

PHYSISCHE GEOGRAPHIE UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE

LANDNUTZUNGSANALYSE AUFGRUND EINER FARBINFRAROT-ORTHOPIHOTOKARTE

Erläuterungen zur Erstellung und zur interpretativen Analyse einer neuartigen
Luftbildkarte der Glockner- und Schobergruppe im Nationalpark Hohe Tauern

Martin SEGER, Klagenfurt*

mit 6 Abb., 1 Tab. und 1 losen Faldkarte

INHALT

1.	Zielsetzung und Grundlagen	6
1.1.	Zielsetzung	6
1.2.	Herkunft des Bildmaterials	6
1.3.	Merkmale der Farbinfrarot-Orthophotokarte	6
2.	Der Farbinfrarotfilm und die objektspezifische Farbbildung	9
2.1.	Merkmale des Farbinfrarot-Umkehrfilmes	9
2.2.	Objektspezifische Reflexionsmerkmale und Einflüsse der Beleuchtung ...	10
3.	Die Farbinfrarot-Orthophotokarte als technisches Produkt	13
3.1.	Das Orthophoto	13
3.2.	Die Entstehung des Bildmosaiks	14
4.	Theoretische Aspekte der visuellen Bildanalyse	16
4.1.	Ziele und Schritte der Bildinterpretation	16
4.2.	Exkurs in die Wahrnehmungspsychologie	17
4.3.	Interpretationsschlüssel und das Paradigma der Bildinterpretation	19
5.	Ein Interpretationsbeispiel: Analyse der Landesnatur zu beiden Seiten des Mölltales im Hinblick auf die Abgrenzung des Nationalparks ..	22
5.1.	Beispiel der Auflistung von Objektklassen zur Beschreibung der Landesnatur	23
5.2.	Schlüssel zur Bestimmung von Objektklassen der Landesnatur	23
6.	Zusammenfassung	25
7.	Literaturverzeichnis	25
8.	Summary	26

* O.Univ.-Prof. Dr. Martin Seger, Institut für Geographie der Universität für
Bildungswissenschaften Klagenfurt, A-9022 Klagenfurt, Universitätsstraße 65-67

1. ZIELSETZUNG UND GRUNDLAGEN

1.1. Zielsetzung

Mit diesem Beitrag wird ein neuartiges Kartenprodukt vorgestellt, eine Farbinfrarot-Orthophotokarte der Kärntner Nationalparkregion im Maßstab 1:40 000.¹⁾ Die Karte ist ein zum Teil digital erstelltes Mosaik aus 29 einzelnen Orthophotos und zählt zum Bereich der Landinformation mittels Fernerkundung. Hauptzweck der Karte ist es, detaillierte raumbezogene Informationen über jene Inhaltsklassen und Strukturen der Landoberfläche bereitzuhalten, die in topographischen Karten nicht oder nur teilweise enthalten sind. Diese Informationen reichen vom abiotischen Bereich (Geologie, Geomorphologie) über die naturnahe Vegetationsbedeckung bis zu Fragen der Landnutzung und des Siedlungswesens. Die Karte dient wissenschaftlichen, planerischen und kommunalen Zwecken und ist daneben zur Orientierung im Gelände zu verwenden. Auf die Bedeutung als Dokument des Landschaftszustandes sowie als eindrucksvolles und werbewirksames Bild der Nationalparkregion sei am Rande verwiesen.

Das zur optimalen Kartenbenützung nötige technische und methodologische Wissen wird vorgestellt, es soll zum vertieften Verständnis von Fernerkundungsprodukten beitragen.

1.2. Herkunft des Bildmaterials

Grundlage für die Kartenerstellung sind Farbinfrarot-Orthophotos im Maßstab 1:10 000 und im Blattschnitt der Österreichischen Luftbild-Karte, die für den Gesamtbereich der Hohen Tauern in 148 Blättern vorliegen.²⁾ Diese Orthophotokarten wurden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) und vom Österreichischen Bundesinstitut für Gesundheitswesen (ÖBIG) im Auftrage des (vormaligen) Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz erstellt.³⁾

Die geringe Anzahl der Kartenkopien (es liegen praktisch nur Unikate vor), der für eine regionale Zusammenschau ungünstige Maßstab der Luftbildkarten sowie die nicht nur für Österreich einmalige Situation, über eine große Zahl von zusammengehörigen Farborthophotos zu verfügen, legen die Nutzung dieses Materials im regionalen Maßstab und als Kartendruck nahe. Als Darstellungsgebiet wurde das obere Mölltal in Kärnten gewählt, um diese Nationalparkregion in einem Kartenblatt präsentieren zu können.

1.3. Merkmale der Farbinfrarot-Orthophotokarte

Die in dieser Karte enthaltenen Informationen können mittels der vier *Basisparameter* eines Fernerkundungsbildes (spektrale Eigenschaften, räumliche Auflösung, Zeitaspekt, geometrische Merkmale) abgeschätzt werden:

1. *Spektrale Eigenschaften*: Die Karte gibt die Farbmerkmale des Farbinfrarotfilmes wieder. Sein Hauptmerkmal ist die Darstellung der Vegetationsdecke in verschiedenen Rottönen. Diese Information stammt aus dem Spektralbereich des "Nahen Infrarot", welches den Wellenlängen des sichtbaren Lichtes benachbart ist (vgl. Ausführungen weiter unten). Das Nahe Infrarot mit einer Wellenlänge um $1 \mu\text{m}$ darf nicht mit dem Thermischen Infrarot, welches bei einer Wellenlänge um $10 \mu\text{m}$ die Wärmeabstrahlung von Objekten erfassen kann, verwechselt werden.
2. *Räumliche Auflösung*: Die Grenze der räumlichen Auflösung ist durch den Druckraster der Karte gegeben. Zum Teil in Abhängigkeit von Kontrastercheinungen sind alle Einzelhäuser sowie Baumgruppen bis Einzelbäume und Objekte ähnlicher Größe wahrzunehmen. Auch schmale Straßen, zum Teil bis hin zu Fußwegen, können, vielfach erst mit der Lupe, erkannt werden. Durch diese hohe Auflösung unterscheidet sich die Farborthophotokarte auch im Maßstab 1: 40 000 von allen Satellitenbildern, einschließlich des hochauflösenden panchromatischen Kanales des französischen Satellitensystems SPOT.
3. *Zeitaspekt*: Der *Aufnahmezeitpunkt* im Hochsommer (22. und 23. Juli, 15. August) erfaßt eine voll entwickelte Vegetationsdecke in allen Höhenlagen. Die Ausaperung der Schneebedeckung vom vergangenen Winter ist aber noch nicht abgeschlossen, daher sind zahlreiche Schneeflecken, die bis zum Herbst noch verschwinden, sichtbar. Die Befliegung erfolgte in den späten Vormittagsstunden, weil dann ein hoher Sonnenstand gegeben ist, aber noch keine Quellbewölkung, die auch bei Schönwetter für den Hochsommer-Nachmittag im Gebirge typisch ist. Die natürliche Geländebeleuchtung erfolgt daher aus SSO, mit entsprechenden Schattenwurf.

In bezug auf die Differenzierung der Vegetation und auf geologisch-geomorphologische Inhalte ist die *Aktualität* der Karte für viele Jahre gewährleistet, weil diese Landschaftselemente im Rahmen des gegebenen Maßstabes als stabil und räumlich invariant anzusehen sind. Allmähliche Veränderungen im Vergleich zum Aufnahmejahr werden zum Beispiel im Siedlungsbereich sowie im Spaltengefüge und in der Ausdehnung der Gletscher zu beobachten sein. Variable Elemente sind ferner das Gefüge der Schneeflecken wie auch der unterschiedliche Zustand der landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. So wird zum Beispiel die räumliche Verteilung von gemähten und nicht gemähten Wiesen in anderen Jahren zwar tendenziell ähnlich, nie aber gleich wie zum Aufnahmezeitpunkt sein.

4. *Geometrische Merkmale*: So wie die einzelnen Luftbildkarten 1: 10 000, die hier zu einem Mosaik zusammengefügt wurden, entspricht auch die vorliegende Karte der transversalen Merkatorprojektion des Gauß-Krüger-Netzes, der Berührungsmeridian für dieses Gebiet ist M31 (östlich von Ferro). Über seine Koordinaten kann jeder Punkt der Karte mit anderen Kartenwerken in Beziehung gesetzt werden, etwa mit der Basiskarte 1: 5 000 oder mit der neuen Raumordnungs-Grundkarte 1: 20 000.

