

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 151 (2000)
Heft: 5

Artikel: Änderungen der Waldinventurmethode im Kanton Graubünden
Autor: Gordon, Riet / Bühler, Ueli / Zinggeler, Jürg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098353>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Änderung der Waldinventurmethode im Kanton Graubünden

RIET GORDON, UELI BÜHLER und JÜRIG ZINGGELER

Keywords: Regional forest inventory; field assessment; canton of Grisons, Switzerland. FDK 524.6 : 62 : (494.26)

1. Einleitung

Seit rund hundert Jahren werden im Gebirgskanton Graubünden Vorratsaufnahmen im Rahmen der forstlichen Planung durchgeführt. In den letzten Jahren wurde der Wert der Vorratsinventur für die Forstpolitik, aber auch für die Planung der Waldbewirtschaftung immer mehr in Frage gestellt. Bei abnehmender Wirtschaftlichkeit der Holzproduktion hat die Bereitschaft, Geld für die Grundlagenbeschaffung auszugeben, abgenommen. Eine Überprüfung des Informationsbedarfs und der Inventurmethode wurde deshalb seit rund zehn Jahren diskutiert.

Mit dem Inkrafttreten des Bündner Waldgesetzes (KWaG) am 1. Januar 1996 wurde auch ein neues forstliches Planungskonzept eingeführt. Ein Ziel des neuen Konzeptes ist, die im öffentlichen Interesse liegenden Aspekte der Waldbewirtschaftung klarer von den Eigentümerinteressen zu trennen und damit dem Waldeigentümer mehr Eigenverantwortung bei der Führung seines Forstbetriebes zu überlassen. Dies führt zu einer Zweiteilung der forstlichen Planung in eine überbetriebliche Waldentwicklungsplanung und eine eigentümerbezogene Betriebsplanung. Gleichzeitig wurde die Möglichkeit geschaffen, andere Waldfunktionen gleichwertig der Holzproduktion in die Planungsentscheide einzubeziehen. Nach dem alten Konzept hatte nur ein einziges Planungsinstrument bestanden – der Wirtschaftsplan –, mit einem deutlichen Akzent auf der Holznutzung.

Nach dem Entscheid, ein neues Planungskonzept einzuführen, konnten und mussten gleichzeitig der Informationsbedarf und die bisherige Inventurmethode überprüft werden. Im Folgenden sollen die Überlegungen, welche zur Änderung der Inventurmethode geführt haben, die praktische Durchführung der Inventur und die Ergebnisse der Pilotinventur dargestellt werden.

2. Das Planungskonzept

Das Informationssystem ist ein integraler Bestandteil des forstlichen Planungssystems. Die forstliche Planung im Kanton Graubünden ist zweigeteilt. Auf der strategischen, langfristigen und im öffentlichen Interesse stehenden Ebene wird ein Waldentwicklungsplan erarbeitet, auf der operativen, mittelfristigen, im Waldeigentümerinteresse stehenden der Betriebsplan. Für Problemflächen werden zudem Projekte erarbeitet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über das Planungskonzept.

Instrument	Perimeter	Verantwortung	Mitwirkung	Finanzierung	Zeitraum
WEP	Forstkreis, Region	kant. Forstdienst	Gemeinden Bevölkerung Interessengruppen	Kanton	20 Jahre nach 10 Jahren Überprüfung
Betriebsplan	Betrieb oder Revier	Eigentümer	Eigentümer Revierförster (kant. Forstdienst)	Eigentümer (mit Subventionen)	20 Jahre Revision nach Bedarf
Projekte	Problemflächen	Eigentümer	kant. Forstdienst	Eigentümer (mit Subventionen)	5–10 Jahre

Der Waldentwicklungsplan (WEP) wird durch den kantonalen Forstdienst im Allgemeinen für einen Forstkreis erarbeitet. Die Hauptaufgabe des WEP besteht darin, die Waldnutzungen zu regeln und daraus die langfristigen waldbaulichen Ziele und Behandlungsstrategien abzuleiten. Die in der eidgenössischen und kantonalen Waldgesetzgebung allgemein umschriebenen Bewirtschaftungsvorschriften zur Sicherstellung der öffentlichen Interessen am Wald sind im WEP für die Planungsregion zu konkretisieren. Konflikte zwischen den verschiedenen Nutzungsansprüchen sind zu bearbeiten und wenn möglich bereits im Rahmen der Waldentwicklungsplanung zu lösen (GORDON, 1995). Die grossräumige Nachhaltigkeitskontrolle erfolgt ebenfalls auf Stufe Forstkreis.

Der Betriebsplan wird für einzelne oder zusammengehaltene Waldeigentümer durch den Betriebsleiter erarbeitet. Er ist das Führungsinstrument des Betriebsleiters, d.h. des Revierförsters. Der Betriebsplan umfasst eine Analyse des Waldzustandes und der Waldentwicklung, die Formulierung der Betriebsziele, eine waldbauliche Planung, eine Dienstleistungsplanung und die Holznutzungsplanung. Der Hiebsatz wird pro Betriebsklasse¹ festgelegt, ist jedoch nur richtungweisend, nicht verbindlich. Auf der Stufe Betrieb erfolgt eine betriebswirtschaftliche Kontrolle sowie eine massnahmenbezogene Vollzugs- und Erfolgskontrolle.

3. Anpassungen des Informationssystems an veränderte Anforderungen

Die bis zur Änderung des Planungskonzeptes gebräuchlichen wichtigsten Erhebungsprogramme sind in Tabelle 2 aufgelistet. Der Überarbeitung dieser Programme waren Grenzen gesetzt. Erhebungen, deren Methode auf nationaler Ebene festgelegt wurden, sind als vorgegeben zu betrachten. Der Wert vieler Datenreihen liegt in deren Langfristigkeit. Der Wahrung der Kontinuität musste grosse Beachtung geschenkt werden. Die Methodenüberprüfung wurde schliesslich auf die unter kantonaler Hoheit stehenden Waldzustandserfassungen beschränkt, welche die Bestandeskartierung sowie die Vorrats- und die Jungwald-/Wildschaden-Erhebung umfasst.

¹ Betriebsklasse: Bewirtschaftungseinheit, welche aus mehreren Abteilungen besteht und in der Regel ein einheitliches Wirtschaftsziel sowie gutachtlich festgelegte homogene Wuchs- und Standortbedingungen aufweist. Sie dient als kleinste Einheit für die Nachhaltigkeitskontrolle.

Als Konsequenz aus der Neuordnung der forstlichen Planung ergibt sich, dass Waldzustandsdaten nicht mehr nur auf Betriebsebene (Betriebsplanung), sondern auch auf Stufe Region (Waldentwicklungsplanung) notwendig sind. Nachhaltigkeitsbetrachtungen erfolgen auf beiden Ebenen. Sie gelten nicht mehr nur für die Holzproduktion, sondern für alle bedeutenden Waldleistungen. Zu beachten ist, dass neben der forstlichen Planung weiterhin auch andere Informationsbedürfnisse vorhanden sind. So sind für forstpolitische Entscheide auch Aussagen auf Stufe Kanton erwünscht. Nachfrager von forstlichen Informationen sind ausserdem nicht nur der Forstdienst, sondern unter anderen auch die Öffentlichkeit und andere Dienststellen.

