

Aus dem Institut für Kartographie, Abt. Satellitenbildkartographie, der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

MANFRED F. BUCHROITHNER

ERLÄUTERUNGEN ZUR SATELLITENBILDKARTE VON LINZ UND UMGEBUNG *

(Mit 5 Abbildungen, 1 Faltkarte und 1 Tabelle)

Manuskript eingelangt im Juli 1983

Anschrift des Verfassers:

Dr. Manfred F. BUCHROITHNER, Österr. Akademie der Wissenschaften, A-1010 Wien,
Bäckerstraße 20

EXPLANATORY NOTES ON THE SATELLITE IMAGE MAP OF THE GREATER LINZ AREA

SUMMARY

By combining the data of three Landsat MSS bands false colour composites can be produced. Their spectral informations are superior to those of conventional (false) colour aerial photographs. By the example of the greater Linz area such a geometrically rectified false colour composite of Landsat 1 is interpreted.

Moreover, problems and results of a computer-aided, supervised classification of the study area are described. Increasing spectral and spatial resolution of future earth observation satellites will certainly make the automated classification a useful tool for fast production of medium scale land cover maps.

* Dieser Beitrag wurde in vom Autor überarbeiteter Form übernommen aus: KULTURAMT DER STADT LINZ (Hrsg.), 1983: Zur Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung. Linzer Atlas, H. 7, Linz. Notwendige Ergänzungen (Zusammenfassung, Summary), Untergliederungen sowie Umstellungen (Abbildungen) wurden in Abstimmung mit den redaktionellen Richtlinien vorgenommen.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	10
2. Das Satellitensystem Landsat	10
2.1. Bilddatenerfassung	14
3. Anwendungsbereich Großraum Linz.	18
3.1. Die Falschfarben-Satellitenbildkarte	18
3.1.1. Herstellung	19
3.1.1.1. Einige Bemerkungen zum Karteninhalt.	20
3.2. Die rechnergestützte Klassifizierung der Satellitenbildkarte	24
3.2.1. Relevanz der Oberflächenklassifizierung	25
4. Schlußbemerkungen	27
5. Zusammenfassung	28
Literatur	28

1. EINLEITUNG

Anfang der sechziger Jahre setzte, zunächst mit Wettersatelliten, die Fernerkundung der Erde aus dem Weltraum ein. Diese Entwicklung basierte auf der Erkenntnis der späten fünfziger und sechziger Jahre, daß die natürlichen Ressourcen der Erde beschränkt sind und daß auf Grund der ständig wachsenden Weltbevölkerung in Zusammenwirken mit dem zunehmenden Energiebedarf – im weitesten Sinne des Wortes – auf längere Frist ein Engpaß in der Versorgung mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen droht. Um diese Situation in den Griff zu bekommen, wurde als erste Maßnahme die rasche und großregionale Erfassung von Grundlageninformationen gefordert. Und hiezu eignet sich die Fernerkundung mittels erdbeobachtender Satelliten hervorragend.

Was bedeutet nun der Begriff Fernerkundung oder Remote Sensing? Man versteht darunter alle jene Verfahren, die sich mit der Messung von Objekteigenschaften über eine räumliche Distanz befassen. Im weiteren Sinn zählt daher die herkömmliche Luftbilddauswertung ebenfalls zu den Fernerkundungsmethoden. Heute wird darunter jedoch zumeist die Anwendung vergleichsweise neuer Technologien verstanden.

2. DAS SATELLITENSYSTEM LANDSAT

Im konkreten Fall mißt ein Satellit mit verschiedenen Sensoren die von der Erde remittierte Sonnenstrahlung bzw. die thermische Eigen-

strahlung der Erdoberfläche. Die Meßwerte werden durch Sonnenstand, Exposition und Witterung (Wolken, Dunst, Sandstürme), aber auch durch die an sich „ungestörte“ Atmosphäre auf Grund von Strahlungsabsorption und -streuung verändert. Diese Fakten im richtigen Maße zu berücksichtigen, ist Aufgabe der Datenvorverarbeitung bzw. der digitalen Bildverarbeitung. Deren Ergebnisse fließen dann in die verschiedensten Anwendungsbereiche ein, und somit wird der Informationskreislauf wieder geschlossen. Abbildung 1 zeigt die Kybernetik des Landsat-Fernerkundungssystems mit den wichtigsten Komponenten.

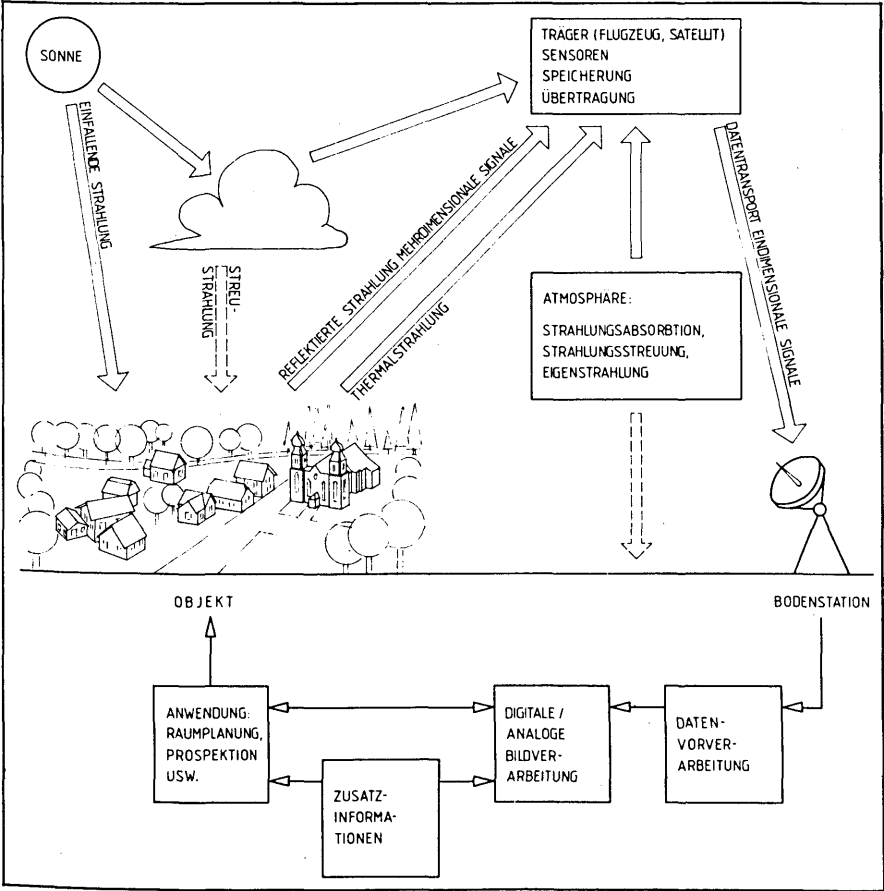


Abb. 1: Interaktionsmechanismus der Strahlung und Datenfluß im Fernerkundungssystem von Landsat (teilweise in Anlehnung an Van der MEER MOHR, 1977).

Fig. 1: Interaction of radiation and data flow within the remote sensing system of Landsat (partly adapted from Van der MEER MOHR, 1977).

