

Studienrichtung Vermessungswesen
Technische Universität Wien

**GEOWISSENSCHAFTLICHE
MITTEILUNGEN**

Heft 23

Interpretation von Farbinfrarotbildern

Kartierung von Vegetationsschäden in Brixlegg
Schilfkartierung Neusiedler See

von

E. CSAPLOVICS

Veröffentlichungen des Institutes für Photogrammetrie

ERRATA

- Seite 22, Kap.2.4.1., Zeile 3 : $0.7 \mu\text{m}$ statt $0.8 \mu\text{m}$
- Seite 33, Kap.3.2., Zeile 28 : südöstlich statt nordöstlich
- Seite 40, Zeile 2 : $0.7 \mu\text{m}$ bis $0.9 \mu\text{m}$
- Seite 63, Kap.4.2.5.1., Zeile 4 : $(0.5-0.6 \mu\text{m})$, $(0.6-0.7 \mu\text{m})$,
 $(0.7-0.8 \mu\text{m})$
- Seite 66 : Merkmalsklasse I - Dichte : Dichteklasse 3 - Schilf < Wasser
Dichteklasse 5 - Schilf > Wasser
- Seite 67 : I/3 - Schilf < Wasser
I/5 - Schilf > Wasser
- Seite 70, Zeile 25 : $0.8-1.1 \mu\text{m}$
- Seite 92, Zeile 1 : 631 statt 613
- Seite 94, Zeile 17 : $(z_r \approx 90^\circ)$
- Seite 97 : Satz am Seitenende unvollendet; es ist zu ergänzen:
-prozeß liegenden Farbverfälschungen.
- Seite 106, Zeile 14 : $50 \mu\text{m}$
- Seite 108 : $(\sum_{128}^{255} \text{pixel} \times f_{\text{pixel}} = F_{\text{dig}})$
- Seite 112, Zeile 13 : $\Delta F =$
- Seite 157, Kap.4.3.7.3., Zeile 8 : $m_{\Delta\text{px}} = \sqrt{2m_{\text{px}}^2}$
Zeile 13 und Zeile 14 : $m_{\Delta h} =$
- Seite 165, Kap.5.1., Zeile 2 : $0.4 \mu\text{m}$ bis $1.1 \mu\text{m}$
- Seite 166,167 : Geländehöhenunterschiede statt Geländeneigungen

Studienrichtung Vermessungswesen
Technische Universität Wien

**GEOWISSENSCHAFTLICHE
MITTEILUNGEN**

Heft 23

Interpretation von Farbinfrarotbildern

Kartierung von Vegetationsschäden in Brixlegg
Schilfkartierung Neusiedler See

von
E. CSAPLOVICS

Veröffentlichungen des Institutes für Photogrammetrie

Herausgeber und Verleger: o.Prof.Dr.-Ing. K. Kraus
Vorstand des Institutes für Photogrammetrie
der Technischen Universität Wien
A-1040 Wien, Gußhausstraße 27-29

Die Kosten für den Druck wurden aus eigenen Einnahmen des
Institutes für Photogrammetrie der TU Wien getragen.

Diese Arbeit wurde an der Technisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der TU Wien zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der technischen Wissenschaften eingereicht.

Einband: Fa. F. Manhardt, Wien
Druck: ÖHTUWien - Kopie
Auflage: 500 Stück

Kurzfassung

Die Interpretation von Farbinfrarotbildern für verschiedenste wissenschaftliche Zwecke gewinnt immer mehr an Bedeutung. Vegetation weist ein charakteristisches Maximum der Rückstrahlung im nahen Infrarot und ein Abflachen der Remissionskurve bei Vitalitätsverlust auf. Im nahen Infrarot sensibilisierte Aufnahmematerialien sind deshalb zur Aufzeichnung von Vegetationsarten und deren Vitalitätszuständen prädestiniert.

Das Projekt Brixlegg zeigt die Anwendungsbereiche des (Farbinfrarot-) Luftbildes zur Kartierung immissionsbeeinflusster Zonen. Bildmaterialien verschiedenster Maßstäbe werden getestet und spezifische Klassifikationsmethoden erarbeitet. Als Ergebnisse folgen Karten der Vitalitätszustände von Baumvegetation nach flächenmethodischer und Einzelbaum-Klassifikation auf Rasterbasis.

Das Projekt Schilfkartierung Neusiedler See hat die Erfassung des gesamten österreichischen Anteils des Schilfgürtels des Neusiedler Sees zum Ziel. Ein simuliertes Farbinfrarot-Satellitenbild (LANDSAT-Kanäle 4+5+6) und Farbinfrarot-Luftbilder stehen zur Verfügung. Es werden Hand in Hand mit intensiver Feldbegehung spezifische Klassifikationsschlüssel erarbeitet. Im LANDSAT-Bild können Vitalitätsdifferenzen (und Auflockerungszonen) gut angesprochen werden. Das Farbinfrarot-Luftbild gliedert die Information Schilf in drei Merkmale: Dichte, Höhe und Vitalität. Diese Parameter werden ihrerseits wieder in Subklassen unterteilt. Nach modellweiser stereoskopischer Analyse der Luftbilder entstehen Arbeitskarten 1:10000, die den Schilfflächen dreiziffrige Klassifikationszahlen zuordnen. Digitalisierte Flächenauszüge 1:150000 gestatten die Flächenbestimmung der Bestandesarten sowie die anschließende Analyse der einzelnen Flächenanteile.

Die vorliegende Dissertation beweist anhand zweier praxisbezogener Projekte die Effizienz der Methoden der Bildinterpretation zur Untersuchung von Vegetation. Die Notwendigkeit der vermehrten Anwendung von Farbinfrarotbildern (LANDSAT, Farbinfrarot-Luftbild) bei der Durchführung von Projekten der involvierten Wissenschaften wird angedeutet und forciertes interdisziplinäres Engagement gefordert.

Abstract

The interpretation of colour infrared imagery gains increased significance for various scientific purposes.

Vegetation shows a significant maximum of reflectance in the near-infrared and a flattening of the reflectance curve in the case of vegetation damage. Thus remote sensing methods considering near-infrared radiation are of optimum use for the analysis of vegetation species and damage.

A classification of damage degrees in the area of Brixlegg is realised by means of (colour infrared) air-photography.

Various photographic materials and classification schemes are tested. The maps show the degrees of tree-damage for each element of a defined grid or for each tree of the test area.

A second example of the use of colour infrared imagery in the solution of practical problems of image interpretation is the mapping of the reeds of the Austrian part of Lake Neusiedl.

Visual interpretations of a simulated LANDSAT-colour infrared image (bands 4+5+6) and of colour infrared aerial photographs have to interact with field verifications. The LANDSAT image is of great utility for separating degrees of vitality. The aerial colour infrared photographs allow a classification of reed areas into the three characteristics: density of growth, height of growth and vitality. These classes are divided into subclasses. The six maps of the reeds of Lake Neusiedl (scale = 1:10000) are the product of a stereoscopic analysis of the aerial photographs. Numbers of three digits define specific reed areas. A calculation of areas of reed classes is realised by digitizing maps 1:150000 of these classes.

The efficiency of colour infrared imagery interpretation for solving practical problems of vegetation mapping is discussed. The applicability for these aims is of striking evidence and thus increasing activities in using colour infrared images for interpretation purposes of involved sciences are postulated.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1.	Einleitung	1
1.1.	Bildinterpretation - Versuch einer Begriffsbestimmung	2
1.2.	Die Anwendungsbereiche	2
1.3.	Physiologische und psychologische Aspekte	4
1.4.	Die konkrete Problemstellung	7
2.	Parameter der Bildinterpretation	10
2.1.	Die Meßkammer, die Kamera, der Scanner	10
2.2.	Die Atmosphäre	11
2.3.	Die Reflexion am Objekt	13
2.3.1.	Ohne Objektspezifikation	13
2.3.2.	Die Remission von Vegetation	18
2.4.	Der Farb-IR-Film und die Vitalität von Vegetation	22
2.4.1.	Der Kodak Aerochrome IR Film 2443	22
2.4.2.	Der Farb-IR-Film und die Vitalität von Vegetation	25
2.5.	Die Klassifikation von Vegetation und ihrer Vitalität mit Hilfe des Farb-IR-Bildes	29
2.5.1.	Allgemeines	29
2.5.2.	Repräsentative Beispiele	29
3.	Immissionsschädenzonierung am Beispiel Brixlegg	32
3.1.	Problematik und örtliche Situation	32
3.2.	Interpretationsmaterial und -methodik	32
3.3.	Die Darstellung und Diskussion der Interpretationsergebnisse	35
3.4.	Zusammenfassende Aussagen	39
3.4.1.	Der Anwendungsbereich der Luftbilder	39
3.4.2.	Vor- und Nachteile der Interpretationsmethoden	40

Kapitel		Seite
3.4.3.	Überblick über die Schadenssituation - Stand 1977, 1978	41
4.	Die Kartierung des Schilfgürtels des Neu- siedler Sees	42
4.1.	Der Neusiedler See - allgemeine Betrach- tungen	42
4.1.1.	Die geographische Lage	42
4.1.2.	Geologie der Landschaft Neusiedler See	42
4.1.3.	Der Neusiedler See aus historischer Sicht	45
4.1.3.1.	Die Seespiegelschwankungen	45
4.1.3.2.	Chronologie der Dimensionen des Schilf- bestandes	45
4.1.4.	Die Vegetationsarten im Schilfgürtel	46
4.1.5.	Die aktuelle Situation	48
4.1.5.1.	Der Fremdenverkehr	48
4.1.5.2.	Der Naturschutz	48
4.1.5.3.	Die Schilfwirtschaft	50
4.2.	Luft- und Satellitenbilder Neusiedler See, das Projekt Schilfkartierung	52
4.2.1.	Die "Geburt" des Projektes	52
4.2.2.	Das vorhandene Bildmaterial	53
4.2.2.1.	Die Parameter des LANDSAT-Bildes	53
4.2.2.2.	Die Parameter der Luftbilder	55
4.2.2.3.	Die den Schilfgürtel überdeckenden Farb- IR-Luftbilder	55
4.2.3.	Die Definition der Untersuchungsproblematik	58
4.2.4.	Allgemeine Vorüberlegungen	59
4.2.4.1.	Wind- und Strömungsverhältnisse am Neu- siedler See	59
4.2.4.2.	Strahlungsverhältnisse im Schilfgürtel	60
4.2.4.3.	Die farblichen Erscheinungsformen von Schilfbeständen im Farb-IR-Luftbild	62
4.2.5.	Die Entwicklung eines Klassifikations- schlüssels	63
4.2.5.1.	Der dem LANDSAT-Bild angepaßte Interpreta- tionsschlüssel	63

Kapitel		Seite
4.2.5.2.	Vorarbeiten zur Definition eines Farb-IR- Luftbild-Klassifikationsschlüssels	64
4.2.5.3.	Die Detaillierung des Klassifikations- schlüssels	65
4.2.6.	Die Klassifikation des Schilfgürtels mit dem LANDSAT-Bild	69
4.2.7.	Die Klassifikation des Schilfgürtels mit dem Farb-IR-Luftbildmaterial	74
4.2.7.1.	Die modellweise flächige Zonierung am Stereograph	74
4.2.7.2.	Das Maßstabsproblem	75
4.2.7.3.	Die exakte Klassifikation der Schilfflächen nach dem dreiziffrigen Klassifikationsschlüssel	77
4.2.7.3.1.	Einleitung	77
4.2.7.3.2.	Die modellweise Klassifikation am Stereo- graph	80
4.2.7.3.3.	Die sechs Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000	81
4.2.7.4.	Verifizierung und Unterstützung des Klassi- fikationsergebnisses durch terrestrische NF- Und Farb-IR-Photos	93
4.2.8.	Die Ermittlung von Flächen der kartierten Schilfklassen	102
4.2.8.1.	Einleitung	102
4.2.8.2.	Flächendifferenzierung und digitale Flächenermittlung	103
4.2.8.3.	Ermittlung von Flächen geringerer Häufig- keit	110
4.2.8.4.	Die den Schilfklassen zuordbaren Flächen- zahlen	110
4.3.	Diskussion der Ergebnisse des Projektes Schilfkartierung	116
4.3.1.	Das LANDSAT-Bild	116
4.3.2.	Das Farb-IR-Luftbildmaterial	118
4.3.2.1.	Die Schilfklasse 631	118
4.3.2.2.	Die Schilfklasse 632	119

Kapitel		Seite
4.3.2.3.	Die Schilfklasse 633	120
4.3.2.4.	Die Schilfklasse 531	120
4.3.2.5.	Die Schilfklasse 532	121
4.3.2.6.	Die Schilfklasse 533	121
4.3.2.7.	Die Schilfklasse 431	122
4.3.2.8.	Die Schilfklasse 432	122
4.3.2.9.	Die Schilfklasse 433	123
4.3.2.10.	Die Schilfklassen 33(1,2,3)	123
4.3.2.11.	Die Schilfklassen (3,4,5,6)2(1,2,3)	123
4.3.2.12.	Die Schilfklassen (3,4,5,6)1(1,2,3)	124
4.3.2.13.	Die Schilfklassen 63(4,5),534	125
4.3.2.14.	Nicht klassifizierte Flächen	126
4.3.2.15.	Der gesamte Schilfbestand des Neusiedler Sees	126
4.3.2.16.	Größere Wasserflächen im Schilfgürtel	127
4.3.2.17.	Anschüttungen im Schilfgürtel	128
4.3.2.18.	Baum- und Buschbestände im Bereich des Schilfgürtels	129
4.3.2.19.	Der gesamte Schilfgürtel	129
4.3.2.20.	Zusammenfassung	141
4.3.3.	Schilfklassen und Wuchsdichte	141
4.3.3.1.	Dichte Schilfbestände 63(1,2,3)	142
4.3.3.2.	Leicht aufgelockerte Bestände 53(1,2,3)	143
4.3.3.3.	Stark aufgelockerte Bestände 43(1,2,3)	143
4.3.3.4.	Sehr stark aufgelockerte Schilfbestände 33(1,2,3)	144
4.3.3.5.	Diskussion	144
4.3.4.	Schilfklassen und Wuchshöhe	144
4.3.5.	Schilfklassen und Vitalität	145
4.3.5.1.	Schilfzonen der Vitalitätsklasse 1	146
4.3.5.2.	Schilfzonen der Vitalitätsklasse 2	147
4.3.5.3.	Schilfzonen der Vitalitätsklasse 3	147
4.3.5.4.	Analogien zum Satellitenbild?	147
4.3.6.	Analyse einiger Aspekte der Flächenaus- wertung	149
4.3.6.1.	Einige Erkenntnisse in Hinblick auf die Schilfwirtschaft	149

Kapitel		Seite
4.3.6.2.	Kanäle im Schilfgürtel	150
4.3.6.3.	Die Gesamtfläche des Schilfgürtels	150
4.3.7.	Überlegungen zur Höhenstruktur der Schilf- bestände - Schilfprofile	153
4.3.7.1.	Untersuchungsgebiet Biologische Station Illmitz	153
4.3.7.2.	Untersuchungsgebiet Westufer	156
4.3.7.3.	Diskussion	157
4.4.	Die Bedeutung des Projektes für die Region Neusiedler See	158
4.4.1.	Schilfgürtel und Tourismus	158
4.4.2.	Schilfnutzung	160
4.4.3.	Naturschutz	160
4.5.	Ein Vorschlag für ein System der perpetu- ellen Schilf-Fernerkundung Neusiedler See	162
4.5.1.	Das Bildmaterial	162
4.5.2.	Das Team	162
4.5.3.	Kosten - Nutzen	163
4.5.4.	Wirtschaftlichkeit	164
5.	Schlußfolgerungen für die Vegetations- interpretation	165
5.1.	Das LANDSAT-(Farb-IR)-Bild und das Farb- IR-Luftbild	165
5.2.	Die Schilfkartierung mit Farb-IR-Luft- bildern	166
6.	Schlußwort	169
6.1.	Conclusio	169
6.2.	Dank	170
6.3.	Hinweise	172
	Literaturverzeichnis	173

1. Einleitung

Kaum zeitlich festlegbar ist der Beginn des menschlichen Interesses am Deuten, Diskutieren und Interpretieren von Inhalten bildhafter Eindrücke. War es anfangs Gesehenes, bald Gezeichnetes, das nicht nur registriert, sondern auch gedeutet wurde, so brachte das stete Streben des Menschen nach Neuerung unter anderem eine rapide Entwicklung der Darstellungsmethodik von Bildern mit sich. Die Techniken der Malerei und der Graphik verfeinerten die Struktur der Bildinhalte, neue Drucktechniken gestatteten es, immer diffizilere Aussagen zu treffen. Mit der Erfindung der Photographie - Niepce, Daguerre, 1839 - wurde ein Parameter aller vorangegangenen Methoden der Bilddokumentation nahezu eliminiert - die Subjektivität desjenigen, der Eindrücke zu Bildern verarbeitete. Die folgenden Etappen der Entwicklung der Photogrammetrie - und damit verbunden der Bildinterpretation - sind hinlänglich bekannt. Es sei darauf hingewiesen, daß Nadar und andere Ballonfahrer bereits im vorigen Jahrhundert "Luftbilder" aufnahmen (z.B. der Geologe A. Heim Jura- und Alpenaufnahmen im Jahre 1898). In den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts konnten zahlreiche Expeditionen nicht mehr auf das Luftbild zur wissenschaftlichen Dokumentation und Grundlage zur Deutung von Bildinhalten verzichten (z.B. Arktisfahrt des Luftschiffes "Graf Zeppelin", 1931). Damit begann die Ära des Luftbildes und später vor allem der Senkrecht-Luftbilder mit definierter Längs- und Querüberdeckung (stereoskopische Auswertung!) als prädestinierte Unterlage für die Interpretationsarbeiten der verschiedensten Wissenschaftszweige. Die vor relativ kurzer Zeit entwickelten nichtphotographischen Aufnahmesysteme (z.B. Scanner) erweitern das Spektrum der Möglichkeiten der Bildinterpretation nicht unwesentlich. Nicht nur vom Flugzeug, sondern auch vom Satelliten liefern Scannerdaten die Grundlage für die Bildinterpretation nach verschiedensten Inhalten.

1.1. Bildinterpretation - Versuch einer Begriffsbestimmung

Um die Voraussetzung für ein Verständnis der Bildinterpretation - und im speziellen der Luftbildinterpretation - zu schaffen, sei es gestattet, eine kurze Charakteristik der Komponenten der Gewinnung von Information aus Bildinhalten am Beispiel der Luftbildinterpretation zu geben. Die effizienteste Methode der Auswertung ist die stereoskopische Interpretation von Senkrecht-Luftbildpaaren.

Die Interpretation gliedert sich in eine qualitative Analyse von Bilddetails und deren quantitative Bestimmung. Die logische Kombination gewisser - vor allem qualitativer - Faktoren gestattet es - in einer Abhängigkeit vom Grad der individuellen Erfahrung des Interpreten - das Spektrum der Aussagekraft des Luftbildes zu erweitern. Diese Prozesse - qualitative Analyse, quantitative Bestimmung und logische Kombination - sollen möglichst gesicherte Informationen über die jeweiligen Bildinhalte liefern (Wolff, in: Rüger et al., 1978).

Wie angedeutet, basieren die Überlegungen auf dem Prinzip der visuellen Interpretation. Die durch den Computer gestützten Interpretationen von Luft- und Satellitenbildern gewinnen immer mehr an Bedeutung und bieten in manchen Bereichen große Effizienz. Dennoch können sie die Methodik der visuellen Bildinterpretation nicht ersetzen.

Eine Erweiterung der vorhandenen Begriffsbestimmung bietet der Versuch einer Darstellung der Stufen der Luftbildinterpretation in Diagrammform (Vink, 1970).

Das Diagramm Abb. 1.1. verdeutlicht die Komplexität der Problematik, die Vielzahl der Einflüsse, die berücksichtigt werden müssen, aber auch die Logik des Ablaufes einer (visuellen) Luftbildinterpretation.

1.2. Die Anwendungsbereiche

In der Photogrammetrie werden Luftbilder meist nach ihren topographischen Inhalten ausgewertet.

Bodenkunde, Geologie - vor allem Geotektonik - sowie Geomorphologie analysieren die Bildinhalte nach ihrem Informations-

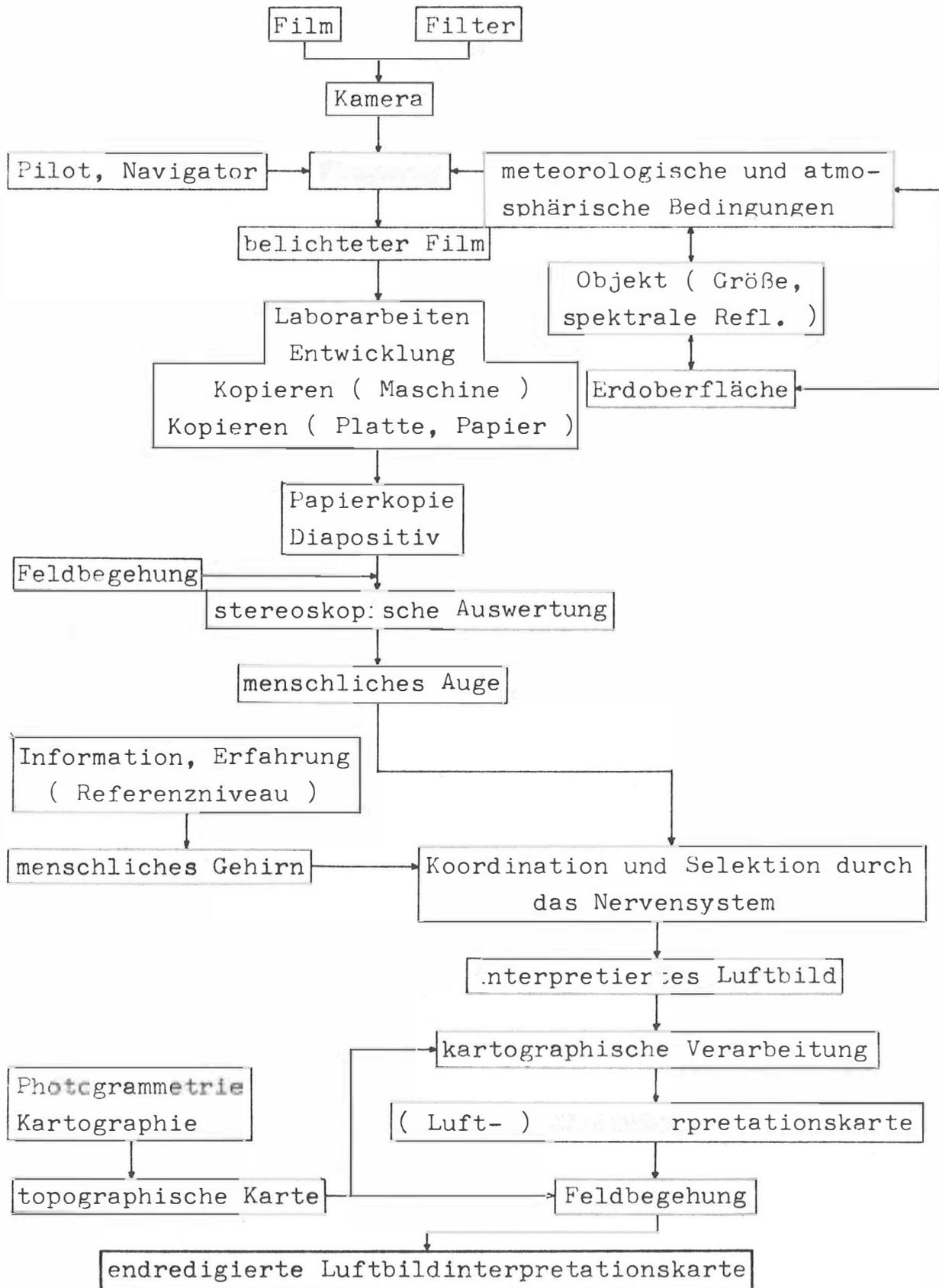


Abb. 1.1. Stufen der Luftbildinterpretation. Nach Vink, 1970.

gehalt bezüglich der Struktur der Erdoberfläche.

Aussagen über Landformen, Bewuchsarten u.ä. dienen den geographischen Wissenschaften, der Land- und Forstwirtschaft und der Vegetationskunde.

Die Untersuchung von Luft- und Scannerbildern in bezug auf Eisbedeckungen und Erscheinungsformen des Wassers auf der Erdoberfläche gestattet es, glaziologische und hydrologische Erkenntnisse zu gewinnen.

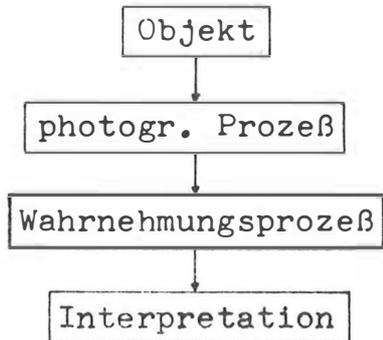
Die archäologische Bildinterpretation schließt von Strukturen der Erdoberfläche auf darunter liegende Bauwerksreste, Gräber u.ä. Viele andere Wissenschaften bedienen sich der Bildinterpretation, sei es die Raumplanung bei der Analyse von Siedlungs- und Nutzungsstrukturen, die Architektur bei der Interpretation von städtebaulichen Problemstellungen, von Details wie Fassaden, Dachformen usw., aber auch statistisch orientierte Wissenschaften bei der Verkehrsanalyse, Auslastungsabschätzung u.ä.. Dieser kurze Überblick über die Anwendungsbereiche der Bildinterpretation erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr die interdisziplinäre Bedeutung derselben unterstreichen.

1.3. Physiologische und psychologische Aspekte

Die Ergebnisse einer Interpretation nach definierten Bildinhalten werden differieren, wenn die Interpretation von mehreren Interpreten unabhängig voneinander ausgeführt wird. Innerhalb gewisser Bandbreiten wird sich die Qualität der Interpretation signifikant unterscheiden (Vermeer, 1968). Dieser Effekt führt zur Erkenntnis, daß bei der visuellen Interpretation von Luftbildern oder anderen photographischen oder nichtphotographischen Aufnahmen Vorgänge berücksichtigt werden müssen, die dem Einfluß persönlicher Konstanten unterliegen.

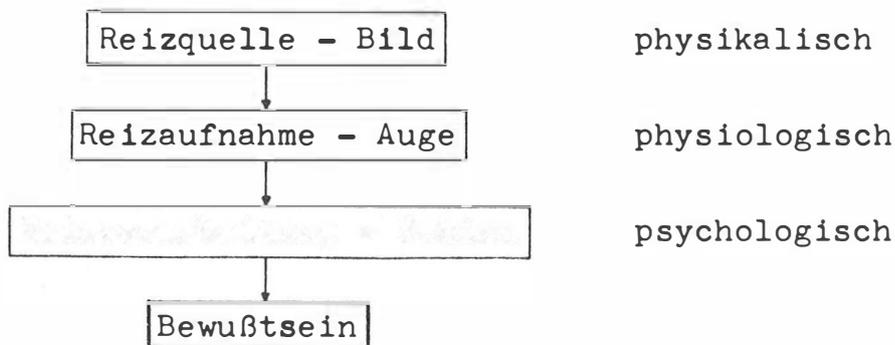
Die Verarbeitungskette, die vom Objekt zur Interpretation führt, ist in einen photographischen und einen Wahrnehmungsprozeß teilbar. Im Wahrnehmungsprozeß, der eine physikalische, eine physiologische und eine psychologische Komponente aufweist, liegen jene Verarbeitungsschritte verborgen, die für die ein-

gangs erwähnten Phänomene verantwortlich sind (Albertz, 1970).



Interpretationskette

Abb. 1.2. Aus Albertz, 1970.



Stationen der Wahrnehmung

Abb. 1.3. Aus Albertz, 1970.

In Hinblick auf die Interpretation von Farbbildern lassen sich die Stationen der Wahrnehmung wie folgt beschreiben. Die physikalische Komponente der Farbwahrnehmung basiert auf der Tatsache, daß Farbe als spezifische Form von Strahlungsenergie mit Wellenlängen von 380 nm bis 760 nm bezeichnet werden kann. Ein Teil des am Bild reflektierten Lichtes wird über die Optik des Auges auf die Sinneszellen der Netzhaut projiziert. Entsprechend der Reizintensität werden die Sinneszellen erregt und dieser Reiz wird über Nervenbahnen dem Gehirn zugeführt. Daraus folgt, daß Farbe ein Phänomen ist, das durch die Erregung von Nervenenden auf der Retina in das Gehirn induziert wird - ein physiologischer Vorgang. Wahrnehmungspsychologisch begründet ist der Vorgang der Informationsver-

arbeitung im Gehirn, der zur Ausbildung des Bewußtseins führt, entsprechende Bildinhalte "wahrzunehmen". Deren farbliches Erscheinungsbild ist der Eindruck, der durch die psychologische Substitution der visuellen Wahrnehmung von Licht gewonnen wird (Albertz, 1970, Kalensky, 1968).

Die physiologische Komponente als eine der Grundlagen für die psychologische Weiterverarbeitung von Information aus Bildern kann - ebenso wie die psychologische Komponente selbst - wesentlich detaillierter gegliedert und beschrieben werden (Hempenius, 1968).

Der Plan, mit den nun erarbeiteten Grundlagen einen Prozeß der Wahrnehmung und Interpretation anzugeben, verlangt jedoch noch einige Vorüberlegungen.

Die Systematik der Reize, die außerhalb des Wahrnehmungsprozesses liegen, wird externe Organisation genannt (z.B. die Verteilung der geschwärzten Silberbromidkörnchen am SW-Film). Die interne Organisation kann als psycho-physikalischer Vorgang der Reizverarbeitung zu Bewußtseinsinhalten im Gehirn bezeichnet werden. Sie gliedert sich in die Reizauswahl, in die flächenhafte und in die räumliche Zuordnung (Albertz, 1970). Die Reizauswahl unterliegt einem wichtigen persönlichen Einfluß des Interpreten, seiner Erfahrung und Routine. Diese äußern sich in der Fähigkeit, aus der Reizmenge, die dem Gehirn zugeführt wird, jene Information herauszufiltern, die der Verarbeitungsleistung des Gehirns in der Zeiteinheit entspricht und vor allem der spezifischen Fragestellung gerecht wird. Je umfassender die Kenntnisse des Interpreten in dem Fachgebiet sind, das sich der Bildinterpretation bedient, desto plausibler werden die Ergebnisse der Interpretation sein, desto besser werden Objekte in ihrem Zusammenhang und in ihrer Abhängigkeit erfaßt werden können.

Das Ausmaß dieser Kenntnisse wird Referenzniveau (engl. reference level) genannt (Vink, 1964, Vink, 1970).

Es wirkt sich auf die zu Beginn des Subkapitels erwähnte Weise auf den Prozeß der Wahrnehmung aus. Erfahrung und Erwartung des Beobachters sind variabel; ein Prozeß der Wahrnehmung und Interpretation kann nur iterativ sein. Diese Zusammenhänge werden in Abb. 1.4 in Diagrammform dargestellt.

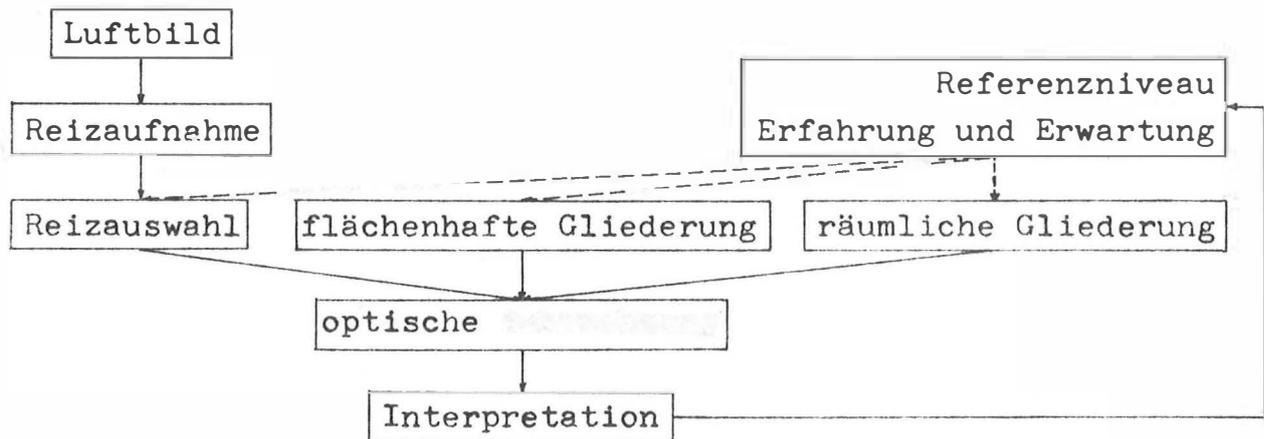


Abb. 1.4 Iterativer Wahrnehmungs- und Interpretationsprozeß.
Nach Albertz, 1970.

Schließlich bleibt noch zu erwähnen, daß die Bildinterpretation - vor allem die quantifizierende - in die Photogrammetrie eingebettet sein muß.

1.4. Die konkrete Problemstellung

Eine Konkretisierung des Zieles der vorliegenden Arbeit führt zur Thematik der Interpretation von Vegetation aus Farb-Infrarot-Bildern. Damit ergibt sich hinsichtlich der erwähnten Anwendungsbereiche eine Objektspezifizierung Vegetation, hinsichtlich des verwendeten Bildmaterials die Spezifizierung Farb-Infrarot-Bild (kurz: Farb-IR-Bild).

Bezüglich eines allgemeinen Überblickes der Bildinterpretation von Vegetation sei auf zusammenfassende Publikationen hingewiesen (für Luftbildmaterial z.B. Schneider, 1974).

Zweck der Arbeit ist es, anhand zweier konkreter Projekte, deren Ablauf vom Beginn bis zum Ende analysiert wird, realistische Beispiele für die Anwendung der Bildinterpretation im Bereiche der Vegetationserkundung anzugeben. Hierbei soll vor allem auf die Notwendigkeit der interdisziplinären Vorgangsweise bei der Durchführung derartiger Projekte, auf die Bedeutung der photogrammetrischen Fakten für die Relevanz des Endergebnisses und auf die Wichtigkeit der ständigen Diskussion von Photogrammetrie und jeweiliger Fachwissenschaft hingewiesen werden.

Die erste Problemstellung bezieht sich auf die Untersuchung der Vitalitätsunterschiede von Waldvegetation im Immissionsbereich einer Fabrikanlage in Brixlegg/Tirol. Das auf ein relativ kleines Areal beschränkte Projekt analysiert mittels Luftbild und terrestrischen Farb-IR-Photos Rauchschäden bis hin zur Einzelkrone (Csaplovics, 1980).

Kapitel 3. wird den Projektablauf etwas detaillieren.

Die zweite Problemstellung befaßt sich mit der Kartierung des Schilfgürtels des Neusiedler Sees im Burgenland. Im Gegensatz zur Situation Brixlegg überdeckt das untersuchte Gebiet mehr als 100 km² und kann daher als Aufgabenstellung einer großräumigen flächigen Zonierung einer Vegetationsart hinsichtlich mehrerer Parameter definiert werden. Die Grundlagen hierfür sind Farb-IR-Bilder wie Senkrecht-Luftbilder, terrestrische Photos und zu Farb-IR-Bild-Simulationen verarbeitete LANDSAT-Scannerdaten. Kapitel 4. beinhaltet eine ausführliche Charakteristik dieser Problemstellung.

Ein beiden Projekten gemeinsames Grundanliegen ist es, auf die Notwendigkeit der intensiven Kontrolle unserer kaum mehr intakten Umwelt hinzuweisen. In Zonen der Konfrontation menschlicher Expansion mit der Naturlandschaft wird es immer wichtiger, mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln dort Einhalt zu gebieten, wo das Interesse Einzelner das Regenerationspotential Vieler vernichtet. Die Bevölkerung soll durch objektive Information auf das Dilemma des bedingungslosen Raubbaues an unwiederbringlichen, im Laufe von Jahrhunderten gewachsenen natürlichen Landschaften hingewiesen und motiviert werden, diese zu erhalten oder zu reaktivieren. Dies ist durch den Aufbau eines allgemeinen Verständnisses für umweltrelevante Problemstellungen möglich. Das Bild - der visuelle Eindruck einer Situation - übertrifft Gesprochenes und Geschriebenes bei weitem an Informationsgehalt. Die Methoden der Fernerkundung, ein moderner Begriff für die Informationsgewinnung über die Erdoberfläche aus der Luft und aus dem Weltraum, sind prädestiniert, einen wesentlichen Schritt zur Objektivierung der Umweltproblematik zu ermöglichen. Luftbilder und Scannerdaten sind Dokumente von Ist-Zuständen und wichtigste Arbeitsgrundlagen für die Erarbeitung von Vorgangsweisen zum Schutz

dieser Ist-Zustände oder zur Herstellung von Soll-Zuständen. Die Methoden der Interpretation dieser Bilddokumente liefern reelle Informationen über die momentane Ausdehnung, Artenverteilung und den momentanen Vitalitätszustand von Vegetation. Wissens- und Meinungsbildung um die Problemkreise der umweltrelevanten Fernerkundung stehen im Vergleich zu den meisten Wissenschaften erst am Beginn einer wichtigen Entwicklung hin zur Akzeptanz ihrer Aussagen in der Öffentlichkeit. Vielleicht kann die Analyse der Problemstellungen der vorliegenden Arbeit zur Beschleunigung dieser Entwicklung beitragen.

2. Parameter der Bildinterpretation - mit besonderer Berücksichtigung der Bildinterpretation von Vegetation

2.1. Die Meßkammer, die Kamera, der Scanner

Eine photogrammetrische Reihenmeßkammer besteht aus Kammerkörper, Kassette und Kammeraufhängung. Sie liefert Senkrechtaufnahmen der Erdoberfläche, die wählbare Längs- und Querüberdeckungen aufweisen und sowohl für eine photogrammetrische als auch für eine luftbildinterpretatorisch orientierte Auswertung prädestiniert sind. Zum detaillierten Studium photogrammetrischen Basiswissens sei auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (z.B. Kraus, 1982).

Andere Kamerasysteme können entweder Senkrechtaufnahmen oder Schrägaufnahmen vom Flugzeug aus (z.B. Hazelblad) oder terrestrische Photos (z.B. konventionelle Spiegelreflexkameras) liefern.

Das Abtastsystem hält die Information zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht auf photographischem Wege fest. Das Gelände wird, vom Satelliten oder Flugzeug aus, in Streifen normal zur Fortbewegungsrichtung abgetastet. Die Streifen (scans) werden in Grundelemente (pixel) aufgelöst, denen in jedem Aufzeichnungskanal, der einem definierten Wellenlängenbereich entspricht, ein vom Detektor des Scannersystems in Abhängigkeit der empfangenen elektromagnetischen Strahlung photoelektrisch erzeugter Impuls zugeordnet wird. Diese Impulse speichert das System - meist über einen Analog-Digital-Wandler - auf ein im Flugzeug oder Satelliten, eventuell auch in der Bodenstation befindliches Magnetband. Die Zuordnung von Grauwerten zu entsprechenden Signalintensitäten bietet die Möglichkeit, bildliche Darstellungen der überdeckten Gebiete pro Aufzeichnungskanal oder als Synthese mehrerer Kanäle zu realisieren.

Anmerkung: Die Verwendung von Photographie und Scanner-Aufnahmen erfordert eine Änderung des Begriffes Luftbildinterpretation. Die Interpretation von Photographien und Scanner-Aufnahmen wird durch den Begriff Bildinterpretation zusammengefaßt. Dieser Terminus technicus wurde und wird in der vorliegenden Arbeit im Sinne der definierten Bedeutung verwendet.

Luftmolekülen, verminderte Bestrahlungsstärke läßt sich durch $E = E_0 \cdot e^{-k \cdot \lambda^{-4}} \cdot s$, mit $k \cdot \lambda^{-4}$ = Extinktionskoeffizient, s = Weglänge, $e^{-k \cdot \lambda^{-4}}$ = Transmissionsfaktor, ausdrücken. Mit Berücksichtigung des Aerosol kommt man zur allgemeingültigen Beziehung $E = E_0 \cdot \tau_\lambda^s$, mit τ_λ = Transparenz, die sich aus dem Transmissionsfaktor und einem den Einfluß des Aerosol berücksichtigenden Anteil zusammensetzt.

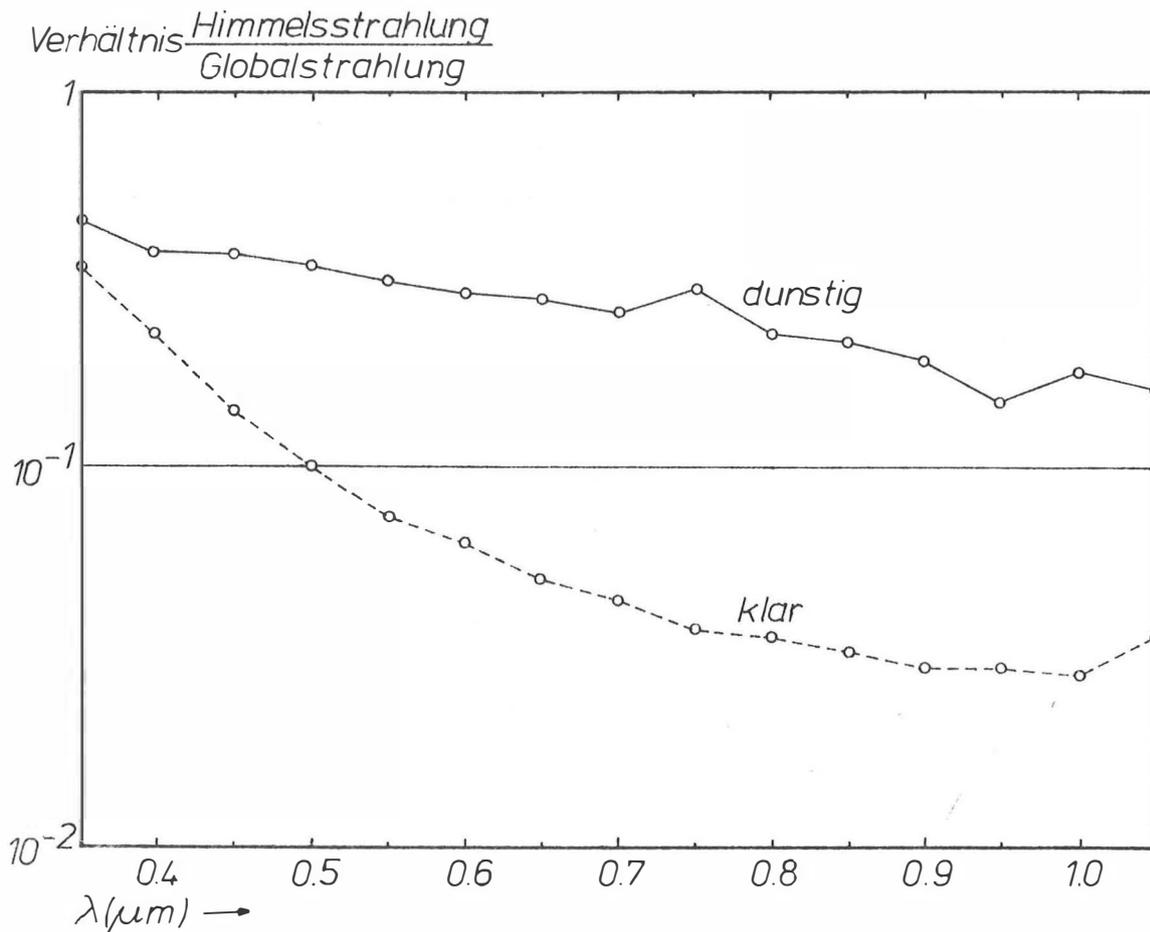


Abb. 2.2 Verhältnis der Himmelsstrahlung zur Globalstrahlung in Funktion der Wellenlänge. Nach Mc Dowell, 1974.

Die auf eine horizontale Geländeoberfläche auftreffende Bestrahlungsstärke ist durch $E = E_0 \cdot \tau_\lambda^s \cdot \cos z_1$ gegeben, wobei z_1 für die Zenitdistanz der Sonne steht. Bei klarem Himmel und hochstehender Sonne erreicht die Bestrahlungsstärke E Werte um 907 Wm^{-2} (nach Scotland, 1975).

Vor und nach der Reflexion an der Erdoberfläche (Kap. 2.3.)

unterliegt die in der Kamera für die Belichtung des Filmes wirksame Bestrahlungsstärke dem Einfluß des Luftlichtes, das in der Atmosphäre abgelenktes und gestreutes Licht ist. Durch Überlagerung entstehende Kontrastminderung kann durch Filter teilweise verhindert werden. Weiters ist eine Abhängigkeit der effektiven Bestrahlungsstärke von der Zenitdistanz z_2 des Aufnahmeortes gegeben.

2.3. Die Reflexion am Objekt

2.3.1. Ohne Objektspezifikation

Die auf das Gelände auftreffende Globalstrahlung wird absorbiert und/oder reflektiert und/oder transmittiert. Zur Reflexion addiert sich eine objektspezifische Eigenstrahlung - nach dem Kirchhoff'schen Strahlungsgesetz ist jedem Körper ein Emissions- und ein Absorptionsvermögen zu eigen, deren Verhältnis zueinander konstant ist. Die Summe aus Reflexion und Emission wird Remission bzw. Albedo (meteorologische Terminologie) genannt und ist als Verhältnis der reflektierten und emittierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung (Globalstrahlung) definiert. Die Summe aus Absorption, Reflexion und Transmission ist konstant. Die reflektierte Strahlung wird infolge der Unregelmäßigkeit der Oberflächen diffus zerstreut, man spricht von diffus reflektierter Strahlung, die in ihrer Intensität richtungsabhängig ist. Weiters läßt sich eine Abhängigkeit der Remission von der Wellenlänge des Lichtes postulieren. Das Verhältnis der remittierten zur auftreffenden Strahlung in Wellenlängenbereichen des sichtbaren Teil des Spektrums ist charakteristisch für die Farbwirkung eines Objektes. Die nach Reflexion am Objekt für das Aufnahmesystem wirksame Bestrahlungsstärke $E = E_0 \cdot \tau_\lambda^s \cdot \cos z_1 \cdot R_\lambda \cdot \cos z_2$ beinhaltet den Faktor R_λ der Remission (Albedo) in Abhängigkeit der Wellenlänge sowie in z_2 die Zenitdistanz des Aufnahmeortes. Hinter τ_λ verbirgt sich der Faktor der Transparenz bezüglich des gesamten Strahlenweges. Diese Bestrahlungsstärke E (vgl. Abb. 2.1) bestimmt - vom Luftlicht überlagert - das Ausmaß der Schwärzung des Filmes bzw. der Intensität der elektrischen

Signale im Scannersystem.

Die objekttypische Remission kann vom Standpunkt der Bildinterpretation als die wichtigste Größe bezeichnet werden. Aus diesem Grunde war und ist es ein Hauptanliegen der Interpreten, die Remission von Objekten zu untersuchen und zahlenmäßig zu erfassen. Die Remission verschiedener Oberflächen ohne Berücksichtigung des Luftlichtes zeigt Tabelle 2.1.

dunkler Wald, Hecken	1%-3%
Acker, naß	5.5%
Acker, trocken	7%
Teerstraße	8%
grünes Gras, naß	9%
grünes Gras, trocken	14%
gelber Sand, naß	18%
gelber Sand, trocken	31%
Kalkfels	30%
alter Schnee	42%-70%
Neuschnee	80%-85%

Tab. 2.1 Remission (Albedo) in % für verschiedene Oberflächen, sichtbares Licht und senkrechten Lichteinfall. Aus Schwidersky, 1960.

Von großer Bedeutung ist die Kenntnis der Objektremissionen in Funktion der Wellenlängen des Lichtes, für die herkömmliche und im nahen Infrarot (n-IR) sensibilisierte Filme empfindlich sind. Eine für die Fernerkundung bereits historische Publikation (Krinow, 1947) bietet einen informativen Überblick repräsentativer Objektremissionen in Abhängigkeit der Wellenlänge (Abb. 2.3). Bereits diese Untersuchung zeigt die frappante Differenz der Remissionsgrößen von Vegetation und z.B. Wasser im nahen Infrarot, während im Bereich von $0.5 \mu\text{m}$ (grün) kaum Unterschiede auftreten.

Eine weitere, bereits angedeutete Variation der Remission beruht auf der Lage des Aufnahmeortes zum Objekt (Zenitdistanz z_2) und dem Sonnenstand (Zenitdistanz z_1). Während zu Beginn der Untersuchungen von Remissionseigenschaften vielfach

angenommen wurde, Objekte würden das auftreffende Licht nach allen Seiten gleichmäßig reflektieren, haben zahlreiche Arbeiten bewiesen, daß Sonnenhöhe und Aufnahmeort wichtige Parameter für die endgültige Erscheinung des Objektes im Bild sind.

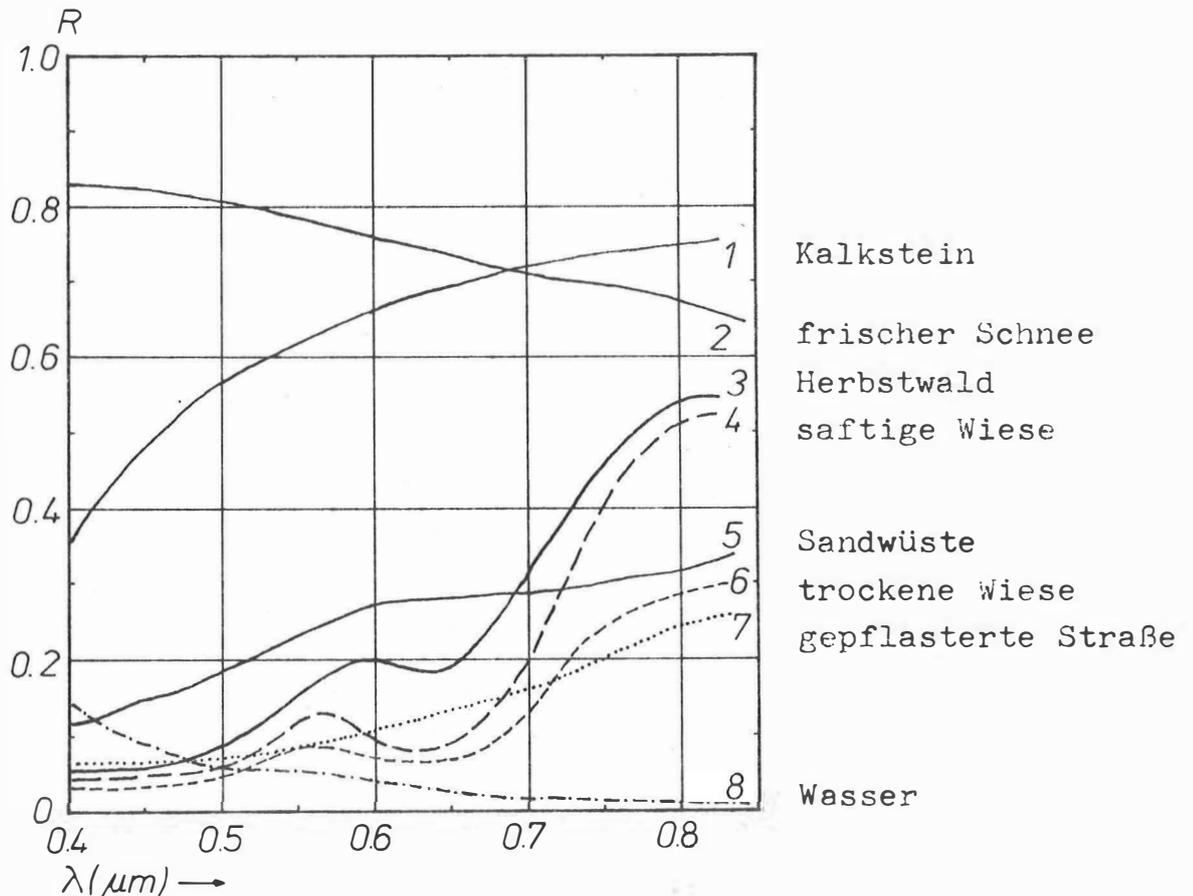


Abb. 2.3 Relative spektrale Remission für verschiedene Oberflächen im Wellenlängenbereich $0.4 \mu\text{m}$ – $0.85 \mu\text{m}$.
Nach Krinow, 1947.

Die Geometrie der Reflexion ist in Abb. 2.4 skizziert. Ein Einfallshalbraum w definiert mit z_1 , a_1 den Zenitwinkel und das Azimut der aus einer Richtung einfallenden Strahlung, mit z_r , a_r den Zenitwinkel und das Azimut der in eine Richtung reflektierten Strahlung. Der gerichtete Reflexionsgrad ρ kann in seiner allgemeinsten Form als Verhältnis der in eine Richtung reflektierten zur einfallenden Strahlung definiert werden. Die in situ-Messung der reflektierten Strahldichte $L_r(z_r, a_r)$

und der einfallenden Strahldichte $L_i(z_i, a_i)$ als Strahldichte L_{RS} eines Reflexionsstandards (Strahldichte L in $W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$, vgl. Albertz, 1980) erlaubt bei Kenntnis der im Labor zu ermittelnden Reflexionswerte des Vergleichsstandards die Berechnung des gerichteten Reflexionsgrades (en detail in Kriebel et al., 1975) Meßgeräte, die es erlauben, gerichtete Reflexionsgrade in situ zu bestimmen, sind (Spektro-) Radiometer. In mehreren Kanälen werden simultan spektrale Strahlungsflüsse gemessen (Kriebel et al., 1975; Kadro, Fischer, 1976; Kimes et al., 1980).

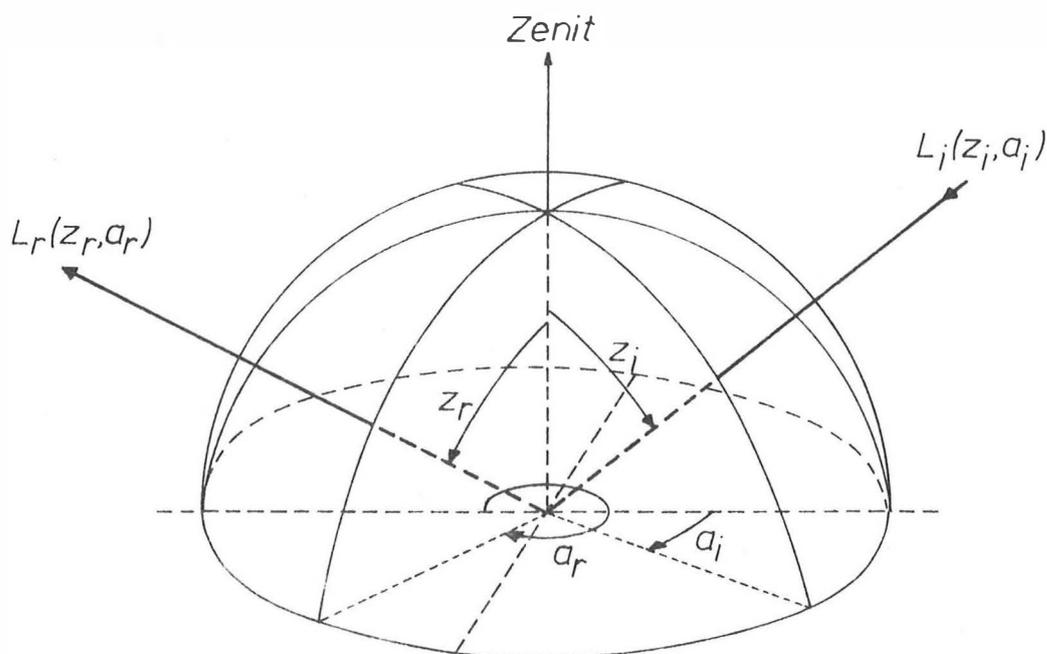


Abb. 2.4 Geometrie der Reflexion. Nach Kriebel et al., 1975.

Bei invarianter Beobachtungsrichtung ($z_r = \text{const.}$) kann der Einfluß einer variablen Zenitdistanz der Sonne z_i auf den gerichteten Reflexionsgrad ϱ untersucht werden. Dies sei für Rasen - mit $z_r = 50^\circ$, $a_r = 0^\circ$ - gezeigt. Es wird die Änderung des gerichteten Reflexionsgrades $\Delta\varrho(\%)$ bezogen auf den Kulminationspunkt der Sonne aufgetragen. ϱ fällt vom Morgen bis mittags um 30%, um im Laufe des Nachmittags um denselben Wert anzusteigen. Das Minimum zum Zeitpunkt der Kulmination läßt sich durch die geringe Bestrahlungsstärke der senkrecht zur Bezugsfläche stehenden Grashalme bei Höchststand der Sonne erklären (Kriebel et al., 1975).

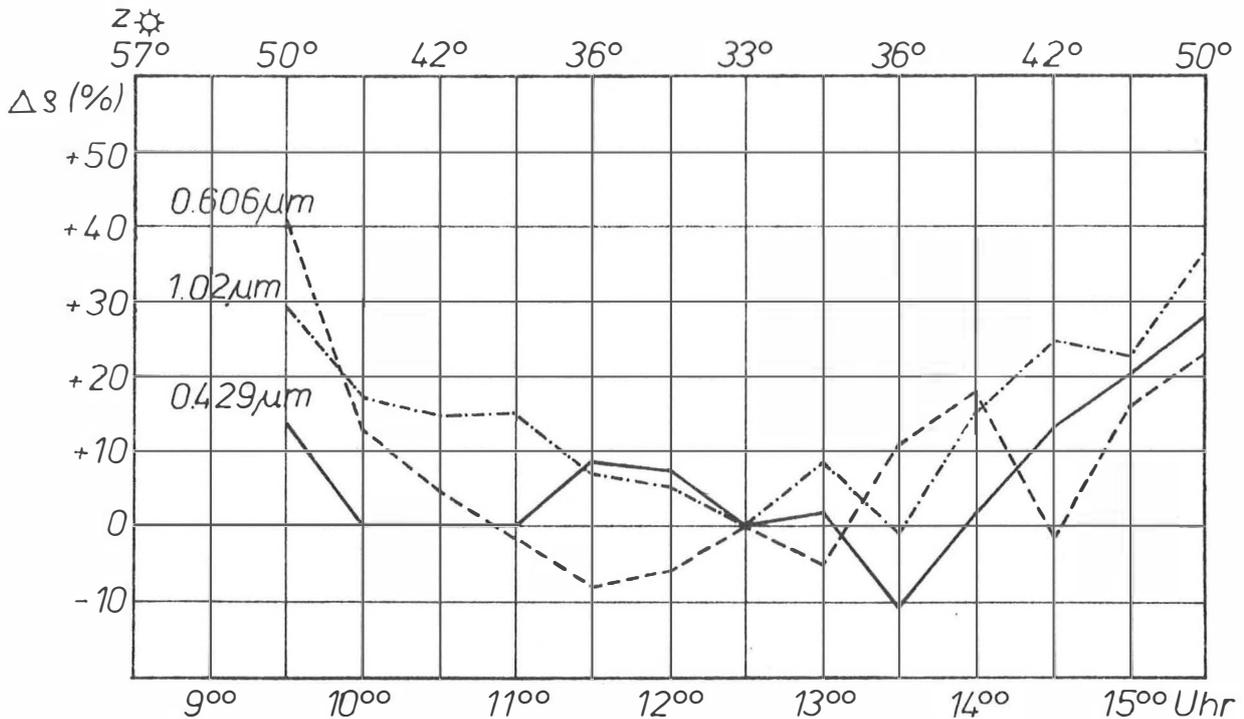


Abb. 2.5 Relative Änderung des gerichteten Reflexionsgrades $\Delta\rho(\%)$ von Rasen in Abhängigkeit der Sonnenzenitdistanz. Aus Kriebel et al., 1975.

Abb. 2.6 ist ein Diagramm der relativen Änderung - mit $\Delta\rho = 0$ für $z_r = 0$ - des gerichteten Reflexionsgrades $\Delta\rho(\%)$ für sonnenbeschienenen Rasen in Funktion der Beobachtungsrichtung. Es sei auf die zunehmende Tendenz einer Symmetrie bezüglich $z_r = 0$ bei Variation des Azimutwinkels a_r von 0° gegen 90° hingewiesen. Die signifikante Wellenlängenabhängigkeit von $\Delta\rho(\%)$ weist auf eine Farbänderung des Rasens bei Variation der Beobachtungsrichtung hin. Dieser Tatsache muß sich der Interpret stets bewußt sein (Meier, 1967).

Diese Abhängigkeit steht in engem Zusammenhang mit der Objektstruktur und ist nicht für alle Objekte postulierbar (z.B. Sand, Kriebel et al., 1975).

Die Abhängigkeit des Reflexionsgrades von Sonnenstand und Beobachtungsrichtung beeinflusst nicht nur die objektspezifische Erscheinungsform im Luftbild, sondern natürlich auch aufgezeichnete Scannerdaten. Als erstes läßt sich sofort eine Variation der Helligkeit über die Streifenbreite feststellen, die

in jedem Aufzeichnungskanal anders ausgeprägt ist. Es zeigt sich, daß neben atmosphärischen Einflüssen überwiegend die Lage und Struktur des Objektes, sowie die Variation des Sonnenstandes die Richtungsabhängigkeit des Reflexionsgrades verursachen (Pfeiffer, 1982).

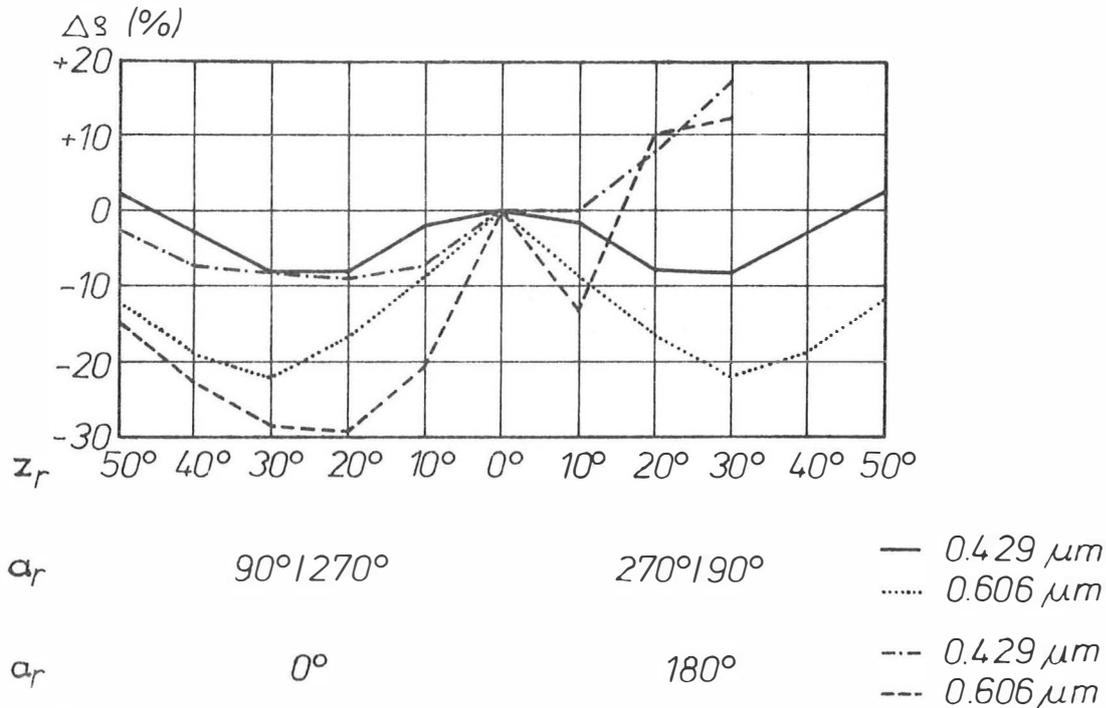


Abb. 2.6 Abhängigkeit des gerichteten Reflexionsgrades von der Beobachtungsrichtung, $z_1 = 38^\circ-42^\circ$, $a_1 = 0^\circ$. Aus Kriebel et al., 1975.