Entscheidend für die Neustrukturierung der Waldzustandserfassungen waren die folgenden Erfahrungen und Überlegungen:

- Die Erfahrungen mit den Wirtschaftsplänen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass für die praktische Waldbewirtschaftung und die Betriebsführung hauptsächlich Angaben über den Waldzustand auf Bestandesebene benötigt werden (GORDON, 1993; BASELGA, 1995). Dank ihren direkten und konkreten Aussagen auch über schwer zu messende Grössen wie etwa Stabilität, Waldstruktur usw. sind die Daten der Bestandeskartierung trotz ihres unscharfen Charakters für den Betriebsleiter meist wertvoller als Durchschnittswerte von waldbaulich nur indirekt relevanten Werten über grössere Waldgebiete. Es wurde deshalb entschieden, die Bestandeskartierung als Waldzustandserfassung für die Anwendung auf der Ebene Betrieb und die Vorratsinventur mit stichprobeweisen Messungen des Baumbestandes für Aussagen auf der Ebene Region zu optimieren. Eine Nutzung der Daten auf der jeweils anderen Ebene, insbesondere der Vorratsinventur für die Betriebsplanung, soll möglich gemacht und gefördert werden. Unter «Regionen» werden hier Gebiete in der Gröszenordnung eines Forstkreises verstanden.
- Vorrangiger Adressat der Jungwald-/Wildschaden-Daten ist die Jagdplanung. Um ihren Anforderungen gerecht zu werden, müssen diese Erhebungen wesentlich häufiger wiederholt werden als die anderen Inventuren im Wald. Die Jungwald-/Wildschaden-Erhebung ist daher unabhän-

gig von den übrigen Waldzustandserfassungen durchzuführen. Ihre Hauptanwendung finden diese Daten auf regionaler Stufe.

4. Der Informationsbedarf

Die gesetzlich vorgeschriebene Ausführung der Nachhaltigkeitskontrolle über alle wichtigen Waldleistungen führt zum in *Tabelle 3* dargestellten Bedarf an Informationen über den Waldzustand und die Waldentwicklung.

Die in dieser Tabelle enthaltene Gliederung in sechs Bereiche entspricht den Schwerpunktthemen der Graubündner Waldentwicklungsplanung. Zwar sind die Zielsetzungen in den einzelnen Waldentwicklungsplänen jeweils sehr individuell festgelegt, doch genügen für die Erfolgskontrolle nach den bisherigen Erfahrungen die in der *Tabelle 3* aufgeführten Merkmale.

Gemäss dem neuen Konzept werden die auf Bestandesebene erforderlichen Informationen über die Bestandeskartierung beschafft, die auf Stufe Region benötigten Daten hingegen mit der Vorratsinventur. Die Kontrollgrössen für die Ebene Betrieb werden im Idealfall aus beiden Erhebungsprogrammen hergeleitet.

5. Anforderungen an die Vorratsinventur

5.1 Ergänzung zur Bestandeskartierung

Als Grundlage für die Bestandeskartierung dient eine Bestandesauscheidung auf dem Luftbild, welche photogrammetrisch auf die Karte im Massstab 1:10 000 übertragen wird. Die Bestände werden im Gelände durch den Betriebsleiter (Revierförster) qualitativ nach einer einheitlichen Merkmalsliste beschrieben. Diese Liste beinhaltet standardmässig etwa drei Viertel der in *Tabelle 3* aufgeführten Kontrollgrössen und kann beliebig mit Zusatzmerkmalen ergänzt werden, die für die Betriebsführung individuell notwendig sind. Der Vorrat wird nach einer einfachen Variante der Bitterlich-Methode geschätzt. Im gleichen Arbeitsgang wird eine waldbauliche Planung durchgeführt. Die Aufnahmen erfolgen im Rahmen der Betriebsplanerarbeitung oder in Ausnahmefällen projektbezogen.

Tabelle 2: Die wichtigsten Erhebungsprogramme des Informationssystems vor der Änderung des Planungskonzeptes. Die Programme, welche im Rahmen der Konzeptänderung überprüft wurden, sind dunkel hinterlegt; sie wurden bis zur Inkraftsetzung des neuen Planungskonzeptes simultan in einem Arbeitsgang durchgeführt. SP = Stichproben.

Name	Inhalt	Ebene der Erhebung	Kleinste Aussageeinheit	Qualität	Methoden – Hoheit
Landesforstinventar (LFI)	Waldzustand	Land	Kanton (falls >30 SP/Forstkreis)	Messung, Stichproben	national
Forststatistik	Holznutzung, Finanzen	Land/Kanton	Betrieb	Umfrage, z.T. Messung, Vollerhebung	national und kantonal
Vorratsinventur	Waldzustand	Betrieb (nur produktiver Teil)	Betriebsklasse	Messung, Stichprobe	kantonal
Bestandeskartierung	Waldzustand	Betrieb	Bestand	Beschrieb, flächendeckend	kantonal
Jungwald-/Wildschaden-Erhebung	Zustand Jungwald	Betrieb (nur produktiver Teil)	Betriebsklasse	Messung, Stichprobe	kantonal
Betriebsabrechnung	Arbeits- u. Betriebsstunden, Finanzen, Holznutzung	Betrieb	Produktionsbereich und Betriebsteil	Messung	national und betrieblich
Geografisches Informationssystem (GIS) der Kantonalen Verwaltung	Besondere Objekte (auch nicht forstliche)	Kanton	Objekt	Lage der Umgrenzungslinien, Charakterisierung mit Klassenvariablen	kantonal/ verschiedene Dienststellen

Tabelle 3: Bedarf an Waldinformationen zum Vollzug einer umfassenden Nachhaltigkeitskontrolle.

Bereich	wichtige Kontrollgrößen	Aussage-Einheit		
		Bestand 1–5 ha	Betrieb 40–3000 ha	Region ~5000 ha
Schutz vor Naturgefahren	allg. Waldaufbau (Struktur, Textur, Schlussgrad, Baumarten)	X	X	X
	Stabilität, Vitalität, Schäden	X	X	X
Holzproduktion	allg. Waldaufbau (s. oben)		X	X
	Stammzahl, Vorrat, Zuwachs		X	X
			X	X
	Holzqualität, -wert		X	X
Natur- und Landschaftsschutz	Baumarten	X	X	X
	Totholz		X	X
	Stark- oder Altholzanteil		X	X
	Räumungsflächen (Licht)		X	X
	Pflanzungen		X	X
	Höhlenbäume		X	X
	besondere Waldstrukturen		X	X
Erholung, Tourismus	Baumarten	X	X	X
	besondere Waldstrukturen		X	X
	besondere Bäume	X		
Landwirtschaft	Anteil Weidwald		X	X
	Schlussgrad, Baumarten	X	X	X
Wild und Jagd	allg. Waldaufbau (s. oben)		X	X
	Verbissbelastung	X		
	Lichtungen, Waldwiesen		X	X
	besondere Waldstrukturen		X	X
	besondere Bäume	X		

Die Stärke der Bestandeskartierung liegt in der Erfassung qualitativer Merkmale (z. B. Verjüngung, Stabilität, Schäden), die im Gebirgswaldbau und für die Nicht-Produktions-Waldfunktionen oft eine wichtige Rolle spielen. Damit wird deutlich, dass die Vorratsinventur auf Betriebsebene, wo sie die Bestandeskartierung lediglich ergänzen soll, vor allem quantitative Angaben zu den Merkmalen Stammzahl, Vorrat, Zuwachs und Anteil der Hauptbaumarten liefern soll. Gewünscht sind Angaben mit einem Standardfehler unter 10%.