Merkmalsbereich	topographische Karte	Luftbildkarte
Darstellung des Realraumes	Reduktion der Vielfalt des Realraumes auf eine überschaubare Zahl von Inhaltsklassen und Objekten. Selektive Information	Die Vielfalt des Realraumes wird photoartig detailliert wiedergegeben. Holistische Informationsfülle
Zusatzinformationen	umfangreiche Informationserweiterung, z.B. durch Höhenlinien, Namensgut usw.	sparsames Namensgut, um bildhafte Inhalte nicht zu zerstören
Inhaltsklassen	limitierte und in der Legende definierte Zahl von Objekt-klassen und Landoberflächen-kategorien, ohne saisonalem Aspekt	unbestimmte Zahl von Inhaltsklassen, verschiedenen Interessensbereichen (Fachbereichen) zugehörig, mit saisonalem Aspekt (Aufnahmezeitpunkt)
Generalisierung	räumliche und inhaltliche Generalisierung durch kartographische Tätigkeit	keine Generalisierung, aber Detailverlust durch Druckraster
Erscheinungsbild	klare und übersichtliche Kartengestaltung, die auf optimale visuelle Wahrnehmbarkeit ausgerichtet ist. Technische Beleuchtung (NW)	vielfarbiges Halbtonbild mit z.T. kleinräumigem Wechsel von Farb- und Tonwerten (Textur, Einzelobjekte). Natürliche Beleuchtung (S, SO)
Lesbarkeit, Informationsextraktion	Inhaltskategorien liegen klassifiziert und eindeutig vor (Farben, Signaturen, Symbole)	Inhaltskategorien werden zwar durch Interpretationsschlüssel erklärt, eine Erschließung von Detailinformationen muß aber durch intensive Interpretationstätigkeit erfolgen

Tabelle 1: Unterschiede zwischen topographischer Karte und Luftbildkarte

Warum eine Luftbildkarte meist schwerer zu lesen ist als eine herkömmliche Karte, wird aus dem Vergleich mit der topographischen Karte ersichtlich. Dabei wird deutlich, daß die Luftbildkarte ungleich mehr Informationen bereithält. Diese müssen aber erst durch Lese- und Interpretationsregeln (Legende, Interpretationsschlüssel) zu Objektklassen zusammengefaßt und bei der Bildanalyse erkannt werden. Die Unterschiede zwischen topographischer Karte und Luftbildkarte sind in nebenstehender Tabelle 1 aufgelistet.

2. DER FARBINFRAROTFILM UND DIE OBJEKTSPEZIFISCHE FARBBILDUNG

2.1. Merkmale des Farbinfrarot-Umkehrfilmes

Der Farbinfrarotfilm hat überall dort weite Verbreitung erlangt, wo eine möglichst deutliche Differenzierung der Vegetationsbedeckung angestrebt wird. Das trifft auch auf den Hochgebirgsraum mit seinen vielfältigen Vegetations- und Nutzungstypen zu. Die farbliche Differenzierung verschieden dichter und unterschiedlich vitaler Vegetation kommt dadurch zustande, daß die starke Reflexion des einfallenden Lichtes durch lebende Pflanzenbestände, die im Spektralbereich des Nahen Infrarot ($0,7 - 1,0 \mu\text{m}$) gegeben ist, genützt wird. Dazu ist es notwendig, daß das Filmmaterial auch in diesem Wellenlängenbereich photochemisch sensibel ist. Das trifft auf den Infrarotfilm zu, dessen eine Farbschicht, die Cyan-bildende Schicht (blaugrün), auch zwischen $0,7$ und $0,9 \mu\text{m}$ empfindlich ist. Der Farbinfrarotfilm enthält wie der herkömmliche Farbdiafilm drei farbbildende Schichten, im Gegensatz zu diesem ist aber die Empfindlichkeit in Richtung längenwelliger Strahl verschoben und der Bereich des blauen Lichtes wird durch einen Gelbfilter (z.B. Kodak Wratten 25) ausgeschaltet. Dies und den spektralen Bereich der Empfindlichkeit der drei farbbildenden Schichten zeigt Abbildung 1.

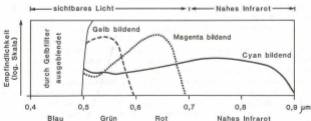


Abb. 1: Die spektrale Empfindlichkeit der Farbschichten des Infrarotfilmes (Kodak Aerochrome 2443)

Bei der Belichtung des Filmes im Zuge der photographischen Aufnahme wird - räumlich begrenzt und der Gestalt der abzubildenden Objekte entsprechend - jene Farbschicht sensibilisiert (photochemisch verändert), die dem spektralen Reflexionsbereich (der "Farbe") des abgebildeten Objektes entspricht (vgl. Abb. 2). Grüne Objekte zum Beispiel sensibilisieren die Gelb bildende Schicht, während die beiden anderen Filmschichten, weil in diesem Bereich nicht empfindlich, unverändert bleiben. Im Verlaufe der nachfolgenden Filmentwicklung wird die Farbschicht jeweils dort aufgelöst und ausgewaschen, wo diese Sensibilisierung stattgefunden hat. Ein rotes Objekt etwa erzeugt ein entsprechendes Abbild als "Loch" in der Magenta bildenden Schicht, während die Farben Gelb und Cyan erhalten bleiben. Im Durchlicht betrachtet, zeigt das entwickelte Farbdiapositiv daher das betreffende Objekt als Mischfarbe aus Gelb und Cyan: das rote Objekt erscheint im Farbinfrarotbild grün.

Wie Abbildung 2 zeigt, erscheinen im Infrarotbild sowohl schwarze wie auch blaue Objekte als Schwarz, und rote Gegenstände werden Grün dargestellt. Weiße Objekte bleiben farblos-transparent, weil hier alle drei Farbschichten belichtet und aufgelöst wurden. Bei anderen Reflexionseigenschaften können diverse Mischfarben entstehen, aber auch nach der Farbtintensität und der Farbsättigung kann der Farbeindruck im Diapositiv variieren, wie dies ja das Kartenbild zeigt.

2.2. Objektspezifische Reflexionsmerkmale und Einflüsse der Beleuchtung

Wichtig für das Verständnis dafür, wie die Farben der Karte zustandekommen, ist das Reflexionsverhalten verschiedener Oberflächen in den unterschiedlichen Spektralbereichen, weil sich daraus ein Schlüssel zur Dechiffrierung der Farbwerte in der Infrarot-Karte festlegen läßt.

Die spektralen Signaturen einiger Oberflächenklassen sind als charakteristische *Reflexionskurven* in Abbildung 3 festgehalten. Man beachte, daß die Reflexions- oder Albedowerte auf einer logarithmischen Skala aufgetragen sind. Hohe Reflexionswerte in den Spektralbereichen aller drei Farbschichten, wie zum Beispiel von Schnee und Eis, bedingen im Infrarotbild wie auch im Kartendruck eine Darstellung in Weiß. Niedrige Reflexionswerte, wie zum Beispiel von klaren Gewässern, erzeugen eine Abbildung in Schwarz. Trübe stehende Gewässer, wie die von Gletscherabflüssen genährten Seen und Speicher, werden in Blau dargestellt. Das ist auch aus der Reflexionskurve abzulesen. Die auffälligsten Reflexionsunterschiede bestehen, wie bereits bekannt, bei vitaler Vegetation. Die Dominanz der Reflexion im Nahen Infrarot erzeugt rote Farbtöne. Sie sind bei spärlich deckender Vegetation fahl rot bis gelblich, bei Nadelwald rotbraun, zuweilen mit hohem Schwarzanteil. Hier spielt auch der Schattenwurf beleuchteter Baumkronen eine Rolle. Eine mäßige Reflexion in allen drei für die Farbbildung wesentlichen Spektralbereichen führt, so bei offenem Boden und in der Felsregion, zu blaugrauen und graugrünen Farbtönen, wobei feuchte Flächen deutlich dunkler als trockene Flächen erscheinen.

Photoaufnahme mit IR - Film

Objekte a - f mit Reflexion im Bereich:

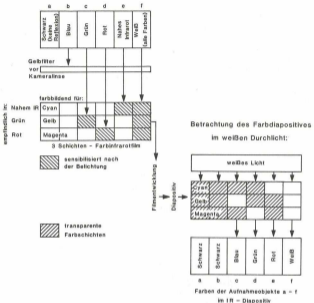


Abb. 2: Entstehung der "falschen" Farben im Infrarot-Farbumkehrfilm (Quelle: CURRAN 1985, verändert)

Das in Abbildung 3 dargestellte Reflexionsverhalten unterschiedlicher Oberflächen bezieht sich auf ebene Flächen. Im Hochgebirgsraum aber kommt es durch die reliefbedingt unterschiedlichen *Beleuchtungsverhältnisse* zu einer mannigfachen Abwandlung dieser Farben. Bei gegebenem Sonnenstand ist die Beleuchtungsintensität eine Funktion der Hangneigung und der Exposition in bezug zu einfallendem Sonnenlicht: Eine definierte Lichtmenge beleuchtet an einem steilen Südhang eine wesentlich kleinere Fläche als an einem Nordhang (GIERLOFF-EMDEN 1989, S. 209 ff.). Die Reflexionskurven sind daher am beleuchteten Hang angehoben, was zu durchwegs helleren Farbtönen führt; am nordwärtigen Hang dagegen analog zur Intensität der Einstrahlung reduziert, woraus

dunklere Farbtöne resultieren. So erscheinen Felspartien auf der Sonnseite mitunter nahezu weiß, während sie im benachbarten Nordhang dunkelblaugrau wiedergegeben werden. Ähnliche Unterschiede sind auch bei der Vegetation zu beobachten. In sehr steilem Gelände treten auch Schlagschatten auf. Diese Gebiete werden nur durch das diffuse Himmelslicht beleuchtet. Die zugehörige Reflexion ist so schwach, daß Schlagschatten schwarz erscheinen. Eine Ausnahme machen nur beschattete Schneefelder (Schobergruppe). Neben dem reliefbedingten Schattenwurf ist auf die *Bedeutung der Schatten* kleiner Objekte und Landschaftselemente zu verweisen. Durch den Schattenwurf werden Objekte an der Grenze der sicheren Identifikation, wie Einzelblume und Gebäude wahrnehmbar, und die Schatten der Baumkronen verleihen dem Hochwald seine typische Feinstruktur. Aber auch geomorphologische Elemente wie Wildbach- und Steinschlagrinnen, Felsrippen, Schuttkegel und Hangformen sind durch den Schattenwurf deutlicher zu erkennen und anzusprechen.

