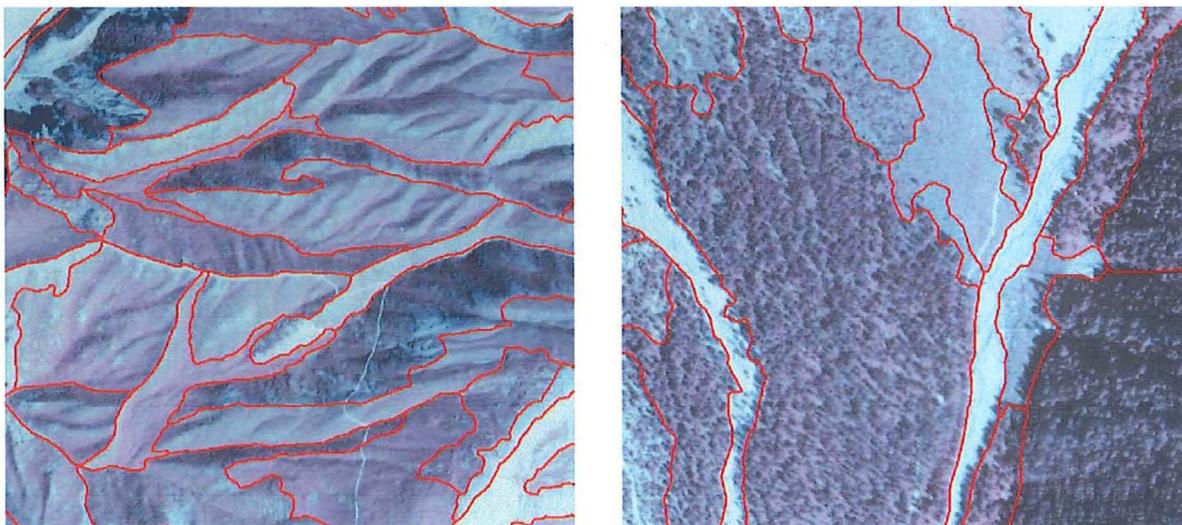


Abb. 12: Überlagerung Orthophoto und Luftbilddelinierung an zwei Beispielen.

Die Genauigkeiten beider Geometrien reichen als Grunddatensatz für ein flächendeckendes Inventar aus.

8.2.2 Vergleich alte / neue Daten

Mit der Etablierung von geographischen Informationssystemen wuchsen gleichzeitig die Bedürfnisse nach digitalen Raumdaten. vielerorts wurden bestehende analoge Kartierungen digitalisiert und neu attribuiert. Da jede thematische Kartierung eine individuell definierte Genauigkeit in der Geometrie aber auch im Inhalt aufweist, sind thematische Überlagerungen in einem geographischen Informationssystem mit grosser Vorsicht zu betrachten.

Zuständige GIS-Spezialisten fordern deshalb vielerorts einheitliche Grunddatensätze und Mindestanforderungen in der Geometrie. Auch der SNP verfügt über viele digitale Datensätze, die in ihrer Genauigkeit unterschiedlich sind. Die gewünschten Verschneidungen mit verschiedenen Themen sind nur bedingt möglich.

Abb. 13 zeigt im Rahmen der Vegetations- und Waldkartierungen die Überlagerung der Waldkartierung von KURTH et al. (1960), die Vegetationskartierung von CAMPBELL und TREPP (1968) und die aktuelle Luftbilddelinierung (2000). Alle Kartierungen wurden mit unterschiedlichen Methoden und Genauigkeitsansprüchen erstellt. Jeder Kartierer wählte für sich die seinerzeit beste Methode. Luftbilder wurden auch damals schon verwendet.

Möchte man diese Daten jedoch interdisziplinär nutzen, so stösst man schnell an die Grenzen der Vergleichbarkeit aufgrund der unterschiedlichen Geometrien. Die oben aufgeführten Erläuterungen sollen jedoch keinerlei Kritik der bestehenden Kartierungen sein, sie sollen vielmehr das Dilemma zukünftiger GIS-unterstützter Datenauswertungen aufzeigen. Deshalb ist der Ruf nach einem einheitlichen Grunddatensatz im SNP umso verständlicher.

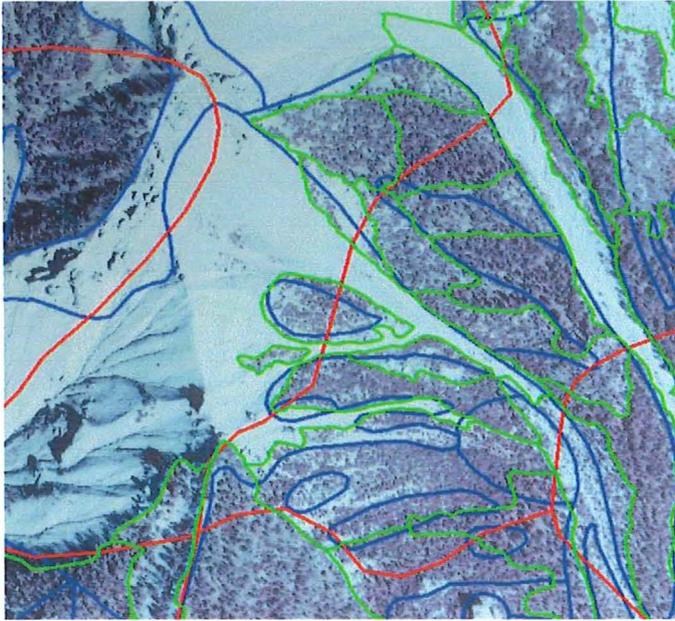


Abb. 13: Überlagerung der Delinierungen von Kurth (rote Linien) Trepp und Campell (blaue Linien) und der Luftbildauswertung 2000 (grüne Linien).

9 Workshop

Am 21.11.2000 wurde an der WSL in Birmensdorf ein Workshop zum Pilotprojekt durchgeführt. Eingeladen waren neben den Vertretern des schweizerischen Nationalparks und Mitgliedern der WNPK auch Vertreter des Nationalparks Berchtesgaden sowie weitere Interessierte aus der Forschung. Das Protokoll im Anhang 14 gibt den Inhalt gekürzt wieder.

10 Datenmaterial

Als Ergebnis der Pilotstudie liegen folgende Daten und Ergebnisse vor:

- Ergebnisbericht, mit Kartenanhang und Interpretationsanleitung
- ARC/INFO-Testdatensätze (Einheitsflächen, Wanderwege ...)
- Orthophotos der Testgebiete von 1999 und 2000
- DOM vom oberen Bereich Testgebiet 2 „Val dal Botsch“
- Diverse digitale Scans
- Poster Luftbildmaterial Nationalpark 1988 und 2000
- Poster Waldbild

Die Daten werden auf CD's zur Verfügung gestellt.

11 Diskussion / Empfehlungen und Aufwandabschätzungen

Im folgenden wird versucht, den SNP-Verantwortlichen aus den o.g. Sachverhalten Hinweise und Eckdaten für das weitere Vorgehen einer flächendeckenden Inventur des schweizerischen Nationalparks zu geben. Mit diesen Vorschlägen, die im Detail mit dem SNP weiter erläutert werden müssen, sollte man zu einem bestmöglichen Ergebnis für den SNP gelangen.

11.1 Verfahren

Für grossflächige Landschaftsinventuren ist ein klar definierter Arbeitsablauf und eine straff organisierte Projektleitung Grundvoraussetzung. Das Verfahren soll zeitliche, inhaltliche und personelle Vorgaben geben. Aus den Erfahrungen der Pilotstudie und vieler anderer Landschaftsinventuren empfiehlt das Konsortium zum jetzigen Zeitpunkt den in Abb. 14 gezeigten Ablauf. Es handelt sich um einen Vorschlag, der im Detail ohne weiteres modifiziert werden kann. Die Orthophotoherstellung ist nicht berücksichtigt.

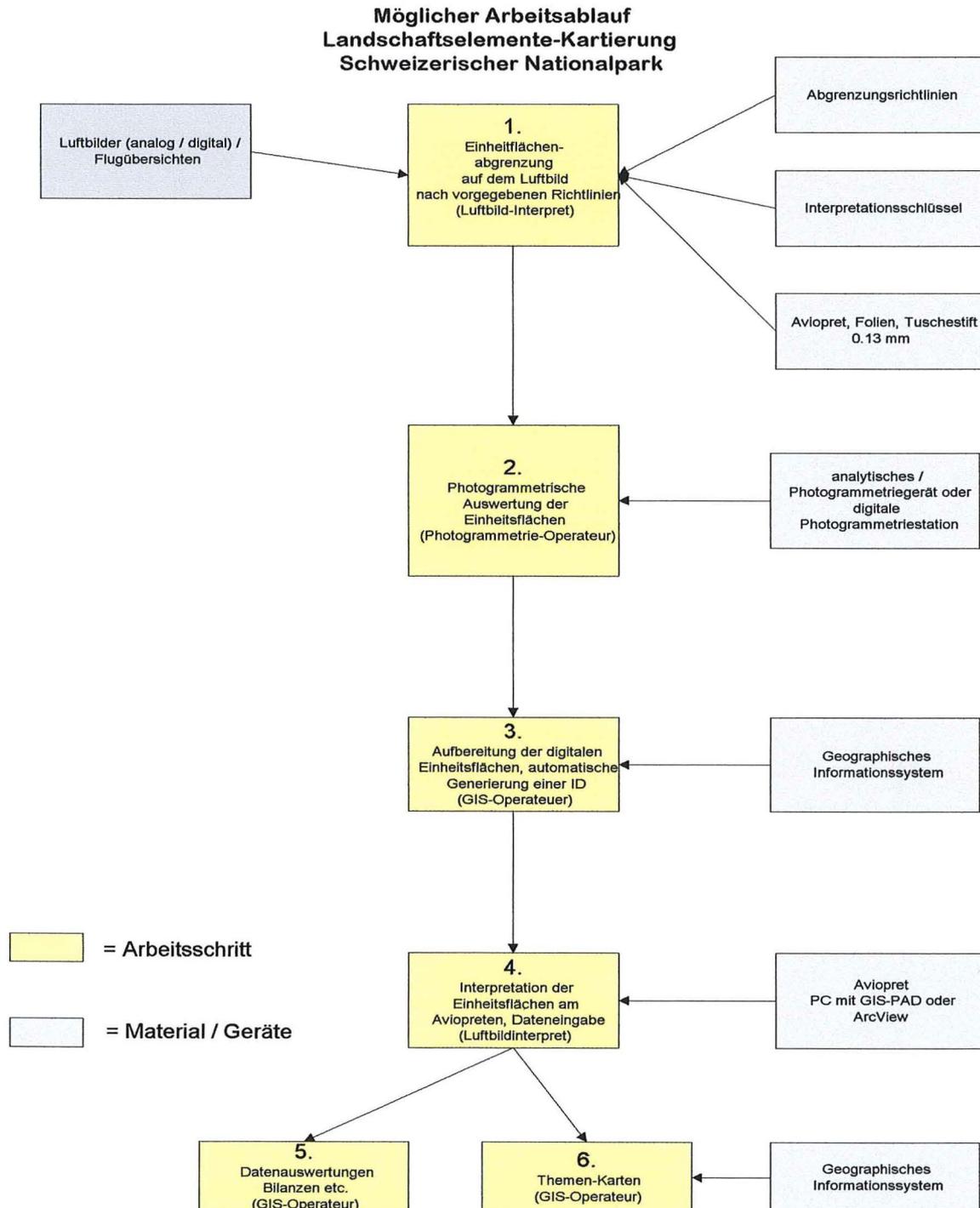


Abb. 14: Mögliches Verfahren zur flächendeckenden Erfassung der Landschaftselemente im SNP.

11.1.1 Luftbild-Delinierungen

Aufgrund der Tatsache, dass Delinierungen unter einem Stereoskop kostengünstiger erfolgen können, sowie die Verwendung der Bildoriginale einen grossen Detailreichtum aufweisen, bietet sich vordergründig diese Methode an. Mit dem Einsatz der digitalen Photogrammetrie besteht jedoch die Möglichkeit, Arbeitsschritte zu kombinieren und zu rationalisieren. Diese Möglichkeiten werden im o.g. Arbeitsablauf noch nicht berücksichtigt. Insbesondere kann mit Hilfe eines DOMs bei der Delinierung ein z-Matching erfolgen, welches ein schnelleres Auswerten ermöglicht. Dieses Verfahren müsste jedoch noch in der Praxis besser erprobt und genauer beschrieben werden.

11.1.2 Luftbildinterpretationen

Der hohe Detailreichtum der Zusatzmerkmale in dieser Pilotstudie stellt eine Maximalvariante einer Luftbildinterpretation dar. Für die Erfassung eines Grunddatensatzes muss abgewogen werden, welche Parameter mit welcher Genauigkeit gewünscht sind. Auch ist die gesicherte Interpretierbarkeit je Merkmal unterschiedlich. Unsichere und fehlende Interpretationsdaten sollen durch gesicherte Zusatzinformationen ergänzt werden können. Im Metadatensatz soll dies dann vermerkt werden.