Am 23. Juli 1972 wurde ERTS 1, der erste ausschließlich für Erdbeobachtung konzipierte Satellit, von der amerikanischen Weltraumbehörde NASA in seine Umlaufbahn gebracht und war bis Jänner 1978 in Betrieb. Am 22. Jänner 1975 folgte dieser ersten Raumsonde des Earth Resources Technology Satellite (ERTS) Programms, welches auf den Erfahrungen des meteorologischen Satelliten Nimbus aufgebaut wurde, eine zweite, die als Land Observation Satellite (Landsat) 2 bezeichnet wurde. Rückwirkend wurde auch ERTS 1 in Landsat 1 umbenannt. Am 5. März 1978 wurde Landsat 3, und am 29. Juli 1982 mit Landsat 4 der bislang letzte Vertreter dieser Satellitenserie in das All geschossen. Sowohl bei seinen Sensoren als auch in den Umlaufbahnparametern unterscheidet sich Landsat 4 von seinen Vorgängern. Er soll daher bei

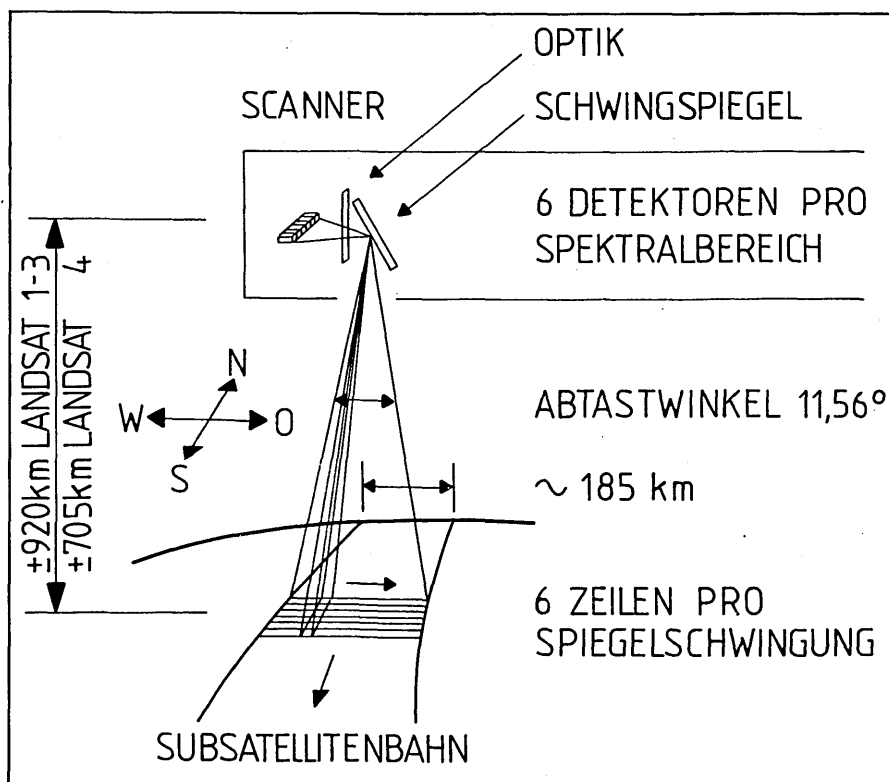


Abb. 2: Das Prinzip des Multispektralscanners (MSS) und die Entstehung des Aufnahmebereichs von Landsat (abgeändert und ergänzt nach U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 1979).

Fig. 2: Principle of the Landsat multispectral scanner (MSS) and generation of the swath (altered and completed after U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 1979).

den folgenden Ausführungen unberücksicht bleiben und lediglich am Ende dieses Kapitels gesondert kurz behandelt werden.

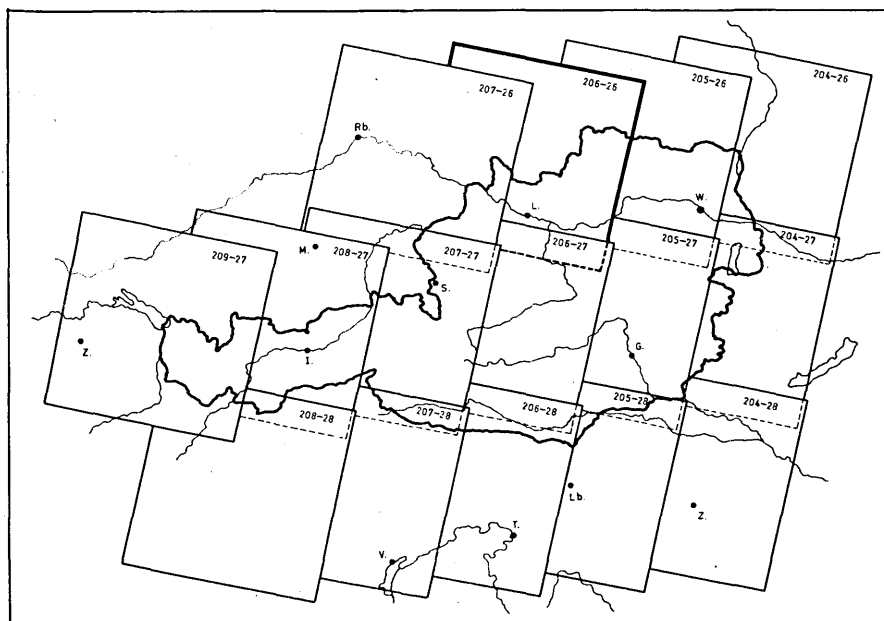


Abb. 3: Lageskizze der Österreich überdeckenden Landsat-Szenen mit den Codenummern des internationalen Index für Landsat 1–3. Die leichten Versetzungen innerhalb der einzelnen Streifen dienen nur der besseren Übersichtlichkeit. In Wirklichkeit formen die Bilder einer Erdumrundung einen Abtaststreifen mit kontinuierlichen Ost- und Westbegrenzungen. Da die Positionen der einzelnen Szenen innerhalb einiger Zehnerkilometer variieren, stellen sie nur die gemittelten Lagen aus den letzten Jahren dar. Zur Veranschaulichung des Überfliegungsablaufs wurden die Rahmen so eingezeichnet, daß die zuletzt gescannten Aufnahmen die jeweils älteren überdecken. Auf diese Weise kann die Nord-Süd-Bewegungsrichtung des Satelliten und das Ost-West-Fortschreiten der Flugbahnen aus der Skizze abgelesen werden. Die für die Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung verwendete Szene ist stärker umrandet (übernommen von BUCHROITHNER, 1982).

Fig. 3: Index map of Landsat imagery covering Austria. The figures indicate the code numbers of the international index for Landsat 1 – 3 scenes. The slight displacements within the paths (revolutions) are only due to greater legibility of the map. In reality scenes of one path form a ground track with continuous E and W limits. As the locations of the single scenes vary within a certain range (some tens of km) they only represent average positions of the last few years. For the sake of clearness the frames were drawn in that way that the scenes scanned last cover the older ones thus indicating the N-S flying direction and E-W trend of the satellite's revolutions. The Landsat scene covering Linz and surroundings has been marked with a thicker frame (from BUCHROITHNER, 1982).

Die zur Zeit noch in Betrieb stehenden rund drei Meter hohen und eineinhalb Meter breiten Satelliten umkreisen – ebenso wie ihr bereits stillgelegter Vorläufer – die Erde auf einer beinahe kreisförmigen, sonnensynchronen Umlaufbahn in 920 Kilometer Höhe, wobei Abweichungen bis zu etwa zehn Kilometern auftreten können. Auf seiner polnahen Bahn mit einer Inklination von 99 Grad überquert der Satellit bei seinem Umlauf von Norden nach Süden das österreichische Bundesgebiet etwa um 9.15 Uhr MEZ. Eine Erdumkreisung dauert 103 Minuten, woraus sich 14 Umläufe pro Tag ergeben. Auf der beleuchteten Erdhalbkugel wird ein Streifen von nominell 185,2 Kilometern Breite – mit nur sehr geringen Schwankungen von maximal einigen Kilometern – quer zur Flugrichtung elektronisch abgetastet (Abb. 2). Die Gesamtabweichungen des Aufnahmestreifens in West-Ost-Richtung betragen allerdings bis über 35 Kilometer in unseren Breiten.