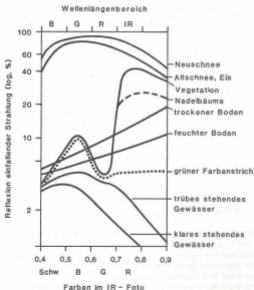


Abb. 3: Oberflächenspezifische Reflexion der einfallenden Strahlung im Bereich zwischen 0,4 und 0,9 μm Wellenlänge (Quelle: HARDY in TOWNSHED)

3. DIE FARBINFRAROT-ORTHOPHOTOKARTE ALS TECHNISCHES PRODUKT

3.1. Das Orthophoto

Luftbilder unterliegen als photographische Produkte der Zentralperspektive. Wie bekannt, erscheinen im Luftbild vertikale Objekte (Bäume, Häuser) mit zunehmender Distanz vom Bildhauptpunkt (Zentrum des Senkrechtluftbildes) radial nach außen gekippt. Ein Baumwipfel etwa wird dabei infolge der zentralperspektivischen Projektion nicht an seinem wahren Standort, sondern randwärts verschoben abgebildet, wobei das Ausmaß der *Bildpunktverschiebung* von der Höhe des Objektes und von dessen Lage im Bild abhängig ist. Es ist leicht verständlich, daß im reliefierten Terrain analoge Verzerrungen der dargestellten Oberfläche im Luftbild enthalten sind. Das Ausmaß der radialen Bildpunktverschiebung nimmt sowohl mit der Geländehöhe als auch mit der Entfernung vom Bildhauptpunkt zu.

Im Gegensatz dazu liegt bei Karten, speziell kleinerer Ausschnitte der Erdoberfläche, eine quasi orthogonale Projektion mit vernachlässigbaren geometrischen Fehlern vor. Dadurch ist es möglich, Distanzen und Flächenmaße aus der Karte mit hinreichender Genauigkeit zu entnehmen. Wenn auch ein Luftbild diesen Kriterien entsprechen soll, dann sind die zentralperspektivisch verzerrten Bildelemente in die Parallelprojektion der Karte überzuführen. Ein derart umgebildetes Luftbild wird als Orthophoto bezeichnet.

Das Problem der *Orthophotoherstellung* wird am Beispiel eines quadratischen Rasters in der Kartenebene erläutert. Die Gitterpunkte dieses Rasters werden im Luftbild in Abhängigkeit von ihren Lagekoordinaten (X , Y -Werte) und von ihrer Geländehöhe (Z -Wert) so verzerrt dargestellt, daß die quadratische Rasterzelle der Karte als unregelmäßiges Viereck abgebildet wird. Die Kante eines Rasterelementes ist dann im Vergleich zu einer Seite des quadratischen Rasters in der Kartenebene räumlich versetzt, verwinkelt (gedreht) und längenmäßig (maßstäblich) verändert. Wenn neben Kameraparametern und Flughöhe die Geländehöhe und die Raumlage der Rasterpunkte bekannt sind (X , Y , Z -Werte), kann die Entzerrung rechnerisch durchgeführt werden.

Das operationelle *Entzerrungsverfahren* erfolgt nach dem Prinzip der differentiellen Umbildung am Gerät Wild Avioplan ORI am Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Dabei wird das Ausgangsluftbild in so schmale Streifen zerlegt, daß für einzelne Streifenstücke (= Rasterseiten, vgl. oben) die Entzerrung berechnet und durch entsprechend lagerichtige Positionierung sowie durch Drehung und Maßstabänderung des Rasterelementes (Streifenstückes) durchgeführt wird. Das entzerrte Rasterelement wird auf einen Film belichtet. Synchron mit der Abtastung des Ausgangsbildes erfolgt die zeilenweise Filmbelichtung, wobei die sich ändernden Entzerrungsparameter kontinuierlich berücksichtigt werden. So entsteht ein umgebildetes Luftbild, das Orthophoto. Die Umbildung erfolgt unter Verwendung eines Digitalen Höhenmodelles (DHM) an einem Prozeßrechner (für Details vgl. KRAUS 1982).

Vor der automatischen Entzerrung wurde das Bildmaterial einer *Kontrastabschwächung* unterworfen. Wie aus der Darstellung des unterschiedlichen Reflexionsverhaltens verschiedener Oberflächen hervorgeht, entstehen im Farbinfrarotbild eines Hochgebirgsraumes überaus kontrastreiche Bilder, die in überstrahlten bzw. unterbelichteten Gelandepartien nur mehr wenige Details erkennen lassen. Durch partielle Filmbelichtung, bei der zu helle Partien kürzer und dunkle Bereiche länger belichtet werden, wird ein neues, nun kontrastabgeschwächtes Bild erzeugt. Die in Abhängigkeit von Dichteunterschieden des Ausgangsbildes differenzierte Filmbelichtung wird als *Ciniefungsprozess* bezeichnet.

3.2. Die Entstehung des Bildmosaiks

Soll die Nationalparkregion in einer Photokarte dargestellt werden, so führt dies zwangsläufig zu einem mittleren Maßstab und zur Herstellung eines Bildmosaiks.

Der Maßstab 1: 40 000 erwies sich dabei aus zumindest zwei Gründen als sinnvoll:

- Im Maßstab 1: 40 000 sind detaillierte Einzelobjekte des Luftbildes wie Häuser und Bäume auch im Kartendruck noch wahrnehmbar, gegebenenfalls mit der Lupe. Ein Hauptmerkmal des Luftbildes, nämlich die hohe Auflösung, ist auch in der Karte und für ein Gebiet von ca. 30 x 22 km vorhanden. Damit unterscheidet sich die Luftbildkarte von allen Satellitenbildkarten, in denen solche Detailinformationen nicht mehr erkennbar sind. Bei einem kleineren Maßstab verschwinden viele Detailmerkmale durch die vorgegebenen Druckraster; bei größeren Maßstäben dagegen könnte die Region nicht mehr auf einem Kartenblatt dargestellt werden.
- Der Maßstab 1: 40 000 kann auch als Folgemaßstab anderer Kartenwerke, die im Gauß-Krüger-Koordinatensystem aufgebaut bzw. geschnitten sind, angesehen werden, nämlich der Basiskarte 1: 5 000, der Luftbildkarte 1: 10 000 und der Raumordnungs-Grundkarte 1: 20 000.

Die Farbinfrarot-Orthophotokarte stellt ein Bildmosaik aus 29 verkleinerten Einzelkarten der österreichischen Luftbildkarte dar. Die Erstellung des Bildmosaiks erfolgte an einem Reprscanner. Dabei wurden die Einzelbilder zunächst digitalisiert, wobei die Farben des Bild-Diapositivs (Blau, Grün, Rot) im Rechner des Reprscanners als Grauwerte der Druckfarben (Grau, Gelb, Magenta) gespeichert werden. Die so entstandene dreifache Bilddaten-Matrix kann räumlich verschoben werden, was das lückenlose Aneinanderfügen der einzelnen Mosaikteile ermöglicht. Die Kapazität des Reprscanners erlaubte jedoch nur die gleichzeitige Erfassung von jeweils sechs Einzelbildern. Daher besteht die Karte aus fünf Teilblöcken, die nach herkömmlichen reprotechnischen Verfahren zusammengefügt wurden. Die Stöße sind in der Karte noch erkennbar. Innerhalb der Teilblöcke dagegen sind die Grenzen der Einzelbilder nicht oder nur bei genauer Beobachtung zu erkennen, weil Farb- und Tonwertunterschiede an den Stößen durch digitale Bildkorrekturen eliminiert bzw. reduziert wurden.

Hier stellt sich die Frage, warum es an den Grenzen benachbarter Farborthophotos überhaupt zu Farb- und Tonwertunterschieden kommt. Zwei Gründe sind dafür verantwortlich. Zum einen sind die Orthophotos in bezug auf Farbdichte und Farbbalance nicht vollkommen einheitlich. Wesentlich schwerer aber wiegt der Umstand, daß jedes Einzelbild auch als Orthophoto die charakteristisch *ungleichen Beleuchtungsverhältnisse* aufweist, die durch den Sonnenstand zum Aufnahmezeitpunkt bedingt sind. In Verlängerung der Linie Sonne-Flugzeug werden alle Objekte voll beleuchtet und schattenlos dargestellt. Dieser sogenannte "Hot Spot" im nördlichen Bereich jedes Bildes erscheint daher überbelichtet, was bei einer abwechslungsreichen Landoberfläche nicht sonderlich auffällt. Wichtig ist aber die Erkenntnis, daß (gleiche Oberflächenstrukturen vorausgesetzt) die Summe der abgebildeten Schattenflächen im nördlichen Bildteil geringer ist als im südlichen Bildteil. Diese im Einzelbild nicht gravierenden Tonwert-Unterschiede fallen dort auf, wo ein nördlicher und ein benachbarter südlicher Bildteil aneinanderstoßen. Im reliefierten Gelände werden diese Unterschiede vielfältig variiert; wie aber können sie beseitigt werden?

Das rechnerische Angleichen der Farb- und Tonwerte benachbarter Bilder ist ein komplexes Unterfangen und beim Zusammenfügen einer Vielzahl von Einzelbildern daher nur von theoretischem Interesse. Die Angleichung der Bilder wurde daher als digitale Retusche am *Reproscanner* vorgenommen, wobei dieser als Bildverarbeitungsgerät genutzt wurde. Dabei kamen die folgenden drei *Methoden der digitalen Farbwert- und Grautonangleichung im Bildmosaik* zum Einsatz:

- Farbwertangleichung eines Einzelbildes an die umgebenden Bilder: Für das gesamte Einzelbild erfolgt eine Veränderung der Intensität der am Monitor sichtbaren Farben (Blau, Grün, Rot), bis visuell und nach Rechenwerten der Anlage keine Unterschiede zu den benachbarten Mosaikteilen mehr ausgemacht werden.
- Farbwertangleichung in einer Oberflächenklasse, die durch einen Bildstoß getrennt wird und die farblich unterschiedlich dargestellt wird: Die Farb-Parameter des als "richtig" erkannten Teiles der Oberflächenklasse werden auf den anderen Teil übertragen, wodurch die farblichen Unterschiede aufgehoben werden. Beide Teile der betreffenden Oberflächenklasse werden dabei vom übrigen Bereich des Bildes abgegrenzt (Maskentechnik).
- Digitale Retusche: Zur Auflösung von sichtbaren Bildstößen wird die pixelweise Veränderung der Farbwerte vorgenommen. Dabei werden Farbparameter aus der als "richtig" dargestellten Fläche in den zu korrigierenden Bildteil übertragen.

