

LUFTBILDER VON DER OBERPFALZ
 Teil II : LANDSAT-2- Satellitenbild von Ostbayern, Westböhmen und
 Nordwest-Oberösterreich
 Aspekte der geographischen Interpretation

von

ULF ZAHN*

ZUSAMMENFASSUNG

An der farbigen Reproduktion (im Anhang) und Auszügen aus einzelnen Spektralbändern eines LANDSAT-2-Satellitenbildes vom 2. Mai 1976 wird die Möglichkeit der Auswertung mit einfachen Hilfsmitteln demonstriert. Informationen werden gegeben über die Aufnahmetechnik, die Auflösung, die Bedeutung der Spektralbänder für die Interpretation, farbige Reproduktion und Druck, die Aussage der Farben und eine halbmechanische Auswertung. Schließlich wird die Möglichkeit der großräumigen Landschaftsgliederung vorgestellt.

(Dieser Artikel setzt die in Heft 36 begonnene Serie über Luftbilder von der Oberpfalz fort. Bereits dort eingearbeitete Informationen, z.B. über Spektralbereiche, Reflexion und Remission usw. werden hier vorausgesetzt.)

Die Faszination von Satellitenbildern, ihre ungewohnte Perspektive und der großräumige Überblick in Maßstäben, die sonst nur Atlaskarten bieten, sicherte diesem Informationsträger von Anfang an eine große Beachtung in Öffentlichkeit und Wissenschaft. In einem letztlich ideologisch verstandenen Wettlauf der USA und der UdSSR ging es vordergründig um Pioniertaten, wer nämlich jeweils als erster einen neuen Schritt in der Weltraumtechnologie ermöglichte. Im Hintergrund aber standen militärische und wirtschaftliche Ziele. Die Möglichkeit, vor allem über die geologische und lagerstättenkundliche Satellitenforschung Erdöl, Erze und Kohle aufzuspüren, erbrachte den USA den Vorwurf, ihrer Wirtschaft weltweit Vorteile bei der Vergabe von Bergbaukonzessionen verschaffen zu wollen und hierauf politischen Einfluß nehmen zu können. Deshalb wurden die Forschungsdaten der Satellitenprogramme der Öffentlichkeit zugänglich gemacht, was für die USA den Vorteil hatte, daß auch die wissenschaftlichen Einrichtungen der westlichen Welt zu einem schnellen Fortschritt beitrugen. Selbst jeder Privatmann kann daher heute bei EROS-DATA-CENTER, Sioux Falls, S.D. 57 198, USA, Satellitenbilder preiswert kaufen. Im Gegensatz dazu sind nur wenige Aufnahmen aus Satelliten der UdSSR der Öffentlichkeit vorgestellt worden und auch nur zu Public-Relation-Zwecken. (1) Die Geheimniskrämerie der UdSSR erspart ihr nicht den gleichen Vorwurf, der der USA gemacht worden war.

Die Entwicklung der Bildaufnahmetechnik machte überraschend schnell Fortschritte. Das erste Erdphoto aus dem Weltraum gelang den USA über Explorer VI am 7.8.1959. Am bekanntesten wurden dann die Farbaufnahmen der Geminiprogramme (III–XII) ab März 1965 sowie die Falschfarbenbilder (Infrarotfarbfilm) und Multispektralaufnahmen mit vier Kameras und speziell in den Spektralbereichen grün-rot-infrarot sensibilisierten Filmen der Apolloflüge (erstmalig Apollo IX am 11.3.1969). Der nächste Schritt erfolgte mit dem unbemannten Forschungssatelliten LANDSAT 1 (ERTS 1), der im Sommer 1972 gestartet wurde und kontinuierlich nun schon über fünf Jahre Bilder von der Erde aufnimmt. (Zur Technik siehe weiter unten.) Schließlich fand die Entwicklung mit der SKYLAB-Mission (gestartet am 13.

*) Dr. Ulf Zahn, Institut für Geographie an der Universität Regensburg,
 Postfach 397, 8400 Regensburg

Mai 1973) einen vorläufigen Höhepunkt. Farbaufnahmen dieser Weltraumstation aus 435 km Höhe haben bereits ein Auflösungsvermögen von 10–15 m (zwischen diesen Werten schwanken die Angaben der Literatur), und erreichen damit die Qualität von Fliegeraufnahmen aus 20 km Höhe.

Das breite Interesse an Satellitenbildern versprach einen größeren Markt, so daß bereits mehrere Bildbände herausgegeben wurden, in denen sich auch die oben skizzierte Entwicklung der Weltraumphotographie spiegelt. Die wichtigsten, im deutschsprachigen Raum erschienenen Bildbände, sind nachfolgend aufgeführt:

- 1969 BODECHTEL, J. und H.-G. GIERLOFF-EMDEN: Weltraumbilder der Erde. München
 1970–1972 ZEISS-Weltraumkalender I–III. Oberkochen (auch als Broschüre)
 1972 SCHNEIDER, S. und E. STRUNK: Deutschland neu entdeckt. Mainz
 1973 HEUSELER, H.: Deutschland aus dem All. Stuttgart
 1974 HEUSELER, H. u.a.: Europa aus dem All. Stuttgart und Braunschweig
 1974 BODECHTEL, J. und H.-G. GIERLOFF-EMDEN: Weltraumbilder, die dritte Entdeckung der Erde. München
 1975 BECKEL, L. und S. SCHNEIDER (Hrsg.): Die Erde neu entdeckt. Mainz
 1976 HEUSELER, H. und A. BRUCKER: Die Erde aus dem All. Braunschweig und Stuttgart
 1976 BECKEL, L.: Österreich im Satellitenbild. Salzburg

Neben dem ästhetischen Eindruck des Bildes, der für den Laien im Vordergrund steht, stellt sich natürlich die Frage nach der Aussagefähigkeit, d.h. dem Inhalt der Satellitenaufnahmen von der Erde. Die Reproduktionen in den Bildbänden weisen zumeist einen Maßstab zwischen 1:1 Mio. bis 1:500 000 auf, in einigen Ausnahmen auch bis etwa 1:300 000. Der in den Einleitungen dargestellte Anspruch der wissenschaftlichen Auswertbarkeit erscheint aber hoch angesichts der Qualität der Satellitenbildreproduktionen.

In einigen Schlagworten drücken BODECHTEL und GIERLOFF-EMDEN (1969, S. 16–19) die Hoffnungen und Befürchtungen der Auswertbarkeit aus:

Wirtschaftsspionage mit Satellitenbildern
 Auf Nahrungssuche für die Menschheit – Ozeanographie aus dem Weltraum
 Schatzsuche aus dem Weltraum – Geologie
 Die letzten weißen Flecken verschwinden, u.a.

„Die Informationen, die Satellitenaufnahmen vermitteln, reichen von geologischen und tektonischen Strukturen, von morphologischen Gegebenheiten über Klimaeinflüsse, Wettererscheinungen, Niederschlagsverhältnisse (Schneedecken), Gewässerzustände, Bodenarten, Vegetationsverhältnisse (räumliche Ausdehnung von Pflanzenarten, Bestandsdichte, Gesundheitszustand) bis zur Bestandsaufnahme landwirtschaftlicher Flächennutzung, der Siedlungsdichte und von Verkehrslinien. Probleme der Ökologie, im besonderen des Umweltschutzes werden ebenfalls sichtbar“. So umreißt BECKEL (1976, S. 11) die Anwendungsbereiche dieses Informationsträgers. Bei dem hohen Anspruch der wissenschaftlichen Forschung scheitern allerdings in vielen Bereichen optische Interpretationsversuche am photographischen Bild. Hier kann nur die elektronische Auswertung der Originalsatellitendaten hohen Ansprüchen gerecht werden.

Leider ist nur in ganz wenigen Bildbänden an einem oder zwei Beispielen die Qualität und Möglichkeit der Weltraumbilder demonstriert. Wir hätten uns weniger allgemeine landeskundliche Beschreibungen der abgebildeten Landschaften gewünscht, die teils Bereiche an-

sprechen, die aus den Bildern nicht herauszulesen sind, als vielmehr konkrete Interpretationsbeispiele aus den verschiedenen Anwendungsbereichen. So haben nur BODECHTEL und GIERLOFF-EMDEN (1974, S. 162–163) an einem Beispiel aus dem Raum München demonstriert, wie mit Hilfe der modernen Technik ausgewertet werden kann.

Der Naturwissenschaftliche Verein hat von der National Aeronautics and Space Administration (NASA) LANDSAT-Weltraumbilder des ostbayerischen Raumes bezogen, um die Qualität der von jedermann käuflichen Bilder zu demonstrieren und zu zeigen, was mit einfachen Hilfsmitteln erreichbar ist. Vergleichbares Bildmaterial des ostbayerischen Raumes und dessen Beschreibung sind bisher veröffentlicht in:

BECKEL, 1976, S. 58–59 und 66–67; BODECHTEL und GIERLOFF-EMDEN, 1974, S. 162–163; HEUSELER, 1973, S. 86–87 und 96–99.

Zur Interpretation von Satellitenbildern benötigt man, wenn es sich nicht um eine spezielle Wetteruntersuchung handeln soll, wolkenfreie Aufnahmen, die für das wolkenreiche Mitteleuropa relativ selten zu erhalten sind. Nicht nur, daß wenig großräumig absolut klare Tage zur Verfügung stehen, sondern auch die Aufnahmetechnik setzt weitere Grenzen. Ein Gebietsstreifen wird alle 18 Tage überflogen, es kann also nur an 20 Tagen im Jahr von unserem Raum eine Aufnahme erstellt werden. Schließlich ist die Speicherkapazität des Satelliten begrenzt, so daß das Aufnahmesystem lediglich zu bestimmten Zeiten über ausgewählten Gebieten eingeschaltet wird. Nicht jede Jahreszeit bietet ausreichende Bedingungen für eine Interpretation. So sollte, um eine Vegetations- und Landnutzungsdeutung zu ermöglichen, die Aufnahme in die Vegetationsperiode Mai – September fallen. Ideal wäre der Spätsommer (Altweibersommer), da die Erntesituation weitere Aussagen ermöglicht. Diese Aufnahmebedingungen schränken die Zahl der Aufnahmetage wiederum auf die Hälfte ein.

Das zur Veröffentlichung ausgewählte Satellitenbild wurde am 2. Mai 1976 aufgenommen. Ende April 1976 lag Mitteleuropa in einer Hochdruckzone, die von den Azoren bis nach Rußland reichte. Noch am 1. Mai betrug der Barometerstand 1025 mb, jedoch schon mit abschwächender Tendenz. Als schließlich am 2. Mai vormittags der LANDSAT-Satellit Ostbayern überflog, überquerten bereits die Wolkenfelder eines Tiefs mit Zentrum über Schottland den Norden Deutschlands. Der Kern des Hochs hatte sich über die Karpaten verlagert. Am 3. Mai war auch Bayern regional bereits bewölkt und eine Regenfront bis Würzburg vorgedrungen. Im Frühjahr ist die Atmosphäre besonders klar, was zu den hohen Mittagstemperaturen bis 20 °C durch die intensive Sonneneinstrahlung und Bodenfröste durch die nächtliche Ausstrahlung führte.