Der unmittelbar nächste Umlauf liegt im Äquatorialbereich um 26 Längengrade nach Westen versetzt. Am jeweils darauffolgenden Tag werden mit einer polwärts stetig abnehmenden Überlappung von etwa 26 Kilometern am Äquator – was einer Seitenüberdeckung von zirka 14 Prozent entspricht – die westlich anschließenden Streifen aufgenommen. In 17 Tagen könnte somit, abgesehen von kleinen Gebieten um die Pole, die gesamte Erdoberfläche erfaßt werden, wenn das Aufnahmesystem permanent aktiv wäre.

Nach 251 Umläufen beginnt am 18. Tag der Aufnahmezyklus wieder von vorne. Bei entsprechenden Wetterbedingungen kann Österreich in sechs aufeinanderfolgenden Tagen abgedeckt werden (Abb. 3).

2.1. Bilddatenerfassung

Die Landsat-Satelliten haben zwei Aufnahmesysteme, Landsat 3 zusätzlich noch einen Infrarot-Thermalscanner im Wellenbereich von 10.400 bis 12.600 nm (Band 8). Das eine, weniger verwendete System besteht aus drei Fernsehkameras, die in drei verschiedenen Spektralbereichen, und zwar von 475 bis 575, von 580 bis 680 und von 690 bis 830 nm (Bänder 1 bis 3; vgl. Abb. 4), aufnehmen. Die Bildauflösung beträgt 45 m, jedoch wurden trotz dieser guten Resolution die in dieses sogenannte Return Beam Vidicon (RBV) System gesetzten Erwartungen nicht im erhofften Maß erfüllt.

Beim Aufnahmesystem des Multispectral Scanner (MSS), aus dessen Daten auch das vorliegende Kartenblatt erstellt wurde, tastet ein schwingender Spiegel die von der Erdoberfläche reflektierte Strahlung zeilenweise von West nach Ost – jeweils sechs Zeilen gleichzeitig – ab. Der 185 Kilometer breite Erdstreifen entspricht einer Abtastwinkelöffnung von rund zwölf Grad (Abb. 2). Die vom Schwingspiegel erfaßte Strahlung wird über ein Prisma und sensible Detektoren geschickt, in vier verschiedene Wellenbereiche (Bandbreiten, Bänder) zerlegt und in elektronische Signale umgesetzt. Die verwendeten Abschnitte des elektromagnetischen Wellenspektrums sind folgende (vgl. auch Abb. 4):

Band 4: 500 bis 600 nm, entspricht dem grünen bis gelben sichtbaren Licht

Band 5: 600 bis 700 nm, entspricht dem roten bis orangefarbenen sichtbaren Licht

Band 6: 700 bis 800 nm, entspricht dem sichtbaren purpurnen Licht des nahen Infrarot

Band 7: 800 bis 1100 nm, entspricht dem nahen Infrarot, nicht sichtbar.

Die aufgenommenen Daten werden sodann mit zwei im Satelliten installierten Wide Band Video Tape Recordern (WBVTRs), die eine Speicherkapazität von maximal 30 Minuten haben, aufgezeichnet, bis der Satellit wieder in den Einzugsbereich einer Bodenstation gelangt. Mit diesen Bildaufzeichnungsgeräten gab und gibt es allerdings häufig Schwierigkeiten, so daß die Speicherkapazität herabgesetzt war bzw. ist und nur ein beschränkter Datenempfang durchgeführt werden kann.

Die Bildinformation wird pro Abtastzeile in über 3000 Bildelemente zerlegt und mittels Funk an die Bodenstationen abgestrahlt. Für Europa liegen diese in Kiruna, Nordschweden, und in Fucino bei Rom, wobei letztere Station für den Datenempfang aus dem Alpenbereich zuständig ist. Die Information wird in den Empfangsstationen dann auf sogenannte High Density Tapes (HDTs) aufgezeichnet, und in der weiteren Verarbeitung der zunächst kontinuierliche Datenstrom eines Flugstreifens in einzelne sich überlappende, annähernd quadratische Bildszenen mit je 2050 bzw. 2300 Zeilen – ja nach Magnetbandformat – aufgeteilt (vgl. Abb. 3). Daraus läßt sich eine Bildpunktgröße des multispektralen Scanners von ca. 79 Metern in Flug- und 57 Metern in Abtastrichtung ableiten. Die Datenmenge von rund 7,5 Millionen Bildelementen – heute auch im deutschen Sprachraum *Pixel*, von engl. *Picture Element*, genannt – pro Spektralbereich bedeutet eine Gesamtinformation von rund 30 Millionen MSS-Einzeldaten aus einer Landsat-Szene. Diese

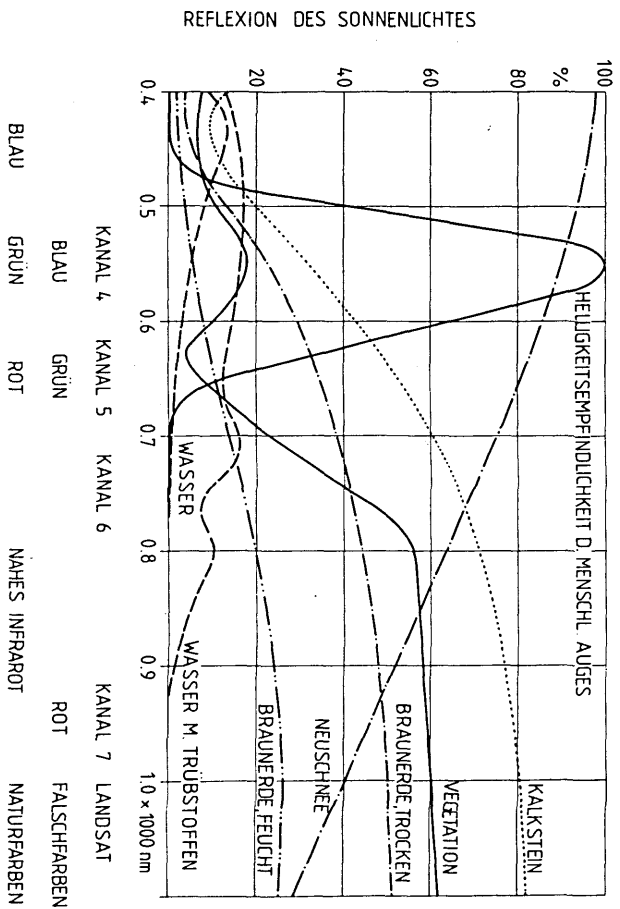
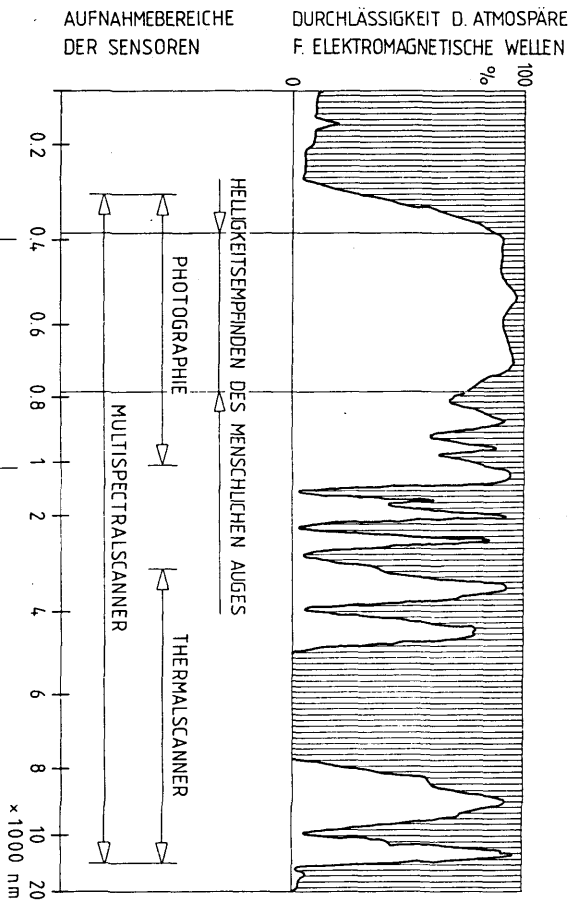
Datenfülle läßt sich sinnvoll nur noch mit Hilfe eines Computers bewältigen. In den Bodenstationen wird daher der Bildinhalt in bestimmten, definierten Formaten auf sogenannte Computer Compatible Tapes (CCTs), also Magnetbänder, die auf den üblichen Computerbandstationen lesbar sind, geschrieben.