Es ist grundsätzlich immer zu beachten, dass die erhobenen Daten aus einer Luftbildinterpretation stammen und diese nicht mit einer Felderhebung bis ins letzte Detail vergleichbar sind. Genauigkeits- und Detailansprüche, die im Gelände sichtbar sind, müssen immer mit dem im Luftbild Sichtbaren in Verbindung gebracht werden. Luftbildkartierungen sollen und können Felderhebungen für Detailkartierungen nicht ersetzen, sondern sinnvoll unterstützen.

Die Luftbild-Interpretation muss für die vorgegebene Aufgabenstellung zwingend stereoskopisch erfolgen. Alle Interpretationsmerkmale der Testgebiete wurden an einem Zoomstereoskop Wild ATP2 erhoben. Tests an einer digitalen Photogrammetriestation mit den Luftbildern der 2000er-Befliegung ergaben, dass durch das Scannen ein gewisser Qualitäts- und Informationsverlust erfolgt. Wesentlichen Einfluss hat die Auflösung der Scans. Im 25micron-Scan-Modus ist eine Interpretation mit den im Pilotprojekt definierten Merkmalen nur bedingt möglich. Merkmale wie Bodenbedeckung und Totholzanteile sind kaum interpretierbar. Je höher die Scanauflösung gewählt wird, umso bessere Interpretationsmöglichkeiten ergeben sich.

Der ausführende Luftbildinterpret muss ein einwandfreies stereoskopisches Farbseh-Vermögen besitzen. Dies lässt sich mit Augentests beim Augenarzt oder einem dafür erfahrenen Ingenieurbüro feststellen. Der Interpret muss ferner das notwendige handwerkliche Geschick für die Delinierung und ausreichende Erfahrungen in Luftbildarbeiten von Landschaftsinventuren haben. Fachliche Kenntnisse der Erhebungsparameter (landschaftsökologische, forstliche und vegetationskundliche Kenntnisse) sind Voraussetzung.

Der NP Berchtesgaden hat die leidige Erfahrung machen müssen, diese Aspekte im Vorfeld ihrer Erhebungen Anfang der 90er Jahre nicht genügend berücksichtigt zu haben. Erhebliche Korrekturmassnahmen in Geometrie- und Sachdaten waren die Folge (mündl. Mitteilung H. Franz, GIS-Leiter NP Berchtesgaden, KIAS et.al. 1996a) die auch finanziell nicht ohne Auswirkungen blieben.

Für den SNP wird daher vorgeschlagen auf erfahrene Luftbildinterpreten zurückzugreifen, oder speziell Luftbildinterpreten für dieses Projekt auszubilden und fortlaufend zu betreuen.

Die Dateneingabe sollte mit einem digitalen Erfassungsformular erfolgen welches gleichzeitig ermöglicht, Korrekturen in der Geometrie zu machen. Die Softwarepakete GISPAD oder ArcView könnten hier eine Möglichkeit bieten (siehe Arbeitsablauf).

11.1.3 Photogrammetrische Auswertungen

Aus Sicht der Photogrammetrie können folgende Empfehlungen für die vollständige Erfassung des SNP abgegeben werden:

- Für den ganzen Nationalpark sollte eine Aerotriangulation (AT) der Luftbilder 2000 durchgeführt werden, damit die Orientierungsparameter der Luftbilder die Grundlage für flächendeckende oder

lokale Datenerfassungen bilden können. Die AT kann anhand von ca.75 gut verteilten GPS-Passpunkten erfolgen, die nachträglich eingemessen werden. Es kann jedoch auch in Betracht gezogen werden, Passpunkte aus den triangulierten Luftbildern von 1988 abzuleiten.

- Die IR Luftbilder sollten mindestens mit 25 micron (1016 dpi) gescannt werden, damit ggf. eine Auflösung der Orthophotos von 25cm erreicht werden kann (Anforderungen nur für Dokumentationszwecke).
- Wird eine Delinierung und Interpretation an der digitalen Photogrammetrie-Station angestrebt, so müssen die Luftbilder möglichst mit 14mikron gescannt werden.

11.1.3.1 Analytische Photogrammetrie

Die analytische Photogrammetrie stellt bis heute eine der genauesten Vermessungsverfahren aus Luftbildern dar. Sie ist jedoch auch eine kostenintensive Methode. Der o.g. Verfahrensablauf optimiert den Einsatz der analytischen Photogrammetrie und beschränkt diesen auf das Wesentliche (blosses Auswerten der Linien). Die Kosten einer Auswertung hängen entscheidend von dem Detailreichtum der Delinierung ab. Photogrammetrieaufwände und Aufwände für die Delinierung sind zeitlich ungefähr gleich gross. Hinzu kommen die Aufwände für Bildorientierung und Infrastrukturauswertungen.

11.1.3.2 Orthophotos

Für Dokumentationszwecke und als Datenhintergrund sollten, Orthophotos auch für den SNP erstellt werden. Für die Nutzung auch bei der Öffentlichkeitsarbeit bieten sich Orthophotos der Normalfarb-Luftbilder an. Dies sollte jedoch noch eingehend abgeklärt werden.

- Als Grundlage für die Orthophotoerstellung soll das digitale Terrainmodell DTM/AP dienen, da die Genauigkeit für Orthophotos mit einer Auflösung bis zu 25cm ausreicht. Für höhere Auflösungen muss ein genaueres DTM aus den aktuellen Luftbildern erfasst werden, doch können die Kosten dafür recht hoch werden (z.B. Fr. 5.- - 7.-/ha). Ein Oberflächenmodell DOM/1 kann aus den aktuellen Luftbildern 1: 10'000 erstellt werden, doch kann der Editieraufwand recht hoch werden.
- Die digitalen Orthophotos sollen auf jeden Fall mit einer Auflösung von 25cm erstellt werden, da der grosse Bildmassstab 1: 10'000 sonst nicht entsprechend ausgenutzt wird. Ausserdem unterscheiden sich mit dieser Auflösung die Orthophotos von anderen Produkten wie Swissphoto 1995 (75cm) oder SwissImage 1998 (50cm)..
- Die Orthophotos sollen wegen der grossen Datenmenge in Kacheln abgegeben werden. Als Kachelsystem kommen 1km x 1km Kacheln (Datenmenge 48 MByte bei Pixelgrösse 25 cm) in Betracht, da bei jedem anderen System die Datenmenge/File zu gross wird (1/16 Blattschnitt der LK25 = 630 MByte/Kachel). Als Fileformat ist GEOTiff oder TIFF mit entsprechender Geokodierung (File *.tfw) zu empfehlen.

11.1.4 Luftbild-Interpretationsschlüssel

Für eine flächendeckende Kartierung des SNP ist ein Interpretationsschlüssel und eine Kartieranleitung notwendig. Je detaillierter und lückenloser diese Dokumentation ist, desto besser und homogener wird das Endresultat. Ein Interpretationsschlüssel im Sinne eines Beispiel-Schlüssels kann fortlaufend ergänzt werden. Auch im SNP wird es im Laufe der Interpretationsarbeiten immer wieder zu Situationen kommen, die nicht genau in das Schema der Kartierung passen. Wichtig ist in solchen Fällen, klare Vorgaben zu erarbeiten und Entscheide zu dokumentieren. Nur so ist eine Nutzung der Unterlagen auch in Zukunft gewährleistet. Im Rahmen der Erarbeitung der Richtlinien sind bereits Folge- und Ergänzungskartierungen zu berücksichtigen. Es sollten Strategien entwickelt werden, wie Geometrie- und Sachdatenveränderungen dokumentiert und erfasst werden.

11.2 Aufwandabschätzungen

Die Kostenschätzung einer flächendeckenden Erfassung der Landschaftselemente im SNP hängt von einer Vielzahl Faktoren ab, die bis heute nicht abschliessend geklärt sind. Aufwandabschätzungen für die Interpretationsarbeiten können erst aufgrund eines definitiven Interpretations-Schlüssels realisiert werden. Mindestflächen und Anzahl der Zusatzmerkmale sind hier massgebend. Die folgenden Ausführungen stellen Grössenordnungen dar, die sich auf eine flächendeckende Bearbeitung der heutigen Kernzone der SNP bezieht.

Grob lassen sich folgende Positionen definieren:

- Projekt-Management
- Luftbildinterpretationsschlüssel
- Luftbildauswertung
- Orthophotoherstellung
- Datenaufbereitung / Dokumentation
- Unvorhergesehenes

11.2.1 Projekt-Management

Ein Projekt dieser Grössenordnung und Bedeutung als Basisdatensatz zukünftiger Erhebungen muss straff organisiert werden können. Rationelle Arbeitsmethoden (Kostenreduktionen), klare Zielvorgaben (inhaltliche Konsistenz) und Termine (schnellstmögliche Verfügbarkeit) müssen erarbeitet werden. Neben der Projektorganisation muss eine dauernde Betreuung und Kontrolle der Arbeiten möglich sein. Es sollte auch eine Schulung und Eichung der Luftbildinterpreten erfolgen. Das Projektmanagement sollte in enger Zusammenarbeit mit den Vertretern des SNP erfolgen, Dauer des Projektes 2 –3 Jahre.

Kosten Projektmanagement	CHF 135'000,--
--------------------------	----------------

11.2.2 Luftbildinterpretations-Schlüssel

Die Erarbeitung eines Luftbildinterpretationsschlüssel für das gesamte Parkgebiet erfordert die photographische und verbale Dokumentation der Landschaftselemente (Luftbild und terr. Aufnahmen, inkl. terr. Verifikation) und die Ausarbeitung der Interpretationsrichtlinien.

Kosten Interpretationsschlüssel	CHF 135'000,--
---------------------------------	----------------

11.2.3 Luftbildauswertung

Hierunter fallen allen Arbeiten der Bildaufbereitung für die Luftbild-Delinierung und –Interpretation, die eigentliche Delinierung, die Luftbildinterpretation und Sachdateneingabe. Diverse Feldtage zur Kontrolle der Arbeiten sowie die photogrammetrische Auswertungen der Delinierung und Infrastruktur.

Kosten Luftbildinterpretation / Photogrammetrie pro Quadratkilometer	CHF 5'400,--
--	--------------

11.2.4 Orthophotoherstellung (Befliegungsperimeter2000)

Für die Datenerfassung der Orthophotos lassen sich folgende Kosten grob abschätzen (Annahme 680 Luftbilder, inkl. der Randgebiete, mit einer Längsüberdeckung von 75%). Dabei werden die Passpunktbeschaffung, eine Aerotriangulation, das Scanning der Luftbilder und die eigentliche Datenverarbeitung berücksichtigt.

Kosten Orthophotoherstellung / inkl. Aerotriangulation / PP-Beschaffung, Scanning, DTM/AP, Orthophoto/Mosaiking, Datenabgabe	CHF 245'000,--
--	----------------

11.2.5 Datenaufbereitungen / Dokumentation

Die Datenaufbereitung umfasst die GIS-technische Umsetzung der Luftbildinterpretation, die digitale Kontrolle und Dokumentation der Daten. Ein technischer Schlussbericht umschreibt die wesentlichen Spezifikationen des Projektes.

Kosten Datenaufbereitung / Dokumentation	CHF 65'000,--
--	---------------

11.2.6 Unvorhergesehenes

Bei Projekten dieser Grössenordnung müssen unvorhergesehene Zusatzaufwendungen in der Kalkulation berücksichtigt werden.

Unvorhergesehene Zusatzaufwände	CHF 50'000,--
---------------------------------	---------------

Alle Angaben verstehen sich inklusive Mehrwertsteuer von 7.6. %. Es ist davon auszugehen, dass diese in den kommenden Jahren weiter steigt.

11.3 Einsparungspotential

Einsparungspotential findet sich auf vielen Ebenen der groben Kostenschätzung. Sollte sich die Erstellung der Orthophotos nur auf das heutige Kerngebiet beziehen, so ist mit Einsparungen von ca. 50'000 Fr. zu rechnen. Im günstigen Fall könnten die Luftbilder vom Bundesamt für Landestopographie digital zu Verfügung gestellt werden, dann sind auch hier noch weitere Einsparungen in der Grössenordnung von 30'000 bis 40'000 Fr. möglich. Sollten der Merkmalskatalog, die Mindestfläche und die Delinierung weniger detailliert werden, so sind auch pro Quadratkilometer Einsparungen möglich. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass spätere Zusatzerfassungen ein vielfaches dessen kosten werden, als wenn man sie bei der Ersterfassung berücksichtigt.

12 Alternativmethoden

Neben den im Pilotprojekt untersuchten Verfahren gibt es alternative Methoden für die Gewinnung von thematischen und geometrischen Informationen mit Hilfe der Fernerkundung.

Neben der Stereo-Zweibildauswertung sind das Monoplotting oder die Erfassung mit Hilfe eines Orthophotos verbreitete Methoden zur geometrischen Erfassung. Diese erreichen aber die Genauigkeit der digitalen oder analogen Stereo-Zweibildauswertung nicht. Für das Monoplotting hat dies FUSSENEGGER (1995) am Beispiel der geometrischen Erfassung für die Vorarlberger Waldkarte nachgewiesen.

