

ANWENDUNG DER LANDSAT-SATELLITENAUFNAHMEN BEI DER FORSCHUNG VON SEICHTEN SEEN; MÖGLICHKEITEN ZUR UNTERSUCHUNG DES NEUSIEDLERSEES

SZABO Gyula und Ferenc SZILAGYI*

BÜTTNER György und Gabor REMETEY-FÜLÖPP**

Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI), Budapest

Institut für Geodäsie und Kartographie (FÖMI), Budapest

Infolge des systematischen Einsatzes von Satelliten, die die ganze Erdoberfläche "fotografieren" rückte die Erforschung von Möglichkeiten ihrer Nutzung in den Vordergrund. Für das Fachgebiet Wasserwesen eröffnen sich laut bisheriger Untersuchungen auf den Gebieten der Strömungsuntersuchung von seichten Seen sowie der Zustandsbeobachtung ihrer Wasserbeschaffenheit bedeutende Möglichkeiten (GYÖRKE 1982; BÜTTNER, VÖRÖS 1981). Im Gegensatz hierzu müssen die Anwendungsmethoden der Satellitenaufnahmen aber erst noch entwickelt werden. Die Wasserbeschaffenheit seichter Seen ändert sich jedoch infolge von windinduzierten Aufwirbelungen, seeeigenen Strömungen und evtl. Zuflüssen räumlich und zeitlich in erheblichem Ausmaße. Die Festlegung des Wasserbeschaffenheits-Zustandes für einen gegebenen Zeitpunkt, die Erhebung seiner Veränderungen kann mittels punktwieser Beprobung nur außerordentlich zeit- und kostenaufwendig, und dabei nur als eine grobe Annäherung gelöst werden (SZILAGYI 1982).

Aufgrund eines Auftrages des Staatsamtes für Wasserwesen (OVH) und des Staatsamtes für Technische Entwicklung (OMFB) wurden während der letzten Jahre im Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI) erfolgreiche Versuche über die Nutzbarmachung der mittels Fernerkundungstechnik gewonnenen Daten für die Kontrolle der Wasserbeschaffenheit seichter Seen durchgeführt. Mitwirkende Institutionen waren: das Institut für Geodäsie und Kartographie (FÖMI), das Institut für Rechentechnische Koordination (SzKI) sowie das Institut für Wasserwirtschaftliche Dokumentation und Fortbildung (VIZDOK), (SZILAGYI, SZABO 1984).

1. Physikalische Grundlagen der Fernerkundung

Die Grundlage der Fernerkundung liegt in dem Tatbestand, daß verschiedene Objekte gegenüber der Strahlungsenergie ein unterschiedliches physikalisches Verhalten zeigen durch verschiedene Reflektionen oder Adsorptionen der verschiedenen Wellenbereiche oder selbst Strahlung emittieren. Diese physikalischen Gesetzmäßigkeiten treffen auch für die Gewässer der Erde und im Besonderen für Seen einschließlich ihrer Inhaltsstoffe, sowohl in Lösung als auch als feste Partikel zu. In Abb.1 wird mit dem Gesamtbereich der Wellenlängen der natürlichen Strahlung die Relation zu den erkundbaren also meßbaren Parametern gezeigt (BAK, BALLA et al. 1981; SIMONETT, 1983).

Die Sensorsysteme der Fernerkundung empfangen und registrieren die strahlende Energie gleichzeitig, die ihnen von den Objekten der Erdoberfläche in den verschiedenen Spektralbereichen zuströmt. Die Registrierung kann bildartig (als Fotografie) oder mittels Fernsehsystem erfolgen, kann aber auch in Form von Digitalsignalen aufgezeichnet und als Datenstrom zur Erde übermittelt werden, wo die Daten auf Magnetband aufgenommen und später auf Film umgesetzt werden können.

Die Strahlungsenergie, die von der Wasseroberfläche reflektiert wird, hängt in einem bestimmten Wellenlängen-Bereich, von den nachstehenden Faktoren ab:

- a) Lichtstreuung infolge des Schwebstoffgehaltes des Wassers
- b) Lichtabsorption des Wassers und der darin enthaltenen Stoffe
- c) Lichtemission gewisser, im Wasser befindlicher Stoffe
- d) Lichtreflexion von der Wasseroberfläche
- e) Lichtreflexion von der Bettsohle.