4. THEORETISCHE ASPEKTE DER VISUELLEN BILDANALYSE

4.1. Ziele und Schritte der Bildinterpretation

Die Benützung der Karte erfolgt in der Regel zielgerichtet und im Hinblick auf einen bestimmten Informationsgewinn, der aus der Karte als "Datenspeicher" gewonnen werden soll.

Je nach dem mit der Kartenbenützung verbundenen Verwendungszweck können die Objektklassen und Landschaftselemente der Karte nach ihrer Lage, Häufigkeit und Ausdehnung erkannt und beurteilt sowie mit anderen Informationen in Beziehung gesetzt werden. Das gilt sowohl für die visuelle Analyse und Bildinterpretation als auch für eine arealmäßige Erfassung der einzelnen Karteninhaltskategorien, womit die Karte auch als eine Grundlage für ein Geographisches Informationssystem (GIS) nutzbar wird.

Die Frage der Verwendbarkeit muß aber dialektisch gesehen werden: Nur ein entsprechend vorgebildeter bzw. geschulter Kartenbenützer wird die in der Karte enthaltene Information auch angemessen erkennen und für seine Zwecke verwenden können. Andererseits ist ein Kartenprodukt für ein breiteres Publikum uninteressant, wenn der Inhalt trotz Benützung einer Legende nach wie vor nicht zu verstehen wäre. In der vorliegenden Karte, die sich auch an den Kreis von interessierten Laien wendet, sorgen Erläuterungen und eine Legende dafür, daß die folgend angeführten *Schritte der Bildinterpretation* durchgeführt werden können.

Die *Wahrnehmungs- und Identifikationsprozeß* im Rahmen der Bildinterpretation wird nach drei Stufen fortschreitender Komplexität gegliedert:

- Erkennen von evidenten Bildinhalten und Groborientierung,
- Feinorientierung und Identifikation von Oberflächenklassen mit Hilfe des Interpretationsschlüssels,
- Identifikation und Analyse von inhaltlichen Details, zum Teil über verschiedene Zusatzinformationen.

Wir wenden uns zunächst den *evidenten Bildinhalten* zu. Bereits vor der eigentlichen Bildinterpretation ist es einem durchschnittlich informierten Betrachter möglich, bestimmte Bildinhalte aufgrund ihrer eindeutigen Gestalt zu identifizieren. In unserem Falle ist es etwa die markante Gletscherzunge der Pasterze, worauf sogleich das umgebende Weiß als Gletscherregion und Schneebedeckung erkannt wird. Zwei Fragen stellen sich im Zusammenhang mit dem Ansprechen evidenter Bildinhalte: 1. woher wissen wir bestimmte Inhalte, ohne vorher Legende oder Namensgut studiert zu haben, und 2. welche Bedeutung hat ein Erkennen bestimmter Inhalte für die weitere Lesbarkeit der Karte?

Das ad hoc-Erkennen von Bildobjekten ist ein Wahrnehmungsprozeß, bei dem Assoziationen mit Bildern stattfinden, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind. Von auffäll-

ligen Strukturen, wie etwa der Pasterze, sind solche Bilder aufgrund oftmaliger Kartenbetrachtungen vorhanden. Ähnliches gilt für Konturen von Staaten, Küstenlinien usw.

Das Erkennen der Pasterze ist zunächst eine Vermutung, die durch das Namensgut in der Luftbildkarte bestätigt wird. Weitere topographische Bezeichnungen verstärken den Zusammenhang der Bildstrukturen mit im Gedächtnis vorhandenen "mental maps". Von den evidenten Bildinhalten aus erschließt sich dem Betrachter ein grundlegendes Wissen über den in der Karte abgebildeten Raum. Das betrifft nicht nur die *topographische Orientierung*, sondern besonders das bewußte Erkennen des Reliefs, von Talfurchen und Bergzügen. Das wird besonders betont, weil Luft- (und Satelliten-)bilder aufgrund der natürlichen Beleuchtung eine zu topographischen Karten gegensätzliche Geländeplastik (Schattenwurf) zeigen. Weil die technische Beleuchtung aus NO vielen Betrachtern tief im Gedächtnis sitzt, erscheinen Talzüge zunächst als Erhebungen und vice versa. Hier hilft ein Umdrehen (Südorientieren) der Karte. Eine südorientierte Karte (KELNHOFER 1985) hat aber den Nachteil, daß sie mit unseren topographisch-relationalen "mental maps" nicht in Einklang zu bringen ist. Wer mit Luftbildkarten arbeitet, wird sich an die natürliche Beleuchtung jedoch bald gewöhnen, und die Geländeplastik wird zu einem wichtigen Indikator für die morphologischen Gegebenheiten.

4.2. Exkurs in die Wahrnehmungspsychologie

Bereits dieser erste Schritt der Interpretation der Luftbildkarte, auch als "photo reading" (van ZUIDAM et al. 1979) bezeichnet, zeigt drei wesentliche *Komponenten* der Bildinterpretation auf (TOWNSHEND 1981):

- *Wahrnehmung* (detection) eines Objektes aufgrund von bildsichtbaren Unterschieden zur Umgebung,
- *Erkennen* (recognition) des Objektes aufgrund des Gestalt, der Größe und anderer sichtbarer Merkmale,
- *Benennung* (identification, classification) des Objektes aufgrund von Vorwissen oder von Zusatzinformationen.

Hinter diesen drei Begriffen verbirgt sich der komplexe Prozeß der visuellen Wahrnehmung, der auch das Vorwissen und die Erwartungshaltung des Interpreten umfaßt (ALBERTZ 1970, SCHNEIDER 1974). Aus der Sicht der Wahrnehmungspsychologie kann zwischen der Wahrnehmung (Perzeption) und dem Erkennen und Identifizieren (Kognition) nicht streng unterschieden werden. Nach HOLZKAMP (1972) (in FLADE und KALWITZKI 1985) ist die Wahrnehmung ein Denkprozeß, der sich auf präsenzierte (visuelle) Reize bezieht. Bei der nachfolgenden Kognition werden im Gedächtnis gespeicherte Informationen aufgerufen, vergegenwärtigt, und mit dem Wahrnehmungsinhalt in Verbindung gebracht. Als Endprodukt des Wahrnehmungsprozesses entsteht das "*Perzept*", in unserem Falle die Identifikation und Benennung eines bestimmten Bildinhaltes. Das Zustandekommen des Perzeptes, der Objektidentifikation, wird als Schema der Informationsverarbeitung in Abbildung 4 dargestellt.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, inwiefern weitere Erkenntnisse aus der Theorie der visuellen Wahrnehmung bei der Bildanalyse eine Rolle spielen. Optische Täuschungen wie etwa durch Kontrastercheinungen oder solche, die mit dem dreidimensionalen und perspektivischen Sehen verbunden sind, spielen dabei wahrscheinlich eine geringe Bedeutung, weil jedem Betrachter die vertikale "Aufsicht" auf eine kartennmäßige Grundriß-Darstellung bewußt ist. Viel eher sind es Aspekte der *Theorie der Gestaltwahrnehmung*, die bei der Bildinterpretation mitverwendet werden.

"Gestalt" ist dabei eine phänomenologische Bezeichnung für Wahrnehmungseinheiten, die bestimmte Merkmale (Gestaltqualitäten, Gestaltkriterien) haben, die dieser (bei uns: räumlichen) Wahrnehmungseinheit als Ganzes zukommen, nicht aber den isolierbaren Teilen (FLADE-KALWITZKI 1985).

Im Bereich der Bildinterpretation sind solche Gestalten bestimmte Bildteile, die als Landschaftstypen oder als Landschaftselemente der alpinen Gebirgslandschaft ganzheitlich aufgefaßt und angesprochen werden. Als Beispiele seien Berggipfel mit ihren Felswänden, Schutthalden, Schneeflecken und in ihrer unterschiedlichen Beleuchtung genannt, oder Täler mit der charakteristischen Einmündung von Seitentälern und Wildbachrinnen sowie mit der vertikalen Zerlegung und der horizontalen Begrenzung der Waldzone. Es ist ersichtlich, daß die Wahrnehmung solcher *geographisch-räumlicher Gestalten* auch mit dem Vorwissen des Betrachters und seinem Erwartungshorizont in Verbindung stehen.