12.1 Orthophotos als Interpretations- und Kartiergrundlage

In den letzten Jahren werden zunehmend digitale Orthophotos hergestellt, um den steigenden Bedarf an einfach und schnell zu erfassenden, günstigen und grossmassstäbigen Geo-Informationen von

verschiedenen GIS-Anwendern wie z.B. öffentlichen Stellen, Ingenieurbüros, Versorgungsunternehmen für Planungsaufgaben, Ressourcenverwaltung und Umweltmonitoring, etc., befriedigen zu können. Digitale Orthophotos werden aus Luft- oder Satellitenbildern durch Transformation von der Zentralprojektion zu einer georeferenzierten orthogonalen Photokarte hergestellt. Orthophotos stellen daher Luftbildinhalte in einer kartenähnlichen, verzerrungsfreien Form dar. Diese Daten bieten auch teilweise Vorteile bei der Qualitätskontrolle von vorhandenen Vektordaten, bei der Visualisierung von Sachverhalten und von bereits digital vorliegenden Informationen. Sie sind als Orientierungshilfe und Kartiergrundlage im Feld wertvoll. Für die Erhebung von geometrischen und thematischen Landschaftsdaten mit hoher Qualität sind Orthophotos allerdings deutlich weniger geeignet als die Stereo-Zweibildauswertung. Die Gründe dafür sind folgende:

- Durch das Fehlen der dritten Dimension können keine Strukturmerkmale bei der Interpretation genutzt werden. Dadurch sinkt die Beurteilungssicherheit.
- Digitale Luftbilder erreichen nicht die Auflösung von analogen Luftbildern. Das Scannen der Luftbilder erfolgt mit einer bestimmten Pixelgrösse, die gröber als die Auflösung des Originalluftbildes ist. Für die Berechnung und Ausgabe des Orthophotos wird üblicherweise auf noch gröbere Pixel resampelt, um die Datenmenge zu reduzieren. Dadurch gehen Merkmale der spektralen und räumlichen Feinstruktur für die Interpretation verloren.
- Die Ausgleichung der reliefbedingten Lage- und Massstabsänderungen erfolgt bei der Orthophotoherstellung mit Hilfe eines digitalen Geländemodells DGM. Dessen Genauigkeit ist, neben anderen Faktoren (z.B. Orientierungsgenauigkeit der Luftbilder), eine wichtige Bestimmungsgrösse für die geometrische Genauigkeit des Orthophotos. Die Genauigkeit der verfügbaren DGM's liegt weit unter jener der Stereo-Zweibildauswertung.
- Im Zuge der Umbildung von Bildinhalten des verzerrten Luftbildes auf die Geometrie des Orthophotos werden die radiometrischen Inhalte der Pixel durch die Verwendung von Interpolations- und Resamplingverfahren verändert. Anstatt zwei unterschiedliche Abbildungen desselben Bildpunktes steht nur mehr ein interpoliertes Farbmuster zur Verfügung.
- Die Korrektur der Lage- und Massstabsveränderungen erfolgt nur für jene Oberfläche, die durch das verwendete DHM repräsentiert wird. Alle Objekte, die sich über oder unter dieser Oberfläche befinden, weisen weiterhin Lagefehler auf oder werden im Orthophoto durch Überlagerung von anderen Bildpunkten nicht mehr abgebildet. Gerade bei Kartierungen in Waldflächen besteht im Luftbild oft keine Bodensicht, daher muss in der Höhe des Kronendaches kartiert werden. Derartige Kartiererergebnisse werden in Orthophotos, die auf einem DGM basieren, nicht lagerichtig abgebildet. Gleiches gilt im alpinen Gelände für markante Geländeformationen, wenn das DHM keine Bruchkanten- und Formenlinien enthält. Für eine lagerichtige Darstellung auch in diesen Fällen wären Orthophotos, die auf digitalen Oberflächenmodellen (DOM) basieren oder sogenannte "True Orthophotos" notwendig. Beide müssen eigens dafür erzeugt werden.
- Für die Herstellung von Orthophotos ist ein Bildflug, das Scannen und die Orientierung der Luftbilder erforderlich. Ab diesem Zeitpunkt kann die stereoskopische Luftbildinterpretation und die Stereo-Zweibildauswertung starten. Für das Orthophoto hingegen muss zusätzlich ein DGM/DOM beschafft oder gemessen und das Orthophoto berechnet und ausgegeben werden. Erst dann kann der eigentliche Erhebungsvorgang beginnen. Für die Erstellung eines DOM's oder die Herstellung eines "True Orthophotos" ist vorgängig zusätzlich weiterer Aufwand notwendig.

Aus wirtschaftlichen Überlegungen können Orthophotos unter gewissen Rahmenbedingungen als mögliche Erhebungsgrundlage in Erwägung gezogen werden, wenn sie bereits für andere Zwecke erstellt wurden und für eine Inventur kostengünstig oder kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Dabei muss man sich aber im Klaren sein, dass der Einsatz von Orthophotos aus Budgetgründen die Qualität der zu erhebenden Daten stark beeinflusst. Auch bei Vorliegen der oben aufgeführten wirtschaftlichen Voraussetzungen muss die Eignung der vorhandenen Orthophotos für die gegebene Inventuraufgabe kritisch geprüft werden. Dabei sind die Aktualität, der Massstab sowie die erreichbare Qualität bei den geplanten geometrischen und thematischen Erhebungen zu beurteilen. In der Regel sind in der Schweiz nur Orthophotos verfügbar, die auf einem DGM basieren. Damit weisen Erhebungen in einem stark bewegten Gelände sowie in Waldflächen grosse Lagefehler auf. Derartige, bereits vorliegende Orthophotos scheiden daher als Erhebungsgrundlage für den SNP aus. Die Herstellung besser geeigneter Orthophotos für die Luftbildinventur im SNP würde einen hohen zusätzlichen Aufwand bei gleichzeitigem Informationsverlust zur Folge haben. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Orthophotos eine zusätzliche Informationsebene beim Aufbau eines GIS für den Nationalpark darstellen können. Der Einsatz von digitalen Orthophotos bei der Erhebung der Sachdaten muss im Spannungsfeld von Budget und Datenqualität beurteilt werden. Eine hohe Qualität (Vollständigkeit und Genauigkeit) der zu erhebenden Daten kann nur bei der stereoskopischen Interpretation und der Stereo-Zweibildauswertung gewährleistet werden.

12.2 Digitale Bildverarbeitung

In Kapitel 2.4.3 wird das Wesen der Luftbildinterpretation ausführlich beschrieben, die einerseits auf der Reizaufnahme beim Sehen und sinnlichen Wahrnehmen von Unterschieden (Grauwerte, Farben) und Bildgestalten, andererseits auf dem bewussten Erfassen der Seherlebnisse und Wahrnehmungsinhalte sowie sich daraus ergebende Assoziationen basiert. In der digitalen Bildverarbeitung sind für die Reizaufnahme und das Unterscheiden von Bildinhalten mit mathematischen Algorithmen teilweise schon sehr gute Erfolge erzielt worden. Ganz anders sieht es für das bewusste Erfassen des Gesehenen und Wahrgenommenen aus. Dabei geht es vor allem um die richtige Erkennung des lokal variierenden Kontextes, des logischen Zusammenhanges und der thematischen Nachbarschaftsbeziehungen zwischen dem erkannten Spektralinformationen. Für diese unverzichtbaren intellektuellen Leistungen bei der Luftbildinterpretation sind derzeit die verfügbaren mathematischen Verfahren noch weit von der Leistungsfähigkeit des Menschen entfernt (EDWARDS 1993). Daher wird in den letzten Jahren zunehmend vorgeschlagen und auch versucht, Methoden der digitalen Bildanalyse als Bestandteile eines computerunterstützten Interpretationsverfahrens zu entwickeln, bei dem Interpret und Computer ihre Fähigkeiten kombiniert einbringen.

Die numerische Bearbeitung von dreidimensionalen Strukturen ist erst seit der Verfügbarkeit von digitalen Photogrammetriestationen auch in der Inventurpraxis möglich. Bei der automatischen Erkennung der räumlichen Objekteigenschaften sind bis jetzt nur Teilerfolge gelungen, vor allem im Bereich von Bauwerken. Für komplexe natürliche Objekte, wie sie alpine Landschaften, insbesondere Waldflächen darstellen, werden eine Reihe von Ansätzen für automatische Bearbeitungsverfahren zur Auswertung der räumlichen Struktur verfolgt (HILL/LECKI, 1998). Derzeit ist aber kein praxisreifes Verfahren verfügbar, das zuverlässige Ergebnisse liefert, insbesondere für eine Inventur der gesamten Landschaft.

12.3 Satellitendaten

In Kap. 2.2 wurde die mangelnde Eignung der bisherigen zivilen Erdbeobachtungssatelliten dargestellt. Seit kurzem sind besonders hochauflösende Satelliten verfügbar, deren erster Vertreter IKONOS ist. Dieser neue Sensor liefert Daten in einer Bodenauflösung von 1-4 m und eröffnet damit neue Möglichkeiten von satellitengestützten Inventuren auch in alpinen Regionen. Für eine schweizerische IKONOS-Aufnahme wurde die geometrische Genauigkeit im Detail untersucht (KERSTEN et al., 2000). Allerdings sind mit der höheren Bodenauflösung alleine nicht alle Probleme gelöst. Diese höhere Auflösung bewirkt eine grössere radiometrische Varianz innerhalb der interessierenden Objekte, die die Qualität der Unterscheidung von verschiedenen Objektklassen beeinflussen kann. IKONOS nimmt nicht im Wellenlängenbereich des mittleren Infrarot auf, das für die Erkennung von Vegetation grosse Vorteile bringt. Die Datenverfügbarkeit und die Preispolitik ist für IKONOS längerfristig noch nicht geklärt. Derzeit sind Aufnahmen um ein vielfaches teurer als bei LANDSAT und SPOT. Die weitere Marktentwicklung bei Inbetriebnahme gleichwertiger Konkurrenzsysteme ist noch völlig offen. Die bereits angelaufene Forschung mit IKONOS-Daten wird in den nächsten 3-5 Jahren zeigen, wieweit auf Grundlage dieser Daten tatsächlich die Informationsbedürfnisse des SNP in einem längerfristigen Programm erfüllt werden können. Die grosse Häufigkeit von Wolken in alpinen Gebieten stellt ein prinzipielles Hindernis für ein satellitengestütztes Monitoringssystem mit hoher zeitlicher Auflösung dar (HOLMGREN/THURESSON, 1998). Bei Bildflügen ist eine wetterabgestimmte Flugterminplanung möglich, während die Aufnahmetermine von Satellitensensoren für ein bestimmtes Gebiet feststehen. Wohl können Systeme mit schwenkbarer Aufnahmerichtung einen grösseren Aufnahmezeitraum abdecken. Allerdings ist dieses Verschwenken mit Aufwand verbunden, nur in engen zeitlichen Grenzen möglich und führt zu verzerrten Abbildungen infolge der schrägen Aufnahmewinkel. Diese können nur bedingt geometrisch korrigiert werden und reduzieren die Qualität einer Klassifikation infolge Abschattungen bzw. Verdeckungen. Luftbilder bieten auf jeden Fall eine deutlich höhere Bodenauflösung. Stereoaufnahmen sind bei neuen Satellitensystemen prinzipiell möglich. In allen Fällen, in denen diese über die Kombination von zwei Szenen aus unterschiedlichen Satellitenbahnen mit seitlichem Versatz realisiert werden, ist der zeitliche Abstand zwischen den entsprechenden Umläufen zu berücksichtigen. Dieser kann mehrere Tage betragen und führt damit zu Problemen der unterschiedlichen spektralen Abbildung identischer Objekte infolge anderer Atmosphärenverhältnisse und Objektveränderungen.

12.4 Ausblick

Mit der Inbetriebnahme von IKONOS als erstem zivilen Erderkundungssatelliten mit Meterauflösung eröffnen sich neue Möglichkeiten auch für alpine Gebiete. Diese müssen aber in den nächsten Jahren erst ausgetestet werden.

In der digitalen Bildverarbeitung wird mit hohem Aufwand an der Weiterentwicklung teilautomatisierter oder vollautomatischer Verfahren der Objekterkennung und Objektabgrenzung gearbeitet. Immer wieder tauchen vielversprechende Ansätze auf (HILL/LECKI, 1998), aber ein praxisreifes Verfahren ist noch nicht in Sicht und schon gar nicht ausgetestet.

In einigen Jahren werden digitale Luftbildkameras auf dem Markt verfügbar sein, die auch möglichst bald in der Schweiz eingesetzt werden sollen (FRICKER et al., 2000; HINZ et al., 2000). Sie bringen Vorteile bei der Luftbildorientierung (durch die obligatorische Ausrüstung mit GPS/INS, die während der Aufnahme bereits Orientierungselemente aufzeichnet) sowie bei der digitalen Bildanalyse, da die radiometrische Aufzeichnungsqualität deutlich besser als jene der Filmemulsion ist. Das Scannen von analogen Bildern würde entfallen und die gesamte Prozessierung von digitalen Bilddaten könnte optimiert werden. Die eigentliche Erhebung kann mittels Interpretation an einer digitalen Photogrammetriestation oder durch teilautomatisierte Methoden der digitalen Bildverarbeitung erfolgen.