2.3.2. Die Remission von Vegetation

Die Remissionskurve eines Pflanzenblattes (Abb. 2.7) besitzt im Bereich des sichtbaren Lichtes ($0.4 \mu\text{m} - 0.7 \mu\text{m}$) bei allgemein geringer Rückstrahlung ein wenig ausgeprägtes Maximum bei ca. $0.55 \mu\text{m}$, also im grünen Spektralbereich. Die hohe Absorption in diesem Wellenlängenbereich beruht auf sehr großen Absorptionsraten von Chlorophyll. Ein weiteres, wesentlich ausgeprägteres und breiteres Maximum besitzt die Kurve der Remission zwischen $0.7 \mu\text{m}$ und $1.3 \mu\text{m}$. Hier findet nur begrenzte Absorption statt. Im Wellenlängenbereich von $1.3 \mu\text{m}$ bis $2.5 \mu\text{m}$ besteht eine enge Beziehung zwischen dem Wasserhaushalt der Pflanzenteile und deren Remission. Ausgeprägte Reflexions-

minima sind Absorptionsmaxima.

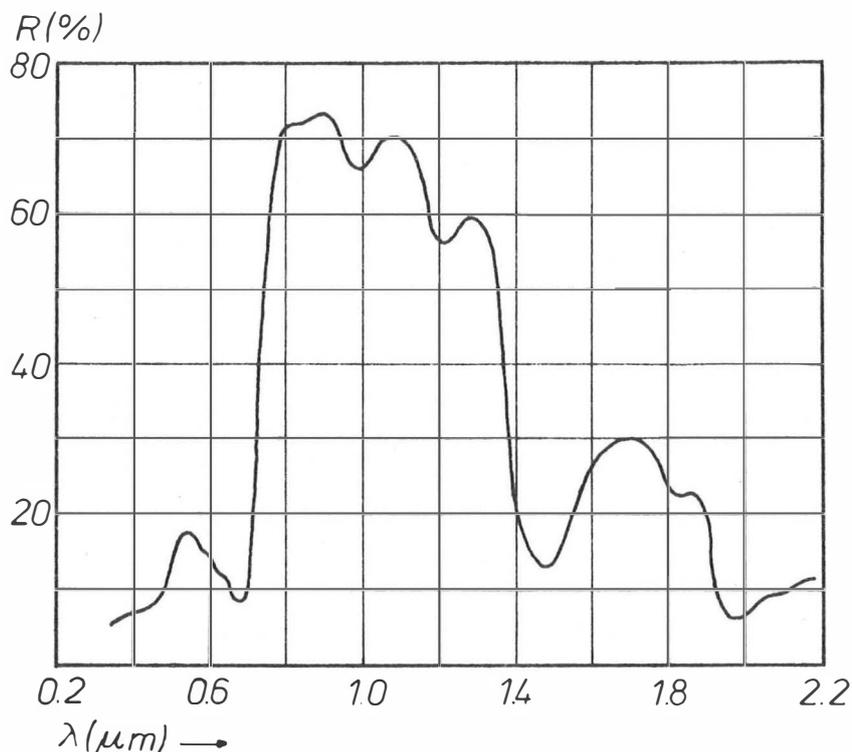


Abb. 2.7 Theoretische Remissionskurve eines Pflanzenblattes.
Nach Alekseev, Belov, 1960.

Untersuchungen am Blattpigment haben ergeben, daß für Wellenlängen des nahen Infrarot Chlorophyll nahezu durchlässig ist. Die hohen Reflexionsraten des Pflanzenblattes im n-IR werden durch die Objektstruktur - die Organisation der Pflanzenzellen - verursacht, die zu mehrfacher Brechung und Reflexion der Lichtstrahlen an den Zellwänden (des Blattmesophylls) führt (Wood, 1910).

Die von Pflanze zu Pflanze unterschiedliche Zellorganisation führt zu artenbedingten Schwankungen des Ausmaßes der Remission im n-IR. Die Remissionsmaxima von Vegetation im n-IR ermöglichen eine effektive Trennung des Pflanzenbewuchses von anderen Objektoberflächen (vgl. Abb. 2.3).

Doch auch Arten der Vegetation selbst unterscheiden sich in ihrem Reflexionsverhalten vor allem im Bereich des n-IR (Abb. 2.8, Abb. 2.9).

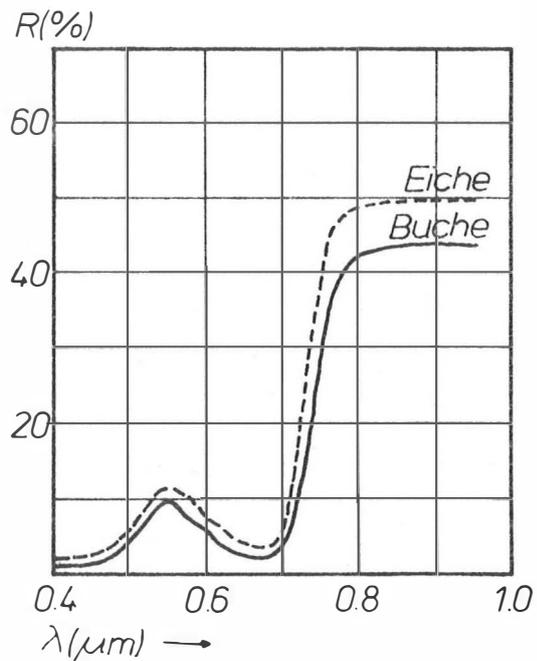
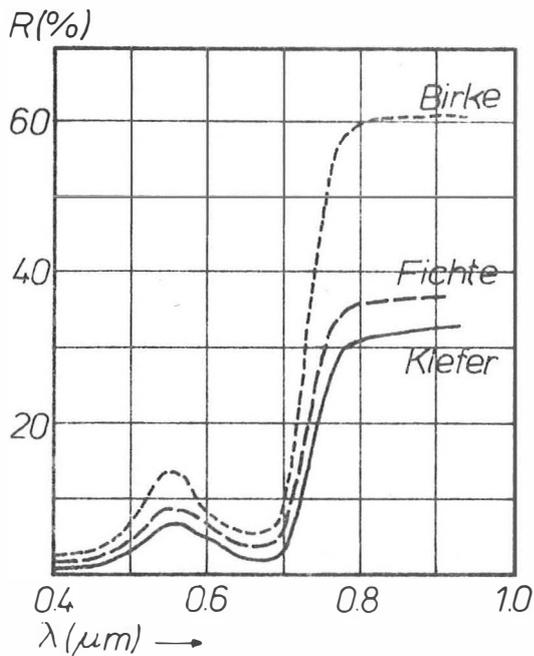


Abb. 2.8, Abb. 2.9 Remissionskurven dreier Baumarten bzw. zweier Laubbaumarten. Nach Meier, 1962; Bäckström, Wellander, 1953; Fritz, 1967; Pollanschütz, 1968.

Bei durchmischten Baumbeständen erlaubt das charakteristische Verhalten der Rückstrahlung der einzelnen Baumarten weitestgehende Differenzierung. Nadelbäume besitzen im n-IR geringer ausgeprägte Remissionsmaxima als Laubbäume. Einzelne Nadel- und Laubbaumarten lassen sich darüber hinaus ebenfalls auf Grund ihres Rückstrahlungsverhaltens im n-IR differenzieren (vgl. Abb. 2.8, Abb. 2.9).

Die Alterung von Vegetation im Laufe der Jahre bzw. Jahreszeiten wirkt sich markant auf das Remissionsverhalten aus (Abb. 2.10).

Die Problematik des Transfers der Remissionskurve eines Blattes auf das Erscheinungsbild einer oder mehrerer Baumkronen wurde bereits früh erkannt (Meier, 1962).

Die Messung im Bild, damals postuliert, ist z.B. in Form der Ermittlung von Remissionskurven aus Farbdichten des Films realisiert (Mc Dowell, Specht, 1974).

Es sei die Tatsache erwähnt, daß die Rückstrahlung einer Baumkrone geringer als jene eines einzelnen Blattes ist, die beiden

Kurven jedoch ähnlich sind. Messungen des gerichteten Reflexionsgrades ϱ von Baumarten im Vergleich zu Labormessungen an einzelnen Blättern beweisen dies (Abb. 2.11).

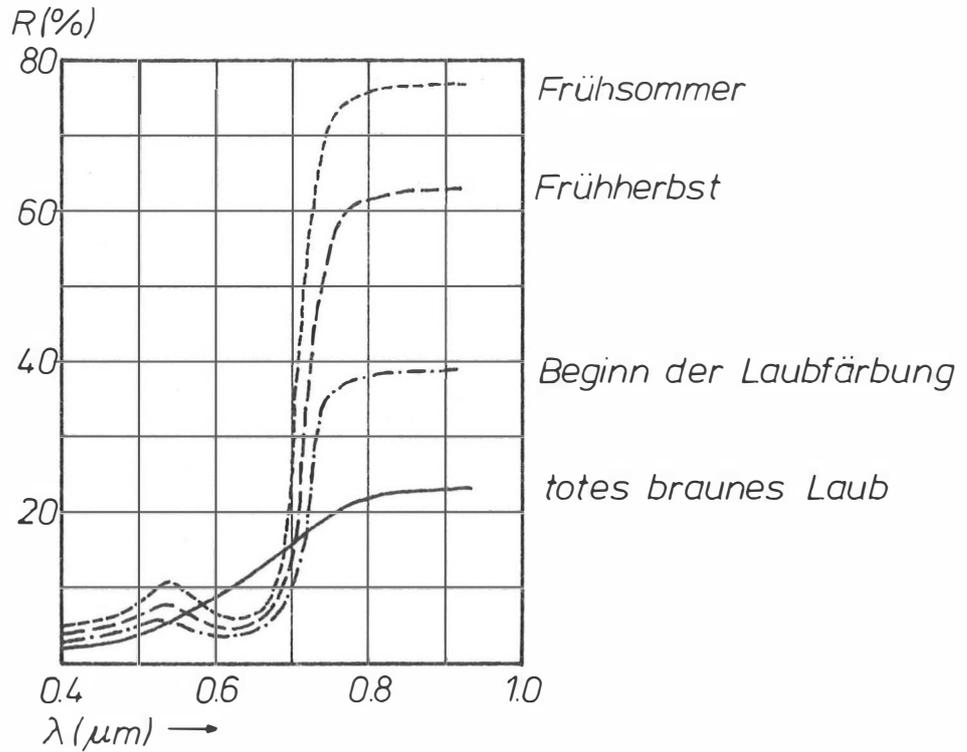


Abb. 2.10 Veränderung der Remissionskurve von Blattlaub im Laufe der Jahreszeiten. Nach Bäckström, Wellander, 1953.

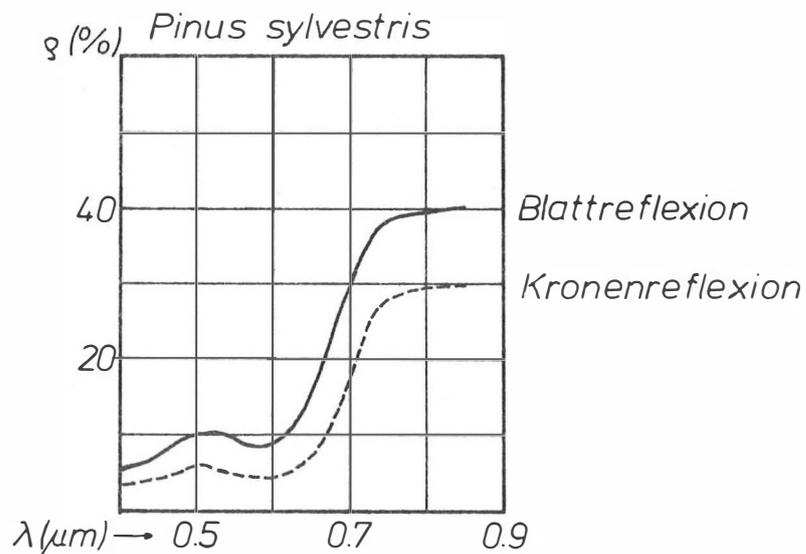


Abb. 2.11 Gerichteter Reflexionsgrad ϱ von Nadeln und Krone gleicher Baumart, $z_r = 0^\circ$. Nach Kharin, 1973.

2.4. Der Farb-IR-Film und die Vitalität von Vegetation

2.4.1. Der Kodak Aerochrome IR Film 2443

Die drei Schichten des Kodak Aerochrome IR Films 2443 sind für den grünen, roten und einen Spektralbereich im angrenzenden n-IR (ca. $0.8 \mu\text{m} - 0.9 \mu\text{m}$) sensibilisiert. Da die drei Schichten im blauen Spektralbereich gleichermaßen empfindlich sind, wird mittels eines Filters (z.B. Wratten No.12, No.15) mit einer Kante bei ca. $0.5 \mu\text{m}$ der Blauanteil des einfallenden Lichtes eliminiert. Im Rahmen eines Entwicklungsvorganges - der Umkehrfarbentwicklung - ermöglichen die während der Fabrikation in die drei Filmschichten eingebrachten Kuppler-Farbstoffkomponenten die Erzeugung der Komplementärfarben Gelb aus der grünempfindlichen Schicht, Magenta aus der rottempfindlichen und Cyan aus der IR-empfindlichen Schicht. Die wahrgenommenen Farbeindrücke sind Blau, Grün und Rot, da jede der drei Farbschichten - im Durchlicht bei weißem Licht betrachtet - wie ein Filter wirkt und die Farbe, die in einem Bildpunkt wahrgenommen wird, die durch Subtraktion der Schichtfilterfarbe vom weißen Licht entstandene Komplementärfarbe ist.

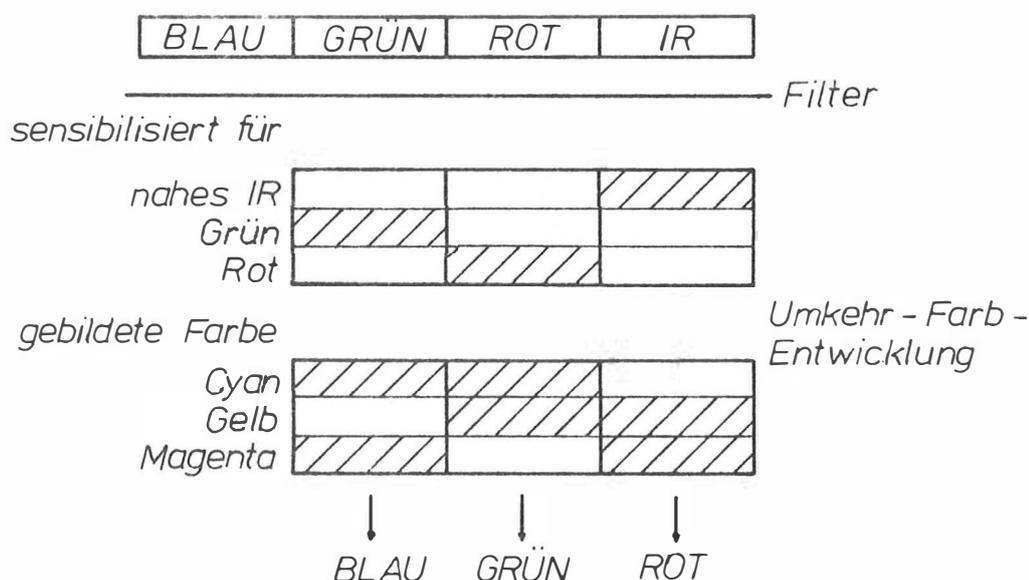


Abb. 2.12 Prozeß der Umkehrfarbentwicklung für Farb-IR-Film.
Nach Formes, Reimold, 1973; Blank, 1978.

Abb. 2.13 zeigt die logarithmische Empfindlichkeit der drei Filmschichten in Funktion der Wellenlängen des Lichtes. Der Kodak Farb-IR-Film 2443 besitzt ein Auflösungsvermögen von 63 Linien/mm bei einem TOC (Test-Objekt Contrast) von 1000:1 bzw. von 32 Linien/mm bei einem TOC von 1.6:1.

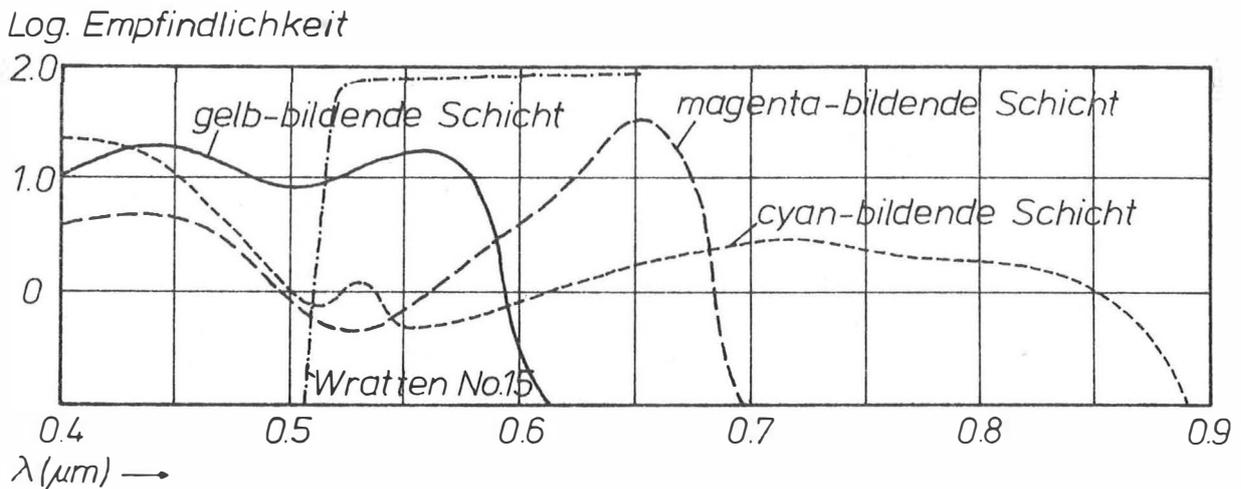
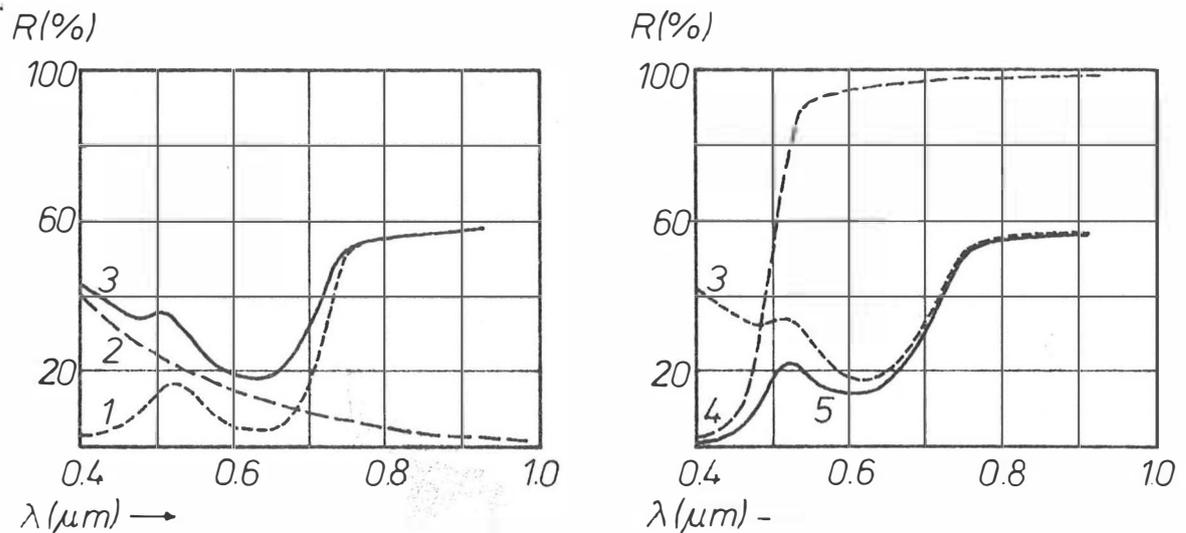


Abb. 2.13 Spektrale Empfindlichkeitskurve für Kodak Farb-IR-Film 2443. Aus Kodak, 1976.

Die in der Rückstrahlung von Vegetation liegende Information wird über das System einer photographischen Kamera oder eines Scanners auf Film bzw. Magnetband gespeichert. Eine Zusammenfassung der die Form der Remissionskurve vom Zeitpunkt der Reflexion am Objekt (Vegetation) bis zur photographischen Aufzeichnung beeinflussenden Größen ergibt eine charakteristische Verteilung der elektromagnetischen Strahlung im Bereich des sichtbaren Lichtes sowie im n-IR (Abb. 2.14). Als Voraussetzung ist sonnenbestrahlte Vegetation angenommen. Die Remissionskurve für beschattete Vegetation verläuft äußerst flach und ist nicht repräsentativ.

Die auf die photographische Schicht auftreffende Strahlung (Kurve Nr. 5) besitzt ebenso wie die remittierte Strahlung eines Pflanzenblattes (vgl. Abb. 2.7) ein Maximum im grünen Bereich des sichtbaren Lichtes und ein stark ausgeprägtes Maximum im n-IR. Diese Maxima treten infolge Streulichteinfluß etwas verflacht auf.



- 1...Remissionskurve bei Sonnenbestrahlung
- 2...zusätzliche Streulichtwirkung für sonnenbestrahlte Flächen
- 3...Gesamtremission von sonnenbestrahlter Vegetation mit Streulichtüberlagerung (vom Flugzeug aus gesehen)
- 4...Lichtdurchlässigkeit eines minus blue-Filters
- 5...auf die photographische Schicht auftreffende Strahlung von sonnenbestrahlter Vegetation

Abb. 2.14 Spektrale Remission von Vegetationslaub bei Sonnenbeleuchtung. Nach Corten, 1966.

Um das durch die auf den Farb-IR-Film auftreffende elektromagnetische Strahlung im Rahmen der Umkehrfarbentwicklung entstehende Bild von Vegetation in seiner farblichen Erscheinungsform näher zu beschreiben, sei die Relation zwischen spektraler Intensität der Strahlung, Belichtung der drei Farbschichten und der resultierenden Farbe von Vegetation dargestellt (Abb. 2.15). Dem Ausmaß der Maxima im Grün bzw. n-IR entsprechend wird ein großer Anteil grünes Licht auf die grünempfindliche Schicht, ein sehr großer Anteil von Licht des n-IR auf die im n-IR empfindliche Schicht auftreffen, während der Anteil des für die rotempfindliche Schicht wirksamen Lichtes gering ist. Da die Intensität der Farbbildung der Belichtung umgekehrt proportional ist, entsteht nach der Umkehrfarbentwicklung eine relativ dünne Gelb-Schicht, eine sehr dünne Cyan-Schicht und eine stark ausgeprägte Magenta-Schicht. Gelb absorbiert Blau,

Magenta absorbiert Grün, Cyan absorbiert Rot (Subtraktion). Der resultierende Farbeindruck für ungestörte Vegetation wird sich daher aus einer Mischung von blauem und rotem Licht zusammensetzen, also umso mehr rot als violett sein, je größer das Remissionsmaximum im n-IR ist (vgl. Abb. 2.8 und Abb. 2.9, Laubbaum-helleres Rot, Nadelbaum-dunkleres Rot bis Magenta).

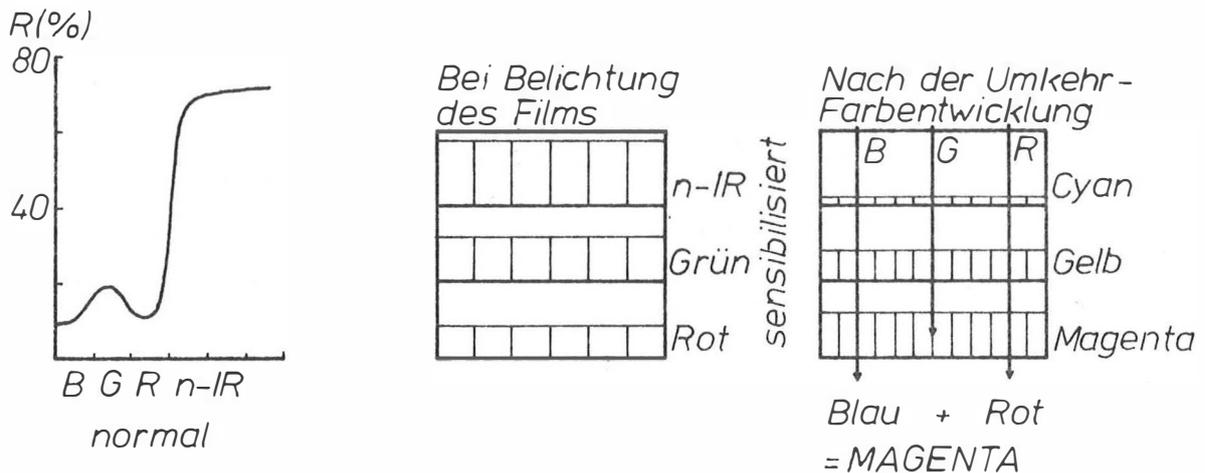
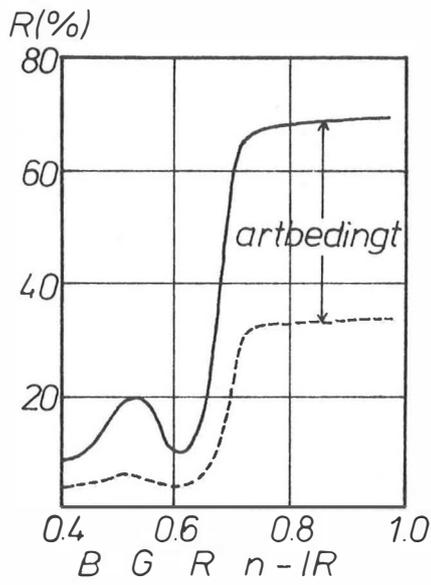


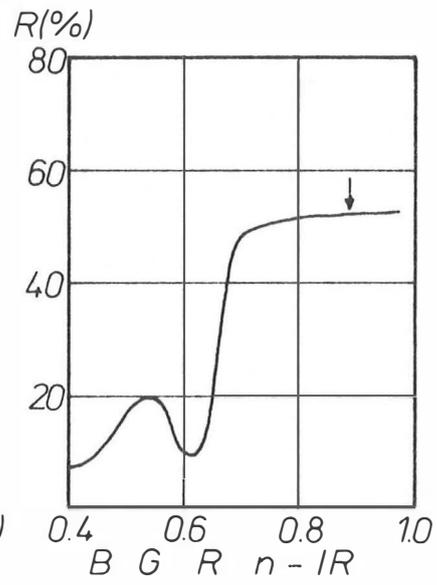
Abb. 2.15 Charakteristische Remissionskurve für ein normales grünes Laubblatt und Relation zur Farbbildung des Farb-IR-Films. Aus Murtha, 1978.

2.4.2. Der Farb-IR-Film und die Vitalität von Vegetation

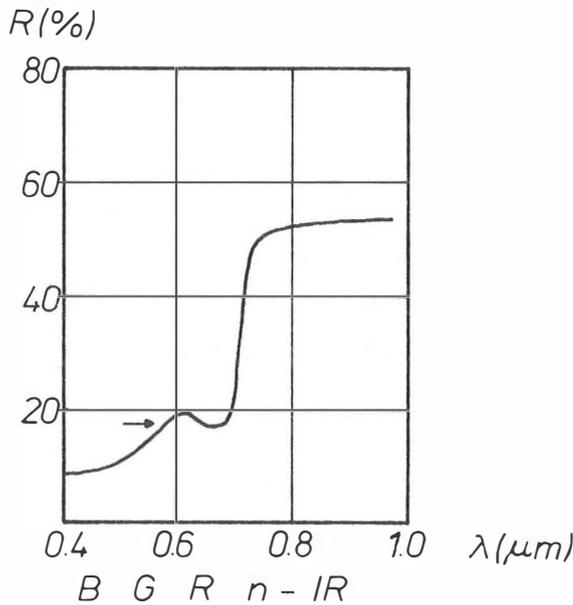
Die Möglichkeit der Erfassung des charakteristischen Rückstrahlungsmaximums der Vegetation im n-IR durch den in diesem Wellenlängenbereich sensibilisierten Farb-IR-Film unterstreicht die Bedeutung desselben für die Photointerpretation von Vegetation. Eine Erweiterung stellt die Differenzierung einer Vegetationsart nach dem Grade der Vitalität dar. Der Vitalitätszustand von Vegetation wirkt sich im besonderen auf das Remissionsmaximum im n-IR aus und führt mit fortschreitendem Vitalitätsverlust zu einer immer stärkeren Verflachung der Remissionskurve. Es ist naheliegend, daß diese Verflachung eine entsprechende Änderung der Farbe der zu untersuchenden Vegetation im Farb-IR-Bild bewirkt. Abb. 2.16 veranschaulicht die bei schrittweisem Vitalitätsverlust vor sich gehenden Veränderungen der spektralen Remissionsverhältnisse.



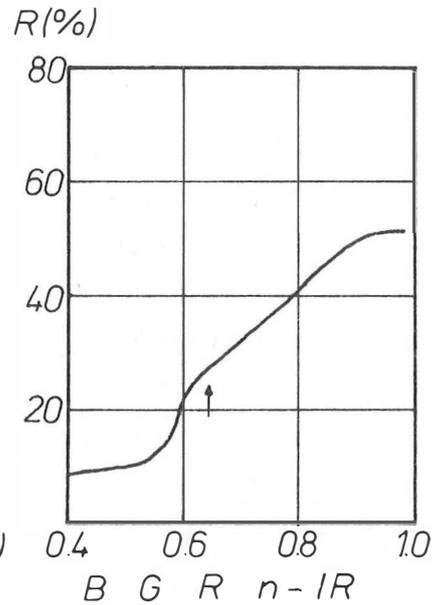
normales grünes
Blatt



Vitalitätsverlust
nur im n-IR Bereich
erkennbar



chronische Schädigung,
gelbliches Blatt



abgestorbenes rot-
braunes Blatt

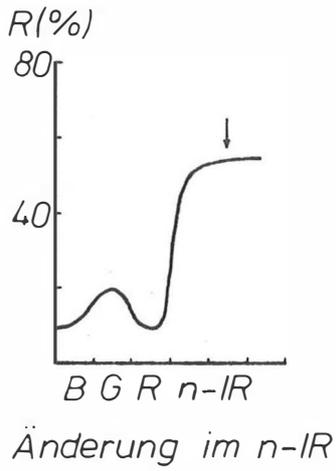
Abb. 2.16 Charakteristische Veränderungen der Remissionskurve eines Blattes in Abhängigkeit des Vitalitätsgrades. Nach Murtha, 1978 (aus Colwell, 1956; Gates, 1970; Kalensky, Wilson, 1975; Hildebrandt, 1976; Gausman, 1977).

Die Rückstrahlungskurve eines gesunden Blattes zeigt die bekannten Remissionsmaxima im grünen ($0.5 \mu\text{m} - 0.6 \mu\text{m}$, 10% - 20% Remission) und im Spektralbereich des n-IR ($0.7 \mu\text{m} - 0.9 \mu\text{m}$, 30% - 70% Remission). Eine artspezifische Unterscheidung bietet die unterschiedliche Ausprägung des Maximums im n-IR, deren Ursache auch das Alter der Vegetation, die Bodenkonsistenz u.ä. sein können. Im Bereich des Blau ($0.4 \mu\text{m} - 0.5 \mu\text{m}$) und des Rot ($0.6 \mu\text{m} - 0.7 \mu\text{m}$) treten Remissionsminima auf.

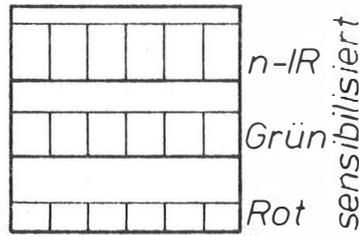
Leichter Vitalitätsverlust bewirkt eine Verringerung des Rückstrahlungsmaximums im n-IR. Da die Form der Kurve ansonsten gleich jener von vitaler Vegetation bleibt, wird sich dieser geringe Vitalitätsverlust nur im Farb-IR-Bild bemerkbar machen. Fortschreitender Vitalitätsverlust führt in natura zu einer Gelbfärbung des Blattes, das Remissionsmaximum im grünen Spektralbereich verschiebt sich in das benachbarte Rot. Ein abgestorbenes rotbraunes Blatt bewirkt eine weitere Verschiebung des Grün-Maximums in den roten Wellenlängenbereich und somit eine starke Verflachung der Remissionskurve.

Um die Anschaulichkeit der diskutierten Effekte zu wahren, soll die Relation zwischen Form der Remissionskurve und resultierendem Farbeindruck im Farb-IR-Bild anhand einer Abbildungsfolge verdeutlicht werden. Aus der Situation für vitale Vegetation (Abb. 2.15) sei die Zuordnung für fortschreitenden Vitalitätsverlust entwickelt (Abb. 2.17). Eine Diskussion von Abb. 2.17 beginnt bei der Auswirkung der Verringerung des Remissionsmaximums im n-IR auf die Farbe im Farb-IR-Bild. Diese Verringerung führt nach der Umkehrfarbentwicklung zur Bildung einer im Vergleich zu Abb. 2.15 dickeren Cyan-Schicht. Daher wird bei der resultierenden Farberscheinung weniger Rot wirksam werden und leicht vitalitätsverminderte Vegetation in dunklerem Magenta erscheinen. Fortschreitender Vitalitätsverlust führt in dem angegebenen idealisierten Fall zu Farbtönen, die über Weiß ins Gelbe führen.

Filmalter, Sonnenstand, Blende, Belichtung u.ä. variieren die resultierende Farbe ebenso wie Texturparameter (Wuchsstrukturen, Dichte des Bewuchses), wie Schatten und der Rückstrahlungsanteil des Untergrundes (z.B. bei weniger dichtem



Bei Belichtung
des Films



Nach der Umkehr-
Farbentwicklung

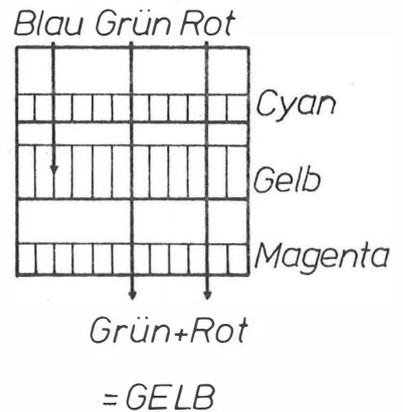
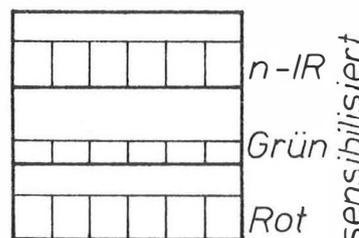
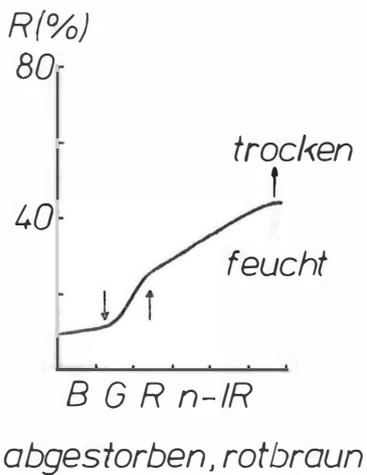
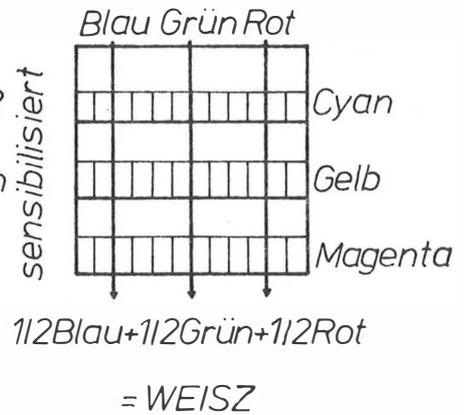
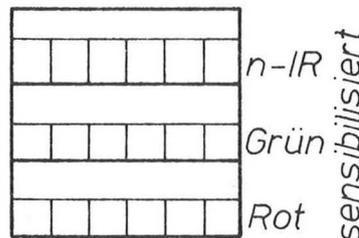
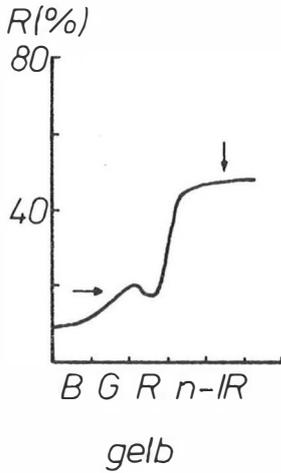
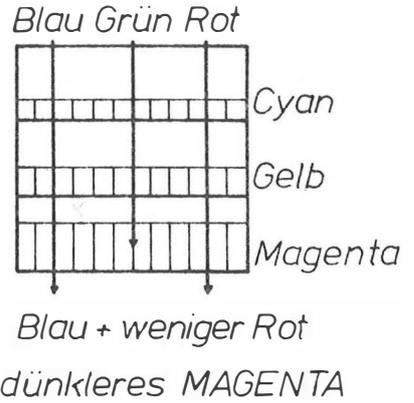


Abb. 2.17 Reaktion des Farb-IR-Films auf Remissionsänderungen eines Laubblattes infolge Vitalitätsverlust. Aus Murtha, 1978.

Wald). Es ist daher unerläßlich, im Rahmen einer Feldbegehung die problemspezifischen Zuordnungen von zu untersuchender Vegetation und farblichem Erscheinungsbild im zur Verfügung stehenden Bildmaterial zu treffen.

2.5. Die Klassifikation von Vegetation und ihrer Vitalität mit Hilfe des Farb-IR-Bildes

2.5.1. Allgemeines

Die Methodik der Durchführung und Analyse einer Bildinterpretation von Vegetation manifestiert sich in der Definition eines Klassifikationssystems bzw. -schlüssels für die konkrete Problemstellung. Mit der Spezifizierung auf eine visuelle Interpretation von Vegetation ergibt sich die Forderung, visuell wahrnehmbare Eindrücke in ein beschreibendes System zu kleiden. Ohne auf die bereits erwähnten Voraussetzungen für die visuelle Bildinterpretation (Referenzniveau etc.) einzugehen, sei auf die Individualität der Zuordnung von bildhaften Eindrücken hingewiesen. Das Streben nach Allgemeingültigkeit einer regionalen Vegetationsklassifikations-Methodik erfordert die Festlegung eines verständlichen, logisch aufgebauten Klassifikationsschlüssels (interpretation key).

Der Maßstab des zur Verfügung stehenden Bildmaterials - z.B. Farb-IR-Luftbilder - beeinflusst die Wahl der Interpretationsmethodik hinsichtlich der Detaillierung der Aussagen und der Genauigkeit der Zuordnung.

Eine Feldbegehung repräsentativer Testflächen des zu untersuchenden Gebietes ist unerläßlich, um eine genaue Zuordnung der Vegetation in natura und im Bild in Textur und Farbe zu erreichen und um Zufallsparameter der Interpretation zu minimieren (Scarpace et al., 1981).

2.5.2. Repräsentative Beispiele

Die Differenzierung von Vegetation in von Wasser temporär oder längerfristig bedeckten Inland-Gebieten (wetlands) soll als arbeitsthematisch naheliegendes Beispiel hinsichtlich der Varia-

bilität der Möglichkeiten einer seriösen Interpretation diskutiert werden.

Ein Vergleich dreier in den Vereinigten Staaten von Amerika zur Verfügung stehender Klassifikationssysteme für Vegetation im Wetland-Bereich analysiert die Effizienz der Aussagekraft der verschiedenen Systeme an einem konkreten Beispiel (Stewart et al., 1980).

Das Martin-System (Martin et al., 1953) teilt die Vegetation in Klassen. Einer flächigen Trennung der Bewuchsarten werden den Klassen entsprechende Ziffern zugeordnet.

Das Anderson-System (Anderson et al., 1976) ist ein allgemeines Klassifikationssystem zur Beschreibung der Landnutzung. Einer Hierarchie entsprechend definiert die erste Ebene als eine von neun Kategorien "wetlands" durch eine Ziffer. Durch Gabelungen erfolgt eine zunehmende Detaillierung nach Vegetationsform und -art. Den klassifizierten Flächen werden Ziffernfolgen zugeordnet.

Das Cowardin-System (Cowardin et al., 1976) dient einer Spezifizierung des Martin-Systems vor allem zum Zwecke der Verbesserung der Anwendbarkeit für das gesamte Territorium der Vereinigten Staaten von Amerika. An erster Stelle steht die Zuordnung in ein ökologisches System (Fluß, See, Sumpf), danach folgt die Klassifikation der Erscheinungsform der Vegetation und der Beeinflussung durch Wasser (ständig überflutet, manchmal überflutet etc.). Als Resultat bilden die einzelnen Zuordnungen einen Code aus Buchstaben und Ziffern.

Bevor in einem der folgenden Kapitel auf die Spezifizierung der Klassifikation auf im großen und ganzen eine Pflanze (*phragmites communis*) eingegangen wird, sei am Beispiel der Differenzierung von Schadstufen von Waldvegetation (Baumbestände) auf eine andere Problematik der Entwicklung eines Klassifikationssystems für Vegetation eingegangen. Die in allgemeiner Weise beschriebene Veränderung des farblichen Erscheinungsbildes von geschädigter Vegetation im Farb-IR-Bild (Kap. 2.4.2.) ist die Grundlage für die Definition von Vitalitätsgraden der Vegetation durch einen Zuordnungsschlüssel.

Größtmögliche Detailinformation bietet auch hier ein Gabelungsschlüssel (dichotomous key), der von einer morphologischen

und einer physiologischen Komponente der Schädigung von - im speziellen Fall - Baumkronen ausgeht. Das Erscheinungsbild eines geschädigten Baumes im (Farb-IR-) Luftbild ist durch eine Veränderung der Form und der Farbe der Baumkrone gegeben. Diese Parameter ermöglichen eine weitestgehende Spezifizierung des Vitalitätszustandes (Murtha, 1972, 1978, 1981).

Eine weniger detailreiche als spontan-informative Schadstufung bedient sich mindestens vierer Vitalitätsgrade, die in -

- keine Schädigung
- leichte (mittlere) Schädigung
- schwere Schädigung
- schwerste Schädigung, abgestorben

gegliedert werden (z.B. Hildebrandt, Kenneweg, 1969; Öbig, 1978; Csaplovics, 1980).

Eine Gliederung in fünf bzw. sechs Schadstufen wird ebenfalls vorgeschlagen (z.B. Kenneweg, 1970, 1980).

In Luftbildern kleinerer Maßstäbe werden flächige Zuordnungen von Vitalitätsgraden nach der Dominanz von für ein charakteristisches Schadausmaß typischen Farbtönen getroffen (z.B. Pollanschütz, 1973; Hildebrandt, 1969; Öbig, 1978; Csaplovics, 1980).

In zunehmendem Maße bedient man sich der computergestützten Klassifizierung von digitalisierten Farb-IR-Luftbildern. Gerätekonfigurationen (z.B. Optronics Photomation C 4500) erlauben die Digitalisierung von Luftbildern (pixel mit Grauwerten 0 - 255 in drei Spektralauszügen - blau, grün, rot). Mathematische Algorithmen ordnen Bandbreiten von Grauwerten Schadstufen zu, die jenen der visuellen Interpretation entsprechen können (Boissard et al., 1980 - speziell zur Klassifikation geschädigter Buchenbestände erfolgt eine Zuordnung in fünf bzw. sechs - bei Berücksichtigung nicht klassifizierter pixel - Schadstufen).

Bei umfassenderen Projekten mit Luftbildern großer und mittlerer Maßstäbe kann das nach Digitalisierung der Luftbilder anfallende Datenmaterial problematische Dimensionen erreichen.

Erwähnt sei die Bedeutung des Spektrozonalbildes zur effizienten Bestimmung von Vitalitätsstufen geschädigter Baumbestände, wie sie vor allem in den Staaten des Ostblocks postuliert wird (Wolff, 1967).

3. Immissionsschädenzonierung am Beispiel Brixlegg

3.1. Problematik und örtliche Situation

Die Einflüsse von Industrieanlagen auf die Umwelt zu überprüfen, ist Ziel einer umweltrelevanten Meinungsbildung. Zur Erstellung eines Umweltkatasters bedarf es weitreichender Informationen über Umweltbelastungen, bereitgestellt von den verschiedensten Wissenschaftszweigen. Das österreichische Bundesinstitut für Gesundheitswesen (Öbig) hat am Beispiel des Unterinntales versucht, ein Modell einer interdisziplinären Untersuchung zu skizzieren. Die Bedeutung der Fernerkundung, insbesondere mittels des Farb-IR-Luftbildes, ist immens.

Die Situation in Brixlegg - eine Industrieanlage emittiert Schadstoffe, die die umgebende Vegetation beeinflussen - war für eine nähere Analyse der Vitalität von Baumbeständen geeignet (vgl. Karte 1.1, Csaplovics, 1980). Die Existenz verschiedener Luftbilder mehrerer Jahre und unterschiedlichster Parameter sowie von Scanneraufnahmen eines durch verbreiteten Baumbestand gekennzeichneten Areals sollte Effektivitätsvergleiche hinsichtlich der Methodik und Genauigkeit einer Vitalitätsklassifizierung ermöglichen, die aufnahmebedingten Grenzen in Abhängigkeit von Bildmaßstab und daraus folgender Trennbarkeit von Einzelkronen aufzeigen und in einer Gegenüberstellung der verschiedenen Befliegungs- und Interpretationsvariationen problemspezifisch idealste Anordnungen postulieren.

3.2. Interpretationsmaterial und -methodik

Das der Interpretation zugrunde liegende Bildmaterial umfaßt Luftbilder mit dem panchromatischen Negativfilm Kodak Plus X Aerographic 2402, dem Normalfarbfilm (NF-Film) Kodak Aerochrome MS 2448 und dem Kodak Aerochrome IR-Film 2443. Flugdatum und Kammertyp sind ebenso wie das überdeckte Gelände variabel (vgl. Karte 6.1, Csaplovics, 1980).

Für jedes Luftbildmaterial wurde eine Untersuchung hinsichtlich der Klassifikation von Vitalitätsstufen der erfaßten

Baumbestände durchgeführt. Bereits während der Untersuchung zeichnete sich der ungleich höhere problemspezifische Informationsgehalt des Farb-IR-Luftbildes in Vergleich zum SW- und NF-Luftbild ab. Die Beschreibung der Interpretationsmethodik bezieht sich daher auf das Farb-IR-Luftbild.

Der große Artenreichtum von Bäumen im Testgebiet - verschiedenste Laub- und Nadelbäume - forderte eine sorgfältige Feldbegehung zur Herstellung der Beziehung Erscheinungsbild in der Natur und im Luftbild.

Die Differenzierung von Laub- und Nadelbäumen ist im Farb-IR-Luftbild leicht möglich. Nadelbäume (1a in Abb. 3.1) erscheinen in wesentlich dunkleren Rottönen als Laubbäume (1b). Einzelne Baumarten können gut unterschieden werden - Birken 2a vs. Buchen 2b.

Im Original-Farb-IR-Luftbildmaterial Brixlegg erscheint ein gesundes Laubblatt rot, bei leichter Schädigung erfolgt eine Verschiebung nach Rosa, bei fortschreitendem Vitalitätsverlust ins Weißliche. Die Nadeln der Fichten, Föhren etc. haben ein geringeres Remissionsmaximum im n-IR - die Kronen der Nadelbäume haben dunkelrote bis violette Farbe. Abnehmende Vitalität führt zu einer Farbänderung über Braunrot nach Grünlichblau.

In der Lindenallee (IV in Abb. 3.1) sind die Kronen der Linden (3a) ins Weißliche verfärbt. Ein Vergleich mit den wesentlich vitaleren Linden (3b) beweist das Vorhandensein einer schwereren Schädigung. Die südöstlich vorgelagerte Baumreihe ist durch großen Artenreichtum gekennzeichnet. Der Mühlbichl (V) zeigt am Prallhang zum Montanwerk (nordöstlich von VIII) auffallende Schädigungen - bräunliche Töne bei Nadelbäumen, hellrote Töne bei Laubbäumen. Das Matzenköpfel (III) weist am exponierten Prallhang maximales Schadausmaß auf, das sich in schütterten Kronen und im Farb-IR-Luftbild grünlichen Farbtönen äußert (4a). Es sei auf die Ähnlichkeit der Krone des schwer geschädigten Ahorns (5a) mit den nur leicht beeinflussten Birken (2a) hingewiesen. Die Pappeln besitzen helle weißliche Kronen (II) - starker Immissions-einfluß muß vermutet werden. Bei den Pappelbeständen am Werksrand (VIII) erscheinen Pappeln, die nicht in der Hauptabzugs-



Abb. 3.1 Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbild Nr.7/1975 des Untersuchungsgebietes Brixlegg in Tirol, M = ca. 1:8000
Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

richtung der Schadstoffe (vgl. die weißliche Wolke 7a über dem Inn in Abb. 3.1) liegen, in kräftigeren Rottönen (6a) als jene, die in dieser Richtung situiert sind (6b, 6a und 6b nur in Csaplovics, 1980 - Abb. 5.1). Die Nadelbäume am nördlichen Innufer (I) besitzen rötlichbraune Farbe - sie sind den Emissionen in hohem Maße ausgesetzt. Im ganzen Umkreis überwiegen diese für Vitalitätsverluste charakteristischen Farbtöne und heben sich deutlich vom Dunkelrot der vitaleren Nadelhölzer (VI) ab.

Die Interpretation erfaßt - im Vergleich mit Abb. 3.1 - den Nadelwald nördlich des Inn (I), den Pappelwald südlich des Inn (II), das Gebiet Matzenköpfl (III), die Lindenallee (IV), den Mühlbichl (V), den Nadelwald südöstlich des Matzenköpfls (VI), teilweise die Innauen (VII) und die Pappelpflanzungen neben der Fabriksanlage (VIII). Es erfolgte eine Gliederung in Vor- und Hauptinterpretation. Die Vorinterpretation wurde ohne Kenntnis der Situation in natura durchgeführt und sollte neben einer Ausgangsinformation über den Vitalitätszustand der Baumbestände einen Vergleich der Effektivität der Schadstufung vor und nach der Feldbegehung bieten. Die Hauptinterpretation erfolgte nach der Feldbegehung und bedient sich einer Einzelbaum- und einer Flächenmethode der Ermittlung von Schadstufen. In einem Raster werden pro Rasterelement Einzelkronen klassifiziert bzw. den Rasterelementflächen Vitalitätsstufen zugeordnet. Das zur Anwendung kommende Klassifikationssystem nach vier Schadstufen bzw. -zonen ist in Kap. 2.5.2. erwähnt. Zur detaillierteren Information sei auf Csaplovics, 1980 - Kap. 3. verwiesen. Zusätzlich zu den verschiedenen Reihenmeßkammer-Luftbildern kamen Hazelblad-Luftbilder in NF und IR zur Anwendung. Terrestrische Photos mit dem Kodak IR-Film 135-20 IE bzw. dem Kodak Ektachrome NF-Film sollten die Klassifikation unterstützen.

3.3. Die Darstellung und Diskussion der Interpretationsergebnisse

Eine Interpretierbarkeit des SW-Luftbildes war nur sehr beschränkt gegeben. Der relativ große Bildmaßstab von 1:4200

gestattete es, regional Vitalitätsverluste zu erkennen (Kronenform u.ä.).

Das NF-Luftbild ($M_b = 1:17000$) ermöglichte wohl die großräumige Trennung von Baumarten, eine sinnvolle Ermittlung des Vitalitätszustandes des Baumbestandes war wohl auch wegen des extrem kleinen Bildmaßstabes kaum möglich.

Das Farb-IR-Luftbildmaterial des Jahres 1975 (vgl. Abb. 3.1) mit einem Bildmaßstab von 1:6600 lieferte die detailliertesten Aussagen über den Vitalitätszustand der unter Immissionseinwirkung stehenden Baumbestände. Eine Schadstufung nach Einzelbaum- und Flächenmethode in Form einer Rasterkartierung (vgl. Abb. 3.2 und Abb. 3.3) führte zusätzlich zu einem Vergleich der Effektivität der beiden Methoden. Die Informationen über den Vitalitätszustand der Einzelkronen wurden pro Rasterelement in "Schadzahlen" umgerechnet (vgl. Hildebrandt, Kenneweg, 1969). Eine der flächenhaften Schadstufung äquivalente Zuordnung von Intervallen der "Schadzahlen" zu Stufen der Schädigung ermöglicht Rasterelement für Rasterelement eine Kontrolle der Übereinstimmung der beiden Methoden. Das Ergebnis dieser "Schadzahl"-Zuordnung ist in Karten dargestellt und die Übereinstimmung für zwei Teilareale kontrolliert (Csaplovics, 1980 - Karten 6.9 bis 6.15). Die Identität der Klassifizierung ist für die Vorinterpretation zu 64% bzw. 65%, für die Hauptinterpretation zu 74% bzw. 77% gegeben. Die Effektivität einer Feldbegehung mit dem Farb-IR-Luftbild in der Hand wird eindrucksvoll unterstrichen.

Die Diskussion der Ergebnisse der Kartierung von immissionsbelasteten Baumbeständen kann dem detaillierten Informationswert des Farb-IR-Luftbildes zufolge sehr ausführlich sein. Die Variationen des Ausmaßes der Vitalitätsminderung in Abhängigkeit der Topographie, der Windrichtung, der Baumart usw. sind eindeutig feststellbar und in den Rasterkarten leicht zu erkennen.

Das Farb-IR-Luftbildmaterial des Jahres 1977 besitzt einen Bildmaßstab von 1:11000. Die Auflösung einzelner Baumkronen war daher nicht möglich. Eine Vor- und Hauptinterpretation nach der Flächenmethode lieferte Vitalitätsstufungen, wobei ebenfalls unmittelbare Abhängigkeit der Schadensverteilung

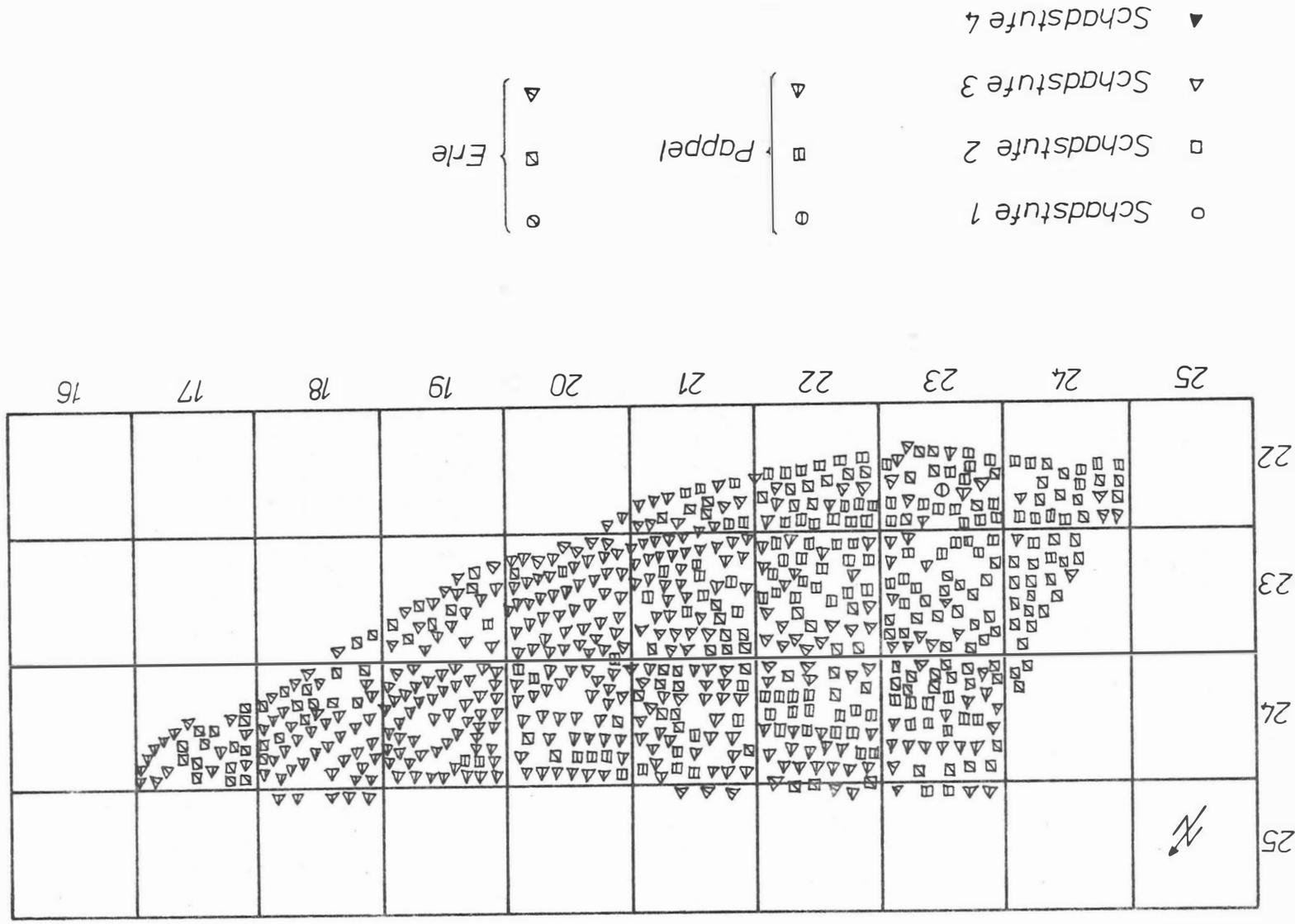


Abb. 3.2 Schadstufung von Einzelkronen in Form einer Rasterkartierung, Teilareal Pappelwald (II in Abb. 3.1).
 Aus Csaplovics, 1980.

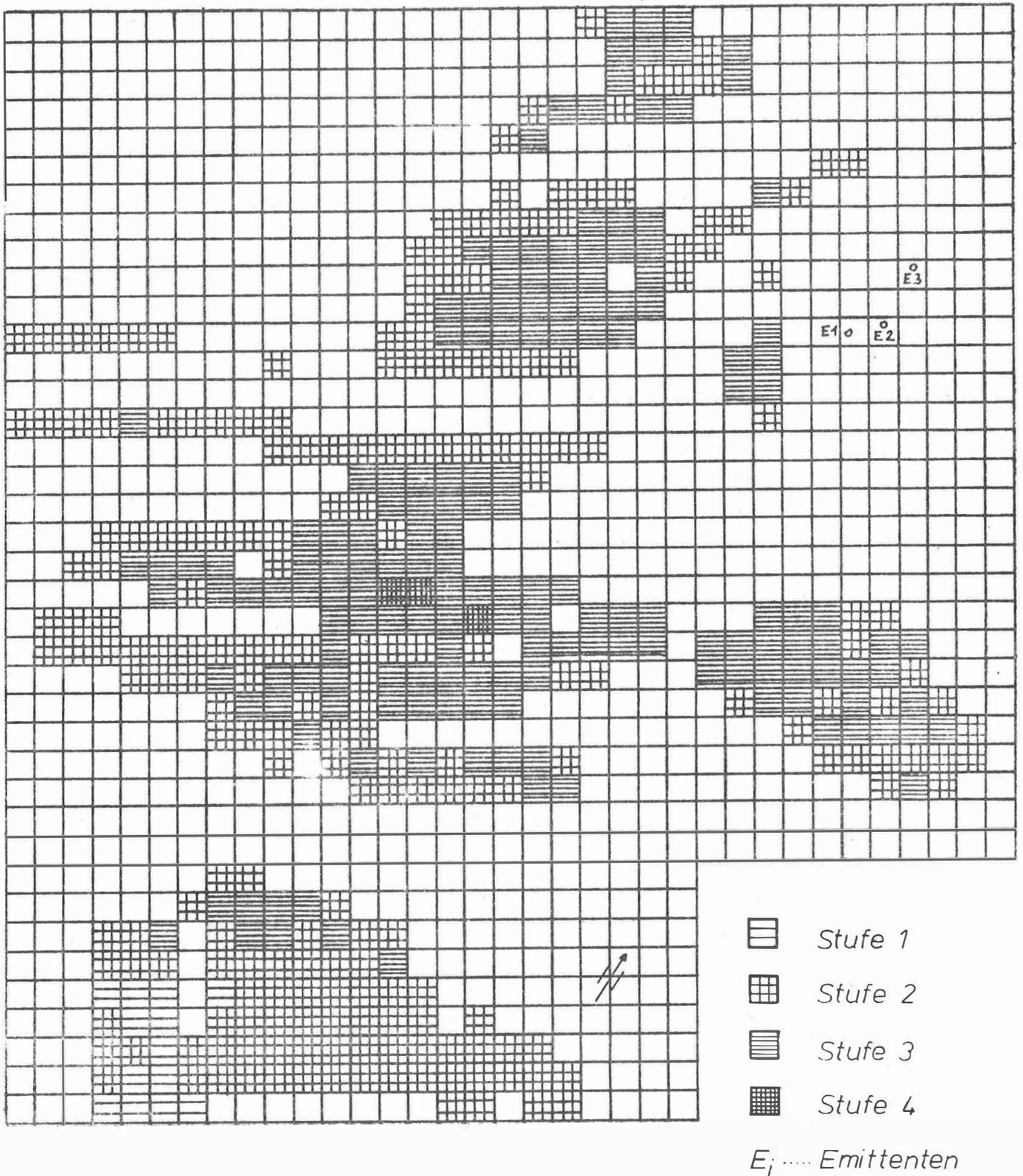


Abb. 3.3 Schadzonierung nach der Flächenmethode in Form einer Rasterkartierung, das gesamte Untersuchungsgebiet umfassend. Aus Csaplovics, 1980.

von topographischen Gegebenheiten festgestellt werden konnte. Extremen Schäden an Prallhängen stehen relativ vitale Bestände in Windschattenzonen gegenüber. Ein Vergleich mit dem Ergebnis der flächenhaften Schadstufungen nach Rasterelementen des Farb-IR-Luftbildes 1975 läßt auf geringeres Gesamtschadensausmaß im Jahre 1977 schließen. Dies wurde unter anderem durch die relativ hohe Bodenfeuchte im Jahre 1977 bewirkt.

Die Interpretation des Hazelblad-Bildmaterials des Jahres 1978 ($M_b = 1:11000$) beschränkte sich auf eine Analyse der Immissionsbeeinflussung von Baumbeständen nach der Flächenmethode, ausgehend vom Hazelblad-Farb-IR-Luftbild. Wiederum zeigen die Ergebnisse ähnliche Vitalitätsverteilungen wie die Schadzonenkartierungen der Farb-IR-Luftbilder der Jahre 1975 bzw. 1977. Das terrestrische Bildmaterial in NF und IR sollte, wie bereits erwähnt, dem Zwecke der Ergänzung und Unterstützung der Vitalitätszonierung von Baumbeständen im Untersuchungsgebiet dienen und eine Korrelation der Erscheinungsformen immissionsbeeinflusster Bäume im Luftbild und im terrestrischen Photo herstellen. Außerdem konnte nochmals die gesteigerte Aussagekraft des Farb-IR-Bildes im Vergleich zum NF-Bild zum Zwecke der Schadstufung von Baumbeständen unterstrichen werden (Csaplovics, 1980 - Bildpaare 6.5 bis 6.9).

