©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

| Carinthia II | 172./92. Jahrgang | S. 225–240 | Klagenfurt 1982 |
|---|---|---|---|

# Vegetationskundliche Luftbildauswertung am Beispiel der Umgebung des Glocknerhauses

Von Paul HEISELMAYER, Werner SCHNEIDER und Hubert PLANK

Mit 6 Abbildungen

Zusammenfassung: Die Brauchbarkeit von Farb-Infrarot-Luftbildern zur Herstellung von Vegetationskarten durch visuelle und durch automatische Interpretation wurde am Beispiel der Umgebung des Glocknerhauses unter Zuhilfenahme früherer Kartierungen (FRIEDEL 1956; HOFBAUER, 1977) untersucht. Sieben Gruppen von Vegetationseinheiten wurden unterschieden (Seslerio-Semperviretum, Festucetum pseudodurae, Caricetum curvulae, Loiseleurietum, Poetum, Schneeböden, Hochstauden u. ä.).

Für die Identifikation wurde ein Erkennungsschlüssel erarbeitet, der Farbe, Textur, Stereoeffekt und Bestandesstruktur berücksichtigt. Die Abgrenzung einzelner Vegetationseinheiten im Luftbild wird durch fließende Übergänge erschwert.

Auf weitere Interpretationsmöglichkeiten im Hinblick auf Auswirkungen von Touristik, Almwirtschaft und baulichen Maßnahmen wird hingewiesen.

Eine durch automatische, auf Farbmessungen auf dem Luftbild beruhende Maximum-Likelihood-Klassifikation hergestellte Vegetationskarte wird dem Ergebnis der visuellen Klassifikation gegenübergestellt. Die Vorteile des automatischen Verfahrens liegen vor allem in der Objektivität und Reproduzierbarkeit des Resultats. Das Verfahren erscheint insbesondere auch für den quantitativen Vergleich von Luftbildern verschiedener Aufnahmezeitpunkte zur Feststellung von Veränderungen in der Vegetation geeignet.

Abstract: The usefulness of colour-infrared aerial photos for the preparation of vegetation maps by visual and by automatic interpretation has been investigated in a test area near the Glocknerhaus, employing two former vegetation maps by FRIEDEL, 1956, and HOFBAUER, 1977. Seven groups of vegetation associations have been differentiated.

An interpretation key has been prepared based on colour, texture, stereo-effect and structure of vegetation. It proved difficult to delineate certain vegetation associations because of gradual transitions between them.

Other possibilities of interpretation concerning effects of tourism, pasturage and construction work are pointed out.

The result of an automatic maximum-likelihood classification based on colour measurements on the photo is compared with the map prepared by visual interpretation. The main advantage of the automatic classification is the objectivity and reproducebility of the result. The method seems particularly suitable for a quantitative comparison of photos for change detection purposes.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

# EINLEITUNG

Die Vegetation des Gebietes um das Glocknerhaus wurde im Rahmen des MaB-Projekts Glockner eingehend untersucht (HOFBAUER, 1977). Gleichzeitig erfolgte die Aufnahme von Fernerkundungsdaten dieses Gebietes, wobei u. a. fotografische Farb-Infrarot-Luftbilder mit einem durchschnittlichen Bildmaßstab von 1:7000 angefertigt wurden (STOLITZKA, 1977). Mit diesem Datenmaterial bot sich die Möglichkeit an, die Erscheinungsformen verschiedener Vegetationseinheiten auf Farb-Infrarot-Luftbildern zu untersuchen.

In der vorliegenden Arbeit werden folgende Luftbild-Auswerteverfahren am Beispiel einer Vegetationskartierung der Umgebung des Glocknerhauses (Abb. 1) verglichen und die Möglichkeiten der Vegetationsdifferenzierung aufgezeigt:

Visuelle vegetationskundliche Interpretation von Farb-Infrarot-Luftbildern:

Vegetationseinheiten lassen sich teilweise ohne spezielle instrumentelle und methodische Auswertehilfsmittel auf dem Luftbild erkennen und abgrenzen. Diese rein visuelle Interpretation kann in Verbindung mit terrestrisch erhobenen Daten entweder unmittelbar zu einer Kartierung der Vegetation führen oder aber durch die Identifizierung von Eich-Probeflächen die Grundlage für weiterführende quantifizierende und objektivierende Untersuchungen liefern.

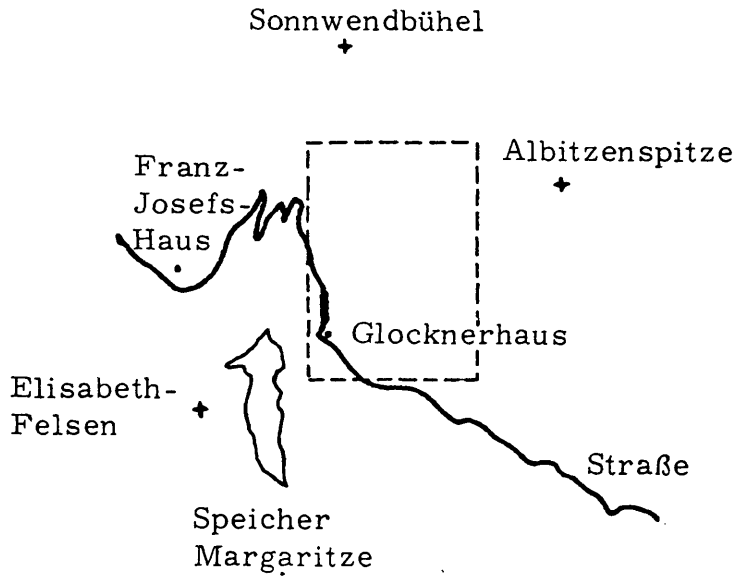



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Rechnergestützte, objektivierte vegetationskundliche Luftbildauswertung:

Ausgehend von den visuell auf dem Luftbild bzw. terrestrisch identifizierten Eich-Probeflächen, kann ein Farb-Infrarot-Bild durch Messung der Farbe der einzelnen Bildelemente quantitativ und automatisch ausgewertet werden.

## PFLANZENGESELLSCHAFTEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Zur Auswertung des Luftbildes, das das Gebiet um das Glocknerhaus zeigt, wurden nur sieben Gruppen von Vegetationseinheiten herangezogen. Die Kriterien für ihre Auswahl waren große flächenmäßige Ausdehnung, leichte soziologische Erfaßbarkeit und im Luftbild exakt erkennbare Färbungen und Strukturen.

Es wurden daher nur Assoziationen im weiteren Sinne gewählt, Subassoziationen und kleinere Einheiten konnten noch nicht differenziert werden. Zum Teil wurden auch mehrere Assoziationen zu einer physiognomisch einheitlichen Gruppe zusammengefaßt (z. B. Poetum–Deschampsietum, Hochstaudenflur–Cirsietum–Aconitumgesellschaft–Weidengesellschaft). Unberücksichtigt blieben die Nardeten, die nur an zwei Stellen kleinräumig vorkommen. Bei der Wahl der Pflanzengesellschaften stellten die Karten von GAMS (1936), FRIEDEL (1956) und HOFBAUER (1977) ein wichtiges Hilfsmittel dar. Die Geländeaufnahmen von FRIEDEL erfolgten in den Jahren 1933–1937, jene von HOFBAUER 1974–1976. Aus dem großen zeitlichen Unterschied ergaben sich Abweichungen in der Vegetationszonierung, die sowohl auf einer Änderung der Vegetation im Laufe der Zeit als auch auf unterschiedlichen Auffassungen bezüglich der Abgrenzung und Zuordnung einzelner Assoziationen beruhen. So wird bei HOFBAUER das Festucetum pseudodurae FRIEDELS in das Seslerietum, das Poetum und Deschampsietum teilweise in das Curvuletum integriert. Nach Vergleich mit dem Farb-Infrarot-Luftbild muß jedoch der Auffassung FRIEDELS der Vorzug gegeben werden, da sich die genannten Gesellschaften farblich und strukturell klar voneinander abheben.

Bei der neuen, mit Hilfe der Farb-Infrarot-Luftbilder erarbeiteten Vegetationskarte wurde ein Orthophoto als Grundlage herangezogen, und die sieben erkannten Gesellschaften wurden direkt übertragen. Unterschiede zur Karte von FRIEDEL ergeben sich auch hier einerseits aus der zeitlichen Differenz von 40 Jahren und der Schwierigkeit, Gesellschaften, die fließend ineinander übergehen, durch eine klare Linie zu trennen. Die Abgrenzung muß notwendigerweise stets zu einem gewissen Grade subjektiv erfolgen.

Die im folgenden genannten Pflanzenarten sind die für die Gesellschaften typischen, begleitende und durchgehende Arten werden nicht angeführt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

**Caricetum curvulae** (Krummseggenrasen)

Der Krummseggenrasen nimmt in der Untersuchungsfläche einen breiten Raum ein. Er bedeckt in den tieferen Lagen der Trägeralm die Hanglagen und die weniger exponierten Kuppen. Neben *Carex curvula* treten *Phyteuma hemisphaericum, Pulsatilla alba, Avenochloa versicolor* und *Juncus trifidus* auf. Dringt *Loiseleuria procumbens* zwischen die Kräuter ein, ergibt sich ein Übergang zum Loiseleurietum. Die Abgrenzung der beiden Gesellschaften hängt dabei weitgehend von der Dominanz der jeweiligen Charakterart – Krummsegge bzw. Gemsheide – ab. Im Unterhangbereich tritt *Loiseleuria* zurück, jedoch wird der Krummseggenrasen hier von dem durch die Almwirtschaft hervorgerufenen Poetum und Deschampsietum durchsetzt.

**Festucetum pseudodurae** (Hartschwingelrasen)

Das Festucetum pseudodurae tritt schon bei geringem Kalkgehalt des Bodens auf Hang- und Kuppenlagen auf, wobei schwach windexponierte Lagen bevorzugt werden. Neben einer Anzahl von Arten des Krummseggenrasens sind kalkliebende Arten wie *Sesleria varia, Carex sempervirens, Anthyllis alpestris, Aster alpinus* u. a. vertreten. Diese Gesellschaft nimmt eine Mittelstellung zwischen Curvuletum und Seslerietum ein und zeigt auch enge Beziehungen zum Elynetum, worauf schon FRIEDEL (1956) hinwies.

**Seslerio-Semperviretum** (Blaugrasrasen)

Dieser Rasentypus ist im Untersuchungsgebiet nur an wenigen Stellen ausgebildet. Im südlichen Teil nahe dem Volkerthaus tritt er auf südexponierten Hängen auf, weiters nördlich des großen Parkplatzes entlang der Straße, insbesondere auf den flachgründigen Partien, die aus straßenbaulichen Maßnahmen entstanden sind, sowie an den Westhängen des Langen Troges auf flachgründigem, schon gefestigtem Bergschuttmaterial. Neben *Carex sempervirens* und *Sesleria varia* bestimmen *Carex atrata, Salix waldsteiniana, Anthyllis alpestris* und *Ranunculus alpestris* das Vegetationsbild. Auch *Arctostaphylos uva-ursae* ist stellenweise kräftig entwickelt.