Die Streuung der Strahlung hängt z.B. von der Schwebstoffkonzentration, von der Verteilung und der Qualität der Korngröße, d.h. vom Verhältnis mineralischer und organischer Stoffe, aber auch von der Qualität des organischen Stoffes ab. Eine Absorption des Lichtes einer gewissen Wellenlänge geht i.a. mit der Emission eines größerer Wellenlänge einher. Die Größe der reflektierten Lichtenergie ist von den Radiationseigenschaften des Wassers, vom Einfallswinkel des Lichtes d.h. vom Stand der Sonne abhängig.

2. Geräte und Methoden zur Nutzenanwendung der Satellitendaten

2.1 Die Satellitenaufnahmen, als Datenträger

Eine quantitative Untersuchung und zeitliche Verfolgung der Naturerscheinungen der Erdoberfläche kann für große Gebiete, regelmäßig, schnell und billig mit Hilfe der vom Mehrband-Abtaster (Multi-Spectral Scanner, MSS) des Satelliten LANDSAT gefertigten Aufnahmen erfolgen (BECKEL 1976).

Das erste Glied der Serie LANDSAT machte vom 23.7.1972 bis zum 6.1.1978, LANDSAT-2 vom 22.1.1975 bis zum 25.2.1982 und LANDSAT-3 vom 5.3.1978 bis zum 31.3.1983, aus einer Höhe von 910 km, alle 18 Tage, von allen Teilen der Erde Aufnahmen des Ausmaßes 185 x 185 km, und zwar in den nachstehenden Bereichen des elektromagnetischen Spektrums:

- 0,5 bis 0,6 μm (grün)
- 0,6 bis 0,7 μm (orange-rot)
- 0,7 bis 0,8 μm (rot, infrarot)
- 0,8 bis 1,1 μm (infrarot)

Die von den Detektoren als Analogsignale aufgenommenen Daten (d.h. von 56 x 79 m großen Flächen der Erdoberfläche reflektierten Sonnenstrahlungs-Intensitätswerte) werden entsprechend ihrer Intensität nach einer 128 Stufenskala (7 Bit) digitalisiert.

Seit 16.7.1982 sind auch LANDSAT-4, seit 1.3.1983 auch LANDSAT-5, auf ihren quasipolaren Bahnen in 705 km Höhe in Betrieb. Z.Z. (im August 1984) funktionieren die 4-Bänder MSS-Systeme der beiden Satelliten, sowie des Thematic Mapper (TM) System von LANDSAT-5 mit 7 Bändern und 30x30 m großen Bildelementen), die alle 16 Tage von derselben Bodenszene der Erdoberfläche jeweils eine Aufnahme machen. Das verfeinerte Aufnahmesystem TM enthält gut gewählte, im Vergleich zu MSS schmalere bzw. zusätzliche Spektrumbänder ermöglicht dabei eine erhöhte geometrische Auflösung, wodurch es sich zur Erfassung der sich neubildenden Naturkraftquellen, zum Monitoring der Veränderungen und ihrer quantitativen Ermittlung besonders gut eignet.

Im Satellitendaten-Archiv des Institutes für Geodäsie und Kartographie (FÖMI) gibt es z.Z. vier MSS-Aufnahmen, (rechnerkompatible Magnetbänder und Photoprodukte) die sich zum Studium des ganzen Neusiedlersees eignen: es sind die Aufnahmen vom 18.7.1976, vom 2.7.1981, vom 1.6.1983 und vom 20.8.1983.

Natürlich existieren wesentlich mehr verwertbare (d.h. wolkenlose) Aufnahmen von diesem Gebiet. Aus diesem Studium der während der Periode 1.1.1981 bis 30.6.1984 entstandenen Schnellbilder (quick looks) ergibt sich, daß praktisch in jeder Jahreszeit ein oder mehrere Bilder über den See und seine Umgebung erwartet werden dürfen (siehe Tabelle 1)

Tabelle 1: Die verwertbaren Aufnahmen des Neusiedlersees

Jahr	Jan bis März	April bis Juni	Juli bis Sept.	Okt. bis Dez.
1981	1	2	2	1
1982	1	3	1	0
1983	1	2	4	2
1984	2	4		

2.2 Rechnergestützte Auswertung der Satellitenaufnahmen

Mittels quantitativer und qualitativer Auswertung der Satelliten-Aufnahmen wird aus der Rohaufnahme eine thematische Karte verfertigt. Bei multispektralen digitalen Satellitendaten paßt sich dieser Aufgabe der Rechenautomat vorzüglich an.

