

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 109 (1958)
Heft: 11

Artikel: Waldbauliche Auswertung von Luftaufnahmen aus den Jahren 1944-1951-1957 des Lehrwaldes Albisriederberg
Autor: Zehnder, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766300>

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: 21.02.2026

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

Waldbauliche Auswertung von Luftaufnahmen aus den Jahren 1944–1951–1957 des Lehrwaldes Albisriederberg¹

Von *H. Zehnder*, Zürich

Einleitung

Oxf. 587. 2

Nachdem sich das Luftbild im schweizerischen Forstwesen recht spät Beachtung verschafft hat, hat es mich gefreut, das bei uns noch junge Hilfsmittel am praktischen Beispiel des Lehrreviers erproben zu können. Mein Dank gilt daher Herrn Prof. Dr. *Leibundgut*. Herr Assistent *J. P. Farron* gab mir über Luftbildfragen bereitwilligst jede Auskunft und Unterstützung. Er stellte mir auch sämtliche Mittel zur Verfügung. Bestens verdankt seien auch die Auskünfte von Herrn *Schlumpf*, Förster des Lehrreviers, von Herrn *Broillet* von der Eidg. Landestopographie, techn. Dienst I, sowie von Herrn *Friedli* von der Swissair, Abt. Luftphoto.

Das Problem der Luftbilderauswertung in der Forstwirtschaft ist keineswegs neu².

Die geradezu exponentiell anwachsende Literatur über das Gebiet beweist erstens: die Notwendigkeit und das Bedürfnis der Anwendung von Luftbildern; zweitens: das Interesse, das in weiten Kreisen der Luftbilderauswertung entgegengebracht wird³; drittens: die Schwierigkeiten, die noch bestehen.

Entwickelt und ausgebaut und mit Erfolg angewendet wurde das Luftbild vor allem in zwei Ländergruppen:

— Kanada, USA, Tropenländer. In diesen Ländern mit extensiver Forstwirtschaft werden durch Auswertung von Luftbildern Probleme gelöst, die in der Schweiz entweder nicht bestehen, z. B. Luftbild als Ersatz von Karten, oder anders oder zweckmäßiger gelöst werden durch spezifisch schweizerische Methoden (z. B. Forstinventarisierung im weitesten Sinne, 11). Die Resultate und Erfahrungen, die in diesen Ländern gemacht werden, helfen uns wenig zur Lösung unserer spezifisch schweizerischen Probleme.

¹ Zusammenfassung einer Diplomarbeit in Waldbau an der ETH.

² 1890: Erstes Interesse der Forstwirtschaft an der Photo. 1921–1922: Aufnahme der ersten Luftbilder zu forstlichen Zwecken in Bayern. Siehe (1).

³ Die Eidg. Landestopographie Wabern-Bern verkauft heute schon jährlich über 1000 Luftbilder an Förster.

- Schweden, Finnland, Norwegen, Deutschland. In diesen Ländern ist die Forstwirtschaft relativ intensiv, arbeitet aber oft unter wesentlich andern Bedingungen als bei uns. Auch in dieser Ländergruppe dient das Luftbild meistens anderen Zwecken als bei uns.

Die schweizerische Forstwirtschaft zeichnet sich aus durch

- örtlich stark differenzierte Waldbautechnik,
- intensive Pflege,
- Kleinflächigkeit und kleinflächig wechselnde Standorte,
- Baumartenreichtum.

Bei der Luftbilderauswertung ist deshalb notwendig, auf die spezifisch schweizerischen waldbaulichen Verhältnisse Rücksicht zu nehmen.

Problemstellung

Der intensive Femelschlagbetrieb steht und fällt mit den zur Verfügung stehenden personellen und materiellen Mitteln.

Die materiellen Hilfsmittel sind zum Teil da, um dem Wirtschaftler Planung, Kontrolle und Uebersicht über den Betrieb so zu ermöglichen, daß ihm die Betriebsführung nie aus den Händen gleitet.

Ist das Luftbild ein Hilfsmittel zur waldbaulichen Planung, Organisation und Kontrolle des schweizerischen Femelschlagbetriebes? Diese Frage soll am Beispiel des Lehrreviers untersucht werden.

Das Lehrrevier Albisriederberg zeigt alle Merkmale, die dem heutigen und speziell dem zukünftigen Mittellandforstbetrieb eigen sind:

- Intensive Pflege.
- Ausnützung jeder Wertzuwachspotenz.
- Wechselnde Standorte, was zu Kleinflächigkeit in Pflege und Verjüngung führt.
- Genaue Organisation der Arbeit zur Erreichung des Zieles.
- Umfassende Planung und Kontrolle.

Die Unterlagen

Nach einer Mitteilung der Eidg. Landestopographie wurden in der Schweiz für forstliche Zwecke bisher keine Bildflüge in nennenswertem Ausmaße durchgeführt. Alle heute in der Schweiz zur Verfügung stehenden Luftbilder sind in technischer und wirtschaftlicher Beziehung für Landesvermessungs- und Landeskartierungszwecke konzipiert. Deshalb sind sie für forstliche Zwecke nicht unbedingt in bester Weise geeignet.

Das älteste Luftbild vom Uetlibergnordwesthang stammt aus dem Jahre 1930. Der Flugpionier Walter Mittelholzer hat damals den Uetliberg, die Stadt und die Alpen auf die Photoplatte gebannt. Daß er dabei einen Teil des Lehrreviers in einer Schrägaufnahme für alle Zeiten festgehalten hat, war Zufall. Das Bild gibt einen guten Einblick in die damaligen forstlichen Verhältnisse. Mit einem Blick ist man «im Bild» über

den Zustand des Lehrreviers in seinem dritten Lebensjahr. Die Photo ist ein historisches Dokument und hat Seltenheitswert (Bild 1).

Die erste Senkrechtaufnahme wurde im Jahre 1944 gemacht. Diese Bilder wurden zur Kontrolle des Mehranbaues (Plan Wahlen) aufgenommen. Die stereoskopische Auswertung ist nicht möglich, weil die Ueberdeckung unregelmäßig, zufällig und ungenügend ist. Maßstab der Originalphoto: 1:14300. Aufnahmedatum: 27.5.1944. Film: Panchro-Hyperpanchro.

Die dritte Bilderserie wurde 1951 zur Herstellung der neuen Landeskarte aufgenommen. Diese Bilder sind erstmals stereoskopisch auswertbar. Aufnahmedatum: 23.5.1951.

$$\text{Originalmaßstab } M_b : = \frac{f}{h} = 1 : m_b \quad (4)$$

f = Brennweite der Kamera
 h = rel. Flughöhe (Flughöhe-Punkthöhe)
 m_b = Bildmaßstabszahl

$$M_b = \frac{0,21038}{3900 \text{ m}} = 1 : 18600 \quad \text{Film Panchro-Hyperpanchro}$$

Die vierte und letzte Aufnahmeserie stammt aus dem Jahr 1957. Diese Bilder dienten zur Ergänzung der neuen Landeskarte. Auch diese Bilder eignen sich zur stereoskopischen Auswertung. Aufnahmedatum: 28.6.1957.

$$\text{Maßstab der Originalaufnahmen: } M_b = \frac{f}{h} = \frac{0,2101}{4048 \text{ m}} = 1 : 19500$$

Film: Panchro-Hyperpanchro-Emulsion.

Als Planunterlage diente der Plan des Lehrreviers 1:5000 mit Nachtrag 1956. Dieser Plan beruht nur teilweise auf einer genauen Vermessung. Zum Teil wurde er nach der Siegfried-Karte gezeichnet.

Die Bildunterlagen sind von sehr unterschiedlicher Qualität. Das *Schrägbild 1930* ist von geringem Nutzen. Bestandesgrenzen sind zum Teil deutlich und scharf. Sie lassen sich aber in keinen Plan übertragen. Der waldbauliche Zustand ist deutlich sichtbar. Altersunterschiede im heute gleichalterig erscheinenden Hochwald treten klar zutage (Bild 1).