Jedem der auf diesen Magnetbändern gespeicherten Bildelemente ist ein bestimmter Grauwert – je nach der Strahlungsintensität des entsprechenden Stückes Erdoberfläche – zugeordnet worden. Dieser Grauwert wird im allgemeinen in den verschiedenen von Landsat abgetasteten Wellenbereichen variieren. Es können somit die Strahlungscharakteristika (Reflexionskurven) der einzelnen Oberflächentypen zu deren Identifikation herangezogen werden (Abb. 4). Setzt man nun die rund 7,5 Millionen Bildpunkte einer Landsat-Szene in allen vier Bandbereichen basierend auf einer 64-, 128- oder 256-teiligen Grauskala zu Schwarzweißbildern zusammen, so kann man durch vergleichende Betrachtung der vier Bilder mit der Hintergrundinformation des Strahlungsverhaltens verschiedener Objekte eine qualitative Analyse dieser Satellitenszene durchführen. Unter der Voraussetzung gleicher atmosphärischer Bedingungen müssen gleiche Objekte innerhalb eines Bildes bei gleicher Exposition gleiche Strahlungswerte aufweisen. Diese Tatsache der streng objektivierten oder mit Hilfe verschiedener, diffiziler Prozeduren objektivierbaren elektromagnetischen Eigenschaften von Oberflächen macht man sich in der digitalen Bildverarbeitung bei der Auswertung von Satellitenbildern im Hinblick auf verschiedenste Fragestellungen zunutze (bezüglich der diversen Anwendungsgebiete vgl. den Artikel von BECKEL, 1981).

Die oben erwähnte Erstellung von Schwarzweißpapierbildern der einzelnen Bänder geschieht an einem Bildausgabegerät (Bildkonvertie-

Abb. 4: Reflexionsverhalten verschiedener Oberflächen im elektromagnetischen Wellenspektrum zwischen 400 und 1100 nm sowie Aufnahmebereiche einiger Sensoren. Die Strahlungskurve für Vegetation stellt das Mittel verschiedener Vegetationsarten dar. Die Darstellung der Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges berücksichtigt im oberen Skizzenteil Tag- und Nachtsehen, während im unteren Abschnitt nur das Tagsehen eingeht, da sich alle Kurven dieses Abbildungsteils auf das reflektierte Sonnenlicht beziehen (zusammengestellt nach PLEITNER, 1980, PHILIPS, 1980, BECKEL, 1981).

Fig. 4: Spectral response characteristics of various surface types within the 400 – 1100 nm range of the electromagnetic spectrum and bandwidths of some sensors. The reflectance curve of vegetation represents the mean of different types of vegetation. The sensitivity for brightness of the human eye in the upper part of the figure refers to day and night sight, in the lower part only to day sight, as all curves of the latter portion only refer to reflected sun light (compiled from PLEITNER, 1980, PHILIPS, 1980, BECKEL, 1981).



rungsanlage). Dazu wird ein hochempfindlicher und extrem feinkörniger Spezialfilm auf einer rasch rotierenden und sich in Achsenrichtung langsam bewegenden Walze montiert. Die digitalen Grauwertdaten der einzelnen Bildelemente werden in Lichtimpulse umgewandelt und der Film Abtastzeile für Abtastzeile belichtet. Auf diese Weise entspricht dann jeder digitalen Pixelinformation als analoger Wert ein bestimmter Grauton. Der Film wird auf herkömmliche fototechnische Weise zu Papierkopien entwickelt. Heute werden für die Bildherstellung bereits häufig Laser Beam Recorder verwendet.

Zum Abschluß dieses Kapitels sei noch kurz auf den Landsat-4-Satelliten eingegangen. Dieser zur Zeit (Spätsommer 1983) noch im Teststadium befindliche Satellit ist größer und schwerer als seine Vorgänger und fliegt in einer mittleren Höhe von nur 705 km. Mit seinem einen Aufnahmesystem, dem sogenannten Thematic Mapper (TM), erreicht Landsat 4 eine Pixelauflösung von 30×30 Metern in den Wellenbereichen des sichtbaren Lichts und von 120×120 Metern im 10400 bis 12500 nm Thermalband. Das Thematic-Mapper-Abtastsystem umfaßt sieben relativ eng definierte Bandbreiten zwischen 450 und 12500 nm, die auf Grund ganz spezifischer Erfordernisse, z. B. Bodenfeuchtigkeitskartierung, Erfassung hydrothermal metamorpher – das heißt eventuell erzhöffiger – Gesteinszonen, entwickelt worden sind. Daneben besitzt Landsat 4 noch das nunmehr bereits als „konventionell“ zu bezeichnende Multispectral-Scanner-Aufnahmesystem mit den gleichen vier Bändern wie Landsat 1 bis 3. Die Breite des Abtaststreifens von TM und MSS beträgt ebenfalls 185 km. Die Umkreisungszeit beläuft sich auf 100 Minuten, der Repetitionszyklus beträgt 16 Tage. Erste Testauswertungen der Digitaldaten der Aufnahmen von Landsat 4 erbrachten Bilder von hervorragender Qualität und einer Fülle an Informationen. Eine vielversprechende Entwicklung im Hinblick auf zukünftige kommerzielle Erdbeobachtungssatellitensysteme.

3. ANWENDUNGSBEREICH GROSSRAUM LINZ

3.1. Die Falschfarben-Satellitenbildkarte

Den zunächst als Schwarzweißbilder ausgegebenen Landsat-Daten kann man nun Farben zuordnen und sie dann überlagern. Üblicherweise läßt man Band 6, da es in Relation zu den anderen Bändern zu wenig „eigenständige“ Information liefert, weg, und ordnet den Bändern 4, 5

und 7 die Farben Blau, Grün und Rot zu (siehe auch Abb. 3). Diese Kodierung hat sich historisch entwickelt und entspricht den internationalen Konventionen. Der rote Farbton, in dem das menschliche Auge einzelne Nuancierungen ausgezeichnet unterscheiden kann, wird dem Kanal 7 des nahen Infrarotbereichs zugeordnet. In diesem Spektralabschnitt weist nämlich die chlorophyllhaltige, aktive Vegetation eine sehr starke Remission auf, und es können somit an Hand der Rottönung verschiedene Vegetationstypen recht gut differenziert werden.