In nachfolgender Tabelle sind einige Klimadaten ostbayerischer Wetterstationen zusammengestellt:

WETTERBEOBACHTUNGEN 2. MAI 1976

| | Wolken- beobachtung 7 Uhr | Sonnenschein- Std. | Temperatur °C | | Schnee- decke |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|------------------|
| | | | höchste | Nacht am Boden | |
| Regensburg | heiter | 12,2 | 20 | – 2 | – |
| Passau | wolkenlos | 12,9 | 19 | – 4 | – |
| Gr. Falkenstein | wolkenlos | 13,1 | 11 | 1 | 41 cm |
| Weiden | heiter | 11,4 | 19 | – 4 | – |

(Amtsblatt der Wetterämter Frankfurt/M., Freiburg i.Br., München, Nürnberg, Stuttgart und Trier. Offenbach, Sonntag, 2. Mai 1976)

Bilder 1–4: Ausschnittvergrößerungen von
Regensburg und Umgebung von Band 7



Bild 1: Maßstab 1 : 1 Mio.

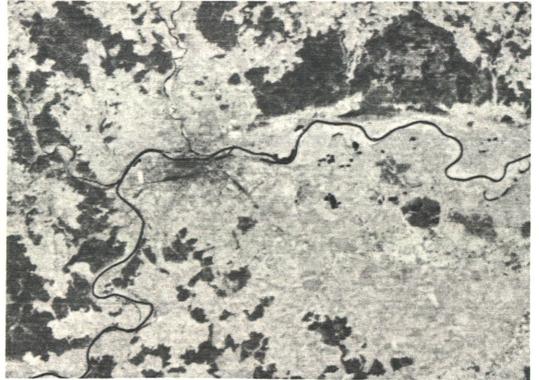


Bild 2: Maßstab 1 : 500 000



Bild 3: Maßstab 1 : 250 000

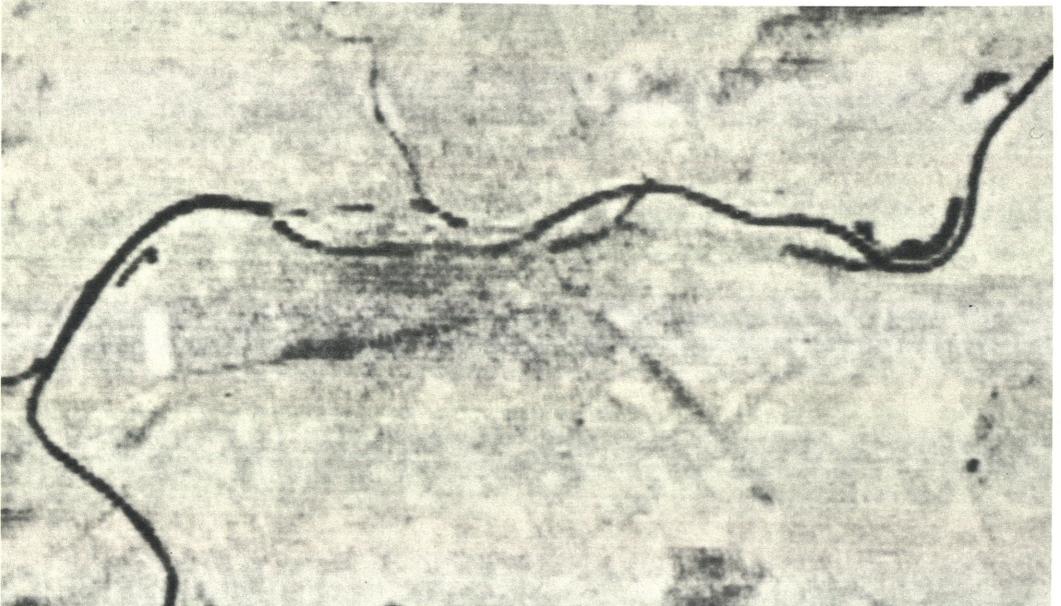


Bild 4: Maßstab 1 : 100 000

KURZGEFASSTE DARSTELLUNG DER AUFNAHMETECHNIK

Im Gegensatz zu den photographischen Aufnahmen der Gemini-, Apollo- und Skylab-Flüge liefert der LANDSAT-Flugkörper nur optisch-elektronisch abgetastete Bilder des reflektierten Lichtes. In vier Ausschnitten des Spektrums der elektromagnetischen Wellen, nämlich

- Band 4 0,5 – 0,6 μm (grün/gelb)
- Band 5 0,6 – 0,7 μm (orange/rot)
- Band 6 0,7 – 0,8 μm (purpur/nahes Infrarot)
- Band 7 0,8 – 0,95 μm (nahes Infrarot)

bei 50% der relativen Empfindlichkeit, überdeckt der Multispektral-Scanner (Abtaster) nicht die gesamte Breite des sichtbaren Lichtes – violett und blau fehlen –, so daß kein natürliches Farbbild hergestellt werden kann. Da zusätzlich mit dem Infrarot eine dem Auge unsichtbare Strahlung erfaßt wird, erscheinen farbige LANDSAT-Bilder immer verfremdet. (Vgl. Acta Albertina Bd. 36, S. 45 und BODECHTEL und GIERLOFF-EMDEN, 1974, S. 12–19)

Der Multispektral-Scanner besteht aus 24 Detektoren, je 6 für ein Spektralband. Jeder Detektor tastet eine Zeile quer zur Flugrichtung ab, je Band also sechs Zeilen gleichzeitig. Synchron mit der Fluggeschwindigkeit setzt die erste Zeile nach dem Abtastvorgang bei der siebten Zeile wieder an und so fortlaufend. Eine Zeile entspricht auf der Erdoberfläche der Länge von 100 nautischen Meilen (185 km). Sie ist 79 m breit und wiederum in 3200 Bildelemente zerlegt. Somit erfaßt ein LANDSAT-Bild als kleinstes Detail eine Fläche von 79×58 m (Pixel), rund 4600 m^2 . (RÜDER, 1976) Jedes dieser Bildelemente wird in seiner Lichtreflexion nach einer 64stufigen Grautonskala bewertet und als Signal auf einem Magnetband gespeichert. Im Gegensatz zu einem Fliegerluftbild besitzt das LANDSAT-Bild keine Textur, sondern ein geometrisch festgelegtes Graustufenraster. In der starken Vergrößerung von Bild 11b sind Zeilen und Raster sichtbar.

Von Bodenstationen aus werden die Bildsignale abgerufen und auf ein weiteres Magnetband überspielt, aus dem nun die eigentlichen Satellitenphotos erstellt werden. Sie umfassen ein Gebiet von $185 \times 185 \text{ km} = 34225 \text{ km}^2$ und bestehen aus 2340 Zeilen \times 3200 Bildelementen je Zeile, also aus 7,48 Mio. Bildelementen. Für die 4 Bänder eines Satellitenbildes (Scene) liefert das Aufnahmesystem rund 30 Mio. Informationen.

Solch eine Datenflut kann wissenschaftlich exakt nur über die elektronische Datenauswertung der Magnetbänder verarbeitet werden. Wegen dieses technischen Aufwandes ist die Interpretation auf nur wenige wissenschaftliche Institute beschränkt.

ZUR FRAGE DER AUFLÖSUNG

Das Auflösungsvermögen eines optischen Systems und des Informationsträgers gibt die Grenze der Erkennbarkeit eines einzelnen Objektes an. Nach dem oben Dargestellten mußte die Bodenauflösung etwa 80 m betragen, d.h., Objekte ab dieser Größenordnung können sich in Graustufen voneinander abheben. Wenn nun das vom Satelliten überspielte Magnetband im Computer ausgewertet wird, ist das einzelne Bildelement erfaßbar. Unsere Bilder aber werden auf photographischen Film überspielt im Format 70×70 mm. Nun hängt es von dem Auflösungsvermögen des photographischen Filmes ab, welche Details sichtbar bleiben. Auch beim Umkopieren auf das größere Bildformat 185×185 mm, das die NASA liefert, muß mit einem gewissen Verlust an Information gerechnet werden. Solch ein Bild als Negativ im Maßstab 1:1 Mio. für die vier Spektralbereiche getrennt, bildet die Grundlage unserer Untersuchung.

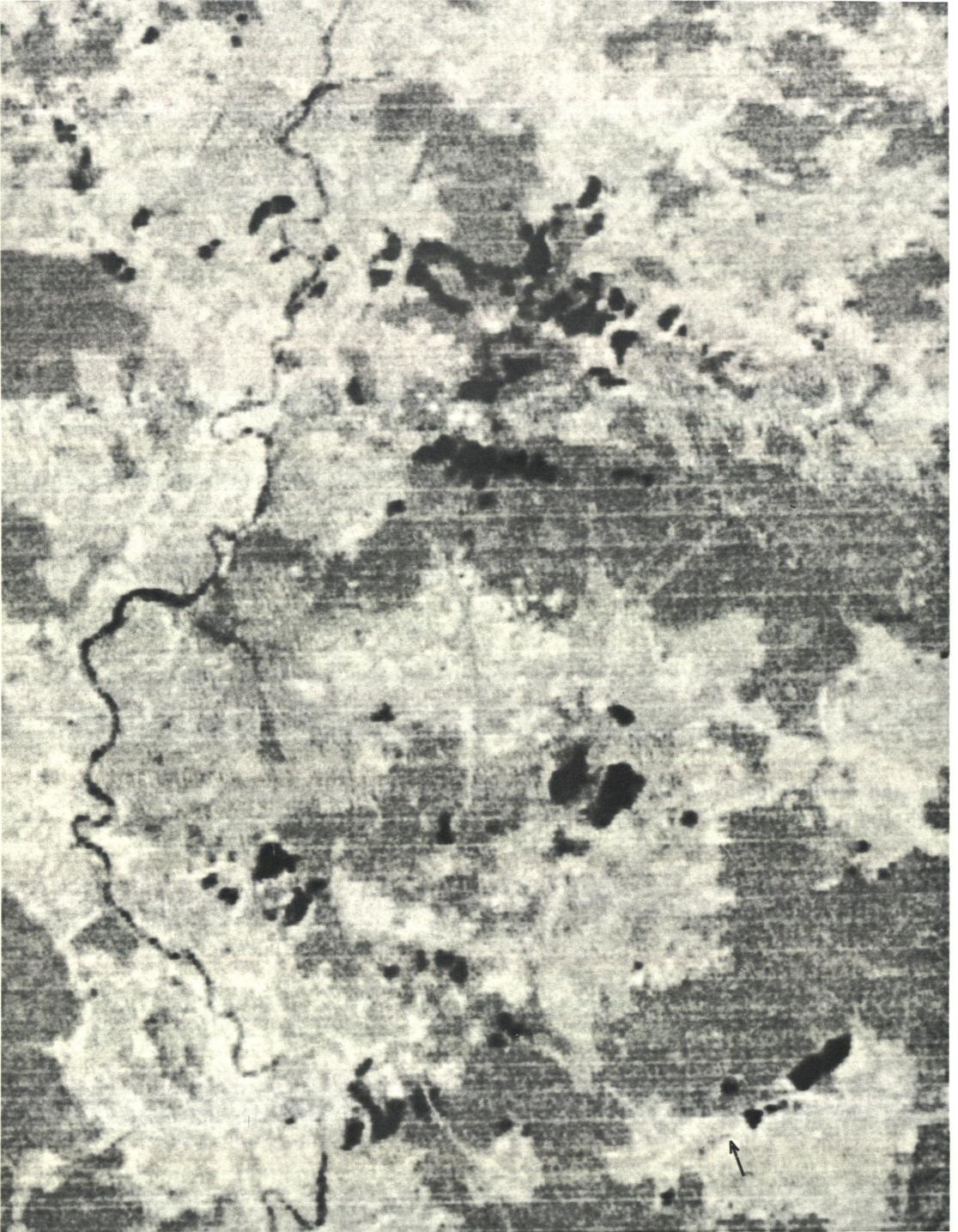


Bild 5: Band 7, Maßstab 1 : 100 000
Teiche, Weiher und Grundwasserseen zwischen Teublitz und Schwarzenfeld
Bildunterschrift s.S. 72