Seit wenigen Wochen ist das erste PC-basierte digitale Stereointerpretationssystem auf dem Markt verfügbar. Dieses eröffnet neue, kostengünstige Möglichkeiten, die Interpretation und Kartierung in einem Arbeitsschritt an einer Low-Cost-digitalen Photogrammetriestation durchzuführen. Allerdings muss die Eignung und Leistungsfähigkeit derartiger Systeme unter Praxisbedingungen, ihr Zusammenspiel mit der vorgelagerten Photogrammetriearbeiten (Bildorientierung etc.) und die Verbindung zum GIS noch getestet werden.

13 Weiteres Vorgehen

13.1 Klärung offener Fragen

Mit der vorliegenden Pilotstudie zur flächendeckenden Erfassung der Landschaftselemente im SNP konnten nicht alle Aspekte hinreichend genau beleuchtet werden. Die Genauigkeitsansprüche müssen von Seiten des SNP-Managements definiert werden. Weiter gibt es noch Handlungsbedarf bei der Beurteilung und Klassierung der Totholzbestände und Jungswuchsthematik. Ferner konnten nicht alle Abgrenzungskriterien abschliessend definiert werden (dies sollte Aufgabe des Interpretationsschlüssels sein). Fragen und Methoden zu Folgeaufnahmen sind noch offen, können aber mit dem Einsatz der digitalen Photogrammetrie elegant gelöst werden.

13.2 Datenaustausch-Möglichkeiten

Es ist anzustreben, den Datenaustausch und die Kompatibilität der Rauminformationen der verschiedenen Nationalparks im Alpenraum (insbesondere NP Berchtesgaden) zu gewährleisten. Im Pilotprojekt wurden hierzu exemplarisch Möglichkeiten aufgezeigt. Nach der definitiven Festlegung der Systematik und Zusatzmerkmale sollten in einem speziellen Projekt Zuordnungs-Algorithmen erarbeitet werden, die den Ansprüchen der verschiedenen Nationalparks Rechnung tragen. Dabei sollten bei der Entwicklung auch die verschiedenen Vertreter der Fachdisziplinen aus Management, Forschung und Praxis eingebunden werden. Im Vordergrund stehen Synergieeffekte bei der Nutzung von GIS-unterstützten Simulationsmodellen, die insbesondere im NP Berchtesgaden entwickelt wurden. Für den SNP eröffnen sich hiermit neue Dimensionen der Datenmodellierung und Forschung mit Raumbezug hoher Qualität.

13.3 Die nächsten notwendigen Arbeiten

Um eine flächendeckende Kartierung in der nächsten Zeit realisieren zu können, muss ein Konzept entwickelt werden, um die zeitliche Staffelung der einzelnen Arbeitsschritte planen zu können. Ferner sind Tranchen oder Teilprogramme zu entwickeln.

Es sollte primär die Entwicklung eines Interpretationsschlüssels mit den Arbeitsrichtlinien und fester Systematik im Vordergrund stehen, unter gleichzeitiger Entwicklung von Datenaustauschmöglichkeiten (Zusatzprojekt).

In einem grösseren Gebiet sollte eine routinemässige Auswertung anhand der definitiven Interpretationsanleitung realisiert werden, um Kosten- und Zeitaufwände für eine flächendeckende Inventur zu erhalten.

14 Literatur

AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten), 1999: Luftbildinterpretationsschlüssel II - Bestimmung der natürlichen Altersklasse und der Baumarten (Fichte, Tanne, Kiefer, Eiche, Buche) von Waldbeständen im Colour-Infrarot-Luftbild. LÖBF-Mitteilungen, 4/99, S. 51-56.

ALPMON, 2000: ALPMON-Inventory of alpine-relevant parameters for an alpine monitoring system using remote sensing data. Schlussbericht zum EU-Projekt ENV4-CT96-0359. 123 S.

BALSAVIAS, E. P., HAERING, S., KERSTEN, Th., DAM, A., 1998. Geometric and Radiometric Evaluation of the DSW300 Roll Film Scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 53, No. 4, August, pp. 217-234.

BFS, 1992: Die Bodennutzung der Schweiz - Arealstatistik 1979/85 Kategorienkatalog. Bundesamt für Statistik (Hrsg.), Reihe "Statistik der Schweiz", Fachbereich 2: Raum, Landschaft und Umwelt, Bern, 191 S.

BIERHALS, E., 1988: CIR-Luftbilder für die flächendeckende Biotopkartierung. Inform.d. Naturschutz Niedersachsen, 8. Jg., Nr. 5, Hannover, S. 77-104.

BOLLIGER, P., 1993: Vegetationskartierung mit Luftbild und GIS. Anthos 2/93. S. 22-25.

BUWAL-Bundesamt für Umwelt (Hrsg.), 1996: Luftbildgestützte Moorkartierung. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bern, 50 S.

CAMPELL, E und W. TREPP, (1968): Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks mit einer Beschreibung der Pflanzengesellschaften. Ergebn. Wisschsch. Unters. im schweiz. Nationalpark 11 (58), 168.

CEC (Commission of the European Communities), 1991: Anwendung der Fernerkundung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Wälder. Handbuch, Hrsg.: Prof. Hildebrandt, Druck: WALPHOT S.A. Belgien. Erschienen in deutscher, englischer und französischer Sprache.

DIETZ, K., 1981: Grundlagen und Methoden geographischer Luftbildinterpretation. Münchner Geograph. Abh., Bd. 25, Institut für Geographie der Universität München.

EAFV (Hrsg.), 1990: Flächendeckende Waldzustandserfassung mit Infrarot-Luftbildern. Scherrer, H.U.; Gautschi, H.-P.; Hauenstein, P., Berichte der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Nr. 318, Birmensdorf. 101 S.

EDWARDS, G., 1993: The integration of Remote Sensing and GIS: Fundamental questions and new approaches. Proceedings of the 16th Canadian Symposium on Remote Sensing. S. 873-878.

FRICKER, P.; WALKER, S.; SANDAU, R., 2000: LH System's ADS40: Photogrammetry goes totally digital. Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik (VPK), 8/2000, S. 476-479.

FUSSENEGGER, K., 1995: Integration vegetationsökologischer Daten in ein Geographisches Informationssystem am Beispiel der Verbreitungskarte der potentiell natürlichen Waldvegetation Vorarlbergs. Diplomarbeit am Inst. für Pflanzenphysiologie der Formal- und Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien. 105 S.

GAUTSCHI, H.P., 1999: Visualisierung von phänologischen Vegetationsentwicklungen im Moor mit Hilfe von Farbinfrarotluftbildern. Bundesamt für Landestopographie, Eidg. Vermessungsdirektion, Flugdienst /KSL. 39 S.

GINZLER, Ch.; HÄGELI, M.; de LAPORTE, K.; MAUSER, H.; THEE, P., 1999: Wie kommt das Moor ins GIS? - Der Einsatz der Photogrammetrie bei der Wirkungskontrolle Moorbiootope Schweiz. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik. 9/99, S. 483-489.

HILDEBRANDT, G., 1996: Fernerkundung und Luftbildmessung - für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg. 676 S.

HILL, D.A.; LECKI, D.G., (Hrsg.) 1998: Proceedings of the International Forum on "Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry", February 10-12, 1998, Victoria, B.C, Kanada. 402 S.

HINZ, A.; DÖRSTEL, CH.; HEIER, H., 2000: Digital Modular Camera: System, Concept and Data processing Workflow. XVIII. ISPRS Congress, Amsterdam, Netherlands, July 16-23, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B2, S. 164-171.

HOLMGREN, P.; THURESSON, T., 1998: Satellite Remote Sensing for Forestry Planning - A Review. Scand. J. For. Res., 13, S. 90-110.

KENNEWEG, H. 1994: Pilotprojekt zur Vorbereitung der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung mit CIR-Luftbildern in Thüringen. Abschlussbericht. Auftraggeber: Freistaat Thüringen, Thüringer Landesanstalt für Umwelt.

KENNEWEG, H., 1996: Biotoptypenkartierung mit CIR-Luftbildern in den neuen Bundesländern. In: AFZ/Der Wald, Luftbildanwendung in der Forstwirtschaft, 2/1996.

KERSTEN, Th.; BALTSAVIAS, E.; SCHWARZ, M.; LEISS, I., 2000: IKONOS2 CARTERRA™ GEO - Erste geometrische Genauigkeitsuntersuchungen in der Schweiz mit hochauflösenden Satellitendaten. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik. 8/2000, S. 490-497.

KERSTEN, TH., O'SULLIVAN, W., ZANINI, M., 2001. DOM/10 und DOM/2.5 – Digitale Oberflächenmodelle durch Bildkorrelation. Veröffentlichung vorgesehen in: VPK – Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Nr. 2, Februar.

KIAS, U.; DEMEL, W., REITER, K., 1996a: Erfahrungen mit dem CIR-Luftbildinterpretationsschlüssel der Landesumweltbehörden bei der Anwendung im alpinen. - Update und Umstellung der Biotop- und Nutzungstypenkartierung im Biosphärenreservat Berchtesgaden. Laufener Seminarbeitr. 4/96, S. 79-83.

KIAS, U.; DEMEL, W.; REITER, K., 1996b: Interpretationsdokumentation anhand von Infrarot-Luftbildern der Befliegung 1990. Nachführung von digitalisierten räumlichen Daten im Nationalpark Berchtesgaden. Freising-Weihenstephan.

KRAUS, K., 1994: Photogrammetrie, Band 1 - Grundlagen und Standardverfahren. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, 394 S.

KURTH, A., WEIDMANN, A. und THOMMEN, F. (1960): Beitrag zur Kenntnis der Waldverhältnisse im Schweizerischen Nationalpark. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. / Vol 36, Heft / Fasc.4.

LANA (Arbeitsgemeinschaft Naturschutz der Landesämter, Landesanstalten und ehemaliger Institute für Landschaftsforschung und Naturschutz), 1995: Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (Kartieranleitung). Standard-Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR-Luftbildgestützte Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung für die Bundesrepublik Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg.

MAUSER, H., 1997: Die Verwendung des Luftbildes bei Inventuren im Schutzwald mit besonderer Berücksichtigung photogrammetrischer Messungen an Einzelbäumen zur Beurteilung von Entwicklungsphasen. Dissertationen der Universität für Bodenkultur, Band 47, Wien, 173 S.

PRÖBSTING, T., 1994: Photogrammetrie & Forst - Stand der Forschung und Anwendungen in der Praxis. Tagungsband. Sept. 1994, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Forstwissenschaftliche Fakultät, Abt. Luftbildmessung und Fernerkundung, Freiburg im Breisgau. 392 S.

SCHERRER Ingenieurbüro SIA (1988): Schweizerischer Nationalpark. Vorstudie über die Anwendung der Fernerkundung im Schweizerischen Nationalpark. Bericht zuhanden der Eidg. Nationalparkkommission und des Bundesamtes für Forstwesen und Landschaftsschutz. 96 S.

SCHERRER, H.U., GAUTSCHI, H und HAUENSTEIN, P. (1990): Flächendeckende Waldzustandserfassung mit Infrarot-Luftbildern. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984 – 1987, Teilprogramm Nr. 3. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landschaft.

SCHERRER, H.U., 1993: Projekt zur flächenhaften Erfassung und Auswertung von Sturmschäden. AFZ, 14, S. 712-714.

SCHERRER, H.U., WORTMANN, M., SCHMIDTKE, H., BAUMANN, TH., GAUTSCHI, H. (1996): Luftbildgestützte Moorkartierung. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 50 S.

Schweizerisches Landesforstinventar, Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 1993- 95; Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL); Birmensdorf, 1994.