Die Legende der vorliegenden Karte bezieht sich auf typische Landschaftselemente, für die zumindest zum Teil die Kriterien von Gestaltqualitäten zutreffen. Solche *Gestaltkriterien* sind (NOWOTNY 1982):

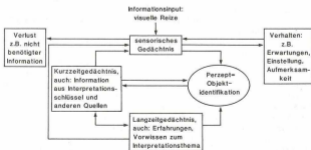


Abb. 4: Wahrnehmung als Informationsverarbeitung (Quelle: HALLOWAY 1974 in FLADE und KALWITZKI 1985, um Begriffe zur Bildinterpretation erweitert)

- *Übersummativität*, d.h. die ganzheitliche "Gestalt" liefert eine vollständigere Information als die Summe der einzelnen bildsichtbaren Teile. Als Beispiel dazu seien die Landschaftstypen "Trogtal" und "Berggipfel" in der Legende (oberste Reihe, rechts) erwähnt. Die Farbflächen und ihre Variationen geben nur einen Hinweis auf das Vorhandensein bzw. Fehlen von Vegetation. Werden aber die hufeisenförmige Anordnung der Trogwände bzw. die von Kargletschern umgebene Gipfelpyramide als Gestalten erkannt, dann erschließen sich weitere Teile des Bildinhaltes wie Schuttrinnen und Gesteinsformationen, aber auch Reliefeigenschaften aufgrund der Zugehörigkeit zu diesen Landschaftstypen. Der Legendentext unterstützt die Wahrnehmung räumlicher Gestaltstypen. Mit diesen verbunden ist der Begriff der
- *Kohärenz*, worin das Erkennen der Zusammengehörigkeit benachbarter Einzelelemente zu einer Ganzheit (einem Typus, einer Gestalt) verstanden wird. Das Kohärenzprinzip erlaubt aber im umgekehrten Sinne auch die schließende Identifikation von Teilen aus der Kenntnis des Ganzen. Das ist von Bedeutung, wenn die
- *Tendenz* zur "guten Gestalt" zur Gestaltwahrnehmung geführt hat. Beispiele dazu sind die Pasterze mit ihrer eindeutigen Form oder das landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiet mit der charakteristischen Parzellenstruktur. Details erschließen sich in beiden Fällen bei der weiteren Interpretation, auch unter Berücksichtigung der Kohärenz. "Gute Gestalten" werden aufgrund ihrer Merkmale eindeutig erkannt, auch deshalb, weil mehrere Merkmalsausprägungen (Form, Farbe, Größe etc.) gleichermaßen auf eine bestimmte Objektklasse hinweisen. Die Mehrfachinformationen und damit Informationsredundanz ist in der visuellen Bildinterpretation erwünscht, weil damit die Sicherheit der Objektsprache steigt. Hierher zählt auch die
- *Transponierbarkeit* als Kriterium der Gestaltsqualität und damit der Gestaltswahrnehmung. Gestalten (Typen) werden als solche trotz Abänderungen im Detail wiedererkannt, so lange bestimmte Merkmalsrelationen erhalten bleiben. Die Transponierbarkeit beruht auf Analogieschlüssen zu einem klassifizierten Objekt und ermöglicht die Anwendung eines Beispielschlüssels, wie etwa die Legende dieser Karte.

4.3. Interpretationsschlüssel und das Paradigma der Bildinterpretation

Für einen vorgebildeten Bildanalytiker sind auch die Landschaftstypen oder Bildgestalten aus dem vorhergegangenen Abschnitt evidente und a priori eindeutig identifizierbare Elemente der Orthophotokarte. Andere Interpreten der Luftbildkarte benötigen zur Klassifizierung des Bildinhaltes einen Interpretationsschlüssel. Dafür stehen zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze zur Verfügung (van ZIUDAM 1979, ESTES et al. 1983):

- *der Landschaftstypen-Ansatz*, der charakteristische Landschaftsausschnitte darstellt und beschreibt, wie dies in der Legende der vorliegenden Karte versucht wird (*Beispielschlüssel*), und

- der *parametrische Ansatz*, der bildsichtbare Merkmale (z.B. Farben und Texturmerkmale) mit einem zugehörigen Begriff der Geomorphologie der Vegetationskunde oder der Landnutzung usw. verknüpft (*Merkmalschlüssel*).

Diese beiden Ansätze stehen zugleich für zwei verschiedenartige Vorgangsweisen bei der Bildanalyse. Der *Landschaftstypen-Ansatz*, in der Legende unserer Karte als Beschreibung von Typen bildsichtbarer Landschaftselemente bezeichnet, bietet beispielhafte Gestaltstypen an und beschreibt diese. So kann das inhaltsbezogene Wissen des Betrachters, etwa über den geomorphologischen Formenschatz, die Höhenstufung der Vegetation, die Landnutzung usw. mit dem zugehörigen Erscheinungen in der Photokarte verknüpft werden. Die Benennung eines Landschaftsausschnittes aktiviert dabei die Assoziationen zu zugehörigen Inhalten. In der vorliegenden Karte sind die Landschaftsausschnitte des Beispielschlüssels so angeordnet, daß sie von der Talzone (links) über den Waldgürtel und die alpinen Rasen bis zur Fels- und Gletscherregion (rechts) die Vielfalt der alpinen Landschaftselemente erfassen. Der differenzierten Interpretation, die über die Angaben in dieser Legende hinausgeht, sind im Rahmen des visuell Wahrnehmbaren keine Grenzen gesetzt. Im *parametrischen Ansatz* der Interpretation dagegen werden abgrenzbare, einheitlich erscheinende Areale (Photomuster) der Photokarte nach bildsichtbaren Merkmalen (Parametern) analysiert und beschrieben. In einem Merkmalschlüssel werden diese Parameter (z.B. Farb- und Tonwerte) zu bestimmten Objektklassen des Realraumes in Beziehung gesetzt. Liegt nur eine begrenzte Anzahl von Objektklassen vor, und sind diese auch in der Photokarte eindeutig, so kann eine entsprechende Merkmalslegende erstellt werden. In bezug auf Objektklassen eindeutige Parameter sind in der *digitalen Bildverarbeitung* und bei der automatischen Klassifikation von besonderer Bedeutung.

Mit der formalen Beschreibung von bildsichtbaren Parametern wird auch die *Mehrstufigkeit der Bildinterpretation* und ihre dabei *zunehmende Komplexität* deutlich (vgl. Abb. 5). Dabei sind *drei Stufen* der Bildanalyse zu unterscheiden:

1. Erfassung der Basismerkmale von Bildarealen

Aus einer analytischen Sicht werden zunächst die *Farbwerte* von Bildarealen in der Photokarte wahrgenommen. Es folgt die Erfassung der inneren Differenzierung (*Textur*) des beobachteten Bildelementes sowie der Abgrenzung gegen die Umgebung (*Größe, Gestalt*). Die vier Parameter: Farbwerte (und Grautöne), Texturmerkmale, Größe und Form (Gestalt) sind direkt wahrnehmbare Merkmale eines Bildareales. Aus ihnen erschließen sich, unter Umständen mittels einer Legende, bereits wesentliche Oberflächenklassen (z.B. Wald, Felsgelände, landwirtschaftlich genutzte Flächen usw.).

2. Erfassung der räumlichen Verteilung der Bildareale

Ein differenzierter Analysenschritt bezieht Relief- und Beleuchtungsverhältnisse (*Schatten*) in die Interpretation mit ein und ebenso die *räumliche Anordnung* des wie-

derholten Auftretens einer Oberflächenklasse (räumliche Muster, "pattern"). Gestalt- und Mustermerkmale beinhalten Informationen, die vielfach über die Identifikation von Objektklassen hinausgehen. So zeigt die räumliche Anordnung von Bildelementen und Objektklassen mitunter Raumstrukturen, die auf andere inhaltliche Kategorien als jene der Landoberflächenklassen hinweisen. Als Beispiel sei das Erkennen von geologisch-tektonischen Strukturen oder von unterschiedlichen Landnutzungsstrategien angeführt. Wie dies an sich auch schon bei den primären Kategorien der Bildanalyse der Fall ist, haben bildsichtbare Gestalt- und Mustermerkmale dann eine *Indikatorfunktion* für raumbezogene Sachverhalte und Prozesse.

3. Erfassung der inhaltlichen Zusammengehörigkeit von Bildarealen

Mit der Einbeziehung von Lagetypen und Landschaftseinheiten in die Interpretation wird die Vergesellschaftung von Bildarealen berücksichtigt. Über kontextuelle- und Analogieschlüsse kann das zu identifizierende Objekt identifiziert werden. Es ist evident, daß sich diese Informationen nur einem entsprechend vorgebildeten Interpreten erschließen, und daß die Bedeutung von Zusatzinformationen mit der Komplexität der Bildinterpretation zunimmt.

Zwei Wege der Bildanalyse, ein landschaftstypologisch-ganzheitlicher und ein parametrisch-analytischer Zugang, wurden vorgestellt. In beiden Verfahren erfolgt die Identifikation von Bildelementen letztlich auf dieselbe Weise: Bestimmten visuellen Bildmerkmalen und Strukturen wird aus einem Set von potentiellen Objektklassen eine begrifflich

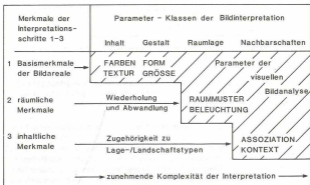


Abb. 5: Die Parameter der visuellen Bildanalyse im Stufenmodell zunehmender Komplexität der Bildinterpretation (Entwurf: M. SEGER)

definierte Inhaltskategorie zugeordnet. Diese *Verknüpfung von bildsichtbaren Merkmalsklassen mit Objektklassen des Realraumes* erfolgt entweder im Interpretationsschlüssel oder in einer weiterführenden Bildanalyse. Sie stellt das Perzept der Wahrnehmungspsychologie und damit den grundlegenden kognitiven Prozeß bei der Bildinterpretation dar. Dieser Prozeß der Zuordnung von bildsichtbaren zu inhaltsbezogenen Merkmalen wird als *Paradigma der Bildinterpretation* bezeichnet und damit besonders hervorgehoben (vgl. Abb. 6).