5.2 Vollständige Abdeckung des Waldgebietes

Das 1980 im Kanton Graubünden eingeführte Aufnahmeverfahren mit temporären Stichproben nach dem System des Kantons Waadt (IPAS) (JECKLIN, 1980) wurde aus Kostengründen auf die produktiven Waldteile des eingerichteten Waldes beschränkt. Die Frage, auf welche Informationsmenge dadurch verzichtet wird, wurde anhand von Daten des Landesforstinventars 1 (LFI 1) an einem zufällig ausgewählten, etwa 8 000 ha umfassenden Gebiet im mittleren Vorderrheintal untersucht. In diesem für den Gesamtkanton relativ repräsentativen Gebiet wurden nur 63% des Waldes mit den IPAS-Stichproben erfasst. Das nicht abgedeckte Waldgebiet unterschied sich wie erwartet in mehreren wichtigen Merkmalen deutlich vom erfassten Wald (Tabelle 4). Vorrat und Mittelstamm sind kleiner, der Laubholzanteil bedeutend grösser. Die Untersuchung zeigt

Tabelle 4: Vergleich der Waldverhältnisse inner- und ausserhalb der in den 1980er-Jahren mit temporären Stichproben erhobenen Waldteile im mittleren Teil des Vorderrheintals. Eine LFI-1-Stichprobe repräsentiert 1 km² Waldfläche.

Merkmal	Innerhalb des mit temporären SP aufgenommenen Perimeters	Ausserhalb des mit temporären SP aufgenommenen Perimeters	Total
Anzahl LFI-1-Stichproben	51	30	81
Stammzahl/ha	345 ± 41	311 ± 54	332 ± 32
Vorrat (Tfm/ha)	376 ± 38	260 ± 47	333 ± 30
Mittelstamm (Tfm)	1,09 ± 0,11	0,84 ± 0,10	1,00 ± 0,08
Anteil Laubholz (Vol.-%)	2,2	5,5	3,1

te ausserdem, dass sich aus den LFI-Daten erst für Regionen ab 5 000 ha ausreichend genaue Vorratswerte (Standardfehler < 10%) errechnen lassen.

Die Inventur hat aussagekräftige Informationen über alle wichtigen Waldleistungen zu liefern. Sie muss sich deshalb über den gesamten Wald erstrecken und darf sich nicht nur auf die produktiven Waldteile beschränken.

5.3 Waldentwicklung

Bei der Einführung der temporären Stichproben im Jahr 1980 wurde der Erfassung der Waldentwicklung, insbesondere des Zuwachses, eine untergeordnete Bedeutung beigemessen (JECKLIN, 1980). In den Wirtschaftsplänen wurden jedoch weiterhin standardmässig Zuwachsberechnungen angestellt, um die geschätzte Nutzungsmenge den tatsächlichen Zuwachsverhältnissen anzupassen. Dieser Planungsschritt ist nach wie vor sehr wichtig. Der Ermittlung eines zuverlässigen Zuwachswertes wurde daher bei der Wahl des neuen Verfahrens eine hohe Priorität eingeräumt.

Für die Berechnung des Zuwachses ist das Prinzip der Zweitaufnahme identifizierter Bäume auf permanenten Probeflächen der bisher praktizierten Aufrechnung zweier Zustandserfassungen und der Nutzungskontrolle innerhalb eines definierten Gebietes (Betriebsklasse) überlegen (SCHMID-HAAS, 1992). Ausserdem lässt die bisher praktizierte Mischrechnung die Frage des Schätzfehlers vollkommen offen: So lassen sich Veränderungen der Umgrenzung der Betriebsklassen im Laufe der Jahre kaum vermeiden, und die natürlichen Abgänge von Bäumen haben in abgelegeneren Waldteilen ein Ausmass angenommen, das sich im Rahmen der Nutzungskontrolle mit vernünftigen Aufwand kaum mehr sicher erfassen lässt.

5.4 Kosten

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen sind die bisherigen Aufwendungen als obere Kostengrenze für die Vorratsinventur zu betrachten. Anfangs der 1990er-Jahre kostete die Aufnahme mit temporären Stichproben Fr. 42.– pro Hektar aufgenommene Fläche bzw. Fr. 26.50 pro Hektar Gesamtwaldfläche.

Die Wiederkehrhäufigkeit der Vorratsinventur betrug bisher in der Regel zwanzig Jahre. Im Vergleich zur mittleren Amtszeit eines Kreisförsters ist dies zu lang. Bei einer Waldfläche von 180 000 ha und Kosten von Fr. 26.50/ha lässt sich der Wald Graubündens mit jährlich rund Fr. 300 000.– im Turnus von 16 Jahren einmal vollständig erheben. Dieser Turnus ist unter den heutigen Bedingungen für eine auf den Forstkreis ausgelegte Vorratsinventur genügend.

6. Evaluation der Inventurmethode

Die Evaluation der Inventurmethode erfolgte im Rahmen einer Arbeitsgruppe des kantonalen Forstdienstes, zusammengesetzt aus den Sachbearbei-

tern am Forstinspektorat, zwei Kreisförstern und einem freierwerbenden Forstingenieur.

Von vornherein stand fest, dass eine bestehende Methode übernommen werden sollte. Reine Luftbildinventuren können nur einen Teil der benötigten Informationen liefern. Insbesondere kann der Vorrat nicht genügend genau erhoben werden (KÖHL und SUTTER, 1991). In Frage kamen deshalb nur terrestrische Inventuren oder Kombinationen von einer terrestrischen Inventur mit Luftbildinterpretationen.

Auf Grund der Analyse der Anforderungen wurde beschlossen, das bisher angewandte System mit temporären Stichproben zugunsten einer Methode mit permanenten Probeflächen aufzugeben. Dabei war klar, dass zur Einhaltung der Kostenvorgabe die Probeflächendichte gegenüber den meist im 100 x 100-m-Raster angelegten temporären Stichproben stark reduziert werden musste. Der damit verbundene Genauigkeitsverlust bei den Vorratszahlen wurde bewusst in Kauf genommen.

Heute sind in der Schweiz zwei Verfahren mit permanent eingerichteten Stichproben verbreitet: das Stichprobenverfahren nach Schmid-Haas (SCHMID-HAAS *et al.*, 1993) und das Landesforstinventar (LFI). Der Entscheid, von diesen beiden die Methode LFI näher zu prüfen, erfolgte aus den folgenden Gründen:

- Die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) als Entwicklerin und Anwenderin der Methode sicherte ihre Unterstützung bei der Anwendung des Verfahrens im Rahmen von Regionalinventuren ausdrücklich zu.
- Möglichkeit der Kostensenkung durch Kombination mit einer Stratifizierung im Luftbild («double-sampling»).
- Neben den wichtigsten Grössen zur Nachhaltigkeitskontrolle der Holzproduktion werden auch Waldmerkmale erhoben, die für andere wichtige Waldfunktionen von Bedeutung sind.
- Eine Kantonsinventur im Kanton Appenzell A.Rh. zeigte, dass die LFI-Methode auch auf Kantonsebene praktisch angewendet werden kann (ETTLINGER und SOMMERHALDER, 1996).

Das kantonale Forstinspektorat Graubünden beschloss deshalb, als Entscheidungsgrundlage für die Wahl der zukünftigen Inventurmethode eine Pilotinventur in den Forstkreisen 3 (Schanfigg) mit etwa 5 500 ha Wald und 26 (Val Müstair) mit rund 5 000 ha Wald durchzuführen.

7. Die Pilotinventur

7.1 Ziele der Pilotinventur

Die Pilotinventur sollte namentlich Erkenntnisse zu den folgenden Fragen bringen: Kosten, Praktikabilität, Möglichkeiten der Auswertung, Zusammenarbeit zwischen WSL und Kanton, Genauigkeit der Resultate und Verwendung der Resultate für die Betriebsplanung.