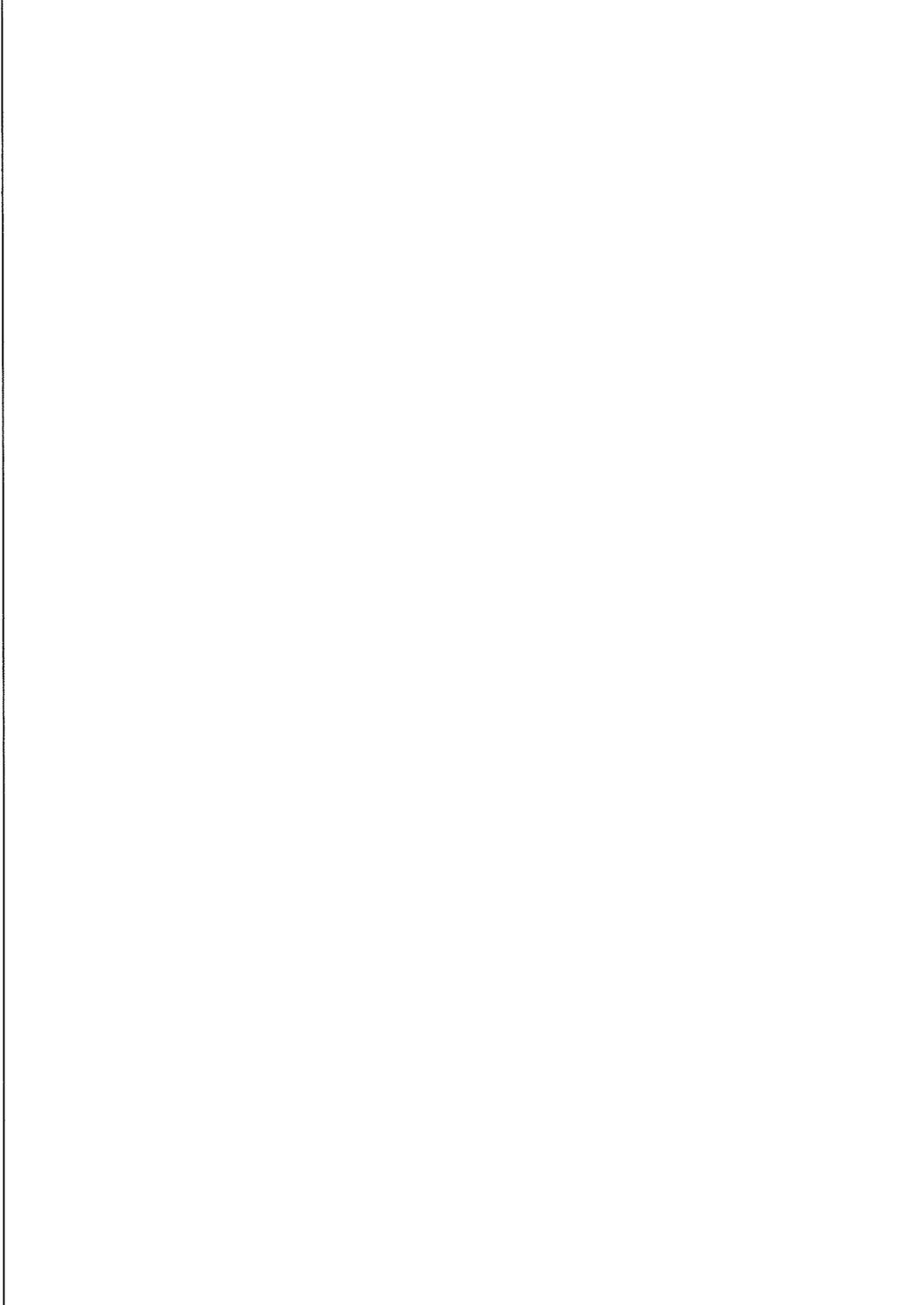
WORTMANN, M., 1994: Der Einsatz der Photogrammetrie in Natur- und Umweltschutz am Beispiel einer Hochmoorrenaturierung aus den Glarner Alpen. In: PRÖBSTING, T., 1994: Photogrammetrie & Forst - Stand der Forschung und Anwendungen in der Praxis. Tagungsband. Sept. 1994, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Forstwissenschaftliche Fakultät, Abt. Luftbildmessung und Fernerkundung, Freiburg im Breisgau. S. 355-362.

WORTMANN, M., 1997: Luftbildanwendungen im Moorschutz. Berichte der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, 88. Band, S. 55-65.

ZOLLER, H., 1995: Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks, Karte und Erläuterungen. Nationalpark-Forschung in der Schweiz Nr. 85.

15 Anhang

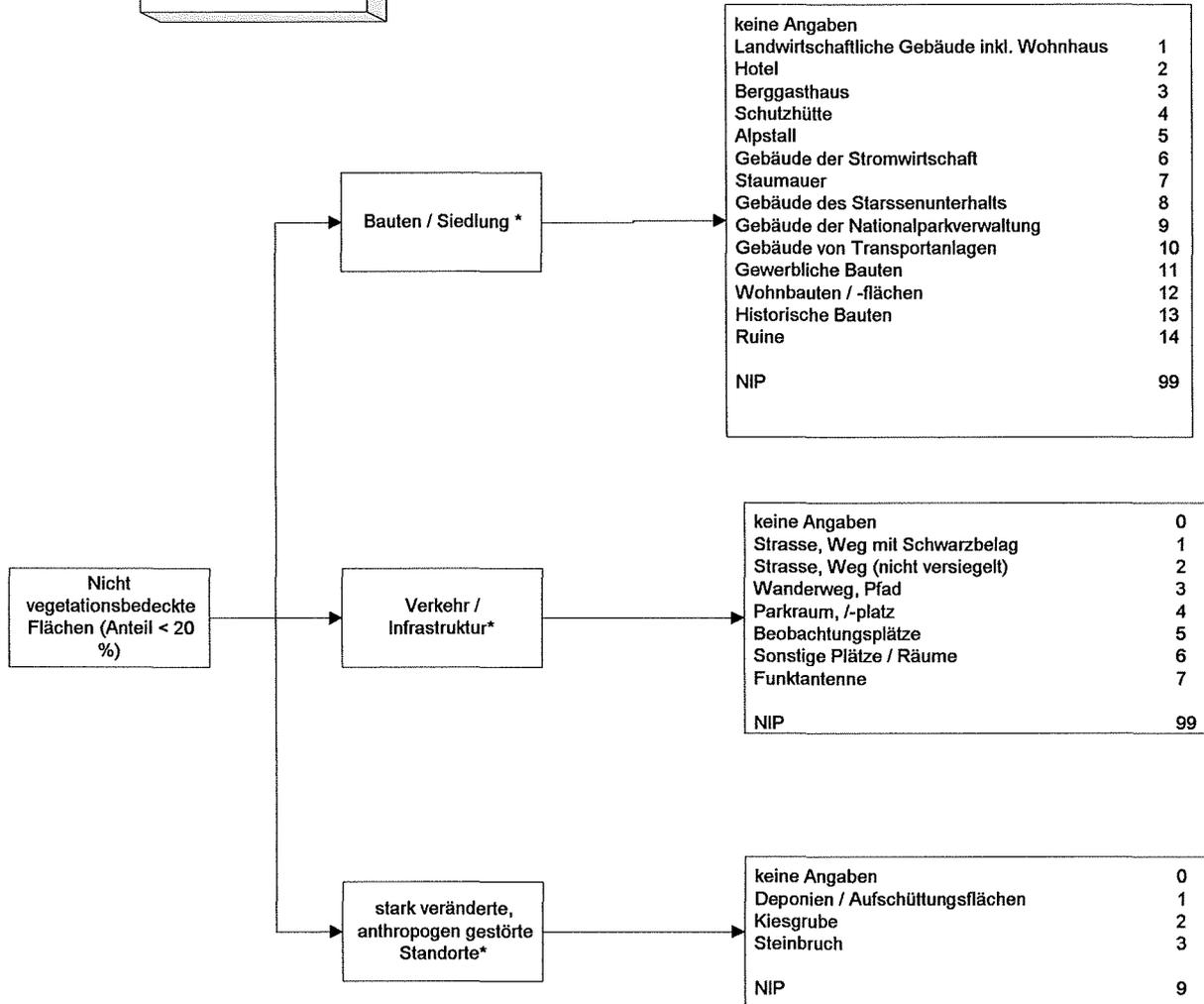
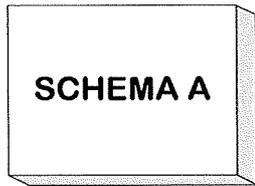
Anhang 1: Typische Geländesituation im Nationalpark am Beispiel der Befliegung 1988 und 2000 in Farbinfrarot- und Normalfarbbildern.



Anhang 2: Interpretationsanleitung

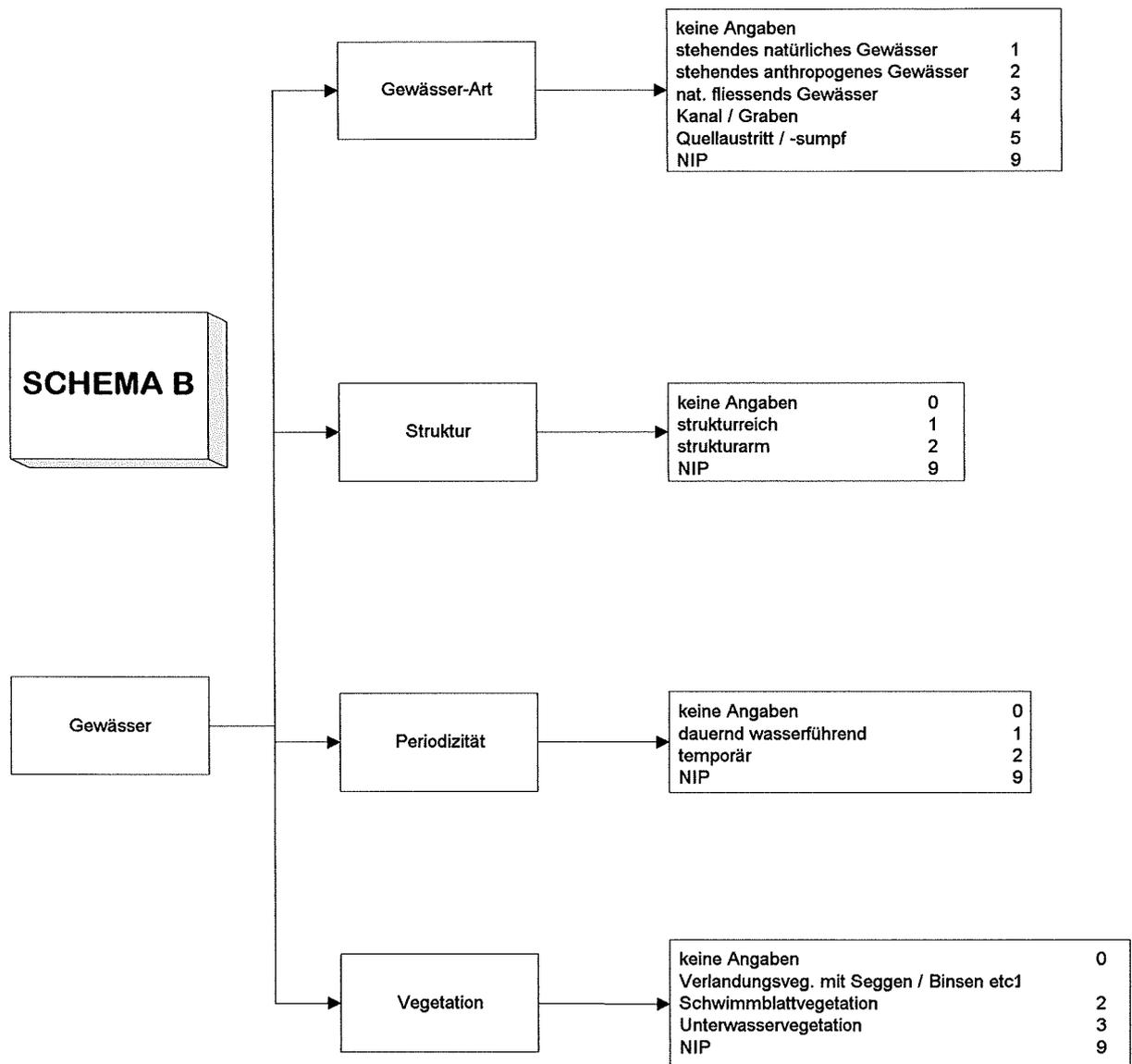
Siehe separaten Anhang
Vorschlag Interpretationsanleitung / Codierungen

Anhang 3: Entscheidungsschema A „Nicht vegetationsbedeckte Flächen“.