Mit der *Senkrechtaufnahme 1944* beginnt die Möglichkeit der Luftbilderauswertung. Bestandesgrenzen sind nicht nur deutlich sichtbar, sie lassen sich auch auf Pläne übertragen. Weil die stereoskopische Betrachtung der Bilder nicht möglich ist, ist daher die Auslegung und Deutung der Bilder stark eingeschränkt. Die Bilder sind im Frühjahr (27.5.1944) beim Laubausbruch gemacht worden. Sie sind deshalb kontrastreich und in rein photographischer Hinsicht gut (Bild 2).

Die *Bilder vom Jahre 1951* sind in jeder Beziehung sehr gut. Die Aufnahmen (23.5.1951) fallen in die optimale Zeit (Laubausbruch im Früh-

ling). Es ist zu wünschen, daß Luftbilder für forstliche Zwecke in Zukunft gleiche oder mindestens ähnliche Qualitäten aufweisen.

Bei den *Bildern vom Jahre 1957* handelt es sich um typische Sommerbilder. Die Rückstrahlung des Nadel-Blattwerkes ist stark nivelliert. Bestandesausscheidung und Baumartenansprache sind erschwert. Höhenunterschiede sind deutlich sichtbar. Für forstliche Zwecke wäre in diesem Zeitpunkt eine Infrarotaufnahme besser (Chlorophylleffekt) (Bild 3).

Grundsätzlich unterscheiden sich die drei Bildserien nur durch den Tönungs- bzw. Helligkeitsunterschied. Hervorgerufen wurde dieser Unterschied weder durch die Filmemulsion noch durch den Photoapparat, sondern nur durch den verschiedenen phänologischen Zustand des Waldes bei der Aufnahme der Flugphoto. Solche Tönungs- bzw. Helligkeitsunterschiede führt H. B a u m a n n (4) auf die unterschiedliche Rückstrahlungsfähigkeit des Laubes während einer Vegetationsperiode zurück.

Der *Plan 1:5000 des Lehrreviers* mit Nachtrag 1956 hätte mir als Grundlage dienen sollen. Beim Einpassen der Bilder mußte ich jedoch feststellen, daß der Plan stellenweise sehr ungenau ist. Weil aber in Geländen mit so großen Höhenunterschieden genaue Pläne Grundlage der Bildeinpassung sind, mußte ich nach neuen Mitteln suchen. Ich vergrößerte die neue Landeskarte der Schweiz Blatt Zürich Nr. 1091 1:25 000 auf 1:5000. Dieser neue «Plan» ist in vielen Beziehungen besser als der alte. Der Maßstab ist wohl vergrößert, aber auch die Ungenauigkeit. Die Uebertragung der Besitzesgrenzen vom alten auf den neuen Plan mit dem Projektionsapparat ist wohl möglich, jedoch unsicher. Die Flächenangaben sind deshalb nicht absolut richtig.

Um die Tauglichkeit der Luftbilder zu prüfen, habe ich mich auf die wesentlichsten Teile des Lehrreviers beschränkt und zudem einige Randgebiete mit einbezogen. Diese Einschränkung mußte nicht zuletzt wegen den ungenügend genauen Plänen gemacht werden.

Der *Maßstab der Original-Luftbilder* ist durch zwei Faktoren bestimmt:

- Brennweite der Kamera.
- Relative Flughöhe über dem Gelände.

Alle neuen Bilder sind mit Wild CR 5a mit Brennweiten von 210 mm aus 4000–5000 m aufgenommen. Der Originalmaßstab beträgt daher 1:17 000 bis 1:20 000. Damit entstehen Bilder mit sehr großer Uebersicht. Die großräumliche Betrachtung ist vorzüglich. Mit einem Blick können im Stereoskop 120 ha überblickt werden. Bei der Detailarbeit entstehen aber folgende Schwierigkeiten:

- Waldbauliche Details entgehen dem Auswerter.
- Die Abgrenzung noch sichtbarer, kleiner Flächen ist erschwert. Eine Bestandeslücke von 30 m Ø erscheint auf dem Luftbild als 1,5 mm breiter «Punkt».

- Kleine Verschiebungen der Bestandesgrenzen von nur einem Millimeter auf Bildern mit zu kleinem Maßstab bewirken «im Gelände» Fehler von ganzen Baumhöhen. Ebenso bewirken zeichnerische Ungenauigkeiten auf dem Bild Fehler von unerträglichem Maß.
- Durch die mühsame Detailzeichnung in einem Bild mit allzu kleinem Maßstab geht die Uebersicht und der Blick für das Ganze verloren. Vor lauter Bestandesgrenzen sieht man den Wald nicht mehr.

Zur Umzeichnung des Luftbildes auf den Plan standen mir zwei Wege zur Verfügung:

- Umzeichnung mit Projektionsapparat «Liesegang».
- Umzeichnung mit Luftbildumzeichner «Zeiß».

Die Umzeichnung mit dem Projektionsapparat hat den Vorteil, daß jede beliebige Vergrößerung möglich ist, z. B. Bild = 2 : 20 000 Plan: 1 : 3000. Der Projektionsapparat «Liesegang» ist aber zu lichtschrach und zudem fehlt ihm eine Kühlung. Bei der großen Erwärmung verzicht sich das Bild. Für genaue Arbeiten kann er deshalb nicht genügen.

Zur Uebertragung der Luftbilder auf den Plan eignet sich der Luftbildumzeichner «Zeiß» in vorzüglicher Weise. Der Apparat ist sehr genau und einfach in der Handhabung. Das Verhältnis der Maßstäbe von Luftbild und Plan darf höchstens 1:2 betragen. Wenn, wie im vorliegenden Fall, der Plan einen Maßstab von 1:5000 hat, darf das Luftbild höchstens den Maßstab 1:10000 aufweisen. Speziell aus diesem, aber auch aus den vier vorher genannten Gründen, vergrößerte ich die Ausschnitte der Originalbilder auf den Maßstab 1:8000. Verhältnis Bildmaßstab : Planmaßstab = 1:1,6.

Die bekanntesten Luftbildspezialisten, wie S. Spurr, H. Laer, Speaker und H. Baumann bezeichnen den Bildmaßstab 1:8000 für stereoskopische Auswertung als optimal.

Was ist auf dem Luftbild sichtbar?

Diese Frage kann nicht zum vornherein und allgemein beantwortet werden. Speaker schreibt: «Einen wirklichen Einblick in die Photogrammetrie gewinnt man erst durch Uebung und durch Anwendung ihrer Methoden und Geräte.» Wer sich nicht intensiv um die Photogrammetrie bemüht, wer die Regeln der Auswertung nicht beachtet und wer sich nicht selbst schult, der wird nie Einblick in das neue Gebiet haben. Nur die stereoskopische Auswertung verhilft zum Erfolg. Bloße oberflächliche Betrachtung der Bilder schafft Vorurteile.

Allgemeine Zusammenhänge

Jedes Luftbild ist eine senkrechte Zentralprojektion des Geländes. Auf dem Luftbild ist deshalb nicht mehr zu sehen als die *Oberfläche* des Waldes. Auch mit dem besten Stereoskop kann nicht in den Bestand hinein

gesehen werden. Im Normalfall sind also nur die herrschenden und die mitherrschenden Bäume sichtbar. Seltener, je nach der Intensität des Schlußgrades, ist der Unterbestand zum Teil sichtbar. Wegen der Schattenwirkung des Oberbestandes ist aber der Einblick in den Bestand nur bei räumigem und lückigem Stand möglich und auch dann nur beschränkt.