Zuerst wird die Aufnahme, mittels rechnergestützten radiometrischer und geometrischer Korrekturen für die Klassifizierung vorbereitet (REMETEY-FÜLÖPP, 1984). Bei den LANDSAT-MSS-Aufnahmen ist, infolge Unregelmäßigkeit im Betrieb der Detektoren, oft eine starke streifenartige Struktur zu verzeichnen. Sie kann jedoch, mit Hilfe von Korrekturfaktoren vermindert werden. Danach muß die Aufnahme in Kartenprojektion transformiert werden, welches mit Hilfe eines Transformationspolynoms erfolgt. Das Transformationspolynom basiert auf Korrelationspunkten auf der Karte und im Rohbild (HAJOS, BÜTTNER, 1984).

Der Klassifizierung der Aufnahme geht ein sog. Training voraus, wofür es zwei grundlegende Lösungen gibt:

- aufgrund eines Interpretator-Unterrichtes und
- aufgrund von Clustering (unkontrollierte Verarbeitung).

Bei der ersten der beiden angeführten Lösungen bezeichnet der die Verarbeitung durchführende Fachmann auf dem Bild zuerst die aufgrund der Referenzdaten in bekannte Klassen gehörenden Gebiete, wofür dann der Rechner die statistischen Charakteristika ermittelt. Wird Clustering angewandt, werden die im spektralen Sinne voneinander abweichenden Kategorien vom Rechner selbst ausgesucht, der auch ihre statistischen Charakteristika ermittelt und der Auswerter stellt erst nachher fest, welche Klasse von welcher Kategorie repräsentiert wird. (In der Praxis werden beide Methoden oft gemischt angewendet).

Das Training-Datensystem entsteht mittels Clustering der, die bekannten Klassen beinhaltenden, für das Untersuchungsgebiet repräsentanten Details und sorgfältiger Identifizierung der Cluster. Die so mögliche Genauigkeit der Klassifizierung kann mit einem Trennmaß der Statistiken im voraus geschätzt werden. Die Klassifizierung des ganzen Gebietes erfolgt auf Grund der Training-Statistiken. Dabei können verschiedene mathematische Modelle verwendet werden: das Bayes-Modell, die Maximum-Likelihood-Methode, die maximale Entfernung, usw. Die Genauigkeit des Endergebnisses hängt aber grundlegend von der Qualität des Trainings ab.

Die Genauigkeit der Klassifikation muß auf einem Testgebiet geschätzt werden, welches ebenso ausführlich bekannt ist, wie die Training-Gebiete.

Bei der Untersuchung von Wasserflächen wird oft eine von der obigen abweichende Regressionstechnik angewandt. Zwischen den Referenzmessungen und den Bilddaten wird eine einfache Funktionsbeziehung (meist eine lineare Kombination) ermittelt. Ist diese Beziehung zwischen den am Standort gemessenen Wasserparametern und den Bildcharakteristika signifikant, kann die Karte, der gegebenen Thematik entsprechend, für die ganze Wasserfläche einfach berechnet bzw. ermittelt werden.

Die als Ergebnis der Verarbeitung erhaltene thematische Karte kann auf Farbfilm oder auf einer Plotterkarte dargestellt werden. Die digitale Karte kann bei den auf dem Untersuchungsgebiet durchgeführten weiteren, rechnerisch ermittelten Aufgaben auch verwendet werden.

Heutzutage ist die Verarbeitung von Satellitenaufnahmen noch weit entfernt von einem vollautomatisierten Prozeß. Die tempierten, genauen Referenzdaten insbesondere bei der Untersuchung schnell veränderlicher Prozesse und die Entscheidungen des die Ergebnisse verwertenden Fachmanns, werden im Laufe der Verarbeitung weitgehend benötigt. Die Entwicklung strebt natürlich nach der Erstellung von Algorithmen, bei welchen immer mehr Schritte vom Rechner übernommen werden.

3. Praktische Anwendung von Satelliten-Aufnahmen am Balaton-See

Im gegenwärtigen Stadium der Forschung über die Anwendung der Erderforschungssatelliten besteht die Möglichkeit, gleichzeitig mit der Fernerkundung und Datenaufzeichnung die Wasserbeschaffenheit an Ort und Stelle zu untersuchen, um dann zwischen den Wasserbeschaffenheitsdaten und der mittels Fernerkundung gewonnenen Daten empirische Beziehungen zu suchen. Mit diesem Verfahren ist bei seichten Seen großer Wasserflächen mit einem Erfolg zu rechnen, zum Nachweis dessen im nachstehenden die bei dem Balaton-See erzielten Ergebnisse beschrieben werden.