Aus einer derartigen Falschfarbenkomposite kann man mit etwas Übung unter Berücksichtigung von Textur und flächen- bzw. linienhafter Ausdehnung der jeweiligen Farbe bereits etliches herauslesen. Einige Grundklassen der Landbedeckung lassen sich, wie im folgenden kurz und grob vereinfacht ausgeführt werden soll, unterscheiden. Reine Nadelwälder weisen ein sehr dunkles Braunrot auf, Laubwälder ein braunes Mittelrot, Mischwälder liegen je nach ihren Gehölzanteilen dazwischen. Aber auch reine Buchen- lassen sich z. B. von Auwäldern, die ein typisches, bräunliches Ziegelrot zeigen, unterscheiden. Klares Wasser von mehr als etwa drei Metern Tiefe weist ein dunkles, z. T. schwärzliches Blau auf, trübes Wasser ein helleres, manchmal leicht grünliches. Siedlungen zeigen sich in einem bläulichen Hellgrau, landwirtschaftliche Nutzflächen – je nachdem, ob sie aktive oder passive Vegetation tragen oder ob sie gepflügt bzw. geeggt sind – in einem kräftigen, eher hellen Rot bis Orangerot, in einem hellen grünlichbraunen Ton oder in der entsprechenden Falschfarbe des jeweiligen Bodens. In diesem Zusammenhang sei auch auf einen Vergleich mit der klassifizierten Landbedeckungskarte von Linz und Umgebung verwiesen.

3.1.1. Herstellung

Die gemeinhin für Satellitenbilder verwendeten Daten stammen von sogenannten „preprocessed“ und „scene corrected“ Magnetbändern. Das heißt, die Reflexionsstrahlungswerte sind radiometrisch etwas korrigiert, die beim Abscannen und bei der Datenübertragung entstandenen starken Verzerrungen großteils eliminiert, und die Bilddaten in eine sogenannte Space Oblique Mercator Projektion gebracht worden. Für eine geometrisch exakte Darstellung müssen die Satellitendaten jedoch nach einer der gebräuchlichen Kartenprojektionen, im gegenständlichen Fall nach GAUSS-KRÜGER, entzerrt werden. Dies geschieht dadurch, daß möglichst viele genau in der Karte verzeichnete Punkte im

Satellitenbild identifiziert, und die Koordinaten der Paßpunktpaare in einem Datenfile eingetragen werden. Nach einem bestimmten Verfahren, im Fall von Linz nach einer quadratischen Interpolation mit Polygonen 2. Ordnung und „Nearest Neighbour“ als Zuordnungskriterium für die Ausgabegrauwerte, werden die Bilddaten an einem digitalen Bildverarbeitungssystem in das Punktnetz der Karten hineingerechnet.

Nach der geometrischen Korrektur können noch Bildverbesserungsverfahren angewendet werden. Bei der Falschfarbenkomposite von Linz wurde nur eine einfache geringe Veränderung der Strahlungsfrequenzhistogramme durchgeführt. Das heißt, daß jene Grauwertstufen von 128 bzw. 256 theoretisch möglichen Grauwerten, die nur in sehr geringer Zahl in den einzelnen Bändern vertreten sind, eliminiert und die verbleibenden, sehr dicht besetzten – und somit für das menschliche Auge nur schwer unterscheidbaren Grautöne – gewichtet über die 128 bzw. 256 Stufen verteilt wurden. Dies geschah bandspezifisch in allen drei verwendeten Spektralbereichen. Auf diese Weise kann nämlich der latente Informationsgehalt eines Satellitenbildes, aber auch seine Plastizität erhöht werden. Man nennt diese Prozedur Histogram Stretching oder auch Grauwertspreizung.

Die verwendeten Magnetbanddaten wurden am 26. August 1976, einem Tag, an dem über Oberösterreich klares Spätsommerwetter herrschte, von Landsat 1 aufgenommen. Dieses etwas ältere Band mußte deshalb verwendet werden, weil vom dargestellten Gebiet kein jüngerer zur Verfügung stand, und auf die Anschaffung eines neuen Magnetbandes aus Kostengründen verzichtet werden mußte. Die Jahreszeit der Aufnahme ist, vor allem bei der Betrachtung der landwirtschaftlichen Nutzflächen, während der Interpretation zu berücksichtigen.

3.1.1.1. Einige Bemerkungen zum Karteninhalt (siehe Faltkarte)

Die Wahl des Landsat-Szenenausschnittes erfolgte bei der vorliegenden Satellitenbildkarte so, daß die Stadt Linz mehr oder weniger das Zentrum einnimmt. Im Westen ist noch der gesamte Kürnberger Wald mit Ottensheim und dem Ostende des Eferdinger Beckens dargestellt. Andererseits sind auch noch der Flughafen Linz in Hörsching und das Tal der Großen Rodl um Gramastetten in der Karte enthalten. Der Nordrand wurde so gewählt, daß der gesamte Haselgraben mit dem Sattel von Glasau, und im Nordosten der Raum um Pregarten noch auf der Karte liegen. Im Osten bestimmte die Einmün-

dung der Enns den Kartenrand, die südliche Begrenzung war auf der einen Seite durch den etwa quadratischen Blattschnitt vorgegeben, zum anderen sollte er so liegen, daß der Betrachter noch einen Eindruck vom Bauernland südlich der Donau erhält.

Das Hauptaugenmerk fällt beim ersten Ansehen der Falschfarben-Satellitenbildkarte wohl auf das Stadtgebiet von Linz. Das Weichbild der Stadt liegt unter einer über dem Linzer Becken hängenden Smogdecke. Zwar ist es möglich, diese mit Hilfe von digitalen Filteroperationen größtenteils zu eliminieren, doch wurde im vorliegenden Fall absichtlich darauf verzichtet, um einen Eindruck von dem „typischen“ Dunstschleier über Linz zu vermitteln. Die unterschiedliche Siedlungsdichte, Park- und Waldgebiete sowie andere Grünflächen, die Linzer Donauhäfen und die Gleiskörper der Bahnhöfe südlich der Donau lassen sich darunter erkennen. Auch sei hier auf einen Vergleich mit dem klassifizierten Satellitenbild verwiesen.

An linearen Elementen ist wohl die Donau am auffälligsten. Die Unterläufe ihrer Zubringerflüsse Enns und Traun sind, in etwas dunklerem Blau, ebenfalls erkennbar. Die Westautobahn zieht sich in gestrecktem Bogen als hellgrauer Streifen durch die Traun-Enns-Platte.

Bei den flächenhaften Bildelementen sind es neben der Stadt Linz vor allem die Nadelwaldgebiete, die auf Grund ihrer tiefen rostbraunen Färbung augenfällig sind. Unter ihnen bildet wiederum der Kürnbergerwald, der allerdings auch Mischwaldbereiche mit hohem Nadelholzanteil enthält, in dem auf der Karte dargestellten Areal wohl den markantesten Fleck. Südlich und östlich von Linz heben sich die Auwälder entlang Traun und Donau deutlich in ihrem Farbton ab. Die dunkelblaue Farbe der in ihnen gelegenen Altwasserarme und Teiche oder Seen läßt auf deren Tiefe, aber auch auf die Wasserreinheit Schlüsse zu. Während sich die Auwälder als Gürtel erstrecken, sind im Mühlviertel sowohl die Nadel- als auch die Misch- und Buchenwälder mehr oder weniger unregelmäßig verteilt, wenngleich auch erstere vorwiegend in den „Gipfel“-Regionen zu finden sind. Die landwirtschaftliche Nutzfläche besteht aus relativ kleinen Einheiten, wobei der Anteil an Feldern mit noch aktiver Vegetation auf Grund der Lage vergleichsweise höher als im Alpenvorland ist. Der kleinflächige, patchworkartige Habitus des Mühlviertels steht in deutlichem Gegensatz zur Traun-Enns-Platte. Das mit seinem westlichsten Anteil noch auf der Satellitenbildkarte vertretene Machland nimmt etwa eine Mittelstellung ein.