3.4. Zusammenfassende Aussagen

3.4.1. Der Anwendungsbereich der Luftbilder

Die Prädestination des Farb-IR-Luftbildes für die Kartierung der Immissionsbeeinflussung von Baumbeständen ist aus den voranstehenden Aussagen leicht ableitbar. Die Größe des Bildmaßstabes definiert die möglichen Interpretationsmethoden. Zum Zwecke der Einzelbaumuntersuchung ist bei Auswertung mit einem Stereoskop ein Bildmaßstab von ca. 1:7000 bis 1:8000 als Grenze der Trennbarkeit von Baumkronen anzusehen. Flächenmethodische Rasterklassifizierungen von Vitalitätsgraden der Baumbestände sind bis zu Bildmaßstäben von ca. 1:12000 bis 1:15000 möglich. Eine rationelle Schadstufung von Baumkronen im Farb-IR-Luftbild erfordert Bildmaßstabszahlen von 4000 - 5000.

Die Nichtberücksichtigung des für die Vitalität von Vegetation aussagekräftigen Wellenlängenbereiches von 0.7 m bis 0.9 m in den NF-Luftbildern bedingt größere Bildmaßstäbe als Grenzwerte der Anwendungsbereiche der entsprechenden Interpretationsmethoden. Diese Grenzwerte liegen für die Einzelbaumklassifizierung bei ca. 1:3000 bis 1:4000, für die Flächenmethode bei ca. 1:6000 bis 1:7000.

Es sei auf die Subjektivität der angegebenen Toleranz-Bildmaßstäbe hingewiesen, die aus der spezifischen Bearbeitung der konkreten Problemstellung resultiert. Dennoch ist es sinnvoll, diese Grenzwerte infolge des durchaus repräsentativen Charakters des analysierten Gebietes (große Variabilität der Baumarten, stark unterschiedliche Topographie etc.) auf ähnliche Projektvorhaben zu extrapolieren.

3.4.2. Vor- und Nachteile der Interpretationsmethoden

Unter Bezugnahme auf Farb-IR-Luftbildmaterial kann die flächenhafte Klassifizierung immissionsbelasteter Baumbestände bereits bei relativ kleinen Bildmaßstäben einsetzen. Die daraus folgende große Geländeüberdeckung pro Bild und ein im Vergleich zur Schadstufung nach der Einzelbaummethode relativ geringer Zeitaufwand bei der Vitalitätszonierung definieren die Prädestination der auf der Flächenmethode basierenden Zuordnung von Schädigungsgraden für die Bereitstellung überblicksartiger Information - eventuell schon vor der detaillierten Feldbegehung. Die Einzelbaumklassifizierung erfordert größere Bildmaßstäbe. Geringere Flächendeckungen bewirken größere Befliegungskosten; detailliertere Interpretationsarbeit erfordert größeren Zeitaufwand und eine vorangehende gewissenhafte Feldbegehung. Diesen Fakten steht jedoch immens hoher Informationsgewinn bei der Vitalitätsanalyse von einzelnen Baumkronen gegenüber. Problemspezifische Forderungen beeinflussen die Auswahl der Interpretationsmethodik. Je nach der Relation von geforderter Genauigkeit zu geplantem Zeit- und Kostenaufwand kann entweder eine Einzelbaumzonierung oder eine Flächenzonierung zur Anwendung kommen. Beide Methoden bieten auf der Basis des Farb-IR-Bildes spezifisch differierende Aussagekraft.

3.4.3. Überblick über die Schadenssituation - Stand 1977, 1978

Geländeform und Hauptwindrichtung definieren Stellen größten Schadausmaßes. Wo Emissionen des Industriebetriebes auf Prallhänge treffen, wird ein düsteres Bild massiver Vitalitätsminderung des Baumbestandes gezeichnet. Laubbäume weisen infolge der jährlichen Regeneration des Blattbestandes größere Resistenz gegenüber Immissionseinwirkungen auf als die mit mehreren Nadeljahrgängen besetzten Nadelbäume. Am Matzenköpfl (III in Abb. 3.1) erreicht die Devastierung vor allem des Nadelbaumbestandes ihren traurigen Höhepunkt - stark aufgelichtete Kronen und Kahlstellen charakterisieren die Exponiertheit der Lokalität in bezug auf Schadstoffemissionen.

Die Methoden der Luftbildinterpretation - insbesondere der Interpretation von Farb-IR-Luftbildern - gestatten eine aussagekräftige Klassifikation der Immissionsbelastung von durch das Luftbildmaterial-Brixlegg erfaßten Baumarten. Möge es gelingen, vermittels der Luftbildinterpretation die Gefährdung der Umwelt durch Expansion von Industrieanlagen zu verdeutlichen und objektive Lösungen für ein sinnvolles Nebeneinander von Natur- und Industrielandschaften zu finden.

Hinweis: Kapitel 3. der vorliegenden Arbeit basiert auf der am Institut für Photogrammetrie der Technischen Universität Wien unter der Betreuung von o. Univ.Prof. Dr.-Ing. K. Kraus vom Autor ausgeführten Diplomarbeit "Umweltrelevante Luftbildinterpretation am Beispiel Brixlegg/Tirol". Bei allfällig auftretendem Wunsch nach detaillierterer Information über die diskutierte Problematik sei auf diese Arbeit hingewiesen, (vide Bibliographie - Csaplovics, 1980). Die in diesem Kapitel besprochenen Luftbilder wurden vom Bundesministerium f. B. u. T. unter Gz. 46222/356-IV/6/76 freigegeben.

4. Die Kartierung des Schilfgürtels des Neusiedler Sees

4.1. Der Neusiedler See - allgemeine Betrachtungen

4.1.1. Die geographische Lage

Der Neusiedler See und sein Schilfgürtel liegen im nördlichen Burgenland und im angrenzenden Ungarn innerhalb der geographischen Längen $16^{\circ}40'$ und $16^{\circ}52'$ östl. Greenwich bzw. der geographischen Breiten $47^{\circ}38'$ und $47^{\circ}57'$. Die österreichisch-ungarische Staatsgrenze trennt einen großen nördlichen Teil, der auf österreichischem Boden liegt, von einem kleinen südlichen, auf magyarischem Gebiet liegenden Teil. Einen ersten Überblick über die Größendimension des Sees und des Schilfgürtels, sowie über die Lage der angrenzenden Ortschaften vermittelt Abb. 4.1.

4.1.2. Geologie der Landschaft Neusiedler See

Die Landschaft Neusiedler See ist ein junges Einbruchsbecken, das mit tertiären und quartären Sedimenten gefüllt ist und im NO von der Parndorfer Schotterplatte, im NW vom Leithagebirge, im W vom Ruster Hügelland und dem Ödenburger Gebirge begrenzt wird. Im SO und S schließt die kleine ungarische Tiefebene an den See an. Eine Absenkung des Beckens war bis in jüngste geologische Zeit gegeben. Während der beiden letzten Eiszeiten schüttete die Donau in dieser Senke Schotter auf. Diese Donauschotter-Schichten sind im Gebiet Podersdorf-Frauenkirchen bis Illmitz, Apetlon und Wallern sowie Pamhagen nachgewiesen. Sie entsprechen in ihrer petrographischen Zusammensetzung der würmeiszeitlichen Praterterrasse in Wien. Der sogenannte salzführende Horizont ist teils von diesen Schottern überlagert, teils infolge seiner Datierung in die Zeit zwischen den beiden letzten Eiszeiten erosiv abgetragen. Das Neusiedler See-Becken reicht unter das Niveau des salzführenden Horizontes in Schichten hinab, die weitestgehend süßes Grundwasser führen. Der Salzgehalt des Sees wird durch die am Seerand anstehenden Teile des salzführenden Horizontes - vor allem bei Podersdorf -

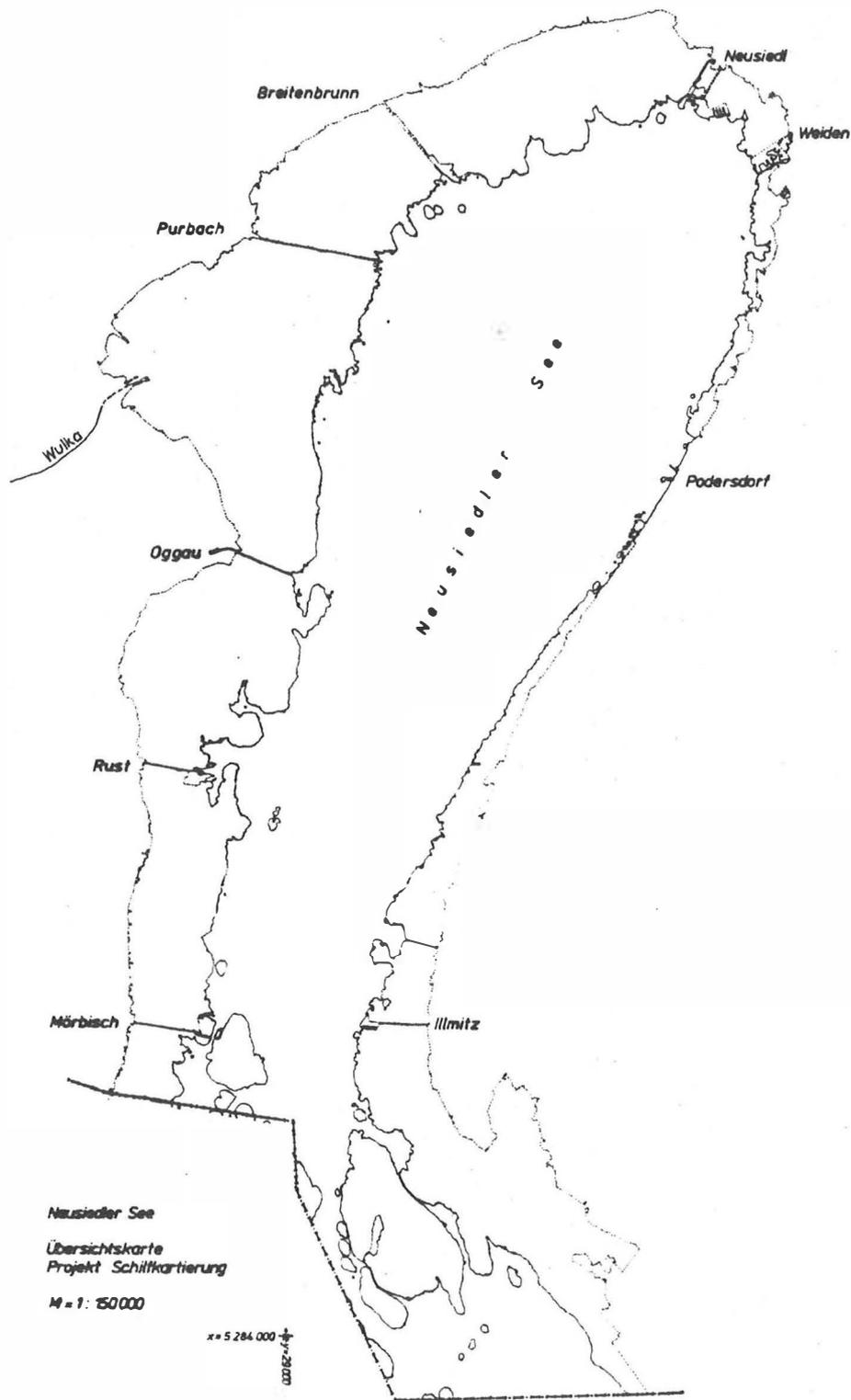


Abb. 4.1 Übersichtskarte Region Neusiedler See - Projekt Schilfkartierung. Die Schilf-Land- und Schilf-See-Grenzen basieren auf Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. M = 1:150000.

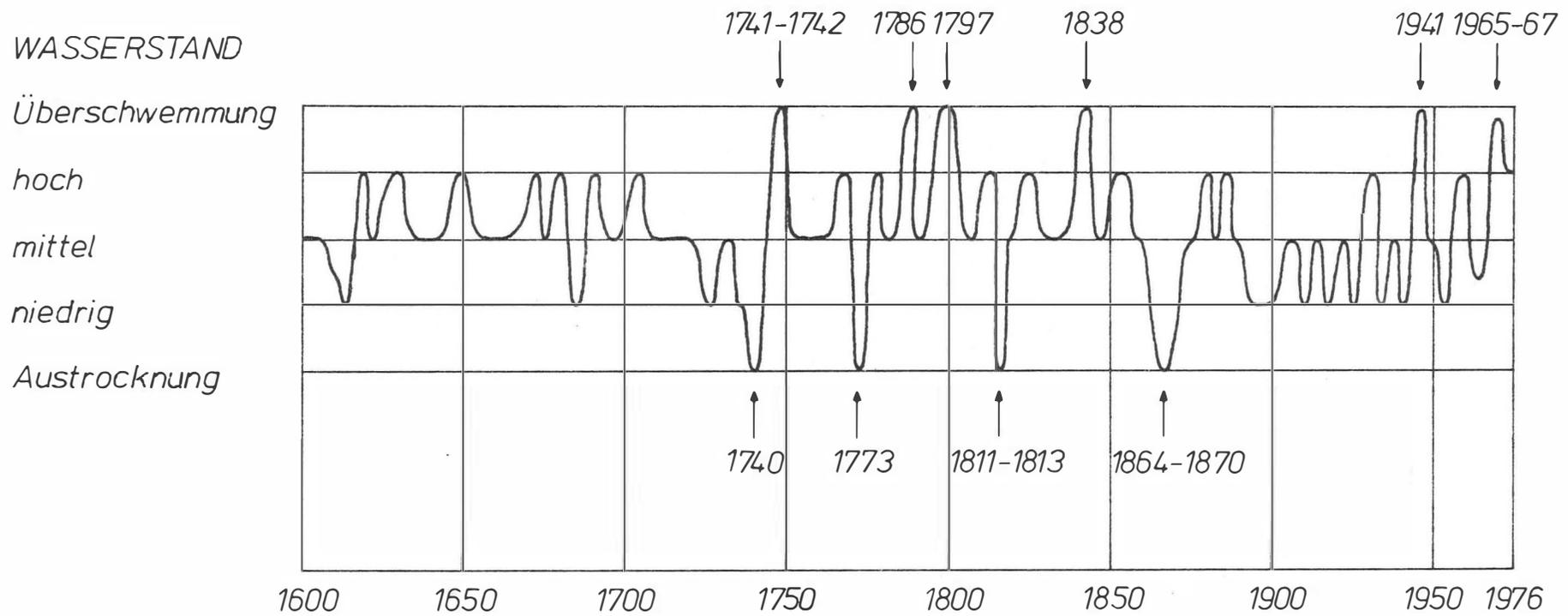


Abb. 4.2 Die Wasserstandsschwankungen des Neusiedler Sees von 1600 bis 1976. Aus: A Fertő-táj .., 1976.

bewirkt (vgl. Weisser, 1970 nach Frasl, 1961, Franz u. Husz, 1961, Husz, 1962).

4.1.3. Der Neusiedler See aus historischer Sicht

Die erste nicht unumstrittene Nachricht über die Existenz des Neusiedler Sees stammt von Plinius d. Ä. aus dem 1. Jhdt. n. Chr.. Er erwähnt einen "lacus Peiso" an der Grenze von Noricum: "Noricis iuguntur lacus Peiso, deserta Boiorum, iam tamen colonia Divi Claudii Sabaria et oppida Scarabantia Iulia habitantur," (Historia naturalis, Lib. III, Cap. 24).

Neben der Bezeichnungsform "lacus Peiso" taucht ab dem 11. Jhdt. n. Chr. in Urkunden die Bezeichnung "lacus (stagnum) Ferteu", (heute ung.: Fertö), später der Name "Neusiedler (Neusiedler) See" auf (vgl. Sauerzopf, 1959).

4.1.3.1. Die Seespiegelschwankungen

Von größter Wichtigkeit für ein Verständnis der Dynamik des Sees ist die Kenntnis der ständig variierenden Wasserstände. Das Studium der zur Verfügung stehenden historischen Quellen ermöglichte die Aufstellung einer Chronologie der Schwankungen des Seespiegels im historischen Zeitraum ab den ersten Jahrhunderten nach Christi Geburt. Den stets unterschiedlichen Flächendimensionen des Sees fielen im Laufe des Mittelalters sogar Ansiedlungen zum Opfer. Ein Diagramm der Wasserstände des Neusiedler Sees vom Jahre 1600 bis zum Jahr 1976 verdeutlicht diese spezifische Dynamik des Sees (Abb. 4.2).

4.1.3.2. Chronologie der Dimensionen des Schilfbestandes

Ein weiterer interessanter Parameter des Neusiedler Sees ist die ständige Zunahme der Verschilfung. Stellt man die wohl mit den üblichen Ungenauigkeiten behafteten aber dennoch einigermaßen repräsentativen Schilfgrenzen, wie sie aus der josefinischen (1784) und francisceischen (1845) Katasterkarte ersichtlich sind, den diesbezüglichen Informationen aus dem Jahre 1935 (öst. Spezialkarte 1:75000, Luftbildauswertung) und aus dem

Jahre 1958 (ÖK 1:50000) gegenüber, so beeindruckt der ausgeprägte Schilfwuchs im Laufe der letzten 200 Jahre (Abb. 4.3

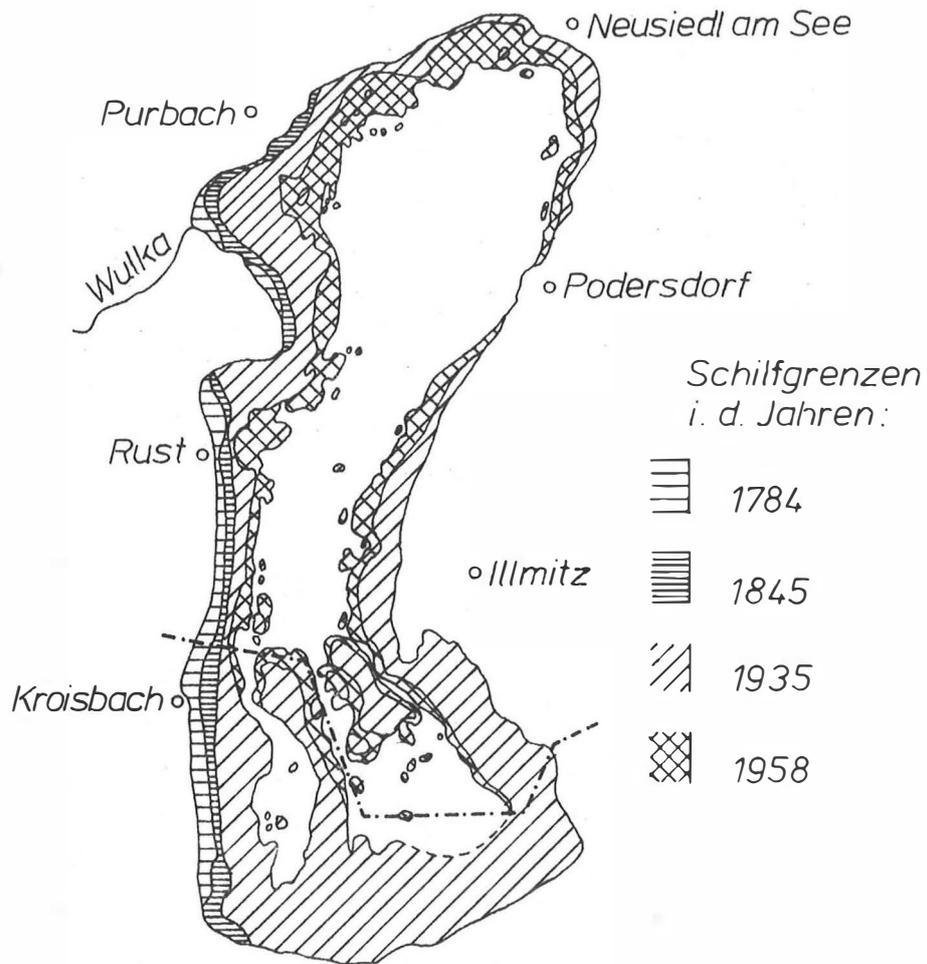


Abb. 4.3 Karte des Schilfwachstums seit dem Jahre 1784. Nach Kopf, 1967.

4.1.4. Die Vegetationsarten im Schilfgürtel

Eine pflanzengeographische Gliederung des Burgenlandes ordnet das Gebiet des Neusiedler Sees dem ungarischen Florenraum (Pannonicum), und in diesem dem Florenbezirk der kleinen ungarischen Tiefebene (Arrabonicum) zu (Kárpáti, 1956). Die wichtigste Pflanzenart des Schilfgürtels ist das Schilfrohr (*Phragmites communis* Trin.), das auch den größten

Flächenanteil aufweist. Von geringerer Bedeutung ist *Typha angustifolia* (Rohrkolben) und *Schoenoplectus litoralis* (Binsenart).

Es seien die resultierenden Pflanzengesellschaften kurz beschrieben. Dem offenen See am nächsten sind reine Bestände von Schilfrohr. Während der seeseitige Teil stets unter Wasser steht, können landseitige Bestände im Juli und August zufolge der großen Wasserstandsschwankungen auf trockenem Untergrund stehen. Diese Bestände zeichnen sich durch dichten Rohrwuchs aus und liefern die wirtschaftlich beste und größte Rohrmenge (Weisser, 1970).

Binsen- und Rohrkolbenbestände sind - wie bereits erwähnt - von geringer Bedeutung. Auf österreichischem Gebiet erlangt *Typha angustifolia* bei der Wiederbesiedlung von durch unsachgemäßen Schilfschnitt entstandenen Stoppellachen gewisse Bedeutung (Weisser, 1970).

Der für den Schilfgürtel charakteristische Röhrichttyp ist durch die Massenvegetation von *Utricularia vulgaris* (Wasserschlauchgewächs) gekennzeichnet. Dieser Typ liegt in der mittleren Zone des Schilfgürtels. Der Einfluß des offenen Sees ist nicht mehr gegeben, die Wasserspiegelschwankungen im Sommer wirken sich stark verzögert aus. Die Schilfbestände sind durch sumpfigen, pfützenartigen Untergrund typisiert. Diese Pflanzengesellschaft nimmt die größte Fläche innerhalb des Schilfgürtels in Anspruch (Weisser, 1970).

Die dem Festland nächste Rohrzone ist durch das Auftreten von charakteristischen Sumpf- und Uferpflanzen gekennzeichnet, z. B. Seggen (*Carex riparia*, *Carex acutiformis*). Die Rohr-Seggen-Gesellschaften besiedeln den äußersten Rand des Schilfgürtels und bilden den Übergang zur Landflora. Die Qualität des Schilfbestandes dieser Zone ist wesentlich geringer als jene der anderen Schilfzonen (Weisser, 1970).

Weiden (*Salix cinerea*) sind in der landseitigen Randzone des Schilfgürtels selten angesiedelt - z. B. Weidengebüsche im Bereich der Wulkamündung und bei Purbach. Ebenso selten sind Erlen (*Alnus glutinosa*). Ihr Vorkommen ist von Bedeutung, da es auf ein Stadium einer Verlandungssukzession hinweisen könnte. Der wichtigste Standort liegt am Rand des Schilfgürtels

bei Purbach (Weisser, 1970).

4.1.5. Die aktuelle Situation

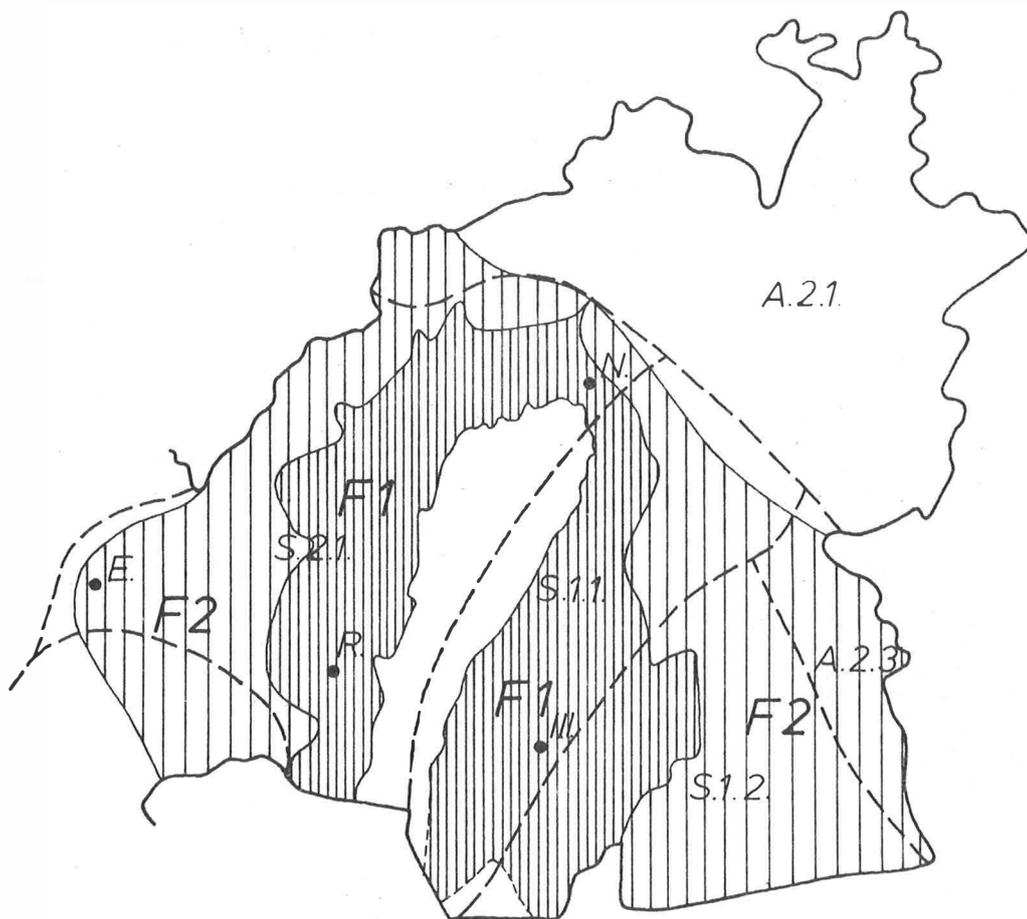
Die Landschaft Neusiedler See ist durch das Aufeinandertreffen verschiedenster Interessensschwerpunkte geprägt. Es gilt Anliegen des Fremdenverkehrs, der Landwirtschaft, des Gewerbes und der Industrie, des Naturschutzes etc. zu berücksichtigen. Hauptaufgabe einer zukunftsorientierten Regionalplanung ist die Erstellung und Realisierung eines alle Komponenten erfassenden Entwicklungsplanes. Die Festlegung von Versorgungs-, Industrie- und Fremdenverkehrsstandorten, von Eignungszonen für den Fremdenverkehr und von Agrargebieten soll die Konfrontation diametraler Interessen vermeiden und eine sinnvolle Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Erhaltung natürlicher Landschaften ermöglichen. Den erwähnten Interessenskomponenten soll ein Entwicklungsprogramm für das nördliche Burgenland gerecht werden (Abb. 4.4).

4.1.5.1. Der Fremdenverkehr

Im Laufe der letzten Jahre erlebte der Tourismus in der Region Neusiedler See einen großen Aufschwung. Dies bewirkte eine teilweise unkontrollierte Expansion fremdenverkehrsorientierter Einrichtungen, wie den Bau bzw. Ausbau von Campingplätzen, Feriendörfern, Yachthäfen, Badeanlagen usw.. Diese Aktivitäten waren und sind in besonderem Maße auf Bauvorhaben am Rande und innerhalb des Schilfgürtels konzentriert. Eine Kollision mit Zielen des Naturschutzes war und ist unvermeidlich. Wie erwähnt ist es daher eine der Hauptaufgaben eines regionalen Entwicklungsplanes, ein Nebeneinander von sinnvollem, "behtsamem" Fremdenverkehr und von weitreichendem Naturschutz zu ermöglichen.

4.1.5.2. Der Naturschutz

Die Selbstverständlichkeit einer natürlichen Umwelt ist in unserer Zeit nicht mehr gegeben. Die Ziele gewisser Interessens-



Fremdenverkehrseignungszonen

F1 engere Fremdenverkehrseignungszone Neusiedler See

F2 erweiterte Fremdenverkehrseignungszone Neusiedler See



Agrargebiete

A.2.1. Parndorfer Platte

S.1.1. Seewinkel

A.2.3. östlicher Seewinkel

S.1.2. Seewinkel-Lackengebiet

S.2.1. Leithagebirge-Neusiedler See

Abb. 4.4 Auszug aus dem Entwicklungsprogramm Nördliches Burgenland (Entwurf: ARG-Arbeitsgemeinschaft Regional- und Gemeindeplanung. Amt der Bgld. Landesregierung, LAD-Raumplanungsstelle). Nach Grosina, 1981.

gruppen können in krassem Gegensatz zur Bewahrung von Naturräumen stehen. Aus diesem Grunde ist es notwendig geworden, effektive Organisationsformen des Naturschutzes zu finden. Zunächst sei auf die bestehenden Landschafts- und Naturschutzgebiete um den Neusiedler See hingewiesen (Abb. 4.5).

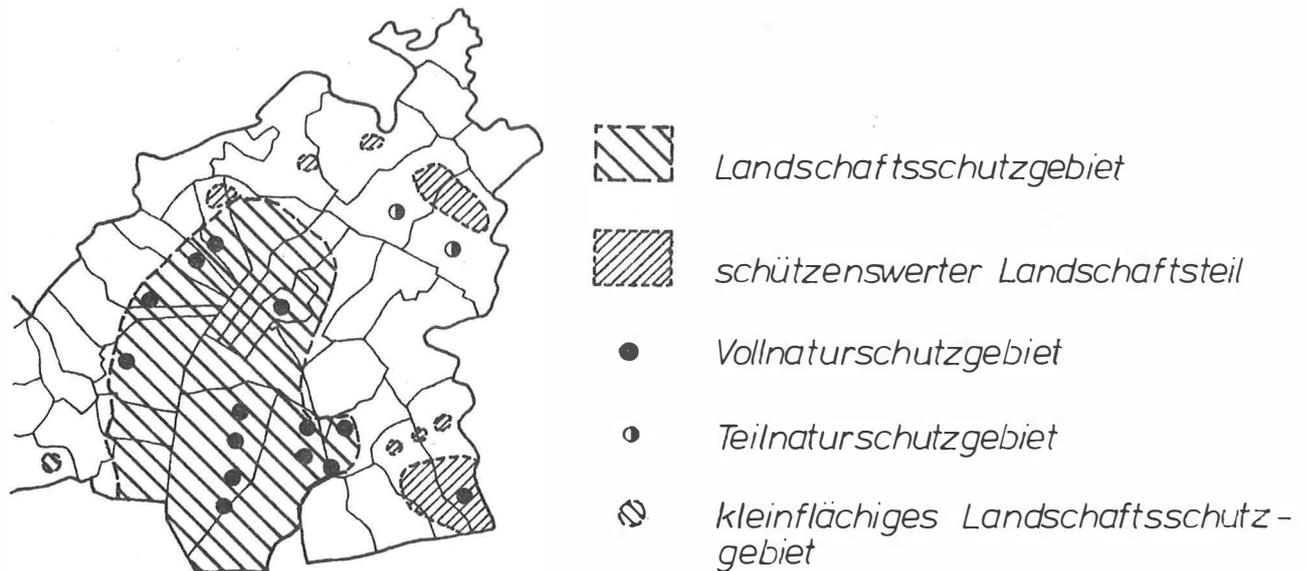


Abb. 4.5 Skizze der Landschafts- und Naturschutzgebiete der Region Neusiedler See. Nach Arnold u. Baumhackl, 1980.

Der Gedanke der Schaffung eines National- bzw. Naturparks Neusiedler See stammt bereits aus den Jahren nach dem ersten Weltkrieg. Von der UNESCO wurde die Landschaft Neusiedler See zum "Biosphere Reserve" ernannt. Bis heute ist jedoch keine Realisierung einer einem Nationalpark entsprechenden oder ähnlichen Organisationsform durchgeführt. Die Ursache liegt wohl in den großen Gegensätzen der Zielvorstellungen involvierter Bevölkerungsgruppen.

4.1.5.3. Die Schilfwirtschaft

Die wirtschaftliche Nutzung der Schilfbestände wird zur Zeit intensiv diskutiert. Bis dato wird Schilf - in relativ geringem Ausmaß - vor allem zum Zwecke der Verwertung in der Baustoff-

industrie geschnitten. Es bestünde jedoch die Möglichkeit, Schilf für die

- Energieverwertung .Verbrennen (Heizwert ähnlich Braunkohle)
 .Biogaserzeugung
 .Alkoholerzeugung (Biosprit)
- Zellstofferzeugung
- Bauplattenerzeugung .gesperrte Rohrplatten (Versuchsstadium)
- Kompostierung und Futterbeigabe

zu verwenden (vgl. Grosina, 1981).

Hohe Erntekosten sind zu erwarten. Weiters wird der großräumige Schilfschnitt durch das Fehlen ausgereifter Erntemaschinen behindert. Die Tatsache, daß der gesamte Schilfgürtel unter Landschafts- bzw. Teilnaturschutz steht und Lebensraum zahlreicher geschützter und schützenswerter Tierarten ist, spricht gegen das rücksichtslose großräumige Abbrennen oder Abernten von Schilfbeständen.

4.2. Luft- und Satellitenbilder Neusiedler See - das Projekt Schilfkartierung

4.2.1. Die "Geburt" des Projektes

Die junge Wissenschaft der Fernerkundung gewinnt immer mehr an Bedeutung. Am Institut für Photogrammetrie der TU Wien wurde mir im Rahmen einer Diplomarbeit die Möglichkeit geboten, mich in die Problematik der Bildinterpretation zu vertiefen (vide Csaplovics, 1980). Nach zufriedenstellendem Abschluß dieser Diplomarbeit - unter der Betreuung von o.Prof. Dr. K. Kraus - war es im Sinne des Betreuers und des Bearbeiters, das Begonnene mit dem Hauptaugenmerk auf möglichst praxisnahe Problemstellungen fortzusetzen. In das in der Biologischen Forschungsstation des Landes Burgenland - Leiter HR Dr. F. Sauerzopf - deponierte Farb-IR-Luftbildmaterial, das unter anderem auch den Schilfgürtel des Neusiedler Sees überdeckt, konnte dank der Initiative von HR Dr. Sauerzopf Einsicht genommen werden. Nach kurzen, aber umso präziseren Gesprächen mit HR Dr. Sauerzopf und o.Prof. Dr. Kraus waren anspruchsvolle und reizvolle Problemstellungen in bezug auf eine Schilfkartierung formuliert. Im Rahmen einer Dissertation am Institut für Photogrammetrie - Institutsvorstand o.Prof. Dr. K. Kraus, der auch die Betreuung der Arbeit zusicherte - sollten Lösungswege gefunden werden. Die Synthese einer fachwissenschaftlich theoretisch-praktischen und einer anwenderorientiert praktischen Zielsetzung wurde angestrebt. Vom photogrammetrisch-interpretatorischen Standpunkt aus sollte in Theorie und Praxis eine Interpretation der Bildinhalte - flächige Erscheinungsformen von Schilf - und deren maßstäbliche Darstellung angegeben werden. Die Wünsche der Biologischen Forschungsstation zielten auf eine für die Zwecke der Anwender anschauliche und exakte Lösung der Problematik hin.

4.2.2. Das vorhandene Bildmaterial

4.2.2.1. Die Parameter des LANDSAT-Bildes

Das Ausgangsbildmaterial ist ein LANDSAT 2 - Satellitenbild vom 26. Sept. 1975, aufgenommen bei einer Sonnenhöhe von 34° und einem Sonnenazimut von 145° .

In einer polnahen Umlaufbahn umkreist der LANDSAT-Satellit in einer Höhe von 919 km die Erde 14mal pro Tag. Während jedes Umlaufes kann der Scanner einen Streifen mit 185 km Breite abtasten. In 18 Tagen kann - außer den Polgebieten - die gesamte Erdoberfläche erfaßt werden. Ein sonnensynchroner Umlauf gestattet die Gleichzeitigkeit des Überfliegens identer Punkte der Erdoberfläche. Österreich wird jeweils zwischen $9,16^h$ und $9,30^h$ überflogen. Die Aufzeichnung eines 185.185 km^2 großen Bildes dauert 25 sec.. Die Ausdehnung eines Bildelementes (engl.: pixel) auf der Erdoberfläche beträgt 79.59 m^2 . Die Aufzeichnung erfolgt simultan in folgenden Spektralbereichen:

Kanal-Nr.	Wellenlänge
4	0.5-0.6 μm
5	0.6-0.7 μm
6	0.7-0.8 μm
7	0.8-1.1 μm

Die LANDSAT-Bilder sind durch ihre Bildzentren definiert. Diesen werden Kennzahlen zugeordnet. Das in der vorliegenden Arbeit verwendete Satellitenbild besitzt die Kennzahl 204-27 (vgl. Abb. 4.6).

Ein Wiedergabegerät (printer) ermöglicht die Führung eines Lichtpunktes, dessen Helligkeit in Abhängigkeit von den Magnetbanddaten gesteuert wird, über einen lichtempfindlichen Film. Die Belichtung erfolgt in parallelen Linien. Nach Entwicklung des Filmes liegt das Satellitenbild vor.

Programmtechnische Maßnahmen ermöglichen die Vergrößerung von Szenenausschnitten - eine Ausspielung der Daten im Maßstab von ca. 1:1000000 ist üblich. Herr cand.ing. G. Rabl hat in seiner Diplomarbeit - Betreuer Dipl.Ing. J. Jansa - derartige Programme entwickelt und in dankenswerter Weise

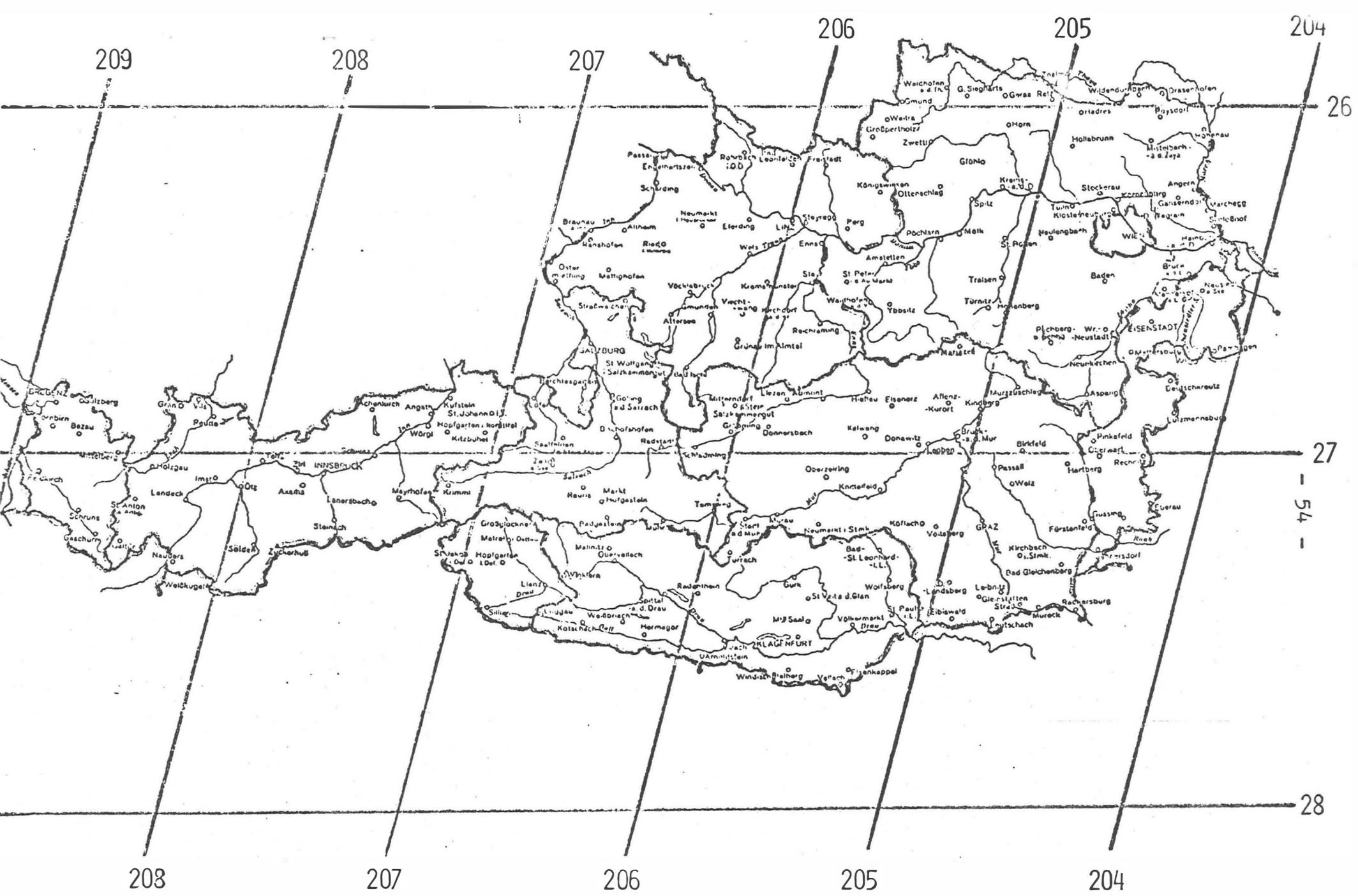


Abb. 4.6 Kennzahlen der LANDSAT-Szenen.

LANDSAT - SZENEN - KENNZAHLEN

die Herstellung von Vergrößerungen der LANDSAT-Szene 204-27, Bildausschnitt Neusiedler See, auf den Maßstab von ca. 1:186000 übernommen. Gleichzeitig konnte durch Synthese der Kanäle 4, 5 und 6 - mit der Zuordnung von Blau zu Kanal 4, von Grün zu Kanal 5 und von Rot zu Kanal 6 - am Optronics Photomation C 4500 ein simuliertes Farb-IR-Bild der Region Neusiedler See erstellt werden. Es wird die Grundlage einer großräumigen Interpretation der Schilfbestände auf der Basis des Satellitenbildes sein. Abb. 4.7 zeigt dieses Farb-IR-LANDSAT-Bild.

4.2.2.2. Die Parameter der Luftbilder

Die Befliegung wurde vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen am 15. August 1979 durchgeführt. Eine Reihenmeßkammer Wild RC10 mit einem Weitwinkelobjektiv Universal Aviogon - Kammerkonstante $c=153.52$ mm - lieferte bei Verwendung des Kodak Aerochrome IR-Films 2443 Farb-IR-Luftbilder im Maßstabsbereich von 1:8900 bis 1:12100. Die Längsüberdeckung beträgt 47%-60%, die Querüberdeckung 13%-44%.

4.2.2.3. Die den Schilfgürtel überdeckenden Farb-IR-Luftbilder

Die Anordnung jener Flugstreifen und Luftbildfolgen, die die Grundlage für den luftbildorientierten Teil der nachfolgenden Untersuchung bilden, zeigt Abb. 4.8. Die Anzahl der durch die Interpretation erfaßten Luftbilder beträgt 133 - 119 Modelle liegen der stereoskopischen Auswertung zugrunde. Der Bildmaßstab beträgt 1:9600 bis 1:12100. Die wichtigsten Basisinformationen bezüglich der verwendeten Farb-IR-Luftbilder bietet Tab. 4.1.

Streifennr.	Anzahl d. verw. Modelle	durchschnittl. m_b
3	11	10300
4	13	9700
5	9	9600
7	16	9650
8	7	9700
9	4	9700

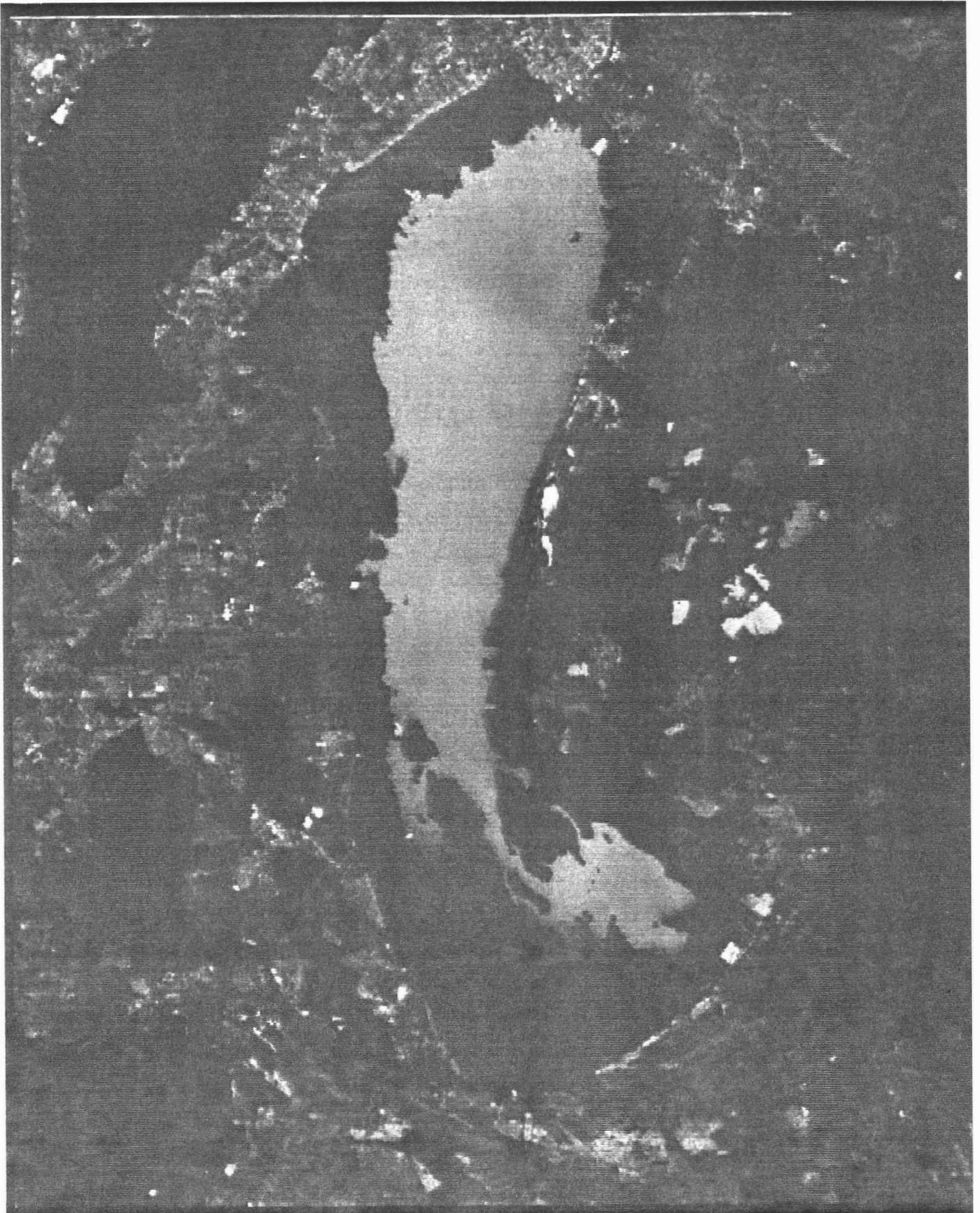


Abb. 4.7 Farb-IR-Satellitenbild (Kan. 4+5+6) der Region Neusiedler See. Vergrößerung auf $M = 1:186000$. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

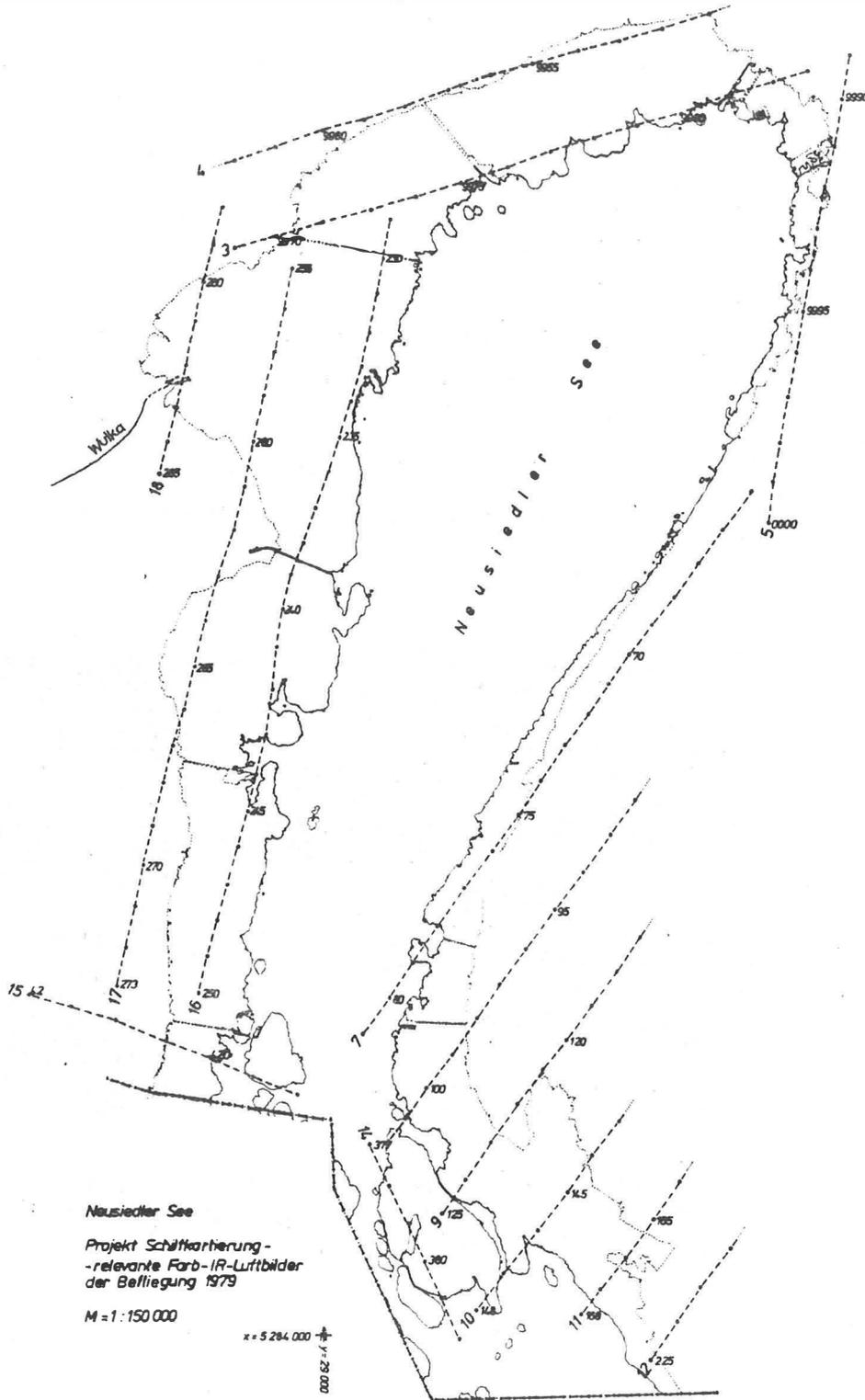


Abb. 4.8 Übersicht der projektrelevanten Farb-IR-Luftbildfolgen.

10	5	9700
11	3	9775
12	1	9775
14	5	9800
15	3	12100
16	21	9800
17	16	9800
18	5	9800

Tab. 4.1 Tabelle der Anzahl und der durchschnittlichen Bildmaßstabszahlen der verwendeten Farb-IR-Luftbildmodelle

Ein Farb-IR-Luftbildausschnitt mit dem Bildinhalt Schilf soll eine erste Konfrontation mit der Untersuchungsproblematik darstellen (Abb. 4.9).

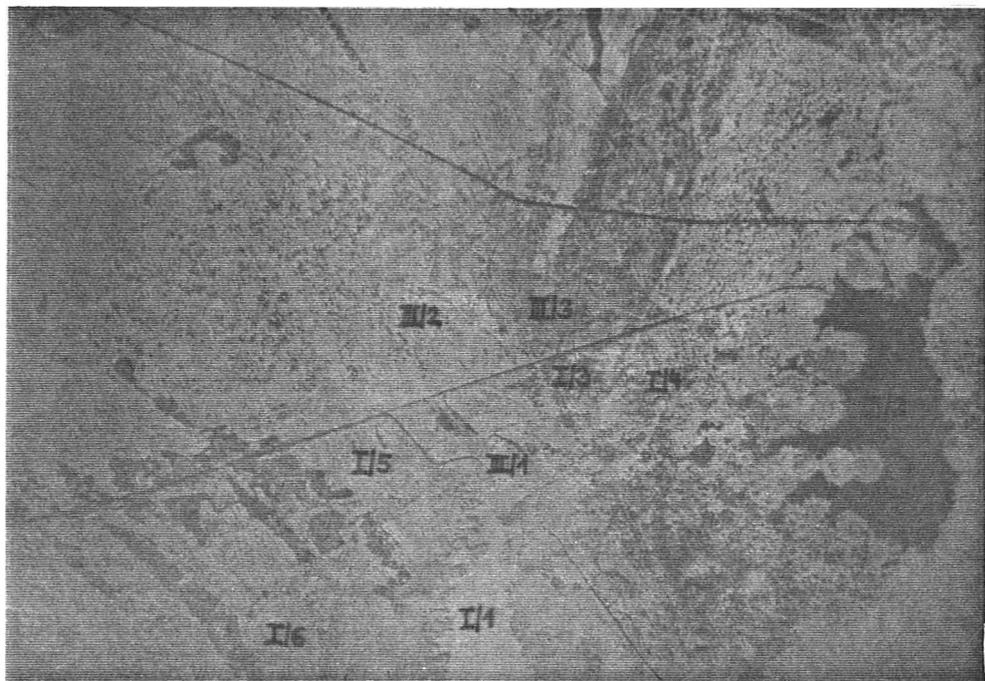


Abb. 4.9 Farb-IR-Luftbildausschnitt aus dem Luftbild Bildnummer 241, Streifen 16. M = ca. 1:12700. Hinweis Kap.

4.2.3. Die Definition der Untersuchungsproblematik

Die Aufnahme der Farb-IR-Luftbilder wurde von der Biologischen Forschungsstation Illmitz relativ kurzfristig geplant und in

Auftrag gegeben. Das Hauptinteresse galt der spontanen Erfassung des Ist-Zustandes im Jahre 1979. Dies bezog sich sowohl auf die Dokumentation der schützenswerten Landschaften des Seewinkels und des Neusiedler Sees als auch auf die Dokumentation der Situation in Expansionsgebieten des Fremdenverkehrs und der ackerbaulichen bzw. weinbaulichen Nutzung. Das Luftbild sollte Dokument des Momentanzustandes der regionalen Struktur sein und als Beweismaterial bei ungerechtfertigten Eingriffen in den Naturraum zur Verfügung stehen. Aus diesen Gründen waren der Befliegung keine Paßpunktbestimmungen und -ersichtlichmachungen vorausgegangen. Dennoch zielte die konkrete Formulierung des Projektzieles auf ein maßstäbliches Endprodukt in Form einer Karte hin. Die Untersuchungsproblematik läßt sich daher zweigeteilt näher erläutern.

Das vom Standpunkt der Luftbildinterpretation zu lösende Problem war die Erfassung der den Schilfgürtel betreffenden Informationen aus den Luftbildinhalten, deren Aufschlüsselung und klassifikationsorientierte Aufbereitung. Das setzt die Entwicklung eines problemspezifischen Interpretationsschlüssels voraus. Mit dessen Hilfe ist eine möglichst detailreiche Darstellung der Erscheinungsformen von Schilf durchführbar.

Das der Photogrammetrie nahestehende Problem war die Erarbeitung einer Methodik der stereoskopischen Auswertung des Luftbildinhaltes Schilf, sowie die Realisierung einer Möglichkeit, nachträglich die Bildstreifen verschiedenster Maßstäbe in einen sinnvoll zu wählenden einheitlichen Maßstab überzuführen. Es wurde bewußt angestrebt, diese Ziele mit möglichst geringem gerätetechnischen Aufwand zu erreichen. Der Einsatz einfacher photogrammetrischer Auswerteverfahren wurde durch die Tatsache, daß im speziellen Projekt die Objektoberfläche als Ebene angenommen werden kann, erleichtert.

4.2.4. Allgemeine Vorüberlegungen

4.2.4.1. Wind- und Strömungsverhältnisse am Neusiedler See

Zahlreiche Untersuchungen über die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen am Neusiedler See zeigen das eindeutige Vor-

herrschen von Windrichtungen aus NW. Mit geringerer Häufigkeit treten Winde aus SO auf (Abb. 4.10).

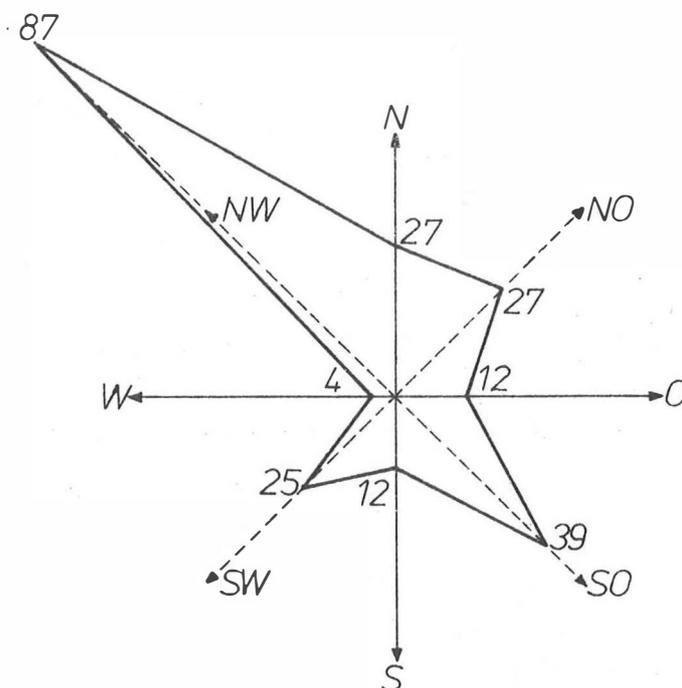


Abb. 4.10 Windrichtungen bei eisfreiem See, Tage/Jahr. Mittel 1961-1965, 58 Tage Windstille. Nach Kopf, 1966.

Der lang- und kurzfristige Einfluß des Windes auf die Wasseroberfläche verursacht die Ausbildung von charakteristischen Strömungsverhältnissen, die in Dauerströmungen und Wasserverlagerungen durch Winddrift gegliedert werden können. Eine Karte zeigt schematisch die Systematik der bei NW-Wind resultierenden See-strömungen (Abb. 4.11).

4.2.4.2. Strahlungsverhältnisse im Schilfgürtel

Die Globalstrahlung (Sonnen- und Himmelsstrahlung von ca. $0.3 \mu\text{m}$ bis $3.0 \mu\text{m}$) unterliegt am Schilf einer teilweisen Reflexion, Absorption und Transmission. Die Reflexion setzt sich aus der Oberflächenreflexion der einfallenden Strahlung an den Schilfblättern und an der Wasseroberfläche zusammen. Es ergibt sich eine Abhängigkeit des Ausmaßes der remittierten Strahlung von der Sonnenhöhe, der Bestandesdichte, dem entwicklungsphysiologischen Zustand des Schilfbestandes und dem

Zustand der Wasserfläche (Eis, Schnee, usw.), vgl. Kap. 2.3.1. und Kap. 2.3.2..

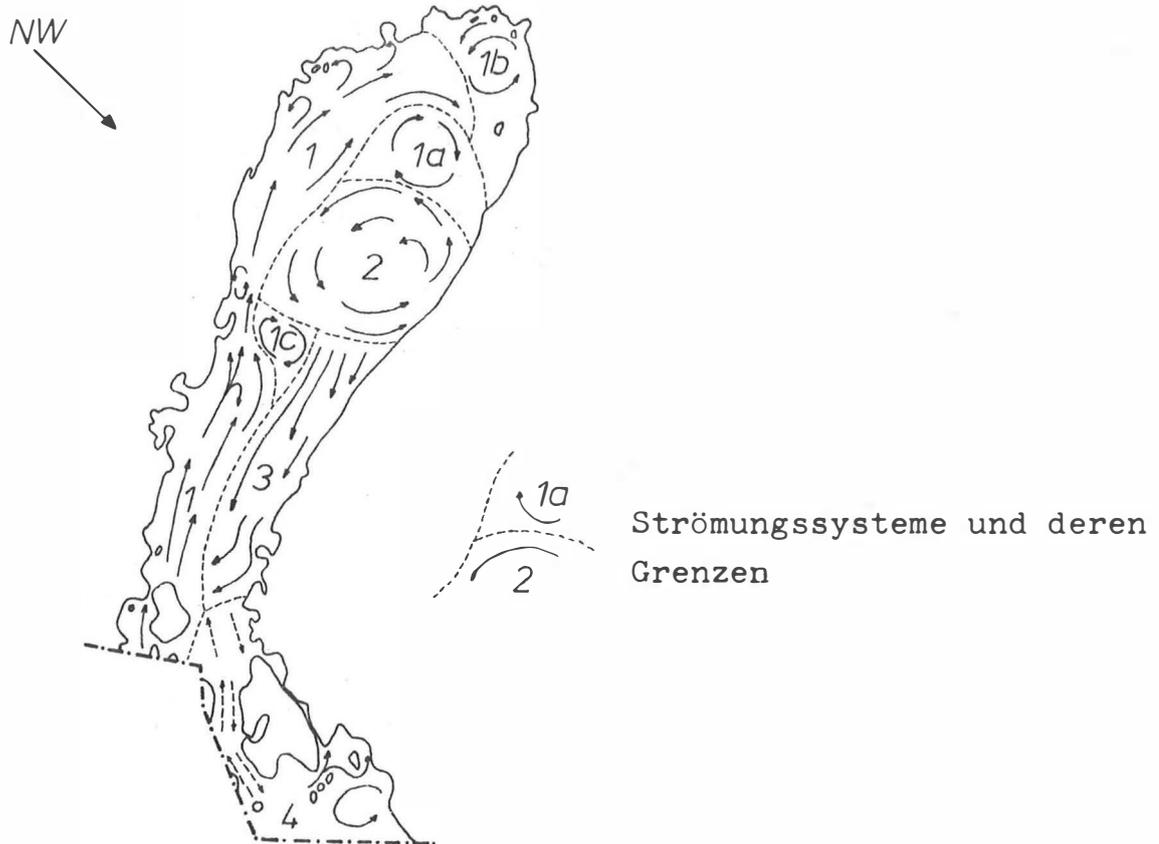


Abb. 4.11 Karte der Seeströmungen, Windrichtung NW. Nach Kopf, 1967.

Anmerkung: Man vergleiche das Strömungsbild in Abb. 4.11 mit der Strömungsstruktur der offenen Seefläche im Farb-IR-Satellitenbild Abb. 4.7.

Die Albedo im Schilfgürtel des Neusiedler Sees besitzt einen ausgeprägten Tagesgang (Abb. 4.12, vgl. Abb. 2.5).