Wir erkennen, daß sowohl die Bildareale wie auch die Objektklassen raumbezogene und inhaltsbezogene Merkmale aufweisen. Über die physiognomischen Merkmale von Oberflächen, die sowohl bildsichtbar sind als auch objektbezogen, kommt es zur Identifikation von Bildinhalten.

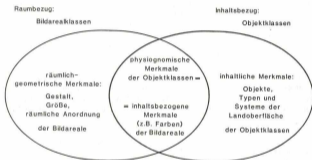


Abb. 6: Verknüpfung von Bildarealen und Objektklassen als Paradigma der Bildinterpretation (Entwurf: M. SEGER)

5. EIN INTERPRETATIONSBEISPIEL: ANALYSE DER LANDESNATUR ZU BEIDEN SEITEN DES MÖLLTALES IM HINBLICK AUF DIE ABGRENZUNG DES NATIONALPARKS

Wie aus der Nebenkarte unserer Farborthophotokarte hervorgeht, ist die Westseite des Mölltales mit dem Graden-, Gößnitz- und Leitertal Bestandteil des Nationalparks, die Ostseite dagegen nicht. Daher stellt sich die Frage: Ist diese Ostseite von den landschaftlichen Voraussetzungen her so andersgeartet oder durch menschliche Eingriffe bereits so stark verändert, daß eine Schutzwürdigkeit nicht gegeben ist, oder liegen andere Gründe für diese Grenzziehung vor? Bemerkenswert ist jedenfalls, daß das Gebiet nördlich davon und jenseits der Landesgrenze zur Kernzone des Salzburger Anteiles des Nationalparks zählt. Wir gehen dieser Frage über eine Interpretation der Inhalte der vorliegenden Karte nach.

5.1. Beispiel der Auflistung von Objektklassen zur Beschreibung der Landesnatur

Für eine Beurteilung der Landesnatur wird aus den Informationen der Legende ein Interpretationsschlüssel nach bildsichtbaren Merkmalen in der Karte erstellt. Wie aus dem Paradigma der Bildinterpretation bekannt, muß dazu auch ein Set der zu erwartenden Objektklassen vorhanden sein, um Bildareal-Klassen bestimmter inhaltlicher Klassen der Landoberfläche zuordnen zu können. Diese Gliederung der Objektklassen wird nach einem zweistufigen Schema vorgestellt.

Gliederung 1. Ordnung

landwirtschaftliche Nutzung

Waldzone

Vegetation oberhalb der Waldgrenze

Felsregion und weitgehend vegetationsfreies Gelände

anthropogen geschaffene Strukturen außerhalb des Talraumes

Gliederung 2. Ordnung

- intensive Nutzung in den Tallagen
- Weideflächen

- Fichtenbestände vorherrschend
- Lärchenbestände vorherrschend
- Laubwald

- mit intensiver Rasendecke
- mit kargen Rasen
- mit offener Vegetation

- anstehendes Gestein, Felsformation
- Schutzdecken, Schutthalden etc.

- Wege und Trassen
- andere bauliche Maßnahmen

Weitere Differenzierungen sind möglich, würden aber den Interpretationsschlüssel überfrachten. Es sei angemerkt, daß jeder Schlüssel nur eine begrenzte Zahl von Objektklassen berücksichtigt, wogegen sich die Vielfalt real vorhandener Details der Landschaftsstruktur in der nachfolgenden Feinanalyse und stets fragestellungsbezogen erschließt.

5.2. Schlüssel zur Bestimmung von Objektklassen der Landesnatur

Nun kann der Interpretationsschlüssel für das Untersuchungsgebiet erstellt werden:

1. Gemenge von Farbflächen mit häufig regelmäßigen (geradlinigen) Grenzen in rosa, roten und gelblichen Farbtönen, in Tallagen und an der Sonnseite: *landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen*
 - Rottöne: *dichte Vegetation, Wiesen vor dem Schnitt, Kulturpflanzen auf Äckern*
 - hellrosa und gelbliche Farbtöne: *Wiesen nach der Mahd*

2. Dunkel rotbraune bis schwärzliche Farbtöne mit punktförmiger Textur (Baumwipfel): *Nadelwald*
 - mit zahlreichen hellroten Einzelbäumen: *hoher Lärchen-Anteil*
3. Hellrote bis fahle, meist markant begrenzte Flächen in der Waldzone oder an deren oberer Begrenzung: *Zwischenweiden*
4. Kräftiges Rot: *dichte Vegetation*
 - in Tallage und mit (schwer erkennbarer) feiner Punkttextur: *Laubwald*
 - in Tallage, meist heller als der Laubwald: *Wiesen vor dem Schnitt*
 - im Berggebiet, flächig ausgedehnt: *dichte alpine Rasen, meist auf Kalkglimmerschiefer*
5. Orangerote bis gelbliche Farbtöne, oberhalb der Waldzone: *alpine Kurzgras-Rasen, z.B. Krummseggen-Rasen oder Nardetum-Rasen, zum Teil auf silikatischem Kristallin*
 - mit ockerfarbigem Ton: *Zwergstrauchreiche Kurzgrasrasen*
 - mit hellem, weißlichem Farbton: *offene Rasen, geringe Deckung*
6. Weißlich-hellblaue bis blaugraue, im Schatten dunkle Flächen: *weitgehend vegetationsfreies Gelände*
 - mit feinstrukturiertem Schattenwurf: *Felspartien*
 - ohne Feinstruktur, zum Teil talwärts gerichtete Umrisse: *Schutthalden.*

Weitere Details, wie Steinschlagrinnen, Lawinengassen, Wildbachgräben, Straßenzüge (z.B. zum Zirmsee östlich von Heiligenblut) erschließen sich bei genauer Betrachtung, ohne daß dies im Schlüssel explizit erwähnt werden muß.

Anhand der Interpretation der Landesnatur läßt sich nun feststellen, daß sich die "Naturnähe" und der alpine Charakter der Landschaft zu beiden Seiten des Mölltales generell nicht wesentlich unterscheiden. Das wird auch dadurch belegt, daß etwa das Gebiet "Kleinfragant", welches im westlich an das Kartenblatt anschließenden Bereich liegt, jüngst zum Naturschutzgebiet erklärt wurde. Allerdings finden sich westlich des Mölltales auch deutliche Spuren menschlicher Eingriffe, so die Straße zum Zirmsee bis in 2 500 m Höhe, die im Zuge des Baues einer Sperre notwendig wurde, oder die Lifтанlage am Tauernberg nördlich von Heiligenblut. Die Liftrasse, die knapp nach der Maststation der Glocknerstraße bergwärts führend beginnt, ist in der Karte zu sehen. Andere Bereiche, wie etwa das Zirknitztal oder das Große Fleißtal, sind dagegen ebenso naturnahe alpine Landschaften wie die Täler in der Glockner- und Schobergruppe, die im Nationalpark liegen.

Wir dürfen daher vermuten, daß es nicht so sehr die Landschaftsausstattung in der Region des oberen Mölltales war, die zur gegenwärtigen Abgrenzung des Nationalparks führte, als vielmehr raumordnungspolitische Überlegungen und Zwänge. In der Tat war die

"Umwidmung" eines großen, bestehenden Naturschutzgebietes in der Glockner- und Schobergruppe zum Nationalpark nur dadurch mit allgemeinem Konsens möglich, als den betroffenen Gemeinden die Möglichkeit zur Erschließung der anderen Talseite offengehalten wurde. Einer künftigen Planung wird es vorbehalten bleiben, auch hier eine Differenzierung zwischen Zonen touristischer Erschließung und solcher von Nationalpark-gerechter Bewahrung vorzunehmen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Eine Farbinfrarot-Orthophotokarte 1: 40 000 zeigt die Nationalparkregion Hohe Tauern (Glockner- und Schobergruppe) in Kärnten, Österreich, die als ein wichtiges Hilfsmittel für die Raumplanung im Nationalpark erstellt worden ist. Die Karte besteht aus 29 einzelnen Orthophotos, die zum Teil an einem Reprscanner digital zu einem Mosaik zusammengefügt wurden. Gegenüber herkömmlichen Karten wird die Vielfalt der Landesnatur wesentlich detaillierter dargestellt. Besonders erlaubt die Wiedergabe der Vegetationsbedeckung in unterschiedlichen Rottönen eine differenzierte Aussage über die Verteilung der verschiedenen Vegetationstypen im Raum. Diese Rottöne beruhen auf der Reflexion lebender Pflanzenbestände im Spektralbereich des "Nahen Infrarot" und werden mit dem Farbinfrarotfilm erfaßt. Die Bildinterpretation wird nach Arbeitsschritten und in ihren Beziehungen zur Wahrnehmungspsychologie dargestellt, wobei das Erkennen der Bildinhalte zum Teil über einen Interpretationsschlüssel erfolgt, in dem bildsichtbare und inhaltsbezogene Merkmalsklassen zusammengefügt werden. Dieser Prozeß wird als Paradigma der visuellen Bildanalyse bezeichnet. Ein Interpretationsbeispiel zeigt in knapper Form eine der vielen Anwendungsmöglichkeiten.

Endnoten

- 1) Die Karte wurde aus Mitteln des Landes Kärnten und des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Forschungsschwerpunkt Fernerkundung, hergestellt.
- 2) Zusätzlich wurden von ÖBIG Overlay-Strichkarten erzeugt, die Höhenlinien, Besonnungsdauer und Parzellengefüge darstellen (FIBICH, ZIRM et al. 1987), sowie eine Bildauswertung nach Landschaftselementen (SEGER 1987).
- 3) Sie stammen aus einem Bildmeßflug des BEV im Sommer 1983 mit dem Farbinfrarotfilm Kodak Aerochrome 2443 und einem Bildmaßstab zwischen 1: 31 000 und 1: 36 000.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- ALBERTZ J. (1970), Sehen und Wahrnehmen in der Luftbildinterpretation. In: *Bildmessung und Luftbildwesen*, 38, S. 25-34.
- AURADA F. (1982), Der Nationalpark Hohe Tauern - ein Projekt von höchster geographischer Bedeutung - Schritte zur Verwirklichung. In: *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, Bd. 124, S. 89-130.