3.1 Die Satelliten-Aufnahme und die Vorbereitungsarbeiten

Die als Beispiel zu zeigende Verarbeitung wurde aufgrund der Aufnahme des LANDSAT-3 vom 2.7.1981 durchgeführt. Wir erhielten die MSS-Daten der Aufnahme, die nur die westliche Hälfte des Balaton-Sees enthält, von FÖMI auf Magnetband.

Nach geometrischer Korrektur des MSS-Bildes wurden auf einem Farbbildschirm, der einem Rechner Typ TPA angeschlossen war, die Meßpunkte der Referenzdaten identifiziert. Die Intensitäten der diesen Punkten entsprechenden Bildelemente (Pixel), bzw. ihrer unmittelbaren Umgebungen von 3 x 3 Pixel Größe, konnten auf dem Magnetband gefunden werden, so daß in der Umgebung eines jeden Probenahmepunktes jeweils Mittelwert und Streuung der Intensität ermittelt werden konnten. Schließlich erhielt man, unter Weglassung eines einzigen Punktes übergroßer Streuung, für den westlichen Teil des Balaton Sees eine Intensitäts-Datenreihe von 30 Elementen, die danach mit den entsprechenden Referenzdaten verglichen werden konnte.

3.2 Sammlung und Verbreitung der irdischen Referenzdaten

Am Tag des Durchfluges von LANDSAT-3 wurden an 40 Punkten des Balaton-Sees Standortbeobachtungen, Messungen und Wasserprobennahmen durchgeführt (Bild 2). Auf die Bodenszene der Satelliten-Aufnahme fielen von den 40 Punkten 31. Die Lage der Meßpunkte wurde mittels vermessungstechnischer Methoden mit einer Genauigkeit von 50 m ermittelt.

Am Standort wurde jeweils die Bewölkung des Himmels, der Zustand bzw. die Farbe der Wasserfläche beobachtet. Es wurden die Temperatur und Secchi'schen Durchsichtigkeit des Wassers gemessen. Jedem Beprobungspunkt wurde eine Wasserprobe aus der obersten 0,30 m mächtigen Schicht des Wasserkörpers entnommen.

Im Wassergütelaboratorium zu Balatonszemes des Forschungszentrums für Wasserwirtschaft (VITUKI) wurden a-Chlorophyll- und Schwebstoffkonzentration (FELFÖLDY 1980), sowie die Lichtabsorption bei 254 µm Wellenlänge (UV-Extinktion) in 1 cm-Cuvetten jeder Wasserprobe ermittelt.

3.3 Ergebnisse und ihre Auswertung

Zwischen den Referenzdaten sowie den aus verschiedenen Bändern der Satelliten-Aufnahme entnommenen Intensitätsdaten wurden zweivariable Beziehungen untersucht. Tabelle 2 teilt die Charakteristika der signifikanten Beziehungen ($p < 0,1 \%$) mit. Auf dieser Tabelle konnten zuverlässige Beziehungen zwischen den Intensitätsdaten und vier Wassergüte-Kennzahlen: a-Chlorophyll, Schwebstoffgehalt, Durchsichtigkeit nach Secchi und UV-Extinktion nachgewiesen werden.

Tabelle 2: Beziehungen zwischen den Intensitätsdaten der Satelliten-Aufnahmen und den Referenzdaten beim Balaton-See

x	y	a	b	R
a-Chlorophyll	MSS 4	57,1	-0,558	0,690
	MSS 5	51,4	-0,368	0,535
	MSS 7	11,2	0,204	0,505
Schwebstoff	MSS 5	51,2	-116,0	0,494
UV-Extinktion	MSS 4	56,8	-137,9	0,761
	MSS 5	51,6	-98,1	0,535
Durchsichtigkeit nach Secchi	MSS 5	62,5	-0,490	0,608
	MSS 6	39,3	-0,288	0,651

Bemerkung: Die Form der Beziehung zwischen Schwebstoff und Intensität ist $y = a + \frac{b}{x}$ die Form aller übrigen Beziehungen ist $y = a + bx$. R ist als Symbol des Korrelationskoeffizienten

Ausgehend aus den Korrelationsbeziehungen wurde die Klassifizierung der Bildpunkte, für die angeführten vier Wassergüte-Komponenten, aufgrund des Interpretator-Unterrichtes bzw. der Bayes-Methode durchgeführt und sodann die farbige Plotterkarte erstellt. Von den letzteren wird in Abb.2 eine schematische Variante der thematischen Karte gezeigt, die die räumliche Variabilität des Chlorophyll a darstellt.