**Hochstauden, Aconitum tauricum-Gesellschaft, Cirsietum, Weidengebüsche**

An stärker durchfeuchteten und nährstoffreicheren Standorten bilden diese Pflanzengemeinschaften dichte Bestände. Sie sind als Vegetation flacher Mulden, Verebnungen, aber auch steilerer Hänge mit Wasseraustritt oder abfließender nährstoffreicher Entwässerungen (Glocknerhaus) über das ganze Gebiet verstreut. Größerflächige Ausbildungen befinden sich im östlichen Teil der Trägeralm und im Langen Trog. *Cirsium spinosissimum, Aconitum tauricum* und Hochstaudenelemente wie *Solidago virgaurea, Geranium sylvaticum, Rumex alpestris* und *Peucedanum*

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

*ostruthium* sind die wesentlichsten Gesellschaftselemente. Die Weidengebüsche bestehen vor allem aus *Salix foetida, Salix alpina, Salix glaucosericea* und *Adenostyles alliariae.*

**Poetum, Deschampsietum, Almweiden**

Die Almvegetation nimmt einen großen Teil der Vegetationsflächen ein. Um das Glocknerhaus, aber auch in Richtung Trägèralm, werden flachere bis mäßig geneigte Hänge und Muldenlagen von ihr bevorzugt. In den tieferen Lagen treten die Gesellschaften mit dem Festucetum pseudodurae und den Seslerieten, in den höheren mit dem Curvuletum in Kontakt. Zahlreiche Übergänge zwischen einzelnen Gesellschaften erschweren die genaue Abtrennung. Die Deschampsieten stocken auf feuchtem Substrat und werden im wesentlichen von *Deschampsia cespitosa, Nardus stricta, Festuca rubra, Phleum alpinum* und *Trifolium pratense* gebildet. Das Poetum dagegen beschränkt sich auf die weniger feuchten Hanglagen. *Poa alpina, Anthoxanthum alpinum, Ranunculus montanus, Lotus corniculatus, Myosotis alpestris* und *Gentiana verna* kennzeichnen diese Weideflächen.

**Loiseleurietum** (Gemsheideteppich)

Extrem windexponierte Kuppen, die typischen Standorte des Loiseleurietums, treten im Gebiet nur selten auf. Daher ist diese Gesellschaft lediglich an wenigen Stellen gut entwickelt, wie z. B. südlich des Hahnlsteins oder auf dem Südabhang der Grafenthalalpe, die ausgedehntere Bestände tragen. Außer *Loiseleuria* bauen vor allem *Pulsatilla alba, Avenochloa versicolor* und *Oreochloa disticha* die Gesellschaft auf. Zahlreiche wind- und trockenresistente Flechten stellen ein besonderes Charakteristikum dieses Biotops dar.

**Salicetum herbaceae** (Schneeböden)

Die reine Schneebodenvegetation ist in höheren Lagen weit verbreitet, in tieferen jedoch auf Muldenlagen beschränkt. Die Bestände sind durch eine geringe Artenzahl und eine ausgeprägte Moosschicht gekennzeichnet. *Soldanella pusilla, Salix herbacea, Sibbaldia procumbens, Luzula alpinopilosa* und *Polytrichum norvegicum* dominieren.

## VISUELLE AUSWERTUNG DES FARB-INFRAROT-LUFTBILDES

Vegetationskartographie wird schon seit längerer Zeit mit Hilfe von Schwarz-Weiß-Luftbildern durchgeführt (KRAUSE, 1955), die für viele Fragestellungen wie Waldbestandsaufnahme, Gletschererfassung, Feststellung von Bewirtschaftungsformen und Raumplanung auch durchaus ausreichend sind. Der Farb-Infrarot-Film aber, der auch zu dieser Untersuchung herangezogen wurde, erschließt weitere, diffizilere Anwendungs-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

bereiche. Insbesondere ermöglichen der erweiterte spektrale Empfindlichkeitsbereich und die daraus folgende farbliche Differenzierung eine exaktere Erfassung von Vegetationseinheiten. Eine Problematik, die hier nicht weiter diskutiert werden soll, liegt dabei jedoch in den phänologischen Veränderungen der Vegetation.

Typische Bereiche jeder Assoziation bzw. Assoziationsgruppe dienen als Musterflächen für die Identifizierung. Die im vorliegenden Projekt verwendeten Musterflächen unterscheiden sich im Luftbild durch folgende Merkmale, die zur Erstellung eines Identifikationsschlüssels herangezogen wurden (Abb. 2, in Anlehnung an HAEFNER, 1963):

Farbe: Es kommen Farbnuancen von Rot und Braun über Rosa, Braungrün, Dunkelgrün bis Blaugrün vor. Kräuterreiche Vegetationseinheiten wie Blaugrasrasen und Hochstauden sind durch rötliche Farbtöne gekennzeichnet, Bestände mit immergrünen hartlaubigen Pflanzen und ausdauernden Horstgräsern (Loiseleurietum, Curvuletum) liegen im blaugrünen Bereich, Schneebodenvegetation erscheint dunkelgrün. Poetum und Deschampsietum sind durch ihre Rosafärbung erkennbar.

Textur: Ihre Verwendbarkeit als Identifikationsparameter ist oberhalb der Waldgrenze beschränkt. Es wird dennoch versucht, Flächen verschiedener Textur zu unterscheiden.

Fehlende Textur: Schneeböden, Loiseleurietum. Fehlende Textur, mit „Weidegangeln": Poetum, Deschampsietum, Festucetum pseudodurae. Fleckige Textur: Curvuletum, Festucetum. Unregelmäßige ovale bis kreisförmige Textur: Hochstauden, Aconitum-Gesellschaften, Cirsieten und Weidengebüsche.

Stereoeffekt: Dieser ist allgemein gering ausgeprägt.

Fehlender Stereoeffekt: Loiseleurietum, Deschampsietum, Poetum, Curvuletum, Schneeböden. Undeutlicher Stereoeffekt: Seslerio-Semperviretum. Schwacher Stereoeffekt: Hochstauden, Aconitum-Gesellschaften, Weidengebüsche.