- ESTES J.E., HAJIC E., TINNEY L. (1983), *Fundamentals of Image Analysis: Analysis of Visible and Infrared Data*. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (Hrsg.), *Manual of Remote Sensing*, S. 987 ff.
- FIBICH F., ZIRM K. et al. (Österr. Bundesinstitut für Gesundheitswesen) (1987), *Nationalpark Hohe Tauern - Infrarotphotokarte und Bildanalyse für die Landschaftsplanung*.
- FLADE A., KALWITZKI K.P. (1983), *Wahrnehmungspsychologie 1: Einführung in den Gegenstand der Wahrnehmungspsychologie*. Gesamthochschule Hagen.
- GIERLOFF-EMDEN H.G. (1989), *Fernerkundungskartographie mit Satellitenaufnahmen*. Enzyklopädie der Kartographie IV/1: Allgemeine Grundlagen und Anwendungen.
- KELNHOFER F. (1985), *Orthophotokarten aus Weltraumbildern, dargestellt am Beispiel der Orthophotokarte 47/10 Glurns, 1: 200 000*. In: *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, 127, S. 119-138.
- KRAUS K. (1982), *Photogrammetrie*. Bd. 1, Grundlagen und Standardverfahren.
- NOWOTNY E. (1982), *Psychologie*. Einführung, Übersicht, Arbeitsvorschläge.
- SCHNEIDER S. (1974), *Luftbild und Luftbildinterpretation*. Lehrbuch der allgemeinen Geographie, 11. Berlin.
- SEGER M. (1987), *Die Landschaftselemente der Nationalparkregion Hohe Tauern*. In: ÖSTERREICHISCHES BUNDESINSTITUT FÜR GESUNDHEITSWESEN (Hrsg.), *Nationalpark Hohe Tauern*, S. 105 ff.
- SEGER M., HARTL H. (1987), *Die Infrarot-Farbphotokarte als Hilfsmittel zur Vegetationskartierung - Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel aus den Hohen Tauern*. In: *Carinthia II*, S. 417-429.
- TOWNSHEND J.R.G. (1981), *Image analysis and interpretation for land resources survey*. In: TOWNSHEND J.R.G. (Hrsg.), *Terrain Analysis and Remote Sensing*, S. 59-108.
- VAN ZUIDAM R.A., VAN ZUIDAM-CANCELADO F.I. (1979), *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs*. In: *ITC Textbook of Photo-Interpretation Vol. VII*. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Chapter 6.

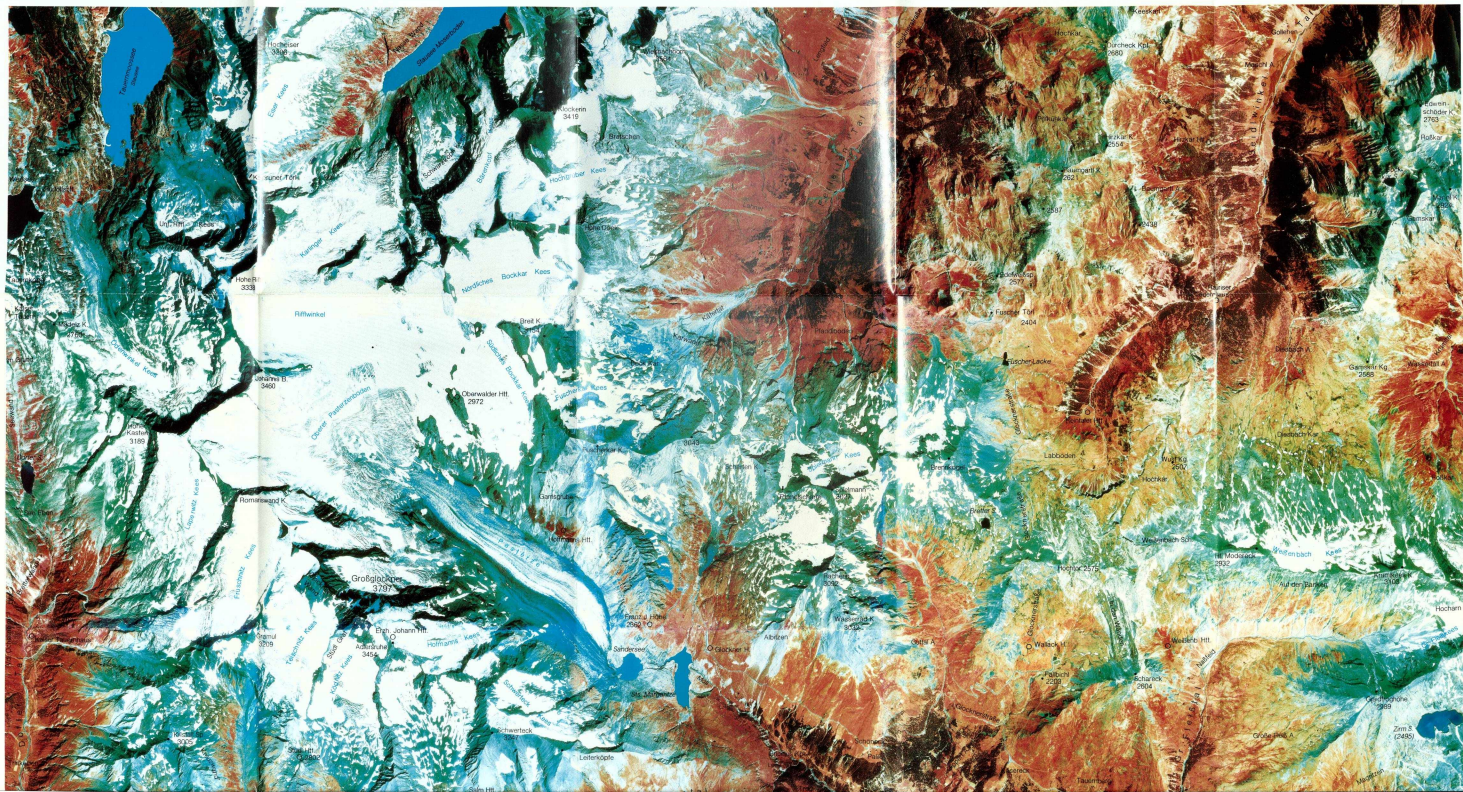
8. SUMMARY

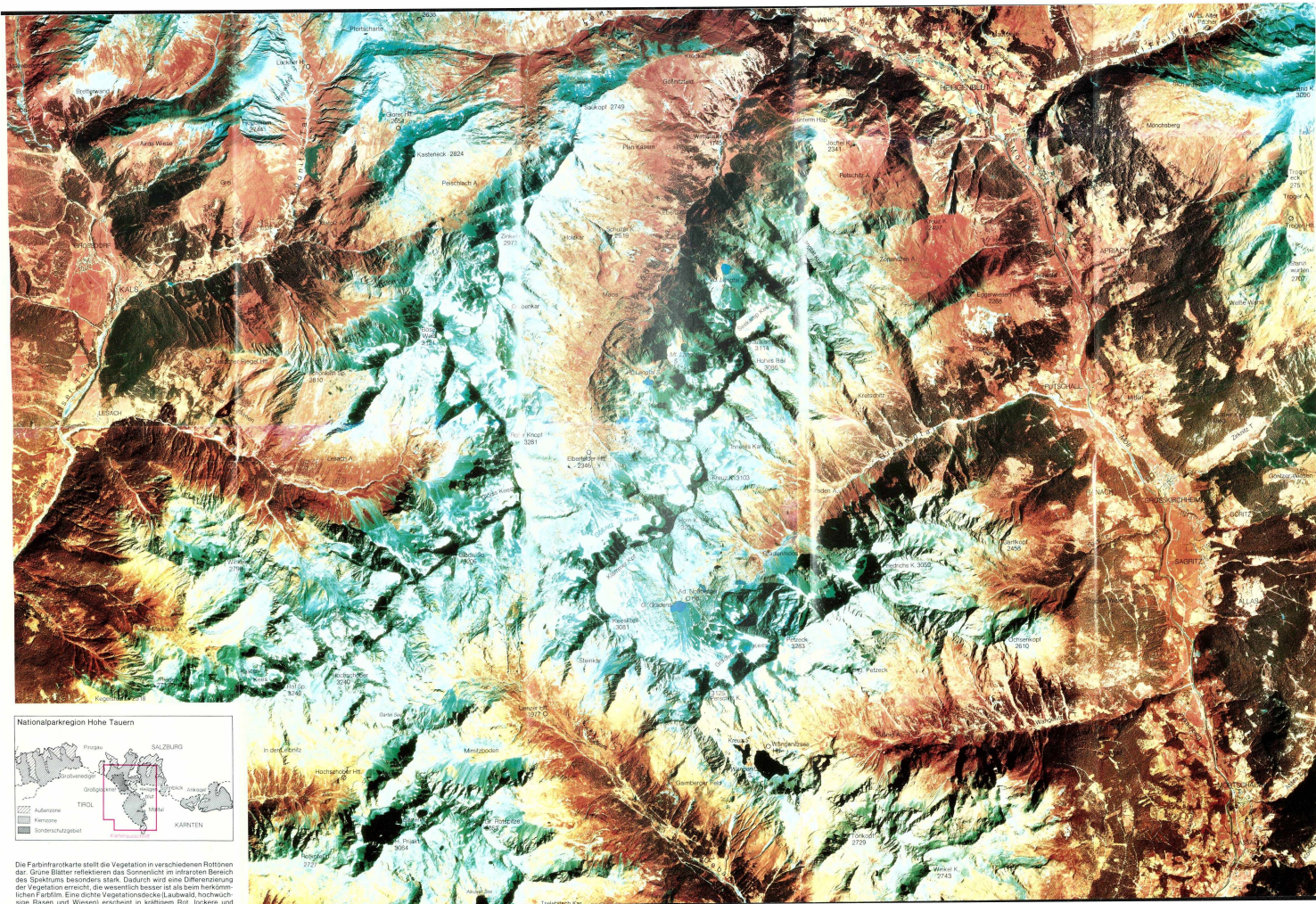
Martin Seger: Land-use analysis based on a colour infrared orthophoto map. Explanation of the methodology and analytical interpretation of a new air photo map of the Glockner and Schober mountain groups in the Hohe Tauern National Park.