Aufgrund des Bildes kann festgestellt werden, daß die verschiedenen Becken des Balaton, hinsichtlich Konzentration des Chlorophyll a-Gehaltes eine gewisse Variabilität aufweisen. Die wohlbekannt charakteristische Abnahme der Chlorophyll-Konzentration, entlang der Längsachse des Sees, kann von SW nach NO beobachtet werden. Im Bild hebt sich der Schweif des Zubringers Zala mit seiner hohen Chlorophyll-a-Konzentration, gut ab. Im Verhältnis zur Seemitte sind höhere Konzentrationswerte auch im SO-Teil der Keszthelyer Bucht und bei den Ufern zu beobachten.

Aufgrund des angeführten Beispiels des Balaton-Sees kann über die Nutzbarmachung der Satellitenaufnahmen für die Wassergüte folgendes ausgesagt werden:

Bei vorliegenden Referenzdaten ermöglichen die Satellitenaufnahmen bereits jetzt die Ermittlung der Ausmaße der Seeteile verschiedener Wassergüten. Eine solche Ermittlung ist von Bedeutung, wenn die räumliche Variabilität der verschiedenen Wassergütecharakteristika bedeutend ist.

Bei dem derzeitigen Stand der Forschungen können die Satellitenaufnahmen zur Kontrolle der Wassergüte ohne irdische Referenzdaten nicht gebraucht werden. Infolge der verzerrenden Auswirkungen der Atmosphäre können die für einen gegebenen Zeitpunkt festgestellten Beziehungen zwischen Intensitäts- und Referenzdaten auf Satellitenaufnahmen anderer Zeitpunkte nicht angewendet werden.

Im Interesse der Verwendbarkeit von Satellitenaufnahmen auch ohne Referenzdaten ist es nötig, die atmosphärischen Wirkungen, die die Strahlung modifizieren, zu erkunden und eine Methode zu der Korrektur zu entwickeln. Im Zentrumsinstitut für Atmosphärische Physik des ungarischen Landesdienstes für Meteorologie (OMSZ) wird z.Z. für die MSS-Bänder von LANDSAT ein atmosphärisches Korrektionsmodell entwickelt. Es wäre nützlich, die Anwendbarkeit des Modells an womöglich mehreren Wasserflächen (Balaton, Neusiedlersee, Velence-See, Theiß-Speichersee Kisköre) zu testen.

4. Möglichkeiten zur Untersuchung des Neusiedlersees

4.1 Der Zugang zu Satellitendaten

In Ungarn ist für Anschaffung, Archivierung, Vorverarbeitung, Analyse und Verteilung der Satellitenaufnahmen hoher Auflösungsfähigkeit (z.B. Landsat MSS, TM, später SPOT) das Zentrum für Fernerkundung des Institutes für Geodäsie und Kartographie (FÖMI) verantwortlich. Bis jetzt wurden etwa 50 digitale LANDSAT Aufnahmen archiviert. Die wichtigste Tätigkeit neben diesen Dienstleistungen des Instituts ist die anwendungsorientierte Forschungsarbeit im Rahmen des Fernerkundungsprojektes, das sich auf die Weiterentwicklung der digitalen Methodik (Mustererkennung usw.) und problemorientierte Fragestellungen (Pflanzenwachstumsbeobachtungen usw.) bezieht. Das Institut verfügt über einen entsprechenden technologischen Hintergrund (Interaktive Bildverarbeitungsanlage Pericolor 2000, Film (Ein/Ausgabegerät Colormation, Honeywell-Boel und TPA 1148 Rechnern mit anwendungsorientierter selbstentwickelter Programm-bibliothek) zu quantitativen Bildanalyse (REMETEY-FÜLÖPP 1984).

Seit 1982 steht FÖMI in Vertragsverbindung zu der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) und übernimmt eine aktive Rolle im EARTHNET-Programm, die die Tätigkeit der nationalen Kontaktstellen (National Points of Contact, NPOC) von 17 europäischen Ländern fördert.

In Österreich spielt die Österreichische Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen GmbH (ASSA) mit dem Institut für Kartographie der ÖAdW eine ähnliche Rolle (ARNBERGER, 1981).