Von fundamentaler Bedeutung für die Luftbildauswertung ist das Wissen über die Ökologie der auszuwertenden Bestände. Weil wir gezwungen sind, von der Bestandesoberfläche auf den Bestandaufbau zu schließen, müssen wir die ökologischen Zusammenhänge kennen.

Einen Zusammenhang zwischen Bestandesoberansicht (Luftbildansicht) und Bestandaufbau finden wir im Buchenbestand beim Blockhaus (Bild 5, Bestand 13). Im Bild 1944 erscheint der Buchenbestand noch geschlossen; das Kronendach ist 1944 erst wenig unterbrochen. Wie aus den Luftbildern 1951 und 1957 ersichtlich ist, geht die Räumung des reinen Buchenaltholzes sehr langsam vor sich. Die etwas schematisierte Ueberschlagsrechnung lautet:

$$\text{Räumungsgeschwindigkeit: } \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} : \frac{40 \text{ Meter}}{20 \text{ Jahre}} = 2 \text{ Meter pro Jahr.}$$

Einzelne Merkmale von Beständen

Der Mittelwald ist charakterisiert durch die breiten, kugelkronigen Oberständer, die in die auswachsende Hauschicht eingebettet sind. Einige Bestände haben in der 30jährigen Ueberführungsperiode den Mittelwaldcharakter beinahe verloren, was aus dem Luftbild deutlich ersichtlich ist.

Plenter- und plenterartige Bestände zeichnen sich im Luftbild aus durch unregelmäßige, unruhige, durch Schatten- und Lichtwirkung mosaikartige Bestandesoberflächentextur.

Künstlich oder natürlich begründete Hochwaldbestände zeichnen sich aus durch den in der Höhe wenig differenzierten Hauptbestand.

Höhenunterschiede sind im Luftbild entweder direkt sichtbar, dank dem plastischen Sehen im Stereoskop (direkte Schätzung der Höhe), oder es kann vom Unterschied in der Textur der Oberfläche auf die relative Höhe des Bestandes geschlossen werden.

Helligkeits- oder Tönungsunterschiede (siehe Bild 2) lassen auf die Baumartenmischung schließen. Nadelreinbestände sind dunkler als Mischbestände bzw. Laubholzbestände. Dank diesen Helligkeits- oder Tönungsunterschieden unterscheiden wir auch Jungwuchs, Dickung, Stangenholz usw.

Merkmale einzelner Baumarten:

Dank der Unterschiede in Textur und Tönung sind unter sehr guten Verhältnissen (z. B. Bild 1951) viele, unter schlechten Bildverhältnissen (z. B. Bild 1957) relativ wenige Baumarten erkennbar.

Buche: Wie sich die Buche im Reinbestand zeigt, wurde schon erläutert. Die Krone der Buche im Einzelstand ist sehr hell, oft «strahlig» und unregelmäßig in der Form. Im Mittelwald ist sie weniger wegen ihrer Farbe, als vielmehr wegen ihrer Kronenform erkennbar. Im Frühlingsbild 1951 ist die Buche noch deutlich sichtbar (Helligkeitsunterschied), im Sommerbild 1957 ist im gleichen Bestand die Buche nicht mehr erkennbar.

Eiche: Nur im besten Bild (1951) unterscheidet sich die Eiche von andern Baumarten. Die Krone ist «kleinkugelig» und weniger «strahlig» als bei der Buche. Die Eiche hat allgemein so wenig charakteristische Merkmale, daß sie nicht deutlich und mit Sicherheit als solche angesprochen werden kann.

Fichte-Tanne: Diese zwei Nadelbäume erscheinen dunkel, speziell im Frühlingsbild. Im Sommerbild 1957 ist diese Tönungsdifferenz in vermindertem Maße noch sichtbar. Wegen ihres Habitus' erscheint die Krone rund auf der Schattenseite sehr dunkel, die Spitze bleibt stets hell. Im Mittelwald erkennt jedermann Fichte und Tanne sofort. Im Hochwald, speziell im Reinbestand kann nebst der Farbe noch von der Textur auf die beiden Nadelhölzer geschlossen werden.

Die Unterscheidung zwischen Fichte und Tanne ist nur ausnahmsweise möglich, z. B. Vogelnestbildung nach abgeschlossenem Höhenwachstum bei der Tanne.

Lärche: Diese Baumart ist im Lehrrevier fast nur im Dickungs- und Stangenholzalder vertreten. Weil in diesem Alter keine Baumart erkenntlich ist, ist auch die Lärche in diesen Beständen unerkennlich. Merkwürdigerweise ist sie im Bild 1957 besser sichtbar als im Bild 1951; sie zeichnet sich aus durch helle, kleine, stumpfe Krone.

Föhre: Die Föhre ist im Luftbild meist deutlich sichtbar wegen ihrer diffusen, hellen, oft kugeligen und matten Krone mit wenig Schattenwirkung. Im Bereich des Lehrreviers kommt die Föhre nur in wenigen Beständen vor. Sie hebt sich aber hier nicht sehr deutlich von andern Nadelbäumen ab.

Andere Baumarten lassen sich auf den vorliegenden Bildern nicht erkennen, weil sie im Luftbild zu wenig typische Merkmale haben und im Lehrrevier keine Reinbestände bilden, so daß keine «Weiserbilder» vorhanden sind.

Folgerung

Der Auswerter sollte entweder ein gut ausgebildeter Spezialist sein oder er muß den auszuwertenden Wald mit seinen hauptsächlichsten Beständen von der terrestrischen Waldbegehung so kennen, daß er beim Blick ins Stereoskop den auszuwertenden Bestand auch von der «Hasensperspektive» her gegenwärtig hat.

Weil das Luftbild ein untrügliches und objektives, historisches Dokument darstellt, das jederzeit über den waldbaulichen Zustand eines Betriebes Auskunft erteilt, ist es möglich, durch Vergleich von periodisch aufgenommenen Luftbildern die waldbaulichen *Veränderungen* über große Zeiträume hin objektiv zu verfolgen.

Veränderung der Betriebsformen

Nach E t t e r F. (5) kamen im Gebiet des heutigen Lehrwaldes in früheren Zeiten gleichzeitig der Hochwald, der Mittelwald und der Niederwald vor (siehe WP 1846).

Bei der Uebernahme des Gebietes durch den Bund waren keine Bestände mehr vorhanden, die als Niederwald bewirtschaftet wurden.

Mit der Schaffung des Lehrreviers wurde auch der Mittelwaldbetrieb endgültig aufgegeben. (Letzter Mittelwaldschlag 1927 [2]).

Heute wird das Lehrrevier nach den Grundsätzen des schweizerischen Femelschlagbetriebes bewirtschaftet. In einzelnen Flächen wird geplentert.

Chronologischer Ablauf der Periode 1930—1957

Zustand 1930: An Hand des Schrägbildes von Mittelholzer ist es nicht möglich, die Grenzen der Mittel- und Hochwaldbestände auf einen Plan zu übertragen. Auf dem Bilde selber ist die scharfe Trennung in Mittelwald- und Hochwaldbestände aber sehr auffallend.

Wenn wir den Aufbau des Mittelwaldes betrachten, können wir es heute (nach 23 Jahren) kaum für möglich halten, daß die indirekte Ueberführung in dieser kurzen Zeit so weit gedeihen konnte. Aus dem Luftbild ergibt sich, daß der Oberholzanteil sehr stark schwankt. Anzeichen der indirekten Ueberführung des Mittelwaldes in Hochwald sind noch nicht vorhanden, bzw. auf dem Luftbild noch nicht ersichtlich.

Heute nivellierte Höhenunterschiede im Hochwald treten im Schrägbild sehr deutlich zutage.

Zustand 1944: Die flächenweise Aufteilung des Gebietes in ehemaligen Mittelwald und in Hochwald ist 1944 erstmals möglich.