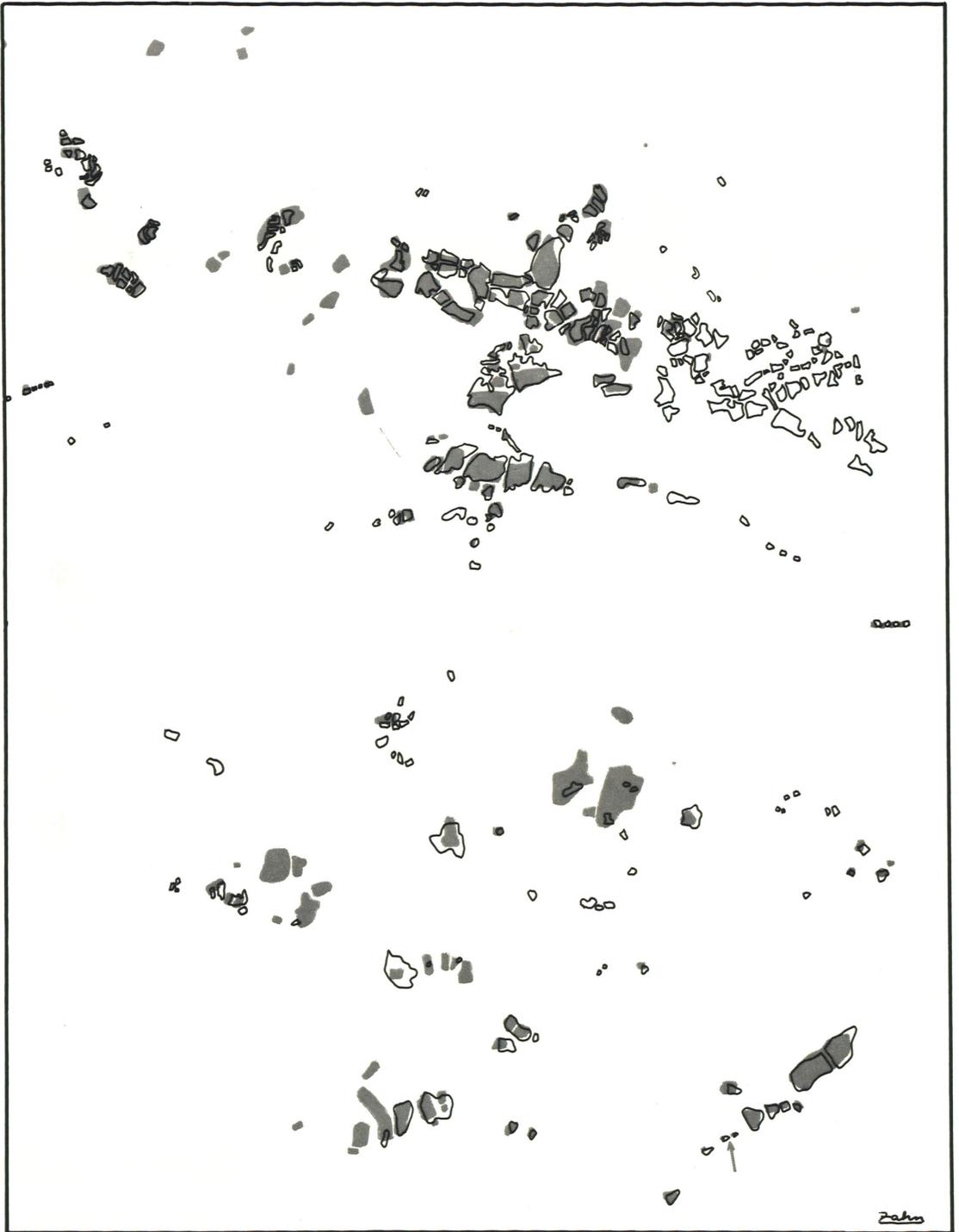


Abb. 1, Teichwirtschaft
Vergleich der Wasserflächen im Satellitenbild (vollflächig) mit denen der topographischen Karte (Umrißlinien)
Bildunterschrift s.S. 72

Bild 5:

Teiche, Weiher und Grundwasserseen (in schwarz) zwischen Teublitz und Schwarzenfeld. Mit einem Pfeil gekennzeichnet ist der kleinste identifizierbare Teich (Länge 125 m). Erkennbare Siedlungen von N nach S: Schwarzenfeld, Fronberg, Schwandorf (Bahnanlagen), Dachelhofen (Industriegebiet). Verkehrswege erscheinen in den Waldflächen hell. Das neue Teilstück der Autobahn Regensburg – Weiden, Umgehung Schwandorf, kann auch auf hellem Grund wahrgenommen werden. Besonders zu beachten sind die unstrukturierten dunklen Graufächen der Kiefernmonokulturen. (Siehe Bild 10)
Band 7, Maßstab 1 : 100 000

Abb. 1:

Vergleich der Wasserflächen der Teiche, Weiher und Grundwasserseen (Kiesabbau) im Satellitenbild (vollflächig gezeichnet) mit denen in der Topographischen Karte des Landesvermessungsamtes 1 : 50 000, letzter Berichtigungsstand 1965 (in Umrißlinien dargestellt). Hier setzt die aktuelle Aufgabe der Satellitenbildauswertung ein. Zu beachten sind der Rückgang der Teiche durch den Braunkohletagebau Rauberweiherhaus, das Ausdehnen der Seen im stillgelegten Tagebau Wackersdorf, der Wandel des Kiesabbaus an der Naab.

Vergrößern wir ein photographisches Negativ stufenweise von 1:1 Mio. über 1:500 000, 1:250 000 bis 1:100 000 (Bilder 1–4), nimmt die Erkennbarkeit von Details bis zum Maßstab 1:250 000 zu, die Schärfe von diesem Maßstab an aber ab, d.h., es ist nicht mehr an Information zu gewinnen. Durch das Auflösungsvermögen des Auges bis 5 Linien pro Millimeter ist bis zum Maßstab 1:500 000 die Zeilenstruktur des Scanners nicht sichtbar (0,16 mm für 80 m), lediglich die Sechserzeilen eines gemeinsamen Abtastvorganges erscheinen bereits im Bild 1:1 Mio. (dort 0,48 mm breit). Diese deutlich abgesetzten Sechserzeilen sind am Boden etwa 500 m breit (genau 474 m) und geben in allen Bildern einen guten Anhalt zur Entfernungsschätzung. Im Bild 1:100 000 sind dann bereits die Bildelemente sichtbar. Besonders deutlich kann die Auflösung in einzelne Bildelemente an der sägezahnartigen Abbildung der Donau beobachtet werden. (Bild 4)

Um die Auflösung unseres Bildes zu bestimmen, wird das kleinste sicher bestimmbare Bildelement gesucht. Es kann nur in einem sehr kontrastreichen Spektralband gefunden werden. Deshalb wurde Band 7, nahes Infrarot, herangezogen, in dem Wasserflächen schwarz erscheinen und sich vom Grün der Wiesen, die durch die starke Remission des Chlorophylls sehr hell abgebildet werden, deutlich abheben. In Bild 5, Teiche, Weiher und Grundwasserseen zwischen Teublitz und Schwarzenfeld, ist der kleinste erkennbare Teich (mit einem Pfeil gekennzeichnet) gerade 1 mm im Durchmesser, somit auf Grund mindestens 100 m lang. Daß dies trotz mehrfachen Umkopierens erreicht werden kann, ist ein erstaunliches Ergebnis. (2) Das Nachmessen in der topographischen Karte 1:25 000 ergab eine Länge dieses Teiches von 125 m. Somit ist bereits ein doppeltes Bildelement (2×59 m der Schmalseite) sichtbar. Ungenauigkeiten können u.a. von Meßfehlern im schon recht unscharfen Satellitenbild oder auch vom schwankenden Wasserspiegel des Teiches herrühren. Lineationen wie etwa Straßen können sich noch im Verhältnis 1:5 gegenüber den Flächen abheben.

Bei der Drucklegung dieses Artikels mußte darauf geachtet werden, daß möglichst wenig Details durch die Aufrasterung der Bilder und den Druck verloren gingen. Für die Schwarzweiß-Reproduktionen wurde daher vom sonst üblichen 60er Raster, d.h. 6 Linien je Millimeter, abgegangen und ein vom Auge aus normaler Leseentfernung nur noch erahnbare 80er Raster verwendet. Das bedeutet, daß im Maßstab 1:500 000 ein Bildelement einem Rasterpunkt entspricht, im für eine Vergrößerung günstigsten Maßstab 1:250 000 aber schon ein Bildelement von fünf Rasterpunkten wiedergegeben wird.