Aufgrund der Zusammenarbeit mit der Earthnet erhält Ungarn von jeder, das Staatsgebiet Ungarns betreffenden LANDSAT-Aufnahme etwa nach 1 Monat ein sog. Schnellbild, (im Infrarotkanal) aufgrund deren das Magnetband (CCT) der jeweiligen Aufnahme bestellt werden kann. Auf einigen dieser Aufnahmen ist auch der an der Landesgrenze befindliche Neusiedlersee zu finden. Einer CCT-Bestellung wird in Fucino binnen 2 Wochen Folge geleistet. Es besteht bei FÖMI auch die Möglichkeit, die Qualität der Aufnahme betreffende und sonstige Angaben durch das ESA on-line Information-Retrieval System, Europas größte Datenbank in Frascati zu erfahren.

Es ist zu bemerken, daß es für den Fall einer Kooperation zwischen ASSA und FÖMI möglich wäre, LANDSAT-TM Aufnahmen zu ermäßigten Preisen für anwendungsorientierte Fallstudien (z.B. Forschungsprojekt Neusiedlersee) anzufordern, über welche die ESA binnen 1 Jahr nach der Datenlieferung von den Benutzern einen Schlußbericht erhält (ESA 1984 a, 1984 b)

4.2 Anwendungsmöglichkeiten von Satellitenaufnahmen bei der Forschung des Neusiedlersees

Es ist zu erwarten, daß in den wasserwirtschaftlichen Forschungen die Satellitenaufnahmen auf den folgenden Gebieten angewendet werden können:

- a) Unter Verwendung archivierter digitaler Satellitenaufnahmen Studium der Uferlinie bzw. der Schilffläche des Neusiedlersees während der letzten ~10 Jahren. Anschließend könnte auch die Qualität und der Zustand des Schilfbestandes untersucht werden.
- b) Erhebung der räumlichen Variabilität von Wassergütecharakteristika mit Hilfe von kalibrierten thematischen Karten. Beobachtung des Wassergütezustandes, Schätzung der Algen-Biomasse und der Schwebstoffmasse. Laut bisheriger Erfahrungen sind die gut wahrnehmbaren Wassergütekomponten: Chlorophyll a, Schwebstoffgehalt, eine Kennzahl des organischen Stoffgehaltes (UV-Extinktion oder gelöste organische Kohlenstoffe und Durchsichtigkeit.
- c) Bei Anwendung des 6. TM-Kanales ist zu erwarten, daß auch die Oberflächentemperatur des Sees untersucht werden kann, aufgrund derer die Strömungsverhältnisse, die eventuell Sohlquellen und Verschmutzungsquellen entdeckt werden könnten.

Die angeführte Aufgabe kann natürlich nur im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit gelöst werden. Bei der Sammlung von Referenzdaten und der fachlichen Leitung der Interpretation könnte das Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI, Budapest) und die Wasserwirtschaftsdirektion Nord-Transdanubien (Győr) mit der Biologischen Forschungsstation Neusiedlersee (Illmitz) des Burgenlandes zusammenwirken.

Für die Anschaffung und die unter Anwendung der im Abschnitt 2.2. umrissenen Methoden bzw. mittels Entwicklung neuerer, zielorientierter Verfahren erfolgende - digitale Interpretation könnte das Institut für Geodäsie und Kartographie (FÖMI, Budapest) eventuell in Kooperation mit dem österreichischen Institut für Digitale Bildverarbeitung und Graphik (Graz) Sorge tragen.

Der Einsatz der durch multispektrale Satelliten-Fernerkundung gewonnenen Daten und einer rechnergestützten Bildanalyse für die Forschung des Neusiedlersees eröffnet weite Perspektiven. Die Anwendung der Satellitenaufnahmen würde gewiß die Lösung mehrerer Probleme des Neusiedlersees fördern. Die Ergebnisse würden gleichzeitig auch zur Untersuchung anderer seichten Seen bzw. Wasserflächen Anhaltspunkte darstellen.