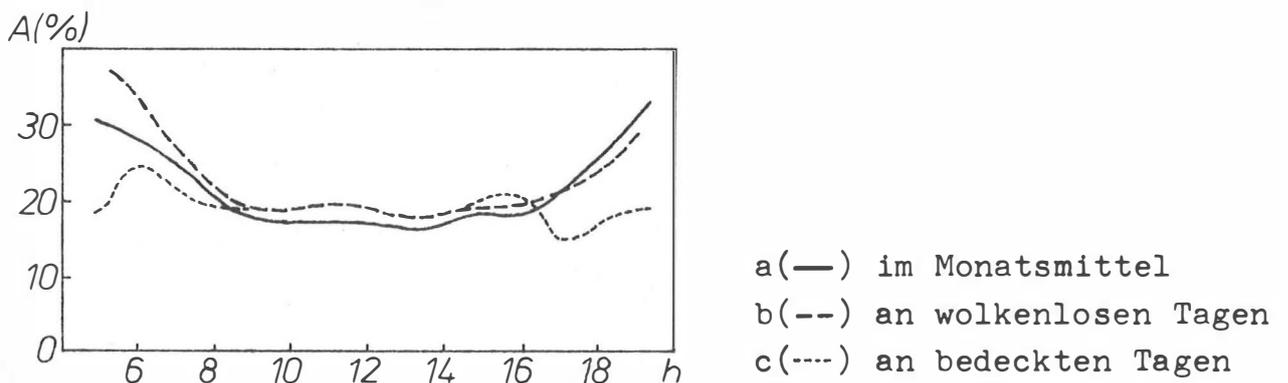


Abb. 4.12 Tagesgang der Albedo für Juli 1968. Nach Darnhofer, 1973.

Man erkennt sofort den Effekt der Abnahme der Albedo (Verhältnis der remittierten zur einfallenden Strahlung) bei zunehmender Sonnenhöhe (vgl. Abb. 2.5). Die Albedo beträgt im Juli für ausgewachsenes Schilf 18%-32% (für eine trockene grüne Wiese 15%-35%, Darnhofer, 1973). Für Wasserflächen beträgt die Albedo ca. 5%-15%. Je nach Dichtigkeit des Bewuchses spielt die Remission des Bodens eine mehr oder weniger große Rolle. Bei standort- oder jahreszeitlich bedingter Auflockerung des Bestandes ergibt sich daher eine entsprechende Abnahme der Albedo.

Die spektralen Remissionswerte für Mischflächen Vegetation-Wasser in Funktion der Wellenlänge zeigen eine starke Abnahme der Rückstrahlung im Bereich des n-IR bei steigendem Anteil von Wasser (Abb. 4.13).

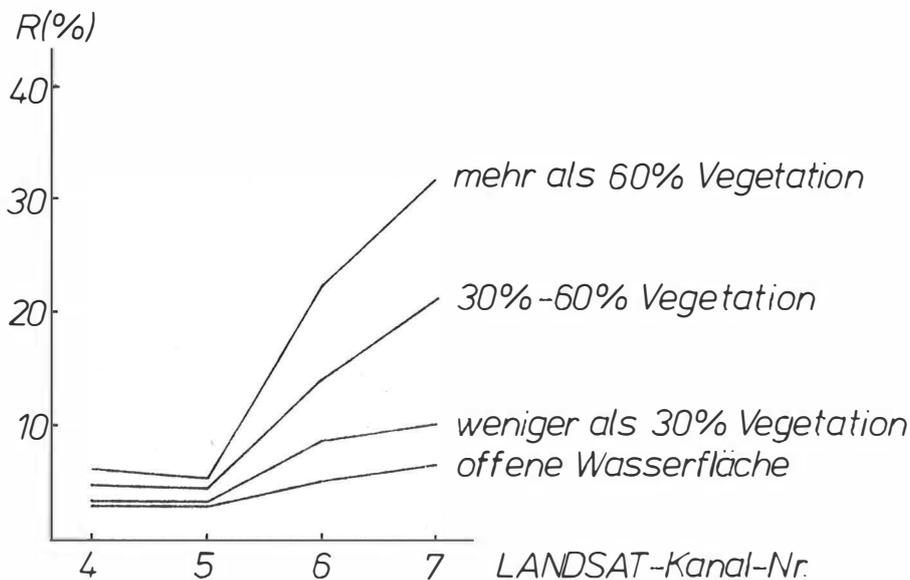


Abb. 4.13 Spektrale Remission von Vegetation-Wasser-Mischflächen. Aus Ernst-Dottavio et al., 1981.

Anmerkung: Die Remissionswerte sind für die LANDSAT-Kanäle 4,5,6 und7 über die Kanalbandbreite gemittelt angegeben. Die Linienzüge repräsentieren keine aktuellen Remissionskurven.

4.2.4.3. Die farblichen Erscheinungsformen von Schilfbeständen im Farb-IR-Luftbild

In Analogie zu anderen Vegetationsarten weist auch das Schilfrohr bzw. der Schilfbestand ein gering ausgeprägtes Remissions-

maximum im grünen Bereich des Spektrums sowie ein stark ausgeprägtes Maximum im n-IR auf (vgl. Kap. 2.3.2.). Das farbliche Erscheinungsbild der Schilfbestände im Farb-IR-Luftbild wird daher durch mehr oder weniger intensive Rottöne geprägt. Schilfzonen, die mit einem wachsenden Anteil von Schilfrohr älterer Jahrgänge durchsetzt sind, weisen Verfärbungen ins Rotgrüne auf. In Arealen abgestorbener Röhrichte, wo dürres Rohr größtenteils verfilzt und geknickt ist, kennzeichnet grüne Farbe das Fehlen jeglicher Vitalität. Zusammenfassend kann dem zunehmenden Vitalitätsverlust eine Farbverschiebung von Rot nach Grün zugeordnet werden.

Anmerkung: Der Grad der Vitalität eines Schilfbestandes ist eine Funktion des ortsabhängigen Verhältnisses Jungschilf : Altschilf bzw. des Einflusses von Störungen der natürlichen Umwelt. Die Lebensfähigkeit der Schilfpflanze ist daher vom Standort und den Umweltverhältnissen abhängig.

4.2.5. Die Entwicklung eines Klassifikationsschlüssels

4.2.5.1. Der dem LANDSAT-Bild angepaßte Interpretationsschlüssel

Grundlage für die Klassifikation des Schilfgürtels auf der Basis des Satellitenbildes ist das simulierte Farb-IR-Satellitenbild der Region Neusiedler See, das die Informationen der LANDSAT-Kanäle 4 (0.5-0.6 m), 5 (0.6-0.7 m) und 6 (0.7-0.8 m) miteinander vereint (vide Abb. 4.7).

Die Kombination der LANDSAT-Bänder 4, 5 und 6 bietet eine gute Trennbarkeit verschiedener Oberflächenstrukturen (vgl. Westin, Lemme, 1978 - die Kombination der Bänder 4, 5 und 6 liefert bei der 3-Band-Klassifikation die größte Genauigkeit der Differenzierung nach sechs Landnutzungsarten).

Das Interpretationsziel, verschiedene Erscheinungsformen von Schilf im Satellitenbild zu differenzieren, steht in engem Zusammenhang mit dem Auflösungsvermögen der LANDSAT-Szenen. Feinstrukturen (Texturen) können nicht mehr aufgelöst werden, Bestandesdichten sind daher nicht definierbar. Eine visuelle Klassifikation des Schilfgürtels mit Hilfe des Satellitenbildes muß sich auf den Interpretationsparameter der farblichen Erscheinungsformen des Bildinhaltes Schilf beziehen.

Analog zum Farb-IR-Luftbild können den Farben Vitalitätszustände und als sekundärer Schluß eventuell Schilfdichten zugeordnet werden (vgl. Abb. 4.13). Der flächigen Zonierung von Schilfbeständen wird ein dreiteiliger Klassifikationsschlüssel zugrunde liegen:

- Klasse 1 - Schilf mit dunkel- bis hellroter Farbe (dichter geschlossener Bestand),
- Klasse 2 - Schilf mit rotgrüner Farbe (dichter oder etwas aufgelockerter Bestand),
- Klasse 3 - dunkelgrüne bis blaugrüne Farbe (stark aufgelockerter Bestand, Wasserflächen im Schilfgürtel, abgestorbene Schilfbestände, Altschilf).

Als Zusatzinformation bietet der markante Kontrast der in Weiß erscheinenden Aufschüttungsflächen die Möglichkeit der Kartierung eines vierten klassifizierbaren Bildinhaltes des LANDSAT-Farb-IR-Bildausschnittes Neusiedler See:

- Klasse 4 - weißliche Farbe (Aufschüttungsflächen im Bereich des Schilfgürtels wie Seebäder etc.).

4.2.5.2. Vorarbeiten zur Definition eines Farb-IR-Luftbild-Klassifikationsschlüssels

Nach Auswahl repräsentativer Luftbildpaare, die spontan ein möglichst großes Spektrum der Erscheinungsformen von Schilfbeständen aufwiesen, erfolgte eine stereoskopische Sichtung dieser "Testmodelle". In einem Prozeß der sukzessiven Erfassung der konkreten Bildinhalte wurde zunächst versucht, im Rahmen eines sich wiederholenden Durchlaufens des Wahrnehmungsprozesses ein Interpretationstraining zu betreiben. Um sofort eine möglichst effiziente Zuordnung Natur - Farb-IR-Luftbild treffen zu können, wurde zur gleichen Zeit eine erste punktweise Feldbegehung durchgeführt (vgl. Scarpace et al., 1981). Mit dem Luftbildoriginal ausgestattet konnte an bestimmten Verifikationsstellen ein erstes Referenzniveau aufgebaut werden (vgl. Kap. 1.3.). Anläßlich dieser Begehung wurde die große Problematik der Verifizierung des Bildinhaltes Schilf in der Natur deutlich. Nur am land- und seeseitigen Rand der Schilfbestände, in Kanälen oder entlang der Seedämme ist es möglich,

informative Erkenntnisse über Struktur und Wachstumszustand des Schilfrohres zu gewinnen. Abseits der geringen Zahl befahrbarer Kanäle ("Schluichten") verhindern meist dicht verfilzte Rohrwände ein Durchfahren. Auf diese Tatsache und die bereits aus dem stereoskopischen Primärstudium der Testmodelle hervorgegangene große Variabilität der spezifischen Bildinhalte war bei der ersten Formulierung eines Klassifikationsschlüssels Rücksicht zu nehmen. Als erstes Ergebnis von Interpretationstraining und Feldbegehung ergab sich eine Teilung in drei klassifizierbare Komponenten des Bildinhaltes Schilf. Der durchschnittliche Bildmaßstab von 1:10000 gestattet es, die Schilfbestände hinsichtlich ihrer Textur nach verschiedenen Bewuchsdichten zu trennen. Die stereoskopische Betrachtung der Farb-IR-Luftbildmodelle erlaubt bis zu einer vor allem von den Aufnahmeparametern der Befliegung abhängigen Genauigkeitsgrenze die zonale Höhenangabe des Schilfwachstums. Schließlich ist eine Differenzierung von Vitalitätszuständen der Röhrichte im Farb-IR-Luftbild möglich. Die Vitalität (vgl. Definition, S.63) ist eine mit dem farblichen Erscheinungsbild der Schilfbestände im Farb-IR-Bild korrelierte Größe. Der erste grobe Klassifikationsschlüssel trennt Schilfzonen nach:

- Dichte
- Höhe
- Vitalität.

4.2.5.3. Die Detaillierung des Klassifikationsschlüssels

Einer Aufschlüsselung der problemrelevanten Bildinformation in die Merkmalsklassen Dichte (I), Höhe (II) und Vitalität (III) folgt die Spezifizierung der Variabilität der Bildinhalte. Hierbei muß vor allem auf die Größe des Untersuchungsgebietes Bedacht genommen werden. Die Detaillierung eines Interpretationsschlüssels steht in engem Zusammenhang mit der Ausdehnung der interpretatorisch zu erfassenden Fläche. Das Ziel, den gesamten Schilfgürtel des Neusiedler Sees, der auf österreichischem Staatsgebiet liegt, zu klassifizieren, erfordert eine Formulierung der Detailinformation, die neben größtmöglicher Aussagekraft auch Übersichtlichkeit gewährleistet.

Es war daher während der Ermittlung eines sinnvollen Klassifikationsschlüssels unumgänglich, verschiedene Varianten der Detaillierung in mehreren Testmodellen auf ihren Informationswert zu prüfen. Es resultierte folgende Gliederung der einzelnen Merkmalsklassen:

- Merkmalsklasse I - Dichte: Dichteklasse 1 - Seewasser
 Dichteklasse 2 - Braunwasser
 Dichteklasse 3 - Schilf Wasser
 Dichteklasse 4 - Schilf = Wasser
 Dichteklasse 5 - Schilf Wasser
 Dichteklasse 6 - dichter Schilf-
 bestand
- Merkmalsklasse II - Höhe: Höhenklasse 1 - abgestorbenes,
 geknicktes Schilf, Schilf-
 stengel
 Höhenklasse 2 - Schilf mittlerer
 Höhe
 Höhenklasse 3 - Schilf normaler
 Höhe
- Merkmalsklasse III - Vitalität: Vitalitätsklasse 1 - rot
 Vitalitätsklasse 2 - rotgrün
 Vitalitätsklasse 3 - (blau-) grün

Es seien die jeweiligen Gliederungen näher erläutert.

Merkmalsklasse I - Dichte

I/1 - Seewasser: Meist in seeseitigen Randbereichen des Schilfgürtels tritt in Lacken im geschlossenen Schilfbestand Wasser mit im Farb-IR-Luftbild hellblauer Farbe auf. Diese Farbe korrespondiert mit der Farbe der offenen Seefläche (I/1 in Abb. 4.9).

I/2 - Braunwasser: Die meisten offenen Wasserflächen im Schilfgürtel stehen in keinem oder nur sehr geringem Kontakt zu Seewasser. Ihre im Farb-IR-Luftbild dunkle blaugrüne Farbe deutet auf einen vom Seewasser wesentlich abweichenden Zustand hin. Schwebstoffe und Sedimente setzen sich ab, da Windeinfluß und resultierende Turbulenz des Wassers nicht

wirksam sind (I/2 in Abb. 4.9).

Anmerkung: Im Sinne einer von Klasse zu Klasse steigenden Dichtigkeit des Bewuchses werden See- und Braunwasserflächen, die eventuell auch durch Merkmalsklasse III charakterisiert werden könnten, in Merkmalsklasse I behandelt.

- I/3 - Schilf Wasser: Dies sind stark aufgelockerte Schilfbestände, die durch das Überwiegen von Bestandeslücken wie Wasserflächen usw. gekennzeichnet sind (I/3 in Abb. 4.9).
- I/4 - Schilf = Wasser: Die Schilfbestände zeigen deutlich dichtere Struktur. Bestandeslücken bilden ungefähr die Hälfte der klassifizierten Fläche (I/4 in Abb. 4.9).
- I/5 - Schilf Wasser: Bestandeslücken, meist eingestreute Wasserflächen, treten selten auf. Ihre Existenz unterscheidet dennoch die Textur des Bestandes eindeutig von geschlossenen Beständen (I/5 in Abb. 4.9).
- I/6 - dichter Schilfbestand: Bestandeslücken fehlen zur Gänze, Schilfrohr bedeckt die gesamte zonierte Fläche als geschlossener Bestand (I/6 in Abb. 4.9).

Merkmalsklasse II - Höhe

- II/1 - Niedriges Schilf älterer Jahrgänge, meist geknickt, sowie z.B. durch unsachgemäße Ernte entstandene Flächen von Schilfstoppeln.
- II/2 - Schilfbestände mit mittlerer Höhe des Wachstums bilden Zonen, die vor allem am land- und seeseitigen Rand des Schilfgürtels ausgeprägt sind.
- II/3 - Die Mehrzahl der Schilfflächen ist durch eine in gewissen Bandbreiten einheitliche Wuchshöhe gekennzeichnet, die als "normal" bezeichnet wird.

Anmerkung: Dem Umfang des Untersuchungsgebietes entsprechend mußte auf umfassende Zahlenangaben von Wuchshöhen auf der Basis der stereoskopischen Parallaxenmessung verzichtet werden. Einige Bestandeshöhen werden in Kap. 4.3.7. angegeben und besprochen werden.

Merkmalsklasse III - Vitalität

- III/1 - Rot: Wie bereits bewiesen deutet die rote Farbe von Schilfbeständen im Farb-IR-Luftbild auf ein großes Maß an Durchsetzung mit (vitalem) Jungschilf hin. In wirt-

schaftlich genutzten Gebieten des Schilfgürtels wird die rote Farbe des Schilfes auf erfolgten (Winter-) Schnitt hinweisen (III/1 in Abb. 4.9).

III/2 - Rotgrün: Der zunehmende Anteil von Schilf älterer Jahrgänge führt zu einer Verschiebung der rötlichen Färbung nach rotgrünen Farben, bewirkt durch die dem dünnen Schilf zu eigene geringere Reflexion von Strahlung des n-IR (III/2 in Abb. 4.9).

III/3 - Grün: Die Schilfflächen sind nahezu ohne Jungschilf. Altschilf bewirkt einen Übergang des farblichen Erscheinungsbildes nach grünlichen Farben. Ähnlich bilden sich Zonen mit Schilfstoppelbestand ab (III/3 in Abb. 4.9).

Die den drei Vitalitätsklassen zugeordnete Konsistenz der Schilfbestände erlaubt den direkten Vergleich mit dem Entwicklungsprozeß von Laubblättern im Laufe der Jahreszeiten. Die Remissionskurven in Abb. 2.10 für Frühsommer, Frühherbst bis zu totem braunem Laub können in Analogie zur Alterung des Schilfrohres von einem Jahr zum anderen betrachtet werden. Deutlich ist der fortschreitende Abfall der Remission im n-IR erkennbar, der für die Farbverschiebung von Rot nach Grün verantwortlich ist (vgl. Kap. 2.4.2.). Es kann weiters eine Ähnlichkeit der Gliederung von Merkmalsklasse III mit dem Klassifikationsschlüssel für die Ermittlung von Graden der Vitalitätsminderung von Baumbeständen in Brixlegg/Tirol erkannt werden (vgl. Kap. 2.5.2.).

Als Grundlage für die Klassifikation des Schilfgürtels nach der Flächenmethode steht eine dreiziffrige Klassifikationszahl, die sich aus den Merkmalsklassen I, II und III entnommenen Detailinformationen zusammensetzt.

Beispiele: 631 - dichter Schilfbestand normaler Wuchshöhe mit hohem Jungschilfanteil (vgl. Abb. 4.14)
532 - etwas aufgelockerter Schilfbestand normaler Wuchshöhe mit größerem Altschilfanteil (vgl. Abb. 4.14)
432 - mittelstark aufgelockerter Schilfbestand normaler Wuchshöhe mit größerem Altschilf-

anteil (vgl. Abb. 4.14)

313 - stark aufgelockerter Bestand von Schilffresten
u.ä. (vgl. Abb. 4.14)

Für die Darstellung von See- und Braunwasser wurde eine horizontale bzw. vertikale Flächenschraffur geplant, bei kleinen Wasserflächen erfolgt die Zuordnung zu 100 bzw. 200 (0 für Nullinformation, vgl. Abb. 4.14).



Abb. 4.14 Schlüsselstereogramm für die Klassifikation von Schilfbeständen am Neusiedler See, Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbildmodell Bildnr. 248, 249; Streifen 16. M = ca. 1:12700. Beachte Hinweis Kap. 6.3.!

4.2.6. Die Klassifikation des Schilfgürtels mit dem LANDSAT-Bild

Die visuelle Interpretation des Schilfgürtels nach der Flächenmethode wurde direkt vom simulierten Farb-IR-Satellitenbild

auf Folie vorgenommen. Nach der Ermittlung einer Trennlinie Schilf-Festland erfolgte die Differenzierung von Schilfbestandesflächen nach dem LANDSAT-adäquaten Klassifikationsschlüssel (vide Kap. 4.2.5.1.). Flächen gleicher Erscheinungsform wurden durch idente Ziffern gekennzeichnet, die die Zugehörigkeit zu Schilfklasse 1, 2 oder 3 angeben. Um einer möglichst detailreichen Aufschlüsselung der Schilfbestandesarten im Farb-IR-Satellitenbild gerecht zu werden, mußte während der Interpretation die nachträgliche Einführung einer Schilfklasse 1-2 und einer Schilfklasse 2-3 durchgeführt werden. Dies ergibt einen fünfteiligen Klassifikationsschlüssel, wobei die beiden Zusatzklassen Bestandesflächen, die in ihrem farblichen Erscheinungsbild eindeutig als Übergang von Klasse 1 nach Klasse 2 bzw. von Klasse 2 nach Klasse 3 definierbar sind, charakterisieren. Die Anschüttungen im Bereich des Schilfgürtels sind graphisch durch schwarze Flächen symbolisiert. Eine Erweiterung der Aussagekraft konnte durch die Einführung einer die beiden farblich unterschiedlichen Flächen des offener Sees trennenden Linie erreicht werden. Die teils hell-, teils dunkelblaue Farbe des Seewassers im Farb-IR-Bild scheint auf schwebstoff- bzw. sedimentreiches und schwebstoffarmes Wasser hinzuweisen. Abb. 4.15 zeigt den der Klassifikation des Farb-IR-Satellitenbildes (Abb. 4.7) entsprechenden Interpretationsinhalt.

Das der Aufzeichnung im LANDSAT-Kanal 7 (0.8-1.1 m) entsprechende Satellitenbild des Neusiedler Sees (Abb. 4.16) zeigt infolge des großen Kontrastes zwischen dem Schwarz des Seewassers und den grau-weißen Farben des Schilfgürtels maximale Genauigkeit bei der Ermittlung der Grenzlinie Schilf-Wasser (vgl. Westin, Lemme, 1978 - Band 7 liefert bei der Einbandklassifikation größte Genauigkeit zum Zwecke einer Differenzierung nach sechs Landnutzungsarten). Die Klassifikation des Schilfgürtels (Abb. 4.17) gliedert Schilfflächen analog Abb. 4.15, der farblichen Differenzierung von Rot über Rotgrün nach Grün entspricht der Übergang von Weiß über Grau nach Schwarz. In Bereichen relativ großer Vitalität ist der Detailreichtum der Kanal 7-Ausspielung geringer als der der Dreibandkombination 4+5+6. In Bereichen geringer Vitalität

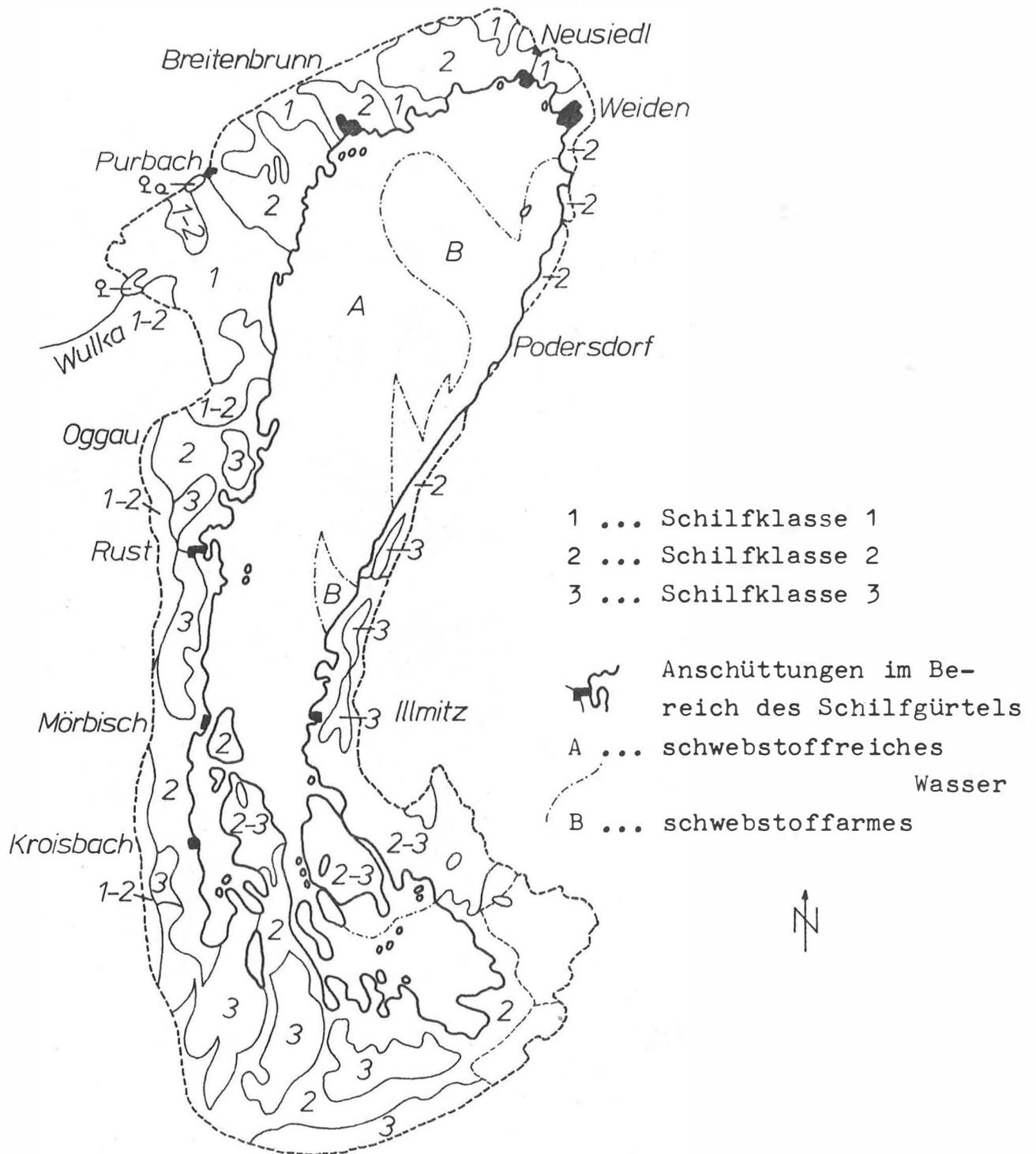


Abb. 4.15 Klassifikation des Schilfgürtels des Neusiedler Sees vom Farb-IR-Satellitenbild, unter Verwendung des Klassifikationsschlüssels nach Kap. 4.2.5.1. und Kap. 4.2.6.. LANDSAT 2 - 26.Sept. 1975. M = 1:186000.



Abb. 4.16 LANDSAT-Satellitenbild Neusiedler See, Kanal 7
(0.8-1.1 μm). M = ca. 1:186000.

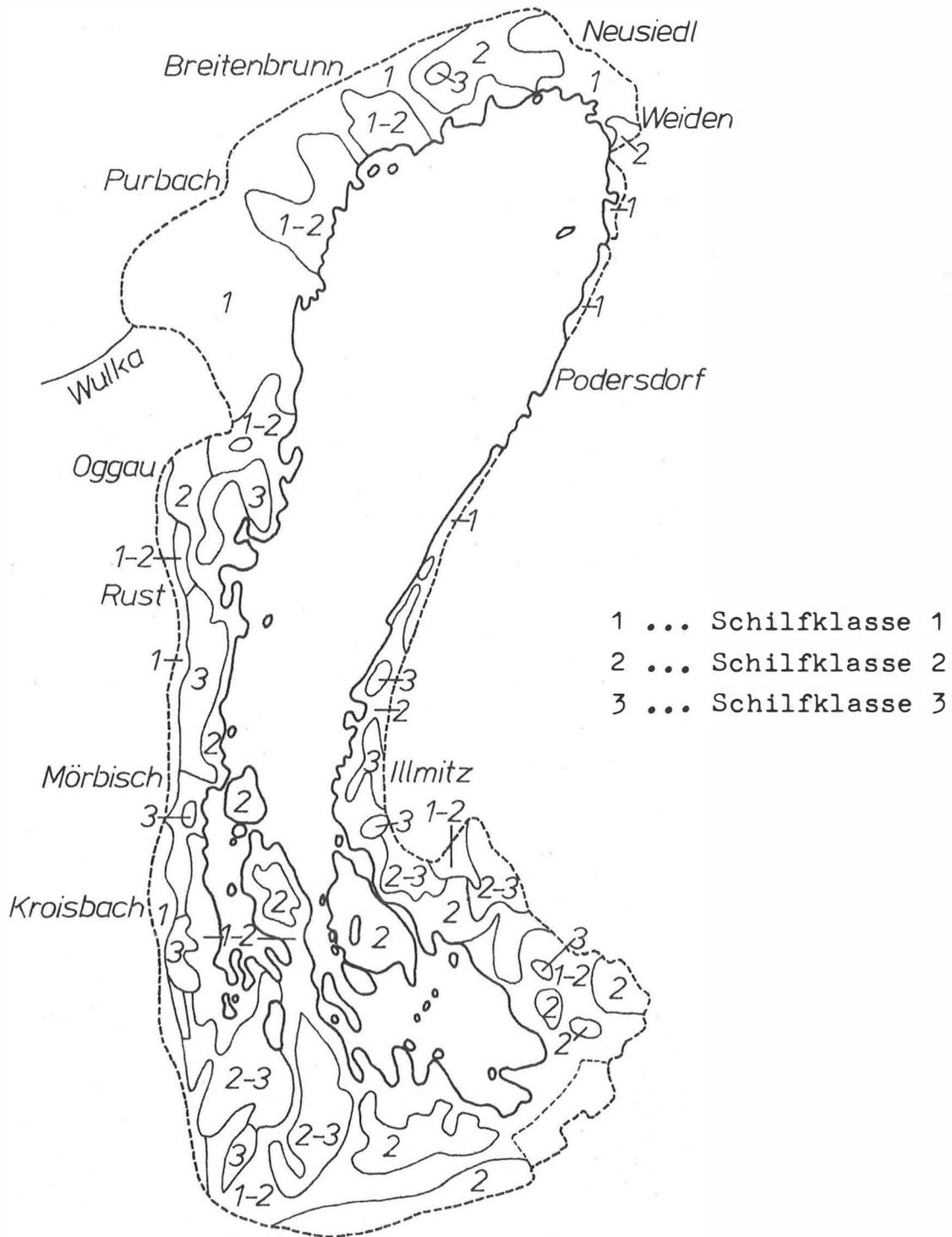


Abb. 4.17 Klassifikation des Schilfgürtels des Neusiedler Sees vom Satellitenbild LANDSAT-Kanal 7, unter Verwendung des Klassifikationsschlüssels nach Kap. 4.2.5.1. und Kap. 4.2.6.. LANDSAT 2 - 26.Sept. 1975. M = ca. 1:186000.

und großer Auflockerung der Schilfbestände ist der Informationsgehalt der Kanal 7-Klassifikation gleich bzw. größer als der der Dreibandkombination. Aufschüttungen im Schilfgürtel können aber kaum erkannt werden. Die Trennlinie Schilf-Festland ist teils ausreichend, teils schwierig zu sehen.

4.2.7. Die Klassifikation des Schilfgürtels mit dem Farb-IR-Luftbildmaterial

4.2.7.1. Die modellweise flächige Zonierung am Stereograph

Das mit der Entwicklung eines sinnvollen Klassifikationsschlüssels zur Gliederung von Schilfflächen nach der Flächenmethode untrennbar verbundene Interpretationstraining an repräsentativen Farb-IR-Luftbildmodellen führte zur Ausbildung einer systematischen Vorgangsweise der Klassifikation des gesamten Schilfgürtels.

Als geeignetes Hilfsmittel zur modellweisen stereoskopischen Zonierung von Schilfflächen nach dem detaillierten Klassifikationsschlüssel (vide Kap. 4.2.5.3.) diente der Stereograph des Institutes für Photogrammetrie der TU Wien (Abb. 4.18).

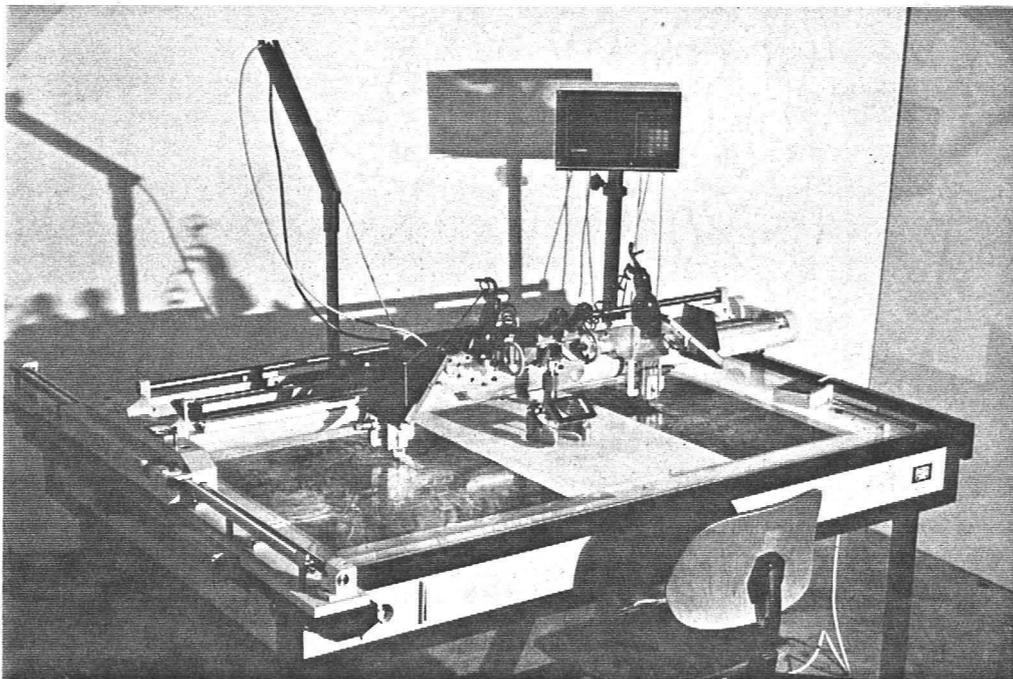


Abb. 4.18 Stereograph (Inst. f. Photogrammetrie, Fa. Rost).

Quasi-online konnten von Modell zu Modell Schilfgebiete gleicher Dichte, Höhe und/oder Vitalität abgegrenzt werden. Bei Verwendung einer maßhaltigen Zeichenfolie erfolgte ein modellweises Einpassen und die Kartierung mit folienanlösender Tusche. Die Konzeption des Stereographen erlaubt eine direkte Kartierung des Luftbildinhaltes bei Befestigung der Zeichenfolie in der Mitte des Gerätes. Ohne Störung des Stereoeffektes ist über Zeichenvorrichtung und Meßmarke eine schnelle Zuordnung Folie-Bild möglich. Die Kartierung entsteht direkt vor dem Operator. Die endgültige Zuordnung von Klassifikationszahlen zu den entsprechenden Flächen wurde erst nach der flächigen Zonierung des gesamten Schilfgürtels vorgenommen, um das Eingehen eines Maximums an Überblickswissen zu gewährleisten und die Möglichkeit von Präzisierungen oder kleineren Umformulierungen offenzulassen.

4.2.7.2. Das Maßstabsproblem

Die modellweise Interpretation der Schilfzonen am Stereograph erfolgte direkt vom Luftbild. Die Interpretationsfolien waren infolge der verschiedenen Bildmaßstäbe und der Verzerrungen in den Luftbildern nicht unmittelbar miteinander verbindbar. Der geringe Finanzrahmen erforderte die Adaptierung einer einfachen Möglichkeit, die interpretierten Modelle einem einheitlichen Maßstab und einer optimalen Montage zuzuführen. Ein methodisch strenges Verfahren wäre eine Aerotriangulation mit anschließender Stereo-Orthophoto-Herstellung (Kraus, 1981). Die Ersichtlichmachung von je drei Verknüpfungspunkten von Modell zu Modell sollte eine sofortige Kontrolle der äußeren Orientierungselemente ermöglichen. Weiters wurden um den Schilfgürtel des Neusiedler Sees gelegene KT-Punkte, die im Landeskoordinatensystem festgelegt sind, in den zuständigen Vermessungsämtern erhoben. Punktskizzen gestatteten ihr Auffinden in natura. An Ort und Stelle wurde die Lage im Farb-IR-Luftbildoriginal ermittelt. Zu diesem Zwecke erfolgte die Messung von Sperrmaßen zu Acker- und Weggrenzen sowie Bäumen u.ä. in der Nähe des Punktes. Nun konnte die Lage der KT-Punkte im Farb-IR-Luftbild bzw. auf der zugehörigen Interpretationsfolie am Stereograph mit größtmöglicher Genauigkeit bestimmt

werden (Abb. 4.20).

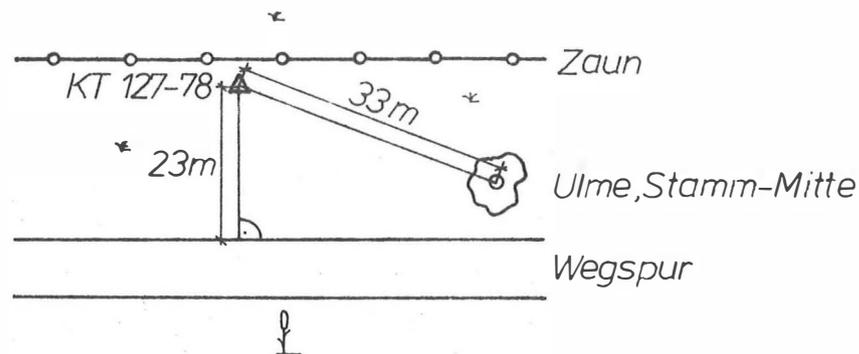


Abb. 4.20 Sperrmaßskizze zur nachträglichen Ermittlung der Lage des KT-Punktes im Luftbild.

Gleichzeitig ermöglichte die Kenntnis der Lagekoordinaten der KT-Punkte im LK-System eine Kartierung derselben im projizierten Arbeitskartenmaßstab 1:10000 mittels des Zeichenautomaten CORAGRAPH DC2. In drei Blättern sollte diese Kartierung auf maßhaltiger Folie (Folarex) die Grundlage für die spätere Montage der Interpretationsfolien sein. Punktnummern und Lage der ausgewählten KT-Punkte sind in den Arbeitskarten 1:10000 und in der Schilfkarte 1:50000 dokumentiert. Die Berechnung durchschnittlicher Bildmaßstäbe für die verwendeten Flugstreifen und Streifenteile ergab die in Tab. 4.1 angegebenen Werte. Basierend auf der Kenntnis dieser Maßstabzahlen und des projizierten Arbeitskartenmaßstabes 1:10000 konnten spezifische Vergrößerungs- und Verkleinerungsfaktoren errechnet werden, mit deren Hilfe eine optische Umbildung der Interpretationsfolien auf den Maßstab 1:10000 möglich war. Diese Umbildung wurde mit der Klimsch-Reprokamera des Institutes für Kartographie und Reproduktionstechnik - Institutsvorstand o.Prof. Dr. W. Pillewizer - durch das dankenswerte Engagement von cand.ing. M. Wandl und Dipl.Ing. Zierhut realisiert. Als Produkt entstanden modellweise Flächenzonierungen des Schilfgürtels auf Filmbasis im Maßstab 1:10000. Anschließend wurden die maßstäblich umgebildeten Interpretationsfolien mit Hilfe der Verknüpfungspunkte von Modell zu Modell fortschreitend auf die Kartierung der KT-Punkte im LK-System eingepaßt. Die in den Filmfolien definierten KT-Punkte sollten

möglichst genau mit der Soll-Lage im LK-System übereinstimmen und an den Modellverknüpfungspunkten sollten möglichst kleine Klaffungen auftreten. Der resultierende Maximalfehler bei den KT-Punkten beträgt ca. 1mm, das sind ca. 10m in natura. Berücksichtigt man den Einfluß der Variabilität der Längs- und Querneigung von Bild zu Bild und die daraus folgenden projektiven Verzerrungen in den Luftbildern, so ist die erreichte Genauigkeit durchaus akzeptabel. Der Einfluß der Höhenunterschiede auf die Geometrie der Luftbilder ist infolge der annähernden Ebenheit des Untersuchungsgebietes sehr gering. Dieser Umstand ermöglicht ja erst die Realisation der Arbeitskartenherstellung auf die beschriebene Weise.

Nach dem Quasi-Ausgleich des Modellblockes konnten in der Arbeitsunterlage 1:10000 die Verknüpfungspunkte in den Überlappungsbereichen von Modell zu Modell im Streifen bzw. von Streifen zu Streifen markiert werden.

Um sowohl große Übersichtlichkeit als auch Handlichkeit des Kartenmaterials zu gewährleisten, wurden die umgebildeten Interpretationsfolien in sechs Kartenblätter 1:10000 geteilt (Abb. 4.21). Auf Montagefolie entstanden die montierten Schilfkarten, die am Klimsch-Kontaktkopiergerät auf Ozaphan 100, eine maßhaltige, beidseitig beschichtete Folie, kopiert wurden. Diese Folie ermöglicht ein großes Maß an Korrigierbarkeit und dient als Grundlage für die Herstellung einer beliebig großen Anzahl von Papierkopien auf TSK-Lichtpauspapier. Diese Papierkopien sind beanspruchbare Unterlagen für Untersuchungen in situ und für nachträgliche Eintragungen geeignet.

4.2.7.3. Die exakte Klassifikation der Schilfflächen nach dem dreiziffrigen Klassifikationsschlüssel

4.2.7.3.1. Einleitung

Die sechs Kartenblätter Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000 waren eine ideale Grundlage für die endgültige Klassifikation des Schilfgürtels nach verschiedensten Arten von Schilfbeständen. Es war bewußt unterlassen worden, die zonierten Schilfflächen sofort mit den dem dreiziffrigen Inter-

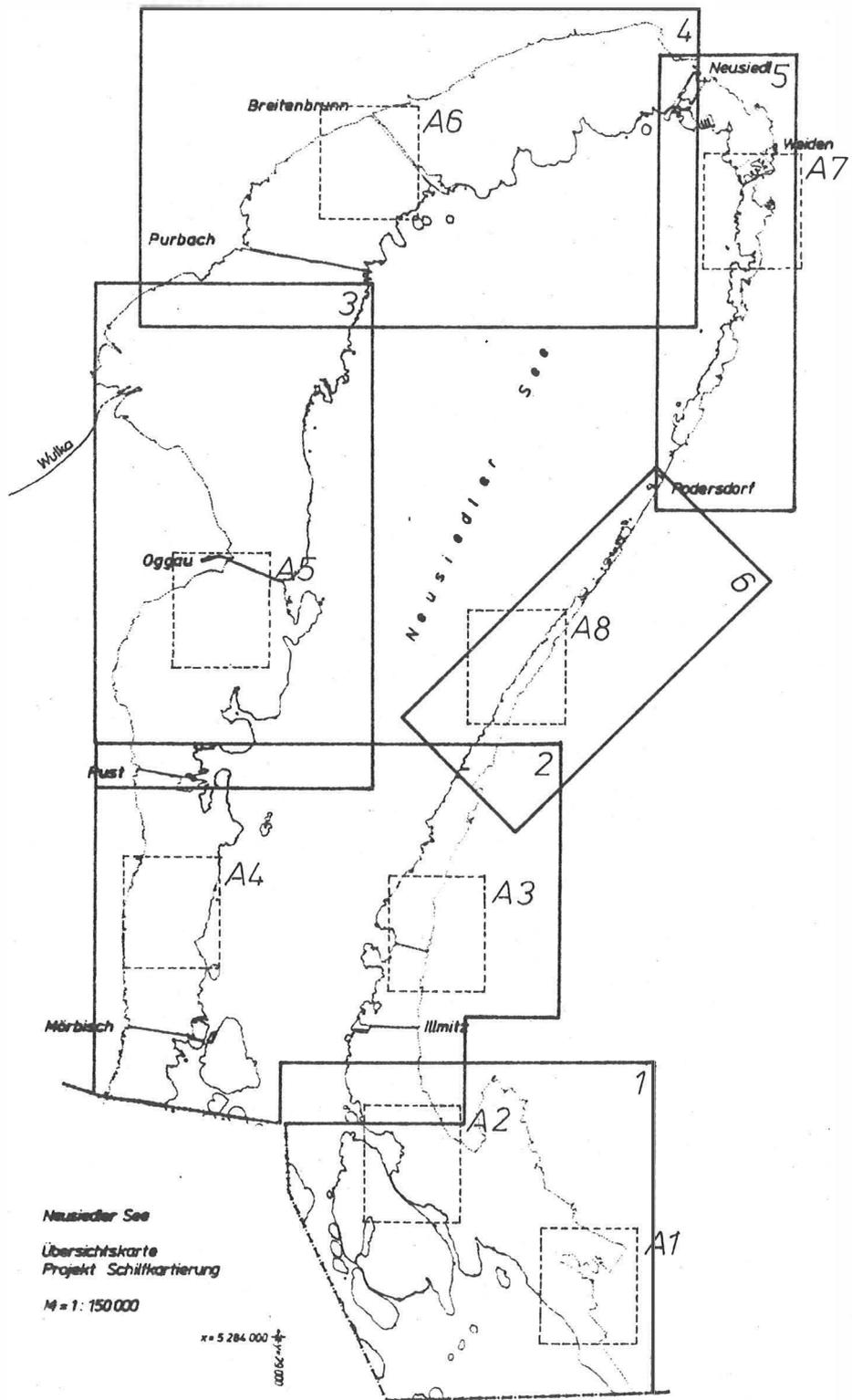


Abb. 4.21 Die sechs Kartenblätter Schilfkartierung Neusiedler See

pretationsschlüssel entsprechenden Zahlensymbolen zu versehen, um eventuell notwendige Erweiterungen und Korrekturen durchführen zu können.

Die vom Interpretieren im Laufe der Gesamtklassifizierung erworbene Interpretationserfahrung steigert das Referenzniveau in erheblichem Maße.

Das erste Ergebnis dieser Informationssteigerung war die Erkenntnis, daß in vielen Bereichen Schilfflächen getrennt wurden, die durch den dreiziffrigen Klassifikationsschlüssel nicht differenziert werden können. Unbewußt erfolgte eine teilweise nicht dem System des Interpretationsschlüssels adäquate Zonierung. Wäre bei der modellweisen Klassifikation der Schilfbestände sofort der detaillierte Schlüssel zur Anwendung gelangt, hätte es diese "Über-Klassifizierung" nicht gegeben. Dennoch erwiesen sich die Nachteile der präferierten Methodik von geringster Bedeutung. Durch Zugehörigkeitsstriche können nach dem Klassifikationsschlüssel zu Unrecht getrennte Flächen miteinander verbunden werden. Ein großer Vorteil ist der in der Flächenzonierung liegende Detailreichtum, der es gestattet, jederzeit regionale Schilfuntersuchungen nach aus dem bestehenden Interpretationsschlüssel zu entwickelnden detaillierteren Parametern durchzuführen. Dies wurde vom Autor mit Erfolg getestet. Eine nähere Behandlung dieser Problematik würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen und soll auf eventuell folgende Arbeiten verschoben werden.

Weiters erfolgte eine Erweiterung der Subklassen der Merkmalsklasse III. Im Laufe der Klassifizierung des Schilfgürtels tauchten Schilfflächen mit im Farb-IR-Luftbild auffällender Braun- bis Ockerfärbung bzw. mit weißlicher Farbe auf. Diese Flächen waren zwar sehr selten, dennoch sollte im Interesse einer umfassenden Information eine Erweiterung der Merkmalsklasse III diesen Erscheinungsformen gerecht werden:

Merkmalsklasse III - Vitalität: Klasse 4 - ocker bis braun
Klasse 5 - weißlich

In Merkmalsklasse I wurde eine Erweiterung durch Einführung einer siebenten Dichteklasse durchgeführt. Diese Klasse beschreibt Flächen außerhalb des Schilfgürtels, die wegen ihrer eventuellen Bedeutung - ohne nähere Klassifizierung - erfaßt

wurden. Meist sind dies Böden weißlicher Farbe, also 705. In Bereichen dichtesten Schilfbewuchses trat oft ein Nebeneinander verschiedenster Farbnuancen von Rotgrün nach Rot auf. Diese Nuancen zu differenzieren und durch eine sinnvolle Erweiterung der Merkmalsklasse III darzustellen, war wünschenswert. Nachträglich gesehen wäre es eventuell besser gewesen, in Merkmalsklasse III sofort fünf Subklassen zur Stufung von Rot nach Grün zu definieren. Doch die zur Angabe eines möglichst endgültigen Klassifikationsschlüssels ausgewählten Testmodelle waren nicht absolut repräsentativ. Diese Tatsache erforderte eine nachträgliche Anpassung des Interpretationschemas. Deshalb führte die umfassende Kenntnis der erwähnten farblichen Erscheinungsformen nach Abschluß der Zonierung des Schilfgürtels zur Definition zweier Vitalitätszwischenklassen.

III/1 rot

III/1₍₋₂₎ ... rot dominant, leichte Tendenz nach rotgrün

III/2₍₋₁₎ ... rotgrün dominant, leichte Tendenz nach rot

III/2 rotgrün

Bezüglich des Anteils von Jung- und Altschilf in den entsprechend zonierten Flächen könnte die angeführte Detaillierung eine genauere Aufschlüsselung über die Zunahme des Altschilfanteiles von III/1 nach III/2 ergeben.

Das Symbol "Querstrich" über/unter der Klassifikationszahl definiert Nuancierungen der Farbe nach hell-dunkel-fleckig.

631 ... dichter Schilfbestand normaler Wuchshöhe und hellroter Farbe

631 ... dichter Schilfbestand normaler Wuchshöhe und dunkelroter Farbe

631 ... dichter Schilfbestand normaler Wuchshöhe und fleckiger roter Farbe

632 ... dichter Schilfbestand normaler Wuchshöhe und fleckiger rotgrüner Farbe

4.2.7.3.2. Die modellweise Klassifikation am Stereograph

Unter Verwendung der Original-Interpretationsfolien und des jeweiligen Kartenblattes der Schilfkartierung 1:10000 als Papierkopie wurde mit dem Stereograph (Abb. 4.18) eine stereo-

skopische Endklassifizierung durchgeführt und den zonierten Schilfflächen dem detaillierten Klassifikationsschlüssel (vgl. Kap. 4.2.5.3. und Kap. 4.2.7.3.1.) entsprechende Ziffern zugeordnet. Mit der Interpretationsfolie in der Mitte des Stereographen konnte ideale Zuordbarkeit der Flächen zum Bildinhalt erreicht werden. Auf den Arbeitskartenblättern entstand zunächst der Rohentwurf. Nach Beendigung der Klassifikation erfolgte die kontrollierte Übertragung der den Schilffklassen entsprechenden Ziffernfolgen auf die Folien 1:10000 der sechs Kartenblätter. Zusätzlich wurde ein Raster mit Kreuzsymbolen in Abständen von $10\text{cm} \hat{=} 1\text{km}$ mit Bezug zum LK-System aufgetragen, um leichte Abschätzungen von Distanzen oder Flächen zu ermöglichen.

Randzonen des Festlandes wurden teilweise zonierte, doch nicht klassifiziert, ausgenommen Baum- und Buschbestände, erkennbare Schilflagerplätze und Flächen 705.

4.2.7.3.3. Die sechs Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler- See 1:10000

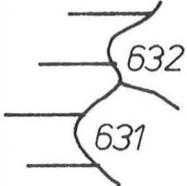
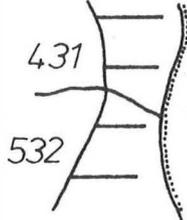
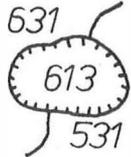
Die Originale der sechs Kartenblätter Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 sind maßhaltige Folien (Ozaphan 100). Die beidseitig beschichtete Folie erlaubt die Durchführung nachträglicher Korrekturen und das Anbringen von Ergänzungen. Die große Maßhaltigkeit gestattet die Herstellung einer unbegrenzten Anzahl von Papierkopien, die als Arbeitsunterlage im Gelände und Träger zusätzlicher Verifikationen bestens geeignet sind. Papierkopien der Schilfkarten können jederzeit - auf Nachfrage beim Verfasser oder am Institut für Photogrammetrie der TU Wien - angefertigt werden.

Der vorliegenden Arbeit sind Ausschnitte der sechs Kartenblätter beigegeben (Abb. 4.22 bis Abb. 4.29). Die Übersichtskarte der sechs Arbeitskartenblätter (Abb. 4.21) zeigt die Lage dieser Ausschnitte im Kontext der Gesamtkartierung (A1-A8 in Abb. 4.21).

Eine den Karten zugeordnete Legende beschränkt sich auf die Definition zusätzlich verwendeter Symbole. Zum Studium des Klassifikationsschlüssels sei nochmals auf Kap. 4.2.5.3. und

Kap. 4.2.7.3.1. hingewiesen.

Legende:

-  Kanäle, "Schluichten"
-  Wege und Straßen
-  Grenze Schilf-Festland
-  Zusatzinformation: Die punktierte Linie dient der Trennung von Böden höheren von Böden geringeren Feuchtigkeitsgehalts in der dem Schilfrand angrenzenden Seggenzone (z.B. Illmitz-Podersdorf)
-  ausgeprägte, dichte Niedrigwuchsgebiete, z.B. im Bereich Purbach
-  Anschüttungen im Schilfgürtel, z.B. Badeanlagen
-  ehemalige oder rezente Schilflagerplätze
-  Seewasser im Schilfbereich
-  Braunwasser
-  flächiges oder vereinzelttes Auftreten von Büschen und Bäumen im Schilfbereich oder an dessen Rand
-  138-108 KT-Punkte
-  Netzmarken

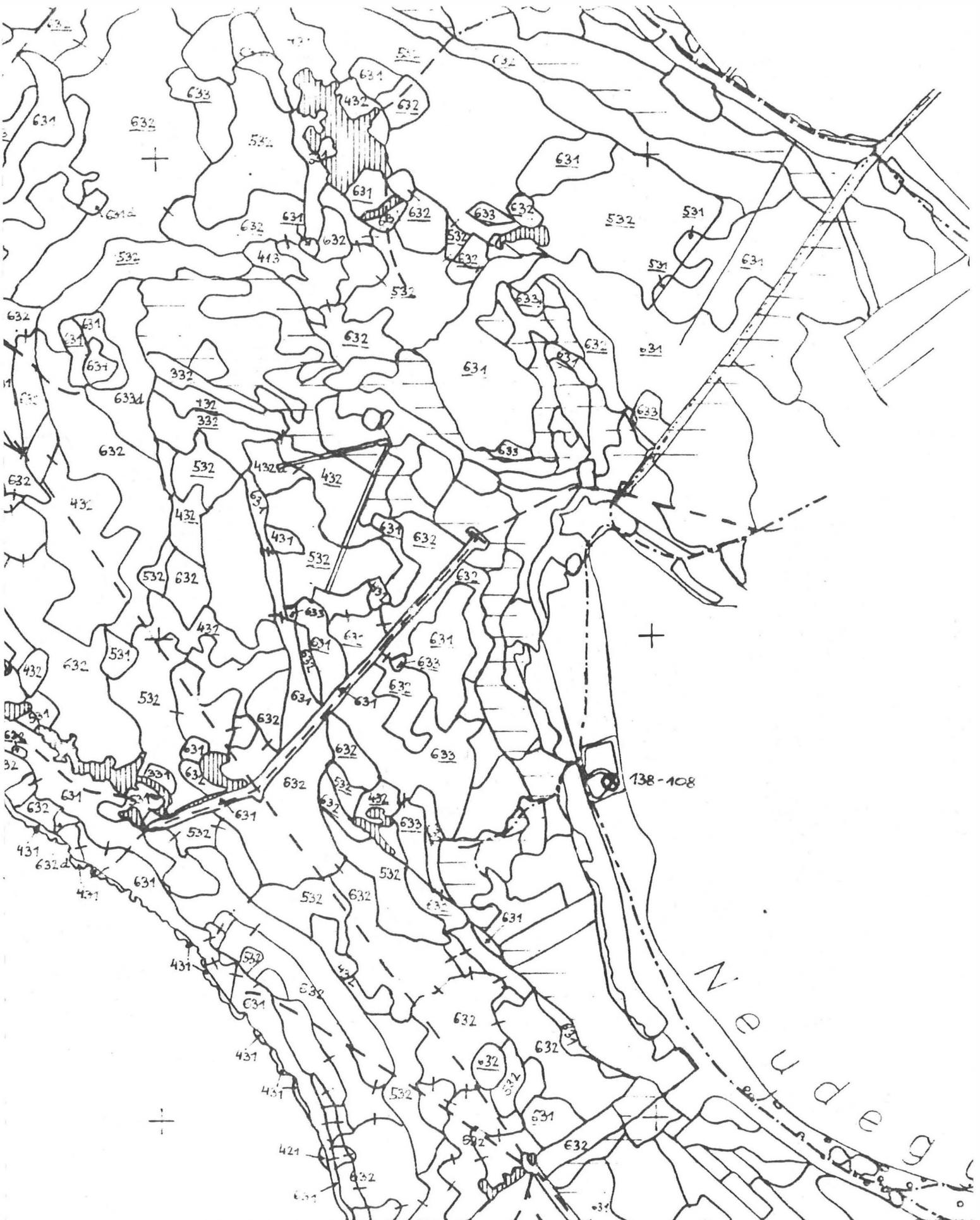


Abb. 4.22 Ausschnitt (A1) aus dem Kartenblatt 1 der Schilf-
kartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

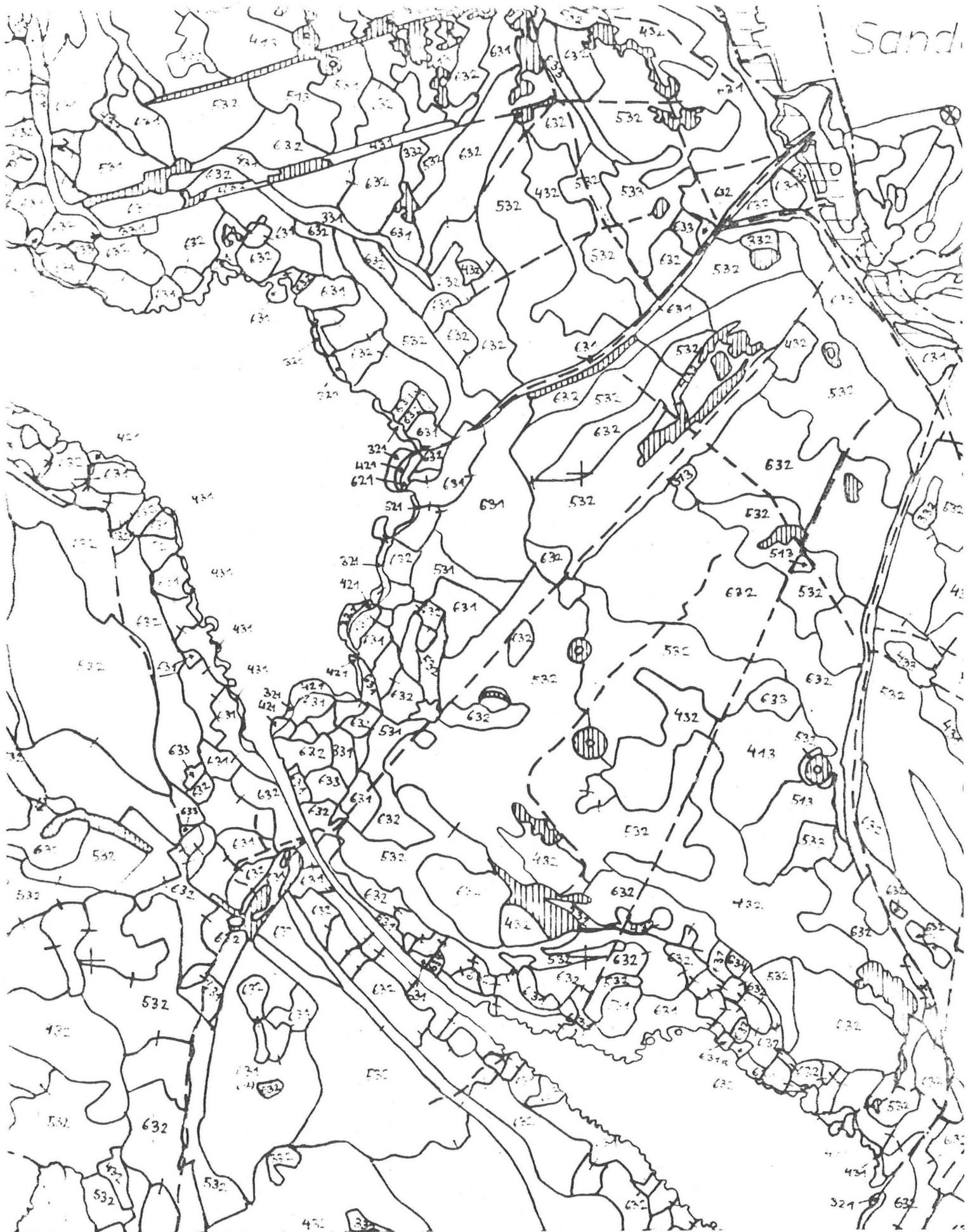
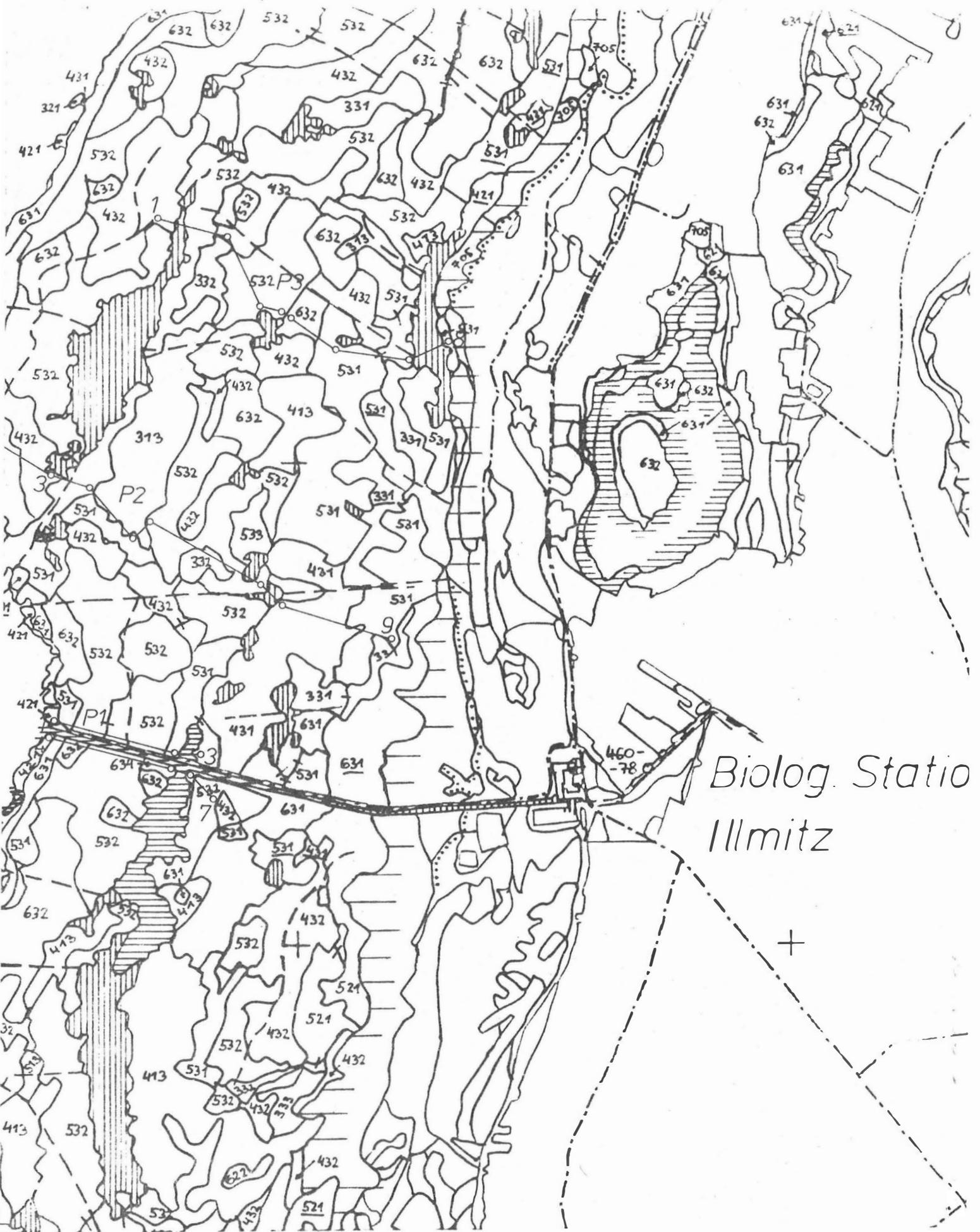


Abb. 4.23 Ausschnitt (A2) aus dem Kartenblatt 1 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.