Bilder 6–9: Vergleich der 4 Spektralbänder im Maßstab 1 : 500 000



Bild 6: Spektralband 4 (gelb/grün)

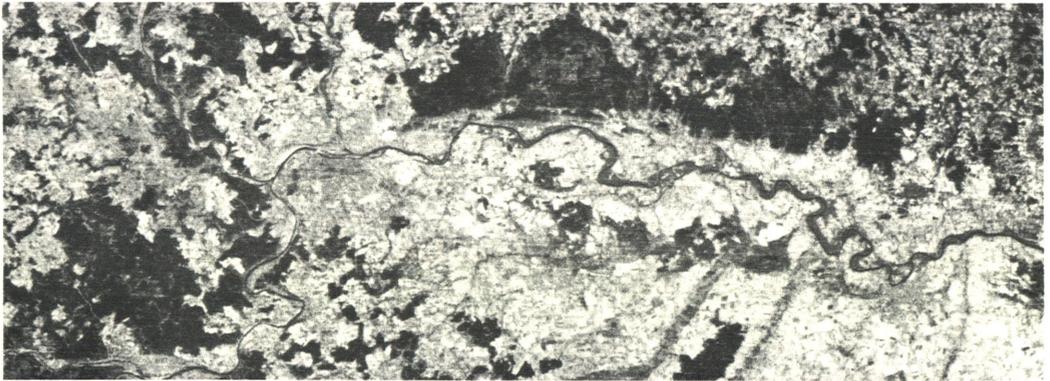


Bild 7: Spektralband 5 (orange/rot)



Bild 8: Spektralband 6 (purpur/nahes Infrarot)

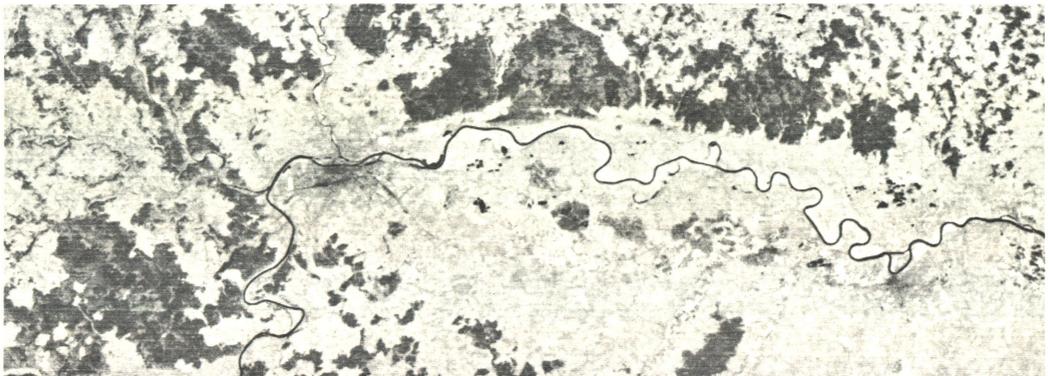


Bild 9: Spektralband 7 (nahes Infrarot)

Zur farbigen Reproduktion des Satellitenbildes 1:500000 im Anhang mußte jedoch ein 60er Raster verwendet werden. Hier werden in einem ungünstigeren Verhältnis drei Bildelemente von zwei Rasterpunkten wiedergegeben. Information geht im Farbbild auch dadurch verloren, daß ein Farbpunkt von drei verschiedenfarbigen, in der Regel 0o, 15o und 45o verschobenen Rasterpunkten dargestellt wird. Dadurch wirkt ein Farbbild unschräfer, die Zeilenstruktur z.B. verliert sich weitgehend. Die Auflösung der farbigen Bildbeilage beträgt im günstigsten Fall bei schärfstem Kontrast ca. 200 m.

DIE BEDEUTUNG DER SPEKTRALBÄNDER FÜR DIE INTERPRETATION

Art und Bedeutung der Remission für das Luftbild sind bereits in der Acta Albertina 36, S. 43–53 dargestellt worden und sollen deshalb hier nicht wiederholt werden. Vielmehr sollen in einem Ausschnitt die vier Spektralbänder im Maßstab 1:500 000 vergleichend wiedergegeben werden. (Bilder 6–9)

Wie bereits erwähnt, fehlt ein Band des sichtbaren Lichtes im Violett-Blaubereich ganz. Das Band 4 (grün/gelb) spiegelt das farbliche Aussehen unserer Landschaft am besten wieder. Das Grün der Vegetationsbedeckung und die dunkle Bodenfarbe unbestellter Äcker tragen zu einer nur geringen Grauwertdifferenzierung bei. Das Bild ist „flau“ und zu einer Interpretation nur in geringem Maße verwendbar. Weiße Gesteine heben sich jedoch deutlich ab und so sind in diesem Spektralband Steinbrüche und Tagebaue in hellem Gestein, etwa auf Ton, am besten als weiße Flecken erkennbar. (Saal bei Kelheim, Keilberg bei Regensburg, Burglengenfeld, Klardorf usw.) Das Band 4 wird wegen seiner geringen Aussagekraft nur selten zur Reproduktion verwendet. (Bild 6)

Band 5 (orange/rot) umfaßt einen wichtigen Spektralbereich für die Agrarinterpretation. Wiesen und Weiden ebenso wie bestellte Äcker werden in verschieden abgestuften Grautönen dunkel abgebildet, während unbestellte, gepflügte Felder hell wiedergegeben werden. In unserem Beispiel (Bild 7) heben sich die Flußtäler von Isar, Vils und Inn durch ihre breiten grasbewachsenen und feuchten Auen vom Ackerland deutlich ab. Im Vergleich des Niederen Bayerischen Waldes mit dem Dungau ist der krasse Gegensatz der Landnutzung erkennbar. Bilder, die später im Jahr aufgenommen werden, das hier vorgeführte Beispiel stammt von Anfang Mai, zeigen auch eine Differenzierung der Waldbestände in Laub- und Nadelwald. Siedlungen und Gewässer sind in Band 5 kaum erkennbar.

In den Bändern 6 (purpur/nahes Infrarot) und 7 (nahes Infrarot), die einander sehr ähnlich sind, ist eine Walddifferenzierung in Sommeraufnahmen wegen der sehr hellen Laubwaldwiedergabe nur schwer möglich. Im Frühjahr dagegen, wenn die Laubbäume erst zu treiben beginnen, liegen die Graustufungen so günstig, daß auch junge von alten Nadelwaldbeständen unterschieden werden können und eine differenzierte Waldwirtschaftskarte erstellbar ist. (Bilder 8–10, Abb. 2) Sodann sind die Infrarotbänder zur Abbildung von Gewässern und Siedlungen wichtig. Durch die hohe Absorption des Infrarot im Wasser erscheinen Flußläufe, Seen und Teiche schwarz. Sie dienen durch den höchsten Kontrast im Bild nur Bestimmung des Auflösungsvermögens der Reproduktionen. Auch die Siedlungen, vor allem größere Städte, heben sich dunkel vom agrarisch genutzten Umland ab. In Regensburg sind besonders deutlich die Achsen Landshuter Str./Straubinger Str. – Osthafen / Bundesbahn-Anlagen südlich der Altstadt sowie die dichtbebaute Altstadt erkennbar. (Bild 4)

DIE FARBIGE REPRODUKTION

Es ist üblich, zur farbigen Reproduktion von Multispektral-Satellitenbildern die einzelnen Bänder einer Filterung zu unterwerfen, um eine Verstärkung der Kontraste zu erreichen und bestimmte Bildinhalte hervorheben zu können. Verwendet werden dann zumeist die aussagekräftigsten Bänder 5 und 7, als Ergänzung des Band 4. Alle vier Spektralbänder werden nur vereinzelt zusammengedruckt. Die Reproduktion erfolgt von farbiger Vorlage im Vier- oder Dreifarbenrasterdruck gelb – rot – blau.

Die Farbwahl ist beliebig und führt daher zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen, je nachdem, welcher Bildinhalt besonders interpretiert werden soll. (Beispiele in BECKEL, 1976, S. 16) Häufig werden Band 5 in Rot und Band 7 in Blau abgebildet, die NASA liefert solche Farbvorlagen bereits fertig gemischt (siehe HEUSELER, 1973), oder es wird eine Betonung der im Wachstum befindlichen Vegetation durch Rotdarstellung angestrebt. Neuerdings löst man sich von diesem, von der NASA vorgegebenen Schema. Leider fehlt aber in den aufgeführten Bildbänden die Zuweisung der Farben zum Spektralband.

Das diesem Heft beigegebene Farbbild wurde in ganz anderer Weise reproduziert. Eine Filterung der Bänder und eine Farbbildmontage unterblieben. Es wurden vielmehr die Spektralbänder 4, 5 und 7 direkt vom Schwarzweißnegativ aufgerastert und zusammengedruckt. Um ein dem natürlichen Farbeindruck möglichst nahes Bild zu erhalten, wurde das Band 5, das in den dunkelgrauen Tönen Vegetation wiedergibt, in Grün gedruckt, Band 7 ist in Rot angelegt. So heben sich Grünland (grün) und Felder mit auflaufender Saat (hell grünlich-rot) vom unbestellten Ackerland (rötlicher Farbton) in natürlicher Weise voneinander ab. Auch der Wald erscheint in seinen natürlichen Grünabstufungen: Laubwald hell, Nadelwald dunkel. Um einen wärmeren Farbton und eine weitere Differenzierung der landwirtschaftlichen Nutzung zu erreichen, wurde Band 4 in Gelb unterlegt. Eine Steigerung des Kontrastes ist damit nicht zu erreichen. Das Ergebnis dieser sehr einfachen Reproduktion ist in der Qualität und Aussagekraft denen der Bildbände ebenbürtig. (3+4)

ZUR AUSSAGE DER FARBEN

In unserem farbigen LANDSAT-2-Satellitenbild lassen sich im großräumigen Überblick folgende *Landnutzungen* unterscheiden:

| | |
|---|--|
| Wiesen, Weiden | = hell- bis sattgrüner Farbton (dunkel in Band 4 und 5, hell in Band 7) |
| auflaufende Saat | = sehr helle, grünlichrosa betonte Mischfarbe (hell in Band 5 und 7) |
| unbestelltes Ackerland | = rötlicher Farbton, in seiner Intensität u.a. von der Bodenfeuchtigkeit abhängig (hell in Band 5, mittelgrau in Band 7) |
| Laubwald, beginnende Vegetationsperiode | = mittelgrün (dunkel in Band 4 und 5, hellgrau in Band 7) |
| Nadelwald | = dunkelgrün bis braun (dunkel in allen Bändern) |
| Teiche, Weiher | = schwarzrot (dunkel in den Bändern 4 und 5, schwarz in Band 7) |

Wichtige Gegensätze in der Landnutzung einzelner Regionen sind erkennbar: Hoher Grünlandanteil im Niederen Bayerischen Wald, fast geschlossenes Grünland im hohen Grenzge-



Bild 10, Band 7, Waldwirtschaftskarte, Donaustauf und Tiergarten, Maßstab 1 : 100000
Bildunterschrift s.S. 77