Die indirekte Ueberführung des Mittelwaldes ist graduell schon auf dem Luftbild ersichtlich. Die Hauschicht wächst in das Kronendach der Oberständer ein. Die Nivellierung der Baumhöhen ist aber nur in wenigen Beständen eingetreten. Oberholzarme Mittelwaldstände sind auf dem Luftbild nicht mehr sofort als «Mittelwaldbestände» zu erkennen.

Der Anteil des Mittelwaldes hat 1944 im untersuchten Gebiet 84,16 ha oder 44,4% betragen. Davon weisen einzelne Bestände im Oberstand einen großen Anteil von Nadelholz auf. Die Schätzung dieses Nadelholzanteils ist aber nicht oder nur zum Teil möglich.

Der Hochwaldanteil beträgt 105,38 ha oder 55,6%. Der Hochwald ist eingeteilt in gemischte Bestände = 59,00 ha oder 31,1% und in reine Nadelholzkulturen = 46,38 ha oder 24,5%.

Zustand 1951: In der kurzen Zeit von nur sieben Vegetationsperioden (1944–1951) kann sich ein Wald normalerweise nicht so stark verändern, daß von einer deutlichen Veränderung der Betriebsform gesprochen werden kann.

Erstmals läßt sich 1951 der Räumungsfortschritt an Hand der Luftbilder messen. Der Räumungsfortschritt 1944–1951 wurde für jedes einzelne Objekt sorgfältig ermittelt. Er beträgt 11,34 ha in sieben Schlagperioden.

Die jährliche Räumungsfläche beträgt 1,61 ha, also 0,85% der Gesamtfläche von 189,54 ha. Somit wären nach 120 Jahren sämtliche Bestände verjüngt und geräumt.

Zustand 1957: Nach 30 Jahren intensiver Ueberführung der ehemaligen Mittelwälder in Hochwald hat sich der Höhenunterschied zwischen der ehemaligen Hauschicht und dem Oberholz asymptotisch verkleinert. Der Anteil des auswachsenden Mittelwaldes beträgt noch 71,31 ha oder 37,7% gegenüber 84,16 ha oder 44,4% im Jahre 1944.

Die Umwandlung der Nadelholzkulturen hatte zur Folge, daß der Anteil von 46,38 ha oder 24,5% im Jahre 1944 auf 40,14 ha oder 21,2% im Jahre 1957 gesunken ist.

Der gemischte Hochwald hat von 59,00 ha oder 31,1% (1944) auf 78,72 ha oder auf 41,1% zugenommen.

Aufschlußreich ist der Vergleich der geräumten Flächen in den Perioden 1944–1951–1957. Der Räumungsfortschritt 1944–1951 beträgt pro Jahr nur noch 1,04 ha oder 0,38% der Gesamtfläche, so daß zur Verjüngung des ganzen Waldes 265 Jahre erforderlich wären. Es ist also aus dem Luftbild zu schließen, daß das Verjüngungstempo in der Periode 1951–1957 stark verlangsamt wurde.

Allgemein kann festgestellt werden, daß die Fehlerquelle bei der Ausscheidung sehr klein ist. Gegenüber der terrestrischen Kartierung hat daher das Luftbild den Vorteil, daß es den wirklichen Zustand objektiver und anschaulicher wiedergibt.

Um die Betriebsform und den waldbaulichen Zustand eines Gebietes zu erfassen, wurden schon alle erdenklichen Möglichkeiten geprüft. Prof. H. K n u c h e l schreibt selbst (7): «Wir ändern unsere Farben- und Zeichensprache von Jahr zu Jahr, ohne jedoch ein System zu finden, das auf alle Verhältnisse paßt.» — «Die Bestandeskarte, so sehr ins einzelne sie gehen mag, kann das naturwahre Fliegerbild nie ganz ersetzen.»

Betrachten wir alte Bestandes- und Betriebskarten des Albisrieder Berges, z. B. aus den Jahren 1915, 1928 und 1943, so sind wir tatsächlich enttäuscht, indem sich mit diesen, mit viel Fleiß aufgenommenen Karten

recht wenig anfangen läßt. Aus den drei Karten lassen sich wenig Schlüsse ziehen, weil jede subjektiv, nach andern Gesichtspunkten und Zwecken und jede von einer andern Person aufgenommen wurde. Das Fliegerbild erlaubt dagegen auf *gleicher* Grundlage *objektive* Vergleiche und ist durch keine andere Aufnahmemethode gleichwertig zu ersetzen.

Anteil der Verjüngungsfläche

Ganz besonderes Interesse wandte ich dem Anteil der Verjüngungsflächen zu. Dieser ist für den Waldbauer wichtig,

- um die Nachhaltigkeit kontrollieren zu können;
- zur Organisation und Kontrolle der Jungwuchs- und Dickungspflege.

Die «Nachhaltigkeit» wurde früher durch Flächen- und Massenfachwerk und durch Festlegung der Umtriebszeit erreicht. Das Wort «Umtriebszeit» ist zwar heute bei uns verpönt; trotzdem müssen wir eine «Nachhaltigkeit», wenn auch mit andern Mitteln, herstellen und kontrollieren. *Leibundgut* schreibt (9): «Obwohl der Femelschlagbetrieb, wie er im Lehrrevier gehandhabt wird, praktisch mit keiner eigentlichen Umtriebszeit arbeitet und sich auch an keine bestimmten Verjüngungszeiträume hält, haben diese Begriffe doch eine gewisse Geltung für die einzelnen Teilflächen (partielle Umtriebszeit und partieller Verjüngungszeitraum). Wenn wir mit einer durchschnittlichen partiellen Umtriebszeit U_p von 120 Jahren und einem mittleren Verjüngungszeitraum V_p von

15 Jahren rechnen, müßte theoretisch ein Anteil von $\frac{U_p}{V_p}$ oder ein Achtel der gesamten Waldfläche in Verjüngung stehen. Nehmen wir ferner an, daß das Durchforstungsalter (schwaches Stangenholz) mit durchschnittlich 25–30 Jahren beginnt, dürften die geräumten Dickungen ebenfalls einen Achtel der gesamten Fläche einnehmen.» Daraus läßt sich folgern, daß die Kartierung und die Bestimmung der Jungwuchs- und Dickungsflächen ebenso wichtig wie die Ermittlung des Vorrats sind.

Jungwuchspflege und Dickungspflege sind Arbeiten, die in kurzen Abständen wiederkehren. Im intensiv bewirtschafteten, stark differenzierten Betrieb muß diese Arbeit geplant und kontrolliert werden. *H. Hablützel* (6) schreibt deshalb: «Wir müssen uns Rechenschaft ablegen, wo sich alle Jungwuchs- und Dickungsflächen befinden und wie groß die gesamte Flächenausdehnung ist...» Auch aus organisatorischen Gründen ist es nötig, die Jungwuchs- und Dickungsflächen zu kartieren und zu planimetrieren. Es stellt sich daher die Frage, ob dies mittels des Luftbildes möglich ist. Eine Schwierigkeit bietet dabei aber jedenfalls die praktische Definition für «Jungwuchs» und «Dickung».

Der Begriff «Partieller Verjüngungszeitraum» nach *Leibundgut* (9): «Zeitraum vom Beginn der Verjüngung bis zur Räumung einer Teilfläche», deckt sich mit dem Begriff von *Vanselow* (12).

Nach beiden Autoren ist die Verjüngung abgeschlossen, wenn das Altholz geräumt ist. Der Beginn der Verjüngung ist mit der Besiedelung der Fläche gegeben.

Können wir nun aber den Beginn und den Abschluß der Verjüngung auf dem Luftbild sehen? Unsere Bilder zeigten, daß der Abschluß der Verjüngungsphase auf jeden Fall, selbst auf den schlechtesten Luftbildern sehr gut sichtbar ist.