7.2 Stichprobendichte

Die für die Pilotinventur wichtige Frage der Stichprobendichte ist vor allem auch von den Kosten abhängig (Tabelle 5).

Tabelle 5: Stichprobendichte und Kosten der Feldaufnahmen.

Variante	Feldaufnahmen	Kosten Feldaufnahmen pro SP (Fr./ha)
LFI	1,414 x 1,414 km	Fr. 500.– (5.–) (ZINGGELER und HEROLD, 1997)
LFI/500	500 x 500 m	Fr. 400.– (16.–) (ETTLINGER und SOMMERHALDER, 1996)
LFI/250	250 x 250 m	Fr. 350 (56.–) (geschätzt)

Die Variante «LFI/250» führt zu einer 16mal grösseren Probeflächenzahl im Gelände als im LFI 1. Die geschätzten Kosten der Feldaufnahmen betragen für diese Stichprobendichte Fr. 56.–/ha (Fr. 350.–/SP). Damit ist diese Variante eindeutig zu teuer.

Für die Feldaufnahmen bleibt so die Variante mit einem Stichprobennetz von 500 x 500 m. Dieses Stichprobennetz hat den grossen Vorteil, dass für den vor den Feldaufnahmen benötigten Wald-Nichtwald-Entscheid auf die Luftbildinterpretation des LFI-2-Netzes zurückgegriffen werden kann. Eine den Feldaufnahmen vorausgehende Luftbildauswertung ist nicht notwendig. Eine nachträgliche Luftbildinterpretation kann die Genauigkeit der Ergebnisse verbessern. Wie dicht das Stichprobennetz im Luftbild für eine Verbesserung der Inventurergebnisse sein muss, kann anhand der Resultate der Feldaufnahmen bestimmt werden. Dies erlaubt eine wesentliche Optimierung des Kosten-Genauigkeits-Verhältnisses.

7.3 Merkmalskatalog

Der Merkmalskatalog des LFI 2 ist umfassend und deckt einen grossen Informationsbedarf ab (STIERLIN *et al.*, 1994). Für den Kanton Graubünden sind nicht alle darin vorgesehenen Merkmale von Interesse oder können aus anderen Quellen effizienter abgeleitet werden. Der Merkmalskatalog wurde deshalb für die Pilotinventur angepasst. Die LFI-2-Aufnahmen sind modular aufgebaut. Das Aufnahmeprogramm im Feldcomputer (Marke Paravant) und die Auswertungsprogramme erlauben es allerdings nicht, den Merkmalskatalog des LFI 2 beliebig anzupassen. Es können nur ganze Module weggelassen werden. In der Tabelle 6 sind der grobe Merkmalskatalog des LFI 2 und die in der Pilotinventur des Kantons Graubünden (GR) aufgenommenen Merkmale zusammengefasst.

7.4 Vorbereitungsarbeiten

Die erste Arbeit bestand darin, festzulegen, welche Probeflächen im Gelände anzulaufen waren und welche nicht. Es musste zwischen den Kategorien «Wald», «Gebüschwald», «nicht bestimmbar» und «Nichtwald» unterschieden werden. Da sich das SP-Netz der Pilotinventur mit dem Netz der Luftbildproben im LFI 2 deckt, konnten die Koordinaten und die dazugehörige Waldkategorie direkt übernommen und im Geografischen Informationssystem (GIS) ein Punktcover generiert werden. Von den Aufnahmegruppen waren nur diejenigen Proben anzulaufen, welche im Luftbild als «Wald» oder als «nicht bestimmbar» interpretiert wurden.

Im LFI sind die Probeflächenzentren von einem im Luftbild bestimmten Fixpunkt aus anzulaufen. Dieser Punkt soll möglichst nahe beim Probeflächenzentrum liegen und im Gelände eindeutig identifizierbar sein. Für die Pilotinventur konnte aus Kostengründen keine vorgängige Luftbildinterpretation vorgenommen werden. Die Fixpunkte wurden deshalb auf der Grundlage der Übersichtspläne im Massstab 1:10 000 oder der Landeskarte im Massstab 1:25 000 direkt mit Hilfe des GIS am Bildschirm bestimmt. Als Fixpunkte kamen in Frage: Strassen- und Weggabelungen, Bachzusammenflüsse, Gebäudeecken, markante Wegbiegungen oder Triangulationspunkte der Vermessung. Dank dem GIS mussten die Koordinaten der Punkte nicht aus der Karte herausgemessen werden; sie konnten statt dessen direkt in eine Datenbank abgelegt werden. Pro Stichprobe wurden, wenn möglich, zwei Fixpunkte bestimmt.

7.5 Instruktion

Eine einheitliche Aufnahme und Ansprache der verschiedenen Merkmale durch alle Aufnahmegruppen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Inventur. Der Aus-

Tabelle 6: Merkmalskatalog im LFI 2 und seine Anwendung in der Pilotinventur des Kantons Graubünden.

Merkmalsgruppen LFI 2	Pilotinventur GR	Begründung
Einmessung der Probefläche	ja	notwendig, um Probeflächenzentrum festzulegen
Wald-/Nichtwald-Entscheid	ja	notwendig für Auswertung
Neigung und Probekreisradien	ja	notwendig für Auswertung
Versicherung des Probeflächenzentrums	ja	notwendig, um Probeflächenzentrum wieder zu finden
Bestockungs-/Begebarkeitsgrenze	ja	notwendig für Auswertung
Waldrandbeschreibung	nein	im Kanton Graubünden bestandesweise erhoben
Erhebungen am Einzelbaum	ja, ausser Tarife	Verwendung der LFI-Tarife oder Bündner Einheitstarife
Jungwaldaufnahme	nein	separate Jungwald-/Wildschadenerhebung
Flächenbeurteilung	ja	vollständig, da es nicht sinnvoll ist, einzelne Merkmale zu streichen
Bestandesbeurteilung	ja	vollständig, da es nicht sinnvoll ist, einzelne Merkmale zu streichen
Bestandesstabilität	ja	wichtig für die kant. Forstpolitik, deshalb aufgenommen, obwohl die Stabilität auch bestandesweise erhoben wird
Umfrage beim lokalen Forstdienst	nein	andere Informationsquellen

bildung wurde deshalb bei der Pilotinventur grosses Gewicht beigemessen. Alle Gruppenchefs und die Gehilfen wurden in einem zweitägigen Kurs ausgebildet. Der Kurs stand unter der Leitung der für die Felddaufnahmen des LFI verantwortlichen Instruktoren der WSL. Die Ausbildung hatte folgende Schwerpunkte:

- Handhabung des Feldcomputers (Paravant) und des Aufnahmeprogramms (Tally);
- Einmessen und Versicherung der Stichprobe;
- Wald-/Nichtwald-Entscheid;
- Einzelbaumaufnahmen, insbesondere die qualitative Ansprache (Kronenlänge, -form usw.);
- Ansprache der Flächen- und Bestandesmerkmale.

Nach einem Drittel der Aufnahmen wurde ein zusätzlicher Schulungstag eingeschaltet, an welchem besonders die qualitative Ansprache der Baum- und Bestandesmerkmale geübt und aufgetretene Fragen diskutiert wurden.

7.6 Felddaufnahmen

Die Aufnahmen erfolgten durch acht Zweiergruppen, bestehend aus einem Forstingenieur und einem Gehilfen. Die Mitarbeiter wurden in Regie zu einem fixen Stundenansatz angestellt. Für die Aufnahmen wurde das gleiche Material verwendet wie im LFI. Von entscheidender Bedeutung ist, dass die Paravant-Aufnahmegeräte mit dem dazugehörigen LFI-2-Aufnahmeprogramm der WSL benützt werden konnten.