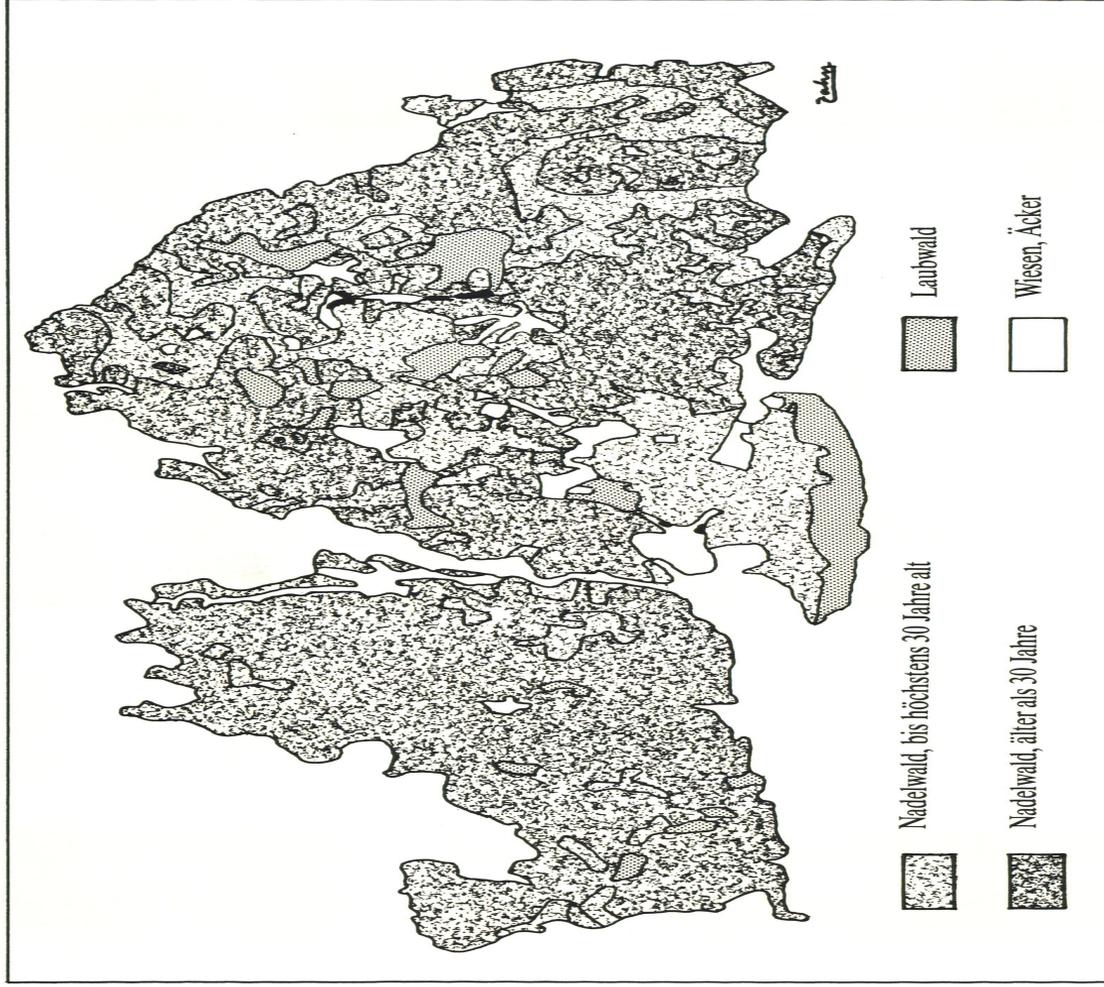


Abb. 2:

Waldbestandsinterpretation aus Bild 10. Neben der Laubwald- und Wiesenausgliederung ist auch eine Altersgliederung der Nadelwaldbestände möglich. Anhaltspunkt bietet die Neuaufforstung des nördlichen Scheuchzenberghanges nach einem Schädlingsbefall nach dem Zweiten Weltkrieg. Zur Kontrolle lag die Waldwirtschaftsleiter der Fürstlichen Forstinspektion Regensburg vor, für deren Überlassung herzlich gedankt sei. Maßstab 1 : 100 000

Bild 10:

Waldbestandsinterpretation der Fürstlich Thurn- und Taxisschen Forstämter Donaustauf und Thiergarten östlich Regensburg.

Durch die in hellgrau wiedergegebenen Laubwaldbestände, siehe Scheuchzenberg (a), sind Burgberg (b) und Bräuberg (c), Donaustauf, kaum erkennbar. Sehr deutlich tritt in heller Tönung der Donaustauer Rotliegendegraben und der Donaustaufbruch mit seinen Staffelfröhen hervor. Band 7, Maßstab 1 : 100 000

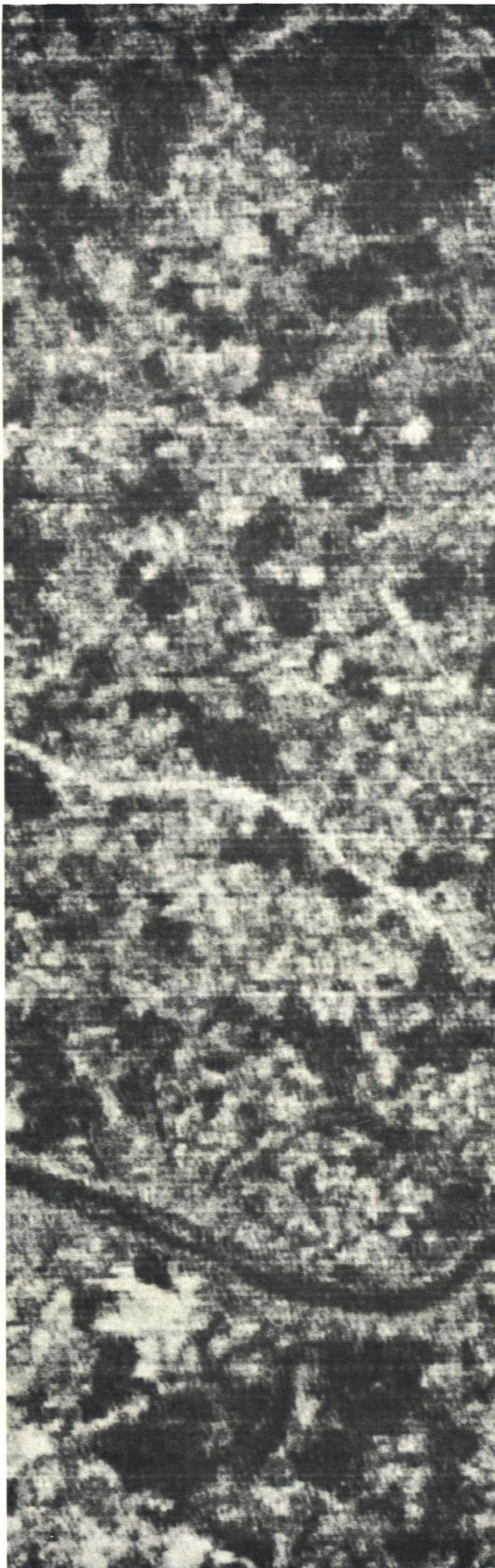


Bild 11 b



Bild 11 a

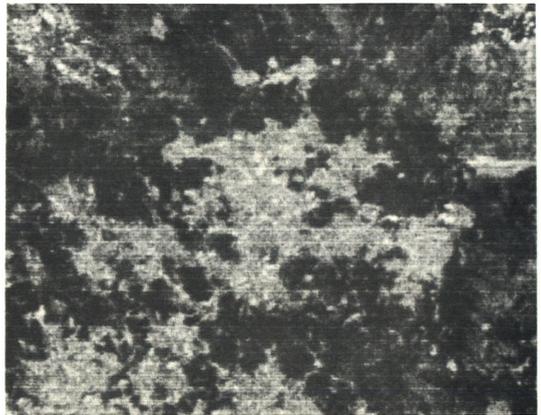


Bild 12

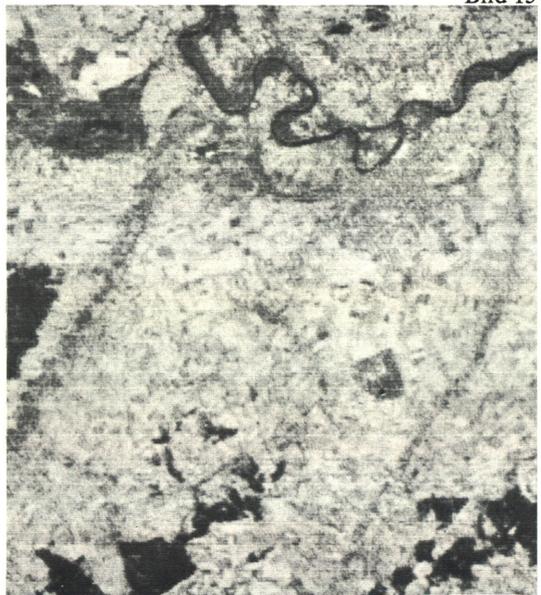


Bild 13

Bilder 11–13: Agrarlandschaften, Band 5, Maßstab 1 : 250 000, Bild 11b
 Maßstab 1 : 100 000

Bilder 11 a und b: Niederer Bayerischer Wald im Bereich Passauer Abteiland bei Vilshofen (nördlich der Donau) und Neuburger Wald (südlich der Donau). In der weißen Linie, die von Ost nach West das Bild quert, zeichnet sich die Baustelle der Autobahn Deggendorf-Passau ab.

Bild 12:
 Hoher Bayerischer Wald, Grünlandinsel im Raum Zwiesel – Bodenmais

Bild 13:
 Dungau mit Straubing zwischen Kleiner Laaber und Alterach

birge, Hackfrucht- und Getreideanbau im Dungau, kenntlich an den Rottönungen; kleinparzellerte Flur auf deutscher und österreichischer Seite, kollektive Großparzellenbewirtschaftung in der Tschechoslowakei. (Bilder 11–13) Die entsprechende Waldverteilung wird noch zu interpretieren sein.

In Wirtschaft und Siedlungswesen sind dagegen geringere Aussagen möglich. Aus dem *Wirtschaftsbereich Steine-Erden* sind Kalksteinbrüche und Tagebaue auf Ton und Braunkohle (weißer Farbton) erkennbar. Neben den bereits erwähnten können Steinbrüche auch in der Tschechoslowakei beobachtet werden. *Wasserwirtschaftlich* lassen sich Talsperren (Moldautausee 4800 ha Wasserfläche und 306 Mio. m³ Wasserinhalt) und Staustufen (Isar, Inn, untere Donau) sowie Hochwasserregulierungen (Schwarzach) und Energienutzung (Bild 15, Pumpspeicherwerk Rabenleite) erkennen und eventuell auf den schwankenden Wasserstand hin untersuchen. *Verkehrswege* sind nur wenige erkennbar, eine Ausnahme bildet der Autobahnbau Deggendorf-Passau (Bild 11) und das fertiggestellte Teilstück der Autobahn Regensburg-Weiden bei Schwandorf (Bild 5), die sich als helle Linien zu erkennen geben. Es sei sodann auf die in einem rot-violetten Farbton wiedergegebenen *Siedlungen* verwiesen, deren flächenmäßige Ausstrahlungen, in größeren Städten auch die Hauptverkehrs- und Entwicklungsachsen, deutlich wahrnehmbar sind.

Schließlich sind klimatische Aussagen möglich. So heben sich Wolken (in der Südostecke) und Schnee (im Hohen Bayerischen und Böhmerwald) weiß ab.