Bestandesstruktur: Durch sie sind Pflanzengesellschaften zu unterscheiden, die in ihrer gesamten Ausdehnung eine einheitliche Struktur aufweisen, wie Schneeböden, Hochstauden u. ä., und die daher klar abzugrenzen sind, und solche, die Übergänge zu anderen Einheiten aufweisen. Die dabei auftretenden mosaikartigen Durchdringungen verhindern das Erkennen exakter Grenzen.

In der stark gegliederten Landschaft oberhalb der Baumgrenze ergeben sich folgende Identifizierungsprobleme:

a) Steile Hanglagen führen zu unterschiedlicher Beleuchtung und daher zu einer farblichen und strukturellen Veränderung sowie zu einer Erhöhung bzw. Verminderung der Strahlungsintensität.

| | PFLANZENGESELLSCHAFTEN | FARBE | TEXTUR | STEREO-EFFEKT | BESTANDES-STRUKTUR | BEMERKUNGEN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SESLERIO-SEMPERVIRETUM | hellrot | fleckig | undeutlich | einheitlich, gute Abgrenzung | Hanglage, offene Vegetation |
| 2 | FESTUCETUM PSEUDODURAE | bräunlich-grün | fleckig | fehlend | fließende Überg. Mosaikkomplex | Hang- u. Kuppenlage "Weidegangl" |
| 3 | CARICETUM CURVULAE | dunkel-blaugrün | fleckig | fehlend | fließende Überg. Mosaikkomplex | Hang- u. Kuppenlage "Weidegangl" |
| 4 | LOISELEURIETUM | blaugrün | fehlend | fehlend | einheitlich, gute Abgrenzung | Kuppenlagen |
| 5 | SALICETUM HERBACEAE | dunkelgrün | fehlend | fehlend | einheitlich, gute Abgrenzung | Muldenlagen Schneereste |
| 6 | HOCHSTAUDEN, ACONITUM Ges. | braunrot | unregelmäßig oval-rund | schwach | einheitlich, gute Abgrenzung | Mulden, Verebnungen Wasseraustritte, Hänge |
| 7 | POETUM, DESCHAMPSIETUM | rosa | fehlend | fehlend | fließende Überg. Mosaikkomplex | Mulden, Verebnungen "Weidegangl" |

Abb. 2: Identifikationsschlüssel zur Erkennung von Vegetationseinheiten auf dem Farb-Infrarot-Luftbild.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

b) Häufiges Auftreten von Hangschatten bei stark geneigten Flächen macht jede Identifizierung unmöglich. Solche Flächen werden daher nicht berücksichtigt.

c) Randbereiche des Luftbildes weisen Veränderungen der einzelnen Identifizierungskomponenten auf und werden daher nicht berücksichtigt.

Auf die Problematik der Festsetzung der Vegetationsgrenzen wurde bereits hingewiesen. Mosaikartige Durchdringungskomplexe werden auch bei der Feldarbeit schon subjektiv bewertet. Eine Hilfe zur Objektivierung kann dabei die Dominanz einzelner Arten sein. Gerade die Komplexe Poetum–Curvuletum oder Poetum–Festucetum spiegeln diese Schwierigkeiten wider, wobei natürlich auch bei der Interpretation des Luftbildes diese Frage von neuem auftritt. Die quantitative densitometrische Ausmessung bietet eine weitere Möglichkeit zur Objektivierung.

Das Ergebnis einer visuellen Auswertung des Luftbildes ist in Abb. 3 wiedergegeben (zugehörige Legende auf dieser Seite unten).

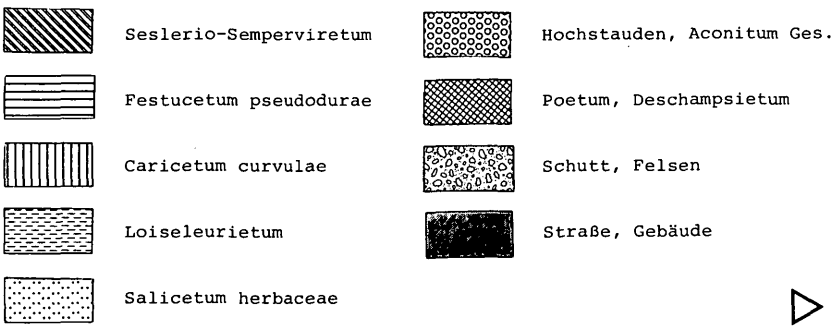
Neben der reinen Erfassung der Vegetationseinheiten können weitere Interpretationen für angewandte Fragestellungen durchgeführt werden:

a) Beeinflussung der Vegetation durch bestehende Bauwerke: Am Glocknerhaus als Fremdenverkehrsbetrieb kommt es zu beträchtlicher Abgabe von Abwässern, die, geklärt, unterhalb des Hauses auf der anderen Straßenseite abfließen und dabei die typische hochstaudenartige Vegetation hervorrufen, die als trichterförmige Anordnung klar ersichtlich ist.

b) Touristik und Almwirtschaft führen zu weiteren sehr typischen Veränderungen sowohl in der Textur als auch in der Ausdehnung der einzelnen Flächen. Wege durchschneiden geschlossene Vegetationseinheiten, wobei die Trittflächen vegetationslos und daher im Luftbild hellblau sind. Die Beweidung führt zum zahlreichen Auftreten von „Weidegangeln", die den einzelnen Vegetationsflächen ein signifikantes Gepräge geben.