Für die Einrichtung einer neuen Stichprobe wurde mit Hilfe der Karte der Fixpunkt aufgesucht. Die Einmessung zum Probeflächenzentrum erfolgte mit Fernrohr-Busssole und Messband. Distanz und Richtung bis zum SP-Zentrum wurden nach dem Eingeben der Ausgangs- und Endkoordinaten direkt durch das Aufnahmegerät geliefert. Bestehende LFI-Proben können mit Hilfe der Karte und eines Situationskrokis der bestehenden Aufnahme leicht gefunden werden.

Ist das SP-Zentrum erreicht und versichert, so wird die Aufnahmegruppe dank des ausgeklügelten Programms sehr sicher durch die Aufnahme geführt. Viele automatische Plausibilitätstests verhindern, dass grobe Fehler gemacht oder Merkmale nicht aufgenommen werden. Die Einzelbaumdaten der bestehenden LFI-1- oder LFI-2-Aufnahmen sind bereits im Paravant gespeichert, so dass jeder einzelne Baum identifiziert werden kann.

Der Zeitaufwand pro Arbeitsschritt wird im Aufnahmeprogramm festgehalten. Ist eine Probeaufnahme abgeschlossen, werden alle Daten nochmals einem Plausibilitätstest unterzogen, damit eventuelle Fehler erkannt oder fehlende Daten noch auf der Stichprobe ergänzt werden können. Nach Beendigung der Tests werden die Daten auf Disketten gespeichert. Alle Daten werden nach Abschluss der Aufnahmen in die Datenbank der WSL eingelesen.

7.7 Kontrollaufnahmen

Die Kontrollaufnahme ist eine unabhängige Zweitaufnahme einer Probefläche. Mit den Kontrollaufnahmen wird die Arbeitsqualität der Aufnahmegruppen überprüft, die Datenqualität und Datenkonsistenz sichergestellt sowie die Reproduzierbarkeit der terrestrisch erhobenen Merkmale quantifiziert. Auf rund 10% der Probeflächen wurden zufällig ausgewählte Kontrollaufnahmen durchgeführt.

7.8 Luftbildauswertung

Die Luftbildinterpretation dient einerseits dazu, den Wald-/Nichtwald-Entscheid zu fällen, andererseits ermöglicht sie eine bessere Stratifizierung der Stichproben und erhöht somit die Genauigkeit der Ergebnisse. Im Rahmen der Pilotinventur wurde ein 250 x 250-m-Raster vorgesehen. Um abzuklären, ob durch eine Verdichtung der Luftbildstichproben eine genügend genaue Auswertung des Vorrates auch auf Betriebs- oder Betriebsklassenebene erreicht werden könnte, war zudem vorgesehen, für einige Teilgebiete ein 125 x 125-m-Raster anzuwenden. Die Luftbildinterpretation erfolgte auf den Geräten der WSL durch einen vom Forstinspektorat Graubünden beauftragten Forstingenieur. Die Luftbildmodelle konnten vom LFI 2 übernommen werden, was den Arbeitsaufwand wesentlich verringerte.

Als Stratifizierungsmerkmale auf dem Luftbildnetz werden die Waldkategorie (Nichtwald, Normalwald, Gebüschwald) und die Waldhöhenklasse (= 0 m, 0–10 m, 10–20 m, > 20 m) bestimmt.

Mit dem verfügbaren Kredit konnte nur ein Teil der vorgesehenen Stichproben aufgenommen werden. Auf die Interpretation des 125 x 125-m-Netzes wurde vollständig verzichtet. Dank Simulationsrechnungen konnten die Auswirkungen des 125 x 125-m-Netzes auf die Genauigkeit der Resultate trotzdem ermittelt werden (SCHNELLBÄCHLER, 1997).

7.9 Auswertung

Die grosse Anzahl Merkmale erlaubt sehr umfangreiche Auswertungen. Die verantwortliche Arbeitsgruppe hat deshalb einen Auswertungskatalog mit 48 Merkmalskombinationen zusammengestellt. In der *Tabelle 7* sind die wichtigsten Merkmale und ihre Auswertungseinheiten aufgeführt.

Die Auswertung der Daten erfolgte durch Mitarbeiter des LFI an der WSL gegen Verrechnung. Eine Auswertung durch eigene Mitarbeiter an der WSL oder ausserhalb der WSL wäre möglich, ist aber nicht sinnvoll, da die Einarbeitung in das Auswertungsprogramm sehr zeitaufwendig ist. Die wichtigsten Kennziffern wurden in einem Bericht zusammengefasst. Die Interpretation des Berichtes obliegt dem zuständigen Kreisförster.

Tabelle 7: Auswertungskatalog.

Zielgrösse	Zeile*	Spalte*	Auswertungseinheit*
Fläche	Waldform, Schlussgrad, Bestandesstruktur, Bodenvegetation Deckungsgrad, Strauchschicht Deckungsgrad, Stabilität, Bestandesalter, Eingriffsart, Beweidung, Erholungseinrichtung	Eigentumskategorie, Expositionsklasse, Höhenstufe, Neigungsklasse, Waldtyp, Entwicklungsstufe, Eingriffsdringlichkeit	Region, Region ohne Gebüschwald, Region nur Hochwald
Vorrat (absolut und pro ha)	Höhenstufe, Eigentumskategorie, Waldform, Bestandesalter, Schaden	Stärkeklasse, Eigentumskategorie, Baumart, Baumartklasse,	Region ohne Gebüschwald, Region nur Hochwald
Zuwachs	Höhenstufe, Eigentumskategorie, Waldform, Bestandesalter	Stärkeklasse, Eigentumskategorie, Baumart, Baumartklasse	Region ohne Gebüschwald, Region nur Hochwald
Stammzahl (absolut und pro ha)	Höhenstufe, Eigentumskategorie, Waldform, Bestandesalter, BHD-Stufe	Entwicklungsstufe	Region ohne Gebüschwald, Region nur Hochwald
Vorrat (dürr, liegend grün)	Baumart, Höhenstufe	Eigentumskategorie	Region ohne Gebüschwald

* Es werden nicht alle Merkmale miteinander kombiniert.

8. Erkenntnisse aus der Pilotinventur

8.1 Aufwand und Kosten

Aufgenommen wurden 381 Probeflächen und 38 Kontrollproben von Mitte Juli 1996 bis Mitte Oktober 1996. Es standen vier Gruppen gleichzeitig im Einsatz.

Tabelle 8: Zeitaufwand für die Felddaufnahmen.

Gebiet	Anzahl PFL	Personenarbeitsstunden		Total
		Felddaufnahmen	Fahrten/Vorbereitung	
Schanfigg	208	–	–	8,5
Val Müstair	173	–	–	8,3
Total	381	–	–	8,4
LFI 2 (Alpen)	–	5,8	3,6	9,4
Kt. AR	265	–	–	6,6

Durchschnittlich benötigte eine Gruppe rund 8,4 Personenstunden für die Aufnahme einer Probefläche (inkl. Fahrt, Marsch, Einmessung und Vor- und Nachbearbeitungsarbeit). Der Zeitaufwand ist etwas tiefer als beim LFI-2-Vergleichswert für die Region Alpen (ZINGGELER und HEROLD, 1997) und liegt damit im erwarteten Rahmen (Tabelle 8). Der Zeitaufwand für die Inventur im Kanton Appenzell A.Rh. (ETTLINGER und SOMMERHALDER, 1996) liegt mit 6,6 Personenstunden/Stichprobe wesentlich tiefer. Dies dürfte auf die bessere Zugänglichkeit, kürzere Einmessdistanzen vom Fixpunkt zum Stichprobenzentrum und das einfachere Gelände zurückzuführen sein.