L i t e r a t u r

- ARNBERGER; E. et al., 1981: Satellitenkartographie ÖAdV Institut für Kartographie
Berichte und Informationen No. 2, Wien.
- BAK, A., S. BALLA et al., 1981: Ungarn aus dem Raum gesehen.
(Ungarisch) Zrinyi Verlag, Budapest, 1981
- BECKEL, L., 1976: Österreich im Satellitenbild.
Otto Müller Verlag, Salzburg 1976
- BÜTTNER, Gy., L. VÖRÖS, 1981: Investigation of Hungarian Lakes by means of LANDSAT Data.
Adv. Space Rec. Vol. 1
- ESA: 1984 a ESA Coordinated plan of application projects in NPOCS. 11th Earthnet
Meeting, Frascati
- ESA: 1984 b NPOC Pilot Projects 12 th Earthnet NPOC Meeting, Dublin
- FELFÖLDY, L., 1980: Biologische Wasserqualifizierung (Ungarisch).
Serie: Vizügyi Hidrobiologia, Nr. 3. VIZDOK Verlag, Budapest,
- GYÖRKE, O., 1982: Ufer-und Seebettregulierung des Balaton-Sees (Ungarisch).
Vizügyi Közlemenyek, H.3.
- HAJOS, T., BÜTTNER Gy., 1984: IPS-1: A Non-interactive Image Processing Software. XXVth COSPAR
Meeting, Graz
- REMETEY, F., G., 1984: Rechnergestützte Verarbeitung von Satelliten-Aufnahmen. (Ungarisch).
Doktor-Dissertation an der TU Budapest.
- SZABO, Gy., SZILAGYI, F., 1984: Verwendung von LANDSAT-Aufnahmen bei der Wassergüteforschung
des Balaton-Sees (Ungarisch), Vizügyi Közlemenyek, H. 3.
- SZILAGYI, F., 1982: Vergleich der Methoden der Chlorophyll-Messung (Ungarisch).
Vizügyi Közlemenyek, H.1.
- SIMONETT (Ed.): 1983: Manual of Remote Sensing, ASP, Falls Church,