---

Legende zu Abb. 3:



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

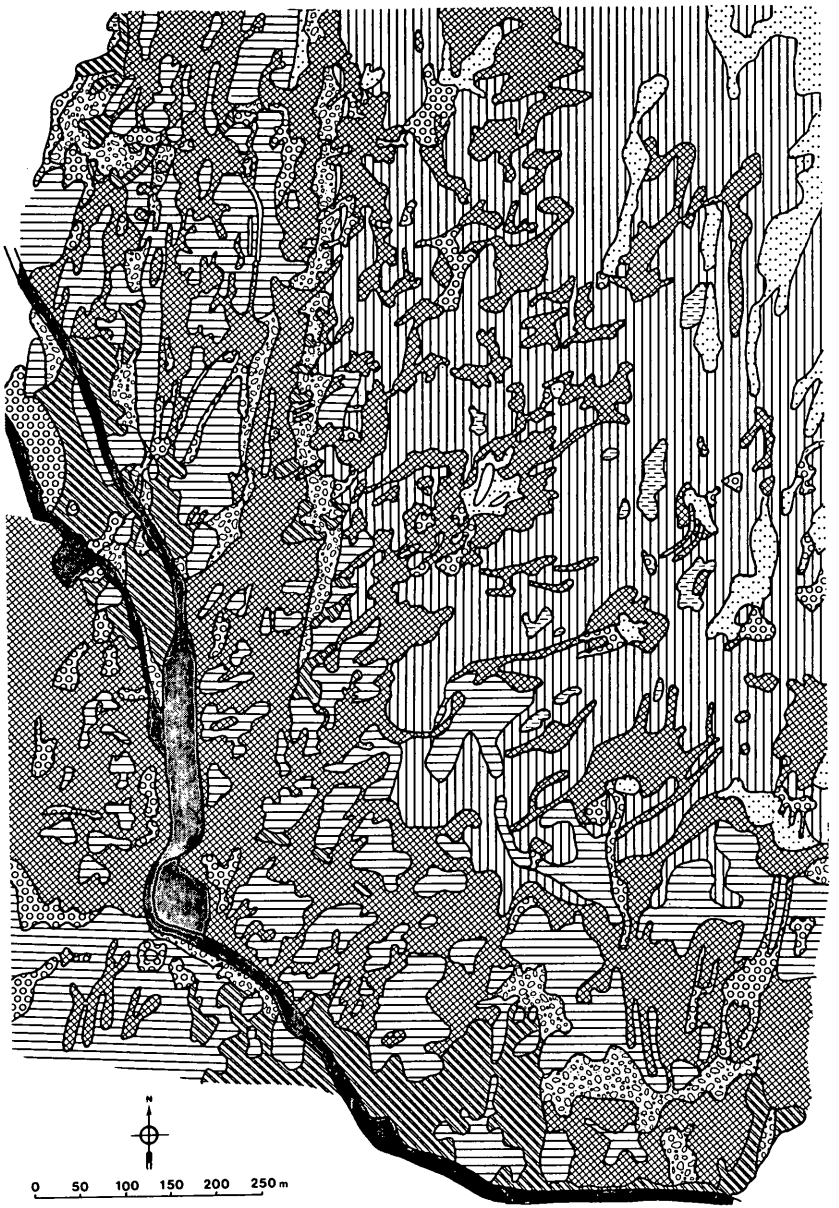



Abb. 3: Thematische Karte der Vegetation des Untersuchungsgebietes als Ergebnis visueller Auswertung eines Farb-Infrarot-Luftbildpaares (Orthophoto).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

c) Die Begradigung der Straße nördlich des Parkplatzes ist ebenfalls erkennbar. Die neubesiedelten Flächen oberhalb der Straße, mit Seslerietum bedeckt, zeigen eine scharfe, geradlinige Abgrenzung gegen die unbeeinflußten Flächen. Unterhalb der Straße ist die Vegetationsdecke noch nicht geschlossen und zeigt eine ähnliche Struktur wie die Bergschuttflächen im Langen Trog (Aufschüttung der Straßenböschung).

Gerade diese anthropogenen Veränderungen und ihre zeitliche Dynamik können durch regelmäßige Befliegungen genau erfaßt und kontrolliert werden.

## RECHNERGESTÜTZTE AUSWERTUNG DES FARB-INFRAROT-LUFTBILDES

Die thematische Auswertung von Farb-Infrarot-Luftbildern zur Herstellung von Vegetationskarten kann durch Farbmessungen an den Luftbildern und durch automatische Klassifikationsverfahren objektiviert werden.

Nach der Methode der „überwachten Klassifikation" („supervised classification") muß zunächst Information über die Vegetationseinheiten einer repräsentativen Auswahl von Probeflächen („Eich-Probeflächen") vorliegen. Die Farbmeßwerte dieser Probeflächen auf dem Luftbild werden rechnerisch auf gesetzmäßige Zusammenhänge mit der jeweiligen Vegetationseinheit (bzw. Gruppe von Vegetationseinheiten) untersucht. Wenn deutliche Unterschiede der Farbmeßwerte verschiedener Vegetationseinheiten erkennbar sind, kann eine Rechenvorschrift entwickelt werden, welche die Bestimmung der Vegetationseinheit aus den Farbmeßwerten gestattet. Damit können schließlich Farbmeßwerte von rasterförmig über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilten Meßstellen klassifiziert werden, so daß als Endergebnis eine thematische Karte der Vegetation hergestellt werden kann.

Im vorliegenden Projekt wurde eine automatische Vegetationskartierung nach folgenden Verfahrensschritten durchgeführt:

a) Auswahl von Eich-Probeflächen: Es wurden etwa 70 repräsentative, über das Untersuchungsgebiet verteilte Probeflächen mit bekannter Vegetationskategorie (Vegetationseinheit bzw. Gruppe von Vegetationseinheiten) durch visuelle Interpretation auf dem Luftbild lokalisiert. Die Bildkoordinaten dieser Eich-Probeflächen wurden ausgemessen und digital abgespeichert.

b) Digitalisierung des Luftbildes: Ein Ausschnitt der Größe 18 cm×12 cm des Original-Farb-Diapositivs wurde mit Hilfe des Trommelabtasters Optronics Colormation digitalisiert. Das dabei entstehende Digitalbild besteht aus den als Zahlenwerte abgespeicherten Farbdichten (rot, grün, blau) von Bildelementen der Größe 100 $\mu$m×100 $\mu$m, die in