DIE HALBMECHANISCHE AUSWERTUNG

Der bisher qualitativ, d.h. optisch-vergleichend durchgeführten Darstellung soll nun an einem Beispiel auch die quantitative, numerische gegenübergestellt werden. Die Schwierigkeit der rein optischen Interpretation besteht darin, nur eine begrenzte Zahl von Graustufen eindeutig unterscheiden zu können und diese dann im gesamten Bild immer auch eindeutig wiederzufinden. So wirkt die gleiche Graustufe in heller Umgebung dunkler als in einer dunklen Umgebung. Zur genaueren Grautonbestimmung wurde ein Bildausschnitt im Maßstab 1:250 000 aus dem westböhmischem Bereich in Band 5 mit einem Macbeth Reflexionsdichtometer RD-517 (Gerät zur Grauwertbestimmung) manuell durchgemessen. (Bild 13) Dazu wurde das Bild im Format 78 × 90 mm, bestimmt durch die Meßfläche der Geräteoptik, in ein Raster von 3 × 3 mm aufgeteilt. Jede Rasterfläche umfaßt 56 ha(!) bei einer Seitenlänge auf Grund von 750 m. Das ist natürlich, gemessen an unseren bäuerlichen Besitzverhältnissen, sehr grob. Jedoch lassen Gerät und die manuelle Ausmessung keine kleineren Abstände zu. Die Erfassungsfläche der Meßoptik reagiert auf einen ca. 5 mm² großen

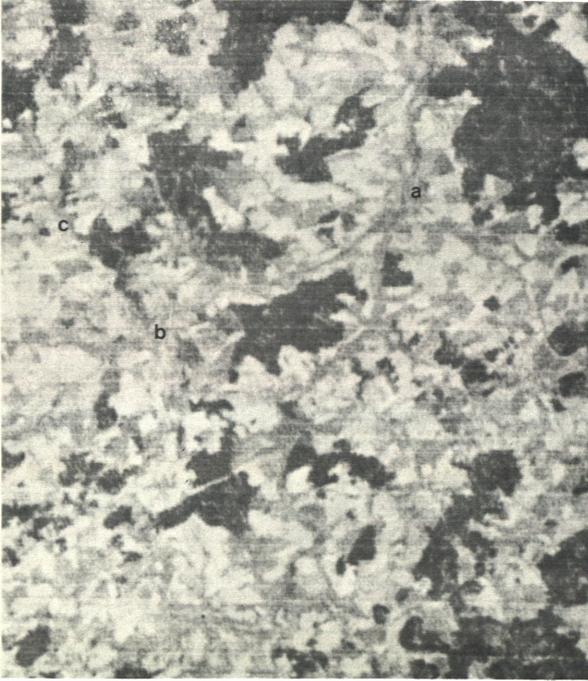


Bild 14:
 Kollektiv strukturierte
 Agrarlandschaft aus dem
 Bereich Böhmerwaldvor-
 land/Pilsener Becken
 (Tschechoslowakei).
 a) Stankau an der
 Radbusa
 b) Bischofteinitz
 c) Bruchstufe im Vorland
 des Böhmerwaldes.
 Band 5,
 Maßstab 1 : 250 000

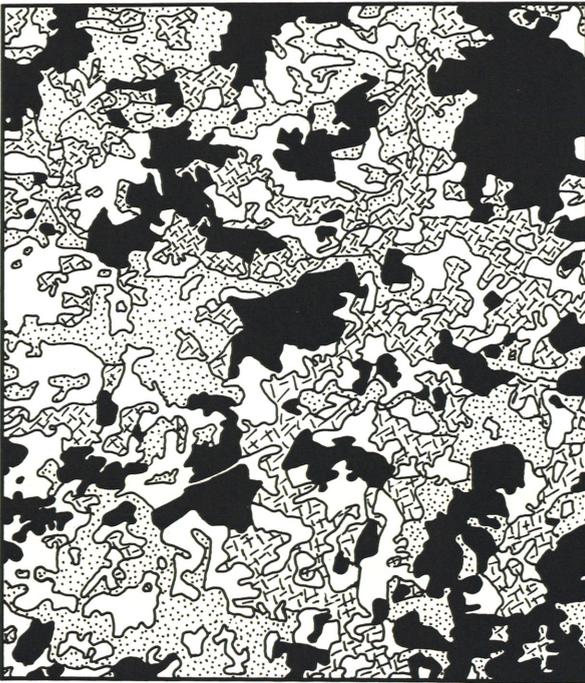
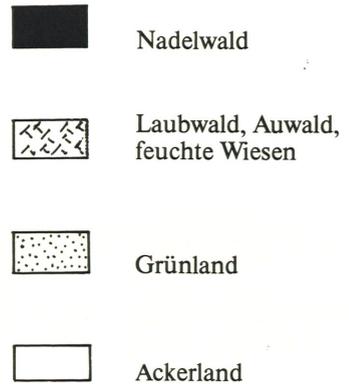


Abb. 3:
 Optisch-vierstufige
 thematische Agrarnut-
 zungskarte von Bild 14.



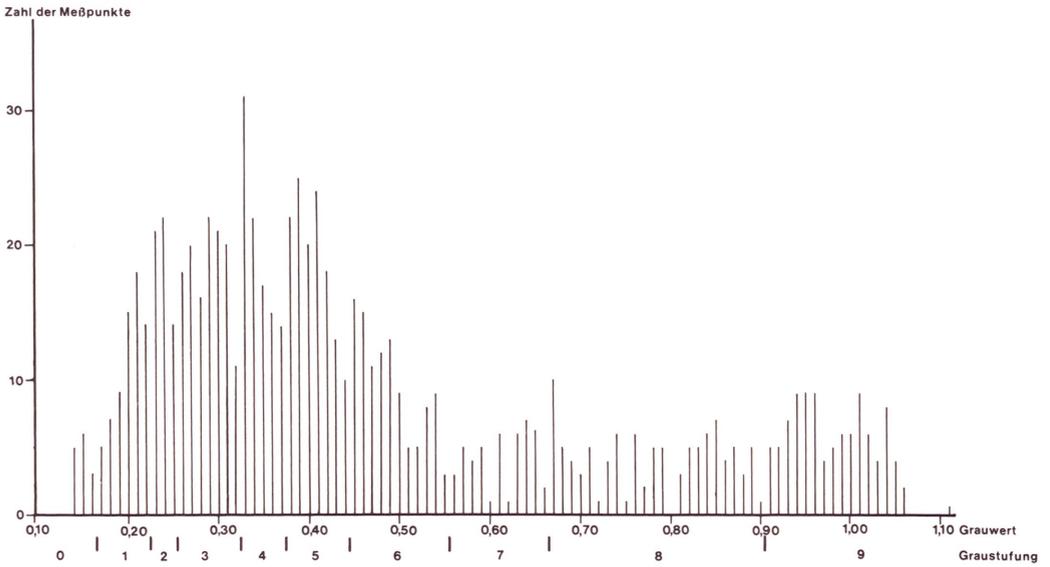


Diagramm 1:

Festlegung der Schwellenwerte aus einer Reflexionsdichtemessung (Grauwerte) von Bild 14 zum Aufbau einer zehnstufigen Skala (Graustufung). Die Basis der Stufung bildet ein Gradationsgraukeil des Satellitenbildes. Kartographische Darstellung in Abb. 4.

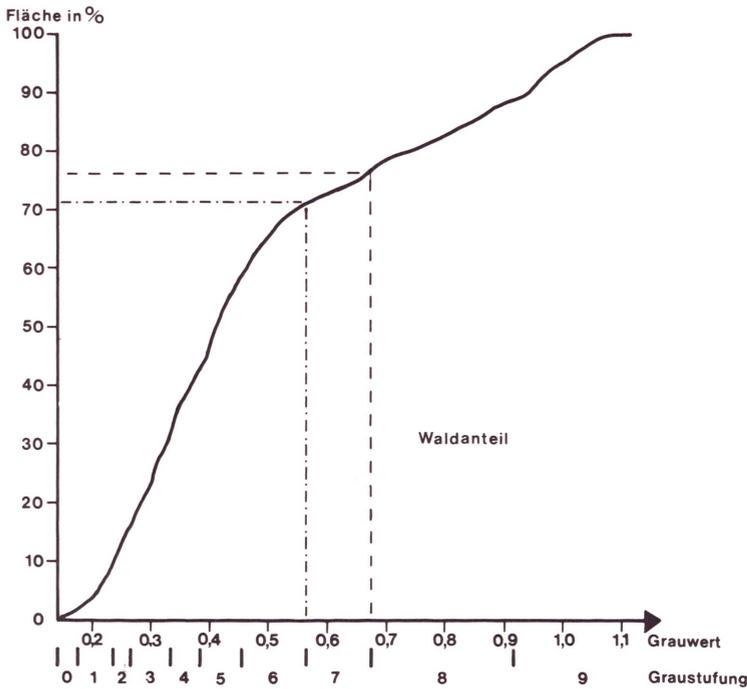


Diagramm 2:

Summendiagramm des Flächenanteils (in %) der Grauwerte aus Diagramm 1 von Bild 14. 1% der Fläche entspricht ca. 440 ha.

Punkt und errechnet aus den darin enthaltenen Graustufen einen Durchschnittswert. Die Flächen der kollektiven Landwirtschaft stellen zwar ausreichend große Meßflächen dar, jedoch mußte darauf geachtet werden, daß beim Meßvorgang keine Grenzlinie zwischen zwei Graustufen erfaßt wurden, sonst wäre ein neuer, nicht tatsächlich vorhandener Grauton angegeben worden. Es fielen 780 Meßwerte an in einer kontinuierlichen Grauwerteskala von 0,14 bis 1,11, geeicht auf den Nullpunkt des Gerätes.

Daraus ergibt sich als erstes Ergebnis, daß die ursprüngliche 64stufige Grauwerteaufzeichnung der Satellitendetektoren durch das photographische Material und die Arbeitsweise des Meßgerätes verwischt wurde, denn es konnten nicht die einzelnen Bildelemente gemessen werden, sondern nur ein Durchschnittswert mehrerer Bildelemente. Somit sind wir gezwungen, eine Grauwerteskala mit sinnvoller Stufung zu erstellen. Als Basis dient der den Satellitenbildern beigegebene Graukeil zur Gradationsbestimmung. Da darin die dunklen Töne größere Wertsprünge aufweisen, wird auch in der aufzustellenden Graustufung der Umfang der enthaltenen Grauwerte größer. In Diagramm 1 sind die Schwellenwerte so festgelegt, daß eine zehnteilige Graustufung entsteht und jeweils ein Grauwert, der seltener vorkam als die benachbarten, der Untergliederung diene. Diese Graustufung von 0–9 im Sinne von weiß bis dunkelgrau kann nun in Form einer numerischen Karte geschrieben werden. (Abb. 4) Jeder Graustufe ist sodann innerhalb einer gewissen Toleranz eine Nutzungsart zuweisbar, wozu in der Regel eine Geländebegehung notwendig ist. Als gut erkennbare Landnutzung sei der Nadelwaldbestand herausgegriffen. (Abb. 5) Wenn die Anzahl der Rasterflächen der jeweiligen Grauwerte summiert werden, ist es möglich, über den Prozentanteil einer Graustufe deren Flächenanteil am Boden zu errechnen. So umfaßt in Bild 13 der Waldanteil 24% von 43 680 ha, also ca. 10 000 ha. Ein Unsicherheitsfaktor bildet die Graustufe 6, die nicht eindeutig als Wald erkennbar ist. Sie umfaßt 5% der Gesamtfläche, also ca. 2 000 ha. Dieser halbmechanisch beschrittene zeitraubende Weg ist nur an kleinen Bildausschnitten anwendbar und mit einem relativ großen Unsicherheitsfaktor behaftet, der abhängig ist von der Qualität der photographischen Vergrößerung, dem Maßstab und der Rasterflächengröße. Diesen beschrittenen Weg geht die elektronische Datenverarbeitung, für die der Grauwert jedes einzelnen Bildelements greifbar ist und die eine große Datenfülle schnell und exakt verarbeiten kann.