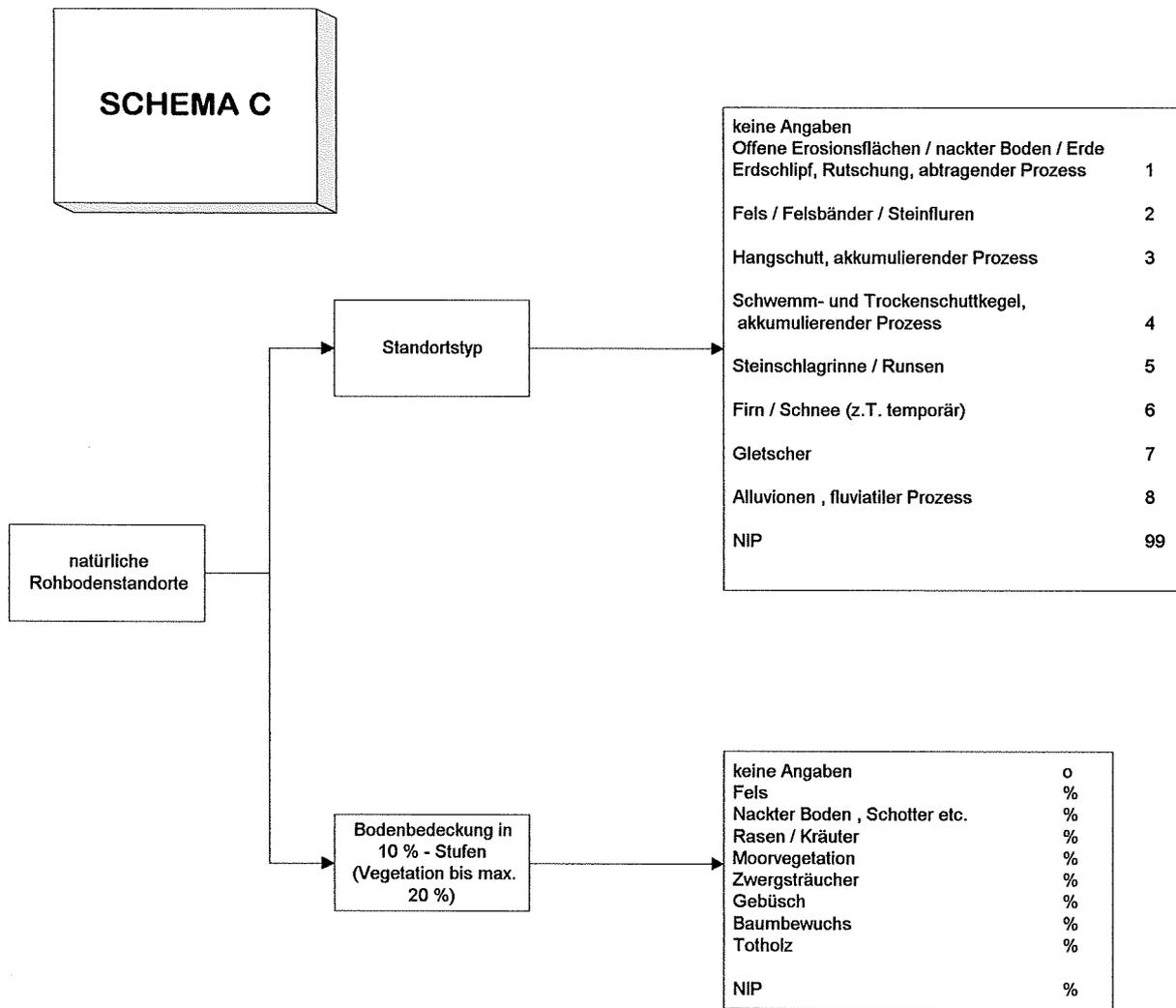


* teilweise können diese Informationen aus Drittquellen erhoben werden

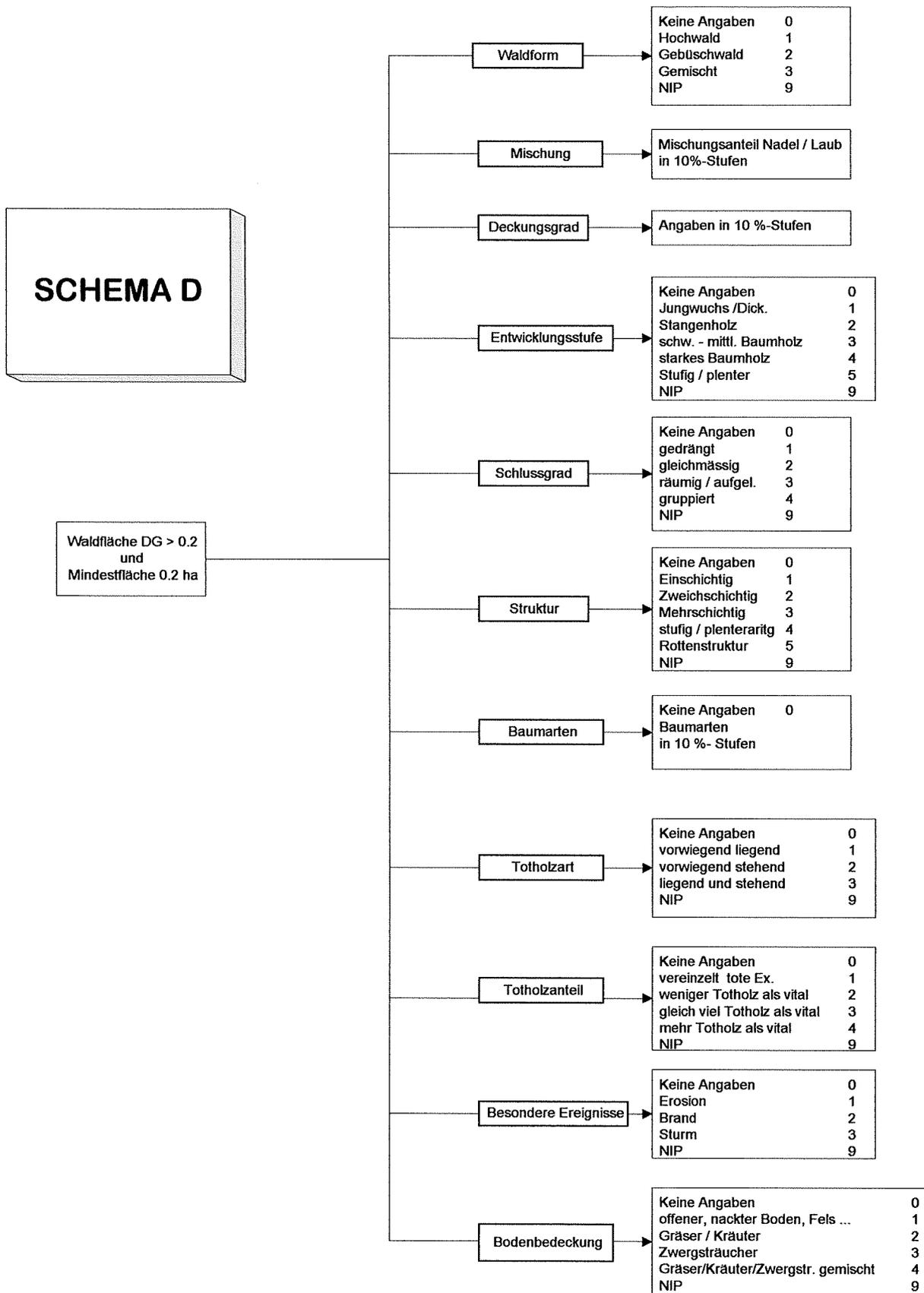
Anhang 4: Entscheidungsschema B „Gewässer“.



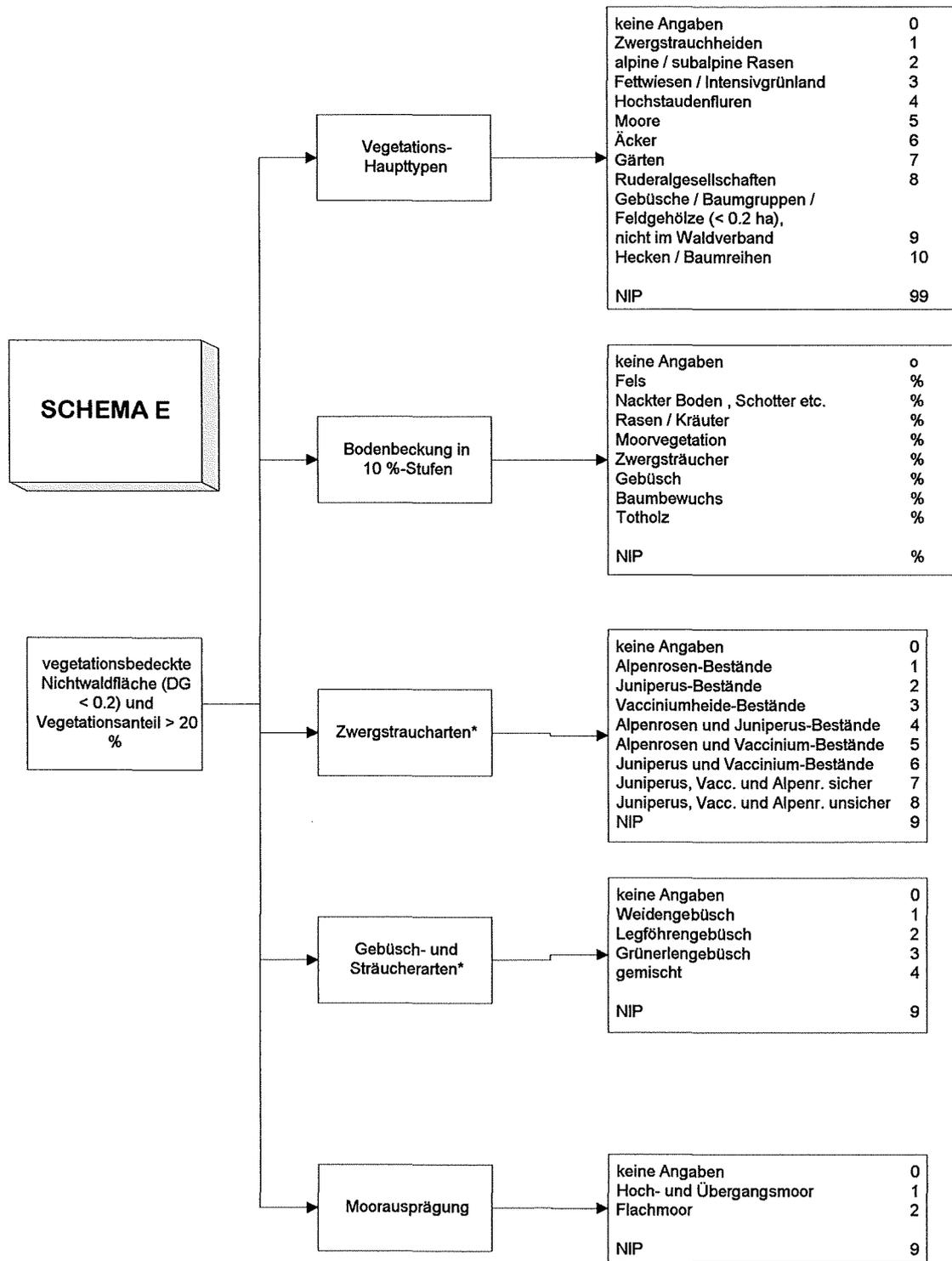
Anhang 5: Entscheidungsschema C „natürliche Rohbodenstandorte“



Anhang 6: Entscheidungsschema D „Wald“

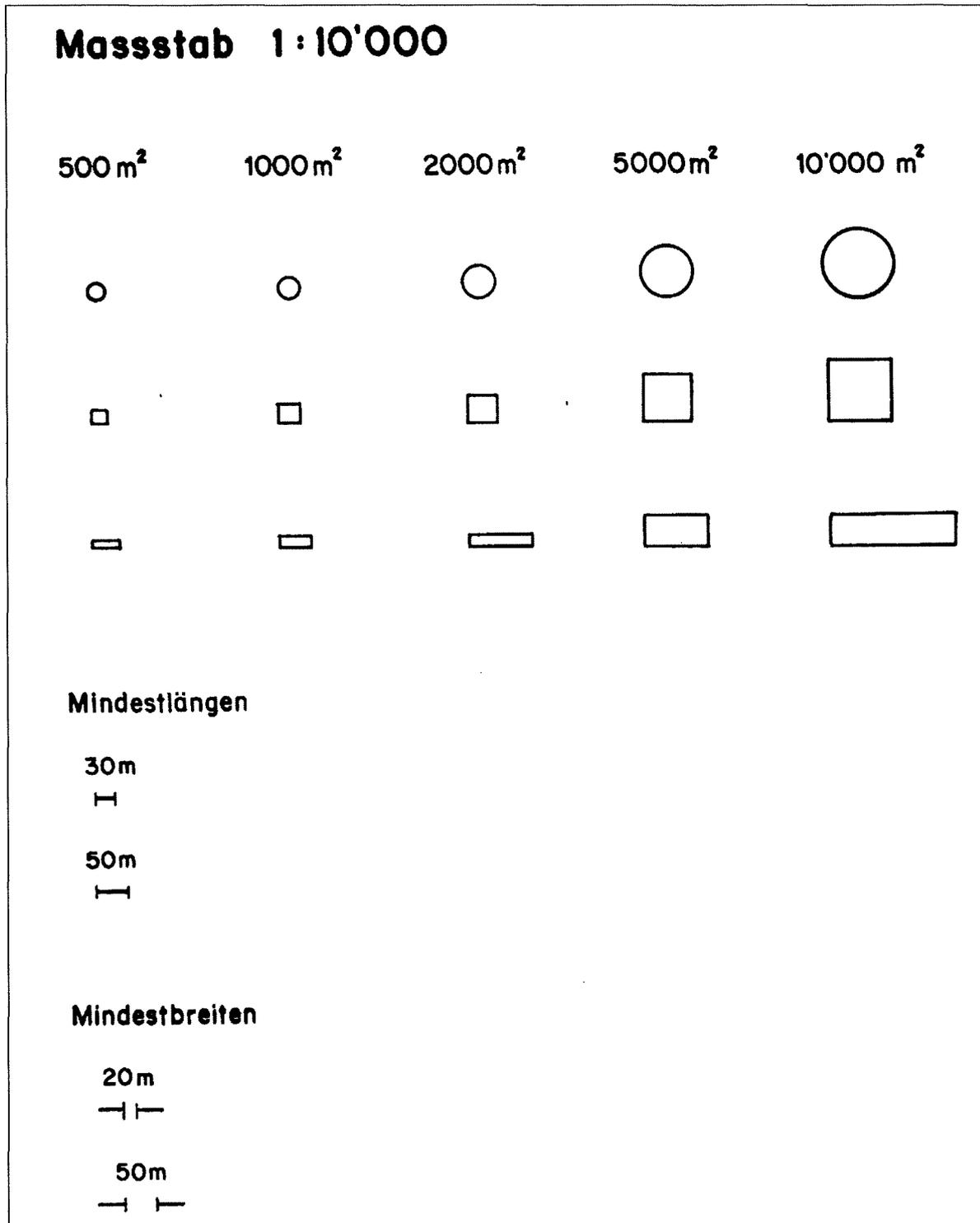


Anhang 7: Entscheidungsschema E „vegetationsbedeckte Nichtwaldflächen“



*Systematik wurde nach der Interpretation geändert

Anhang 8: Schablone für Mindestflächen und – Breiten



Anhang 9: Beispielschlüssel Landschaftselement „subalpine / alpine Rasengesellschaften“.