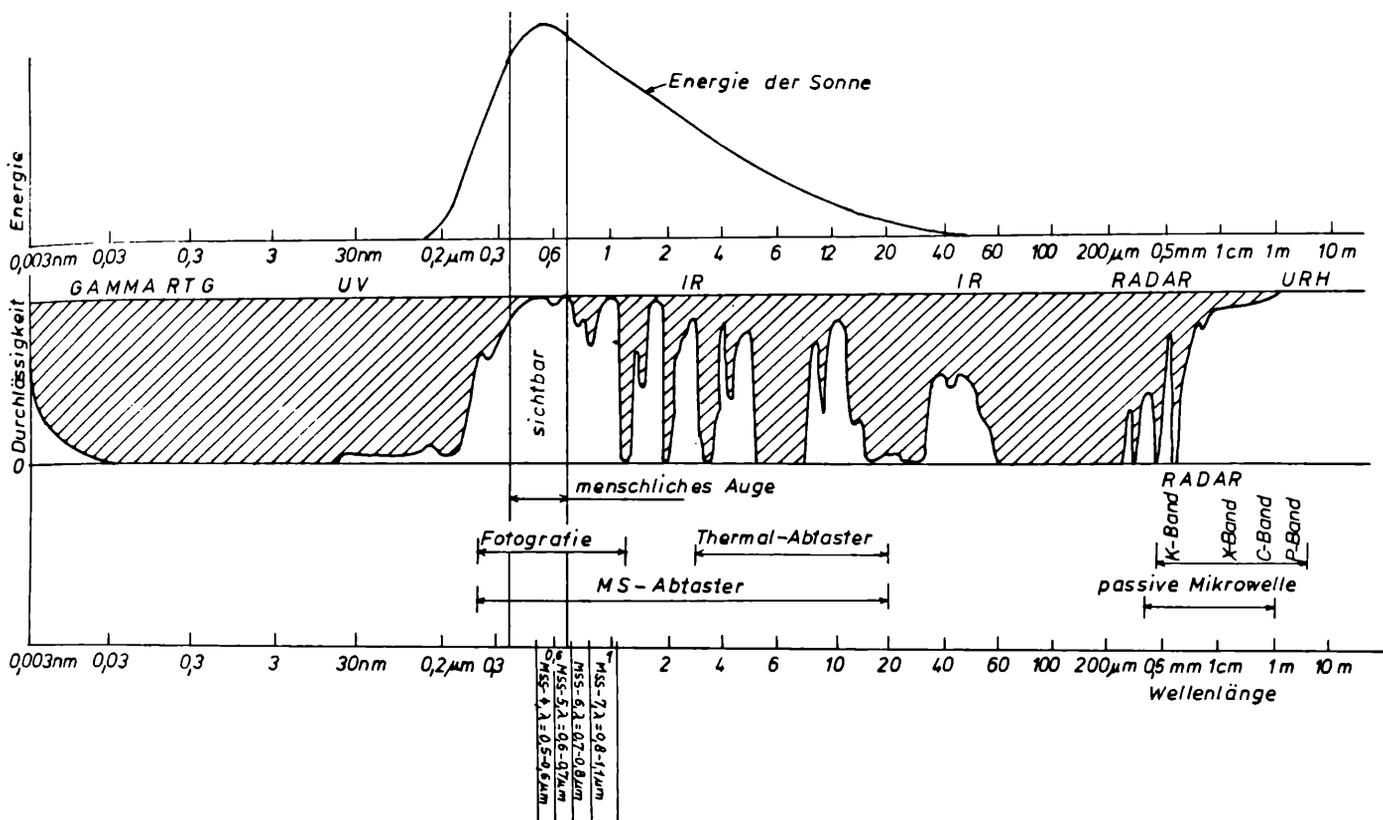


Bild 1. Das elektromagnetische Spektrum

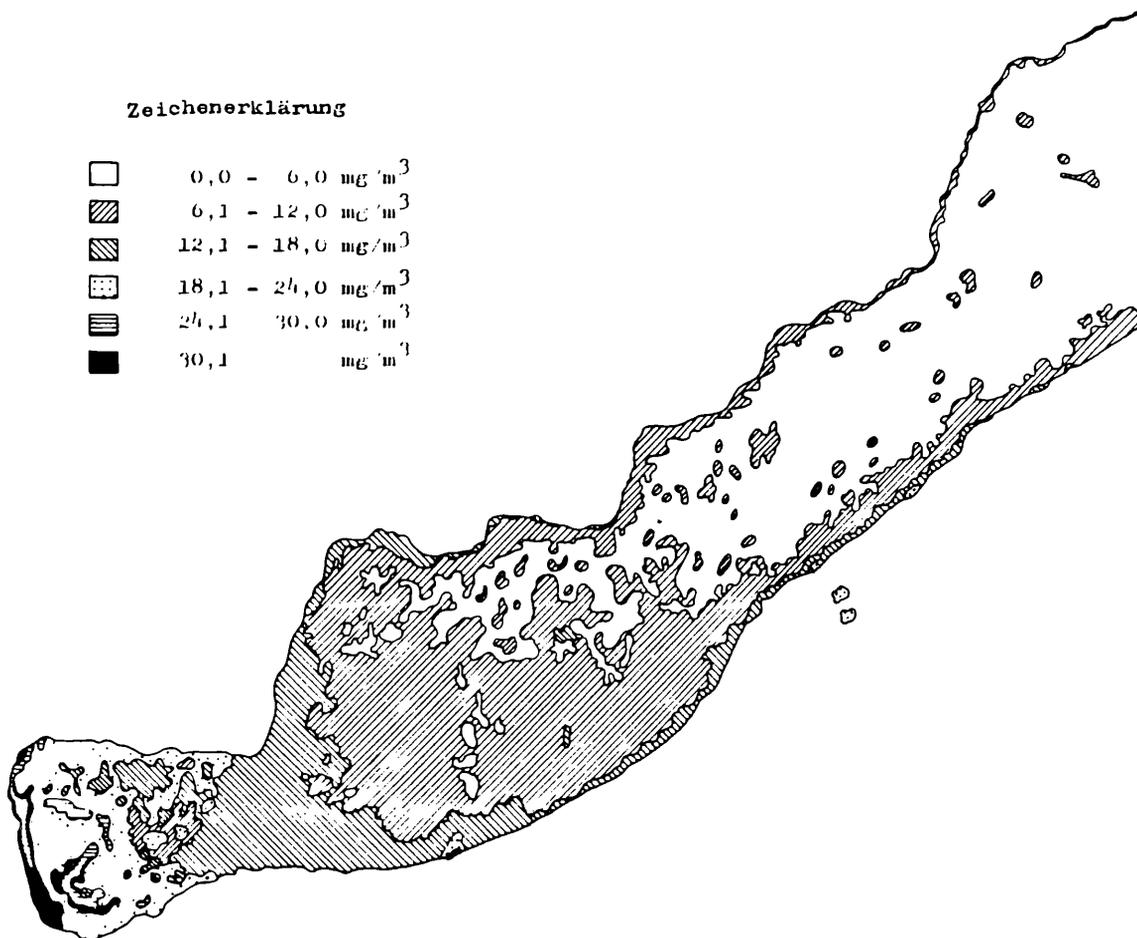


Bild Werte der α-Chlorophyll- Konzentration im westlichen Teil des Balaton-Sees

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [BFB-Bericht \(Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, Illmitz 1](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Gyula Szabo

Artikel/Article: [Anwendung der Landsat-Satellitenaufnahmen bei der Forschung von seichten Seen; Möglichkeiten zur Untersuchung des Neusiedlersees 9-17](#)