Der Beginn der Verjüngung kann dagegen nicht direkt festgestellt werden. Der Blick unter das Kronendach ist nicht möglich. Die Vermutung, daß der einer abgeschlossenen Verjüngung angrenzende Altholzbestand in Verjüngung steht, ist zwar groß. Nach der Textur der Altholzbestandesoberfläche und dem Schlußgrad des Altbestandes kann ebenfalls vermutet werden, ob er in Verjüngung steht. Absolute Sicherheit gibt es aber nicht. Wir können daher jedenfalls aus dem Fliegerbild nicht alle Jungwüchse und Dickungen erkennen, welche gepflegt werden müssen, und zwar um so weniger, je länger der Verjüngungszeitraum gewählt wird.

Weil bei der stereoskopischen Auswertung das Gelände mit den Transportgrenzen und den geräumten Dickungen sofort sichtbar ist, kann daraus geschlossen werden, ob die angedeutete Verjüngungsrichtung zweckmäßig erscheint. Der wichtige Entscheid aber, ob eine Verjüngung wirklich brauchbar ist und ob es sich lohnt, sie zu pflegen, sind Fragen, die jedoch nicht aus der Vogelschau beantwortet werden können. Das Fliegerbild kann daher die gründliche Waldkenntnis und Aufnahmen an Ort und Stelle niemals ganz ersetzen.

Aus dem Gesagten geht vielmehr hervor, daß das Urteil über einen Jungwuchs nur im Gelände, nach reiflicher Ueberlegung und nach Würdigung aller Gesichtspunkte gefällt werden kann.

Bei der terrestrischen Kartierung wurden jedoch bisher die Grenzen von Jungwüchsen und Dickungen direkt auf den Plan übertragen (Bussole und Meßband bzw. Schätzung). Das Luftbild kann diese mühselige und oft ungenau ausgeführte Arbeit vereinfachen und abkürzen helfen und zudem die Genauigkeit der Arbeit erhöhen. Dabei empfiehlt sich folgender Arbeitsvorgang: Auf das Luftbild (Maßstab ungefähr 1:8000), wird eine durchsichtige Ultraphan-Folie geheftet. Die Kartierung erfolgt nun im Gelände. Einzeichnung der Grenzen auf die Ultraphanfolie mit rotem Kugelschreiber oder, was weniger ratsam ist, auf das Luftbild selbst. Uebertragung auf die Karte mit Luftbildumzeichner «Zeiß». Der Arbeitsaufwand für die Aufnahme 1957 betrug: Außenarbeit = 4,5 Stunden, Uebertragung = 2,5 Stunden, totale 7 Stunden für 73 Flächen mit 16,23 ha Fläche.

Räumliche Ordnung im Verjüngungsbetrieb

Zu beurteilen sind vor allem die Lage der Transportgrenzen und die Verteilung der Jungwuchsflächen.

Transportgrenzen

Transportgrenzen richten sich nach dem Gelände, nach Straßen, Bachläufen, Besitzesgrenzen, Eisenbahnen, aber auch nach den Rückmitteln, nach dem Altbestand usw. Sie müssen somit in die fest gegebenen, unverrückbaren und in die variablen Transportgrenzen eingeteilt werden.

Weil mit der Festlegung der Transportgrenzen und der entsprechenden, folgerichtigen Verjüngung das waldbauliche Handeln für längere Zeit festgelegt wird, kommt dieser Arbeit oft ebensoviel Bedeutung zu, wie z. B. der Planung des generellen Wegnetzes.

Weil jede Karte, auch die forstliche Karte, abstrakt ist und den forstlichen Zustand nicht oder nur zum Teil wiedergibt, kann die Karte nie so aufschlußreich sein wie das gute Luftbild. Unter dem Stereoskop ist nicht nur das Gelände plastisch sichtbar, sondern auch der Wald mit Dickung, Stangenholz, Baumholz, Straßen, Tobeln, Gräben usw. Nicht nur die Transportgrenze, sondern auch die Stellung von Dickung, Stangenholz usw. zu ihr ist sofort ersichtlich. Die Beurteilung der räumlichen Ordnung kann also leicht erfolgen (vgl. Bilder 4 und 5).

Im gut erschlossenen Lehrwald Albisriederberg ist die Bestimmung der Transportgrenzen einfach. Es ist daher jedenfalls interessant, die *Stellung der Verjüngung zu den Transportgrenzen kritisch zu überprüfen*.

Wie zu erwarten, hält sich die Verjüngung im Lehrwald sehr streng an die Transportgrenzen, sofern es sich nicht um Schadenflächen handelt, deren Entstehung auf Sturm, Borkenkäfer, Blitz usw. zurückzuführen ist.

Nebst der räumlichen Ordnung ist der zeitliche Ablauf der Verjüngung bzw. der Räumung des in Verjüngung stehenden Altholzes aufschlußreich.

Weil auf dem Luftbild aber nicht der Verjüngungsfortschritt, sondern nur der Räumungsfortschritt ersichtlich ist, hinkt die Kontrolle der Verjüngungsnachhaltigkeit um die Zeit des partiellen Verjüngungszeitraumes hinten nach. Hier muß deshalb die Aufnahme an Ort und Stelle das Flugbild ergänzen.

Veränderung von Mischungsgrad, Mischungsform und Pflegezustand von Beständen

Daß durch Vergleich von Luftbildern verschiedenen Aufnahmedatums (1944–1951–1957) die Entwicklung und Veränderung eines Waldes anschaulich und eindeutig verfolgt werden kann, beweisen die Zustandskarten (vgl. Bilder 6 und 7). Es stellen sich aber im weiteren folgende Fragen:

- Kann der Mischungsgrad eines Bestandes festgestellt werden?
- Kann die Mischungsform eines Bestandes festgestellt werden?
- Kann die Veränderung von Mischungsgrad und Mischungsform im Luftbild festgestellt werden?

- Kann der waldbauliche Zustand eines Bestandes festgestellt werden?
- Kann die Notwendigkeit waldbaulicher Pflegeeingriffe festgestellt werden?
- Können die Auswirkungen waldbaulicher Pflege festgestellt werden?

Kann der Mischungsgrad eines Bestandes festgestellt werden?

Wie bereits festgestellt wurde, heben sich Nadelbäume deutlich von Laubholzbäumen ab. Das Mischungsverhältnis Nadelbäume—Laubbäume ist somit gut abzuschätzen. Die Unterscheidung einzelner Arten, wo es sich um reich gemischte Bestände handelt, ist dagegen *nicht* mit genügender Zuverlässigkeit möglich. Das Fliegerbild erlaubt die Abgrenzung von Bestandestypen, die aber nötigenfalls weiter analysiert werden müssen, z. B. durch Stichproben.

Kann die Mischungsform eines Bestandes festgestellt werden?

Außer günstigen Fällen ist die Mischungsform einzelner Baumarten nicht feststellbar, ausgenommen der deutlich und leicht erkennbaren Arten, wie evtl. Föhre, Buche, Fichte usw. In der Regel beschränkt sich die Unterscheidung nur auf Nadel- und Laubbäume. Selbstverständlich könnte ein besonderer Zeitpunkt der Aufnahme das Erkennen bestimmter Arten, z. B. Birken, Aspen usw., ermöglichen.

Veränderung von Mischungsgrad und Mischungsform

Mit den vorliegenden Bildern (1944–1957 = 13 Vegetationsperioden) ist es nicht möglich, eine Veränderung von Mischungsgrad und Mischungsform festzustellen. Auch das Auszählen der Bäume in Probeflächen zeitigte keinen Erfolg.

Weil jeder Zustand nur geschätzt werden kann, beruht auch die Veränderung nur auf der Differenz von zwei Schätzungen, d. h. das Maß der Veränderungen ist mit großen Fehlern behaftet. Zum Erkennen geringer Veränderungen von Mischungsgrad und Mischungsform kommt daher das Luftbild nicht in Frage. Das Fliegerbild kann wertvolle Dienste leisten bei der Festlegung von Vergleichsflächen und dergleichen, in welchen beispielsweise Stichproben erhoben werden sollen. Die Waldbeschreibung zur Erfassung waldbaulich wichtiger Veränderungen von Mischungsform und Mischungsgrad vermag es aber nicht zu erübrigen.