Biolog. Station
Illmitz

Abb. 4.24 Ausschnitt (A3) aus dem Kartenblatt 2 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

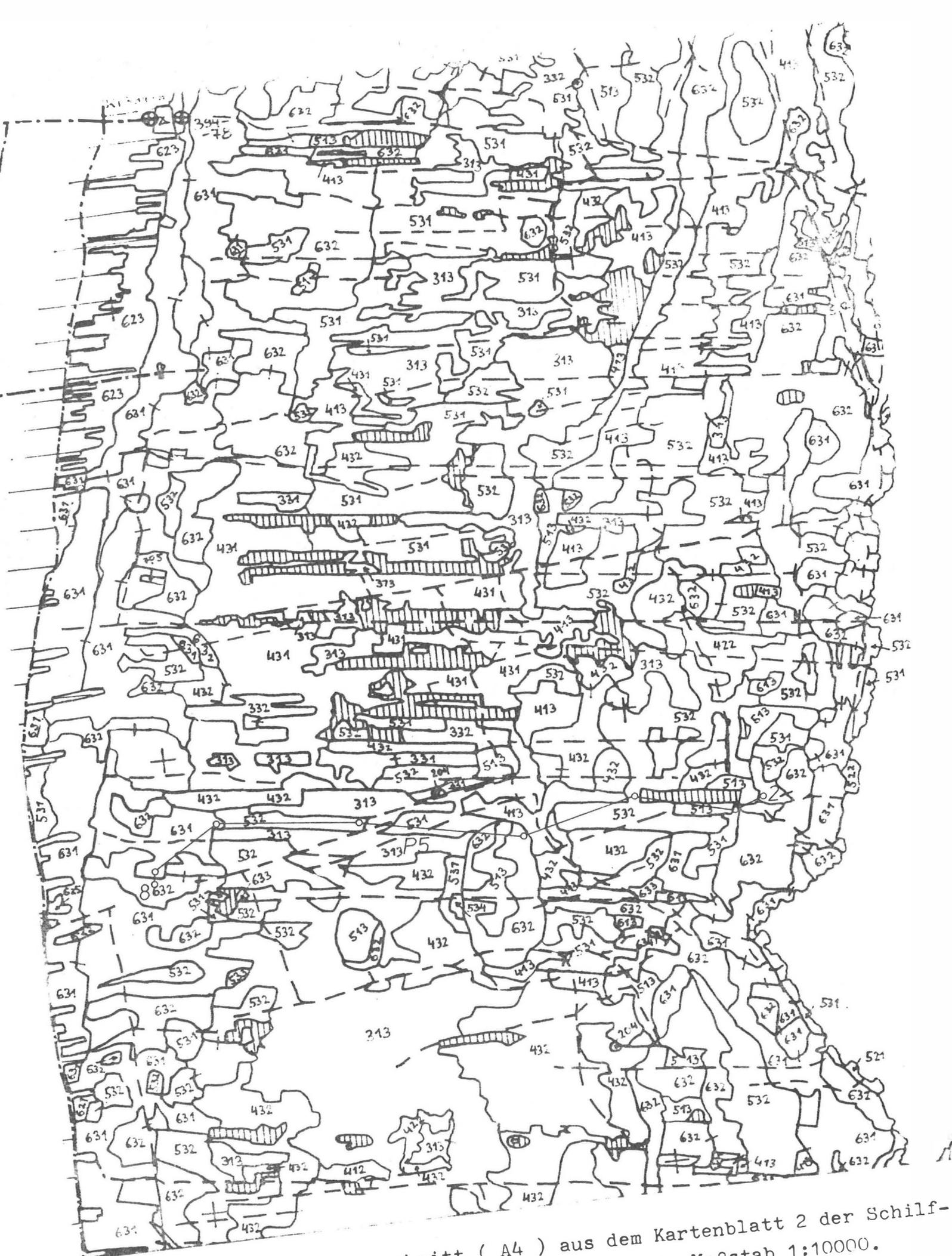


Abb. 4.25 Ausschnitt (A4) aus dem Kartenblatt 2 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

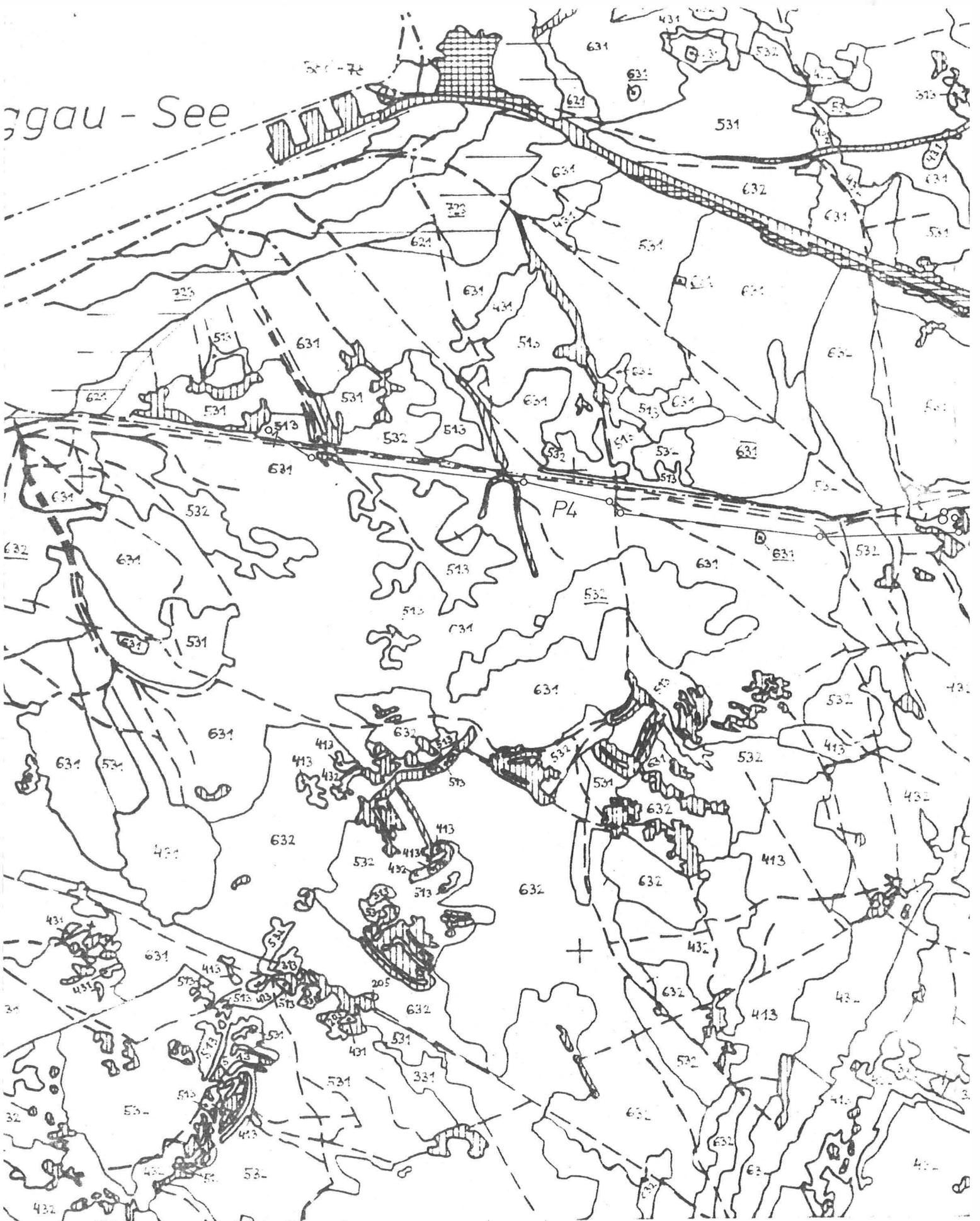


Abb. 4.26 Ausschnitt (A5) aus dem Kartenblatt 3 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

Breitenbrunn

30 5-78



Abb. 4.27 Ausschnitt (A6) aus dem Kartenblatt 4 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

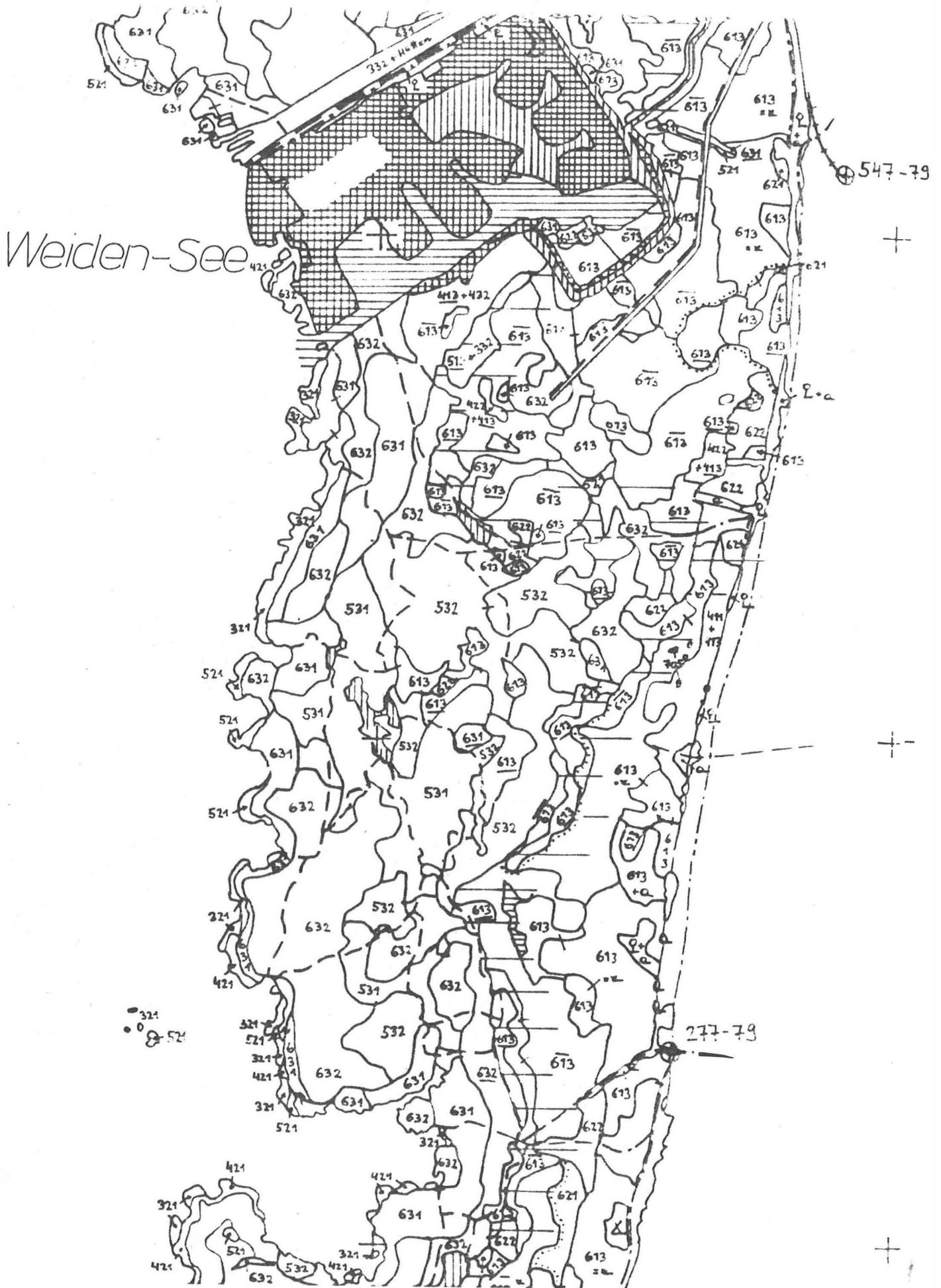


Abb. 4.28 Ausschnitt (A7) aus dem Kartenblatt 5 der Schilf-
kartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

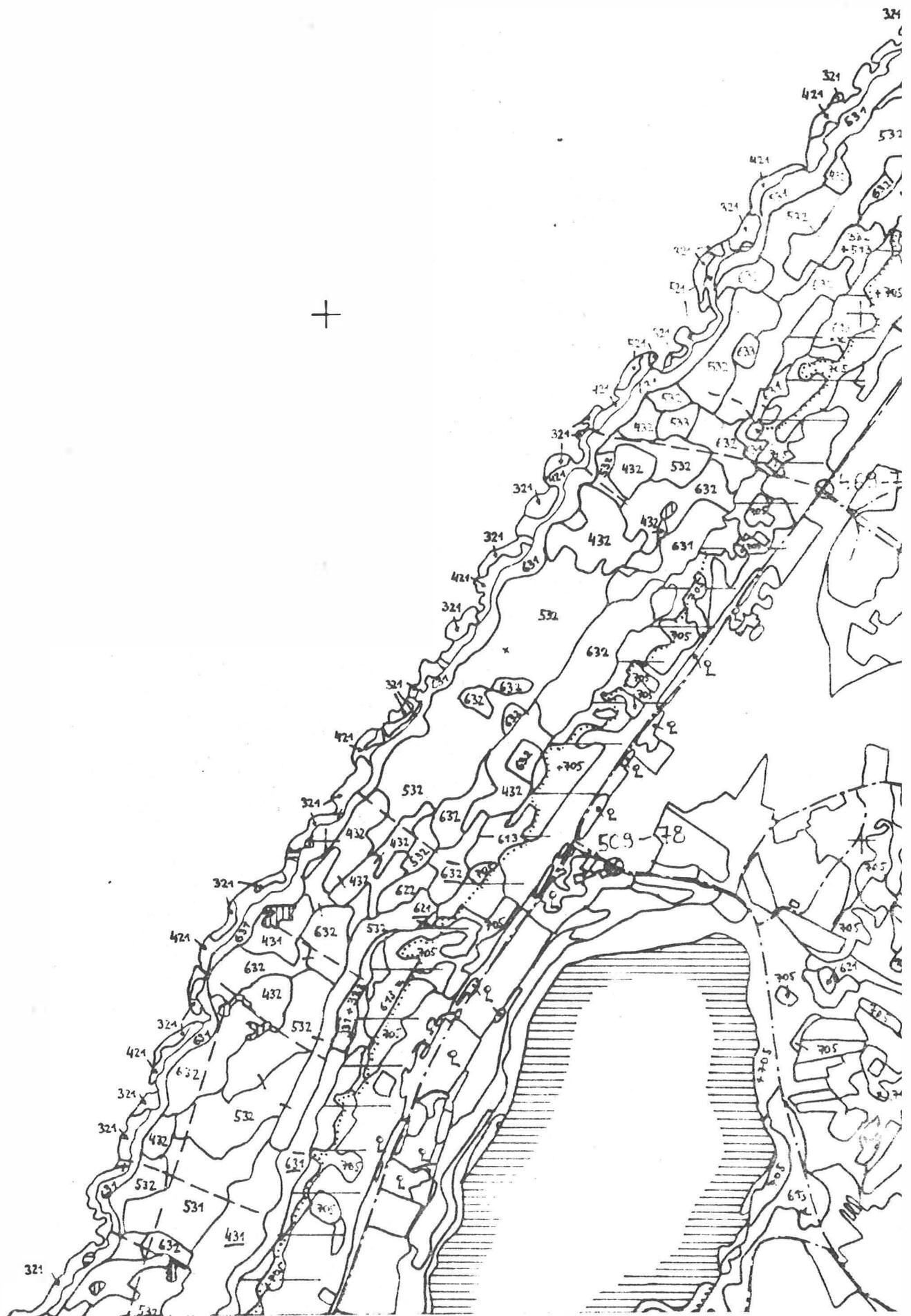


Abb. 4.29 Ausschnitt (A8) aus dem Kartenblatt 6 der Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000.

Zur Vertiefung des Verständnisses der methodischen Zuordnung von nach dem erarbeiteten Klassifikationsschlüssel zonierten Schilfflächen zur Interpretationsgrundlage, dem Farb-IR-Luftbildmodell, seien im folgenden Stereogramme eines begrenzten Schilffareals - Ausschnitte zweier benachbarter Modelle - vorgelegt. Nochmals wird die große Variabilität der Erscheinungsformen von Schilfbeständen im Farb-IR-Luftbild bewußt und anhand der beigegebenen Klassifikationsfolien die diffizile Problematik der Erarbeitung eines sinnvollen Interpretationsschlüssels verdeutlicht.

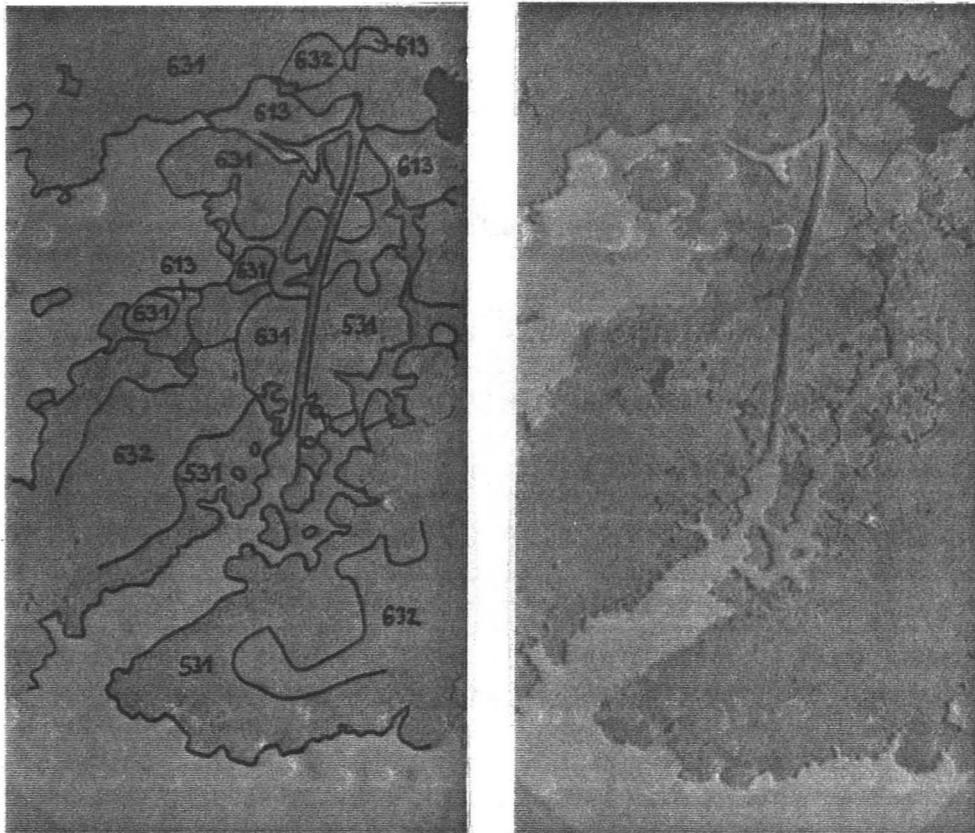


Abb. 4.30 Stereogramm - vergrößerter Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbildmodell Bildnr. 232, 233; Streifen 16.
M = ca. 1:5500. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Das Stereogramm zeigt den Mündungsbereich des alten Purbacher Kanals. Die in Kartenblatt 3 der Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 enthaltene Klassifikation dieses Areals verdeutlicht die große Variabilität der auftretenden Schilfbestände. Neben der stark zergliederten Uferlinie Schilf-Wasser fällt vor allem das häufige Auftreten von dicht bewachsenen Zonen äußerst niedriger Wuchshöhe und im Farb-IR-Luftbild grünlicher Farbe auf (613). Es ist naheliegend, daß auch hier nur eine Untersuchung von Fachwissenschaftlern in situ eine pflanzenspezifische Verifikation ergeben kann. Weiters treten kleinräumige Schilfflächen mit roter Farbe und im Vergleich

zu 613 hohem Wuchs auf (613). Braunwasserflächen stechen durch ihre dunkelblaue Farbe markant vom hellen Blau des Seewassers ab.

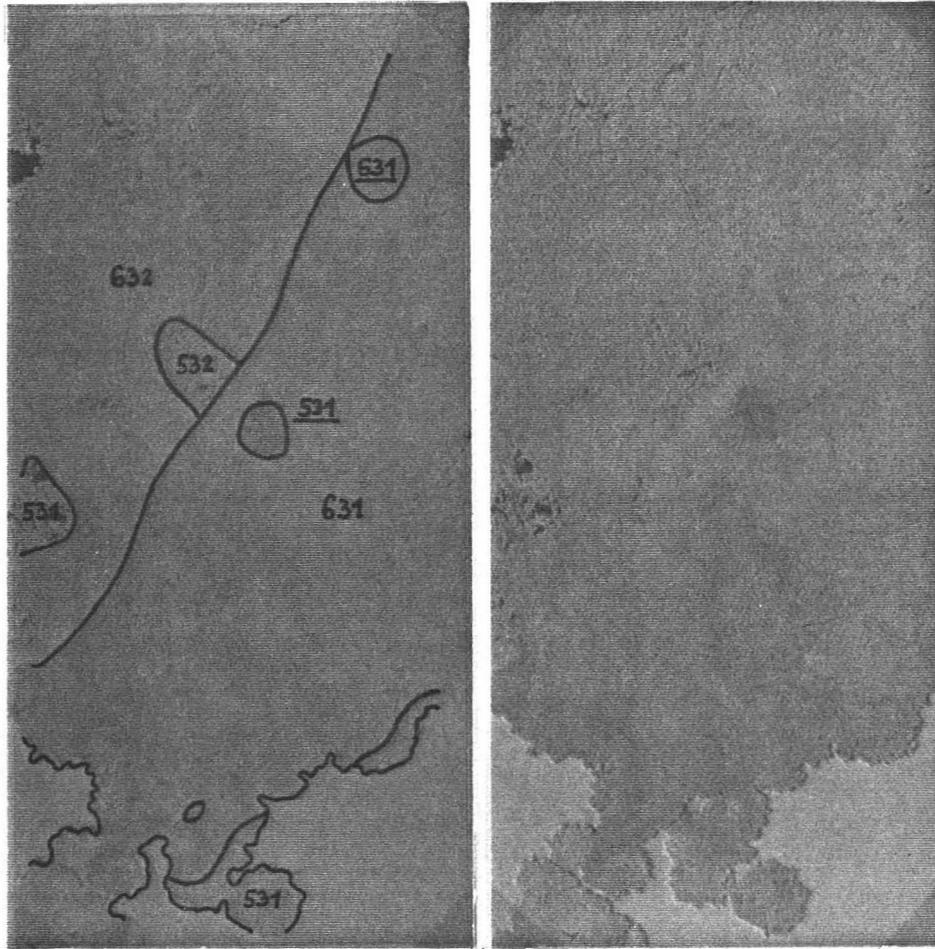


Abb. 4.31 Stereogramm - vergrößerter Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbildmodell Bildnr. 232, 233; Streifen 16.
M = ca. 1:5500. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Abb. 4.31 erfaßt die in etwa nördlich an Abb. 4.30 anschließenden Schilfbestände. Bemerkenswert sind die kreisrunden Bestandeselemente im Bereich der Schilf-Wasser-Grenze. Sie entsprechen der Ausbreitungssystematik von Schilfrohr und weisen auf eine Expansion des Röhrichts in Richtung des offenen Sees hin. Im Inneren des Schilfgürtels ist größte Dichtigkeit des Bewuchses feststellbar. Für die Stufung von 631 nach 631 nach 632 kann Abb. 4.31 als Schlüsselstereogramm bezeichnet werden.

Ungefähr in Richtung Norden fortschreitend gelangt man von den Schilfbeständen in Abb. 4.31 zu den in Abb. 4.32 erfaßten Schilfzonen. Auffallend sind wiederum die klonigen Wuchsstrukturen der an der Uferlinie expandierenden Röhrichte. Die Bestände im Inneren weisen große Dichtigkeit des Bewuchses und vor allem eine diffizile Variation der Farbe auf. Als Schlüssel-

stereogramm für die Schilfklassen 631, 631(-2), 632(-1) und 632 zeigt Abb. 4.32 in eindrucksvoller Weise die Notwendigkeit der Einführung von Zwischenklassen 631(-2) und 632(-1) (vgl. Kap. 4.2.7.3.1.). Im direkten Nebeneinander läßt sich die Farbverschiebung von Rotgrün nach Rot mit ihren Nuancen anschaulich verfolgen.
Leicht aufgelockerte Bestände I/5 sind gut von dichtem Bewuchs trennbar.

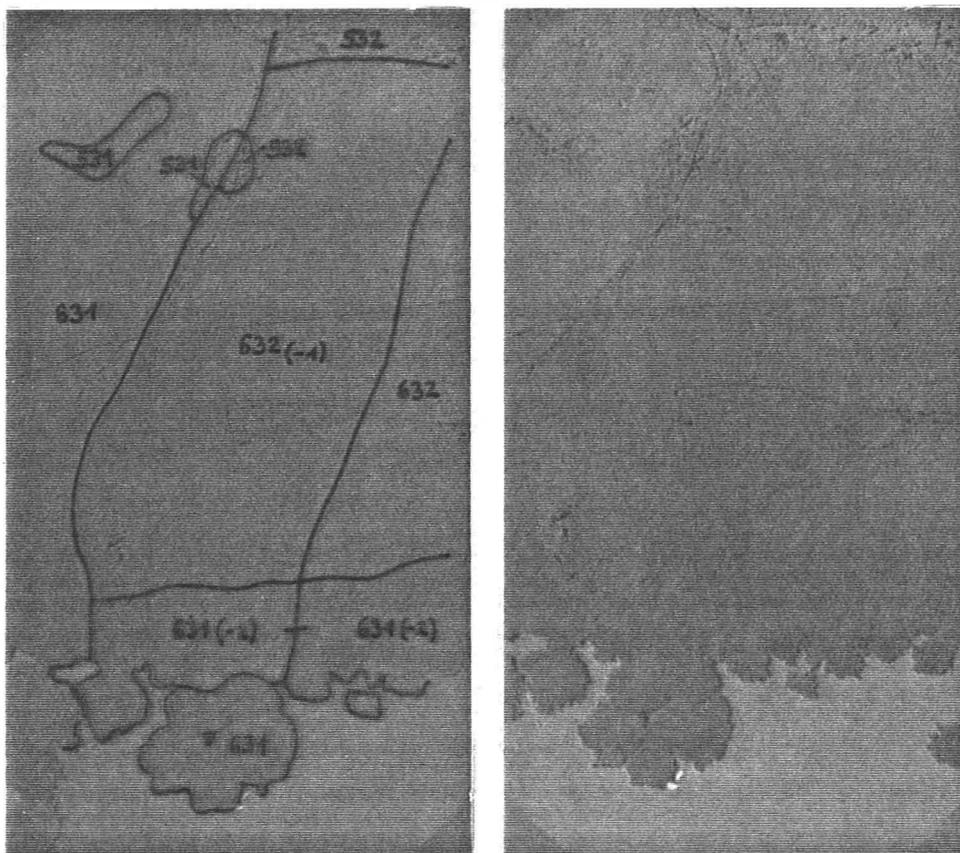


Abb. 4.32 Stereogramm - vergrößerter Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbildmodell Bildnr. 231, 232; Streifen 16.
M = ca. 1:5400. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

4.2.7.4. Verifizierung und Unterstützung des Klassifizierungsergebnisses durch terrestrische NF- und Farb-IR-Photos

In Fortführung der positiven Erfahrungen bei der Unterstützung der Klassifikation von Vitalitätsstufen der Vegetation in Brixlegg/Tirol wurden im Bereiche des Schilfgürtels ebenfalls terrestrische Photos (Kleinbilddia) mit Kodak Ektachrome NF-Film und Kodak IR-Film 135-20IE erstellt. Als Objektiv gelangte ein Vivitar Zoom-Objektiv mit einem Brennweitenbereich

von 70mm bis 210mm, als Kamera eine Minolta SRT-100 Spiegelreflexkamera zur Anwendung. Ein Kodak Wratten No.15-Filter mit einer Kante bei ca. 510nm eliminierte bei der Photographie mit dem Farb-IR-Film den blauen Anteil des Spektrums. Die Aufnahmeparameter waren eine angenommene Filmempfindlichkeit von 400ASA, eine Belichtungszeit von 1/125 sec. und Blendeneinstellungen zwischen 11 und 22 - in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlungsverhältnisse.

In den beiden Ausschnitten der Karte Schilfkartierung Neusiedler See 1:50000 (Abb. 4.44 und Abb. 4.45) sind die Aufnahmestandpunkte und -richtungen für die im Anschluß folgenden Bildbeispiele eingezeichnet (StP1 - StP5).

Es sei vorausschickend folgendes Phänomen kurz diskutiert. Bei einer Analyse der vorliegenden terrestrischen Farb-IR-Photos muß der im Vergleich zum Luftbild stark differierende Zenitwinkel des Beobachtungsortes z_r (vide Kap. 2.3.1., Abb. 2.4) berücksichtigt werden ($z_r \neq 90^\circ$). Wie bereits in Kap. 2.3.1. behandelt (Abb. 2.6) ergeben sich daher auch unterschiedliche gerichtete Reflexionsgrade für Flugzeug- und Erdbeobachtungsorte, die sich in Farbvariationen manifestieren. Der Einfluß des Azimutes des Beobachtungsortes a_r (Stellung zur Sonne bei der Aufnahme) auf den Wert des gerichteten Reflexionsgrades soll auch an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben (vgl. Abb. 2.6). Die Remissionskurve von Vegetation bleibt jedoch in ihrem Gesamterscheinungsbild erhalten.

Weiters muß beim Aufnahmeobjekt Schilf die Variation des Strukturbildes im Luftbild und terrestrischen Photo untersucht werden. Beim terrestrischen Aufnahmestandpunkt sind vor allem im vorderen Bildbereich in vermehrtem Ausmaße die Reflexion des Untergrundes und näher zum Boden liegende Bestandteile der Schilfpflanze, aber auch Schatteneinwirkungen von Bedeutung. Dies kann zu einer Abschwächung der Rotfärbung von Schilf und zu einer Unterbewertung des Vitalitätszustandes im Farb-IR-Photo - im Vergleich zum Farb-IR-Luftbild - führen. Im Bildhintergrund des terrestrischen Farb-IR-Photos liegende Bestände können eher mit deren Erscheinungsbild im Luftbild verglichen werden. Infolge der Verdeckung von Bestandeslücken oder Auflockerungszonen sind sogar Überbewertungen der Wuchsdichte oder der Vitalität möglich (Abb. 4.33).

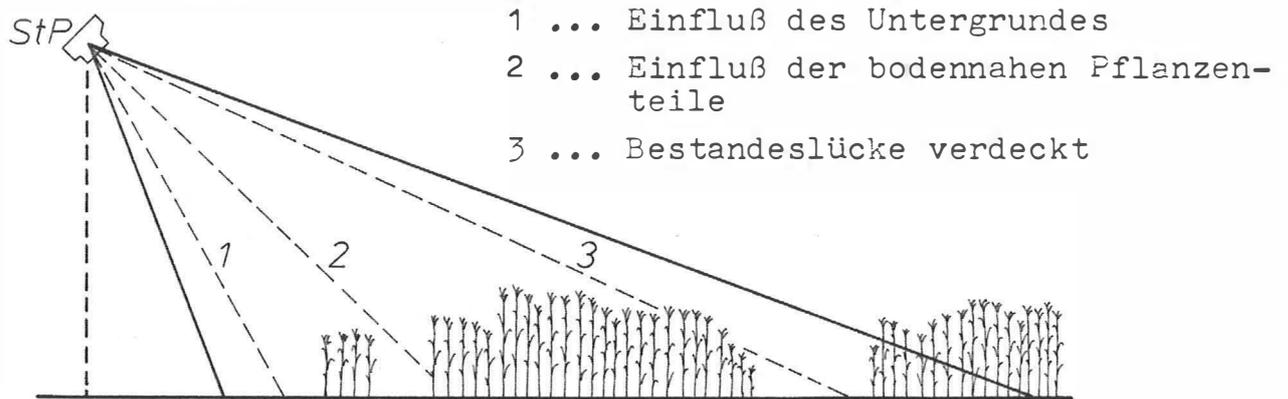


Abb. 4.33 Zur Problematik terrestrischer Aufnahmestandpunkte

Die folgenden Bildbeispiele zeigen in der Gegenüberstellung von NF- und Farb-IR-Photo die größere Aussagekraft des im n-IR sensibilisierten Filmes zur Vitalitätsdifferenzierung, obwohl auch der NF-Film bereits aufschlußreiche diesbezügliche Informationen liefert.

Am 4. Oktober 1981 - einem organisatorisch bedingten relativ späten Termin - entstanden die Photos Abb. 4.34 und Abb. 4.35. Von einem Hochstand am Rande des Schilfgürtels beim sogenannten Sandeck bietet sich bei Blickrichtung Westen eine Zone dichten Bewuchses dar. Das Farb-IR-Photo - als Vergrößerung der rechten Bildhälfte des NF-Photos - zeigt zwei markant rotgefärbte kleine Bestandesflächen, die sich eindeutig von den umgebenden Schilfbeständen abheben. Im NF-Photo erscheinen diese beiden Bestände grün und heben sich wesentlich schlechter von der Umgebung ab.



Abb. 4.34 Farb-IR-Photo - Aufnahmestandpunkt StP1 - Sandeck.
Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!



Abb. 4.35 NF-Photo - Aufnahmestandpunkt StP1 - Sandeck
Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Die Photos Abb. 4.36 und Abb. 4.37 - Aufnahmedatum 3. Oktober 1981 - sind in der Nähe des Steinriegels bei Oggau von einem Hochstand am Schilfrand aus aufgenommen worden. Die Aufnahme-richtung ist Nordwesten. Die durch Abmähen entstandene Fläche im Bildvordergrund besitzt eine Mischvegetation von Schilf und Seggen bzw. anderen Gräsern. Im Farb-IR-Photo unterscheiden sich geschlossene Schilfbestände in ihrer Farbe deutlich vom Rot des Mischbereiches.

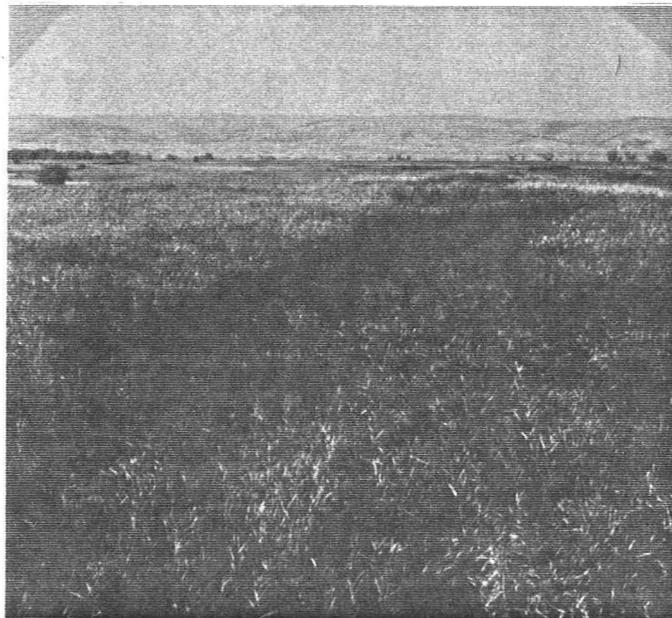


Abb. 4.36 Farb-IR-Photo - Aufnahmestandpunkt StP5 - Steinriegel
Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

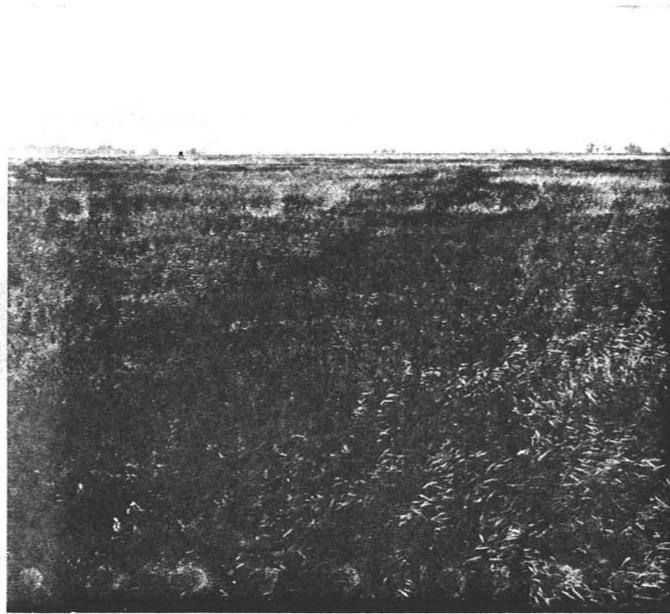


Abb. 4.37 NF-Photo - Aufnahmestandpunkt StP5 - Steinriegel
Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Abb. 4.38 und Abb. 4.39 stellen den Versuch dar, eine direkte Beziehung von Bildinhalten des Farb-IR-Luftbildes mit jenen des terrestrischen Farb-IR-Photos bezüglich der Erscheinungsformen von Schilf herzustellen. Das terrestrische Photo ist am 4. Oktober 1981 mit Standort Steg am Ende des Seedammes der Biologischen Station und mit Blickrichtung NNO entstanden. Der Farb-IR-Luftbildausschnitt Abb. 4.39 zeigt einen Teil des Farb-IR-Luftbildes Bildnr. 78, Streifen 7.

In diesem Bildausschnitt ist auf einer Folie Aufnahmestandpunkt und Aufnahmerichtung sowie die der Klassifikation der Schilfbestände im Arbeitskartenblatt 2 der Schilfkartierung 1:10000 (vgl. Abb. 4.24) entnommene Bestandeszonierung des vom terrestrischen Photo erfaßten Bereiches dokumentiert. Eine analoge Klassifizierung des Röhrchits im terrestrischen Farb-IR-Photo liefert idente Ergebnisse. Einer Pionierzone jungen niedrigen Schilfes (421) folgt eine durch rote Färbung charakterisierte Zone von Schilf normaler Wuchshöhe mit hohem Jungschilfanteil. Im Hintergrund deutet eine Verfärbung nach grünlich-weißen Farben auf höheren Altschilfanteil hin. Eine Auflockerung der Bestände ist wegen der Schrägheit der Aufnahmerichtung nicht zu erkennen. Die Farbtöne der identifizierten Bestandesklassen differieren im terrestrischen Photo und im Luftbild. Nicht umsonst wurde den verschiedensten Einflüssen auf die photographische Abbildung von Objekten gebührender Raum zugesprochen (Kap. 2.). Beim terrestrischen Farb-IR-Photo verursacht das im Vordergrund abgebildete Seewasser eine nicht unwesentliche Beeinflussung des Reflexionsgrades und damit der Farbe der Schilfpflanzen. Anschaulich zeigen die Schilfbestände 531 die Hauptverantwortlichkeit der oberen Bereiche der Schilfpflanze (Blätter) für die hohe Remission im n-IR und die daraus resultierende rote Färbung. Größten Einfluß haben im vorliegenden Falle auch die im Kopier-

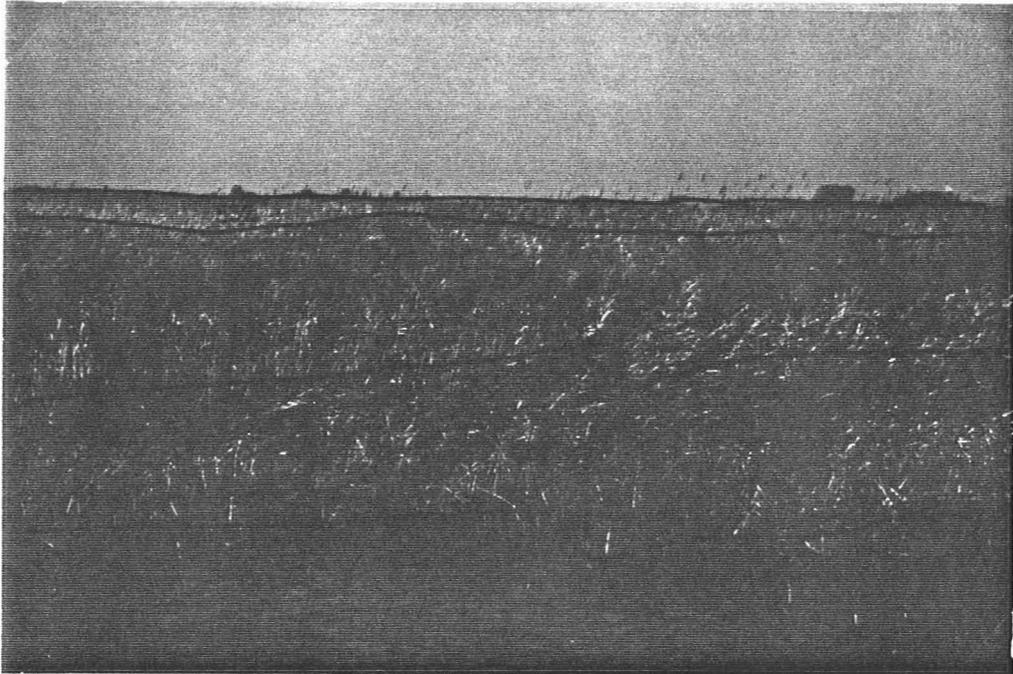


Abb. 4.38 Farb-IR-Photo - Aufnahmestandpunkt StP2 - Biologische Station. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

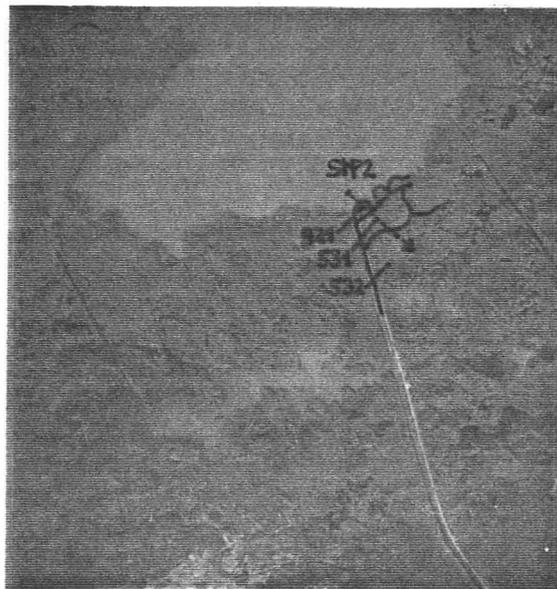


Abb. 4.39 Farb-IR-Luftbildauschnitt - Seedamm der Biologischen Station. M = ca. 1:14100. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Vom Seedamm der Biologischen Station Illmitz am 4. Oktober 1981 nach Norden photographiert, zeigt Abb. 4.40 im Vordergrund eine zu Forschungszwecken geschnittene Schilffläche. Auffallend ist das durch die rotgefärbten jungen Triebe dokumentierte

rapide Nachwachsen der abgeernteten Schilfbestände. Die ungestörte Schilfzone im Hintergrund erscheint in dunklerem Rot.

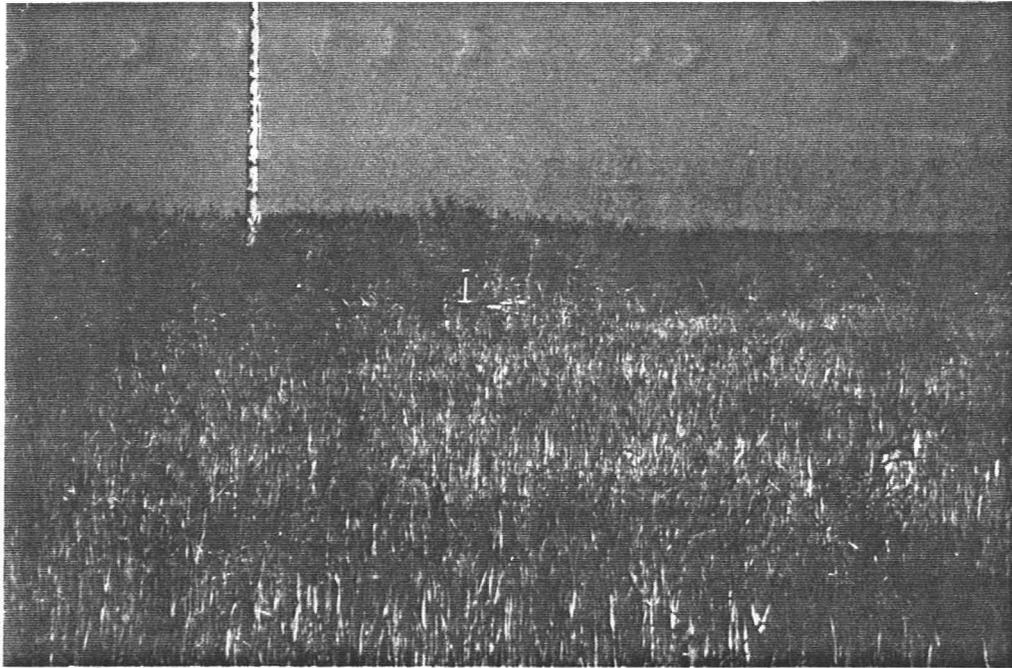


Abb. 4.40 Farb-IR-Photo - Aufnahmestandpunkt StP3 - Seedamm der Biologischen Forschungsstation Illmitz. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Abb. 4.41 ist eine Montage zweier Farb-IR-Photos vom 3. Oktober 1981, deren Aufnahmebereich von Nordwest bis Nord reicht. Von einem Hochstand aus bietet sich ein eindrucksvolles Panorama der anstehenden Schilfbestände dar. Links im Bildhintergrund sind die Baumbestände im Bereich der Wulkamündung sichtbar, einzelne Erlen und Weidengebüsche stehen tief im Schilfgürtel. Im Vordergrund durchschneidet ein Transekt die Schilfbestände. Ein Vergleich der Schilfklassenzonierung am terrestrischen Farb-IR-Photo (Folie) mit der Klassifikation in Kartenblatt 3 der Schilfkartierung 1:10000 zeigt keine Übereinstimmung. Der dem Aufnahmestandpunkt am nächsten gelegene Randbereich wurde im Farb-IR-Luftbild mit 631, im terrestrischen Photo mit 632 klassifiziert. Der weißliche Schilfstreifen 635 wurde bei der Schilfzonierung 1:10000 nicht berücksichtigt bzw. dem benachbarten Bestand zugeordnet. Im Bildhintergrund situierte Röhrichte können zufolge der roten Farbtöne im Farb-IR-Photo mit 631 klassifiziert werden. Die dem Luftbild zugeordnete Interpretation definiert in diesen Bereichen fleckige Erscheinungsformen mit einer Dominanz von rotgrüner Farbe (632). Warum differieren die Zuordnungen im terrestrischen Photo und im Luftbild? Die Summe der eingangs des Subkapitels erwähnten Phänomene beeinflusst sicherlich die Farbgebung des Schilfrohres im vorliegenden Farb-IR-Photo. Dem Aufnahmestandpunkt nahe gelegene Flächen von Schilfbeständen können unter-

bewertet werden - Untergrund, Schatten, vermehrter Einfluß von bodennahen Pflanzenteilen und eingeknicktem Altschilf sind von Bedeutung. Bei entfernter liegenden Bestandesflächen wird nur die oberste Region der Pflanzen (vitales Blattwerk) erfaßt - es kann sogar zu Überbewertungen kommen. Die Relation der Bewertungen im terrestrischen Photo zum Luftbild mit 632 -- 631 im Vordergrund und 631 -- 632 im Bildhintergrund deckt sich mit diesen Annahmen.

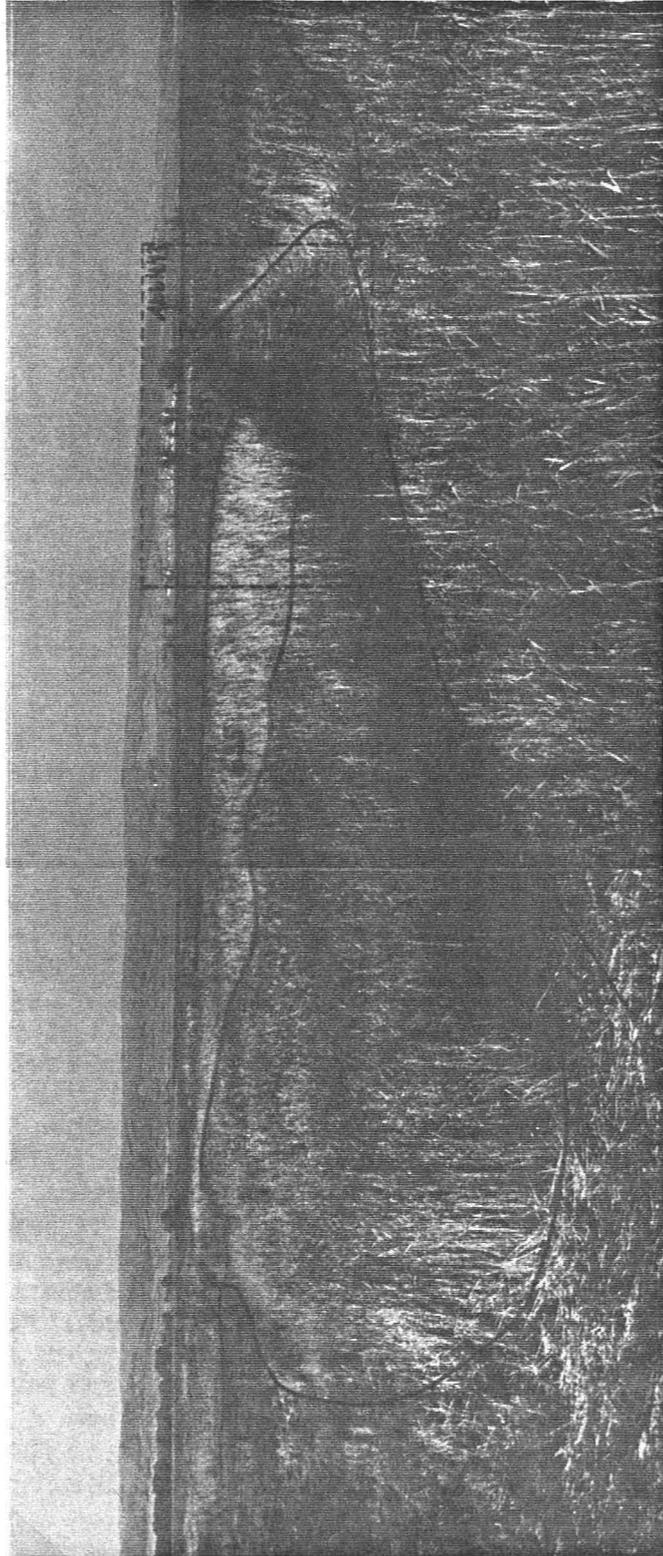


Abb. 4.41 Photomontage aus zwei Farb-IR-Photos - Aufnahmestandpunkt StP4 - Steinriegel. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Das zu Vergleichszwecken beigegebene NF-Panorama (Abb. 4.42)
datiert vom 26. August 1981. Die Schilfzonen sind gut trennbar,
dennoch ist der ungleich höhere Informationswert des Farb-IR-
Photos evident (z.B. zur Festlegung der Schilf-Festland-Grenze).

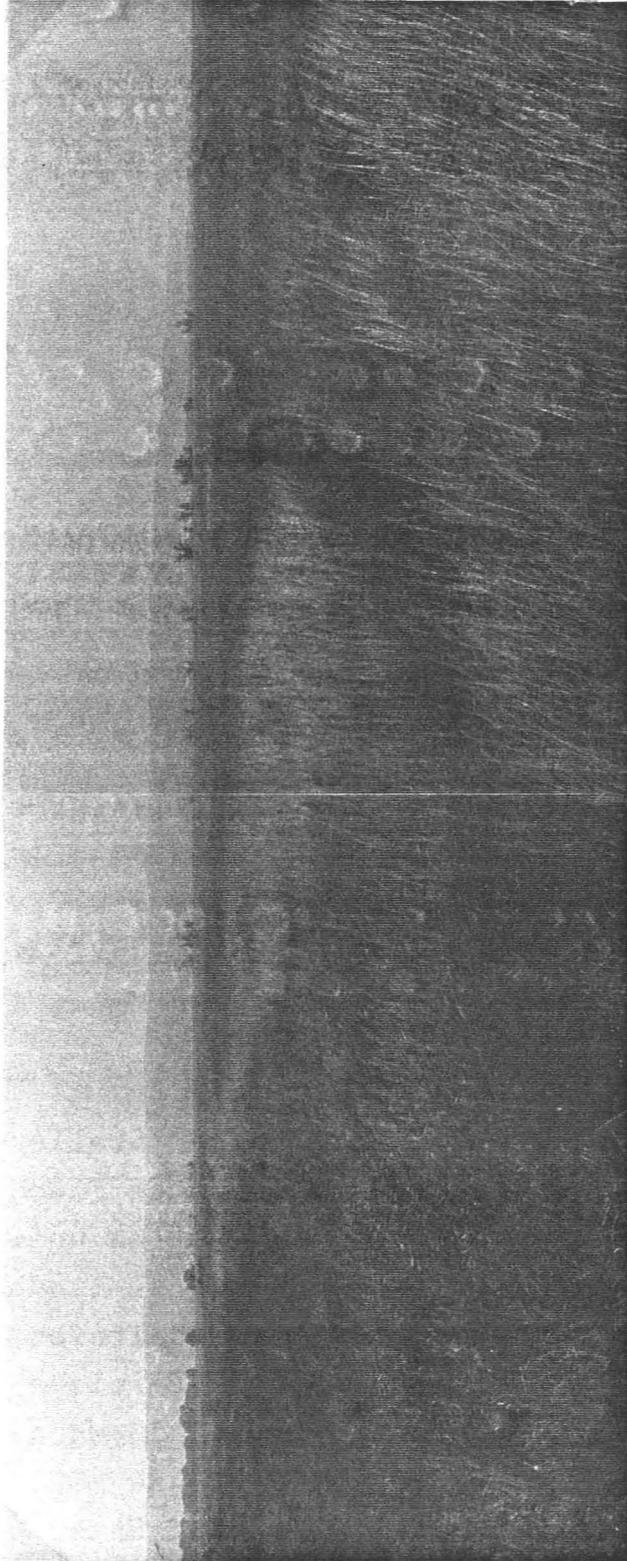


Abb. 4.42 Photomontage aus zwei NF-Photos - Aufnahmestandpunkt StP4 - Stein-
riegel. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Ein mit Teleobjektiv angefertigter Bildausschnitt aus Abb. 4.41 ist Abb. 4.43 (vgl. Folie zu Abb. 4.41). Deutlich ist eine fleckigere Struktur der mit 631 klassifizierten Schilfflächen erkennbar, die Farbe tendiert ins Rotgrüne. Diese Tatsache kommt der luftbildzugeordneten Klassifikation mit 632 näher.



Abb. 4.43 Farb-IR-Photo - Aufnahmestandpunkt StP4 - Steinriegel. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

4.2.8. Die Ermittlung von Flächen der kartierten Schilfklassen

4.2.8.1. Einleitung

Um die vor allem von den zuständigen Stellen der Biologischen Forschungsstation vehement gewünschten Flächenzahlen einzelner Schilfklassen liefern zu können, war es notwendig, eine rationelle Methode der Flächenbestimmung zu finden. Die Arbeitskarten 1:10000 sind von größtem Detailreichtum und ermöglichen es, ohne Schwierigkeiten begrenzte Bereiche flächenmäßig aufzuschlüsseln. Dies ist zum Beispiel durch das Auszählen von Rasterelementen mit definierter Fläche möglich. Eine Erfassung von Flächen über den gesamten Schilfgürtel bedarf jedoch einer der Dimension des Untersuchungsgebietes angepaßten Vorgangsweise. Zu diesem Zwecke, aber auch mit dem angenehmen Neben-

effekt einer Vergleichsmöglichkeit mit der Österreichischen Karte 1:50000 des BAfEuVW, erfolgte mittels der Klimsch Reprokamera des Institutes für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien eine Verkleinerung der sechs Arbeitskartenblätter 1:10000 auf den Maßstab 1:50000. Anschließend wurden die verkleinerten Kartenblätter über einem Raster auf Montagefolie montiert. Über die Netzmarken des LK-Systems war eine hochgenaue Einpassung möglich. Das montierte Kartenblatt Schilfkartierung Neusiedler See 1:50000 wurde im Kontaktverfahren auf Film kopiert. Das resultierende Fimnegativ dient als Grundlage für die nach Bedarf notwendige Herstellung von Filmpositiven der Schilfkarte 1:50000. Zwei Ausschnitte dieses Kartenblattes sind der Arbeit beigegeben (Abb. 4.44 und Abb. 4.45). Die Karteninhalte entsprechen bis auf das aus organisatorischen Gründen bedingte Fehlen einiger Detailbereiche jenen der sechs Arbeitskarten 1:10000.

4.2.8.2. Flächendifferenzierung und digitale Flächenermittlung

Zum Zwecke der Differenzierung der klassifizierten Schilfflächen wurde für jede Bestandesart ein Flächenauszug angefertigt. Schilfzonen mit gleicher Klassifikationszahl konnten von der Schilfkarte 1:50000 hochgezeichnet und auf je einem Folarex-Folienstück in Struktur und Ausdehnung dokumentiert werden.

Da einige Schilfklassen eine weitläufige Ausdehnung und stark zergliederte Form der Teilflächen aufweisen, wurde eine speziell zu adaptierende rechnergestützte Methode der Flächenbestimmung postuliert. Der Gedanke, Flächen in Rasterelementen zu digitalisieren - wie es die Gerätekonfiguration des Optronics Photomation C4500 ermöglicht - bot sich zur Lösung der Problemstellung an. Dazu mußten die relevanten Flächenauszüge auf ein am Optronics digitalisierbares Format gebracht werden. Die im Maßstab 1:50000 hergestellten Bestandesklassenkartierungen wurden mit Hilfe der Klimsch Reprokamera auf den Maßstab 1:150000 umgebildet und standen danach auf Filmbasis zur Verfügung. Damit besaßen die Flächenauszüge ein Format kleiner $23 \times 23 \text{cm}^2$ (Maximalformat am Optronics Photomation).



Aufnahmestandpunkte und
←○ StP1 -richtungen der terrestrischen Photos

Abb. 4.44 Ausschnitt aus der Karte Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:50000.

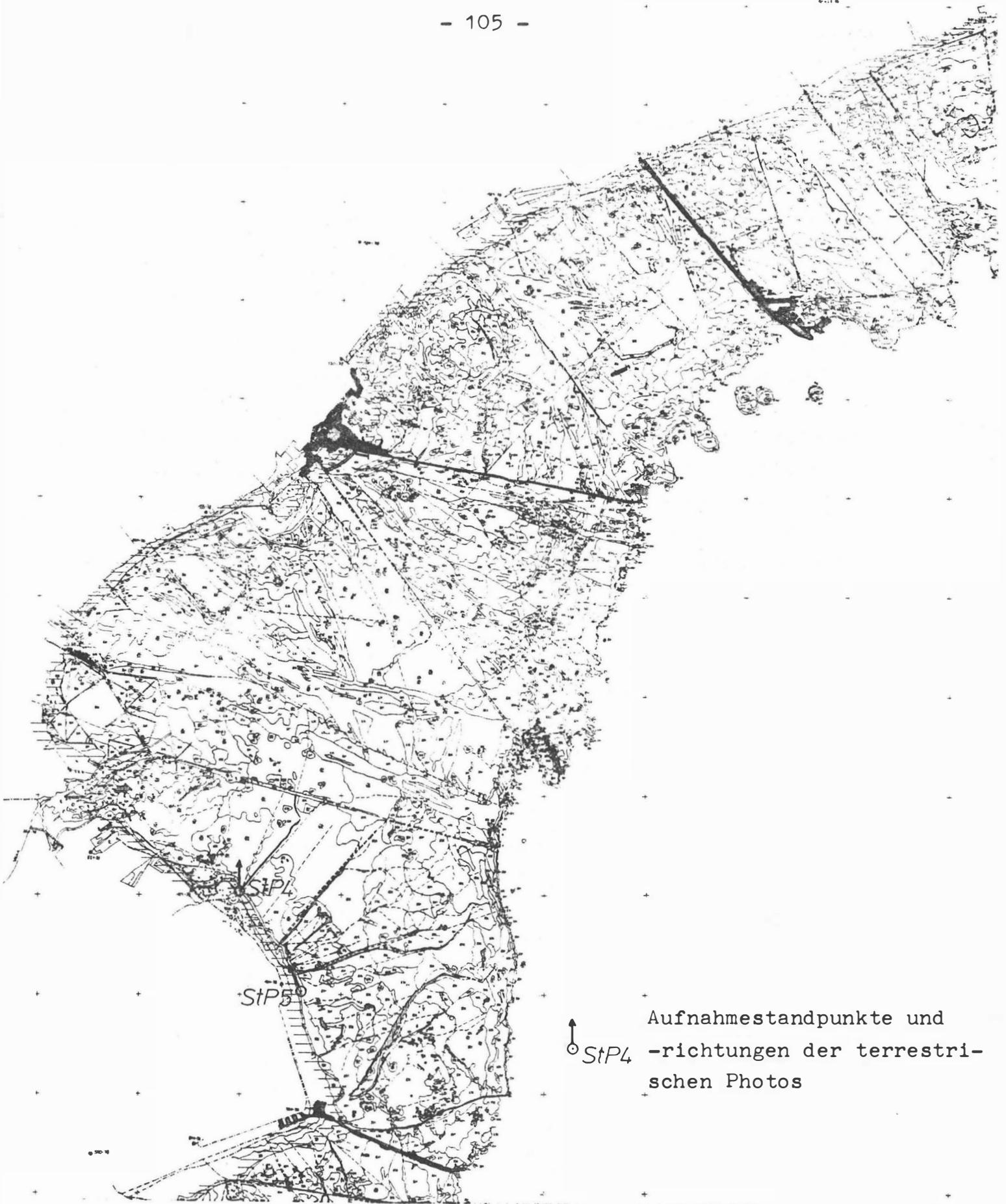


Abb. 4.45 Ausschnitt aus der Karte Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:50000.

Als idealer Nebeneffekt können die Flächenauszüge 1:150000 der Ersichtlichmachung der Systematik von Bestandesverteilungen dienen. So stellen bereits die Übersichtskarte Abb. 4.1 und die Befliegungskarte Abb. 4.8 Verkleinerungen der aus der Schilfkarte 1:50000 hochgezeichneten Informationen auf 1:150000 dar. In den Flächenauszügen 1:150000 auf Filmbasis erscheinen die Teilflächen der Schilfklasse schwarz, alles andere ist glasklar.