Der Aufwand für die Felddaufnahmen inkl. Kontrollaufnahmen betrug gesamthaft Fr. 285 000.– (Fr. 680.–/SP) oder Fr. 27.30 pro ha Gesamtwaldfläche. Die Kosten der Luftbildauswertung beliefen sich auf Fr. 26 000.– (Fr. 16.–/SP). Die Gesamtkosten inkl. Material, aber ohne Aufwendungen des kantonalen Forstdienstes, betragen Fr. 317 000.– (Fr. 30.35/ha Gesamtwald). Die Pilotinventur hat gezeigt, dass der erwartete Zeit- und Kostenrahmen eingehalten werden kann.

8.2 Genauigkeit der Resultate

Alle folgenden Resultate sind dem Bericht der Sektion Landesforstinventar der WSL (ULMER, 1999) entnommen. Als Fehlermass wird der einfache Standardfehler verwendet. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 67% liegen die Werte im Bereich des einfachen Standardfehlers um die Schätzgrösse.

In der Tabelle 9 sind die wichtigsten Ergebnisse für die Auswertungseinheit Forstkreis zusammengefasst.

Tabelle 9: Kennziffern und Standardfehler.

Merkmal/Forstkreis	3 (Schanfigg)		26 (Val Müstair)	
	Wert	Standardfehler	Wert	Standardfehler
Normalwald	5149 ha	± 6,0%	4248 ha	± 6,8%
Gebüschwald	275 ha	± 30,0%	775 ha	± 17,6%
Vorrat Total	1 558 000 m ³	± 6,2%	775 000 m ³	± 7,2%
Vorrat/ha	310 m ³ /ha	± 7,2%	194 m ³ /ha	± 8,4%
Zuwachs/Jahr	21 000 m ³ /Jahr	± 24,5%	12 000 m ³ /Jahr	± 13,5%
Zuwachs pro ha und Jahr	4,7 m ³ /ha * Jahr	± 25,1%	3,3 m ³ /ha * Jahr	± 14,9%
Anteile der Hauptbaumarten am Vorrat	Fi 87%	± 7,8%	Fi 48%	± 11,9%
	Lä 4,6%	± 25,7%	Lä 31%	± 12,1%
	Ta 3,5%	± 29,5%	Ar 10%	± 16,2%
	Wfö 1,7%	± 34,7%	Bfö 8%	± 21,0%

Die Ermittlung der genauen Waldfläche einer Region steht nicht im Vordergrund dieser Inventur. Die Waldfläche ist jedoch möglichst genau zu ermitteln, da sich viele Schätzgrößen (Vorrat/ha, Zuwachs/ha, Stammzahl/ha) auf die Fläche beziehen. Je grösser der Fehler der Waldfläche, desto grösser wird der Fehler bei den flächenbezogenen Werten. Der Fehler für die Gesamtwaldfläche ist mit 6 bis 7% relativ gross und wirkt sich dementsprechend stark auf die Hektarwerte aus (KÖHL, 1994).

Der Standardfehler für den Vorrat, der wichtigsten Zielgrösse, liegt mit ±7,0% im gewünschten Bereich. Für die Nachhaltigkeitskontrolle genügt diese Genauigkeit, da in der Regel die Veränderungen in 15 bis 20 Jahren grösser sind als der einfache Standardfehler.

Der Zuwachs konnte nicht auf der Basis des 500 x 500-m-Netzes berechnet werden, sondern nur auf der Grundlage des km-Netzes des LFI 1. Der grosse Fehler von 27% im Schanfigg dürfte bei der Zweitaufnahme wesentlich geringer ausfallen, da dann viermal mehr Stichproben zur Berechnung herangezogen werden können. Die Ergebnisse im Val Müstair zeigen jedoch, dass dank der LFI-1-Proben bereits nach einer ersten regionalen Inventur der Zuwachs zuverlässiger ermittelt werden kann als mit der bisherigen temporären Stichprobeninventur.

Bei den Vorratswerten pro Baumart lieferte die Pilotinventur für die Hauptbaumarten (Fichte, im Val Müstair auch Lärche) genügend gute Resultate. Bei den anderen, nur selten vorkommenden Arten ist der Fehler so gross, dass bei einer Folgeinventur Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung nur bei grossen Verschiebungen nachgewiesen wer-

den können. Dies war aber auch bei der bisherigen Inventurmethode der Fall.

Für die Pilotinventur wurde aus Kostengründen auf die Messung der Tarifprobepflanzen und damit auf die Berechnung eines Lokaltarif für die Aufnahmezone verzichtet. Die Auswertung erfolgte mit den LFI-Tarifen und zu Vergleichszwecken in einigen Fällen auch mit den vor Ort verwendeten Graubündner-Tarifen (sechs Stufen). Je nach Region und Baumart betragen die Abweichungen zwischen den beiden Berechnungsarten 0,4 bis 20% (Tabelle 10 und Tabelle 11). Ob es sich unter diesen Umständen in Zukunft lohnt, mit den LFI-Tarifen zu arbeiten, ist vorläufig noch nicht entschieden.

Tabelle 10: Hektar-Gesamtvorräte: Vergleich der Berechnung mit den LFI-Tarifen mit jener nach den vor Ort verwendeten Graubündner-Tarifen. Da die beiden Berechnungsarten am gleichen Baumkollektiv erfolgten, kann der Volumenschätzfehler ausser Acht gelassen werden.

Forstkreis	Vorrat ab 16 cm BHD			
	LFI-Tarif (m ³ /ha)	Tarif GR (m ³ /ha)	Differenz (%)	
3	293 ± 7,3%	294 ± 7,1%	-0,34	
26	184 ± 8,5%	199 ± 8,4%	-8,15	

Tabelle 11: Gesamtvorräte der wichtigsten Baumarten für den Forstkreis 3: Vergleich der Berechnung mit den LFI-Tarifen mit jener nach den vor Ort verwendeten Graubündner-Tarifen.

Baumart	Vorrat ab 16 cm BHD			
	LFI-Tarif (m ³ * 1000)	Tarif GR (m ³ * 1000)	Differenz (%)	
Fichte	1278 ± 7,0	1296 ± 6,7	1,4	
Tanne	52 ± 29,3	51 ± 30,0	1,9	
Waldföhre	26 ± 34,7	22 ± 36,1	15,4	
Lärche	67 ± 25,9	54 ± 25,1	19,4	

Eine Auswertung der wichtigsten Grössen auf Stufe Betrieb (mittlere Grösse etwa 500 ha) zeigte, dass im 500 x 500-m-Stichprobennetz die Resultate nicht befriedigen. Der Stichprobenfehler für den Vorrat/ha variiert je nach Betriebsgrösse zwischen 15 und 44%. Für aussagekräftige Ergebnisse sollten rund 30 Stichproben pro Stratum vorhanden sein. Dies ist nur für Betriebe mit einer Waldfläche von über 750 ha möglich. Eine Verdichtung des Luftbildnetzes auf 125 x 125 m bringt keine nennenswerten Verbesserungen im Vergleich zum Mehraufwand (SCHNELLBÄCHLER, 1997).