Kann der waldbauliche Zustand eines Bestandes festgestellt werden?

Obwohl wir nur das Kronendach des Bestandes sehen, kann unter Zuhilfenahme verschiedener Hilfsmittel mehr oder weniger präzise auf den waldbaulichen Zustand geschlossen werden. So sind beispielsweise die Bestandesdichte, die Kronenausbildung und andere Merkmale gut beurteilbar.

Kann die Notwendigkeit waldbaulicher Pflege auf dem Luftbild festgestellt werden?

Obwohl geeignete Objekte zur Beurteilung dieser Frage im Lehrwald vorliegen, zeigt sich, daß normalerweise unter unseren Verhältnissen keinesfalls die Notwendigkeit einer Durchforstung aus dem Fliegerbild zu erkennen ist. Es wäre eine Verkennung der Ziele der Luftbilderauswertung, wenn man die Dringlichkeit waldbaulicher Maßnahmen allein aus dem Luftbild feststellen wollte. Der Entschluß, eine waldbauliche Maßnahme durchzuführen, kann niemals nach einem Blick ins Stereoskop gefaßt werden. Waldbauliche Entscheide sind also nach wie vor *im Walde* zu treffen.

Erkennt man die Folgen der waldbaulichen Pflege auf dem Luftbild?

Ein wesentlicher, sicher feststellbarer Unterschied von besser und weniger gut gepflegten Stangenhölzern, Altbeständen usw. besteht nicht. Die Frage, ob die Auswirkungen von waldbaulichen Pflegeeingriffen auf dem Luftbild festgestellt werden können, muß also leider verneint werden.

Der Anteil von «Blößen»

Unter «Blößen» verstehen wir Flächen ohne Produktion. Solche Flächen lassen sich auf dem Luftbild gut abgrenzen und auch auf Karten übertragen. Zur Kartierung von vernäßten Beständen, von Mooren und offenen Wasserstellen eignet sich speziell das Infrarotbild, weil diese Stellen dunkel erscheinen. Im Lehrrevier bestehen nur zwei «Blößen», das «Ried» und der Spielplatz bei der Einmündung des Schwendenholzweges in die Hohensteinstraße. Die produktive Fläche ist überall gut bestockt.

Vorschläge

Obwohl mir eine Erfahrung in der Luftbildauswertung für waldbauliche Zwecke fehlt, scheint es doch möglich, auf Grund des für das Studium diesbezüglicher Fragen sehr geeigneten Lehrreviers einige Vorschläge zu unterbreiten:

- Um die waldbauliche Auswertung von Luftbildern nutzvoller zu gestalten, sollte in Zukunft nicht mehr mit Bildern gearbeitet werden, welche nicht für forstliche Zwecke ausgeführt wurden. Erfreulich ist, daß die Swissair jetzt einen besonderen Luftbilderdienst mit Senkrechtaufnahmen aufbaut. (Auskunft erteilt Swissair Photo AG, Stampfenbachstraße 12, Zürich).
- Bei Wirtschaftsplanrevisionen werden Bestände kartiert, numeriert und genau beschrieben. An Stelle einer Bestandeskarte wäre es zweckmäßig, auf dem Luftbild bzw. auf der Ultraphanfolie die Bestandesgrenzen einzuzeichnen und die Bestände auf der Folie entsprechend der Beschreibung zu numerieren. Dadurch würde nicht nur Zeit gespart, sondern es würde auch eine bessere Uebersicht geschaffen. Die zukünftige

- Behandlung, z. B. Durchforstung, Säuberung, Räumung des Altholzes usw., könnte ebenfalls auf Transparentfolie eingezeichnet werden. Ausgeführte Arbeiten könnten auf der Folie markiert werden.
- Für die waldbauliche Auswertung von Luftbildern sollten einheitliche Richtlinien im Sinne von Empfehlungen aufgestellt werden, damit dieses wertvolle Hilfsmittel tatsächlich auch richtig und vollständig ausgenutzt wird.

Résumé

Analyse sylvicole des photographies aériennes des années 1944, 1951 et 1957 de la forêt d'enseignement de l'EPF

L'auteur montre, au moyen de l'exemple de la forêt d'enseignement de l'Ecole polytechnique, les possibilités de l'analyse des photographies aériennes à des fins sylvicoles. Les photographies verticales à l'échelle de 1:8000 se sont révélées les meilleures.

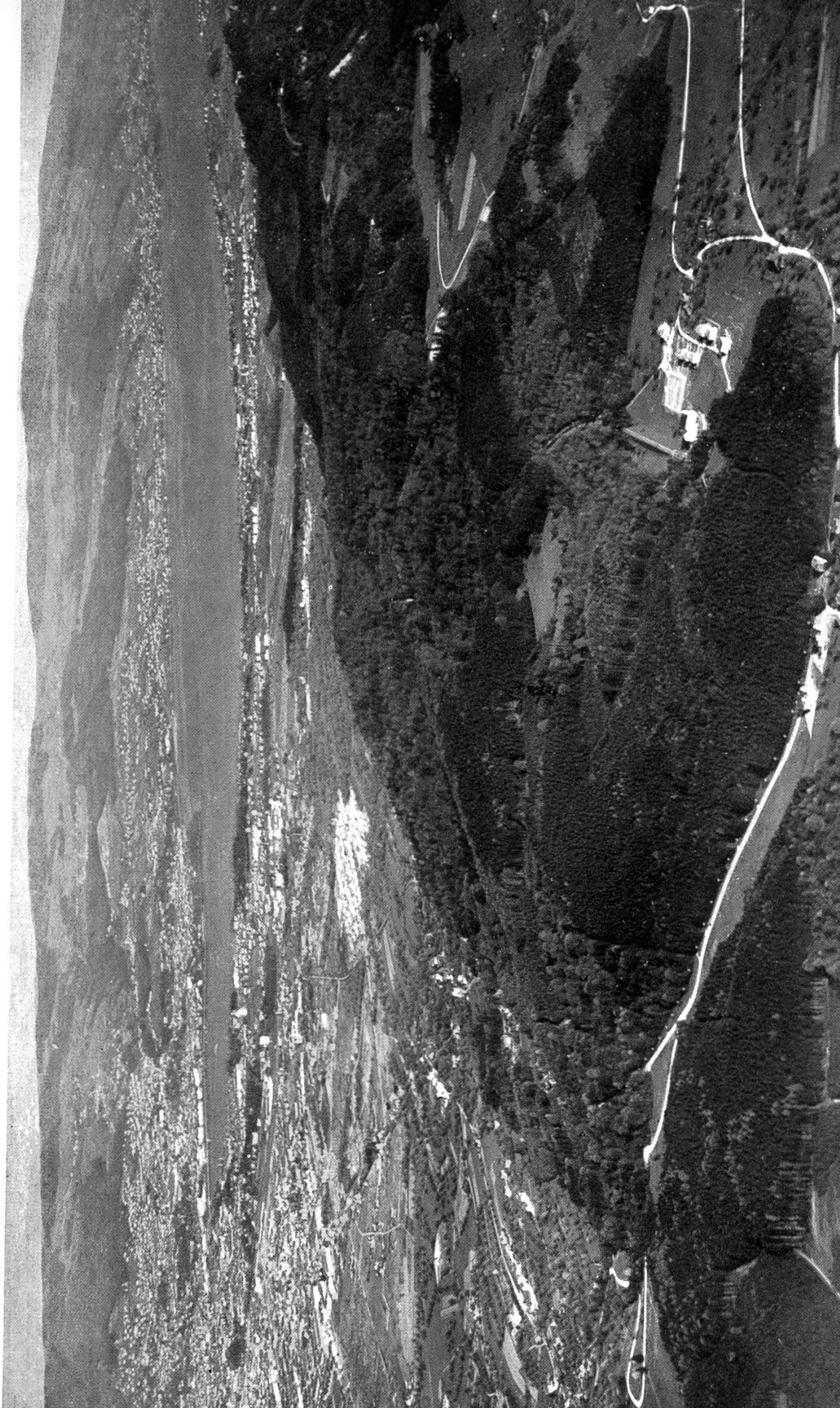
De telles photographies permettent la séparation des types de peuplements, la constatation des modes de traitements particuliers et de l'expiration des mesures qui concernent le rajeunissement, lorsque des séries de photographies existent.