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

einem lückenlosen quadratischen Raster angeordnet sind. Bei einem durchschnittlichen Bildmaßstab von 1:7000 stellen die einzelnen Bildelemente Geländeflächenelemente der Größe 70 cm×70 cm dar.

c) Selektion der Farbmeßwerte der Eich-Probeflächen, Berechnung der Parameter ihrer statistischen Verteilungen im Farbraum: Aus den Digitalbilddaten wurden die den Eich-Probeflächen zugehörigen Farbdichtewerte ausgewählt. Unter der Annahme von Normalverteilungen für die Farbdichtewerte jeder Vegetationskategorie wurden die Parameter dieser Verteilungen berechnet. Abb. 4 zeigt die Ein-Sigma-Grenzen der Normalverteilungen der Vegetationskategorien in einem Farbraum Rot–Blau. Die Kategorien erscheinen im allgemeinen gut getrennt. Schwierigkeiten bei der Identifizierung auf Grund der Farbdichtewerte sind nach Abb. 4 für Loiseleurietum (4) und Çaricetum curvulae (3) zu erwarten. Beide Gesellschaften liegen auf windexponierten Kuppen, wobei das Curvuletum eher die geschützteren Positionen einnimmt. Die Gemsheide wandert aber vom reinen Loiseleurietum in dieses cetrarienreiche Curvuletum ein. Daher sind enge Beziehungen zwischen diesen beiden Pflanzengesellschaften gegeben, was ihre farbliche Ähnlichkeit auf dem Infrarot-Bild verständlich macht.

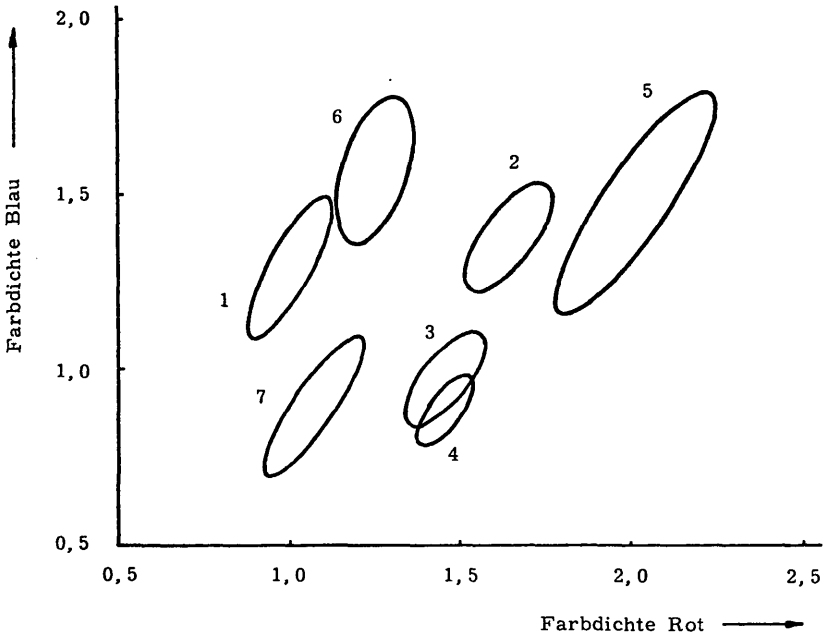



Abb. 4: Lage der Ein-Sigma-Grenzen der Normalverteilungen der Vegetationskategorien (Abb. 2 und 5) im Farbraum Rot-Blau. Die Zahlen (1–7) entsprechen denen der Vegetationseinheiten auf Abb. 2 und 5.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

d) Klassifikation sämtlicher Bildelemente nach der Maximum-Likelihood-Methode: Für jedes Bildelement des zu klassifizierenden Bildausschnittes wurden auf Grund der drei Farbdichtewerte Rot, Grün und Blau die Wahrscheinlichkeiten berechnet, daß das Bildelement den einzelnen Vegetationskategorien angehört. Jedes Bildelement wurde schließlich jener Kategorie zugeschlagen, für welche die Zugehörigkeitswahrscheinlichkeit ein Maximum darstellt (siehe z. B. KRAUS, 1979). Bei Unterschreitung einer gewissen Mindestwahrscheinlichkeit für sämtliche Kategorien wurde das Bildelement einer „Zurückweisungsklasse" zugeteilt. Dieser Fall trat insbesondere bei Schneeflecken, Straßenoberflächen, Gebäuden, aber auch bei Schattenbereichen ein. Die mit diesem Verfahren erreichbare Trennschärfe zwischen den Vegetationskategorien sei durch das in Abb. 5 wiedergegebene Klassifikationsresultat von Bildelementen der Eich-Probeflächen illustriert. Im allgemeinen werden zwischen 80 Prozent und 100 Prozent dieser Bildelemente richtig eingestuft. Die Verwechslungsgefahr ist – in Übereinstimmung mit der in Abb. 4 gezeigten Lage der Verteilungen im Farbraum – für die Vegetationseinheiten Caricetum curvulae (3) und Loiseleurietum (4) am größten.

Bei Hinzunahme der dritten Dimension des Farbraumes wird die Trennbarkeit noch etwas verbessert, ohne daß sich an den relativen Abstandsverhältnissen zwischen den Kategorien Wesentliches ändert.