Das Florianer Land und das Bauernland südlich des Kürnbergerwaldes, um die Ortschaften Pasching und Thening, weisen großflächige Fluren auf und gehören zu den agrarwirtschaftlich intensivst genutzten Gebieten Österreichs. Die Ausdehnungen der Felder stehen in Einklang mit dem flachhügeligen Relief dieser Region. Die kleinen, verstreuten Wäldchen und Waldsäume bestehen oft aus Laubhölzern oder sie stellen Mischwälder dar.

Im Nordosten der Traun-Enns-Platte springen zwei hellgraue, an der Donau gelegene Flecken in das Auge. Der westliche, größere stammt von der Baustelle der Staustufe Abwinden-Asten. Der kleinere, nördlich von Enns liegende, zeigt die Baustelle des neuen Industrieareals Enns-Nord der Chemie Linz AG und des darin inbegriffenen Hafens an.

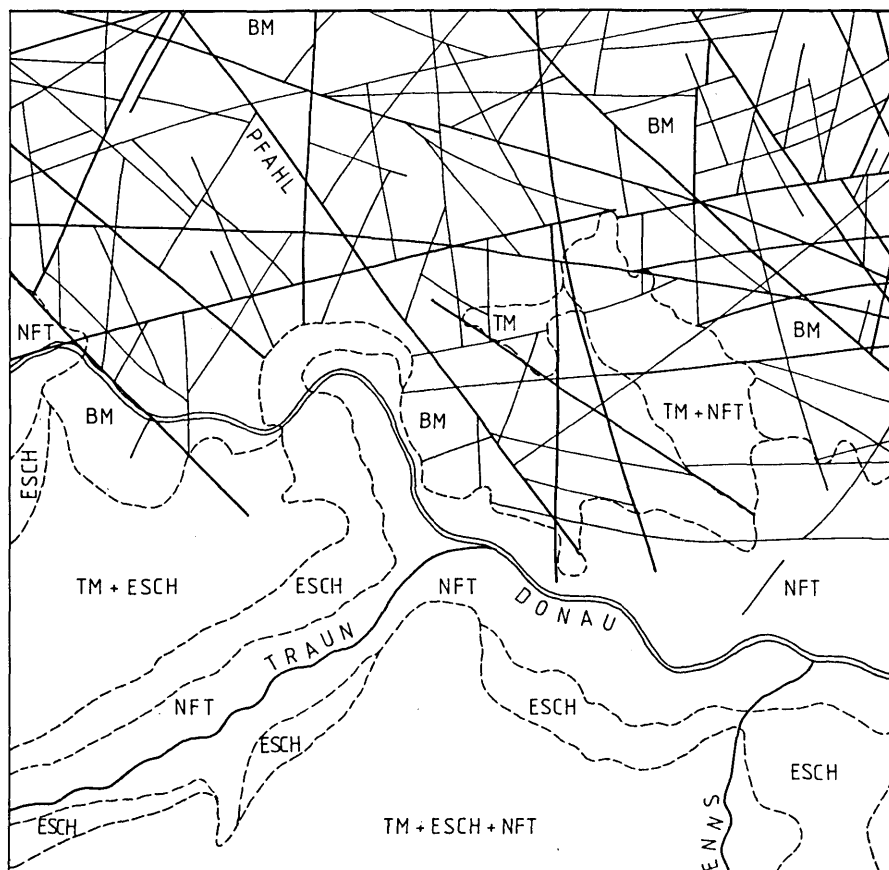
Abgesehen von den bisher angeführten Landschaftselementen kann ein geschultes Auge auch geologische Informationen aus dem Satellitenbild herauslesen. Relativ leicht sind an Hand der Flurformen und der unterschiedlichen Färbung die Schotterablagerungen der Hoch- und Niederterrassen des Trauntals, aber auch die fluviatilen Becken der Donau auszuscheiden. Mehr Routine ist allerdings zur Abgrenzung des Gneis- und Granitmassivs der Böhmisches Masse, welche im Bereich des Kürnbergerwaldes nach Süden über die Donau greift, notwendig. Auf Grund des Gesamthabitus des Gebietes, vor allem der Flurformen,

Abb. 5: Geologische Interpretationsskizze des in der Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung dargestellten Gebietes mit Bruchstörungslinien. Wichtige Lineamente sind durch größere Strichstärken hervorgehoben. – BM: Kristallin der Böhmisches Masse (Granite und Gneise). TM+ESCH+NFT: Tertiäre Molasse mit eiszeitlicher Schotter-, Lehm- und Lößbedeckung sowie nacheiszeitlichen fluviatilen Talfüllungen. TM+ESCH: Tertiäre Molasse mit eiszeitlicher Schotter-, Lehm- und Lößbedeckung. TM+NFT: Tertiäre Molasse mit nacheiszeitlichen Flußschottern. ESCH: Eiszeitliche Schotter. NFT: Nacheiszeitliche fluviatile Talfüllungen. – NB: Die Abgrenzungen der geologischen Einheiten wurden nach morphologisch-texturellen Kriterien gezogen und können von den Geländebefunden abweichen.

Fig. 5: Geological interpretation of the satellite image map of Linz and surroundings with fractures. Major lineaments are set off by thicker lines. – BM: Crystalline rocks of the Bohemian Massif (granites and gneisses). TM+ESCH+NFT: Tertiary molasse deposits with gravel, clay and loess coverage as well as postglacial fluviatile valley fills. TM+ESCH: Tertiary molasse deposits with glacial gravel, clay and loess coverage. TM+NFT: Tertiary molasse deposits with postglacial fluviatile gravels. ESCH: Glacial gravel. NFT: Postglacial fluviatile valley fills. – NB: Boundary lines of the geological units have been drawn according to morphological and textural features and can differ from field mapping.

läßt sich diese Grenzziehung durchführen. Auch das Tertiärbecken von Gallneukirchen kann abgetrennt werden (Abb. 5).

Obwohl der Bildkartenausschnitt für das Erkennen großräumiger tektonischer Störungslinien eher zu klein ist, lassen sich solche steilstehende geologische Bruchflächen doch ausmachen. Am auffälligsten ist wohl jenes Lineament, welches über den Raum Gramastetten in das Tal des Diesenleitenbaches hineinzieht. Etwa sechs Kilometer nordöstlich davon verläuft in sehr spitzem Winkel dazu über den Lichtenberg, die meridional steichende Haselgrabenstörung kreuzend, eine weitere geologische Strukturlinie, die sich nordöstlich des Pfenningberges bis zu den Donauebenen weiterzieht. Es ist dies das östliche Ende der bekannten, das gesamte Böhmisches Massiv durchschneidenden Pfahlstörung, die vom westlichen Bayerischen Wald bis hierher durchstreicht. Neben



anderen, weniger markanten tektonischen Linien wäre vielleicht noch jene zu erwähnen, die vom Raum Ottensheim – dort den Donaulauf bestimmend – in ostnordöstlicher Richtung nach Pregarten und von dort weiter nach Ostnordosten verläuft (Abb. 5). Solche geologische Bruchlinien sind, abgesehen von ihrer Höffigkeit auf Mineralvorkommen, auch als Grundwasserleiter und -speicher von Bedeutung.