A new type of a map, based on a colour infrared (CIR-)orthophoto mosaic, shows the Carinthian part of the Hohe Tauern National Park in Austria. Twenty-nine orthophoto images are digitally combined using a reproscanner. The map provides a multi-level information base for planners concerned with problems of the National Park. As usual with CIR-images, the vegetation is shown in various shades of red, and the different vegetation types can be easily distinguished. The principles of the near-infrared reflection and the properties of CIR-film are outlined. Image interpretation is introduced by a discussion of image perception and of the steps and parameters involved. The importance of interpretation keys is stressed by the possibility of combining classes of visible patterns with classes of land use and vegetation cover. This process constitutes the paradigm of image interpretation. Finally, a short example shows the use of the detailed CIR-map.

Nationalpark Hohe Tauern

Luftbildkarte der Glockner- und Schobergruppe





Nationalparkregion Hohe Tauern



Die Farbtopografkarte stellt die Vegetation in verschiedenen Rottionen dar. Grüne Blätter relativieren das Sonnenlicht im unteren Bereich des Spektrums besonders stark. Dadurch wird eine Differenzierung der Vegetation erreicht, die wesentlich besser ist als beim herkömmlichen Farbfilm. Eine dichte Vegetationsdecke (Laubwald, hochwachstige Rassen und Weiden) erscheint in kräftigem Rot, lockere und

niedrige Vegetation in hellen oder gelblichen Rottönen. Der Nadelwald ist rotbraun bis schwärzlich, abhängig von der Beleuchtungssituation. Fels und Schutt erscheinen in blaugrauem, blauem bis schwarzem Farbton, Gewässer blau bis schwarz, Gebäude und Straßen sind meist farfroh und hell. Das Orthofoto stellt ein Umbildungsprodukt des zentralperspektivischen Luftbildes in die kartennmäßige Parallelprojektion dar. Das führt zu einer meßfähigen fotografischen Geländedarstellung und ermöglicht die Erstellung eines Bildmosaiks. Dieses besteht aus 29 Einzelkarten (Blattschnitt der Österreichischen Luftbildkarte).



Maßstab: 1:40.000 (1 km = 2,5 km)

Farbinfrarot-Orthofotokarte des Nationalparks Hohe Tauern in Kärnten. Region Oberes Mölltal und benachbarte Gebiete in Salzburg und Osttirol.

Legende: Typen bildsichtbarer Landschaftselemente (Landnutzung, Vegetation, Morphologie)



Ortschaft im Talbereich (rechts, Sagritz im Mölltal), Rosa bis Rot: Wirtschaftswiesen auf Schwemmfächer, mit Heuhütten (gelbliche Flächen: gemähte Wiesen), Hauptstraße, Fluß (Möll) und flussbegleitender Laubwald (links, kräftiges Rot: Grauerlenau).



Ortschaft und Siedlung in Hanglage (Heiligenblut, Fluß links unten), Waldschöpfe dunkel braunrot, in Steillagen. Gelbliche, Rosa- und Rottöne: Wiesen in unterschiedlichem Bewirtschaftungszustand. Landwirtschaftliche Nutzflächen in Teilzelle fallen durch gerade Linien ab.



Trogtalboden mit mäandrierendem Bach und Flachmoor (kräftig rot, Feuchtflecken links des Baches: dunkel). Daneben Wirtschaftswiesen (Ammflächen), auch am Sornhang (links). Dort auch Baumgruppen (Laub, Nadelwald) und Buschwerk. Rechts bewaldeter Schatthang (Pflanzmoos, Farnleiten).



Talchufwald, durch Lawinengassen aufgelöst (Gradenbach). Kräftiges Rot: Grünerlenbusch. Hellrot: Rasen in Rinne und Lawinengassen. Graugrün, „gekümt“: grobklockige Schuttdecke. Schwarz: Bergschatten.



Subalpiner Nadelwald dunkel braunrot. Laubgehölze im Kerbtal (vorne, Grünerlenbusch) kräftig rot, Wiesen und Weiden rosa bis orange. (Guttal bei Heiligenblut).



Ammflächen (rosa) innerhalb der Nadelwaldstufe (scharfe Grenze rechts). Mit zunehmender Höhe (links im Bild): lockerer Baumbestand bis zur nördlichen Baumgrenze. Rote Färbung zwischen den Bäumen: Zwergstrauchmatten.



Subalpine Rasen. Kräftiges Rot: üppige Rasenvegetation auf „Kriechen“ Standorten. Vorwärts Bergabhöcker. Hellrote Parzelle unterhalb der Straße (Glocknerstraße), gemäht. Übrige hellere Rottöne: Rasen und Zwergstrauchheiden auf trockeneren Standorten.



Magere alpine Rasen (Bürstling- und Krummseggenkomplex): gelbliche Farböne. Rot: üppige Krautfluren entlang feuchter Rinne und Mulden (Pfeiltal).



Grenzbereich alpiner Rasen zur Fels- und Schuttzone (blaugrau bis weißlich). Gelbliche Farböne: Krummseggenrasen über kargen Böden. Dunkle Flecken: feuchte Mulden, spät ausgegippt („Schneeöden“, eigener Vegetationstyp), zahlreiche Schneeflecken (Hochtor, Glocknerstraße).



Vegetationsfreier Glatthang („Bratschen“): hellblau bis weißlich (hier: Kalkklimmerschlier), talwärts Schuttrinne. Dazwischen alpine Rasen (hier: Blaugrasschlieren unterschiedlicher Deckung): rot bis hell-orange. Rechts unten zahlreiche Bleiken-Erosionen (Leitental).



Schuttkegel, zu Schutthalde vereint (graublaue Farböne). Darin Ansätze der Vegetationsbedeckung: gelbliche Farbresten. Felsgrat und Felsköpfe in scharfer Beleuchtung aus Südost (Debantal).



Glazial (eiszeitlich) überformte, kuppig reliefierte „Rundhöcker“ Landschaft. Keine markanten Geländemerkmale. Unterschiedlich dichte alpine Vegetation (Rottöne), Schneeflecken am Nordhang (Weißsee-Rudolfshütte).



Trogtal in der Hochregion, waldfrei. Trogtalwände (blau, blaugrün: Fels). Trogschulter links unten und rechts. Schutt- und Schmelzwasserminnen, Schneezunge (Lawinennal). Vegetation: dichte, langgrasige (kräftiges Rot) bis magere, kurzrasige (orange) alpine Matten (Guttal).



Kar und Karasee. Dunkel-blaugrau: Schuttdecken. Wasserfläche hier blau, kann in Abhängigkeit von der Trübung auch schwarz erscheinen (Hinterer Langtalsee). Abfluß und Karachwelle links oben.



Blaugraue, randschiff scharf begrenzte Struktur (links oben): grobklockige Schuttmasse, Zunge eines „Blockgletschers“ (Eis nur im Untergrund, zwischen dem Schutt). In höherer Lage (rechts unten) z. T. schuttbedeckte Gletscherfläche (Kastankees, Schöberggruppe).



Gipfelpyramide, durch umgebende Kare gebildet („Karling“). Oben und links Firmsüde der Gletscher, südseitig (rechts) nur Schneefelder (Hornkopf, Schöberggruppe).



Gletscher mit Firnfeld (Nährgebiet, weiß) und Gletscherbruch. Links schmale Spalte: Randkluft. Daneben kleine Schuttkegel aus benachbarter Felswand. Rechts oben, hellblau: blankes Eis (Glocknerkees).



Gletscherzunge mit Längs- und Querspalten (Palstarze). Schutt der Mittel- und Seitenmoräne: blau. Anschließend bis zur Karne der (roten) Rasen-Vegetation: Schuttrzone der ehemaligen Seitenmoräne. Geradlinige Kante der Vegetation: Rand der Gletscherzunge um 1850.

Bearbeitung: Prof. Martin SEGER, Institut für Geographie der Universität Klagenfurt

Bildflug (22. 23. Juli und 15. August 1983) und Orthofotoerstellung Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme). Wien
Digitales Bildmosaik: Repräsentanz Klagenfurt, Druck: Carinthia, Klagenfurt, Freigabe: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten Zl. 56.222/70-IX/6/83. Vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. I. 61.526/87

Hergestellt aus Mitteln des Landes Kärnten, mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Koordinaten der Kartennockpunkte (M 31): NW: Y = 445.600 X = 5.225.000 SE: Y = 470.600 X = 5.196.000

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-
Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der
Österreichischen Geographischen](#)

Gesellschaft

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: 131

Autor(en)/Author(s): Seger Martin

Artikel/Article: Physische Geographie und
Landschaftsökologie 5-26