GROSSRÄUMIGE LANDSCHAFTSGLIEDERUNG IM LANDSAT-2-BILD VON OSTBAYERN, WESTBÖHMEN UND NORDWEST-ÖSTERREICH

Zur Orientierung ist dem farbigen Satellitenbild eine Schwarz-weiß-Reproduktion des Bandes 6 mit einem farbigen Aufdruck topographischer Bezeichnungen und den Grenzen jener Landschaftseinheiten beigegeben, die im Farbbild erschließbar sind. (Anlage 2)

Der Bildinhalt ermöglicht es nicht, direkt eine naturräumliche Gliederung zu erstellen, „bei der versucht wird, den Bereich des Menschen so weit wie möglich auszuschalten und eine Gliederung nur nach den natürlichen Bereichen der anorganischen und organischen Welt vorzunehmen, wie sie einerseits durch die Gesteine, das Relief, die ober- und unterirdischen Gewässer und das Klima gegeben sind, andererseits durch die Pflanzen und Tiere, die (. . .) in den anorganischen Bestandteilen der Landschaft ihre ökologischen Grundlagen haben.“ (KOHL, 1960, S. 7) Relief, Gesteine und Klima sowie die natürliche Vegetation sind in unserem Satellitenbild nicht sichtbar. Vielmehr dominieren vom Menschen gestaltete Kulturlandschaften. Durch seine innerhalb eines naturgesetzten Rahmens unabhängige Gestaltungsfähigkeit ist der Mensch von den natürlichen Faktoren zwar nicht unabhängig, sein Wirken entspricht aber auch nicht kausal den von der Natur gegebenen Voraussetzungen. Somit kann sich eine naturräumliche Gliederung in einer kulturräumlichen spiegeln, wir



Bild 15:

Wasser- und Energiewirtschaft an der Pfreimud. Pumpspeicherwerksgruppe Jansen der OBAG, erbaut 1951–1961

- a) Kainzmühlspeicher, Inhalt 0,8 Mio. cbm, höchster Wasserspiegel 458 m NN, Wasserspiegelschwankung 4 m.
- b) Kraftwerk Tanzmühle, installierte Leistung 29,8 MW.
- c) Hochspeicher Rabenleite, Inhalt 1,5 Mio. cbm, 586 m NN. Wasserspiegelabsenkung 15,4 m.
- d) Kraftwerk Reisach, installierte Leistung 100,5 MW.
- e) Trausnitzspeicher, Inhalt 1,5 Mio. cbm, 401 m NN, Wasserspiegelabsenkung 4 m, und Kraftwerk Trausnitz, installierte Leistung 1,75 MW

Überschüssiger Nachtstrom wird genutzt, um den Hochspeicher Rabenleite über Pumpen in den Kraftwerken zu füllen. Die so gespeicherte Energie ist durch die Kraftwerke Reisach und Tanzmühle bei Spitzenbedarf tagsüber schnell in elektrische Energie umsetzbar.

Band 7, Maßstab 1 : 100 000

Quelle: KOLB/NIEMANN, siehe Literaturverzeichnis

müssen in unserer Gliederung aber auch mit Abweichungen rechnen. Andererseits kann aus einem Satellitenbild auch keine kulturräumliche Gliederung abgeleitet werden, da die wesentlichsten Kriterien ebenfalls nicht sichtbar sind.

Betrachten wir die uns im Bild zur Verfügung stehenden Informationen, so dominieren Waldverteilung, Acker-Grünlandverhältnis und Flurparzellierung. Letzteres ist hier ein Ausdruck rein gesellschaftlicher Organisationsformen und muß für eine Gliederung entfallen.

Die Waldverteilung, Waldzusammensetzung und die Umrißformen der Waldflächen stellen im Satellitenbild der mitteleuropäischen Regionen den wichtigsten Informationsträger dar. So beruht die geologische Interpretation von tektonischen Linien und Bruchstrukturen, ausgenommen die Hochgebirge, auf der Photolineation, die durch Wald hervorgerufen wird. (Siehe BURKHARDT und ENDLICHER in diesem Heft und KRONBERG, 1976) Ebenso kann man auch indirekt über den Wald auf die Morphologie eines Raumes schließen. Hohe Mittelgebirgsbereiche tragen aus klimatischen Gründen, wegen des steilen Reliefs, der Böden usw. einen teils zusammenhängenden Waldbestand. In niedrigeren Mittelgebirgslagen sind zusammenhängende Waldstreifen an steilen Hängen anzutreffen. Beispiele in unserem Bild bieten das Donautal östlich von Passau mit den nach Norden gerichteten Seitentälern sowie die kurzen asymmetrischen Seitentäler der Isar um Dingolfing. (Bild 16, Abb. 6) In diesen niedrigeren Mittelgebirgslagen ist im übrigen der Waldbestand fleckenhaft aufgelöst. Weite, ebene Bereiche mit günstigen Boden- und Klimaverhältnissen wie der Dungau oder die feuchten Flußauen sind durch die vom Relief ungestörte, intensive Bewirtschaftung waldlos. Ebenso kann durch die bäuerliche Bewirtschaftung indirekt auf natürliche Faktoren geschlossen werden. Vergrünlandung erfolgt in den für die Landwirtschaft ungünstigeren Mittelgebirgslagen, die Ackerflächen nehmen in trockeneren Gebieten zu. So unterscheiden sich bei etwa gleicher Höhenlage die symmetrisch angeordneten niederen Vorländer des Hohen Böhmisches Massivs in ihrer Agrarstruktur durch Luv- und Leelage. (Um 1000 mm Niederschlag südwestlich gegenüber 700 mm nordöstlich) Natürlich modifiziert die Agrarpolitik diese Auswirkungen des Klimas.

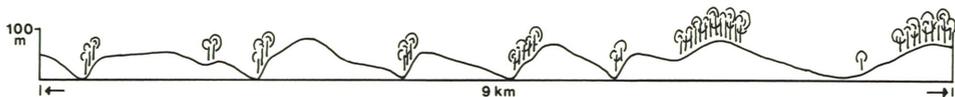
Auf dieser knapp skizzierten Basis erfolgt eine großräumige Gliederung, der im wesentlichen begrifflich die Bezeichnungen der naturräumlichen Gliederung zugrundegelegt wurden. (Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, 1959; KOHL, 1960; SEDLMEYER, 1941)

Durch seinen fast geschlossenen Waldbestand tritt das Böhmisches-Bayerisches Grenzgebirge, das von Nordwest nach Südost das Satellitenbild durchzieht, markant hervor. Zwar ist es naturräumlich eine Einheit und wurde auch in seiner Gesamtheit früher „Böhmerwald“ genannt (PERL, 1933, S. 1(5)), jedoch die Stellung als Grenzgebirge zwischen Böhmen und Bayern bzw. in der Gegenwart zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Tschechoslowakei führte zu den unterschiedlichsten Benennungen. Böhmerwald ebenso wie Bayerischer Wald und Oberpfälzer Wald für einzelne Teilbereiche sind Territorial- und somit politische Bezeichnungen. Die Benennungen wandelten sich daher unter dem Einfluß der jeweiligen nationalstaatlichen Entwicklung. In seiner Gesamtheit wollen wir für den zentralen Gebirgszug die alte Bezeichnung Hoher Böhmerwald beibehalten. Der Gebirgszug, der in seinen höchsten Teilen Anfang Mai mit Schnee bedeckt ist – durchschnittlich 170 Schneetage im Jahr –, ist durch die Cham-Further-Senke, die sich als überwiegend waldfrei und grünlandgenutzt deutlich absetzt, zweigeteilt.

Der nördliche Teil wurde, als Einheit betrachtet, unter der habsburgischen Monarchie von österreichischen Geographen u.a. „Niederer Böhmerwald“ genannt. Seit 1923 bis zum Ende



Bild 16 und Abb. 6
Asymmetrische Täler im Tertiärhügelland rechts der Isar bei Dingolfing.
Band 6, Maßstab des Bildes 1 : 250 000



des Zweiten Weltkrieges setzte sich dann unter deutschem Einfluß von geologischer und geographischer Seite her GÜMBEL's Bezeichnung „Oberpfälzer Wald“ durch. (PERL, 1933) Natürlich wurde nach 1945 diese Namengebung wieder aufgegeben und eine Zweiteilung vorgenommen in „Hinterer Oberpfälzer Wald“ für den bayerischen Teil (FEHN, 1959) und „Český les“ (Tschechischer Wald) für den tschechischen Anteil, nach FEHN (1966) „nördlicher Böhmerwald“.

Die tschechische Bezeichnung „Český les“ sollte jedoch nicht falsch verstanden werden. Die Tschechen nennen seit etwa 500 Jahren Böhmen „Čechy“, so daß wir nach SEDLMEYER (1973) zwei „Čechy“-Begriffe unterscheiden müssen, einen geographischen (Böhmen) und einen ethnographischen (Stammesbezeichnung). Der nördliche Hohe Böhmerwald ist kein tschechisches historisches Stammes- und Siedelgebiet sondern auch hier als „Böhmerwald“ bezeichnet. Sowohl die Begriffe Hoher Oberpfälzer Wald wie auch Český les umfassen die gleiche naturräumliche Einheit.

Ähnlich verhält es sich mit der Namengebung des südlichen Hohen Böhmerwaldes. Auch hier wird heute unterteilt in „Hinterer Bayerischer Wald“ (FEHN, 1959) auf deutscher Seite und „Šumava“ auf tschechischem Gebiet.

Nun sind Lagebezeichnungen wie „Hinterer“ und entsprechend „Vorderer“-Bayerischer und Oberpfälzer Wald wiederum nur von einer einseitigen Betrachtung her gültig – nämlich von Südwesten – und sagen nichts über den Charakter der bezeichneten Landschaften aus. Deshalb wollen wir sinnvoller vom Hohen Oberpfälzer Wald (Höhen bis 1039 m, Schwarzkoppe) und Niederen Oberpfälzer Wald (Durchschnittshöhe um 500 m) und ebenso vom Hohen Bayerischen Wald (Höhen über 1400 m) und Niederen Bayerischen Wald (selten über 1000 m hoch) sprechen. (6) Auch Niederer Oberpfälzer Wald und Niederer Bayerischer Wald lassen sich in unserem Satellitenbild gut voneinander unterscheiden. Ersterer weist in der

Landnutzung einen höheren Ackerlandanteil auf, die Vergrünlandung ist charakteristisch für den Niederen Bayerischen Wald. Beide sind getrennt durch das waldfreie Chamer Becken und das von Westen her übergreifende Oberpfälzer Bruchschollenland, dessen Ausläufer an den im Bild unstrukturierten Kiefernmonokulturen erkennbar sind. (Siehe zur Abgrenzung D.J. Manske, 1978) Der Niedere Bayerische Wald erscheint wiederum dreigliedert in einen stärker ackerbaulich genutzten nordwestlichen Teil, den Falkensteiner Vorwald, den mittleren, stark bewaldeten „Vorderen“ Bayerischen Wald und den östlichen Niederen Bayerischen Wald, der auf österreichischer Seite Bayerisch-Oberösterreichischer Massivrand benannt ist. (KOHL, 1960) Getrennt sind die drei Landschaftseinheiten durch zwei Senken (Stallwanger- und Ilz-Ohe-Senke), die sich durch eine größere Waldarmut zu erkennen geben.