3.2. Die rechnergestützte Klassifizierung der Satellitenbildkarte

Im vorangegangenen Kapitel wurden bereits einige Bemerkungen zum Lesen einer Falschfarbenkomposite gemacht. Mit entsprechender Erfahrung kann man nun bei guter Bildqualität eine visuelle Klassifizierung der dargestellten Erdoberfläche machen, das heißt, beispielsweise Gewässer, Wälder, Siedlungsgebiete usw. als „Klassen“ ausscheiden. Der Interpret bezieht sich dabei stets auf seine Hintergrundinformationen: er kennt gewisse Gebiete, von denen er sicher weiß, welche Oberflächenbedeckung sie besitzen und wie sie im Falschfarbensatellitenbild aussehen. Diese bilden seine Referenzflächen.

Denselben Vorgang, den der Auswerter in seinem Hirn – großteils unbewußt – vollzieht, kann auch ein Computer durchführen. Voraussetzung dafür ist, daß man dem Rechner als Bezug sogenannte Trainingsgebiete eingibt. Dies sind Areale, von denen man mit Sicherheit weiß, daß sie einer Klasse mit großer Homogenität zuzuordnen sind. Im vorliegenden Fall wurden im Minimum zwei und maximal fünf Trainingsgebiete pro Ausscheidung verwendet, wobei eine Referenzfläche mindestens zirka 45 Pixel umfassen mußte (JOYCE, 1978). Bei der Auswahl der Musterareale kam dem Verfasser als ehemaligem Linzer – ebenso wie bei der Überprüfung der Ergebnisse – seine Regionalkenntnis sehr zugute.

Im Anschluß an die Festlegung der spektralen Objektklassen (Tab. 1) im geometrisch entzerrten Satellitenbild wurden dann vom Computer die statistischen Strahlungswerte in Form des Maximal-, Minimal- und Durchschnittsvektors, des Vektors der Standardabweichung sowie der Kovarianzmatrix für jedes der drei verwendeten Bänder 4, 5 und 7 errechnet. Auf Band 6 wurde verzichtet, weil sich nach Literaturdaten (J. BAUMGART & F. QUIEL, 1981) und nach eigenen Erfahrungen die Zuordnung der Bildpunkte zu Klassen bei einer Klassifikation mit allen vier Bändern im Vergleich zu der Kombination 4, 5 und 7 bei einem

Gebiet wie dem Linzer Raum flächenmäßig nur um weniger als 0,5 Prozent der Gesamtfläche unterscheidet.

Eine vorhergehende radiometrische Korrektur der Reflexionsdaten wurde nicht durchgeführt, da erstens die Bildqualität sehr gut war, das heißt, daß kein sogenanntes merkbares Sixth Line Striping (vgl. Kapitel 2.1. über MSS) zu verzeichnen war, und da der Ausschnitt der Bildkarte aus dem südlichen Zentralbereich der Landsat-Szene 206-26 stammt (Abb. 3). Der benutzte Abtastwinkel liegt daher unter fünf Grad, und die radiometrischen Unterschiede können dementsprechend vernachlässigt werden (vgl. JACOBS, 1979).

Die aus den Trainingsgebieten ermittelten Statistikdateien wurden dann für eine Klassifizierung nach dem üblichen Verfahren der größten Wahrscheinlichkeit (Maximum Log-Likelihood; International Imaging Systems, 1981; vgl. DFVLR, 1979) verwendet. Das bedeutet, daß eine überwacht lernende (kontrollierte, supervised) Klassifikation durchgeführt wurde. In diesem Zusammenhang sei noch kurz auf die nicht uninteressanten, aber doch etwas abweichenden und unzulänglicheren Ergebnisse einer unkontrollierten (unsupervised) Klassifizierung – also ohne vorherige Eingabe von Trainingsgebieten – nach einem disagglomerativen Cluster-Programm von RITTER & KAUGARS (1978) durch BUCHROITHNER (1982) hingewiesen. In einigen Klassen besteht allerdings eine sehr gute Übereinstimmung mit den hier vorgelegten Resultaten.

Bei der Berechnung der Klassenzuordnung wurden die Reflexionswerte aller drei Bänder gleich gewichtet, und ein Zurückweisungsschwellenwert von vier Standardabweichungen angegeben. Abschließend wurden den Grauwerten der zehn unterschiedenen Klassen (zehn ohne die Gruppe der vom Computer nach obigem Algorithmus nicht klassifizierbaren Gebiete: schwarz) am Bildschirm des digitalen Bildverarbeitungssystems interaktiv Farben zugeordnet (vgl. Legende der klassifizierten Satellitenbildkarte).

3.2.1. Relevanz der Oberflächenklassifizierung

Der alleinige Einsatz automatischer, das heißt computergestützter, Klassifizierungsverfahren stellt Anforderungen an die Qualität und Struktur der Aufnahmedaten, die bei Landsat 1–3 noch nicht ganz erfüllt sind. Solche Klassifizierungsprozeduren beruhen – wie bereits weiter oben konkret ausgeführt – auf einer statistischen Analyse und Zuordnung einzelner Bildelemente auf Grund ihrer spektralen – und im

allgemeinen nicht auch der texturellen – Merkmale. Wenn diese genügen, eine bestimmte Oberflächenbedeckung genau zu definieren und gegenüber anderen spektralen Merkmalsträgern abzugrenzen, dann sind die Ergebnisse einer automatischen Klassifizierung als eindeutig und damit sinnvoll zu erachten (vgl. BODECHTEL, 1979).

Wie genau sind nun derartige rechnergestützte Landbedeckungsklassifikationen? Im Großraum Mannheim-Ludwigshafen – also in einem Raum, der von seiner Struktur und Kleinräumigkeit her mit dem Linzer in etwa zu vergleichen wäre – wurden bei einer Untersuchung Klassifizierungsgenauigkeiten bei dem gleichen Klassifizierungsalgorithmus wie dem bei Linz verwendeten, die je nach Objektklasse zwischen 25 und 70 Prozent schwankten, festgestellt. Durch Zusammenfassung der Nutzungsklassen in drei Gruppen „Wald“, „Freifläche“ und „Bebauung“ konnte die Genauigkeit allerdings auf 90 Prozent gesteigert werden. (DFVLR, 1979). Im gegenständlichen Fall wurde keine umfassendere Überprüfung in speziell definierten Gebieten durchgeführt, die stichprobenartig aus gestreuten kleineren Testflächen ermittelten Genauigkeiten liegen jedoch zwischen 95 (trübes Wasser) und rund 75 Prozent. Die Überprüfung erfolgte zum Teil aus der Geländekenntnis und Exkursionsaufzeichnung des Autors heraus bzw. an Hand der zeitlich relevanten Blätter der Österreichischen Karte 1:50.000 (Nr. 32 Linz, Nr. 33 Steyregg, Nr. 50 Bad Hall und Nr. 51 Steyr).

Aus einem Gebiet, dessen Zentrum der auf den Satellitenbildkarten abgebildete Raum einnimmt und das flächenmäßig etwa doppelt so groß ist wie der Kartenausschnitt – dieser wurde erst nach den Klassifizierungsuntersuchungen festgelegt! –, wurden die prozentuellen Verteilungen der einzelnen Oberflächenklassen mit Hilfe des Computers errechnet. Die Daten dürften zwar für das Kartengebiet nicht ganz stimmen, können aber doch als Richtwerte dienen. Diese gerundeten Prozentangaben dürften sich für das in den Karten dargestellte Gebiet etwas zugunsten des Siedlungsraumes und zuungunsten des Nadelwaldes verschieben. Im folgenden sollen die in der Legende ausführlicher definierten Klassen nur in Form von Kurzbezeichnungen angegeben werden:

Die jeweiligen Flächenanteile lassen sich unschwer aus der Gesamtfläche des Gebietes von 940 Quadratkilometern errechnen.