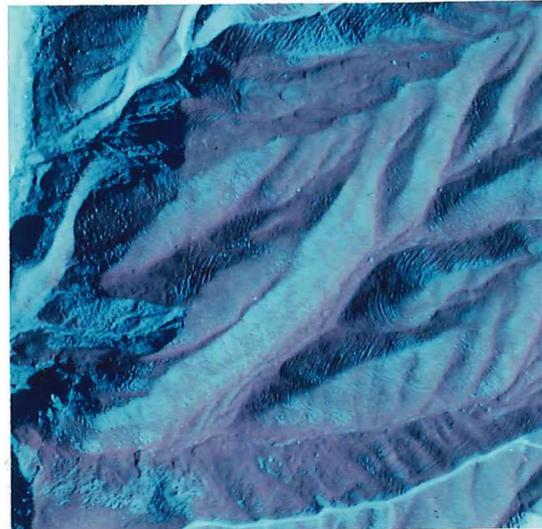
Subalpine - alpine Rasengesellschaften		
Standardmerkmal:	Vegetationsbedeckte Nichtwaldfläche	Code gemäss LANA: 4240 Bezeichnung (LANA): subalpine – alpine Rasen
Vegetationshaupttyp:	Alpine Rasengesellschaften	
Bodenbedeckung:	80 % Rasen / Kräuter 20 % Schotter / Rohboden	
Geomorphologie:	typischer Girlandenrasen / -boden	

Bezeichnung:
Subalpine bis alpine Rasengesellschaften über Karbonatgestein

Charakteristik:
Sie gehören zu den alpinen Kalk-Trockenrasen mit den typischen Polsterseggenrasen (*Caricetum firmæ*) an Extremstandorten und der Blaugrashalde (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) an mehr sonnigen Expositionen. **Häufiges Vorkommen im Parkgebiet.** Gesellschaften neigen je nach Boden-Beschaffenheit zur Ausbildung von typischen Ringen, Halbringen oder treppenartigen Bändern den Girlandenböden. In den feuchteren Rinnenstandorten finden sich geschlossene Rasengesellschaften mit 100 % Veg.-Deckung, ohne Girlandenbildung.

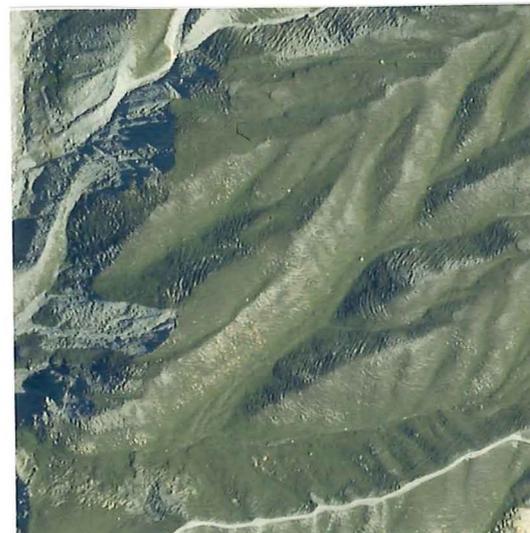


CIR-Luftbild:
Im CIR-Luftbild sind die treppenartigen Strukturen sehr gut erkennbar. Schmale weisse bis gräuliche Linien (Schotter und Rohboden) wechseln sich mit rosa bis roten Vegetationsstreifen ab. Je nach Ausprägung der Girlandenbildung können die Vegetationsstreifen überstrahlt sein und sind somit schlecht erkennbar. Gut erkennbar sind die feuchteren Rinnenstandorte, die 100 % vegetationsbedeckt sind und keine Girlandenbildung aufweisen.



Bildnr.: 5190, FL 199152, 10:59 h

NF-Luftbild:
Die Vegetationsstreifen sind sehr gut erkennbar, übertönen manchmal sogar die vegetationslosen Bereiche. Weniger deutlich kommen die Rinnenstandorte zur Geltung.



Bildnr.: 1189, FL 199452, 10:59 h

Abgrenzungskriterien:
Mindestfläche: 0.2 ha
Mindestbreite: 20 Meter
Erfassung:
Flächenabgrenzung entlang von Geländeformen sinnvoll (Kuppen und Kreten als Grenze nehmen), da Expositionsunterschiede die Artzusammensetzungen beeinflussen. Rinnenstandorte ab 20 Meter Breite separat ausscheiden.

Anhang 10: Landschaftselement „Bergföhrenwald“

Aufgelöster „Schneeheide-Bergföhrenwald“	
Standardmerkmal: Wald Waldform / -typ: Hochwald Deckungsgrad: 60 % Schlussgrad: 3 (aufgelöst) Bodenbedeckung: 100 % gemischt (Gräser / Zwergsträucher)	Code gemäss LANA: 7200 Bezeichnung (LANA): Nadelwald – Reinbestand

Bezeichnung:

Typischer Schneeheide-Bergföhrenwald, 1900 m.ü.M.

(Erico-Mugetum hylacomietosum) auf einem Schwemmfächer

Weitere Charakteristik:

Struktur: Ausgeprägter 2-schichtiger

Bestandesaufbau mit flächigen

Verjüngungsansätzen (Bfo + Arve)

Entwicklungsstufe: schwaches Baumholz mit

einer Oberhöhe von 10 – 15 m / schlanke

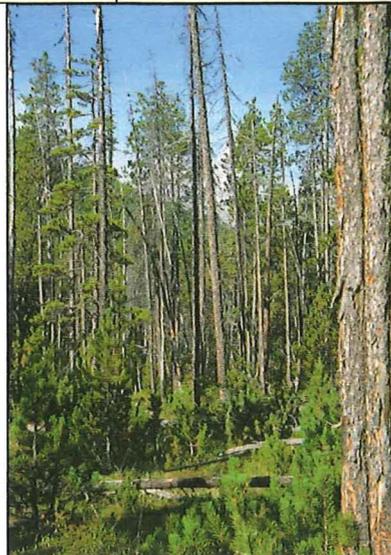
Kronenform

Mischung: 100 % Nadelholz

Baumarten: Bergföhre

Totholzanteil: Zirka gleichviel tote wie vitale Exemplare, teilweise mit Totholzinseln.

Totholzart: stehend

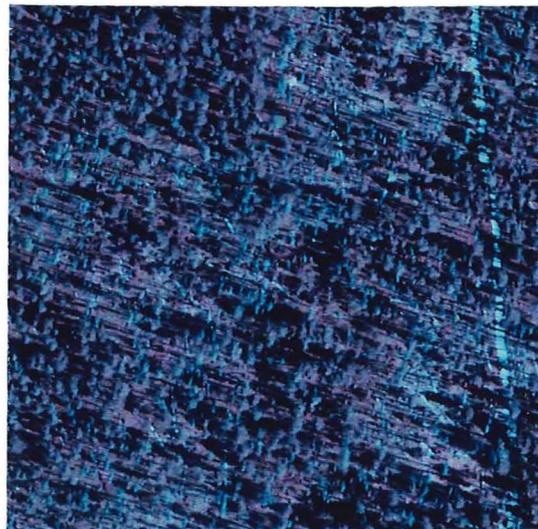


CIR-Luftbild:

Typische violette Färbung der vitalen Bergföhren Bodenvegetation in aufgelockerten Beständen gut erkennbar.

Flächige Jw-Ansätze sind von den Zwergstrauchheiden je nach Ausprägung unterscheidbar.

Hohe Mortalität in der typisch weiss-bläulichen Farbgebung gut erkennbar.



Bildnr.: 5240 , FL 199153, 11:08 h

NF-Luftbild:

Unterscheidung der Krautschicht vom Jungwuchs problematisch

Totholzanteil nur bei Kronen mit genügend Nadeln ersichtlich, je nach Kornenausprägung problematischer als im CIR

Farbnuancierung geringer als im CIR.

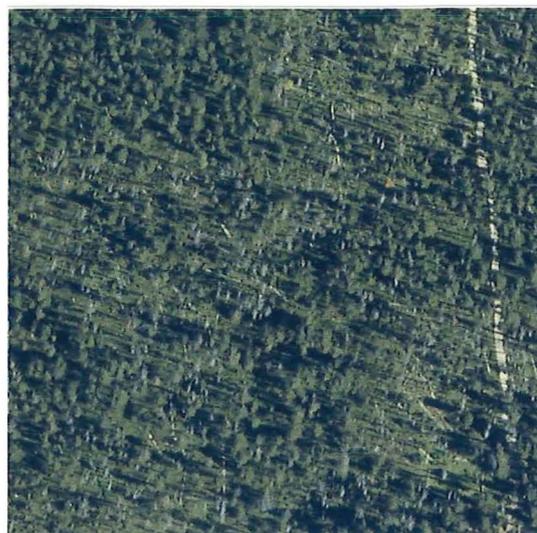
Bildnr. 1240 , FL 199453, 11:08 h

Abgrenzungskriterien:

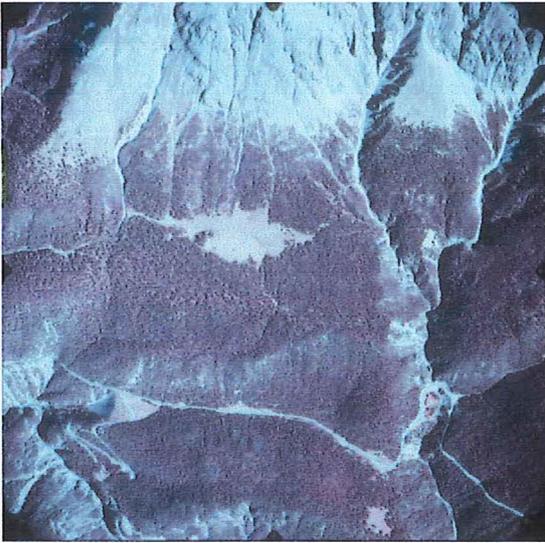
Mindestfläche: 0.2 ha

Mindestbreite: 20 Meter

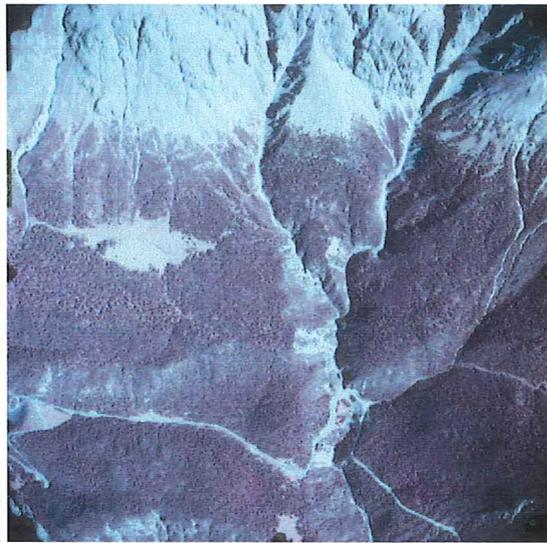
Erfassung: Abgrenzung im oberen Kronenbereich. Erstes Kriterium DG und danach Bodenvegetation.



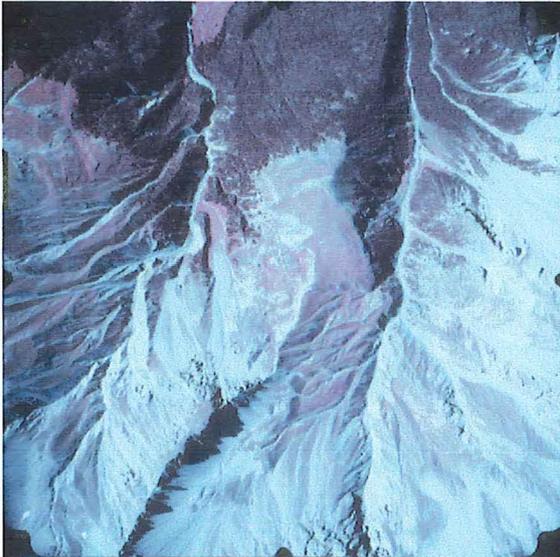
Anhang 11: Bildübersicht der gescannten Luftbildaufnahmen.