Die Digitalisieruvorrichtung des Optronics Photomation erfaßt die Vorlage zeilenweise und gliedert die einzelnen Zeilen in quadratische Bildelemente (pixel). Die Vorlage wird auf einem Zylinder befestigt. Im konkreten Fall wurde bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von vier Umdrehungen pro Sekunde eine Auflösung in quadratische pixel mit einer Seitenlänge von 50 m gewählt. Jedem pixel wird ein Grauwert zwischen 0 (weiß, durchsichtig) und 255 (schwarz) zugeordnet. Das registrierte Datenmaterial wird auf Magnetband gespeichert. Auf diese Weise wurden zehn Flächenauszüge digitalisiert.

Die Basisüberlegung zur Flächenermittlung beruht auf der möglichen Trennung schwarzer und weißer pixel, das heißt der Elemente der zu berechnenden Fläche von jenen der Umgebung. Nach der in dankenswerter Weise von Dipl.Ing. Antes ausgeführten Digitalisierung der zehn Flächenauszüge entstand nach intensiven Überlegungen gemeinsam mit Dipl.Ing. J. Jansa, dem bereits an dieser Stelle Dank für die stete Bereitschaft zur Analyse diesbezüglich aufgetretener Probleme ausgesprochen sei, die Idee, das von Dipl.Ing. Jansa entwickelte Programm HISTOG zur Weiterverarbeitung der auf Magnetband gespeicherten Daten zu verwenden. Dieses Programm listet alle pixel eines Datensatzes nach ihren Grauwerten 0-255 auf und gibt die absoluten Häufigkeiten an. Ein Beispiel für den Computerausdruck nach Verarbeitung der digitalisierten Flächenauszüge durch das Programm HISTOG zeigt Abb. 4.46.

Den Grauwerten in Spalte 2 werden die in Spalte 1 aufgelisteten Absoluthäufigkeiten von pixel zugeordnet. Die Maxima der Verteilungskurve lassen sich bei den Grauwerten 0 und 255 lokalisieren. Aber auch den Grauwerten zwischen 0 und 255 sind pixel zugeordnet. Dieser Effekt mußte zur Erweiterung des gedanklichen

GRAUWERTHISTOGRAMM

PROJEKT = NEUSIEDLERSEE GESAMTFLAECHE SCHILF
BILDBEREICH = 1 LOGG (SCANS), 1 2600 (PIXEL)

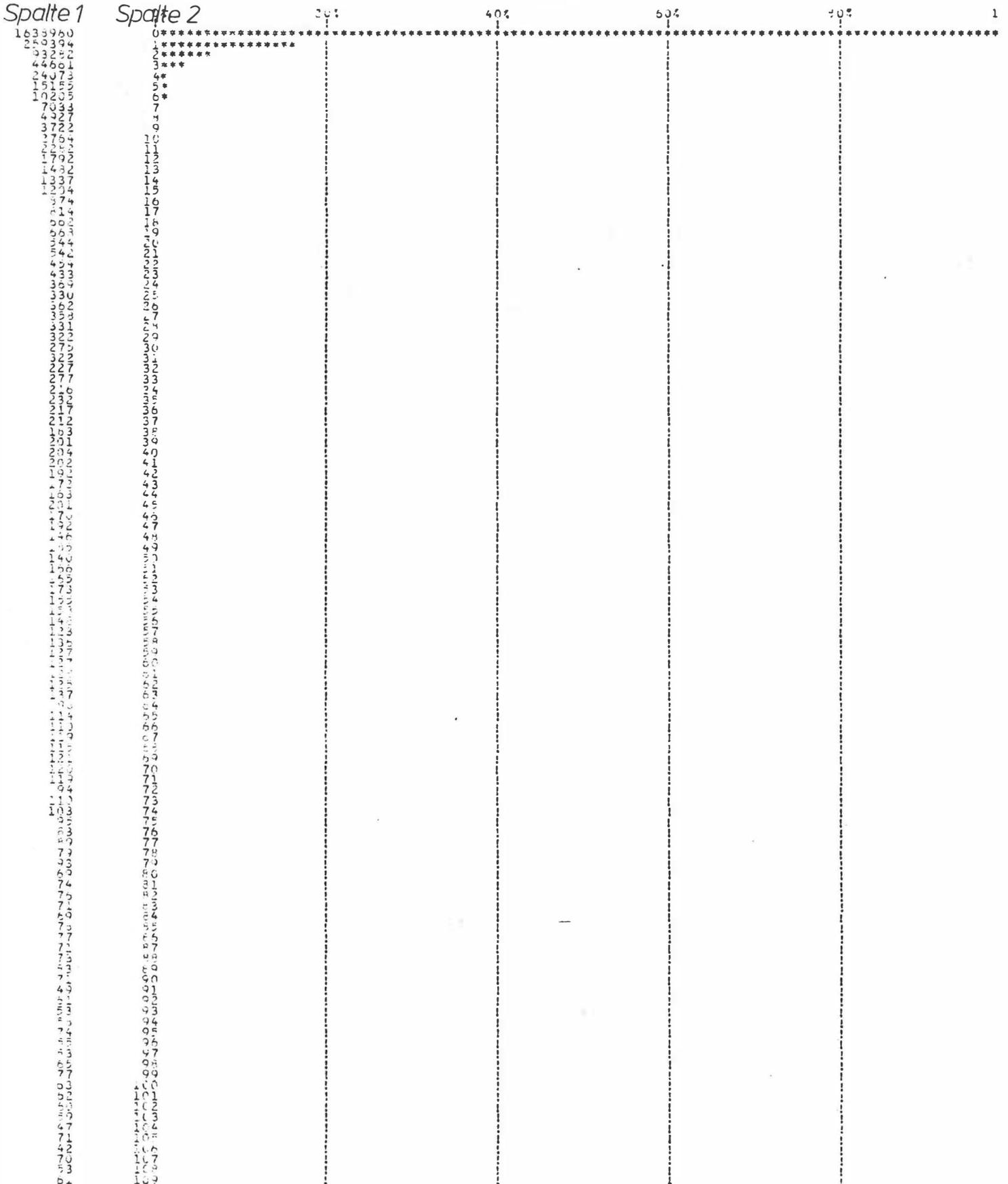


Abb. 4.46 Ausschnitt aus einem Computerausdruck zur Berechnung der Gesamtfläche-Schilf mit Hilfe des Programmes HISTOG.

modells der Berechnung von Flächenzahlen aus digitalisierten Flächenauszügen führen.

Bei zeilenweiser Abtastung von Flächen sind am Rand der zu bestimmenden Fläche Grauwerte von 0 bis 255 zu erwarten (Abb. 4.47).

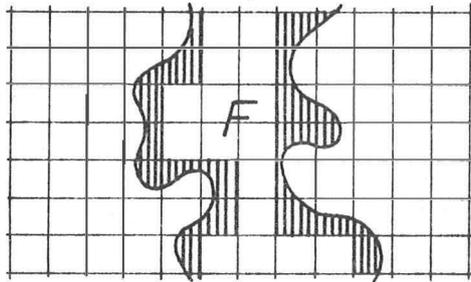


Abb. 4.47 Zur Problematik der digitalen Flächenermittlung

Bei nicht-regelmäßigen Flächen - wie den zu berechnenden Schilfflächen - kann die Annahme getroffen werden, daß pixel mit Grauwert ≤ 127 der Umgebung und pixel mit Grauwert ≥ 128 der zu ermittelnden Fläche zuzuordnen sind. Außerdem sind die Grauwertbereiche gegen 0 von pixel überlagert, die zu Staub u.ä. gehören.

Für die gesuchten Flächenzahlen bedeuten diese Überlegungen, daß einem pixel eine aus dem Maßstab der abgetasteten Vorlage (1:150000) resultierende Einheitsfläche f_{pixel} zuordbar ist: $s_{\text{pixel}} = 50 \mu\text{m} \hat{=} 7.5 \text{m}$; $f_{\text{pixel}} = 56.25 \text{m}^2$. Eine Summierung aller pixel mit Grauwerten ≥ 128 und die Umsetzung dieser Absolutsummen in eine Flächenzahl ($\sum_{128}^{255} \text{pixel } f_{\text{pixel}} = F_{\text{dig}}$) ergibt eine gute Näherung für die gesuchte Flächenausdehnung.

Um eine Verifikation dieser Überlegungen zu gewährleisten, wurde ein Teil eines digitalisierten Flächenauszeuges durch das von Dipl.Ing. Jansa bereitgestellte Programm BILDDUMP auf Papier ausgedruckt. Das Bild der Schilfflächen besteht aus einer Verteilung von pixel, denen Symbole zugeordnet sind. Im speziellen Falle wurde das Grauwertspektrum in 13 Teilbereiche aufgeteilt und jedem Teilbereich ein Symbol zugeordnet. Dadurch war es möglich, das Modell der Flächenbestimmung nachzuvollziehen, das heißt die Anzahl der pixel mit Grauwert ≥ 128 pro Fläche zu ermitteln und durch Multiplikation

mit f_{pixel} eine Flächenzahl zu erhalten. Im direkten Vergleich mit einer visuellen Rasterauszählung der gleichen Testflächen aus den Arbeitskarten 1:10000 sollte Übereinstimmung erzielt werden. Dies war jedoch nicht der Fall.

Zur Erklärung sei eine Überlegung vorausgeschickt. Bei der Hochzeichnung der Bestandesflächen auf Folie im Maßstab 1:50000 mittels Tuschfüller ($d = 0.2\text{mm}$) wurde die Feder möglichst exakt am Rand der Flächen entlang geführt. Der Trennstrich zwischen Flächen mit unterschiedlichen Klassifikationszahlen blieb unberücksichtigt. Dies war die Ursache für die aufgetretenen Differenzen. Der Vergleich von 12 Flächen des Bild-dumps eines Ausschnittes des digitalisierten Flächenausuges 632 mit den Flächen der Arbeitskarte 1:10000 bestätigte diese Annahme.

Um eine repräsentative Richtzahl für den Faktor, um den die digitalisierten Flächen zu vergrößern waren, aufzufinden, erfolgte die eben angedeutete Gegenüberstellung der 12 Testflächen 632 aus dem Bilddump mit den gesamten Rand berücksichtigenden aus Rasterelementen ausgezählten Flächenzahlen der Arbeitskarte 1:10000. Die Differenzen der visuell und digital ermittelten Flächen ergab die jeweilige Fläche des Randes: $F_{\text{vis}} - F_{\text{dig}} = F_{\text{Rand}}$. Für die Korrektur jeder einzelnen Fläche ist die halbe Randfläche von Bedeutung (Abb. 4.48).

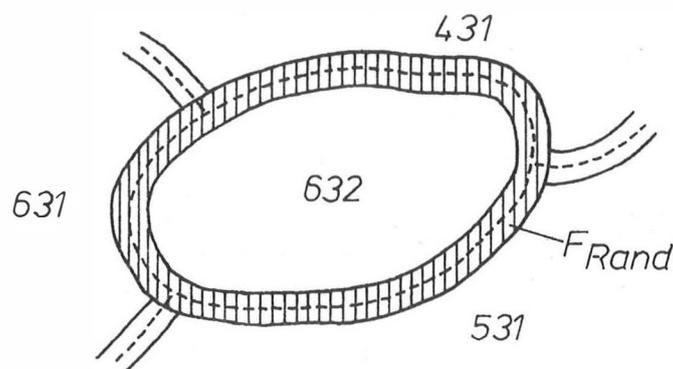


Abb. 4.48 Zur Berücksichtigung der Flächenränder bei der Flächenermittlung

Nach Ermittlung dieser halben Randflächen in Prozenten der aus der Digitalisierung gewonnenen Flächenzahlen und Mittelung der Werte über die 12 Testflächen ergab sich ein Korrekturfaktor von $C_{\text{Fläche}} = 11.3\%(F_{\text{dig}})$. Die korrigierte Fläche folgt

aus der digitalmethodisch ermittelten Fläche erweitert um den Korrekturfaktor: $F_{\text{korr.}} = F_{\text{dig}} + C_{\text{Fläche}}$. Die Voraussetzung für die Richtigkeit dieser Annahmen ist, daß die Länge der Randlinien proportional den Flächengrößen ist. Diese Voraussetzung ist mit großer Wahrscheinlichkeit erfüllt, da pro digitalisierter Schilfklasse viele Flächen unterschiedlichster Form auftreten.

Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgte die Verarbeitung und Auswertung der zehn digitalisierten Flächenauszüge nach der angegebenen Methodik.

4.2.8.3. Ermittlung von Flächen geringerer Häufigkeit

Einige Schilfbestandsarten treten relativ selten auf und machen eine digitale Flächenermittlung unrentabel. Ausgehend von den sechs Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 wurden die Flächenzahlen dieser Bestände visuell ermittelt. Ein mm-Raster ($1\text{mm}^2 \hat{=} 100\text{m}^2$) ermöglichte das Auszählen von Rasterelementen und eine resultierende Flächenangabe mit etwa derselben Auflösung wie bei der Flächenermittlung mittels Digitalisierung: visuelle Auflösung bis ca. $1/2$ Rasterelement = 50m^2 ; $f_{\text{pixel}} = 56.25\text{m}^2$. Um eine generelle Anwendung des Randkorrekturfaktors zu ermöglichen, wurde die rastermethodische Flächenermittlung bewußt ohne Berücksichtigung der Flächenrandlinien durchgeführt.

4.2.8.4. Die den Schilfklassen zuordbaren Flächenzahlen

Nach Abschluß der teils auf digitaler, teils auf visueller Basis realisierten Ermittlung von Flächenzahlen der im österreichischen Teil des Schilfgürtels trennbaren Schilfklassen war ein erster Überblick über die Verteilung der einzelnen Bestandesformen möglich. Die folgende Tabelle zeigt - nach der Methodik der Flächenermittlung differenziert - die Primärflächenzahlen, wie sie aus den Absoluthäufigkeiten der berücksichtigten pixel bzw. der Anzahl der visuell aufgelösten Flächenrasterelemente ohne Berücksichtigung der Flächenrandlinien hervorgehen (Tab. 4.2).

Anmerkung: In zwei Fällen (Schilfklasse 431; Flächenklasse See- und Braunwasser, vide Tab. 4.4) wurden die Flächen wegen häufiger Betriebsstörungen am Optronics Photomation C4500 visuell ermittelt.

Für Flächenklassen, die mehrere Bestandsarten umfassen, wurde eine modifizierte Schreibform gewählt:

$$33(1,2,3) = 331 + 332 + 333$$

$$(3,4,5,6)2(1,2,3) = 321 + 322 + 323 + 421 + 422 + 423 + 521 + 522 + 523 + 621 + 622 + 623$$

usw.

Schilfklasse	Fläche in m ² (F _i)	Art d. Flächenermittlung
631	23 500 469	digital
632	26 537 088	digital
633	802 012	digital
531	7 847 631	digital
532	19 210 406	digital
533	179 000	visuell
431	2 887 450	visuell
432	3 868 900	digital
433	32 000	visuell
33(1,2,3)	826 994	digital
(3,4,5,6)2(1,2,3)	807 806	digital
(3,4,5,6)1(1,2,3)	2 501 325	digital
63(4,5),534	63 000	visuell
<u>n.klass.</u>	<u>132 550</u>	visuell
Summe	89 196 631	
Schilf gesamt (F _{Schilf})	99 332 831	digital

Tab. 4.2 Flächenzahlen der Schilfklassen ohne Berücksichtigung der Randlinien

Die Gesamtfläche Schilf repräsentiert die Summe aller zonierten Bestandesflächen ausgenommen als offene Wasserflächen oder Aufschüttungen im Bereich des Schilfgürtels klassifizierte Flächen. Ein streng genommen notwendiges proportionales Ansetzen der Randkorrektur für die Trennlinie Schilf-Festland ist nicht möglich und erübrigt sich zufolge der Problematik der Festlegung dieser Grenze (vgl. Kap. 4.3.2.15).

Die Summe der in Tab. 4.2 angegebenen Flächenzahlen müßte die Gesamtfläche Schilf (F_{Schilf}) ergeben. Wie zu erwarten, ergibt sich aber eine Differenz zufolge Nichtberücksichtigung der Randlinien. Die Hochzeichnung der gesamten Schilffläche beinhaltet alle Bestandestrennlinien. Es ist daher zu erwarten:

$$\sum F_i + C_{\text{Fläche}} = F'_{\text{Schilf}}$$

$$C_{\text{Fläche}} = 11.3\%(89\ 196\ 631\text{m}^2) = 10\ 097\ 053\text{m}^2.$$

Damit ergibt sich: $F'_{\text{Schilf}} = 99\ 293\ 690\text{m}^2$.

Die Übereinstimmung der nun korrigierten, aus der Summe der Teilflächen gebildeten Gesamtfläche der Schilfbestände mit der aus der Digitalisierung des Flächenausuges Schilf-gesamt ermittelten Flächenzahl ist erwartungsgemäß nahezu gegeben:

$$F = F_{\text{Schilf}} - F'_{\text{Schilf}} = +39\ 141\text{m}^2 = 0.04\%(F_{\text{Schilf}}).$$

Tab. 4.3 listet die korrigierten Flächen der einzelnen Schilf-klassen (F'_i) auf, wobei $F'_i = F_i + C_F(F_i)$ gilt ($C_F = C_{\text{Fläche}}$). Eine der Verbreitung der Schilfklassen im gesamten Untersuchungsgebiet entsprechende Aufteilung von F liefert mit $F_{i,\text{endg.}} = F'_i + \Delta F \cdot \frac{F'_i}{F'_{\text{Schilf}}}$ die endgültigen Flächenzahlen.

Schilfklasse	F'_i (m ²)	$F_{i,\text{endg.}}$ (m ²)
631	26 160 722	26 171 034
632	29 541 086	29 552 731
633	892 800	893 152
531	8 735 983	8 739 427
532	21 385 024	21 393 454
533	199 263	199 341
431	3 214 309	3 215 577
432	4 306 860	4 308 557
433	35 622	35 637
33(1,2,3)	920 609	920 972
(3,4,5,6)2(1,2,3)	899 250	899 604
(3,4,5,6)1(1,2,3)	2 784 475	2 785 573
63(4,5),534	70 132	70 159
<u>n.klass.</u>	<u>147 555</u>	<u>147 613</u>
Summe	99 293 690	99 332 831
	= F'_{Schilf}	= F_{Schilf}

Tab. 4.3 Die endgültigen Flächenzahlen der Schilfklassen.

Die nicht klassifizierten Flächen (n.klass.) sind Schilfbestände, die auf Grund großer Abweichungen von der durch den Klassifikationsschlüssel erfaßten Variabilität keiner Schilfklasse zugeordnet bzw. infolge extrem ungünstiger Situierung im Luftbild nicht wahrheitsgetreu beschrieben werden konnten (z.B. bewirkt die Randlage im Luftbild einen Qualitätsverlust der photographischen Erfassung und eine große Unsicherheit der Zuordnung).

Einige Schilfinseln wurden bei der Befliegung des Jahres 1979 überhaupt nicht erfaßt und konnten daher nicht in die Schilfklassifikation einbezogen werden (z.B. Podersdorfer Schoppen).

Anmerkung: Eine kurze Abschätzung unterstreicht den Einfluß der Flächenrandlinien auf die Primärergebnisse und die Richtigkeit eines Korrekturfaktors, der die den Grenzlinien zuordbaren Flächen auf die einzelnen Schilfklassen aufteilt. Eine über den gesamten Schilfgürtel auf der Basis der sechs Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 durchgeführte stichprobenartige Erhebung von Weglängen der Grenzlinien pro Hektar interpretierter Schilffläche brachte folgendes Ergebnis:

$$50 \text{ Stichproben} - \sum_{i=1}^{50} s_i / 50 = 20.25 \text{mm/ha (für } M = 1:10000 \text{)} = 202.5 \text{m/ha in natura.}$$

Dies ergibt eine Länge S der Grenzlinien der Schilfklassen im gesamten Untersuchungsgebiet von $S = 202.5 \text{m/ha} \cdot 9933.28 \text{ha} = 2\,011\,490 \text{m}$. Bei einer durchschnittlichen Strichstärke \bar{d} von 0.5mm (1:10000) bzw. 5.0m in natura bildet $\bar{d} \cdot S$ die Gesamtfläche der Grenzlinien $F_{Gr} = 10\,057\,449 \text{m}^2$. Ein Vergleich mit $F_{Randl.} = F_{Schilf} - \sum F_i = 10\,136\,200 \text{m}^2$ zeigt die gute Näherung der angeführten Abschätzung: $F_{Randl.} - F_{Gr.} = 78\,751 \text{m}^2 = 0.78\% (F_{Randl.})$.

Über die 14 flächenmäßig ermittelten Schilfbestandsarten hinaus wurden auch die im Schilfgürtel lokalisierbaren Braun- und Seewasserflächen - nach der besprochenen visuellen Methode - ermittelt. Ab einer für eine Flächenermittlung sinnvollen Ausdehnung wurden diese Wasserflächen in eigenen Klassen 200-Braunwasser und 100-Seewasser erfaßt. Die folgende Übersicht zeigt das Ausmaß der Lacken, differenziert nach verschiedenen Erscheinungsformen von Braun- und Seewasser (Tab. 4.4).

Klasse	$F_i (\text{m}^2)$	$F_{i, \text{endg.}} (\text{m}^2)$
100	178 500	198 706
200	1 963 250	2 185 490
204	19 000	21 151

205	14 000	<u>15 585</u>
		2 420 932

Tab. 4.4 Flächenzahlen der innerhalb des Schilfgürtels klassifizierten Wasserflächen.

Die Gesamtfläche der Lacken innerhalb des Schilfgürtels beträgt $2\,420\,932\text{m}^2$.

Auf analoge Weise wurde die Fläche der Anschüttungen im Schilfbereich mit $F = 1\,148\,823\text{m}^2$ ermittelt. Bei dieser Flächenangabe muß bereits an dieser Stelle auf die seit 1979 stattgefundenen Veränderungen hingewiesen werden.

Die Fläche der Baum- und Buschbestände (meist Erlenbruchwald und Weidengebüsche) im Schilfgürtel beträgt $101\,301\text{m}^2$, jene der am Schilfrand angesiedelten Bestände (Purbach, Wulkamündung) ca. $546\,000\text{m}^2$.

Damit ergibt sich eine Gesamtfläche Schilf + Wasser + Anschüttungen + Baum- und Buschbestände von $103\,003\,887\text{m}^2$.

Als Zusammenfassung und Grundlage für die in Kap. 4.3.2. folgende Diskussion der Flächenzahlen der Schilfbestände ist die Übersichtstabelle Tab. 4.5 gedacht. Dabei sind die Flächenzahlen in Hektar angegeben, um der tatsächlichen Genauigkeit bei der Flächenerfassung größerer Schilfbestände Rechnung zu tragen und eine anschauliche Diskussion von Flächenverteilungen zu ermöglichen.

Klasse	Fläche(ha)	Fläche in % von F_{Schilf}
631	2617.10	26.35
632	2955.27	29.74
633	89.31	0.90
531	873.94	8.80
532	2139.35	21.54
533	19.93	0.20
431	321.56	3.24
432	430.86	4.34
433	3.56	0.04
33(1,2,3)	92.10	0.92
(3,4,5,6)2(1,2,3)	89.96	0.91

(3,4,5,6)1(1,2,3)	278.56	2.80
63(4,5),534	7.02	0.07
<u>n.klass.</u>	<u>14.76</u>	<u>0.15</u>
F_{Schilf} =	9933.28	100.00

		Fläche in % von $F_{\text{Schilfgürtel}}$
F_{Schilf}	9933.28	96.44
20(0,4,5)	222.23	2.16
100	19.87	0.18
Anschüttungen	114.88	1.12
<u>Baum u. Busch</u>	<u>10.13</u>	<u>0.10</u>
$F_{\text{Schilfgürtel}}$	10300.39	100.00

Tab. 4.5 Zusammenstellung der Flächenzahlen sämtlicher Bestandesklassen in ha und in % der korrespondierenden Gesamtfläche.

4.3. Diskussion der Ergebnisse des Projektes Schilfkartierung

4.3.1. Das LANDSAT-Bild

Die nachfolgende Analyse bezieht sich vor allem auf das simulierte Farb-IR-Satellitenbild (Abb. 4.7) und die korrespondierende Klassifikation (Abb. 4.15). Man beachte jedoch auch Abb. 4.16 und Abb. 4.17. Der Interpretationsschlüssel ist in Kap. 4.2.5.1. entwickelt und in Kap. 4.2.6. ergänzt.

Schilfbestände der Klasse 1 sind in auffälliger Häufigkeit im Bereich der Wulkamündung sowie in Streifen bei Purbach und Breitenbrunn lokalisierbar. Diese dichten Bestände mit hohem Jungschilfanteil können auf Gebiete intensiver Schilfnutzung hinweisen, wie dies um Purbach und Breitenbrunn der Fall ist. Weiteres Indiz sind Streifenstrukturen, die aber auch durch Abbrennen von Schilf unter Windeinwirkung entstanden sein können. Ein Streifen der Schilfklasse 1 nördlich bzw. nordöstlich der Breitenbrunner Badeanlage könnte auf diesen Einfluß hindeuten. Schmale Zonen von Schilfbeständen roter Farbe treten am see- bzw. landseitigen Rand des Schilfgürtels auf. Seeseitig können dies teils Pionierzonen meist geringerer Wuchshöhe, landseitig Röhrichte mit hohem Jungschilfanteil und zunehmender Seggenpopulation sein.

Zonen der Schilfklasse 2 bedecken große Flächen des Schilfgürtels im Bereich zwischen Rust und Neusiedl. Meist sind dies Gebiete dichtn Bewuchses mit größerem Altschilfanteil oder aufgelockerte Bestände, die durch die Existenz kleiner Bestandeslücken gekennzeichnet sind (vgl. mit Merkmalsklasse I, Subklassen 4, 5 des Farb-IR-Luftbild-Klassifikationsschemas). Bezüglich des Einflusses kleinerer Wasserflächen auf die Farbverschiebung von Rot nach Rotgrün sei auf Abb. 4.13 verwiesen. Südöstlich bis südlich der Illmitzer Badeanlage bilden Schilfbestände der Zwischenklasse 2-3 den größten Teil des Schilfgürtels.

Schilfklasse 3 deutet auf größte Konzentrationen von Altschilf oder große Häufigkeit von Bestandeslücken im Röhricht hin. Diese Bereiche bilden Zonen geringster Vitalität. Sie liegen sowohl vom Festland als auch von der offenen Wasserfläche des

Sees entfernt. Besonders markant ist das Auftreten dieser Bestände zwischen der österreichisch-ungarischen Staatsgrenze bzw. dem Mörbischer Seedamm und Rust bis Richtung Oggau sowie um die Illmitzer Badeanlage.

Die Anschüttungsflächen der Seebäder Mörbisch, Rust, Breitenbrunn, Neusiedl, Weiden und Illmitz, aber auch Kroisbach sind im simulierten Farb-IR-Satellitenbild (Abb. 4.7) deutlich lokalisierbar.

Ein Vergleich der Situation im österreichischen Teil des Schilfgürtels mit jener im ungarischen Teil läßt auf den ersten Blick das Fehlen größerer zusammenhängender Gebiete der Schilfklasse 1 im ungarischen Teil des Schilfgürtels erkennen. Nur am see- bzw. landseitigen Rand des Schilfgürtels sind schmale Streifen hoher Vitalität existent. Das Gros der Schilfbestände kann den Klassen 2 und 3 zugeordnet werden. Besonders im Zentrum des südlichsten Teiles des Schilfgürtels, der große Mächtigkeit erreicht, liegen ausgedehnte Areale mit anscheinend sehr hohem Altschilfanteil und großen Braunwasserflächen. Eine äußerst dichte Verfilzung der Röhrlichzonen in diesen Bereichen kann vermutet werden.

Die seeseitige Schilfgrenze ist im Vergleich zur Struktur der Schilf-Wasser-Grenze auf österreichischem Staatsgebiet ungleich stärker gegliedert und deutet auf lokal stark ausgeprägte Ausbreitungstendenzen in Richtung der offenen Seefläche hin.

Von zusätzlichem Interesse ist die unterschiedliche Erscheinungsform des Seewassers. Mit großer Wahrscheinlichkeit können schwebstoffreiche und -arme Wasserflächen getrennt werden (vgl. Abb. 4.7 und Abb. 4.15). Besonders im nördlichen Teil des Neusiedler Sees läßt der Verlauf dieser Trennlinie in anschaulicher Weise auf eine enge Korrelation der Unterschiede des Wassertypus mit den Strömungsverhältnissen schließen. Ein Vergleich mit der Karte der Strömungsverhältnisse im offenen See (Abb. 4.11) unterstreicht den Zusammenhang zwischen LANDSAT-Farb-IR-Bild (vor allem LANDSAT-Kanal 6) und dem Bild der Strömungssysteme.

4.3.2. Das Farb-IR-Luftbildmaterial

Die Diskussionsgrundlage der folgenden Subkapitel sind jene Schilfkarten im Maßstab 1:150000, die unter anderem zum Zwecke der digitalen Flächenbestimmung angefertigt wurden. Die im österreichischen Teil des Schilfgürtels häufigsten Bestandesklassen sind auf jeweils einer Karte als schwarze Flächen dargestellt. Durch die Zusatzinformationen der Übersichtskarte 1:150000 (Abb. 4.1) wird die Orientierung erleichtert, Verteilungsmaxima und -minima können einfacher lokalisiert werden. Diese Karten der einzelnen Schilfklassen größerer Bedeutung sind dem Kap. 4.3.2. nachgestellt und folgen als Abb. 4.49 bis Abb. 4.59.

Anmerkung: Bei entsprechender Plausibilität wurde in den folgenden Analysen versucht, auf Grund von Klassifikation und Verteilungssystematik Zuordnungen von Schilfklassen zu Bestandesformen anzugeben. Eine pflanzenspezifische Verifikation kann nur durch Untersuchungen der Fachwissenschaftler in situ erfolgen. Es sei an dieser Stelle auf die ohne die vorliegende Kartierung unmögliche Extrapolation von punktuellen Erhebungen auf den gesamten Schilfgürtel hingewiesen.

4.3.2.1. Die Schilfklasse 631 (Abb. 4.49)

Dichte Schilfbestände normaler Wuchshöhe mit hohem Jungschilfanteil sind im gesamte Untersuchungsgebiet an den see- und landseitigen Rändern des Schilfgürtels aufzufinden. Besonders deutlich tritt dies im Bereich Mörbisch-Rust hervor. Tendenzen zu streifiger Struktur am landseitigen Schilfrand lassen auf regionale Schilfnutzung schließen, die sich im Abernten der dem Festland nahen Bestände manifestiert. Wie bereits bei der Diskussion des LANDSAT-Farb-IR-Bildes erwähnt (vide Kap. 4.3.1.), bilden Streifen von vitalem Schilf Pionierzonen am seeseitigen Rand des Schilfgürtels. Die Wuchshöhen dieser Schilfbestände sind sehr oft niedriger als die durchschnittliche Wuchshöhe (Klassifikationsschlüssel: I/2-I/3), am seeseitigen Rand des W- und NW-Teiles des Schilfgürtels jedoch eher normal. Dies mag mit der ungestörten Entwicklung der Schilfsprosse im Frühjahr zu tun haben, während die Röhrlichzonen am seeseitigen Rand des östlichen Teiles des Schilfgürtels vor allem infolge des Eisschubes im Spätwinter und im Frühjahr (meist März, je-

doch mit jährlich schwankender Intensität) erst wesentlich später einer ungestörten Entwicklung gewiß sind. Es sind daher Pionierzonen mit lockerer Bestandesdichte und geringer Wuchshöhe häufig (vgl. Weisser, 1970, S.43).

Die größten zusammenhängenden Flächen von Schilfbeständen der Klasse 631 treten im Bereich Oggau-Wulkamündung-Purbach-Breitenbrunn auf. Dies steht in Analogie zum Auftreten der Schilfklasse 1 im LANDSAT-Farb-IR-Bild. Besonders markante Bestände 631 liegen bei der Wulkamündung. Streifenförmige Zonen, die durch intensive Schilfnutzung oder Abbrennen (NW-Wind) entstehen können, prägen den Teil des Schilfgürtels bei Purbach und Breitenbrunn. Erwähnenswert ist eine große Bestandesfläche 631 beim Sandeck, südöstlich des Illmitzer Seedammes.

Die am seeseitigen Rand des Schilfgürtels situierten Bestände von 631 mit relativ großer Breite (300m-400m, z.B. zwischen der Mörbischer und der Ruster Seeanlage, aber auch südöstlich der Illmitzer Seeanlage in der Nähe der Staatsgrenze-Neudegg) könnten als reine *Phragmites communis*-Bestände von großer Dichte und hohem Ertrag gedeutet werden (vgl. Weisser, 1970, S.27).

Betrachtet man den Anteil der Bestandesflächen 631 an der Fläche der gesamten Schilfbestände, so weist die Prozentzahl von 26.35% aller Schilfbestände (oder 2617.10ha) auf die große Häufigkeit des Auftretens von 631 hin - dies vor allem in vom offenen See entfernt liegenden Bereichen um die Wulkamündung und um den alten Purbacher Kanal. Damit ist die Schilfklasse 631 die zweithäufigste Bestandesart im österreichischen Teil des Schilfgürtels des Neusiedler Sees.

4.3.2.2. Die Schilfklasse 632 (Abb. 4.50)

Dichte Schilfbestände normaler Wuchshöhe mit im Vergleich zu 631 höherem Altschilfanteil sind über den gesamten Schilfgürtel verbreitet. Die größten zusammenhängenden Flächen treten auch bei dieser Klasse im Bereich Oggau-Wulkamündung-Purbach-Breitenbrunn auf. Größere Bestände sind außerdem zwischen Neusiedl und Weiden sowie süd- und südöstlich des Illmitzer Seedammes lokalisierbar. Um Mörbisch und Rust sticht die Ausbildung

zweier Streifen von 632 ins Auge, die an die am see- bzw. landseitigen Rand des Schilfgürtels situierten Bestände von 631 anschließen.

In Übereinstimmung mit Kap. 4.1.4. könnten die Schilfzonen 632 teils als Bestandteile der flächenmäßig größten Pflanzengesellschaft - *Phragmites communis* + *Utricularia vulgaris* (vgl. Weisser, 1970) - gedeutet werden, teils aber auch einer reinen *Phragmites communis*-Population zugeordnet werden.

Schilfbestände 632 bedecken 29.74% der Schilffläche des österreichischen Teiles des Schilfgürtels (2955.27ha) und bilden daher den am weitest verbreiteten Bestandestypus.

4.3.2.3. Die Schilfklasse 633 (Abb. 4.51)

Ein Blick auf Abb. 4.51 unterstreicht die Seltenheit des Auftretens von dichten Schilfbeständen normaler Wuchshöhe mit sehr hohem Altschilfanteil. Zonen mit geringstem Anteil von Jungschilf sind selten durch normale Wuchshöhen der Schilfpflanzen gekennzeichnet. Die größten Schilfflächen 633 liegen bei Purbach und zwischen Sandeck und Neudegg - südöstlich der Illmitzer Badeanlage.

Mit 0.90% Anteil an der Gesamtfläche der Schilfbestände - das sind 89.31ha - können diese Röhrichte als sehr selten bezeichnet werden.

4.3.2.4. Die Schilfklasse 531 (Abb. 4.52)

Bestände der Schilfklasse 531 sind in geringem Maße von Bestandeslücken durchsetzt. Das Schilfrohr ist durch normale Wuchshöhe und hohen Jungschilfanteil gekennzeichnet. In großen zusammenhängenden Flächen treten diese Bestände vor allem zwischen Rust und Oggau bzw. Breitenbrunn und Neusiedl auf. Selten sind sie direkt am seeseitigen Rand des Schilfgürtels - und wenn, dann in sehr schmalen Streifen - anzutreffen. Manchmal sind vom Festland zum offenen See orientierte Streifen von 531 erkennbar (z.B. nordöstlich des Breitenbrunner Sees). Im Vergleich zu 631 und 632 lassen sich jedoch keine ortsspezifischen Präferenzen für Bestandesvorkommen von 531

angeben (z.B. der Bereich Wulkamündung für 631 und 632). Mit einer Gesamtfläche von 873.94ha oder 8.80% der Schilf-
fläche treten Bestände der Schilfklasse 531 nicht so häufig
auf wie 631 und 632, dennoch rangieren sie an vierter Stelle
einer Häufigkeitstabelle.

4.3.2.5. Die Schilfklasse 532 (Abb. 4.53)

Die in geringem Ausmaß von kleinen Bestandeslücken durchsetzten
Schilfbestände normaler Wuchshöhe und größerem Altschilfanteil
sind über den gesamten Schilfgürtel verteilt. In vom Festland
und von der offenen Wasserfläche entfernten Lagen bilden sie
mitunter große zusammenhängende Flächen. Auffallend ist das
massive Auftreten von 532 im Zentrum der Schilfinsel südlich
des Illmitzer Seedammes. Die Existenz dieser Schilfbestände in
Lagen abseits des offenen Sees läßt die Annahme zu, daß man es
hier vor allem mit dem Röhrichttyp, der durch die Massenvege-
tation von *Utricularia vulgaris* gekennzeichnet ist, zu tun hat
(vgl. Weisser, 1970, S.29).

Zwischen Neusiedl und dem Purbacher Kanal sind große zusammen-
hängende Bereiche der Schilfklasse 532 lokalisierbar, die be-
sonders im Purbacher Bereich, aber auch nördlich des Oggauer
Kanals seewärts orientiert sind. Auffallend ist das Fehlen von
532 im Bereich der Wulkamündung. Relativ zufällig verteilt sind
Flächen von 532 zwischen Oggau und Rust. Südlich von Rust läßt
sich eine Teilung in zwei Zonen in gewisser Entfernung (ca.
400m) vom Festland bzw. vom offenen See postulieren.

Mit einer Fläche von 2139.35ha, das sind 21.54% der Gesamt-
fläche der Schilfbestände des österreichischen Teiles des
Schilfgürtels, ist die Schilfklasse 532 die dritthäufigste
Bestandesart.

4.3.2.6. Die Schilfklasse 533

Etwas aufgelockerte Bestände normaler Wuchshöhe mit sehr hohem
Altschilfanteil sind von geringster Bedeutung. Sie sind nur im
südlichsten Teil des am Ostufer des Sees gelegenen Schilfbandes
anzutreffen - am häufigsten im Bereich des Illmitzer Seedammes

und südlich desselben.

Die angesprochenen Schilfzonen bedecken 19.93ha oder 0.20% der Gesamtschilffläche.

4.3.2.7. Die Schilfklasse 431 (Abb. 4.54)

Bestandeslücken bedecken in summa Flächen, die in etwa den mit Schilf bestandenen Flächen gleichen. Diese stärker aufgelockerten Bestände besitzen normale Wuchshöhe und hohen Jungschilfanteil.

Bei gleichmäßiger Verteilung über das Untersuchungsgebiet sticht die große Fläche 431 nördlich der Ruster Seeanlage sowie ein etwas kleinerer kompakter Bestand zwischen Rust und Mörbisch ins Auge. Auffallend ist der strukturelle Unterschied der beiden Vorkommen. Erscheint die nördlich des Ruster Seebades gelegene Fläche an ihren Rändern eher abgerundet, setzt sich die südlichere Fläche aus einer Anzahl von Festland-See-orientierten Streifen zusammen. Hier liegt ein Zusammenhang von Form des Bestandes und Schilfnutzung nahe. Einige größere Schilfflächen 431 sind in den Bereichen Purbach, Breitenbrunn, Neusiedl, sowie um den Illmitzer Seedamm verteilt. Insgesamt bedecken diese stärker aufgelockerten Bestände eine Fläche von 321.56ha, das sind 3.24% der Gesamtfläche aller Schilfbestände.

4.3.2.8. Die Schilfklasse 432 (Abb. 4.55)

Die zu besprechenden Schilfbestände unterscheiden sich von Schilfzonen der Klasse 431 nur durch einen höheren Altschilfanteil.

Im Schilfgürtel südlich von Podersdorf sind kleine Bestandesflächen über die gesamte schmale Schilfzone verstreut. Zwischen Podersdorf und Neusiedl fehlen Bestände von 432, zwischen Neusiedl und dem Purbacher Kanal treten sie sporadisch auf. Im Bereich der Wulkamündung fehlen diese Röhrichtzonen überhaupt. Zwischen dem Oggauer Kanal und der Ruster Badeanlage befinden sich die zwei größten zusammenhängenden Vorkommen der Schilfklasse 432. Südlich von Rust sind größere Bestandesflächen

meist in der Mitte des Schilfgürtels lokalisierbar. Mit großer Wahrscheinlichkeit könnten diese Schilfbestände ebenfalls der Gesellschaft Scirpo-Phragmitetum utricularietosum (vgl. Weisser, 1970, S.57) zugeordnet werden.

Röhrichte der Klasse 432 bedecken 430.86ha, das sind 4.34% der gesamten Schilffläche. Immerhin sind Bestände der Schilfklasse 432 die fünfthäufigsten des burgenländischen Schilfgürtels.

4.3.2.9. Die Schilfklasse 433

Noch seltener als Bestände der Schilfklassen 633 oder 533 sind Schilfzonen der Klasse 433. Dies sind stärker aufgelockerte Röhrichte normaler Wuchshöhe mit sehr hohem Altschilfanteil. Zum Großteil südlich des Illmitzer Seedammes situiert sind sie für einen Gesamtüberblick nicht von Bedeutung.

Mit einer Fläche von 3.56ha bzw. 0.04% der gesamten Schilffläche ist diese Bestandesart die seltenste aller durch den entwickelten Klassifikationsschlüssel getrennten Schilfzonen.

4.3.2.10. Die Schilfklassen 33(1,2,3) (Abb. 4.56)

Kleinere Bestandeslücken nehmen größere Flächen als Schilfbestände ein. Bei normaler Wuchshöhe werden durch 33(1,2,3) alle Variationen des Verhältnisses Jungschilf:Altschilf erfaßt. Am häufigsten sind Flächen 331 und 332.

Oft treten diese Schilfbestände im Bereich Illmitz, um Breitenbrunn und Rust auf. Meist bilden sie schmale streifenförmige oder zerfiederte Flächen, die nur bei Rust und Breitenbrunn eine gewisse Mächtigkeit erreichen.

Mit 92.10ha bzw. 0.92% der gesamten Schilffläche sind diese Bestände von geringer Bedeutung.

4.3.2.11. Die Schilfklassen (3,4,5,6)2(1,2,3)

Ohne Detaillierung der Merkmalsklassen Dichte und Vitalität umfassen die zu diskutierenden Schilfbestände alle auftretenden Variationen von Schilf mit im Vergleich zu normaler Wuchshöhe deutlich geringerem Wachstum. Ihre größte Verbreitung finden

diese Bestände am seeseitigen Rand des östlichen Teiles des Schilfgürtels, nördlich des Illmitzer Seedammes auch am landseitigen Rand. Vereinzelt treten solche Schilfflächen auch im Bereich der Mündung des Purbacher Kanals und im Bereich der Breitenbrunner Badeanlage, sowie am nördlichen Rand der dem Mörbischer Seebad vorgelagerten Schilfinsel auf. Zwischen Mörbisch und Rust befinden sich am seeseitigen Rand des Schilfgürtels Zonen dieser Schilfklassen. Größere zusammenhängende Flächen von Schilf geringer Wuchshöhe liegen am landseitigen Rand des Schilfgürtels im Bereich der Wulkamündung und nordöstlich des Purbacher "Türkenhains".

Wie bereits in Kap. 4.3.2.1. erwähnt, können die am Ostufer des Sees auftretenden Pinierzonen mit Schilf geringer Wuchshöhe und meist aufgelockertem Bestand auf den mehr oder weniger großen Einfluß des Eisschubes - bei vorherrschender Windrichtung aus NW - zurückgeführt werden. Diese am seeseitigen Rand des Schilfgürtels situierten Bestände könnten als der offenen Wasserfläche zugekehrter Rand des Röhrichttypus *Scirpo-Phragmitetum phragmitosum* (vgl. Weisser, 1970, S.58) interpretiert werden und setzen sich demnach aus reinen *Phragmites communis*-Beständen (*Phragmitetum nudum*) zusammen. Am landseitigen Rand des Schilfgürtels tritt eine Rohrzone mit Begleitvegetation von *Carex* (Segge), die die Artmächtigkeit der Schilfpflanzen dezimiert, auf. Die dem Festland nächsten Schilfbestände könnten wohl diesem Typus zugeordnet werden. Eine genauere Abgrenzung ist ohne zusätzliche Detailinformationen (Untersuchungen in situ) nicht möglich, da die Durchsetzung des Röhrichts mit Seggen nicht abrupt beginnt und daher keine exakten Trennlinien gezogen werden können (vgl.: Problem der Grenzziehung Schilf-Festland, Kap. 4.3.2.15.).

Der Flächenanteil von 89.96ha bzw. 0.91% der gesamten Schilffläche ist relativ gering.

4.3.2.12_Die_Schilfklassen_(3,4,5,6)1(1,2,3)_(Abb. 4.57)_

Ohne Differenzierung nach Merkmalsklasse Dichte bzw. Vitalität werden Bestände mit geringsten Wuchshöhen angesprochen. Fast ausschließlich sind die Schilfklassen 313, 413 und teilweise

513 von Bedeutung - es überwiegen also Schilfflächen mit starker Auflockerung des Bestandes. Diese Flächen könnten durch die Existenz von Schilfstoppeln, die durch unsachgemäße Ernte entstanden sind, oder auch durch eingeknicktes und verfilztes Altschilf niedrigster Höhe charakterisiert werden. Als Begleitvegetation scheint *Utricularia vulgaris* aufzutreten (vgl. Weisser, 1970, S.51: Sukzessionsaspekte in einer Stoppellache). Am häufigsten treten die angesprochenen Schilfklassen in den Bereichen von Mörbisch-Rust und nördlich Illmitz-See auf. Besonders große zusammenhängende Flächen sind nördlich des Mörbischer Seedammes ausgebildet - teilweise fällt streifenförmige Struktur auf, die auf durch unsachgemäße Ernte entstandene Stoppellachen hindeuten könnte. Im Bereich Illmitz, vor allem um die Illmitzer Badeanlage, existieren kompakte Flächen. Zwischen Ruster Seedamm und Oggauer Kanal, nördlich des Purbacher Kanals und in der Nähe der Seebäder Neusiedl und Weiden sind größere Flächen der angesprochenen Schilfklassen lokalisierbar. Das besonders auffallende Auftreten im Bereich der Seebäder Illmitz, Weiden und Neusiedl läßt menschliche Einflußnahme vermuten. Im Bereich der Wulkamündung finden sich bis auf eine lokale Kumulation kleinerer Flächen im Mündungsbereich des alten Purbacher Kanals (vgl. Stereogramm Abb. 4.30) keine derartigen Bestände.

Den Schilfklassen (3,4,5,6)1(1,2,3) zugeordnete Zonen bedecken eine Fläche von 278.56ha, das sind 2.80% des gesamten Schilfbestandes. Diese Zonen besitzen daher eine den Beständen 431 vergleichbare Häufigkeit.

4.3.2.13. Die Schilfklassen 63(4,5),534

Kaum erwähnenswert und nur von lokaler Bedeutung sind relativ dichte Bestände normaler Wuchshöhe, die im Farb-IR-Luftbild weißliche bis ins Ocker gehende Farbe besitzen.

Mit einer Flächenausdehnung von 7.02ha - einem Anteil von 0.07% der gesamten Fläche des auf österreichischem Staatsgebiet liegenden Teiles des Schilfgürtels des Neusiedler Sees - gehören die Schilfklassen 63(4,5) und 534 zu den seltensten Bestandesarten im Schilfgürtel.

4.3.2.14. Nicht klassifizierte Flächen

Die aus bereits in Kap. 4.2.8.4. dargelegten Gründen nicht dem spezifischen Klassifikationsschlüssel zugeordneten Teilflächen des Schilfgürtels bedecken eine Fläche von 14.76ha oder 0.15% der Gesamtschilffläche.

4.3.2.15. Der gesamte Schilfbestand des Neusiedler Sees (Abb. 4.58)

Die Verteilung der Schilfbestände im burgenländischen Teil des Neusiedler Sees ist durch eine ausgeprägte Asymmetrie von westlichem und östlichem Schilfbereich gekennzeichnet. Während im westlichen Teil des Schilfgürtels maximale Festland-See-Distanzen von ca. 4.5km (im Bereich der Wulkamündung) und durchschnittliche Distanzen von ca. 2.5km gegeben sind, weisen die Schilfbestände am östlichen Rand des Sees geringe Mächtigkeiten auf - im Durchschnitt ca. 400m-500m. Es sind sogar einige Uferzonen schilffrei (z.B. zwischen Podersdorf und Weiden). Erst gegen Süden erweitert sich der Schilfgürtel zusehends, um im Bereich der Illmitzer Badeanlage eine Breite von ca. 1.5km zu erreichen. In Richtung Staatsgrenze nimmt die Mächtigkeit des Schilfgürtels weiter zu. In der Nähe des Sandecks sind Distanzen bis zu ca. 3.8km vom Festland zur offenen Wasserfläche möglich, wenn man bedenkt, daß nur ein schmaler Kanal die große Schilfinsel südlich der Illmitzer Badeanlage von den benachbarten Schilfbeständen trennt. In der Nähe der österreichisch-ungarischen Staatsgrenze (vgl. Abb. 4.22, Neudegg) geht die Breite des Schilfgürtels wieder auf ca. 400m zurück. Die geringsten Festland-See-Distanzen im westlichen Teil des Schilfgürtels treten bei Oggau und Mörbisch mit ca. 1.5km auf. Die größte Schilfinsel auf österreichischem Staatsgebiet (südlich des Illmitzer Seebades) weist eine Länge von ca. 4.5km (NNW-SSO) und eine Breite von ca. 2.0km auf.

Die erwähnte Asymmetrie der Mächtigkeit von Schilfbeständen am West- bzw. Ostufer des Neusiedler Sees liegt - wie bereits erwähnt - in der durch vorherrschenden NW-Wind bedingten Zer-

störung junger Schilfsprosse durch Eisschub begründet (vgl. Kap. 4.3.2.1. und Kap. 4.3.2.11.).

Problematisch ist die Ermittlung einer Grenzlinie zwischen Festland und Schilfbereich (vgl. die thematisch ähnliche Problematik der Festlegung einer Feuchtgebietsgrenzlinie-wetland boundary in: Howland, 1980). Die Pflanzengesellschaft Scirpo-Phragmitetum magnocaricosum TOTH 1960 (nach der Diktion von Weisser, 1970, S.29) ist als die dem Festland unmittelbar benachbarte Schilfzone durch starke Konkurrenz der Röhrichte mit Seggen und Gräsern (z.B. Bolboschoenus maritimus) gekennzeichnet. Dies wurde bereits in Kap. 4.3.2.11. angedeutet. Die Durchsetzung der Schilfbestände mit Seggen u.ä. wird landwärts immer massiver - die Ermittlung einer Trennlinie ist dementsprechend schwierig. In der vorliegenden Arbeit wurde die Festland-Schilf-Grenze per definitionem als Grenze von aufgelockerten, mit Seggen und Gräsern durchsetzten und mehr oder weniger dichten Schilfbeständen festgelegt. Dies geschah unter anderem, um exakte Aussagen über Aspekte der wirtschaftlichen Nutzung von Schilf zu gewährleisten.

Schilf in den durch den definierten Klassifikationsschlüssel möglichen Bestandarten bedeckt unter Berücksichtigung der soeben festgelegten Methodik der Grenzziehung zum Festland auf burgenländischem Gebiet eine Fläche von 9933.28ha. Auf eine sämtliche Flächen innerhalb der Festland-Schilf- bzw. Schilf-See-Grenze umfassende Größe des Schilfgürtels bezogen ergibt dies einen Prozentanteil von 96.44% der Gesamtfläche (vgl. Tab. 4.5).

4.3.2.16. Größere Wasserflächen im Schilfgürtel (Abb. 4.59)

Ab einer gewissen Größe, die eine sinnvolle Auflösung im Maßstab 1:10000 gewährleistet, wurden die Wasserflächen im Schilfgürtel in eigenen Klassen erfaßt. Hiebei wird zwischen Braun- und Seewasser unterschieden. Turbulentes schwebstoffreiches Wasser des offenen Sees erscheint im Farb-IR-Luftbild in hellblauer Farbe, ruhiges klares Schilfwasser mit abgesetzten Schwebstoffen erscheint in brauner Farbe.

Im Schilfgürtel zwischen Mörbisch und Oggau, sowie nördlich und südlich des Illmitzer Seedammes befinden sich die größten Ansammlungen von Wasserflächen innerhalb des Schilfgürtels. Abgesehen von einigen großen zusammenhängenden Flächen bilden diese Bestandeslücken großräumige Anhäufungen kleinerer Lacken. In geringerem Ausmaß treten Lacken vom Purbacher Kanal und dem Breitenbrunner Seedamm bis nach Neusiedl und um Sandeck und Neudegg auf. Fast keine Wasserflächen weist der Schilfgürtel im Bereich der Wulkamündung auf. Oft deuten streifenförmige Bestandeslücken (Stoppellacken) auf unsachgemäße Erntemethoden hin (z.B. zwischen Rust und Mörbisch).

Die Gesamtheit der Wasserflächen innerhalb des Schilfgürtels - ob natürlich oder künstlich entstanden - bedeckt eine Fläche von 242.10ha. Das sind 2.34% des gesamten Schilfgürtels. Seewasserlacken bedecken 19.87ha, Braunwasserflächen 222.23ha. Der Anteil von Seewasserflächen an der Gesamtfläche der Schilflacken beträgt 8.21%. Ihr Auftreten beschränkt sich meist auf seenahe Stellen und hier vor allem auf Bereiche, die auf Grund ihrer Lage und Struktur den Zutritt von Seewasser begünstigen (z.B. Kanäle am Ostufer, die bei NW-Wind das Eindringen von Seewasser in die umliegenden Lacken ermöglichen).

4.3.2.17. Anschüttungen im Schilfgürtel

Vor allem dem Tourismus dienliche künstlich angeschüttete Flächen bedecken 114.88ha ehemaliges Schilf- oder Wasserareal. Das sind 1.12% der Gesamtfläche des Schilfgürtels. Ohne eine genauere Aufschlüsselung der einzelnen Flächen anzuführen seien die erfaßten Flächen folgender Freizeitanlagen erwähnt: Illmitz, Weiden, Neusiedl, (Jois), Breitenbrunn, Purbach, (Oggau), Rust und Mörbisch. Oggau und Purbach weisen mehr oder weniger ausgeprägte mit dem Kanalbau verbundene Schüttflächen auf. Der Seedamm der Biologischen Station Illmitz dient wissenschaftlichen Zwecken. Infolge der rapiden Entwicklung und Expansion touristischer Einrichtungen im Bereich des Schilfgürtels ist der Stand des Jahres 1979, den die vorliegende Arbeit präsentiert, bereits veraltet. Es sei auf inzwischen erfolgte massive Bautätigkeit in den Bereichen

Seedorf Weiden (Erweiterungsstufe), Jois (Jachthafen) und Rust (Seehotel) hingewiesen. Damit müßte die zu Beginn des Subkapitels genannte Flächenzahl wohl um viele Hektar erweitert werden, um einem rezenten Stand zu entsprechen.

4.3.2.18. Baum- und Buschbestände im Bereich des Schilfgürtels

Flächenmäßig ermittelt sind nur die größeren zusammenhängenden Bestände um das Purbacher "Freizeitzentrum". Kleinere Bestandesflächen und einzelne Büsche und Bäume sind - soweit auflösbar - in den Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 verzeichnet (vgl. Kartenlegende, S.82). Erlenbruchwald (*Alnus glutinosa*) tritt bei Purbach und Neusiedl auf, Weidengebüsche (*Salix cinerea*) sind vor allem um Purbach, aber auch in kleineren Ansammlungen bei Neusiedl und Weiden anzutreffen.

Die beim Purbacher "Türkenhain" im Bereich des Schilfgürtels situierten Bestände von *Alnus glutinosa* und *Salix cinerea* bedecken eine Fläche von 10.13ha, das sind 0.10% der Gesamtfläche des Schilfgürtels.

Am Rand des Schilfgürtels anstehende Gebüsch- und Waldflächen bei Purbach und im Bereich der Wulkamündung nehmen eine Fläche von ca. 54.6ha ein.

4.3.2.19. Der gesamte Schilfgürtel

Berücksichtigt man alle Flächen innerhalb der Schilf-Festland- und der Schilf-Wasser-Grenze, so ergibt sich eine Gesamtfläche des burgenländischen Schilfgürtels von 10300.39ha.

Diese Flächenzahl beinhaltet sämtliche Schilfbestände, Wasserflächen im Schilfgürtel, Anschüttungen und Baum- bzw. Buschbestände innerhalb der definierten Grenzen.



Abb. 4.49 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 631.

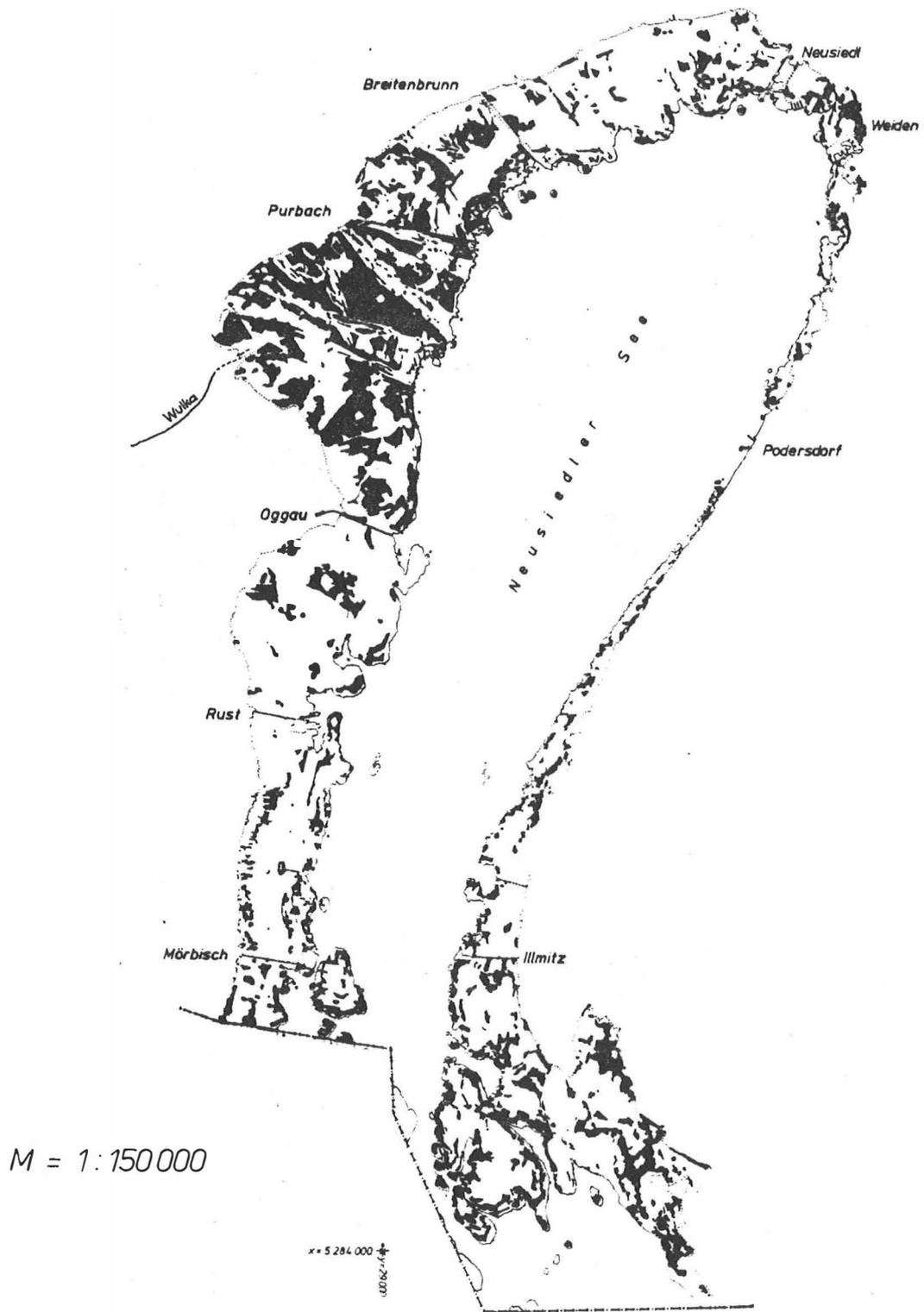


Abb. 4.50 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 632.

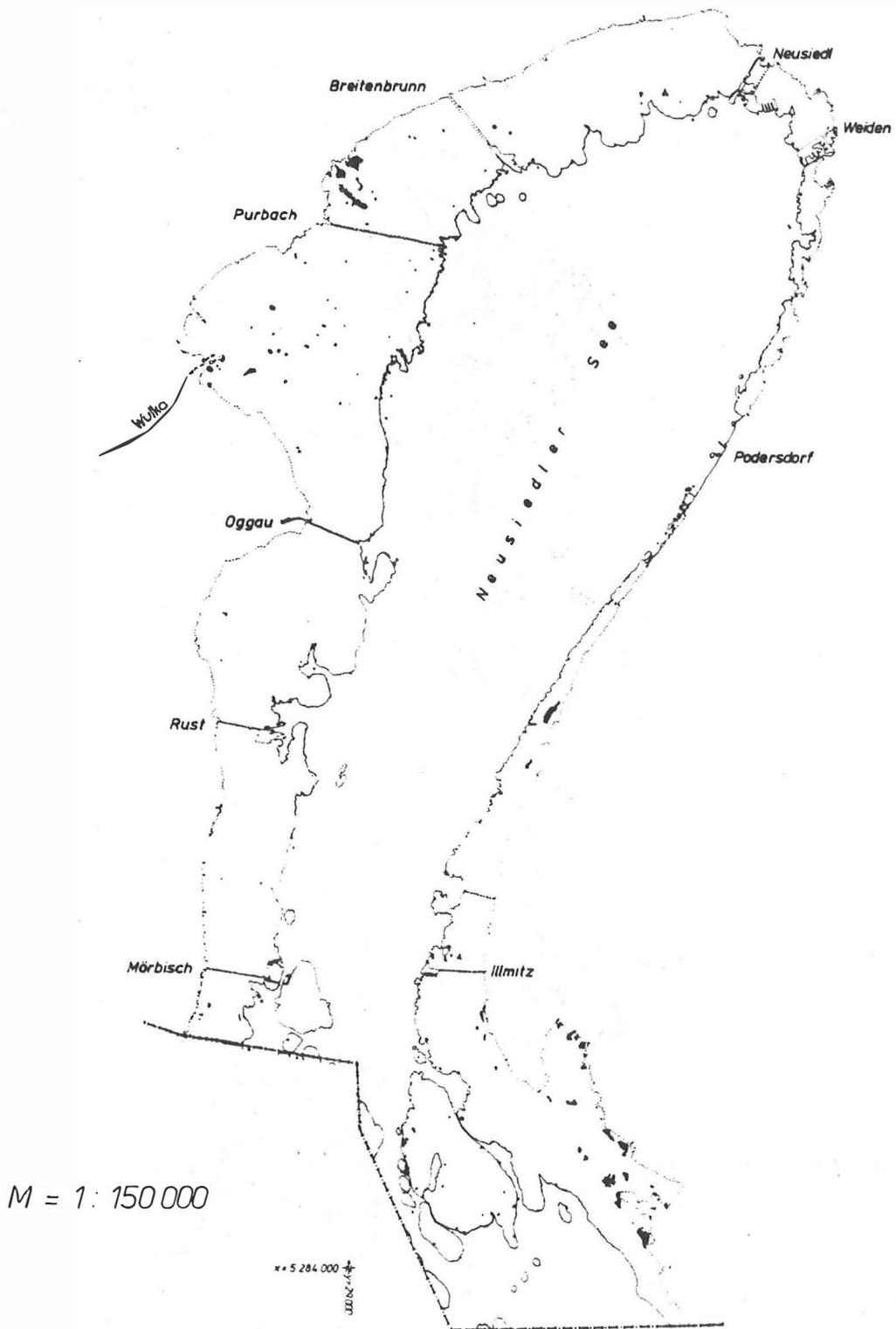


Abb. 4.51 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 633.