L'auteur demande que des relevés particuliers soient exécutés à des fins forestières et recommande l'emploi de photographies aériennes à la place des cartes de peuplements en usage jusqu'à présent.

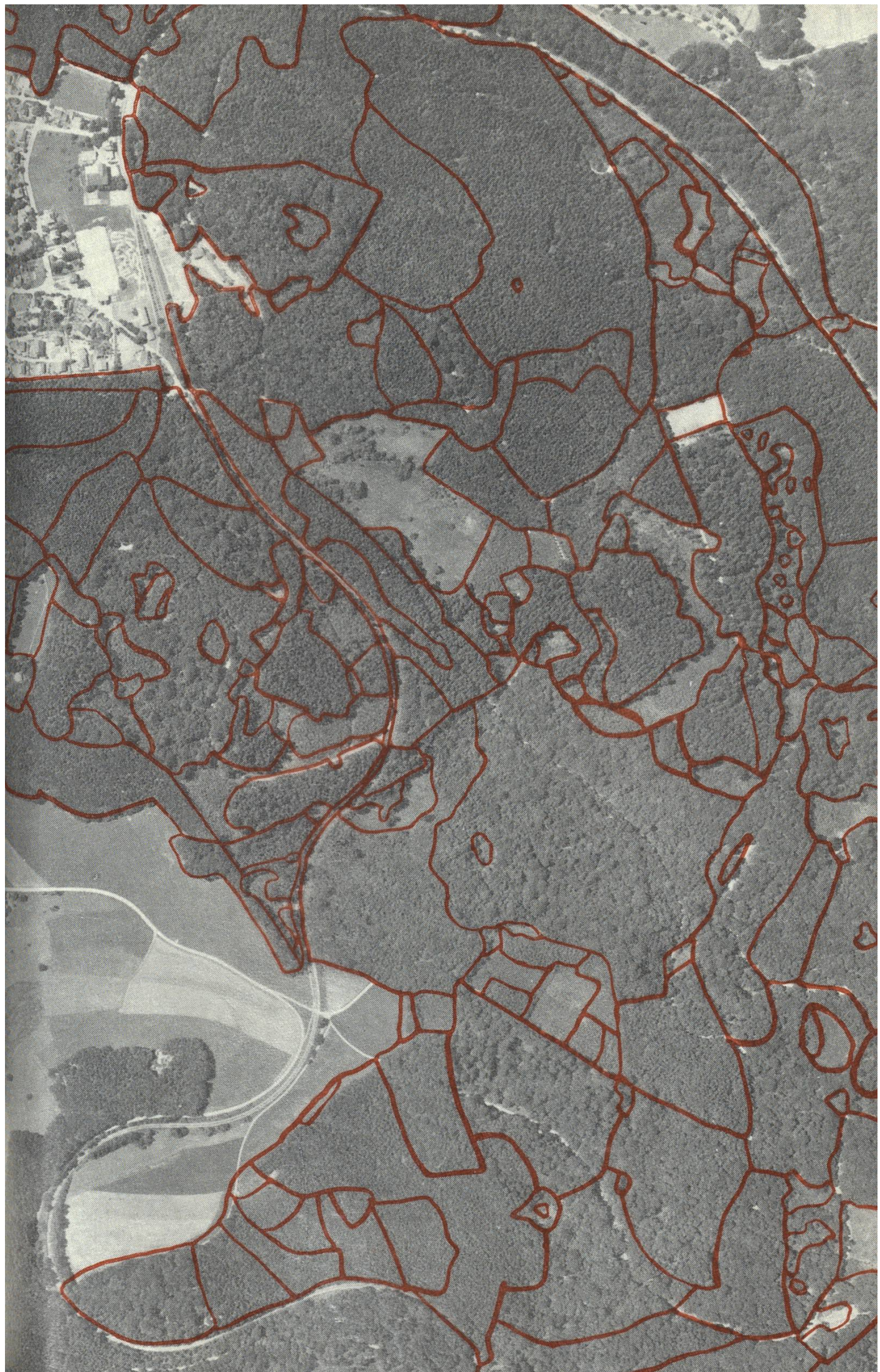
Trad.: P.-E. Vézina

Literatur

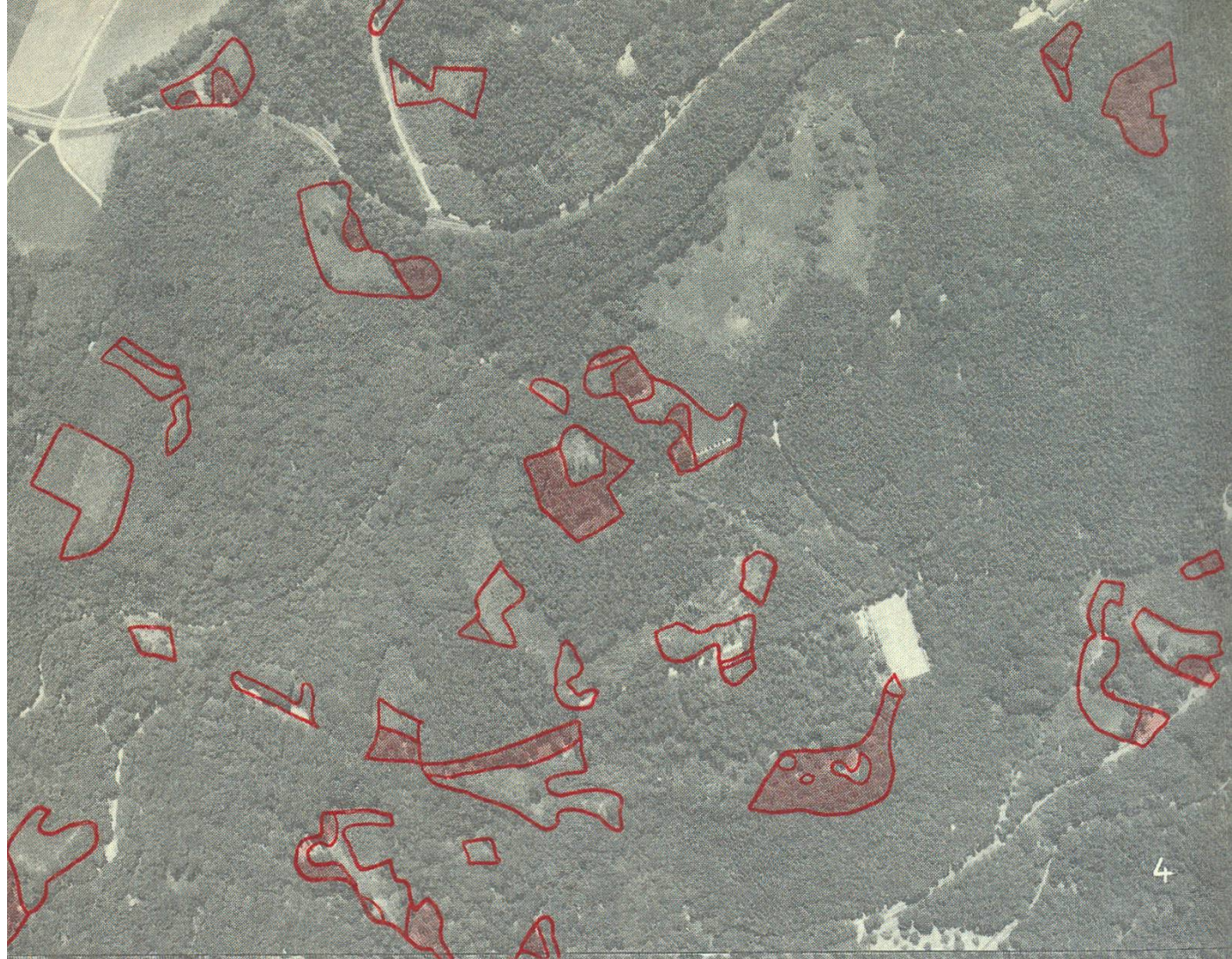
- (1) *Back, R.*: Erfahrungen bei der forstlichen Auswertung von Luftbildern. Forstarchiv 1952.
- (2) *Badoux, E.*: Wirtschaftsplan 1927 über das Lehrrevier Albisriederberg. Photo Oppliger.
- (3) *Baumann, H.*: Das Luftbild als praktisches Hilfsmittel für die Forsteinrichtung. Allg. Forstzeitschrift. 1954.
- (4) — Forstliche Luftbildinterpretation. Band 2. Selbstverlag der Forstdirektion Südwürttemberg — Hohenzollern. Tübingen 1957.
- (5) *Etter, F.*: Studie über die Veränderungen des waldbaulichen Zustandes des ehemaligen Korporationswaldes Albisrieden seit 1823. Diplomarbeit 1957. Lehrwaldarchiv.
- (6) *Hablützel, H.*: Zur Organisation der Säuberungen in Buchendickungen. SZF 1952.
- (7) *Knuchel, H.*: Ueber Bestandeskarten und Bestandesprofile. SZF 1944.
- (8) — Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. H. R. Sauerländer & Co., Aarau, 1950.
- (9) *Leibundgut, H.*: Ueber die Planung von Bestandesumwandlungen. SZF 1952.
- (10) — Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten natürlichen Waldgesellschaften in der Schweiz. 2. Auflage. Sekretariat der Eidg. Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei, Bern, 1951.
- (11) *Spurr, Stephen H.*: Forest inventory Aerial photographs in forestry 1952. The Ronald Press. Comp. New York. Deutsche Uebersetzung von W. Schütz, R. Bach und D. Hoffmann, Hamburg, 1956.
- (12) *Vanselow, K.*: Natürliche Verjüngung im Wirtschaftswald. Neumann, Radebeul und Berlin, 1949.