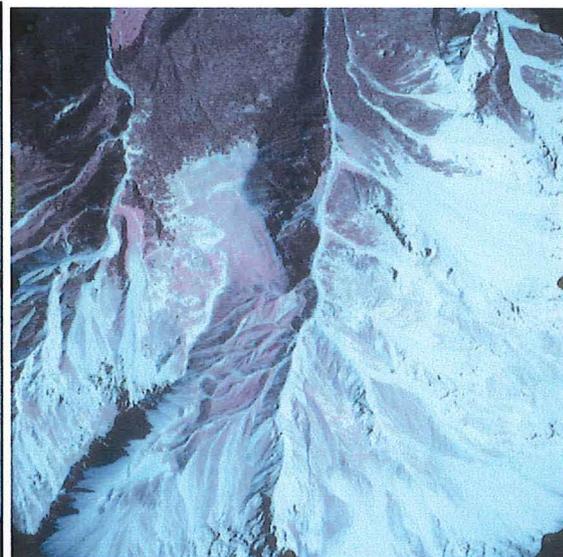
5226



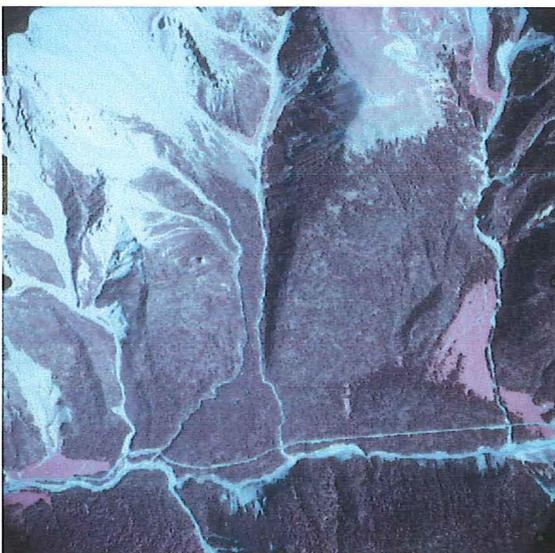
5227



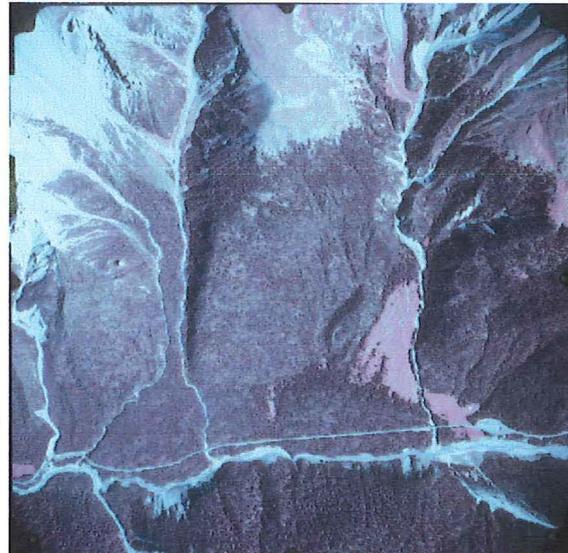
5189



5190

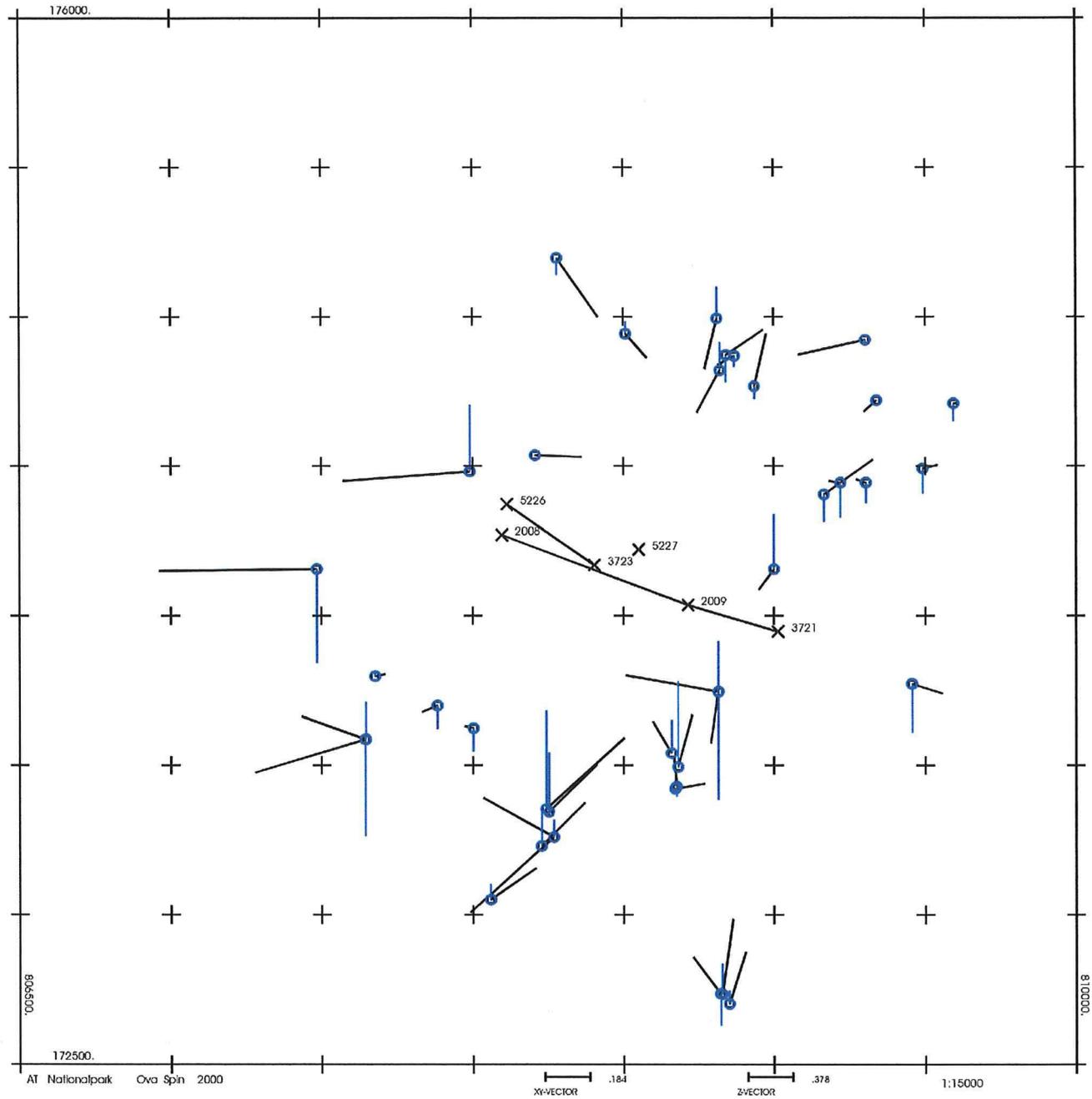


5239

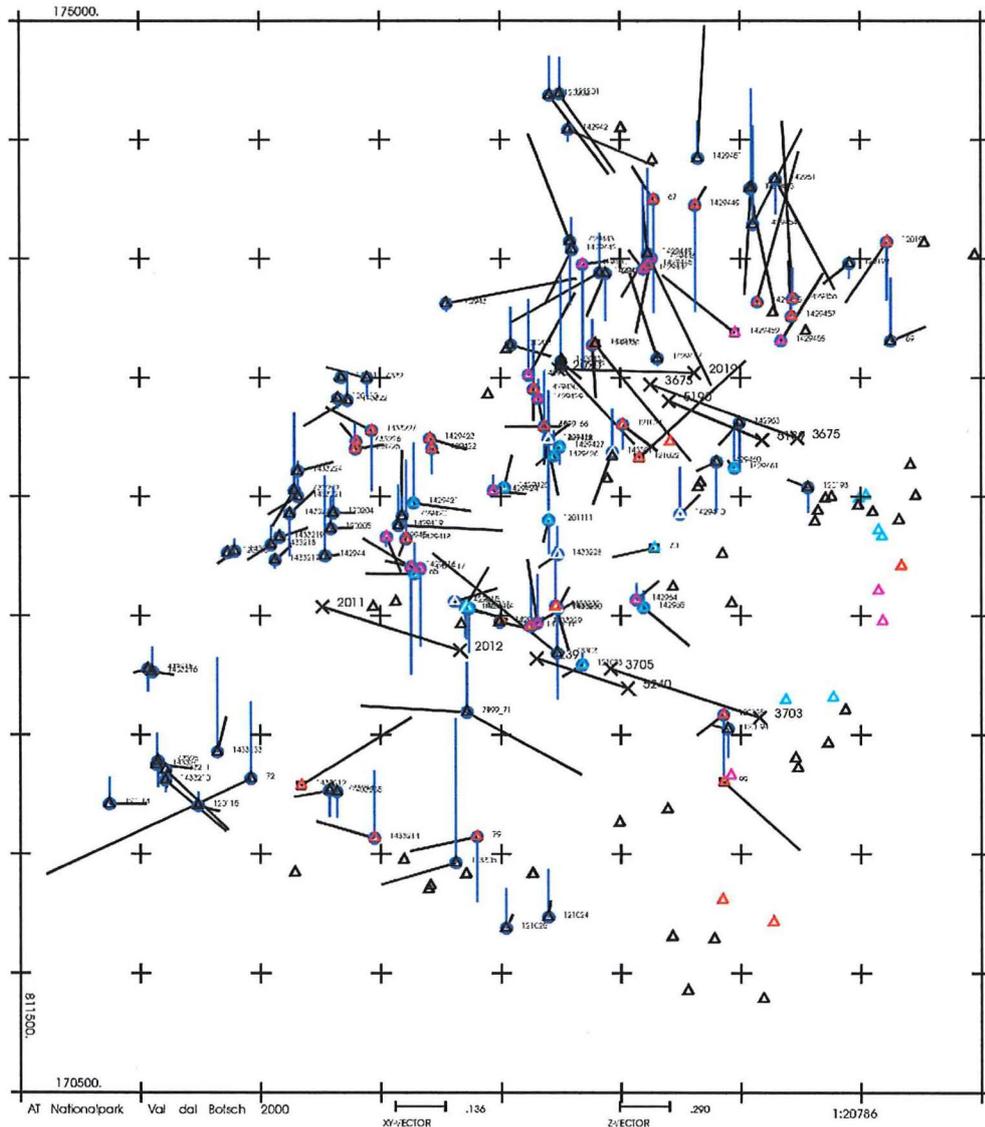


5240

Anhang 12: Aerotriangulation „Testgebiet 1 Ova Spin“



Anhang 13: Aerotriangulation „Testgebiet 2 Val dal Botsch“



- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

Anhang 14: Protokoll vom Workshop am 21.11.2000.

Protokoll Bereich Rauminformation, Schweizerischer Nationalpark

***Workshop Luftbild 2000, Teilprojekt A
21.11.2000, WSL Birmensdorf***

<i>Anwesend</i>	<i>GIS-SNP</i>	<i>Britta Allgöwer Ruedi Haller</i>
	<i>Konsortium Teilprojekt A</i>	<i>Hansueli Scherrer Markus Wortmann Thomas Kersten Christian Ginzler Hanspeter Gautschi</i>
	<i>SNP</i>	<i>Heiner Haller Flurin Filli</i>
	<i>Forschungskommission</i>	<i>Thomas Scheurer Helena Grämiger Antoine Guisan</i>
	<i>Int. Luftbildprojekt</i>	<i>Helmut Franz Walter Demel</i>
	<i>Weitere Gäste</i>	<i>Vincent Barbezat Yuri Lopez de Meneses Urs Frei Phillipe Meuret</i>

Entschuldigt

<i>Daniel Cherix</i>	<i>Präsident FoK-SNP</i>
<i>Christian Schlüchter</i>	<i>Co-Präsident FoK-SNP</i>

Tagesordnung/Zeitplan

- 10:00 Begrüssung, Vorstellung der Tagungsteilnehmer*
10:10 Erläuterung der Ausgangslage, Auftrag Pilotprojekt
10:20 Grundsätze zur Methodenwahl / Material / Befliegung
10:30 Vorstellung der Ergebnisse des Pilotprojektes
Vorgehen, Verfahren, Kategorienkatalog Interpretation photogrammetrische Auswertung, Orthophotos, etc.
11:30 Möglichkeiten einer zukünftigen flächendeckenden Inventur
 - thematische Aspekte*
 - finanzielle Rahmenbedingungen**12:00 Mittagessen*
13:00 Diskussion der Ergebnisse, weiteres Vorgehen

Begrüssung

Britta Allgöwer, Ruedi Haller

BA und RH begrüßen die Anwesenden und danken für die Bereitschaft, sich für diesen Workshop die Zeit zu nehmen. Eine Luftbildauswertung würde einen zentralen Datensatz in einem GIS darstellen. Das Projekt ist deshalb von zentraler Bedeutung für das GIS-SNP. RH stellt kurz das Projektteam und seine Zielsetzungen vor (Foliengrundlage):