Das Ergebnis dieser Klassifikation wurde mit dem Trommelabtaster, der auch zur Erzeugung von Bildern aus digitalen Daten eingesetzt werden kann, in farbkodierter Form dargestellt. Auf den Klassifikationsvorgang konnte durch zweierlei Maßnahmen Einfluß genommen werden: Einerseits war es möglich, durch Weglassen oder Hinzufügen von Eich-Probeflächen die statistischen Verteilungen (Abb. 4) zu ändern, anderseits konnten die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Vegetationskategorien mit Gewichten versehen und damit die Grenzen zwischen den Kategorien verschoben werden. In einem iterativen Prozeß wurde von diesen Einflußmöglichkeiten Gebrauch gemacht, bis im Bereich aller Eich-Probeflächen eine zufriedenstellende Klassifizierung erreicht war.

e) Glättung, Entzerrung und farbkodierte Darstellung des Klassifikationsergebnisses: Die automatische Klassifikation nach Schritt d) liefert bei bildlicher Darstellung ein Resultat, das noch nicht unmittelbar mit einer konventionellen Vegetationskarte vergleichbar ist: Homogene Vegetationsflächen sind im allgemeinen noch von einzelnen fehlklassifizierten Bildelementen durchsetzt, die durch verschiedene Einflüsse (Schatten, Felsblöcke, Weidegangeln usw.) der Zurückweisungsklasse oder einer falschen Vegetationskategorie zugeordnet sind. Die Grenzen zwischen benachbarten Gesellschaften erscheinen oft unscharf – es ist, in Übereinstimmung mit den Verhältnissen in der Natur, ein allmählicher Übergang von einem Vorherrschen von Bildelementen der einen Kategorie zu einem Überwiegen von Bildelementen der anderen Kategorie gegeben. Die in

| Vegetationskategorie | Vom Rechner klassifiziert als Kategorie | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | in % der untersuchten Probeflächen | | | | | | |
| 1 Seslerio-Semperviretum | 83,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 0,0 |
| 2 Festucetum pseudodurae | 0,0 | 89,2 | 5,4 | 0,0 | 5,4 | 0,0 | 0,0 |
| 3 Caricetum curvulae | 0,0 | 2,6 | 71,1 | 21,1 | 5,3 | 0,0 | 0,0 |
| 4 Loiseleurietum | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 66,6 | 16,7 | 0,0 | 0,0 |
| 5 Salicetum herbaceae | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6 Hochstauden, Aconitum Ges. | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 86,2 | 10,3 |
| 7 Poetum, Deschampsietum | 0,0 | 0,0 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | 2,6 | 94,7 |

Abb. 5: Klassifikationsresultat von Bildelementen der Eich-Probeflächen.



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

thematischen Karten übliche Generalisierung kann jedoch durch digitales „Glätten" des Klassifikationsergebnisses erreicht werden. Im vorliegenden Fall wurde zu diesem Zweck jedes Bildelement der in einer gewissen Umgebung des Bildelements vorherrschenden Kategorie zugeordnet.

Das geglättete Klassifikationsergebnis wurde unter Verwendung eines digitalen Geländehöhenmodells digital entzerrt und in farbkodierter Form dargestellt (Abb. 6). Die geometrische Lagegenauigkeit auf dieser thematischen Karte ist von der Größenordnung einiger Meter im Gelände.

Gegenwärtig wird an Verfeinerungen dieser automatischen Klassifikationsmethode gearbeitet, wobei Texturinformation, sichtwinkelabhängige Reflexionseigenschaften der Vegetation (SCHNEIDER und LANTSCHNER, 1980) und topographische Daten bei der Klassifikation mitverwendet werden.

Die Vorteile der automatischen, auf Farbmessungen auf dem Luftbild beruhenden Klassifikation liegen vor allem in der Reproduzierbarkeit und Objektivität des Resultats. Sind gewisse radiometrische Parameter des Luftbildes (einschließlich Kenngrößen der Filmemulsion) und des Klassifizierungsalgorithmus sowie die botanischen Daten von Eich-Probeflächen gegeben, so führt die Klassifikation zu einem eindeutigen, reproduzierbaren Ergebnis. Damit erscheint es auch möglich, in größeren Zeitabständen aufgenommene Luftbilder quantitativ zu vergleichen und zeitliche Veränderungen der Vegetation (ökologische Verschiebungen z. B. als Folge anthropogener Einflüsse) zu dokumentieren. In diesem Zusammenhang auftretende Probleme der Phänologie bei verschiedenen Aufnahmezeitpunkten sowie der Definition und Messung radiometrischer Luftbild-Parameter bedürfen teilweise noch eingehenderer Untersuchungen.

Auch das Ergebnis der automatischen Auswertung beruht letzten Endes auf der Arbeit des Vegetationskundlers, der durch die Analyse von punktuell oder linienhaft verteilten Eich-Probeflächen und Vorgabe von Klassifizierungskenngrößen den Auswertevorgang steuert. Das automatische Verfahren befreit den Botaniker jedoch von der ermüdenden Routinearbeit der flächenhaften und lagegenauen Kartierung und ersetzt die dabei unvermeidlichen subjektiven Momente durch objektive, jederzeit nachvollziehbare Auswerteschritte.

---

Legende zu Abb. 6:

Farbkodierung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| rot | Seslerio-Semperviretum | dunkelblau | Salicetum herbaceae |
| gelb | Festucetum pseudodurae | blaugrün | Hochstauden, Aconitum-Gesellschaft |
| violett | Caricetum curvulae | grün | Poetum, Deschampsietum |
| braun | Loiseleurietum | schwarz | unklassifizierte Flächen |

Die hochstaudenreichen Abflüsse unter dem Glocknerhaus konnten spektral noch nicht getrennt werden und sind daher in der Farbe des Seslerio-Semperviretums.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