Nordöstlich des Hohen Böhmerwaldes erstreckt sich ein Vorwald, das im Norden waldärmer ist als im Süden und hier charakteristische, nach Nordost verlaufende Waldstreifen aufweist, die auf eine entsprechend gerichtete Höhenrücken-Tal-Morphologie hinweisen. Getrennt werden die beiden Vorlandgebiete durch das obere Tal der Uslawa. Östlich dieses Tales schließt sich an das Vorland der südböhmische Teil der Innerböhmisches Rumpflandschaft an. 85% der etwa 0,6 Mio. ha agrarischer Nutzfläche werden von Staatsgütern und Kollektiven bewirtschaftet. Das Acker-Grünlandverhältnis beträgt 2,2 : 1. Das Farbbild gibt diese landwirtschaftlichen Verhältnisse gut wieder, denn es dominieren sowohl Großflur wie auch der rotbraune Farbton für Ackerland. Am Ostrand des Bildes wird ein Teil des walddosen, agrarisch intensiv genutzten Budweiser Beckens sichtbar. Dort, wie auch in der Südböhmischen Rumpflandschaft konzentrieren sich Teiche, die ein Gegenstück in der Oberpfälzer Teichwirtschaft (ca. 10 000 ha Teichfläche, MANSKE, 1977) haben. Im Budweiser Becken und der nicht mehr abgebildeten Wittingauer Senke befindet sich seit dem 11.–12. Jh., durch die Fastenregeln der Mönche begründet, ein Zentrum der traditionellen Teichwirtschaft Böhmens, die heute über 18 000 Teiche (ca. 33 000 ha) aufweist, ihre größte Ausdehnung aber während des 15.–16. Jh. mit etwa 180 000 ha Teichfläche hatte. (LENHARD, 1965)

Östlich des nördlichen Vorlandes des Hohen Böhmerwaldes, die Grenze bildet eine durch die lineare Waldbegrenzung sichtbare, 60 m hohe Bruchstufe, beginnt das Pilsener Becken, das auf unserem Bild durch größere Waldgebiete markiert ist. Hier herrschen ähnliche landwirtschaftliche Verhältnisse wie in der bereits erwähnten Südböhmischen Rumpflandschaft mit vorherrschender großflächiger Kartoffel-Getreide-Wirtschaft.

Südlich der Donau schließen zwei sehr unterschiedliche Landschaften an den bereits dargestellten kristallinen Gebirgsrumpf an, die sich im Bild wiederum durch ihre landwirtschaftliche Nutzung voneinander abheben. Es sind dies der Dungau, ein ca. 80 km langes und 15 km breites Becken, auf dessen waldfreiem, lößbedeckten Boden eine Getreide-Hackbau-Wirtschaft betrieben wird, mit einem Acker-Grünlandverhältnis von 5,1 : 1 und fast 30% Hackfruchtanbau, und das Tertiär Hügelland, an dem drei Landschaftseinheiten teilhaben. Im Westen liegt die intensiv ackerbaulich und durch die Hopfenkultur ausgezeichnete Hallertau mit einem Acker-Grünlandverhältnis von 3,8 : 1. Nach Osten zu, über das Isar-Inn-Hügelland zum Inn-Hausruckvierteler Hügelland, nimmt die Vergrünlandung zu. In den Tälern, etwa im Rottal, beträgt das Acker-Grünlandverhältnis bereits 1,2 : 1. Eine Ausnahme bildet das unterste Inntal um Schärding, das wiederum einen höheren Ackerlandanteil besitzt. Typisch für das Tertiär Hügelland ist die fleckenhafte Verteilung des Waldes. Mit dem Erdinger Moos und dem untersten Inntal greifen von Süden her mit den Isar-Inn-Schotterplatten die glazialgeformten Landschaften des Alpenvorlandes in unser Bild über.

SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Bedeutung der Satellitenbilder beruht auf dem großräumigen Überblick über die Vielfalt der Erscheinungen auf der Erde und ihre jahreszeitlichen Wandlungen, der nicht durch Generalisierung und Darstellung in willkürlicher Farbwahl und Symbolik, wie ihn eine Karte wiedergibt, selektiv verändert ist. Wie diese Arbeit zeigt, ist das LANDSAT-Satellitenbild durch seine noch recht grobe Auflösung in der sehr differenzierten europäischen Kulturlandschaft, die zudem intensiv erforscht, bewirtschaftet und verwaltet wird, nur bei wenigen Aufgaben sinnvoll einsetzbar. In dünnbesiedelten Regionen der Erde, die zudem durch Klima, Orographie oder Vegetation der großräumigen Erforschung Hindernisse entgegensetzen, sind Satellitenbilder bereits wichtige Hilfsmittel. Gegenüber Fliegeraufnahmen reduzieren sich die Kosten erheblich. Das Kostenverhältnis der Auswertung von hochgefliegenen Luftbildern gegenüber Satellitenbildern beträgt nach NASA-Angaben 9:1. Zum Stand der Anwendung von Satellitenbildern schreibt W. NORDBERG, Director of Applications, NASA, Goddard Space Flight Center im Vorwort zu BECKEL (1976, S. 9):

„Die Entwicklung entsprechender Datenverarbeitungs- und Vorbereitungsanlagen ist weit hinter der Entwicklung von Satelliten und Aufzeichnungsgeräten zurückgeblieben. Nach den eindrucksvollen technischen Errungenschaften des LANDSAT-Projektes und anderer Entwicklungen bleibt es die Aufgabe der nächsten Jahre, Satellitenbilder in entsprechend brauchbare Produkte umzusetzen und das Interesse derjenigen zu wecken, die das potentielle Versprechen von Satellitendaten in wirtschaftliche Nutzung verwandeln können. Nur dann wird es möglich sein, den breiten Spalt zwischen Datenangebot und Datenverwendung, der heute noch besteht, zu überbrücken.“

- (1) Siehe: BODECHTEL u. GIERLOFF-EMDEN, 1974, Bild S. 23. 1977 z.B. wurde während der Ausstellung „Das wissenschaftliche Sibirien“ zum 60. Jahrestag der Oktoberrevolution in Berlin-Ost ein Multispektral-Satellitenbild von Sojus 22 des Vil'uj-Flußgebietes an alle Besucher verteilt.
- (2) HELMCKE, LIST und ROLAND (1976) vergrößerten ein LANDSAT-Bild auf 1:50 000, gewannen aber keine höhere Auflösung als 100 m.
- (3) Der Offsetdruckerei IG Werbung, Regensburg, sei hiermit herzlich für die kostenlosen Andruckexperimente zur Farbwahl gedankt.
- (4) Entscheidend für die Brillanz eines Satellitenbildes ist die Qualität der Reproduktion in Reprotechnik, Farbwahl, Druck und Papier. Ein Beispiel hierzu bietet die Gegenüberstellung des gleichen Bildes in SCHNEIDER u. STRUNK, 1972, Nr. 12, hier sehr kontrastreich und brillant und BODECHTEL u. GIERLOFF-EMDEN, 1974, S. 133, das farbarm und flau wirkt.
- (5) Eine Übersicht über die vielfältigen Bezeichnungen bei SPERLING 1977 und ZIPPEL 1977 (5)
- (6) Herrn Dr. D.-J. Manske danke ich herzlich für Anregungen und Hinweise bei der Benennung dieser landschaftlichen Einheiten.

LITERATUR

(Die im Text angeführten Satellitenbildbände sind hier nicht wiederholt.)

- BREU, J. (1967) Zur Wirtschaftsgeographie der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik. Schriften d. Inst. f. Österreichkunde. Wien.
- BURKHARDT, R. und ENDLICHER, G. (1978) Luftbilder von der Oberpfalz Teil II b LANDSAT-2 Satellitenbild von Ostbayern, Westböhmen und Nordwest-Oberösterreich. Aspekte der geologischen Interpretation, Acta Albertina Ratisbonensia, Bd. 37
- ENGELSCHALK, W. (1978) Das Isar-Inn-Hügelland. Exkursionen in Ostbayern, Teil IV, 2, Regensburger Geographische Schriften. Regensburg
- FEHN, H. (1966) Der Bayerische Wald in wirtschafts- und sozialgeographischer Sicht. Geographische Rundschau, 18. Jg., S. 168–177
- Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (1959–1960) Bad Godesberg
- HANS, E. (1964) Der Böhmerwald. Stuttgart
- HELMCKE, D., F.K. LIST, N.W. ROLAND (1976) Geologische Interpretation von Luft- und Satellitenbildern des Tibesti-Gebirges (Zentral-Sahara, Tschad). Geolog. Jahrbuch, Reihe A, Heft 33, S. 89–115
- KOHL, H. (1960) Naturräumliche Gliederung I und II. Atlas von Oberösterreich. Erläuterungsband zur zweiten Lieferung. Linz 1960
- KOLB, H. und NIEMANN, G. (o.J. 1967?) Pumpspeicherwerksgruppe Jansen der OBAG. Musteranlagen der Energiewirtschaft, Hrsg.: E. GRÄFEN. München
- KRONBERG, P. (1976) Bruchstrukturen des Rheinischen Schiefergebirges, des Münsterlandes und des Niederrheins – kartiert in Aufnahmen des Erdkundungs-Satelliten ERTS-1. Geolog. Jahrbuch, Reihe A, Heft 33, S.37 - 48
- LENHARD, F. (1965) Der Südböhmische Bezirk (jihoceský kraj) – eine ökonomisch-geographische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Teichwirtschaft. Geographische Berichte, 10. Jg., S. 161–182
- MACHATSCHEK, F. (1927) Landeskunde der Sudeten- und Westkarpatenländer. Stuttgart
- MANSKE, D.-J. (1977) Bergbau, Industrie und Teichwirtschaft an der mittleren Naab. In: Degen und Muuss (Herausg.) Topograph. Atlas Bundesrepublik Deutschland, München, S. 156
- MANSKE, D.-J. (1978) Die naturgeographischen Grundlagen des Kreises Amberg-Sulzbach. In: Der Landkreis Amberg-Sulzbach. (Im Druck)
- MEYER, J.H., P. KLEIN u.a. (1973) Satellitenporträts der Schweiz. Tages Anzeiger Magazin Nr. 37, Zürich

- MÜHLFELD, R. (1976) Relationship between Vegetation, Soil, Bedrock, and other Geologic Features in Moderate Humid Climate (Central Europe) as Seen on ERTS-Imagery. Geolog. Jahrbuch, Reihe A, Heft 33, S. 21 - 35
- PERL, J. (1933) Der Oberpfälzer Wald. Beiträge zur Landeskunde. Diss. Leipzig
- RUDER, J. (1976) Die Erdforschungssatelliten LANDSAT (ERTS) und Skylab. Geolog. Jahrbuch, Reihe A, Heft 33, S. 5–19
- RUPPERT, K. (1966) Niederbayern zwischen Donau und Inn. Eine agrargeographische Skizze. Geographische Rundschau, 18. Jg., S. 180–186
- SEDLMEYER, K. (1941) Die natürlichen Landschaften der Sudetenländer. Abhandlg. der Geogr. Ges. Wien, Band 4, Heft 2, Wien
- SEDLMEYER, K. (1973) Landeskunde der Tschecho-Slowakei. Frankfurt
- SPERLING, W. (1977) Der Böhmerwald – kein Gebirge außerhalb Deutschlands. Kartographische Nachrichten, 27. Jg., Heft 6, S. 218–222
- ZIPPEL, M. (1977) Der Böhmerwald – ein Gebirge außerhalb Deutschlands? Kartographische Nachrichten, 27. Jg., Heft 1, S. 17–25