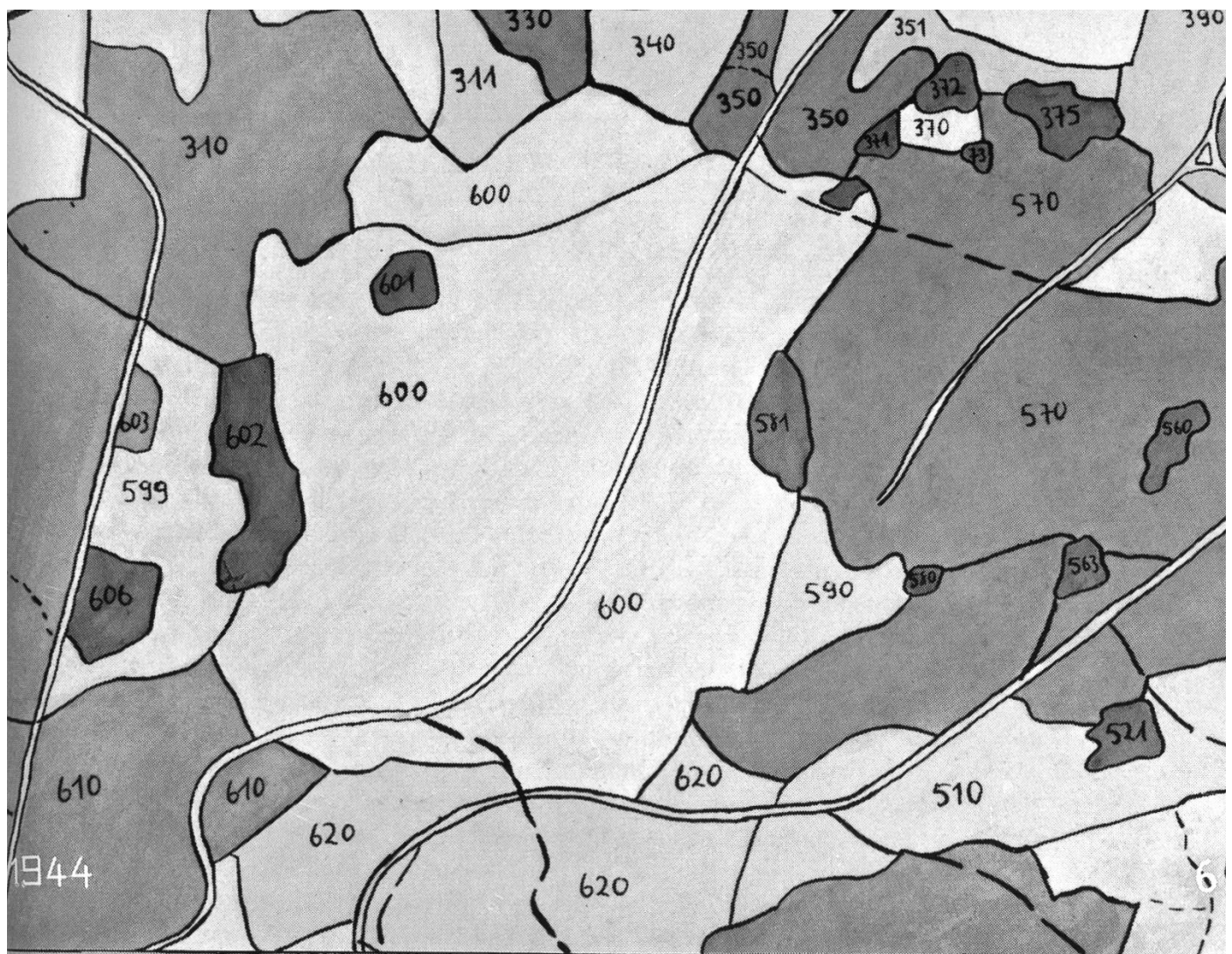


Bild 1: Schrägaufnahme Mittelholzer vom Jahre 1933. Bewilligung Swissair-Photodienst.

Bild 2: Senkrechtaufnahme vom 27. Mai 1944 der Eidg. Landestopographie. M 1 : 8000. Bewilligung Eidg. Landestopographie.

Bild 3: Senkrechtaufnahme vom 28. Juni 1957 der Eidg. Landestopographie. M 1 : 8000. Bewilligung Eidg. Landestopographie.

Bild 4: Senkrechtaufnahme vom 28. Juni 1957 der Eidg. Landestopographie. M 1 : 8000. Deckpause mit eingezeichneten Jungwüchsen und in Verjüngung stehenden Bestandesteilen. Bewilligung Eidg. Landestopographie.

Bild 5: Ausschnitt aus Bild 4, vergrößert auf 1 : 5000. Deckpause mit eingezeichneten Jungwüchsen und in Verjüngung stehenden Bestandesteilen. Bewilligung Eidg. Landestopographie.

Bild 6: Ausschnitt aus dem Waldplan 1 : 5000 mit eingezeichneten Beständen, Jungwüchsen und Dickungen, Zustand 1944.

Bild 7: Ausschnitt aus dem Waldplan 1 : 5000 mit eingezeichneten Beständen, Jungwüchsen und Dickungen, Zustand 1957.