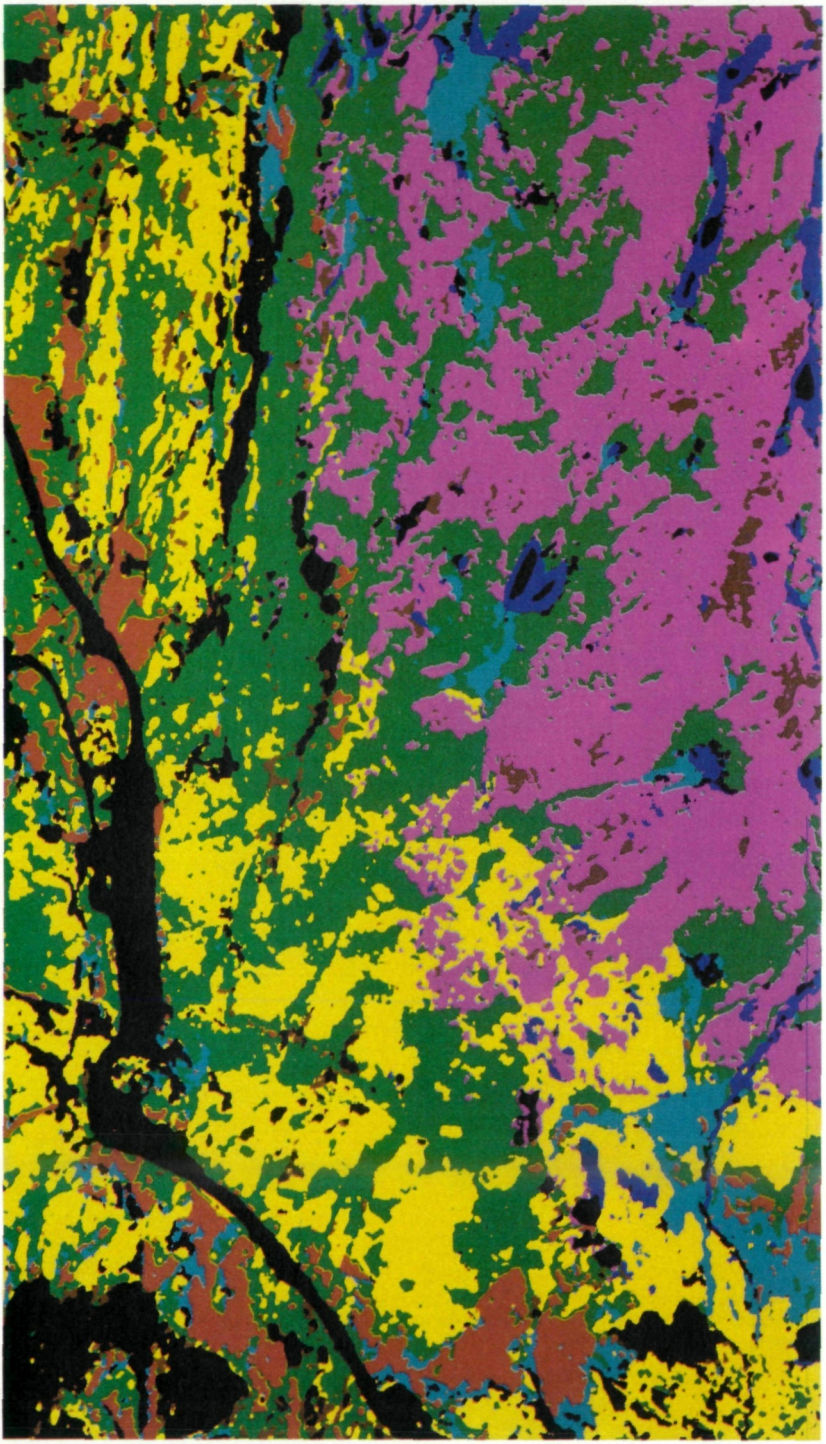



Abb. 6 Thematische Karte der Vegetation des Untersuchungsgebietes als Ergebnis automatischer multispektraler Klassifizierung eines digitalisierten Farb-Infrarot-Luftbildes.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

## LITERATUR

FRIEDEL, H. (1956): Die alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Erläuterungen zur Vegetationskarte der Umgebung der Pasterze (Großglockner). – Wissenschaftliche Alpenvereinshefte 16, 153 Seiten, 12 Tafeln, 2 Karten, 27 Tabellen, Wagner, Innsbruck.

GAMS, H. (1936): Beiträge zur Pflanzengeographischen Karte Österreichs. I. Die Vegetation des Großglocknergebietes. – Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 16/2, 79 Seiten, 1 Karte.

HAEFNER, H. (1963): Vegetation und Wirtschaft der oberen subalpinen und alpinen Stufe im Luftbild. – Landeskundliche Luftbildauswertung im mitteleuropäischen Raum 6, 117 Seiten, Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.

HOFBAUER, M. (1977): Vegetationskartierung im Glocknergebiet als Grundlage für die Auswertung von Falschfarbenbildern. – Unveröff. Dissertation Universität Salzburg, 132 Seiten, 1 Karte, 2 Tabellen.

KRAUS, K. (1979): Zur Theorie der Klassifizierung multispektraler Bilder. – Bildmessung und Luftbildwesen 47/4:119–128.

KRAUSE, W. (1955): Pflanzensoziologische Luftbildauswertung. – Angewandte Pflanzensoziologie 10, 60 Seiten, Stolzenau/Weser.

SCHNEIDER, W., und A. LANTSCHNER (1980): Object-dependent spatial variations of spectral signatures on infrared colour aerial photographs. – Int. Arch. of Photogramm. XXIII/B8:819–828.

STOLITZKA, G. (1977): MaB-Projekt Großglockner: Erstellung der kartographischen Grundlagen und Datenerfassung für Bildinterpretation. – Sitzungsber. der Österr. Akademie der Wissenschaften, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 186/1–3:119–122.

Anschrift der Verfasser: Dr. Paul HEISELMAYER, Institut für Botanik, Universität Salzburg, Freisaalweg 16, 5020 Salzburg; Dr. Werner SCHNEIDER und Dipl.-Ing. Hubert PLANK, Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 172_92

Autor(en)/Author(s): Heiselmayer Paul, Plank Hubert, Schneider Werner

Artikel/Article: Vegetationskundliche Luftbildauswertung am Beispiel der Umgebung des Glocknerhauses (Mit 6 Abbildungen) 225-240