8.3 Feldaufnahmen

Die Vorbereitung der Aufnahmen und die Aufnahmen selbst haben zu keinen grossen Problemen geführt. Dank dem ausgereiften Aufnahmeverfahren des LFI kann die Inventur nach einer kurzen intensiven Instruktion durchgeführt werden. Ein grosser Vorteil für die Vorbereitung der Aufnahmen (Fixpunkte, Karten usw.), aber auch für die nachfolgende Auswertung (Ausscheiden von Auswerteeinheiten) ist das Verwenden eines Geografischen Informationssystems. Das Auffinden der Probeflächenzentren könnte in Zukunft mittels eines Global Positioning System (GPS) verbessert werden. Unter den heutigen Voraussetzungen (schlechte Referenzstation, schwacher Empfang) ist dies aber im Kanton Graubünden noch nicht möglich.

8.4 Luftbildauswertung

Die Luftbildauswertung hat die Effizienz (Genauigkeitsverbesserung bei gleichen Kosten) für den Vorrat um 15 bis 24% gesteigert (Tabelle 12).

Rückblickend wurde eine Berechnung des idealen Verhältnisses zwischen Anzahl terrestrischer Stichproben und Anzahl

Luftbildstichproben nach der Methode von MANDALLAZ *et al.* (1989) vorgenommen.

Die in Tabelle 13 zusammengefassten Ergebnisse zeigen, dass das Luftbildstichprobennetz bei der Pilotinventur richtig gewählt wurde.

Tabelle 12: Effizienzverbesserung durch Luftbildauswertung.

Forstkreis	Die Höhenklasse im Luftbild erklärt x% der Varianz (r ² * 100 der multiplen Regression Zielgrösse vs. Höhenklasse [als dummy-variable])	
	Zielgrösse I = Volumen	Zielgrösse II = Basalfläche
	3	15
26	24	20

Tabelle 13: Optimierung der Luftbildstichproben.

Kosten terrestrisch (Fr.)	680							
Kosten pro Luftbildstichprobe (Fr.)	16				25			
erklärte Varianz durch Luftbild (%)	10	15	20	25	10	15	20	25
⇒ Empfehlung Anz. Luftbild-SP/ Anzahl terrestrische SP	2,2	2,7	3,3	3,8	1,7	2,2	2,6	3,0

Die Pilotinventur zeigte auch, dass eine Luftbildauswertung bei den im Kanton Graubünden herrschenden Verhältnissen nur dann sinnvoll ist, wenn im Luftbild bessere Stratifizierungsmerkmale als nur die Höhenklasse erfasst werden können. Wird das Luftbild für den Wald-/Nichtwald-Entscheid nicht mehr gebraucht, könnte auf die Luftbildauswertung vollständig verzichtet werden.

Die Ergebnisse der Feldaufnahmen könnten statt im Luftbild auch durch die Verwendung flächendeckend vorhandener Bestandesmerkmale unter Mithilfe eines GIS stratifiziert werden. Im Vordergrund stehen dabei für den Vorrat die Entwicklungsstufe und der Schlussgrad, für die Berechnung des Zuwachses die Ausscheidung von Standortseinheiten. Dabei ergibt sich das Problem, dass die Bestandesansprache in der ganzen zu bearbeitenden Region möglichst gleichzeitig erfolgen sollte.

9. Ausblick

Die Ergebnisse der Pilotinventur sind gesamthaft gesehen sehr positiv. Das kantonale Forstinspektorat Graubünden hat sich deshalb entschlossen, in Zukunft eine Inventur mit permanenten Probeflächen im 500 x 500-m-Netz durchzuführen und auf die temporären Stichproben zu verzichten. Der gesamte Wald im Kanton soll innerhalb maximal 16 Jahren einmal aufgenommen werden.

Im Unterschied zur Pilotinventur wird in Zukunft auf eine zusätzliche Luftbildinterpretation verzichtet, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis heute ungünstig ist (siehe Tabelle 13).

Die neue Submissionsgesetzgebung des Kantons führt dazu, dass die Arbeiten der Aufnahmegruppen im Akkord und nicht mehr in Regie vergeben werden. Um die Qualität der Aufnahmen zu garantieren, wird die Instruktion intensiviert und 10% der Probeflächen werden durch Mitarbeiter des Forstinspektorates ein zweites Mal aufgenommen. Die Auswertung der Kontrollaufnahmen zeigt, dass sich die Qualität der Aufnahmen nicht verschlechtert hat.

Die für den Wald-/Nichtwald-Entscheid verwendeten Luftbilder stammen aus den Jahren 1989 bis 1990 und sind in einigen Jahren veraltet. Wie in Zukunft der wichtige Wald-/Nichtwald-Entscheid getroffen werden soll, ist noch abzuklären. Eine Möglichkeit bestünde darin, die aktuellen Auswertungen der Arealstatistik, welche mit einem 100-m-Stichprobennetz auf dem Luftbild arbeitet, zu verwenden. Diese sind

aber nicht georeferenziert, der Lagefehler einzelner Probe­flächen kann dabei mehrere Meter betragen. Eine vollständige Neuinterpretation mit aktuellen Luftbildern ist für den Kanton zu aufwendig und zu teuer.

Zusammenfassung

Das neue Planungskonzept im Kanton Graubünden, bestehend aus den regional erarbeiteten Waldentwicklungsplänen und den Betriebsplänen, hat auch Auswirkungen auf den Informationsbedarf und die bisherige Inventurmethode. Informationen über den Waldzustand respektive die Waldentwicklung werden sowohl auf regionaler als auch auf betrieblicher Ebene benötigt. Auf betrieblicher Ebene werden die benötigten Informationen mittels einer umfassenden Bestandesbeschreibung erfasst.

Als Entscheidungsgrundlage für die Wahl der zukünftigen Inventurmethode auf regionaler Ebene wurde eine Pilotinventur nach der Methode LFI durchgeführt.

Der vorgegebene Kostenrahmen erlaubte, die Aufnahmen in einem Stichprobennetz von 500 x 500 m durchzuführen. Für die Aufnahmen wurden dieselbe Aufnahmesoftware und die gleichen Aufnahme­geräte verwendet wie im LFI 2. Der Merkmalskatalog des LFI 2 wurde auf Grund der Bedürfnisse des Kantons reduziert. Auf die Aufnahme von Tarifprobebäumen wurde aus Kostengründen verzichtet.

Der Aufwand und die Kosten der Feldaufnahmen lagen mit 8,4 Personenarbeitsstunden oder Fr. 680.– pro Stichprobe im erwarteten Rahmen. Für den gesamten Perimeter lagen die Kosten bei Fr. 27.30 pro ha.

Der Fehler für die Gesamtwaldfläche ist mit 6,0% (Schanfigg) und 6,8% (Val Müstair) relativ gross. Der Standardfehler für den Vorrat, die wichtigste Zielgrösse, liegt mit 7,0% im gewünschten Bereich. Der Zuwachs konnte, auf der Basis des LFI-1-Netzes, im betrachteten Perimeter bereits nach der ersten regionalen Inventur zuverlässiger ermittelt werden als mit der bisherigen temporären Stichprobenerhebung. Bei den Vorratswerten pro Hauptbaumart lieferte die Pilotinventur befriedigende Resultate.

Die Pilotinventur zeigte zudem, dass eine Luftbilddauswertung bei den im Kanton Graubünden herrschenden Verhältnissen nur dann sinnvoll ist, wenn im Luftbild bessere Stratifizierungsmerkmale als nur die Höhenklasse erfasst werden können.

Die Ergebnisse der Pilotinventur sind positiv. Der Kanton Graubünden wird in Zukunft eine Inventur mit permanenten Probeflächen im 500 x 500-m-Netz durchführen und auf die temporären Stichprobenerhebungen verzichten.