Auf die Mängel in der vorliegenden automatischen kontrollierten Klassifizierung soll hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Der mit dem Raum Linz Vertraute wird ohnedies von selbst auf den einen oder

anderen fehlklassifizierten Punkt stoßen. Hingewiesen sei an dieser Stelle lediglich noch darauf, daß generell die Abgrenzung von Siedlungsgebiete-

Tab. 1: Die prozentuelle Verteilung der Oberflächenklassen im untersuchten Gebiet.

Tab. 1: Percentual distribution of surface cover classes in the study area.

Oberflächenklasse	Prozentanteil
Gewässer klar	0,007
Gewässer trüb	0,7
Schotter, Sand	0,3
Nadelwald	13,2
Laubwald	20,7
Grünland	26,9
Umgebrochener Acker	20,5
Umgebr. Acker mit viel Schotter	0,6
Siedlungsgebiet, bis mittlere Dichte	9,7
Siedlungsgebiet, hohe Dichte	2,6
Nicht klassifiziert	4,7

ten verschiedener Verbauungsdichte sowie vor allem das Ausgliedern von Schwerindustriearalen einen problematischen Punkt in der Computerklassifizierung darstellt (vgl. Legende der Faltkarte).

4. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Nichtsdestoweniger scheinen die Ergebnisse für planerische Zwecke brauchbar. Dies wird in Zukunft um so mehr der Fall sein, als bei Landsat 4 das räumliche Auflösungsvermögen 30 Meter beträgt und die spektrale Information ebenfalls detaillierter ist. Der Texturparameter, welcher bei den hier benützten Daten noch nicht involviert werden konnte, wird bei der Verwendung von Landsat-4-Informationen eine beachtliche Erhöhung der Klassifizierungsgenauigkeit bewirken. Dazu kommt noch die Repetitionsrate von nur 16 Tagen – entsprechende Witterungsbedingungen vorausgesetzt. Bei dem für 1985 geplanten kommerziellen französischen Erdbeobachtungssatelliten SPOT wird die Bodenresolution sogar bei zehn Metern liegen. Zweifelsohne wird man

mit den dann vorliegenden Daten und den Möglichkeiten der automatischen Klassifikation ein durchaus funktionelles Werkzeug zur raschen, kostensparenden Herstellung und Nachführung von Landbedeckungskarten besitzen. Das vorliegende Produkt sei als ein Schritt in diese Richtung gewertet.

Abschließend möchte der Verfasser noch Herrn Franz Waldeck für das Zeichnen der Abbildungen zu diesem Artikel und Herrn Heinz Petritsch für die Erstellung der Beschriftung des Falschfarbensatellitenbildes danken.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Durch eine Kombination der Informationen dreier Landsat-MSS-Bänder kann man Falschfarbenkompositen herstellen, die in ihrer spektralen Information konventionellen (Falsch-)Farben-Luftaufnahmen überlegen sind.

Anhand des Großraumes Linz wird der Inhalt einer derartigen, geometrisch korrigierten Sommer-Szene vom Satelliten Landsat 1, dessen Datenerfassung einführend erläutert wird, interpretiert.

Methode, Problematik und Ergebnisse einer computergestützten, kontrollierten Klassifikation des untersuchten Gebietes in Oberflächenklassen werden kurz erläutert. Bei zunehmender Verbesserung des spektralen und räumlichen Auflösungsvermögens zukünftiger Erdbeobachtungssatelliten wird die automatisierte Klassifikation sicherlich ein brauchbares Werkzeug zur raschen Herstellung von Landnutzungskarten mittlerer Maßstäbe werden.

LITERATUR

- BAUMGART, J. & F. QUIEL, 1981: Einfluß verschiedener Klassifizierungsparameter auf die Landnutzungskartierung mit Landsat-Daten. – *Bildmessung und Luftbildwesen*, 49, S. 29–41; Karlsruhe.
- BECKEL, L.; 1982: Entwicklung und Stand der Fernerkundungstechnik von Satelliten und ihre Anwendung für Geographie und Kartographie. – *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, 123, S 17–54; Wien.
- BODECHTEL, J.; 1979: Derzeitige Möglichkeiten und Grenzen automatischer Landnutzungsinterpretation. – In: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Auftraggeber): *Raumordnung. Auswertung von Satellitenaufnahmen zur Gewinnung*

- von Flächennutzungsdaten. – Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 06.039, 1979, S. 37–38; Bad Godesberg.
- BUCHROITHNER, M. F.; 1982: Computergenerierte Landbedeckungskarten aus Landsat-MSS-Daten des Linzer Raumes. – Interne Publikation, Abt. Satellitenbildkartographie, Inst. f. Kartographie der Österr. Akad. Wiss., 15 S., 3 Farbtafeln; Wien.
- BUCHROITHNER, M. F.; 1983: Computer-Aided Evaluation of the Major Fracture Pattern in Austria Derived from Landsat Data. – Jahrbuch Geolog. Bundesanst., 125, 1–2, S. 219–273; Wien.
- DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt; anonymes Autorenkollektiv) 1979: Untersuchungsbericht der Arbeitsgemeinschaft DFVLR/IFP über die Auswertung von Satellitenaufnahmen zur Gewinnung von Flächennutzungsdaten. – In: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Auftraggeber): Raumordnung. Auswertung von Satellitenaufnahmen zur Gewinnung von Flächennutzungsdaten. – Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 06.039, 1979, S. 55–133; Bad Godesberg.
- INTERNATIONAL IMAGING SYSTEMS (I2S), 1981: User's Manual System 500 Digital Image Processing System (Version 2.3). 218 S.; Milpitas (Kalifornien).
- JACOBS, G.; 1979: Digitale Landnutzungsinterpretation aus Landsat-Daten in verschiedenen Maßstäben. – In: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Auftraggeber): Raumordnung. Auswertung von Satellitenaufnahmen zur Gewinnung von Flächennutzungsdaten. – Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 06.039, 1979, S. 38–42; Bad Godesberg.
- JOYCE, A. T., 1978: Procedure for Gathering Ground Truth Information for a Supervised Approach to a Computer-Implemented Land Cover Classification of Landsat-Acquired Multispectral Scanner Data. NASA Reference Publication, 1015, 43 S., Washington D. C.
- MEER MOHR, Van der H. E. C.; 1977: Camera and Multispectral Scanning Systems in Remote Sensing as Applied to Geology. Part I: Data Collection. – Interne Vorlesungsunterlagen des Internat. Inst. for Aerial Survey and Earth Sciences, 97 S.; Enschede (Niederlande).
- PHILIPS, N. V. Gloeilampenfabriken; 1980: Philips Lichthandbuch (2. Auflage). – 165 S.; Eindhoven.
- PLEITNER, P. K.; 1980: Applications of Airborn Thermal Infrared Scanners to Engineering Problems. – Internat. Archiv für Photogrammetrie, 23, B 10 (Proceedings 14th Congress ISP, Hamburg 1980), Seite 596–606; Hamburg.
- ITTER, P. u. A. KAUGARS; 1978: Cluster. Users Guide. Version 1.0 (Second Draft). – Remote Sensing Research Program, Department of Forestry and Conservation, University of California, Berkeley, 46 S.; Berkeley.
- U. S. GEOLOGICAL SURVEY; 1979: Landsat Data Users Handbook. Revised Edition. – 199 S.; Arlington (Virginia).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz \(Linz\)](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Buchroithner Manfred F.

Artikel/Article: [ERLÄUTERUNGEN ZUR SATELLITENBILDKARTE VON LINZ UND UMGEBUNG *Aus dem Institut für Kartographie, Abt. Satellitenbildkartographie, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 9-29](#)