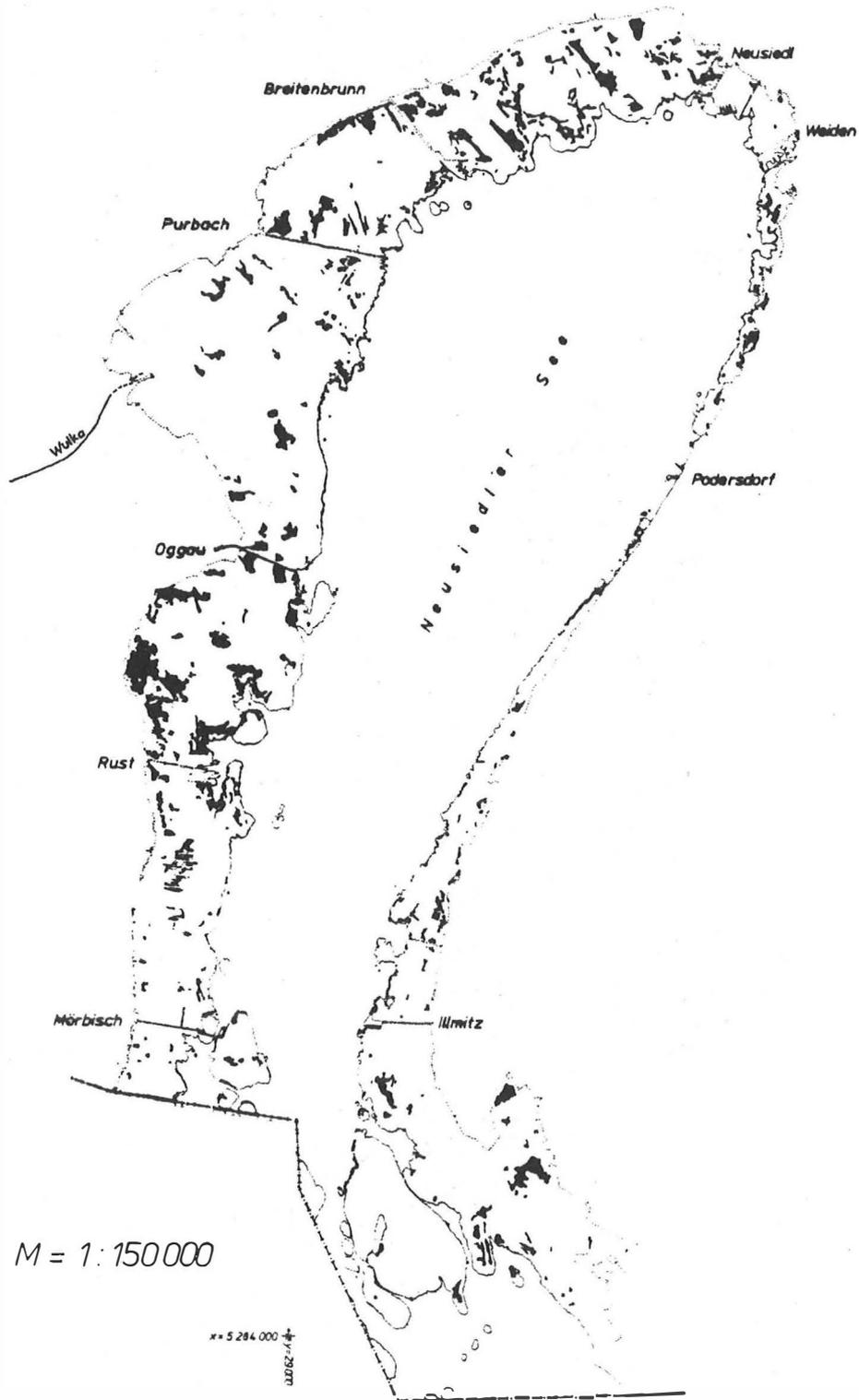


Abb. 4.52 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 531.

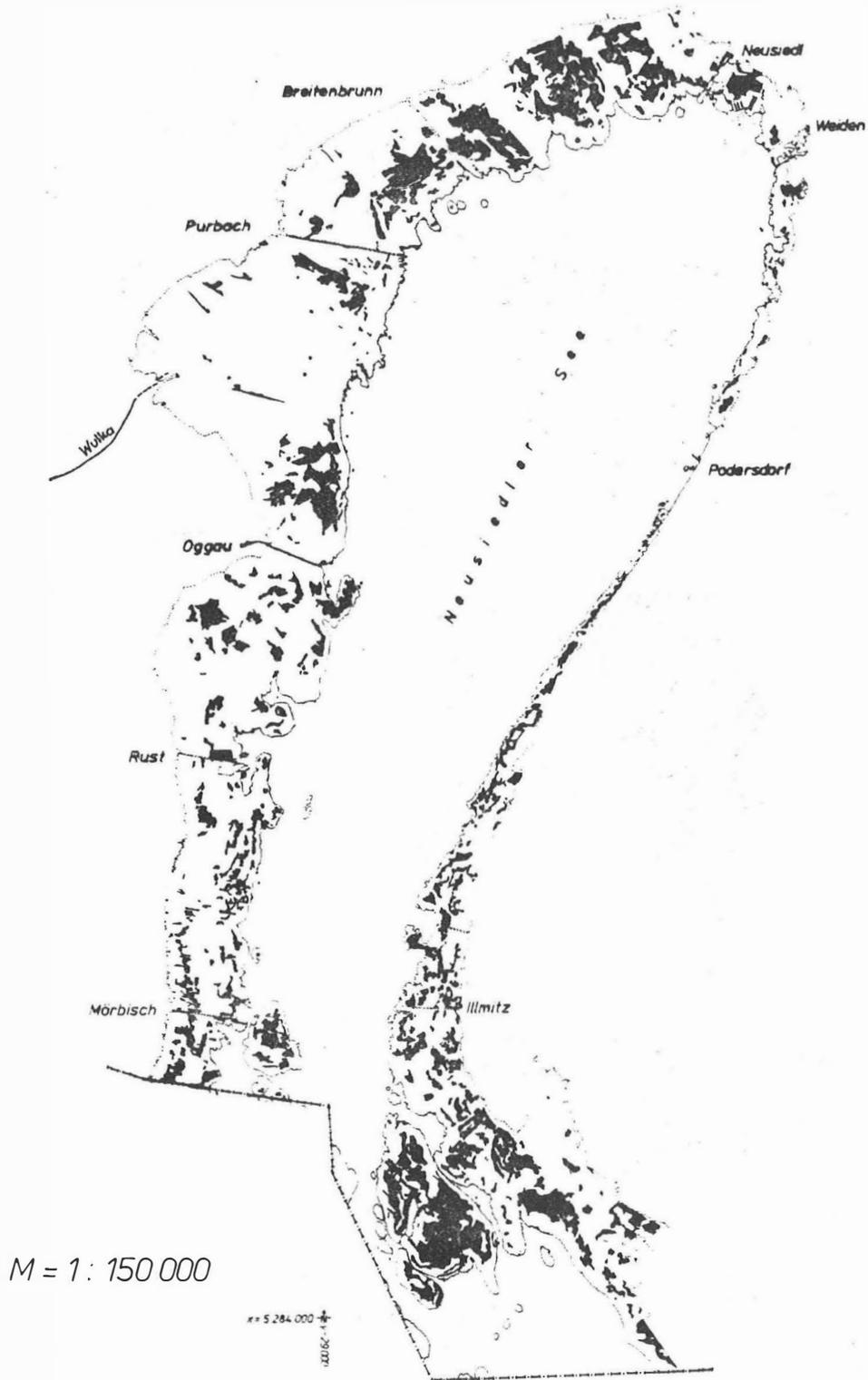


Abb. 4.53 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 532.

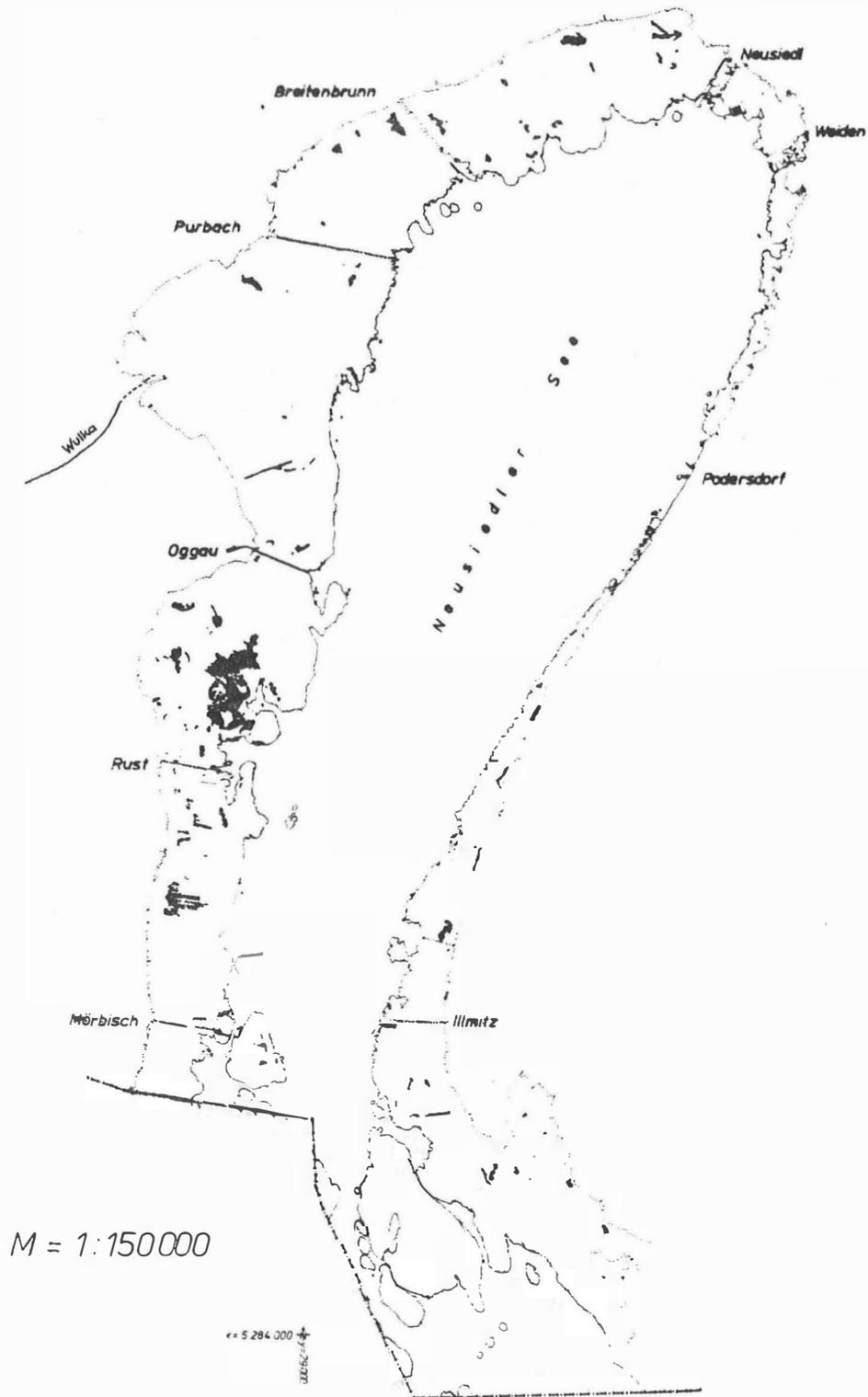


Abb. 4.54 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 431.



Abb. 4.55 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklasse 432.

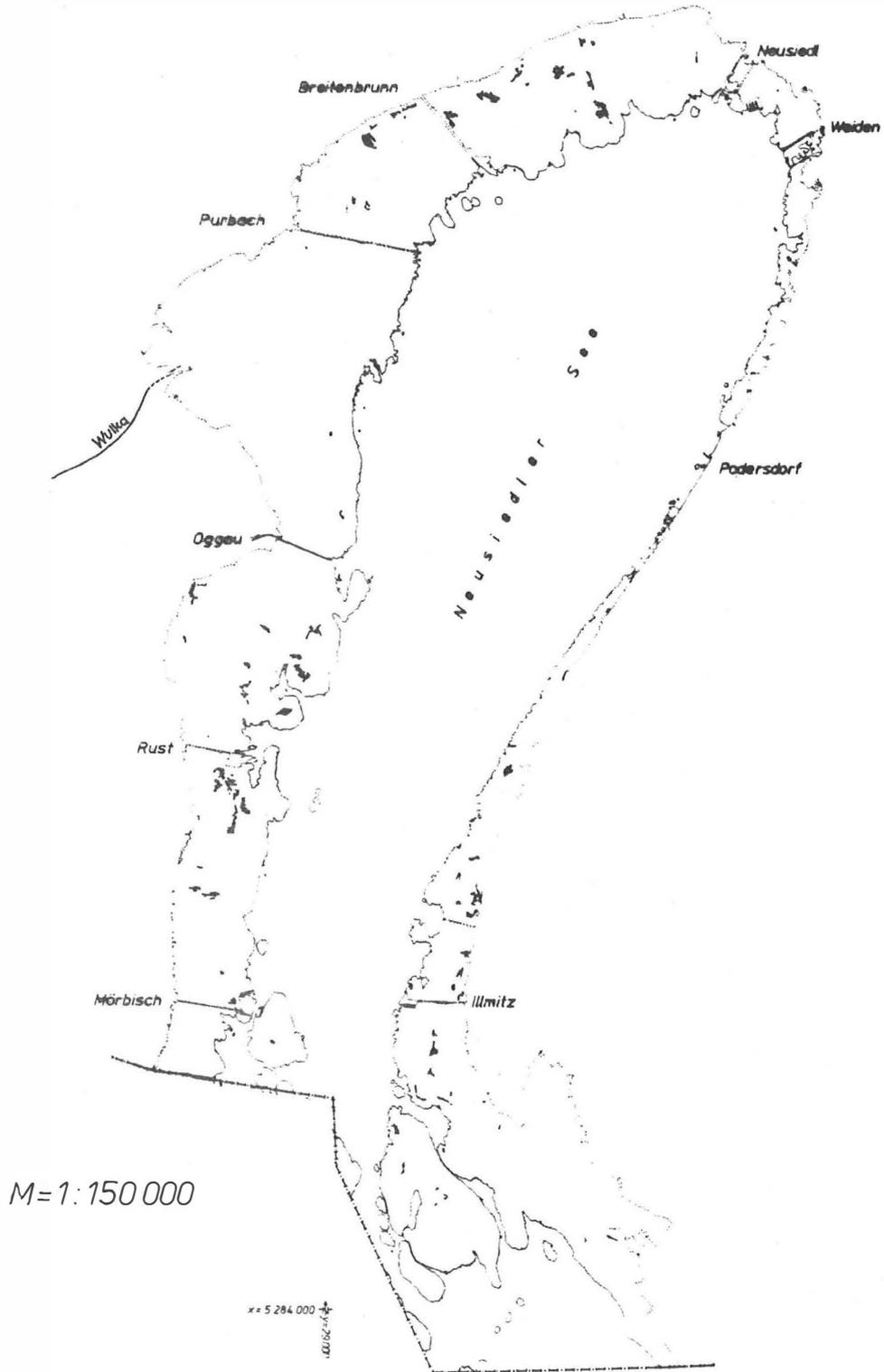


Abb. 4.56 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklassen 33(1,2,3).

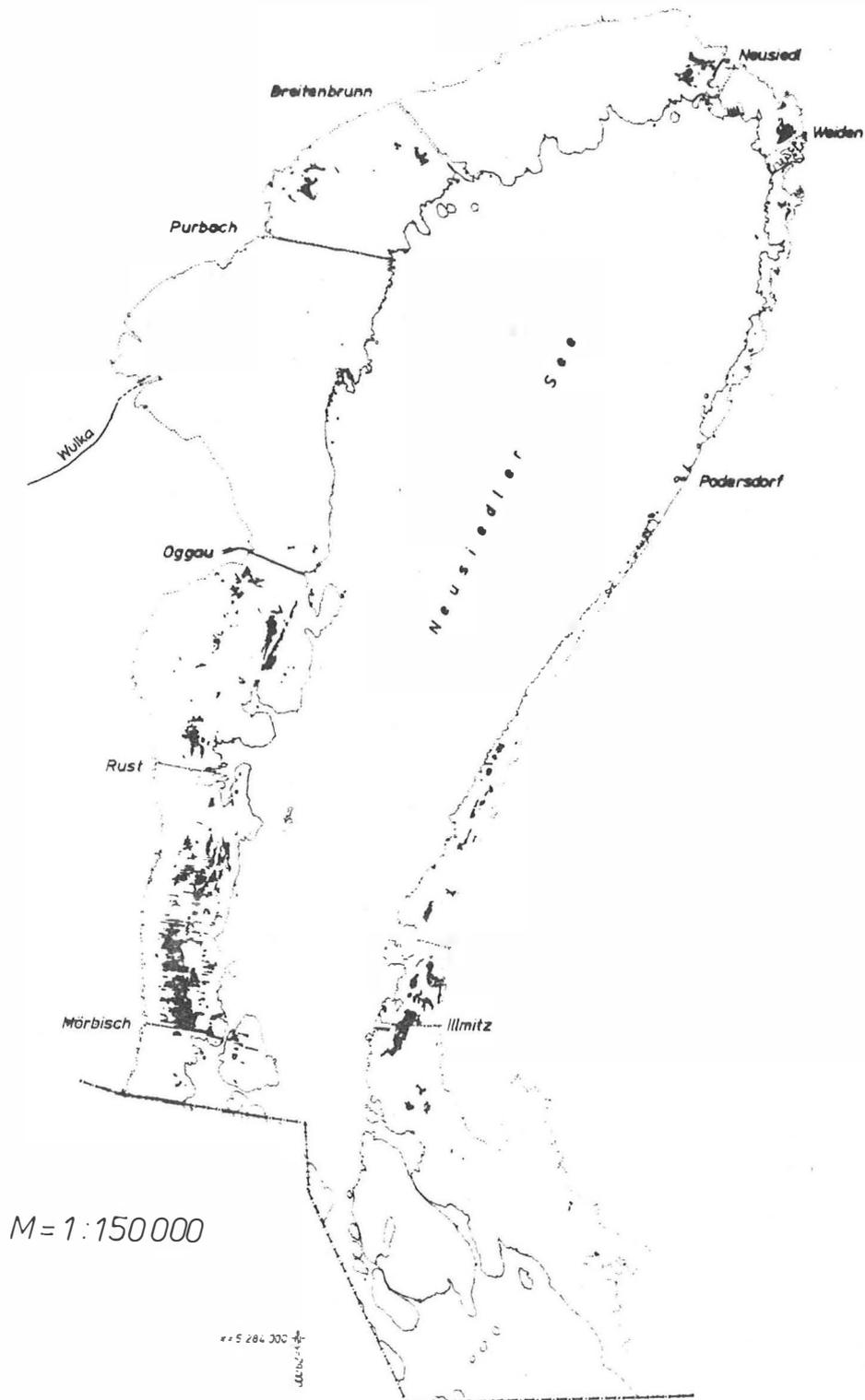


Abb. 4.57 Zur Verbreitung von Beständen der Schilfklassen (3,4,5,6)1(1,2,3).



Abb. 4.58 Karte des gesamten Schilfbestandes.

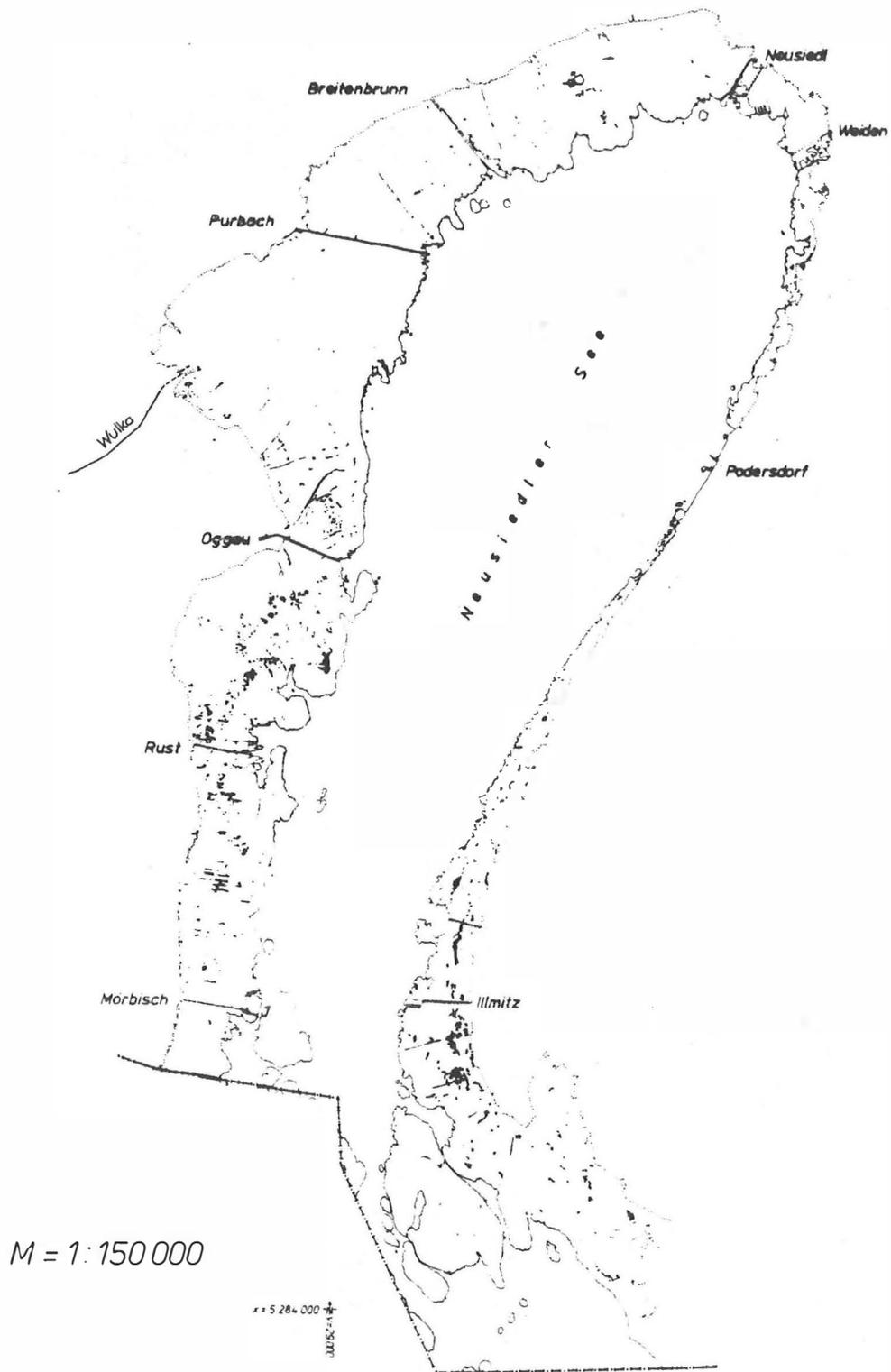


Abb. 4.59 Zur Verteilung von See- und Braunwasserflächen im Schilfgürtel.

4.3.2.20. Zusammenfassung

Als Zusammenfassung soll Abb. 4.60 in Form eines Blockdiagrammes ein einprägsames Bild der Flächenanteile liefern.

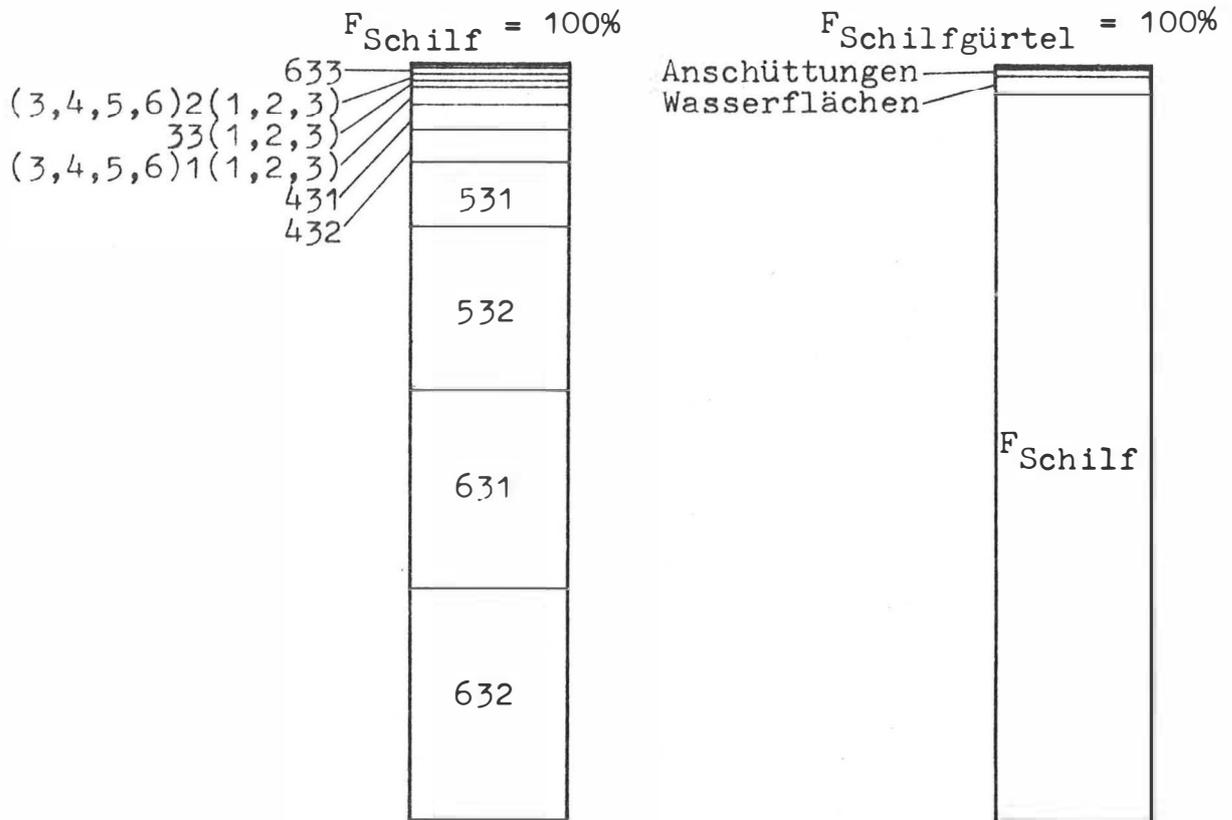


Abb. 4.60 Die Flächenanteile der Schilfbestände an der Gesamtfläche-Schilf bzw. der Flächenklassen an der Gesamtfläche-Schilfgürtel.

4.3.3. Schilfklassen und Wuchsdichte (Wuchshöhe = normal)

Schilfklassen	Fläche(ha)	Prozentanteil
63(1,2,3)	5661.68	59.29
53(1,2,3)	3033.22	31.76
43(1,2,3)	755.98	7.92
33(1,2,3)	92.10	0.96
63(4,5),534	<u>7.02</u>	<u>0.07</u>
	9550.00	100.00

Tab. 4.6 Flächenzahlen der nach verschiedenen Wuchsdichten zusammengefaßten Schilfklassen.

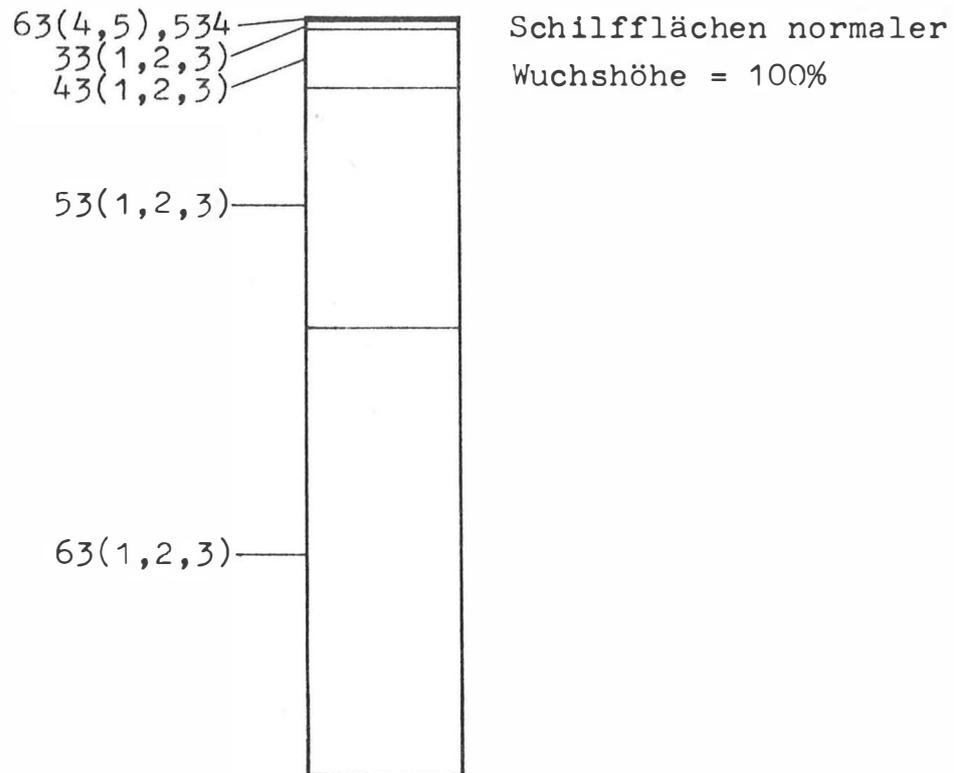


Abb. 4.61 Die Flächenanteile von Beständen verschiedener Wuchsdichte an der Gesamtfläche der Schilfzonen normaler Wuchshöhe.

4.3.3.1. Dichte Schilfbestände, 63(1,2,3)

Die größten zusammenhängenden Bestände von Schilf mit großer Wuchsdichte befinden sich im Bereich der Wulkamündung, nach Norden bis Purbach, nach Süden bis Oggau. Eine kleinere kompakte Bestandesfläche findet sich beim Sandeck, südöstlich des Illmitzer Seedammes. Von Oggau nach Süden gliedern sich die dicht verwachsenen Röhrichte in zwei Zonen - die eine nahe dem Festland, die andere an die Schilf-Wasser-Grenze anschließend. Ähnliche Erscheinungsformen bieten sich von Breitenbrunn bis Neusiedl. In geringerem Umfang, aber mit ähnlicher Systematik, treten dicht bewachsene Schilfzonen auch am Ostufer des Neusiedler Sees auf. Die Schilfinsel südlich der Illmitzer Seeanlage weist als Umrandung eine Zone dichten Schilfbewuchses auf.

Schilfbestände 63(1,2,3) könnten wahrscheinlich der Gesellschaft *Scirpo-Phragmitetum phragmitosum* bzw. *Scirpo-Phragmi-*

tetum utricularietosum (vgl. Weisser, 1970, 57ff.) zugeordnet werden. In Festlandnähe ist Scirpo-Phragmitetum magnocaricosum TOTH 1960 (Weisser, 1970, S.29) möglich.

Schilfgebiete mit hoher Wuchsdichte bedecken 5661.68ha des Schilfgürtels bzw. 59.29% der Gesamtfläche aller Schilfbestände normaler Wuchshöhe.

4.3.3.2. Leicht aufgelockerte Bestände, 53(1,2,3)

Am häufigsten treten die durch die Existenz kleiner Bestandeslücken gekennzeichneten Schilfbestände zwischen Neusiedl und Breitenbrunn auf. Das Gebiet der Wulkamündung ausgenommen, bilden diese Flächen über den ganzen Schilfgürtel verteilt größere Röhrichtflächen. Selten direkt an einer der beiden Schilf-Grenzlinien scheinen Bestände 53(1,2,3) an jene von 63(1,2,3) in Richtung Mitte des Schilfgürtels anzuschließen. Deutlich ausgeprägt ist dies am Beispiel der südlich des Illmitzer Seebades gelegenen großen Schilfinsel zu erkennen. Eine Zuordnung zu Scirpo-Phragmitetum utricularietosum wäre nahe liegend (vgl. Kap. 4.3.2.5.). Relativ häufig sind leicht aufgelockerte Bestände auch im schmalen Schilfstreifen am Ostufer des Neusiedler Sees anzutreffen.

Die besprochenen Schilfzonen bedecken eine Fläche von 3033.22ha bzw. 31.76% der Gesamtfläche (3,4,5,6)3(1,2,3,4,5).

4.3.3.3. Stark aufgelockerte Schilfbestände, 43(1,2,3)

An und für sich über den gesamten Schilfgürtel verbreitet, bilden stärker aufgelockerte Röhrichte ein Bestandesmaximum zwischen Oggau und Mörbisch. Teils streifenförmig, teils zerfiedert oder mit abgerundeten Bestandesgrenzen, ist ein breites Spektrum an Flächenformen erkennbar. Zusammenhängende Bestände erstrecken sich außerdem von der Staatsgrenze beim Neudegg bis nördlich des Illmitzer Seedammes, sowie von Purbach bis in die Nähe von Neusiedl (vor allem 432).

Die durch eine große Anzahl kleinerer Bestandeslücken gekennzeichneten Schilfklassen nehmen eine Fläche von 755.98ha ein. Mit 7.92% der Gesamtfläche von Schilf normaler Wuchshöhe treten

stark aufgelockerte Schilfbestände wesentlich seltener auf als dichtere Bestandesarten.

4.3.3.4. Sehr stark aufgelockerte Schilfbestände, 33(1,2,3)

Diese Bestände wurden bereits in Kap. 4.3.2.10. besprochen. Der Flächenanteil von 33(1,2,3) beträgt 92.10ha bzw. 0.96% der Gesamtschilffläche normaler Wuchshöhe.

4.3.3.5. Diskussion

Mehr als die Hälfte der mit normal hohem Schilf bewachsenen Flächen des Schilfgürtels besteht aus dichtesten Schilfbeständen. Während leicht aufgelockerte Röhrichte noch beinahe ein Drittel dieser Gesamtfläche bedecken, sind stärker aufgelockerte Röhrichte kaum von Bedeutung. In summa bilden dichte und leicht aufgelockerte Schilfzonen 91.12% aller Flächen mit Schilf eventuell nutzbarer Wuchshöhe.

4.3.4. Schilfklassen und Wuchshöhe

Schilfklassen mit	Fläche(ha)	Prozentanteil
Höhenklasse 3	9550.00	96.14
Höhenklasse 2	89.96	0.91
Höhenklasse 1	278.56	2.80
(n.klass.)	<u>(14.76)</u>	<u>(0.15)</u>
	9933.28	100.00

Tab. 4.7 Flächenzahlen der nach verschiedenen Wuchshöhen zusammengefaßten Schilfklassen.

Schilfbestände mit normalen Wuchshöhen bedecken 9550.00ha oder 96.14% der Gesamtfläche aller Schilfbestandsarten. Die in den Kap. 4.3.2.11. und 4.3.2.12. bereits diskutierten Zonen (3,4,5,6)2(1,2,3) und (3,4,5,6)1(1,2,3) weisen mit einem Anteil von 3.71% der Gesamtschilffläche geringe Häufigkeit auf. Der Prozentanteil von 0.91% für (3,4,5,6)2(1,2,3) steht in engem Zusammenhang mit der Systematik der Grenzziehung Schilf-

Festland (vgl. Kap. 4.3.2.15.).

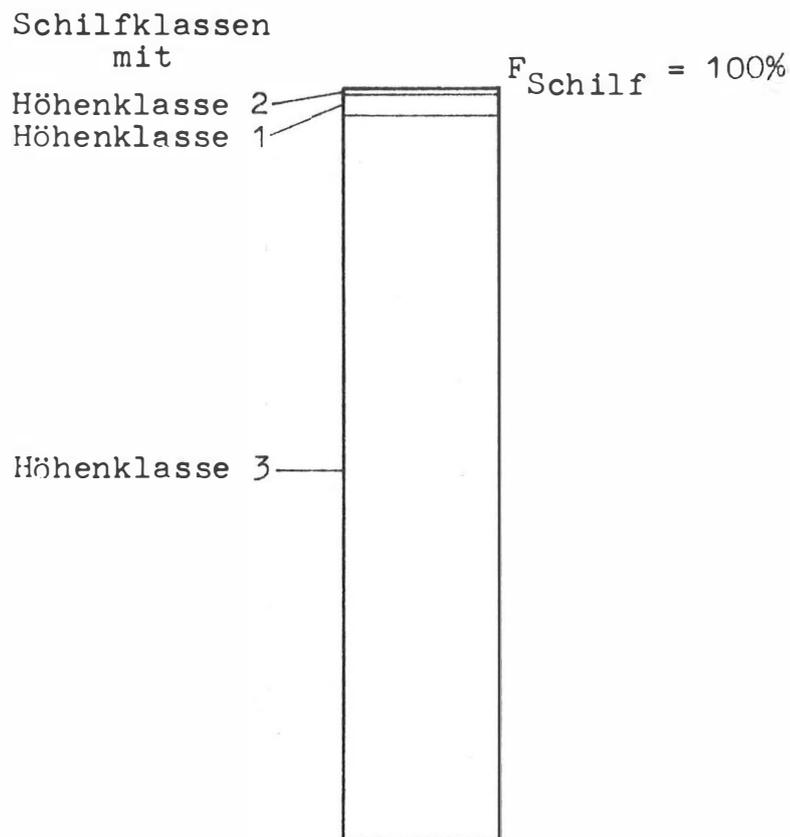


Abb. 4.62 Die Flächenanteile von Beständen verschiedener Wuchshöhe an der Gesamtschilffläche.

4.3.5. Schilfklassen und Vitalität

Schilfklassen	Fläche(ha)	Prozentanteil
(6,5,4)31	3812.60	38.39
(6,5,4)32	5525.48	55.62
(6,5,4)33	112.80	1.14

Tab. 4.8 Flächenzahlen der nach unterschiedlicher Vitalität zusammengefaßten Schilfklassen.

Wie ersichtlich erfolgt eine Beschränkung auf Bestandesdichten, die Flächen mit effektivem Schilfbestandsanteil von mehr als ungefähr 50% beschreiben. Es werden nur Röhrichte mit normaler Wuchshöhe berücksichtigt.

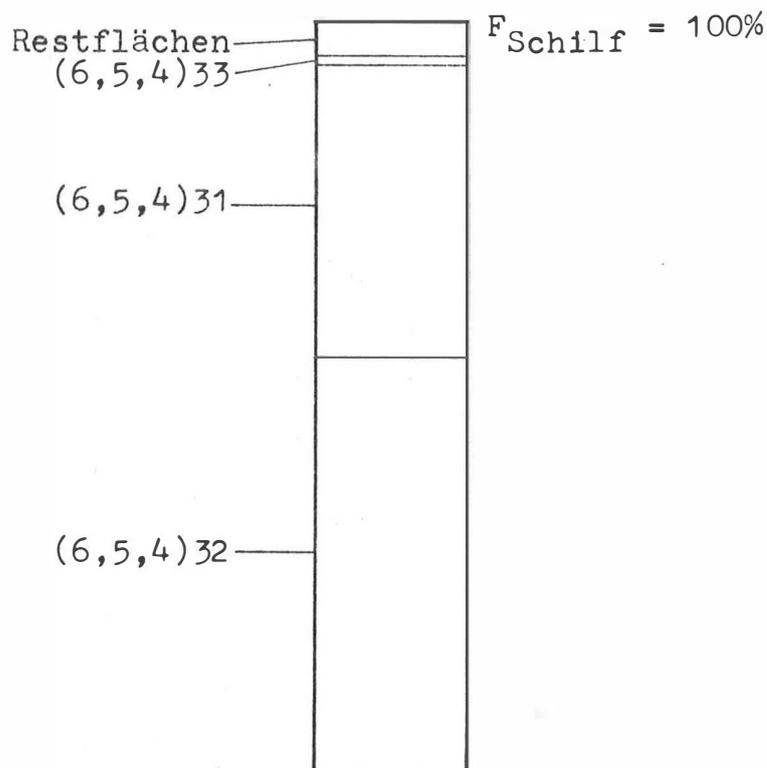


Abb. 4.63 Die Flächenanteile von Beständen verschiedener Vitalität (im Farb-IR-Luftbild) an der Gesamtschilffläche.

4.3.5.1. Schilfzonen der Vitalitätsklasse 1

Sowohl am West- als auch am Ostufer bilden sich Zonen mit hohem Jungschilfanteil entlang der Schilf-Festland- bzw. Schilf-Wasser-Grenze aus. In Festlandnähe können dies zum Teil durch Winterschnitt genutzte Schilfstreifen (z.B. Mörbisch-Rust), in Seenähe reine Phragmites communis-Bestände (Pionierzonen) sein. Vom Festland zum See durchgehende Streifen sind im Bereich der Wulkamündung, bei Purbach und bei Breitenbrunn anzutreffen (Schilfschnitt, Abbrennen, vgl. Kap. 4.3.2.1.). Bis zu welchem Ausmaß Zonen großer Vitalität im Bereich der Wulkamündung in Zusammenhang mit dem Nährstoffeintrag durch den Wulkabach stehen, können nur Folgeuntersuchungen beantworten (vgl. LANDSAT-Farb-IR-Bild Abb. 4.7 und Klassifikation Abb. 4.15: markante Konzentration von Flächen der Schilfklasse 1 im Bereich der Wulkamündung). Südöstlich des Illmitzer Seedammes (Sandeck) treten landwärts, in der Nähe der

Festland (vgl. Kap. 4.3.2.15.).

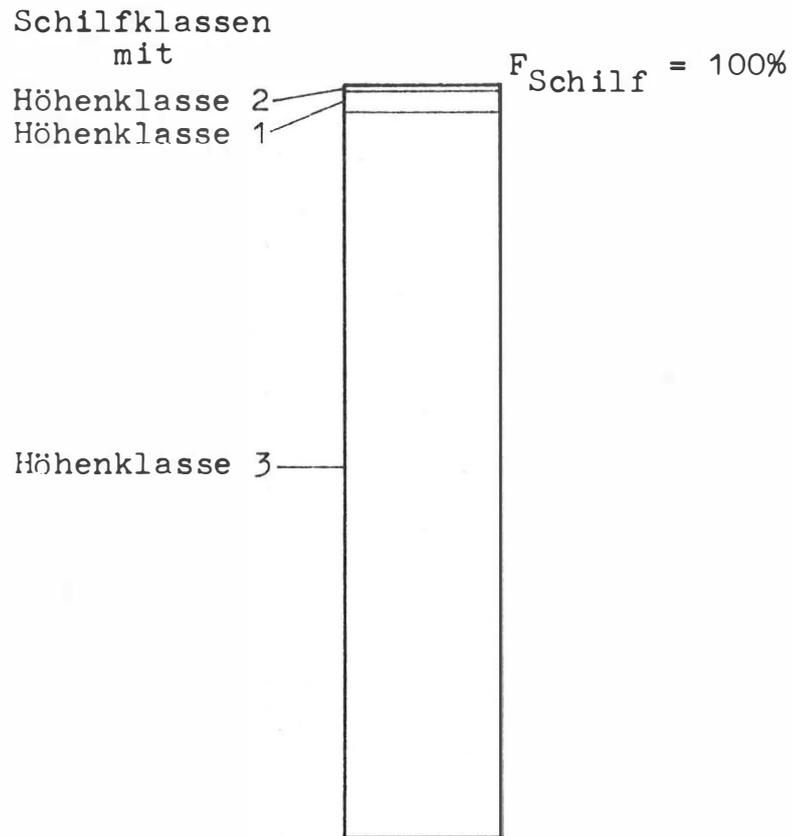


Abb. 4.62 Die Flächenanteile von Beständen verschiedener Wuchshöhe an der Gesamtschilffläche.

4.3.5. Schilfklassen und Vitalität

Schilfklassen	Fläche(ha)	Prozentanteil
(6,5,4)31	3812.60	38.39
(6,5,4)32	5525.48	55.62
(6,5,4)33	112.80	1.14

Tab. 4.8 Flächenzahlen der nach unterschiedlicher Vitalität zusammengefaßten Schilfklassen.

Wie ersichtlich erfolgt eine Beschränkung auf Bestandesdichten, die Flächen mit effektivem Schilfbestandsanteil von mehr als ungefähr 50% beschreiben. Es werden nur Röhrichte mit normaler Wuchshöhe berücksichtigt.

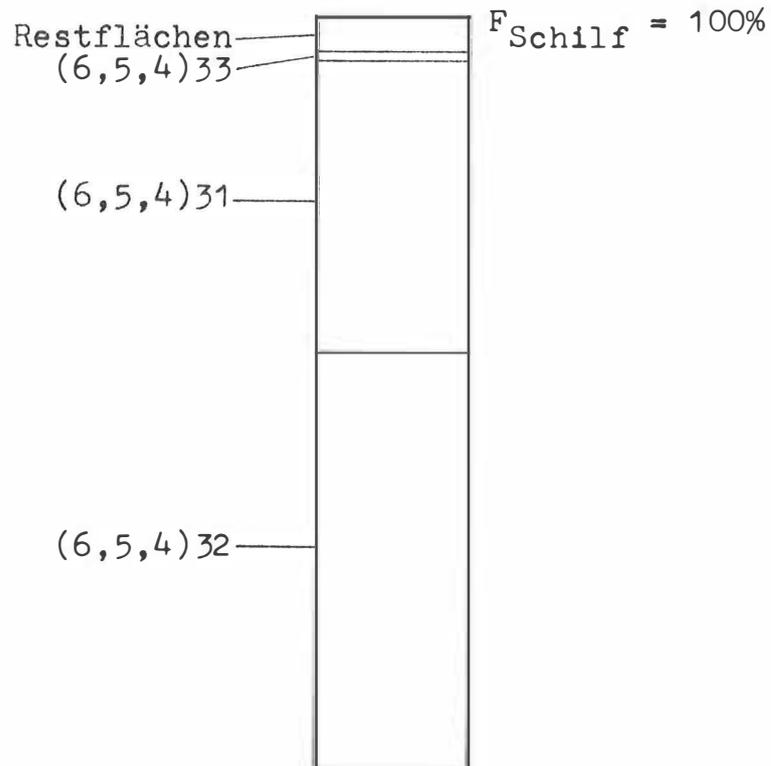


Abb. 4.63 Die Flächenanteile von Beständen verschiedener Vitalität (im Farb-IR-Luftbild) an der Gesamtschilffläche.

4.3.5.1. Schilfzonen der Vitalitätsklasse 1

Sowohl am West- als auch am Ostufer bilden sich Zonen mit hohem Jungschilfanteil entlang der Schilf-Festland- bzw. Schilf-Wasser-Grenze aus. In Festlandnähe können dies zum Teil durch Winterschnitt genutzte Schilfstreifen (z.B. Mörbisch-Rust), in Seenähe reine *Phragmites communis*-Bestände (Pionierzonen) sein. Vom Festland zum See durchgehende Streifen sind im Bereich der Wulkamündung, bei Purbach und bei Breitenbrunn anzutreffen (Schilfschnitt, Abbrennen, vgl. Kap. 4.3.2.1.). Bis zu welchem Ausmaß Zonen großer Vitalität im Bereich der Wulkamündung in Zusammenhang mit dem Nährstoffeintrag durch den Wulkabach stehen, können nur Folgeuntersuchungen beantworten (vgl. LANDSAT-Farb-IR-Bild Abb. 4.7 und Klassifikation Abb. 4.15: markante Konzentration von Flächen der Schilfklasse 1 im Bereich der Wulkamündung). Südöstlich des Illmitzer Seedammes (Sandeck) treten landwärts, in der Nähe der

Staatsgrenze (Neudegg) auch seewärts größere Flächen mit im Farb-IR-Luftbild rötlicher Färbung auf.

Mit einer Fläche von 3812.60ha bedecken Schilfbestände mit hohem Jungschilfanteil 38.39% der Gesamtfläche-Schilf.

4.3.5.2. Schilfzonen der Vitalitätsklasse 2

Auf einer Fläche von 5525.48ha stehen Schilfbestände mit größerem Altschilfanteil bzw. mit im Farb-IR-Bild rotgrüner Farbe. Mit 55.62% der Gesamtschilffläche sind Schilfbestände dieser Zusammensetzung dominant.

Über den gesamten Schilfbereich gleichmäßig verteilt, fallen vor allem die großen zusammenhängenden Flächen von Oggau bis Neusiedl, aber auch südlich des Illmitzer Seedammes auf.

Zwischen Rust und Mörbisch erscheinen diese Bestände in zwei Zonen geteilt und sind von streifenförmiger bis zerfiederter kleinflächigerer Form. Markant ist die große Schilffläche, die beinahe die ganze Schilfinsel südlich des Illmitzer Seebades bildet (vgl. Kap. 4.3.2.5.).

Diese Klassengemeinschaft besteht aus nicht genutzten Schilfgebieten, deren größten Teil man wohl - wie bereits erwähnt - der Gesellschaft *Phragmites communis* + *Utricularia vulgaris* zuordnen könnte.

4.3.5.3. Schilfzonen der Vitalitätsklasse 3

Da der Hauptanteil der Schilfzonen geringster Vitalität bereits in Kap. 4.3.2.12. behandelt wurde, beschränken sich die durch eine Fläche von 112.80ha angesprochenen Bestände auf einige wenige Vorkommen von Schilf normaler Wuchshöhe mit sehr hohem Altschilfanteil. Mit 1.14% der Gesamtschilffläche sind diese Bestände von geringer Bedeutung.

4.3.5.4. Analogien zum Satellitenbild?

Die aus dem LANDSAT-Farb-IR-Bild interpretierbaren Schilfzonen (Abb. 4.15) sind mit den nach einer Vitalitätsdifferenzierung aus dem Farb-IR-Luftbild gewonnenen Flächenver-

teilungen vergleichbar. Schilfklasse 1 im simulierten Farb-IR-Satellitenbild entspricht in etwa der in Kap. 4.3.5.1. besprochenen Gruppe von Schilfbeständen mit großer Vitalität. Sowohl im Satellitenbild als auch im Luftbild treten diese Bestände im Bereich der Wulkamündung, um Purbach und Breitenbrunn in kompakten großflächigen Formen auf. Im Bereich der Wulkamündung ergibt das Hinzufügen von 632 exaktere Übereinstimmung. Eine Verknüpfung von Nährstoffeintrag durch die Wulka und massivem Auftreten von Schilfbeständen großer Vitalität könnte vermutet werden (vgl. Kap. 4.3.5.1.). Der im Satellitenbild markante Streifen an der Festland-Schilf-Grenze, der sich von Oggau nach Süden hinzieht, ist auch bei Betrachtung von (6,5,4)³¹ zu erkennen. Übereinstimmung herrscht auch im Erscheinungsbild vitaler Bestände um Neusiedl und beim Sandeck. Vergleicht man Schilfklasse 2 des LANDSAT-Farb-IR-Bildes mit (6,5,4)³² des Farb-IR-Luftbildes, ergibt sich umfassende Übereinstimmung. Einzig im Bereich der Wulkamündung entsprechen Bestände 632 eher der Schilfklasse 1 des Satellitenbildes. Bestände, die im Farb-IR-Luftbild größtenteils durch die Klassen (3,4,5,6)¹(1,2,3) erfaßt sind (meist 313 und 413, vgl. Kap. 4.3.2.12.), werden im Satellitenbild durch die Schilfklasse 3 angesprochen. In guter Übereinstimmung präsentieren sich diese Flächen zwischen Rust und Mörbisch, an einigen Stellen nördlich des Ruster Seedammes und um das Illmitzer Seebad. Zusammenfassend kann dem Erscheinungsbild des Schilfgürtels im durch Synthese der LANDSAT-Kanäle 4, 5 und 6 simulierten Farb-IR-Bild bis auf einige Ausnahmen die durch Vitalitätsdifferenzierung des Farb-IR-Luftbildes entstandene Zonierung der Schilfbestände zugeordnet werden. Zusätzlich muß bei einem Vergleich der beiden Bilddokumente des Schilfgürtels die Verschiedenheit des Aufnahmedatums (LANDSAT-Bild - 26.9.1975, Farb-IR-Luftbilder - 18.8.1979) und die dadurch bedingten Zustandsvariationen der Schilfbestände berücksichtigt werden.

4.3.6. Analyse einiger Aspekte der Flächenauswertung

4.3.6.1. Einige Erkenntnisse in Hinblick auf die Schilfwirtschaft

Es werden per definitionem Bestände mit Wuchsdichten I/6 und I/5 als vom wirtschaftlichen Standpunkt nutzbare, mit I/4 und I/3 als von diesem Standpunkt nicht nutzbare Schilfflächen bezeichnet. Weiters sind nur Wuchshöhen II/3 und Vitalitätsklassen III/1 und III/2 von Bedeutung. Die endgültige Antwort, ob generelle oder regional beschränkte Nutzung dieser Zonen möglich ist, können erst Untersuchungen in situ ergeben.

- (6,5)31 - eventuell nutzbare Bestände mit normaler Wuchshöhe und großer Vitalität
- (6,5)32 - eventuell nutzbare Bestände mit normaler Wuchshöhe und gewissem Altschilfanteil
- (4,3)3(1,2) - restliche Bestände mit normaler Wuchshöhe und großer bzw. verminderter Vitalität
- (6,5,4)3(3,4,5) - restliche Bestände mit normaler Wuchshöhe und überwiegendem Altschilfbestand

Klassen	Fläche(ha)	Prozentanteil
(6,5)31	3491.04	33.89
(6,5)32	<u>5094.62</u>	<u>49.46</u>
Summe:(6,5)31+(6,5)32	8585.66	83.35
(4,3)3(1,2),333	844.52	8.20
(6,5,4)3(3,4,5)	119.82	1.16
Restflächen Schilf	383.28	3.72
Flächen anderer Oberflächenbedeckung	<u>367.11</u>	<u>3.57</u>
F ^F Schilfgürtel	10300.39	100.00

Tab. 4.9 Flächenzahlen der nach Aspekten einer wirtschaftlichen Nutzung zusammengefaßten Schilfklassen.

Von größter Bedeutung für die Abschätzung wirtschaftlich nutzbarer Bestandesflächen von Schilf ist die Frage, inwieweit die rentable Verarbeitung von Schilfbeständen (6,5)31 und (6,5)32 möglich ist. Ein Verzicht auf die Nutzung der Zonen (6,5)32 würde eine Reduktion des Flächenanteiles verwertbarer Schilf-

bestände um mehr als die Hälfte, nämlich von 83.35% auf 33.89%, ergeben. Unter den postulierten Voraussetzungen nimmt nutzbares Schilf mit ausgeprägtem Altschilfanteil 59.34% der Gesamtfläche von hypothetisch verwertbarem Schilf ein. Stärker aufgelockerte Bestände bedecken 8.20%, Bestände mit fast ausschließlichem Altschilfanteil 1.16% der Fläche des Schilfgürtels. Bestände von Niedrigschilf und Zonen (3,4,5,6)1(1,2,3) bilden 3.72%, Wasserflächen, Anschüttungen und Baum- bzw. Buschbestände 3.57% der Gesamtfläche. Der Anteil der unter den angenommenen Aspekten nicht nutzbaren Schilfflächen - sei dies der Anzahl der Bestandeslücken, der nicht rentablen Bestandeshöhe oder der durch z.B. unsachgemäße Ernte entstandenen "Verödung" (Stoppellacken) wegen - beträgt 13.08%.

4.3.6.2. Kanäle im Schilfgürtel

Abgesehen von der bereits diskutierten Verteilung von Braun- und Seewasserflächen im Schilfgürtel ist auch das Verhältnis künstlich entstandener Wasserflächen - bei Beschränkung auf Kanäle - zur Fläche der Lacken im Schilfgürtel erwähnenswert. Ohne ortsbezogene Details zu besprechen, kann die Gesamtfläche der größeren Kanäle des Schilfgürtels - herkömmliche "Schluichten" sind sinnvollerweise nicht berücksichtigt - mit 18.76ha angegeben werden. Die Wasserflächen der Kanäle wurden hierbei bis zu der festgelegten Schilf-Festland-Grenze ermittelt. Damit bilden diese Kanäle 6.96% aller nach dem Klassifikationsschlüssel erfaßten Wasserflächen im Schilfgürtel. Konkret sind die in Illmitz, Weiden, Neusiedl, Breitenbrunn, Purbach, Oggau und Rust angelegten Kanäle parallel zu den Seedämmen, sowie der Kanal der Biologischen Station Illmitz erfaßt.

4.3.6.3. Die Gesamtfläche des Schilfgürtels

Ein Vergleich mit Zahlenangaben älterer Untersuchungen fällt schwer. Es fehlen Vergleichsziffern, die auf mit adäquaten Mitteln durchgeführten Flächenauswertungen des Schilfgürtels beruhen.

Das vorhandene Vergleichsmaterial ist eine profilweise Aus-

lotung des Sees, die aus dem Jahre 1901 datiert und deren Ergebnisse in das LK-System übertragen wurden, sowie die hinsichtlich konkreter Aussagen über die Flächen- und Volumsverhältnisse des Neusiedler Sees ausgewerteten profilweisen Nivellments durch den See (Kopf, 1967).

Weiters erfolgte die Gegenüberstellung der diesbezüglichen Karteninhalte aus der provisorischen ÖK 1:50000 des Jahres 1938 mit der ÖK 1:50000 des Jahres 1958 (Riedmüller, 1965). Die entsprechenden Flächenwerte sind dem aus der vorliegenden Arbeit hervorgegangenen Wert gegenübergestellt. (Tab. 4.10).

Jahr	F _{Schilfgürtel} (km ²)	Abnahme, absolut	Zunahme in%	
1901	50	-	-	1)
1938	82.3	+32.3	+64.6	2)
1958	88.5	+38.5	+77	2)
1963	106	+56	+112	1)
1965	118	+68	+136	3)
1979	103	+53	+106	

Tab. 4.10 Flächenzahlen des burgenländischen Schilfgürtels des Neusiedler Sees.

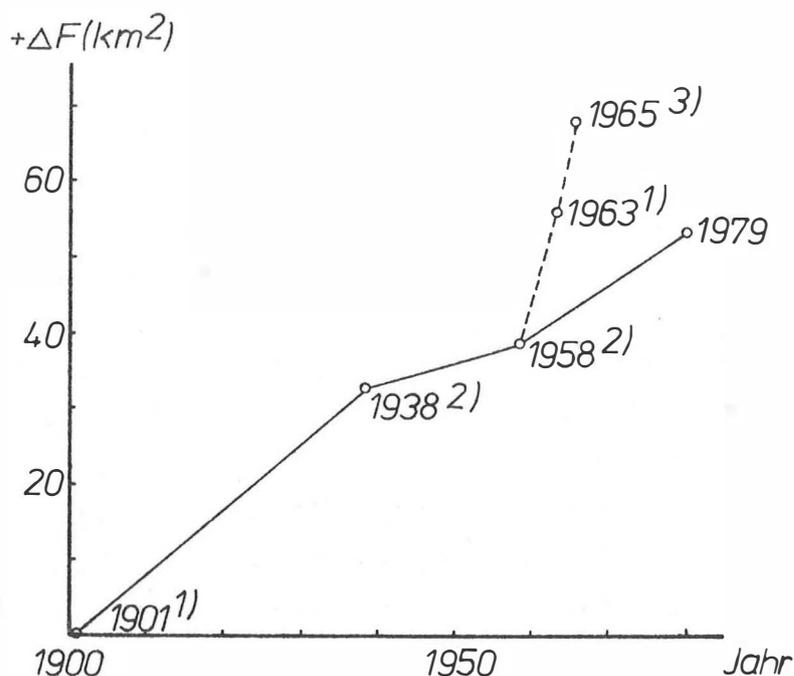


Abb. 4.64 Diagramm des Flächenzuwachses des Schilfgürtels von 1901 bis 1979.

ad Tab. 4.10 und Abb. 4.64: 1) Kopf, 1967, 2) Riedmüller, 1965,
3) Weisser, 1970, S.31 nach Kopf,
1968.

Die aus der Auswertung der Farb-IR-Luftbilder 1979 resultierende Fläche des Schilfgürtels kann den für 1963 bzw. 1965 postulierten Flächenzahlen kaum gegenübergestellt werden (vgl. Abb. 4.64). Es war mir nicht möglich, nähere Angaben über die problematische Definition der Schilf-Festland-Grenze zu finden. In der vorliegenden Arbeit ist eine eindeutige Festlegung dieser Grenze gegeben (vide Kap. 4.3.2.15.). Die Vermutung liegt nahe, daß den erwähnten Flächenangaben der Jahre 1963 bzw. 1965 Grenzlinien zugrunde liegen, die die Schilf-Seggen-Zone in größerem Ausmaß berücksichtigen, als dies bei der Flächenanalyse der Farb-IR-Luftbilder 1979 der Fall war. Nochmals sei auf die wirtschaftlichen Aspekten dienliche per definitionem-Festlegung der Schilf-Festland-Grenze entlang der mit gewisser Dichtigkeit und Wuchshöhe landseitig anstehenden Schilfbestände hingewiesen. Diese Grenzlinie trennt nicht nutzbare mehr oder weniger verstreute Schilfflächen von wirtschaftlich eventuell nutzbaren Röhrlichtzonen (vgl. Kap. 4.3.6.1.).

Die aus den ÖK-Blättern der Jahre 1938 und 1958 ermittelten Flächenzahlen scheinen eher mit der Fläche für das Jahr 1979 vergleichbar zu sein. Ein nahezu lineares Anwachsen der Schilffläche ist erkennbar (Abb. 4.64).

Ein Vergleich der Zonierung des Schilfgürtels aus dem Farb-IR-Luftbildmaterial mit den diesbezüglichen Karteninhalten der ÖK 1:50000 erlaubt - unter der Annahme akzeptabler Genauigkeiten der Auswertung von Schilf-Wasser-Grenzen in den ÖK-Blättern - eine Analyse der seewärts gerichteten Expansion der Schilfbestände. Bereits erarbeitete Vergleiche auf der Basis des jeweiligen Aktualitätsstandes der ÖK-Aufnahme (1938, 1958; Riedmüller, 1965) können eine Erweiterung im Sinne einer Fortsetzung der Zeitreihe-Dokumentation der Schilf-Wasser-Grenzen erfahren. Es sei auf eine geplante Publikation dieser Informationen in Zusammenarbeit mit der Biologischen Station Illmitz verwiesen. Die Symbolik der Darstellung von Schilf- und Sumpfbetrieben im österreichischen Kartenwerk 1:50000 erlaubt keine Festlegung der landseitigen Grenze des Schilfgürtels. Ein Vergleich mit der der Schilfkartierung

Neusiedler See 1979 entnehmbaren Trennlinie ist nur approximativ möglich und nicht sinnvoll.

Es scheint evident zu sein, daß in der vorliegenden Arbeit zum ersten Mal konkrete, über punktuelle Ermittlungen hinausgehende Aussagen über eine Schilf-Festland-Grenze getroffen werden.