Résumé

Modification de la méthode d'inventaire forestier dans le canton des Grisons

L'introduction d'un nouveau concept de planification forestière dans le canton des Grisons, comprenant le plan d'aménagement régional et le plan de gestion local, affecte les besoins en information et donc la méthode d'inventaire. Les informations concernant l'état et la dynamique de la forêt sont nécessaires aussi bien au niveau régional qu'à celui de l'unité de gestion. Au niveau de l'unité de gestion, une description détaillée de chaque peuplement fournit l'information nécessaire. Le choix de la future méthode d'inventaire au niveau régional se base sur les résultats d'un inventaire pilote conduit suivant la méthode du deuxième Inventaire Forestier National Suisse (IFN 2).

L'enveloppe financière attribuée à l'inventaire régional pilote permettait de couvrir les frais de relevés sur un réseau

d'échantillonnage de 500 x 500 m. Le logiciel de saisie ainsi que le matériel de mesure adoptés furent ceux de l'IFN 2. Le catalogue des critères d'inventaire se basa sur celui de l'IFN 2, mais il fut réduit conformément aux besoins du canton. Pour diminuer les frais, on renonça aux mesures de tarif.

Le relevé d'une placette se monta en moyenne à 8,4 heures-personne, soit 680.– Fr. Ce coût se situait dans la marge prévue. Pour le périmètre total de l'inventaire pilote, le coût moyen par hectare s'éleva à 27,30 Fr.

L'erreur standard de l'estimation de la surface forestière totale se situa entre 6,0% (pour le Schanfigg) et 6,8% (pour le Val Mustair). Elle était donc plutôt élevée. L'erreur standard de l'estimation du volume sur pied, la variable la plus importante, se monta à 7,0%, se situant ainsi dans la marge désirée. L'inventaire pilote donna également des estimations satisfaisantes du volume sur pied des essences principales. Quant à l'accroissement courant, le premier inventaire régional a déjà permis de l'estimer de façon plus fiable que la méthode d'inventaire par placettes temporaires utilisée jusqu'alors.

L'inventaire pilote a également montré que, pour les conditions prévalant dans le canton des Grisons, la variable de stratification proposée, la classe de hauteur d'arbre, tirée de l'interprétation de photographies aériennes, ne permet pas une stratification suffisamment exacte pour améliorer la précision de l'inventaire.

L'expérience et les résultats fournis par l'inventaire pilote sont positifs. Dorénavant, le canton des Grisons conduira un inventaire par placettes permanentes sur un réseau de 500 x 500 m, et renoncera à la méthode d'échantillonnage par placettes temporaires.

Traduction: ANNE HEROLD

Summary

Modification of the Forest Inventory Method in the Canton of Grisons, Switzerland

The new planning concept in the canton of Grisons, consisting of regional development plans and local management plans, affects information needs and thus the previous inventory method. Information on forest condition and forest dynamics is needed both at the regional and at the management level. Where the management level is concerned, the information needed is gained by means of a detailed description of each stand.

To support the decision on the future inventory method at the regional level, a pilot inventory was conducted, using the method of the second National Forest Inventory (NFI 2).

The given cost framework enabled a survey in a sample grid of 500 x 500 m to be conducted. The software and the recording equipment of the NFI 2 were used. The variable list of the NFI 2, however, was reduced according to the needs of the canton. In order to reduce the costs, no tariff sample trees were assessed.

The field work for assessing one plot required 8.4 person hours or CHF. 680.–. These values are within the expected range. For the entire area, the costs amounted to CHF. 27.30 per hectare.

The standard error for the total forest area was between 6.0% (Schanfigg) and 6.8% (Val Müstair) and thus rather high. The standard error for the growing stock, the most important variable, was 7.0% and thus within the desired range. The pilot inventory also gave satisfactory results for the growing stock of the main tree species. Based on the sample grid of the NFI 1, the increase in growing stock could, already with the first regional inventory, be determined more reliably than by the use of the previous sampling design with temporary plots.

The pilot inventory also showed that, with the conditions prevailing in the canton of Grisons, an additional interpretation of aerial photographs is only useful if the variables

assessed on the photographs enable a better stratification than the variable tree height class alone.

The experience and the results gained from the pilot inventory are positive. From now on, the canton of Grisons will conduct an inventory on permanent plots in a 500 x 500 m grid, and drop the surveys of temporary sampling plots.

Translation: PETER BRANG

Literaturverzeichnis

- BASELGLIA, D., 1995: Betriebsplanung: Erwartungen eines Revierförsters. *Bündnerwald* 48, 5: 45–47.
- ETTLINGER, P. und SOMMERHALDER, R., 1996: Kantonales Waldinventar APPENZEL A.Rh., ein Erfahrungsbericht (unveröffentlicht).
- GORDON, R., 1993: Ergebnisse einer Vernehmlassung zum Neukonzept der Forsteinrichtung. *Bündnerwald* 46, 6: 59–64.
- GORDON, R., 1995: Der Waldentwicklungsplan im Kanton Graubünden. *Bündnerwald* 48, 5: 9–12.
- JECKLIN, R., 1980: Stichproben? Und wenn ja, welche? *Bündnerwald* 33, 3: 142–150.
- KÖHL, M., 1994: Statistisches Design für das zweite Schweizerische Landesforstinventar: Ein Folgeinventurkonzept unter Verwendung von Luftbildern und terrestrischen Aufnahmen. *Mitteilungen der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, Band 69, Heft 1.
- KÖHL, M. und SUTTER, R., 1991: Verwendung von Luftbildern zur Holz-Vorratsschätzung im Landesforstinventar. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung* 59, 5: 165–176.
- MANDALLAZ, D., SCHMID, P. und SCHLAEPFER, R., 1989: Kombinierte Waldschadeninventur auf Betriebsebene: Methodologische Abklärungen und erste Ergebnisse. *Forstarchiv* 60, 1: 7–12.
- SCHMID-HAAS, P., 1992: Temporäre oder permanente Stichproben für die Forsteinrichtung? *Österr. Forstzeitung*: 13–17.
- SCHMID-HAAS, P., BAUMANN, E. und WERNER, J., 1993: Kontrollstichproben, Aufnahmeinstruktionen. 3. überarbeitete Auflage. *Berichte der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 186: 143 S.
- SCHNELLBÄCHLER, H.J., 1997: Simulationsstudie zur Netzdichte und Double-Sampling für den Kanton Graubünden (unveröffentlicht).
- STIERLIN, H.R., BRÄNDLI, U.B., HEROLD, A. und ZINGGELER, J., 1994: Schweiz. Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 1993–1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 204 Seiten.
- ULMER, U., 1999: Resultate der Vorratsinventur 1996 über die Regionen Schanfigg (Forstkreis 3, inklusive Arosa) und Val Müstair (Forstkreis 26).
- ZINGGELER, J. und HEROLD, A., 1997: Zeitlicher und finanzieller Aufwand für die terrestrische Probeaufnahme im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar (LFI). *Schweiz. Z. Forstwes.* 148, 12: 939–959.

Dank

Den Mitarbeitern der Sektion Landesforstinventar der WSL sei an dieser Stelle herzlich für ihre wertvolle und grosszügige Unterstützung gedankt. Es bleibt nur zu hoffen, dass die WSL auch in Zukunft den Kantonen die notwendige Unterstützung gewährt. Der Wert der Inventur steigt mit jeder Folgeinventur, und eine solche ist nur möglich, wenn die WSL die Kantone bei ihren Regionalinventuren langfristig unterstützt.

Verfasser:

Dr. RIET GORDON und Dr. UELI BÜHLER, Forstinspektorat Graubünden, Sektion Waldbewirtschaftung, 7000 Chur;
JÜRIG ZINGGELER, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Abteilung Landschaftsinventuren, 8903 Birmensdorf.