4.3.7. Überlegungen zur Höhenstruktur der Schilfbestände - Schilfprofile

Um profilweise oder punktuelle Informationen über die Wuchshöhe diskreter Schilfbestände zu erhalten, erfolgte die diesem Aspekt dienliche Auswertung einzelner charakteristischer Farb-IR-Luftbildmodelle am Stereograph. Die der stereoskopischen Auswertung eigene Möglichkeit der Horizontalparallaxenmessung gestattet mit $\Delta z = (h_o/b'_o) \cdot \Delta p'_{x1}$ die Ermittlung von Höhenunterschieden durch Messung von Parallaxendifferenzen $\Delta p'_{x1}$ (mm). Es steht h_o (m) für die Flughöhe über Grund, b'_o (mm) für die Größe der Basis im Luftbild. Es resultiert der Höhenunterschied in natura in m. Ohne Korrektur der Luftbildpaare nach den Orientierungselementen der relativen und absoluten Orientierung ist es nicht möglich, im Profil fortschreitend exakte Ergebnisse zu erzielen. Am Stereograph, der die notwendigen Korrekturen nicht ermöglicht, beschränkte sich die Messung der Schilfhöhen auf die Ortung und Ausmessung von mehr oder weniger genähert in Profilen angeordneten Meßpunkten, die einen direkten Bezug Wasseroberfläche-Schilfhöhe zum Zwecke der Parallaxendifferenzmessung gestatteten.

In den entsprechenden Kartenausschnitten der Schilfkartierung Neusiedler See 1:10000 (Abb. 4.24, 4.25, 4.26) sind die angenäherten Profile ersichtlich gemacht (z.B.: P1 = Profil 1).

4.3.7.1. Untersuchungsgebiet Biologische Station Illmitz

Profil P1 -Biologische Station-Kanal

Punktnummer	Δh (m)	Punkt liegt in Schilfklasse
1	1.6	421
2	2.4	531

3	3.0	431
4	1.1	421
5	2.5	634
6	3.1	631
7	2.7	532

Tab. 4.11 Schilfhöhen über Wasseroberfläche - Profil P1.

$H_{\text{mittel}} = 2.74\text{m}$ (Meßpunkte 1 und 4 ausgenommen).

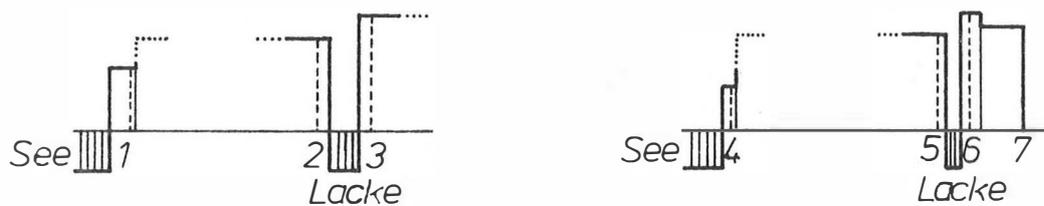


Abb. 4.65 Profilnäherung für P1. $M_{\text{hor}} = 1:10000$, $M_{\text{vert}} = 1:200$.

Profil P2 -Ruster Paschen 1

Punktnummer	$\Delta h(\text{m})$	Punkt liegt in Schilfklasse
1	2.7	632
2	3.0	532
3	2.7	432
4	2.4	531
5	2.4	531
6	3.1	532
7	1.9	532
8	1.9	431
9	1.9	531

Tab. 4.12 Schilfhöhe über Wasseroberfläche - Profil P2.

$H_{\text{mittel}} = 2.44\text{m}$.

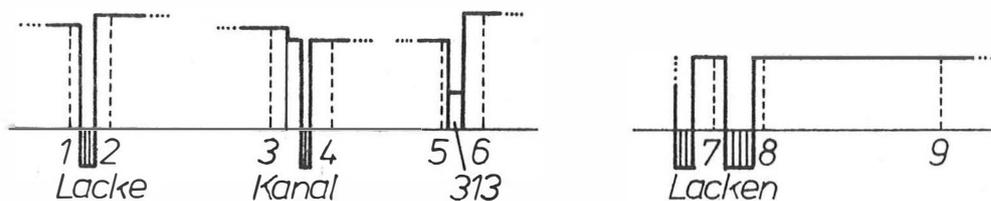


Abb. 4.66 Profilnäherung für P2. $M_{\text{hor}} = 1:10000$, $M_{\text{vert}} = 1:200$.

Profil P3 -Ruster Paschen 2

Punktnummer	$\Delta h(m)$	Punkt liegt in Schilfklasse
1	2.7	432
2	2.8	432
3	2.2	531
4	3.3	532
5	2.7	532
6	2.2	632
7	2.5	531
8	2.0	531

Tab. 4.13 Schilfhöhen über Wasseroberfläche - Profil P3.

$$H_{\text{mittel}} = 2.55\text{m.}$$

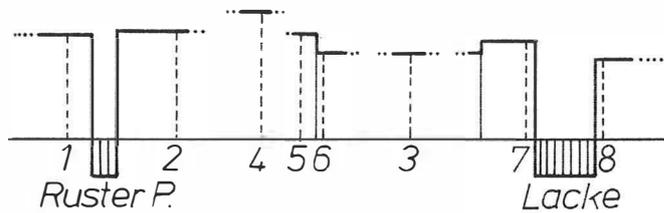


Abb. 4.67 Profilnäherung für P3. $M_{\text{hor}} = 1:10000$, $M_{\text{vert}} = 1:200$.

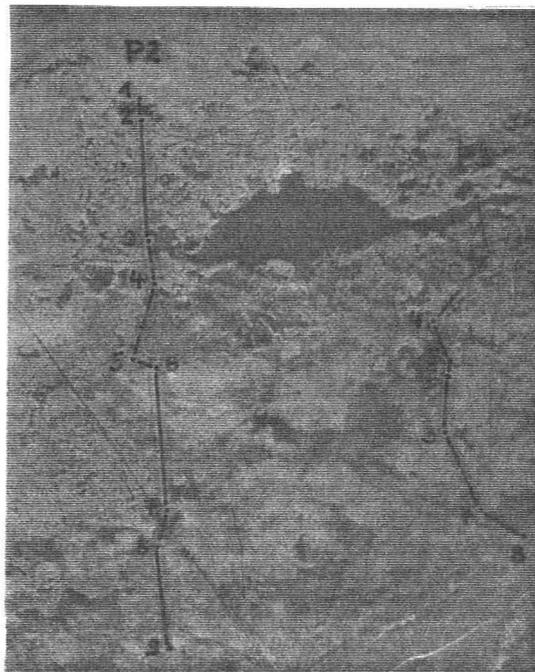


Abb. 4.68 Farb-IR-Luftbild - Ruster Paschen, Ausschnitt aus dem Luftbild Bildnr. 78, Streifen 7. $M = \text{ca. } 1:13500$. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

4.3.7.2. Untersuchungsgebiet Westufer

Profil P4 -Schilfgürtel zwischen Rust und Oggau

Punktnummer	$\Delta h(m)$	Punkt liegt in Schilfklasse
1	2.8	631
2	2.4	631
3	3.3	631
4	2.8	631
5	2.1	631
6	2.6	631
7	2.6	631
8	2.9	631
9	3.0	631
10	2.8	631
11	2.4	632
12	2.6	632
13	3.0	<u>631</u>
14	2.8	631

Tab. 4.14 Schilfhöhen über Wasseroberfläche - Profil P4.

$$H_{\text{mittel}} = 2.71m.$$

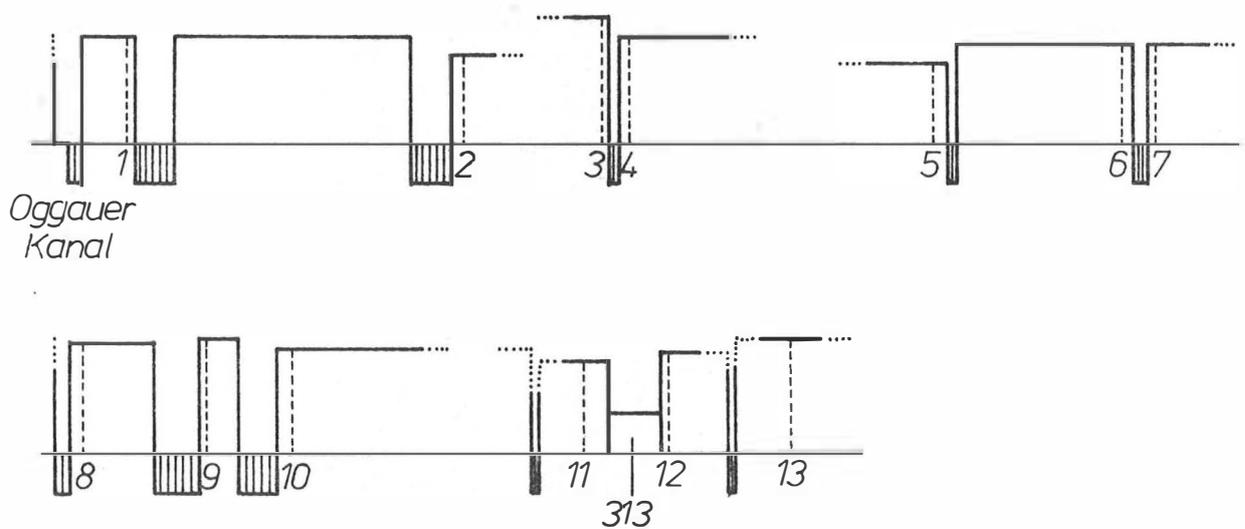


Abb. 4.69 Profilnäherung für P4. $M_{\text{hor}} = 1:10000$, $M_{\text{vert}} = 1:200$.

Profil P5 -Schilfgürtel zwischen Mörbisch und Rust

Punktnummer	$\Delta h(m)$	Punkt liegt in Schilfklasse
1	2.6	531
2	3.2	632
3	2.4	532
4	2.8	632
5	2.8	532
6	3.2	631
7	2.8	631
8	2.6	632

Tab. 4.15 Schilfhöhen über Wasseroberfläche - Profil P5.

$$H_{\text{mittel}} = 2.80m.$$

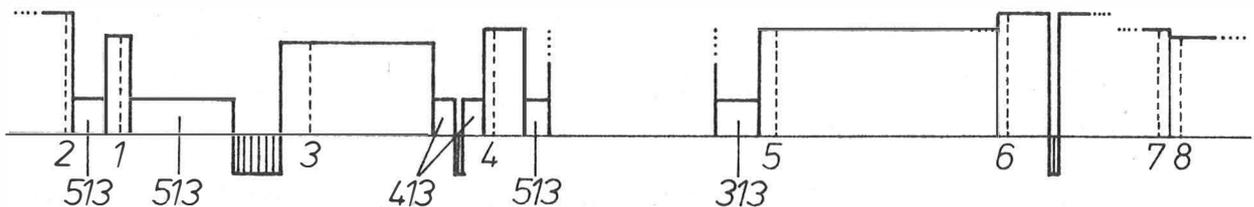


Abb. 4.70 Profilnäherung für P5. $M_{\text{hor}} = 1:10000$, $M_{\text{vert}} = 1:200$.

4.3.7.3. Diskussion

Zu Beginn sei ein kurzer Beitrag zur Genauigkeit der Höhenmessung mit dem Stereograph gestattet. Eine an mehreren Meßpunkten durchgeführte wiederholte Ermittlung der Parallaxen ergab mit $m_{px} = \sqrt{\frac{\sum(\overline{p_{xi}} - p_{xi})^2}{n-1}}$ den jeweiligen mittleren Fehler der Horizontalparallaxenmessung. Nach ausreichender Übung und großer Sorgfalt bei der Messung resultierte ein repräsentativer Wert von $m_{px} = \pm 0.02mm$. Mit $\Delta p_x = p_{x2} - p_{x1}$ und $m_{\Delta px} = 2m_{px}^2$ folgt $m_{\Delta px} = \pm 0.028mm$. Der Fehler der Höhenmessung mit dem Stereograph ergibt sich zu $m_{\Delta h} = (h_0/b'_0) \cdot m_{\Delta px}$. Nach Ermittlung der Werte h_0 und b'_0 für die in Kap. 4.3.7.1. und Kap. 4.3.7.2. verwendeten Farb-IR-Luftbildmodelle können folgende Genauigkeiten der ermittelten Schilfhöhen geschätzt werden:

Profile P1, P2 und P3 - $m_h = \pm 44.5cm$
 Profile P4 und P5 - $m_h = \pm 56.9cm$

Beim Studium der in Kap. 4.3.7.1. und Kap. 4.3.7.2. angegebenen Wuchshöhen müssen diese Unsicherheiten der Höhenbestimmung berücksichtigt werden.

Die zu Quasi-Profilen zusammengesetzten Messungen von Schilfhöhen an diskreten Punkten (vgl. die Anordnung der Meßpunkte im Farb-IR-Luftbild, Abb. 4.68) erlauben einen anschaulichen Einblick in die Höhenstruktur der Schilfbestände. Innerhalb der Zonen normaler Wuchshöhe (II/3) gestatten die Messungen keine spontane Zuordnung von Schilfklassen und Schilfhöhen. Die in Schilfklasse 421 situierten Meßpunkte weisen signifikant geringere Wuchshöhen auf (vgl. Tab. 4.11).

Um hinsichtlich der Biometrie der Phragmites-Bestände standortspezifische Aussagen treffen zu können, wurden die Wuchshöhen pro Profil gemittelt. Es erfolgte eine Beschränkung auf Schilfklassen mit II/3.

	$H_{\text{mittel}} \text{ (m)}$	Maximalhöhe ab Wasserspiegel (m)
Untersuchungsgebiet Illmitz	2.58	3.3
Untersuchungsgebiet Westufer	2.76	3.3

Der aus 44 Höhenbestimmungen in beiden Untersuchungsgebieten gemittelte Wert ist $H_M = 2.67\text{m}$.

Messungen von Schilfhöhen in den Jahren 1968 und 1969 ergaben eine durchschnittliche Höhe von 2.78m (von Grund an). Die größte Höhe über dem Wasserspiegel war 4.3m (Weisser, 1970, S.47; die Anzahl der Messungen war 198).

Den gesamten Schilfgürtel systematisch erfassende Messungen könnten sicherlich ausführlichste Informationen über die Korrelation von Schilfhöhen und Schilfklassen bzw. Schilfstandorten liefern.

4.4. Die Bedeutung des Projektes für die Region Neusiedler See

4.4.1. Schilfgürtel und Tourismus

Die in Kap. 4.3.2.17. bereits diskutierte Fläche von 114.88ha - Anschüttungen im Bereich des Schilfgürtels - wird fast ausschließlich durch touristische Einrichtungen gebildet. 1.12% der Fläche des Schilfgürtels dienten im Jahre 1979 den Be-

dürfnissen des Fremdenverkehrs. Parkplätze, Restaurants, Badeanlagen, Jachthäfen u.ä. wurden geschaffen (Abb. 4.71; das Beispiel Rust).

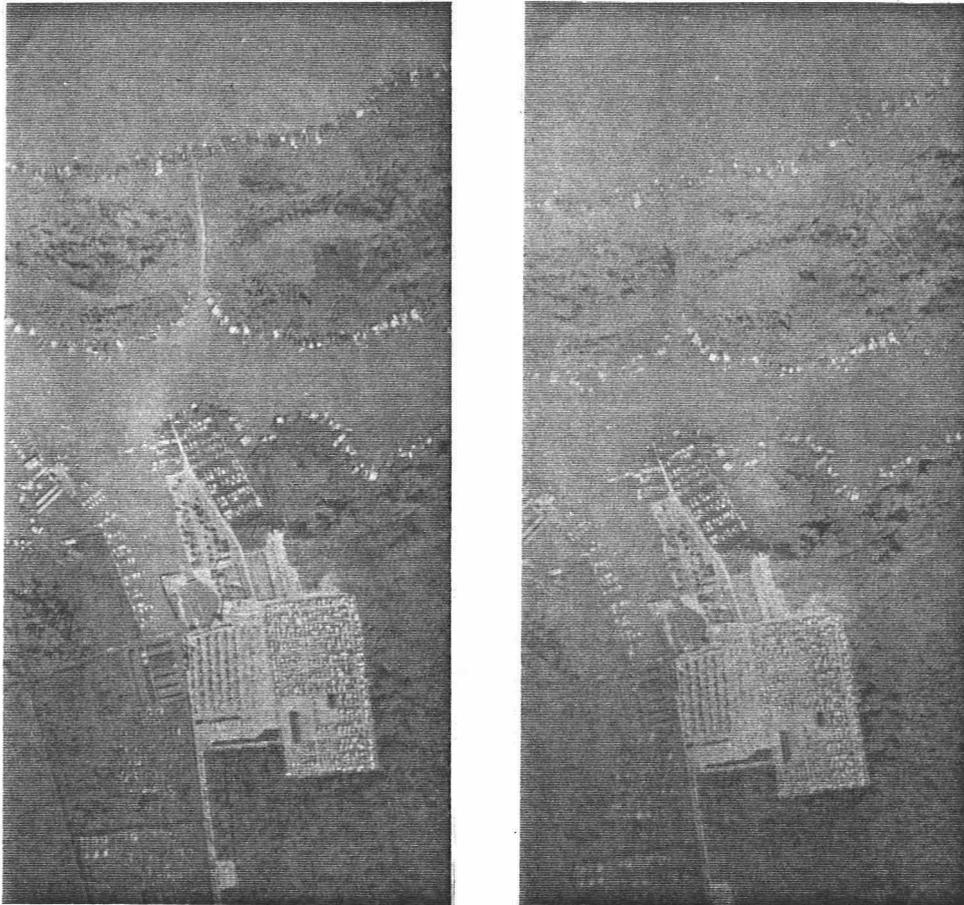


Abb. 4.71 Schilfgürtel und Seebad Rust - Ausschnitt aus dem Farb-IR-Luftbildmodell Bildnr. 244, 245; Streifen 16. Datum der Aufnahme: 15.8.1979. M = ca. 1:13000. Man beachte den Hinweis in Kap. 6.3.!

Die vorliegende Arbeit dokumentiert den Ist-Zustand des Jahres 1979. Auf der Basis dieser Ergebnisse kann eine exakte Inventur der angesprochenen Flächen erarbeitet werden.

Eine die spezielle Thematik dokumentierende Zeitreihe würde langfristige Ausbautendenzen aufzeigen und wäre eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Erarbeitung von Lösungsvorschlägen. Die Problematik des Tourismus als Teilaspekt würde in gewissen

Zeitabständen durchzuführende Neubefliegungen des Untersuchungsgebietes Schilfgürtel-Neusiedler See rechtfertigen.

4.4.2. Schilfnutzung

Bis dato konnten nur Extrapolationen von Untersuchungsergebnisse in Kleinstbereichen des Schilfgürtels hypothetische Rückschlüsse auf eventuell nutzbare Schilfbestände liefern. Die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Methodik und praktische Anwendung einer umfassenden flächenhaften Klassifikation des gesamten burgenländischen Schilfgürtels des Neusiedler Sees gestatten zum ersten Male, fundierte Aussagen über schilfwirtschaftliche Aspekte zu liefern. Aufbauend auf den in Kap. 4.3.6.1. zusammengefaßten Ergebnissen, die die reale Fläche nutzbarer Schilfbestände betreffen, ist unter Berücksichtigung der für die Schilfklassen repräsentativen Wuchshöhen (vgl. Kap. 4.3.7.) in Zusammenarbeit mit den involvierten Wissenschaften eine seriöse Angabe der der Schilfwirtschaft zuführbaren Biomasse möglich. Die detaillierte Klassifizierung der Schilfzonen gestattet eine Gliederung der Röhrichte in Hinblick auf die mögliche Nutzungsart (vgl. Kap. 4.1.5.3.).

Ausblickend könnte in zukünftigen Arbeiten auch versucht werden, direkt aus Luftbildern auf die vorhandene Biomasse zu schließen: Luftbilder mit Kodak 2424 IR monochromatischem Film können bei Verwendung geeigneter Filter den roten (R) bzw. den Wellenlängenbereich des n-IR aufzeichnen. Das bidirektionale Reflexionsverhältnis $IR-R/IR+R$ kann durch Densitometermessungen ermittelt werden und steht in Korrelation zum Leaf Area Index (LAI); und über diesen mit der grünen Biomasse. Eine Regressionsgerade kann dem spezifischen $IR-R/IR+R$ die entsprechende grüne Biomasse zuordnen (Curran, 1982).

4.4.3. Naturschutz

Selten harmonieren Zielsetzungen der Wirtschaft, insbesondere des Tourismus, mit dem Naturschutz. Diese Disharmonie in der Region Neusiedler See zu schwächen, soll ein Ziel der vorliegenden Arbeit sein. Die allen Interessensgruppen zur Verfügung stehende Kartierung des Schilfgürtels kann Diskussionsgrundlage für sämtliche Problemstellungen sein. Ein im Moment

wohl noch etwas utopischer Gedanke wäre die Adaptierung der Schilfkarten zum Zwecke der Zonierung von Schwerpunktf lächen des Schilfgürtels, gegliedert nach Nutzflächen (Schilfwirtschaft etc.) und Naturschutzflächen.

Ein Beispiel der Bedeutung der Schilfkarten 1:10000 für den wissenschaftlichen Naturschutz ist ein Anwendungsbereich in der Ornithologie. Jede Vogelart, die im Schilf anzutreffen ist, bevorzugt gewisse Schilfzonen zur Errichtung der Nistplätze. Kartierungen dieser Nistplätze und Vergleiche mit der Schilfkartierung 1:10000 könnten neue Erkenntnisse bezüglich der Korrelation Nistplatz-Schilfklasse liefern.

Zur zielführenden Kontrolle von dem Naturschutzgedanken zuwiderlaufenden Eingriffen im Bereiche des Neusiedler Sees bietet sich wiederum eine Zeitreihe an. Damit würden Probleme der Dynamik des Tourismus und Zielsetzungen des Naturschutzes zusätzlich zu der Notwendigkeit des Studiums des Wachstumsverhaltens von Schilf in Abständen mehrerer Jahre durchzuführende Befliegungen rechtfertigen.

4.5. Ein Vorschlag für ein System der perpetuellen Schilf-Fernerkundung Neusiedler See

4.5.1. Das Bildmaterial

Die Bedeutung des LANDSAT-Farb-IR-Bildes zur überblicksartigen Klassifikation von Schilfbeständen wird in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt. Unter anderem des großen Detailreichtumes wegen sei jedoch an dieser Stelle dem Farb-IR-Luftbild der Vorzug gegeben.

Der kodak Aerochrome IR Film 2443 bietet ein größtmögliches Informationsspektrum zur Differenzierung und Klassifikation von Vegetation. Seine Anwendung bei einer Fortführung der Schilfuntersuchungen liegt nahe. Im Vergleich zur vorliegenden Befliegung des Jahres 1979 muß eine detailliertere Flugplanung gefordert und die Paßpunktfrage geklärt werden. Die Flugstreifen sind so anzuordnen, daß alle Schilfbestände erfaßt sind. Bei idealen Bildmaßstäben von 1:10000 bis 1:15000 seien auch finanzielle Aspekte berücksichtigt. Je kleiner der Bildmaßstab, desto größer ist die Geländeüberdeckung und desto günstiger sind die Kosten, die Wirtschaftlichkeit; aber desto geringer ist die Differenzierungsmöglichkeit der Bildinhalte und desto kleiner die Höhenmeßgenauigkeit.

4.5.2. Das Team

Wird das den Bereich des Schilfgürtels überdeckende Bildmaterial bereitgestellt, würde die Sichtung der Luftbilder nach problemspezifischen Gesichtspunkten erfolgen. Dies, sowie die Erarbeitung einer Klassifikationsmethodik, ihre Erprobung, Adaptierung und Anwendung bei der modellweisen flächenmethodischen Klassifikation der Schilfbestände könnte nur durch einen Fachmann (Luftbildinterpreten) erfolgen. Wie bereits eingangs angedeutet, bestimmen Erfahrung und spezieller Wissensstand des Interpreten die Erfolgswahrscheinlichkeit des Vorhabens. Ist die modellweise Zonierung der Röhrichte abgeschlossen, müßte eine den kartographischen Aspekten Rechnung tragende Weiterverarbeitung des Interpretationsmaterials geplant und

durchgeführt werden. Parallel dazu würde die endgültige Klassifikation der Schilfflächen vorbereitet und realisiert werden. Diese Arbeitsschritte müßten von einem geschulten Luftbildinterpreten vollzogen werden. Dennoch würden nun zahlreiche Arbeiten auftreten, die entweder Reprotechniker durchführen könnten oder erlernbare Vorgänge darstellen, die versierte Hilfskräfte durchführen könnten (z.B. Montagearbeiten u.ä.). Die Endgestaltung der Schilfkarten sollte dem Luftbildinterpreten in eventueller Zusammenarbeit mit einem Kartographen überlassen werden.

Die Flächenermittlung würde sich in zwei Arbeitsschwerpunkte gliedern: Theorie und erste Erprobung sowie Analyse der Ergebnisse durch den Luftbildinterpreten - Hochzeichnung der einzelnen Flächenklassen durch eine geeignete Hilfskraft - Digitalisierung und programmtechnische Bearbeitung in Zusammenarbeit mit Fachleuten der Computerwissenschaften.

Über den gesamten Bearbeitungszeitraum hinweg wäre ein ständiger Dialog mit den Proponenten der mit der Untersuchung der Schilfvegetation befaßten Fachwissenschaften unerlässlich.

4.5.3. Kosten = Nutzen

Ohne detaillierte Angaben über Arbeitsdauer und -kosten zu machen sei eine prinzipielle Diskussion gestattet. Die Kosten der Befliegung stehen in engem Zusammenhang mit den geplanten Genauigkeiten der Ergebnisse (vgl. Kap. 4.5.1.). Kleinere Bildmaßstäbe erfordern eine geringere Anzahl von Luftbildern zur Überdeckung eines Untersuchungsgebietes und vermindern die Befliegungskosten, aber auch die Auswertegenauigkeit.

Die Kosten der Auswertung stehen primär in Zusammenhang mit der Anzahl der zu analysierenden Bilder. Wie besprochen ist eine Aufteilung der Arbeitsschritte auf Fachwissenschaftler und versierte Hilfskräfte gegeben. Durch die daraus folgende Möglichkeit der parallelen Arbeitsweise in bestimmten Projektstufen kann die Dauer der Auswertung verringert und die Rentabilität vergrößert werden. Der Einfluß von Material- und Gerätekosten muß berücksichtigt werden.

Die Effizienz der Ergebnisse ist eine Funktion vieler Größen,

wie z.B. des Referenzniveaus des Luftbildinterpreteten, der Auswertemethodik und Form der Darstellung der Ergebnisse usw.. Eine Gegenüberstellung der in der vorliegenden Arbeit entwickelten photogrammetrisch-interpretatorischen Methodik der Klassifikation von Schilfflächen mit einer terrestrischen Methode ist unmöglich. Die Bedeutung des Kartierungsergebnisses gewinnt durch die Tatsache, daß es unmöglich ist, die der Arbeit zugrunde liegende Untersuchungsproblematik durch terrestrische Arbeiten zu ersetzen. Detailhafte, auf gewisse Gebiete beschränkte terrestrische Analysen der Schilfbestände würden mehr Kosten verursachen und einen geringeren Informationswert bieten als ein dem angegebenen Ablauf folgendes Arbeitsprogramm.

4.5.4. Wirtschaftlichkeit

Berücksichtigt man die Tatsache, daß die flächenmethodische Klassifizierung der Schilfbestände nur einen Teil des Informationsgehaltes der Farb-IR-Luftbilder repräsentiert, so ist die Wirtschaftlichkeit einer Befliegung des Schilfgürtels mit Farb-IR-Film unter den angegebenen Parametern evident. Die Detaillierung des Klassifikationsschlüssels bietet die Möglichkeit, noch genauere Aussagen über begrenzte Bereiche des Untersuchungsgebietes zu treffen. Das Farb-IR-Luftbildmaterial ist Dokument eines Ist-Zustandes und wichtiges Grundlagematerial für verschiedenste Folgeuntersuchungen und die Erstellung problemspezifischer Zeitreihen.

Ein gut aufeinander abgestimmtes Team kann aus dem zur Verfügung stehenden Bildmaterial ohne zu hohe Kosten weitreichende anwenderorientierte Aussagen über Schilfbestandsarten und -flächen liefern.

5. Schlußfolgerungen für die Vegetationsinterpretation

5.1. Das LANDSAT-(Farb-IR)-Bild und das Farb-IR-Luftbild

LANDSAT-Satellitenbilder umfassen ein Wellenlängenspektrum von 0,4 m bis 1,1 m. Die übliche Auspielung der Bilddaten im Maßstab von ca. 1:1000000 gestattet einen ersten Überblick über großräumige Untersuchungsgebiete. Vergrößerungen ermöglichen die Detaillierung der Aussagekraft unter Berücksichtigung der Auflösung von Bildinhalten durch die Größe eines Bildelementes.

Das simulierte Farb-IR-Satellitenbild Neusiedler See (Abb. 4.7) zeigt anschaulich die Vor- und Nachteile des Satellitenbildes auf. Gutem Überblick über den gesamten Schilfbereich steht geringe Detailinformation, differenzierter farblicher Erscheinung der Bildinhalte das auflösungsbedingte Fehlen von Strukturinformationen des Schilfbewuchses gegenüber. Die Synthese der LANDSAT-Kanäle 4, 5 und 6 zu einem simulierten Farb-IR-Bild bietet größtmögliche Aussagekraft zum Zwecke der Vegetationskartierung. Das Fehlen einer Höheninformation und die Verzerrung des Satellitenbildes, die allerdings durch programmtechnische Maßnahmen (Rektifikation) bereinigt werden kann, beeinträchtigen die Effizienz des Datenmaterials.

Von großem Nutzen wäre es, LANDSAT-Bilder jüngeren Datums auszuwerten. Vom wirtschaftlichen Aspekt gesehen bietet das LANDSAT-Datenmaterial große Vorteile. Es ist schnell greifbar und die Kosten sind gering. Eine Auswertung nach der besprochenen Methodik liefert in kurzer Zeit wichtige Überblicksinformationen.

Das Luftbild ist Produkt eines zeitraubenden Planungs- und Arbeitsvorganges. Es gibt pro Jahr nur sehr wenige geeignete Flugtage für derartige Projekte. Die Luftbild-Originale sind Diapositive; die LANDSAT-Daten sind bekanntlich auf Magnetband gespeichert. Bei großräumigeren Befliegungen fällt eine große Anzahl von Luftbildern an; dem Problem des Materialumfanges steht aber ein immens großer Detailreichtum der gespeicherten Informationen gegenüber. Die stereoskopische Auswertung von Luftbildpaaren gestattet die räumliche Trennung

von Bestandesarten, ihre Gliederung nach Wuchshöhen und die exaktere Erkennung von Dichte-Texturen.

Eine Anpassung des Bildmaßstabes an die spezifische Fragestellung erlaubt die Variationsmöglichkeit der Interpretationsmethoden.

Das Projekt Brixlegg umfaßt ein kleines Untersuchungsgebiet. Es wurden mehrere Waldstücke nach Vitalitätszuständen klassifiziert, wobei eine Auflösung bis zu einzelnen Baumkronen möglich war. Die Methodik der Interpretation trägt dieser Tatsache Rechnung. Eine rastermethodische Klassifizierung erlaubt exakte Zuordnungen von Vitalitätszuständen der äußerst artenreichen Baumvegetation zu Rasterflächen oder Baumkronen.

Das Projekt Schilfgürtel Neusiedler See bezieht sich auf ein über 100km² großes Areal. Eine vollkommen andere Interpretationsmethodik mußte erarbeitet werden. Die Klassifizierung nach der Flächenmethode ordnet die abgegrenzten Schilfflächen in Schilfklassen ein, die aus dem spezifisch erarbeiteten Klassifikationsschlüssel folgen.

Diese kurze Gegenüberstellung der beiden Projekte unterschiedlichster Dimension, aber ähnlicher Problemstellung, verdeutlicht nochmals das weite Anwendungsspektrum der Luftbildinterpretation.

2.2. Die Schilfkartierung mit Farb-IR-Luftbildern

Nach der Befliegung des Untersuchungsgebietes und der Bereitstellung des Interpretationsmaterials (Farb-IR-Luftbilder) erfolgt eine Auswertung ohne größere technische Hilfsmittel. Der Stereograph kann durch ein Spiegelstereoskop ersetzt werden. Dies würde wohl die Schnelligkeit der Auswertung, weniger aber ihre Exaktheit vermindern. Eine Auswertung der Farb-IR-Luftbilder ist nicht an große Institutionen, die die notwendigen technischen Geräte beherbergen, gebunden. Die Verarbeitung der Interpretationsfolien erfolgt durch reprotechnische Einrichtungen. Die endgültige Klassifikation ist wiederum nur an ein Spiegelstereoskop gebunden. Es sei nochmals auf die günstige Geländekonfiguration (annähernd ebenes Gelände) hingewiesen, die eine Korrektur der perspektiven Verzerrungen zufolge Gelände-

neigungen erübrigt hat.

Die sechs Arbeitskarten Schilfkartierung Neusiedler See im Maßstab 1:10000 sind Grundlage für jede weitere Verarbeitung der Klassifikationsergebnisse. Der Arbeitskartenmaßstab 1:10000 bietet detailreiche Information und Übersichtlichkeit des Kartenbildes. Je nach Problemstellung können Ausschnitte adaptiert und Verkleinerungen angefertigt werden (z.B. die Schilfkarte 1:50000).

Eine Bestimmung von Bestandesflächen erfordert das Vorhandensein einer Gerätekonfiguration, die eine Digitalisierung der Flächenauszüge erlaubt. Anschließend ist die Verarbeitung der auf Magnetband gespeicherten Informationen an einem Computer vonnöten.

Für zukünftige Problemstellungen ähnlichen Inhalts bietet sich sicherlich eine Vorgangsweise nach der entwickelten Methodik an. Bis auf reprototechnische Verarbeitungen ist man kaum auf größere Geräte angewiesen. Ist das Untersuchungsgebiet ähnlich dimensioniert und strukturiert wie die Region des Schilfgürtels des Neusiedler Sees, ist ein Bilddigitalisiergerät und ein Computer notwendig, um möglichst schnell Flächenzahlen liefern zu können. Bei kleineren Arbeitsgebieten garantieren auch manuelle Methoden der Flächenermittlung auf Rasterbasis gute Ergebnisse.

Bei beiden Projekten der Luftbildinterpretation mit Farb-IR-Luftbildern bieten terrestrische Farb-IR-Photos wichtige zusätzliche Informationen. Diese Photos erweitern das Informationsspektrum bei der terrestrischen Verifikation von Luftbildinhalten (Feldbegehung) und erleichtern deren spezifische Verarbeitung.

An dieser Stelle sei nochmals auf die Wichtigkeit der Zusammenarbeit aller mit der Problematik befaßten Fachwissenschaften hingewiesen (Untersuchungen in situ u.ä.). Bei der Bearbeitung des Projektes Schilfkartierung Neusiedler See konnte in vorbildlicher Weise eine Zusammenarbeit mit der Biologischen Forschungsstation Illmitz realisiert werden. Dadurch war es möglich, während sämtlicher Arbeitsschritte in Gesprächen Erkenntnisse zu gewinnen, die ein besseres Verständnis der spezifischen individuellen Auffassungen ermöglichten und die

Effizienz der Ergebnisse positiv beeinflussen.

Zahlreiche Wissenschaftler haben das Problem der Vegetationsschaden-Klassifizierung untersucht und in seltenen Fällen großräumigere (z.B. Pollanschütz, 1973), meist nur auf ideale Testgebiete beschränkte Anwendungen verschiedenster Bildmaterialien und -methoden zur Dokumentation von Vitalitätszuständen publiziert (vide Kap. 2.5.2.).

Die Kartierung von Schilfbeständen ist kaum beschrieben. In den Vereinigten Staaten wurden einige Projekte zur Inventarisierung von Feuchtgebieten (wetlands) durchgeführt. In einigen Fällen konnten *Phragmites communis*-Bestände angesprochen und kartiert werden. Die flächenmäßige Ausdehnung dieser Bestände war jedoch in allen Fällen gering und daher ein breites Spektrum verschiedenster Schilfzonen nicht gegeben (Anderson u. Wobber, 1973; Brown, 1973 u. 1978; Klemas et al., 1973 u. 1974; Scarpace et al., 1981; Whitman et al., 1973).

6. Schlußwort

6.1. Conclusio

Die Interpretation von Farb-IR-Bildern zu verschiedensten wissenschaftlichen Zwecken gewinnt immer mehr an Bedeutung. Schon der Begriff Farb-IR-Bild umfaßt eine Palette von Formen: das Farb-IR-Luftbild, das mit Hilfe der LANDSAT-Kanäle 4, 5 und 6 (7) simulierte Farb-IR-Satellitenbild, das terrestrische Farb-IR- Photo. All diese Möglichkeiten der Dokumentation von Bildinhalten unter Berücksichtigung der objektspezifischen Remissionsverhältnisse im n-IR können verschiedenartigsten Interpretationsverfahren unterzogen werden. In allen Fällen resultiert eine kartographische Darstellung der Interpretationsergebnisse. Mehrparametrische Klassifikationsschlüssel (interpretation keys) erlauben weitestgehende Differenzierung dieser Ergebnisse nach den jeweiligen Problemstellungen. Die Synthese von photogrammetrischem, interpretationstheoretischem und -praktischem sowie anwenderorientiertem fachspezifischem Wissen in Form eines Teams von Wissenschaftlern garantiert optimalen Informationsgehalt der Projektstudien.

Der photogrammetrisch-interpretatorische Schwerpunkt bei der Interpretation von Farb-IR-Bildern ist Grundlage dieser Arbeit. Unter Berücksichtigung psychologischer und physiologischer Aspekte der visuellen Bildverarbeitung muß eine Theorie der Interpretation erarbeitet werden. Diese basiert stets auf den Parametern des bereitgestellten Bildmaterials: photogrammetrische Aufnahme und Verarbeitung, physikalische Zustände der Atmosphäre und die spektralen Reflexionseigenschaften der Objekte. Diese Parameter beinhalten jeder für sich diffizile Phänomene und Charakteristika, deren Kenntnis von größter Wichtigkeit ist. Brixlegg am Inn ist ein Idealbeispiel für die Konfrontation der industriellen Expansion mit der anstehenden Naturlandschaft. Es ist ein eindrucksvolles Beispiel für den Einsatz der Bildinterpretation. Die Dokumentation des Ist-Zustandes - des Ausmaßes der Vitalitätsminderung der im Immissionsbereich der Fabriksschlote situierten Baumbestände - durch Methoden der Bildinterpretation ist ein wissenschaftlich fundiertes Beweis-

mittel für die Umweltbelastung und Grundlage für die Erarbeitung von Konzepten zur Wiederherstellung einer ungestörten Naturlandschaft.

Die Region Neusiedler See mit ihrem ausgedehnten Schilfgürtel ist Bühne für mehrere Akteure: für den Landwirt und Weinbauern, den Touristen, den Naturschützer, den Industriellen (in Wartestellung?) und den Politiker (als Souffleur?). So vielschichtig die Interessen strukturiert sind, so kompliziert ist es, die richtigen Wege für zukünftige Entwicklungen zu finden. Wieder kann die Bildinterpretation Unterlagen von dokumentarischem Wert bereitstellen. Eine umfassende Kartierung des Schilfgürtels, eine Aufschlüsselung der Bestandarten nach mehreren Parametern, eine Analyse dieser Bestandarten nach ihren Flächenanteilen liegen - zum ersten Male realisiert - vor. Den Einfluß emotioneller Wertungen und daraus resultierender Fehlentscheidungen einzudämmen, ist ein Hauptanliegen dieser konkreten Projektstudie. Möge ihr ein nicht nur auf fachspezifische Aspekte bezogener, sondern auch ein darüber hinausgehender Erfolg beschieden sein.

Forschungsvorhaben jener Wissenschaften, die auf der Analyse von Erscheinungsformen der Erdoberfläche aufbauen oder sich derer zumindest teilweise bedienen, werden in Zukunft kaum auf eine Symbiose mit den Methoden der Fernerkundung verzichten können. Aspekte der Exaktheit der Aussagen, der Zweckmäßigkeit des Projektablaufes und des dokumentarischen Wertes der Endresultate müssen gebührend berücksichtigt werden. Die Wissenschaft der Fernerkundung vermehrt in spezifische Projektvorhaben einzubauen, ist ein Vorhaben, das allen engagierten Planern jener Forschungsarbeiten nahegelegt werden soll.

6.2. Dank

Daß bei der Bearbeitung der beiden Bildinterpretationsprojekte Brixlegg und Schilfgürtel Neusiedler See die bereits mehrmals postulierte Zusammenarbeit der involvierten Wissenschaften vorbildlich funktionierte, wurde erwähnt. Es sei gestattet, den Vertretern der Fachwissenschaften, aber auch den Mitgliedern des Institutes für Photogrammetrie der TU Wien für die Bereit-

schaft zur Diskussion zu danken.

Das Projekt Brixlegg wurde in Kontakt mit Herrn Dr. K. Zirm (ÖBIG) realisiert. Das Bildmaterial - ausgenommen die terrestrischen Photos - stellte das Bundesinstitut für Gesundheitswesen zur Verfügung. Neben einem Gespräch mit Herrn Doz. Dipl.Ing Dr. J. Pollanschütz, das erste wichtige Erkenntnisse über die besondere Problematik brachte, waren fachspezifische Diskussionen mit Herrn Dr. K. Zirm von großem Wert.

Die Schilfkartierung Neusiedler See ist durch das Entgegenkommen des Leiters der Biologischen Forschungsstation Illmitz, Herrn HR Dr. F. Sauerzopf, ermöglicht worden. Für die Bereitstellung des Farb-IR-Luftbildmaterials, zahlreiche Kontaktgespräche und Erörterungen einschlägiger Probleme ist Herrn HR Dr. F. Sauerzopf zu danken. Herr Dr. H. Metz von der Biologischen Forschungsstation war in die Gespräche involviert und hat viele interessante Aspekte der Problematik Schilfgürtel verdeutlicht.

Ich danke weiters all jenen Mitarbeitern der Forschungsstation, die meiner Arbeit ihr Interesse entgegengebracht haben.

Herrn cand.ing. M. Wandl und Herrn Dipl.Ing. H. Zierhut sei nochmals für die aufwendigen reprotchnischen Arbeiten und für ihr Interesse, dem nunmehr emeritierten Vorstand des Institutes für Kartographie und Reproduktionstechnik, Herrn o.Prof. Dr. W. Pillewizer, für das Ermöglichen dieser Reproarbeiten gedankt.

Für das während der Bearbeitung dieser Dissertation entgegenbrachte Verständnis sei allen Mitgliedern des Institutes für Photogrammetrie der TU Wien gedankt.

Herr Dipl.Ing. J. Jansa hat darüber hinaus in einigen Phasen der Arbeit wichtige Hinweise bezüglich programmtechnischer Verarbeitungsvorhaben gegeben und seine umfangreichen Kenntnisse auf diesem Gebiet zur Verfügung gestellt. Ihm sei ein besonderer Dank ausgesprochen. Herr a.o.Prof. Dipl.Ing.Dr. P. Waldhäusl und Herr Dipl.Ing. H. Haitzmann waren stets zu fachlichen Diskussionen bereit.

Dem Betreuer dieser Dissertation, Herrn o.Prof. Dr.-Ing. K. Kraus soll für sein aktives Engagement von den ersten Phasen der Arbeit bis zu deren Abschluß ein herzlicher Dank ausgesprochen werden. Das Interesse von o.Prof. Dr.-Ing. K. Kraus an der Bearbeitung

angewandter Probleme der Bildinterpretation hat zuerst das Zustandekommen der Diplomarbeit "Umweltrelevante Luftbildinterpretation am Beispiel Brixlegg", dann die Realisation der vorliegenden Dissertation "Interpretation von Farbinfrarotbildern" ermöglicht. Stets konnten anstehende Probleme gemeinsam besprochen und analysiert sowie adäquate Lösungswege gefunden werden.

Herrn Doz. Dipl.Ing.Dr. J. Pollanschütz danke ich für die Übernahme des Koreferates.

6.3. Hinweise

Hinweis 1 : Die Farbbeilagen der vorliegenden Arbeit sind nur dem Original, das am Institut für Photogrammetrie der TU Wien deponiert ist, beigegeben. Aus Kostengründen war es nicht möglich, einen Farbdruck aufzulegen. Es besteht jedoch die Möglichkeit, unter Angabe der gewünschten Abbildungsnummern eine Bestellung an das Institut für Photogrammetrie der TU Wien zu richten. Bei Leistung eines entsprechenden Unkostenbeitrages können die Farbbilder zugestellt werden.

Bestellungen erbeten an: Institut für Photogrammetrie der TU Wien
Gußhausstraße 27-29
A-1040 WIEN

Hinweis 2 : Die Luftbilder Brixlegg sind vom BM f. B. u. T. unter GZ. 46222/356-IV/6/76 freigegeben.

Die Farb-IR-Luftbilder Neusiedler See sind vom BM. f. B. u. T. unter GZ. 46222/282-IV/6/79 freigegeben.

Hinweis 3 : Farb-IR-Luftbildausschnitte Neusiedler See - Vielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien; Zl. L 62.866/82. Die dafür notwendige Vergütung erfolgte gemäß §48 (1,2) des Vermessungsgesetzes i. g. F..

Literaturverzeichnis

- ALBERTZ, J., 1970: Sehen und Wahrnehmen bei der Luftbildinterpretation. BuL 1/1970, S. 25-34.
- ALBERTZ, J. u. KREILING, W., 1980: Photogrammetrisches Taschenbuch. Karlsruhe.
- ALEKSEEV, V.A. u. BELOV, S.V., 1960: (Spektrale Reflexion von Bäumen und anderen Bildobjekten der westlichen Ukraine). Trudy Lab. Aeromet. 10, S. 105-122, Moskau/Leningrad.
- ANDERSON, J.R. et al., 1976: A landuse and landcover classification system for use with remote sensor data. U.S. Geological Survey Professional Paper 964, 28 S..
- ANDERSON, R.R. u. WOBBER, F.J., 1973: Wetlands mapping in New Jersey. P.E., Vol. 48, No. 4, S. 353-358.
- ARNOLD, K. u. BAUMHACKL, H., 1980: Das naturräumliche Eignungspotential für den Fremdenverkehr. Raumplanung Bgld., Heft 1, 118 S.. Hgg. vom Amt d. bgld. Landesreg., LAD-Raumplanungsstelle.
- BÄCKSTRÖM, H. u. WELLANDER, E., 1953: En undersökning av remisjonsförmågan hos blad och barr av olika trädslag. Norrlands Skogsvårdsförbund, Tidskrift, S. 141-169.
- BLANK, R. u. KORN, H., 1978: Infrarot-Mikrophotographie neurosekretorischer Zellen. Zeiss-Inf. 24, 1978/79, H. 88, S. 11-15
- BOISSARD, P. et al., 1980: Exploitation numerique du film infrarouge couleur pour l'étude de la maladie de l'écorce du hêtre. Proceedings XIVth ISP-Congress, Comm. VII. Int. Archives of Photogrammetry, Vol. XXIII, Part B 10, Comm. V,VI,VII, Supplement, S. 463-475.
- BROWN, W.W., 1977: Wetlands mapping in New Jersey and New York. Proceedings ASP, 43rd Annual Meeting, S. 381-395, Washington, D.C..
- BROWN, W.W., 1978: Wetland mapping in New Jersey and New York. P.E., Vol. 44, No. 3, S. 303-314.
- COLWELL, R.N., 1956: Determining the prevalence of certain crop diseases by means of aerial photography. Hilgardia, 26 (5), S. 223-286.
- CORTEN, I.F.L., 1966: Physik des Luftbildes in "richtigen" und "falschen" Farben. BuL 4/1966, S. 191-201.

- COWARDIN, L.M. et al., 1976: Interim classification of wetlands and aquatic habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C., 109 S..
- CSAPLOVICS, E., 1980: Umweltrelevante Luftbildinterpretation am Beispiel Brixlegg. Diplomarbeit am Inst. f. Photogrammetrie der TU Wien, 104 S., 15 K..
- CURRAN, D.J., 1982: Multispectral photographic remote sensing of green vegetation biomass and productivity. P.E., Vol. 48, No. 2, S. 243-250.
- DARNHOFER, T., 1973: Verdunstungsstudien im Schilfgürtel des Neusiedler Sees. Wiss. Arb. Bgld., Heft 52, 151 S.. Bgld. Landesmuseum, Eisenstadt.
- ERNST-DOTTAVIO, C.L. et al., 1981: Spectral characteristics of wetland habitats. P.E., Vol. 47, No. 2, S. 223-227.
- FORMES, A.O. u. REIMOLD, R.J., 1973: The estuarine environment-location of mean high water - its engineering, economic and ecological potential. Proceedings ASP, Part 2, Fall Convention, S. 938-977. Falls Church, Virginia.
- FRANZ, H. u. HUSZ, G., 1961: Das Neusiedlerseebecken, (Exkursion C). Mitt. d. Öst. Bodenkundl. Ges., Bd. 6, S. 52-75.
- FRASL, G., 1961: Zur Petrographie der Böden des Seewinkels. Mitt. d. Öst. Bodenkundl. Ges., Bd. 6, S. 62-67.
- FRITZ, N.L., 1967: Optimum methods for using infrared-sensitive colour films. P.E., Vol. 33, No. 10, S. 1128-1138.
- GATES, D.M., 1970: Physical and physiological properties of plants. Nat. Acad. Sciences - Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry, S. 224-253, N.A.S. Washington.
- GAUSMAN, H.W., 1977: Reflectance of leave components. Remote Sensing of Environment 6 (1), S. 1-9.
- GROSINA, H., 1981: Problemraum Neusiedler See. Ber. Raumforschung u. Raumplanung, Heft 3, 25.Jg., 15 S..
- HEMPENIUS, S.A., 1968: Physiological and psychological aspects of photo-interpretation. ITC-Invited Paper, XIth Congress of ISP, Lausanne, 48 S..
- HILDEBRANDT, G., 1976: Die spektralen Reflexionseigenschaften der Vegetation. Proceedings 16th IUFRO World Congress, Div. 6, S. 214-227.

- HILDEBRANDT, G. u. KENNEWEG, H., 1969: Beispiele forstlicher Interpretationsmöglichkeiten falschfarbiger Luftbilder. Proceedings XIth Congress of Photogrammetry, Lausanne, 1968, Vol. XVII, Part 5, Comm. VII, Ref.No. 7 19, 17 S..
- HOWLAND, W.G., 1980: Multispectral aerial photography for wetland vegetation mapping. P.E., Vol. 46, No. 1, S. 87-99.
- HUSZ, G., 1962: Zur Bodenkartierung im Salzbodenbereich des Seewinkels. Wiss. Arb. Bgld., Heft 29, S. 172-179. Bgld. Landesmuseum, Eisenstadt.
- KADRO, A. u. FISCHER, W., 1976: Neue Ergebnisse von Reflexionsmessungen in situ an Vegetationsbeständen. Remote Sensing in Forestry, Proceedings Symp. XVIth IUFRO World Congress, Oslo, 1976, S. 23-34.
- KALENSKY, Z., 1969: Psychological aspect of colour photography and its effect on quantitative soil moisture interpretation. Proceedings XIth ISP-Congress, Lausanne, 1968. Int. Archives of Photogrammetry, Vol. XVII, Part 5, 15 S..
- KALENSKY, Z. u. WILSON, D.A., 1975: Spectral signatures of forest trees. Proceedings 3rd Canad. Symp. Remote Sensing, S. 155-171.
- KARPATI, Z., 1956: Die Florengrenzen in der Umgebung von Sopron und des Florendistriktes Laitaicum. Acta Botanica Acad. Scient. Hung. 2, Bd. 3/4, S. 281-307. Budapest.
- KENNEWEG, H., 1970: Auswertung von Farb-Luftbildern für die Abgrenzung von Schädigungen an Waldbeständen. BuL 5/1970, S. 283-290.
- KENNEWEG, H., 1980: Luftbildinterpretation und die Bestimmung von Belastung und Schäden in vitalitätsgeminderten Wald- und Baumbeständen. Schriften a. d. Forstl. Fak. der Univ. Göttingen u. d. Niedersächsischen Forstl. Versuchsanst., Bd. 62, 223 S., Frankfurt/Main.
- KHARIN, N.G., 1973: Spectral reflectance characteristics of the USSR main tree species. Proceedings Symp. IUFRO, 605ff., Freiburg.
- KIMES, D.S., 1980: Vegetation reflectance measurements as a function of solar zenit angle. P.E., Vol. 46, No. 12, S. 1563-1573.
- KLEMAS, V. et al., 1973: Mapping Delaware's coastal vegetation

- and land use from aircraft and satellites. Proceedings ASP, Part 2, S. 926-937, Fall Convention, Falls Church, Virginia.
- KLEMAS, V. et al., 1974: Inventory of Delaware's wetlands. P.E., Vol. 40, No. 4, S. 433-439.
- KODAK, 1976: Kodak data for aerial photography. Kodak-Publ. No. M-29, 92 S..
- KOPF, F., 1967: Die Rettung des Neusiedler Sees. Öst. Wasserwirtschaft, Jg. 19, Heft 7/8, S. 139-151.
- KOPF, F., 1968: Der Schilffortschritt im Neusiedler See. Techn. Bericht. Manuskript, 27 S., Kartenbeilagen und Tabellen.
- KRAUS, K., 1981: Recent trends in the production of orthophotos and stereo-orthophotos. Photogrammetria, 36, S. 1-10.
- KRAUS, K., 1982: Photogrammetrie. Mit Beiträgen v. P. Waldhäusl. Bd. 1, Bonn.
- KRIEBEL, K.Th. et al., 1975: Zur Definition und Messung der spektralen Reflexion natürlicher Oberflächen. BuL 1/1975, S. 42-50.
- KRINOW, E.L., 1947: Spektral'naia otrazhatel'naia sposobnost' prirodnych obrazovani. (Spectral reflectance properties of natural formations). Laboratorija Aerometodow, Akademija Nauk SSSR, Moskau. Erschienen als engl Übersetzung von G. Belkow, Nat. Research Council of Canada, Tech. Translat. TT-439, Ottawa, 1953.
- MAGYAR TUDOMANYOS AKADEMIA, (ed.), 1976: A Fertő-táj hidroszférája és vízgazdálkodása. 2 Bde., Budapest.
- MARTIN, A.C. et al., 1953: Classification of wetlands of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service Special Scientific Report 20, 14 S..
- MC DOWELL, D.Q., 1974: Spectral distribution of skylight energy for two haze conditions. P.E., Vol. 40, No. 5, S. 569-571.
- MC DOWELL, D.Q. u. SPECHT, M.R., 1974: Determination of spectral reflectance using aerial photographs. P.E., Vol. 40, No. 5, S. 559-568.
- MEIENBERG, P., 1966: Die Landnutzungskartierung nach Pan-, Infrarot- und Farbluftbildern. Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie, Bd. 1, Kallmünz/Regensburg.
- MEIER, H.K., 1962: Über die Benutzung von Infrarot-Emulsionen

- in der Photogrammetrie. BuL 1/1962, S. 27-37.
- MEIER, H.K., 1967: Farbtreue Luftbilder? BuL 5/1967, S. 206-214.
- MIE, G., 1908: Beiträge zur Optik trüber Medien. Ann. Physik 25, 377.
- MURTHA, P.A., 1972: A guide to air-photo interpretation of forest damage in Canada. Can. For. Serv. Publ. No. 1292, 63 S.
- MURTHA, P.A., 1978: Remote sensing and vegetation damage - a theory for detection and assessment. P.E., Vol. 44, No. 9, S. 1147-1158.
- MURTHA, P.A. u. MC LEAN, J.A., 1981: Extravisual damage detection' Defining the standard normal tree. P.E., Vol. 47, No. 4, S. 515-522.
- ÖBIG, 1978: Umweltbestandsaufnahme durch Fernerkundung und Bodenmessung - Unteres Inntal. Öst. Bundesinstitut f. Gesundheitswesen, 103 S.. Wien.
- PFEIFFER, B., 1982: Untersuchung des richtungsabhängigen Strahlungsverhaltens in multispektralen Abtastdaten. BuL 1/1982, S. 35-47.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1968: Erste Ergebnisse über die Verwendung eines Infrarot-Farbfilmes in Österreich für die Zwecke der Rauchsadensfeststellung. Cbl. ges. Forstwesen 85, 2, S. 65-79.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1973: Luftbildinventur von Vegetationsschäden mit Infrarotfilm in der Steiermark. Allg. Forstztg. Nr. 2, 5 S..
- RIEDMÜLLER, G., 1965: Der Schilfgürtel des österreichischen Anteils des Neusiedler Sees 1938-1958. Wiss. Arb. Bgld., Heft 32, 58f.. Bgld. Landesmuseum, Eisenstadt.
- SAUERZOPF, F., 1959: Die Wasserstandsschwankungen des Sees. Wiss. Arb. Bgld., Heft 23, S. 93-101. Bgld. Landesmuseum, Eisenstadt.
- SCARPACE, F.L. et al., 1981: Wetland mapping from digitized aerial photography. P.E., Vol. 47, No. 6, S. 829-838.
- SCHNEIDER, S., 1974: Luftbild und Luftbildinterpretation. Lehrbuch der allg. Geographie, Bd. 11. Berlin-New York.
- SCHWIDEFSKY, K., 1960: Über die bei Luftaufnahmen wirksame Beleuchtung. BuL 1/1960, S. 46-62.
- SCOTLAND, A., 1975: Luftphotographische Aufnahme und Einsatz-

- bedingungen. 35. Photogrammetrische Woche 1975, Vortrag Nr. 9, 28 S..
- STEWART, W.R. et al., 1980: Inland (non-tidal) wetland mapping. P.E., Vol. 46, No. 5, S. 617-628.
- VERMEER, J., 1968: Results of an objective comparison of film-filter combinations applied to an example of photo-interpretation for soil-survey. ITC-Contributions to the XIth Congress of Photogrammetry, Lausanne, Comm. VII, 22 S..
- VINK, A.P.A., 1964: Some thoughts on photo-interpretation. ITC-Publ. B-24, 32 S.. Delft.
- VINK, A.P.A., 1970: Methodology of air-photo interpretation as illustrated from the soil sciences. BuL 1/1970, S. 35-44.
- WEISSER, P., 1970: Die Vegetationsverhältnisse des Neusiedler Sees. Pflanzensoziologische und ökologische Studien. Wiss. Arb. Bgld., Heft 45, 83 S.. Bgld. Landesmuseum, Eisenstadt.
- WHITMAN, R.I., 1973: Textural signatures for wetland vegetation. Proceedings ASP, Part II, S. 979-992. Fall Convention, Falls Church, Virginia.
- WOLFF, G., 1967: Kronenschäden an Fichte im StFB Marienberg und ihre Diagnose im Falschfarben-Luftbild. Sozialistische Forstwirtschaft 5/67, 4 S..
- WOLFF, G., 1978: Luftbildinterpretation. In: Rüger et al., Photogrammetrie. S. 350-374. 4.Aufl., Berlin.
- WOOD, R.W., 1910: Photography by invisible rays. Phot. J. 1910, 50, S. 329-338.

Bisher erschienen:

- Heft 1 Kolloquium der Assistenten der Studienrichtung Vermessungswesen 1970 - 1973, Dezember 1973.
- Heft 2 EGGER-PERDICH-PLACH-WAGENSOMMERER, Taschenrechner HP 45 und HP 65, Programme und Anwendung im Vermessungswesen, 1. Auflage, März 1974, Special Edition in English, Juli 1974, 2. verbesserte Auflage, November 1974.
- Heft 3 Kolloquium der Assistenten der Studienrichtung Vermessungswesen 1973 - 1974, September 1974.
- Heft 4 EGGER-PALFINGER-PERDICH-PLACH-WAGENSOMMERER, Tektronix-Tischrechner TEK 31, Programmbibliothek für den Einsatz im Vermessungswesen, November 1974.
- Heft 5 K. LEDERSTEGER, Die horizontale Isostasie und das isostatische Geoid, Februar 1975.
- Heft 6 F. REICHHART, Katalog von FK4 Horrebow-Paaren für Breiten von + 30° bis + 60°, Oktober 1975.
- Heft 7 Arbeiten aus dem Institut für Höhere Geodäsie, Wien, Dezember 1975.
- Heft 8 Veröffentlichungen des Instituts für Photogrammetrie zum XIII. Internationalen Kongreß für Photogrammetrie in Helsinki 1976, Wien, Juli 1976.
- Heft 9 Veröffentlichung des Instituts für Kartographie und Reproduktionstechnik, W.PILLEWIZER, Felsdarstellung aus Orthophotos, Wien, Juni 1976.
- Heft 10 PERDICH-PLACH-WAGENSOMMERER, Der Einsatz des programmierbaren Taschenrechners Texas Instruments SR-52 mit Drucker PC-100 in der ingenieurgeodätischen Rechentechnik, Wien, Mai 1976.
- Heft 11 Kolloquium der Assistenten der Studienrichtung Vermessungswesen 1974 - 1976, November 1976.
- Heft 12 Kartographische Vorträge der Geodätischen Informationstage 1976, Wien, Mai 1977.
- Heft 13 Veröffentlichung des Instituts für Photogrammetrie anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. Dr.h.c. K. Neumaier, Wien, Januar 1978.

- Heft 14 L.MOLNAR, Self Checking Analytical Relative Orientation and Strip Formation, Wien, Dezember 1978.
- Heft 15 Veröffentlichung des Instituts für Landesvermessung anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. Dr. Alois Barvir, Wien, Januar 1979.
- Heft 16 Kolloquium der Assistenten der Studienrichtung Vermessungswesen 1976 - 1979, Wien, November 1979.
- Heft 17 E. VOZIKIS, Die photographische Differentialumbildung gekrümmter Flächen mit Beispielen aus der Architekturbildmessung, Wien, Dezember 1979.
- Heft 18 Veröffentlichung des Instituts für Allgemeine Geodäsie anlässlich des 75. Geburtstages von Prof. Dr. Friedrich Hauer: Die Höhe des Großglockners. Wien 1981.
- Heft 19 H.KAGER, Bündeltriangulation mit indirekt beobachteten Kreiszentren, Wien, April 1981.
- Heft 20 Kartographische Vorträge der Geodätischen Informationstage 1980 (im Druck).
- Heft 21 Veröffentlichung des Instituts für Kartographie anlässlich des 70. Geburtstages von Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer: Glaziologie und Kartographie (im Druck).
- Heft 22 K. TEMPFLI, Genauigkeitsschätzung digitaler Höhenmodelle mittels Spektralanalyse. Wien, Mai 1982.

Curriculum Vitae

- 1956 Elmar CSAPLOVICS, geb. am 18.5.1956 in Eisenstadt.
Eltern: Ing. Zoltan CSAPLOVICS
Olga CSAPLOVICS, geb. THALER
- 1962-1966 Besuch der Volksschule in Eisenstadt.
- 1966-1974 Besuch des Bundesrealgymnasiums in Eisenstadt.
- 1974 Matura am BRG Eisenstadt.
Immatrikulation an der TU Wien, Studienrichtung
Vermessungswesen.
- 1977 1.Diplomprüfung.
Spezialisierung auf die Wahlfachgruppe Photo-
grammetrie und Kartographie.
- 1980 2.Diplomprüfung und Sponsion zum Dipl.Ing..
- seit 1981 Lehrauftrag am Institut für Photogrammetrie der
TU Wien - Angewandte Bildinterpretation.