



Einige interdisziplinäre Aspekte der Interpretation der digitalen Geländemodelle des Neusiedler See-Beckens

Elmar Csaplovics ¹, Adele Sindhuber ²

¹ *Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Dresden, Mommsenstraße 13, D-0162 Dresden*

² *Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **86** (4), S. 216–224

1998

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Csaplovics_VGI_199831,  
  Title = {Einige interdisziplinäre Aspekte der Interpretation der digitalen  
          Geländemodelle des Neusiedler See-Beckens},  
  Author = {Csaplovics, Elmar and Sindhuber, Adele},  
  Journal = {VGI -- Österreichische Zeitschrift für Vermessung und  
            Geoinformation},  
  Pages = {216--224},  
  Number = {4},  
  Year = {1998},  
  Volume = {86}  
}
```



Proceedings Bnd. 3, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference, L. Ottoson (Hsgeb.) Swedish Cartographic Society, Gävle, S. 1533–1540.

[24] Zahn, F. B. und B.P. Buttenfield (1996): Multi-scale representation of a digital line. Cartography and Geographic Information Systems, Vol 23, No 4, S. 206–228.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Dipl. Ing. Mirjanka Lechthaler und Dipl. Ing. Sabine Kasyk, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Technische Universität Wien, Karlsplatz 11, A-1040 Wien.



Einige interdisziplinäre Aspekte der Interpretation der digitalen Geländemodelle des Neusiedler See-Beckens

Elmar Csaplovics, Dresden und Adele Sindhuber, Wien

Zusammenfassung

Die digitalen Geländemodelle des Beckens des Neusiedler Sees beschreiben das Relief eines Gebietes von 321 km², dessen Erscheinungsbild größtenteils durch dichte Schilfbestände und offene Wasserflächen geprägt wird. Die Aufgabe, in größtenteils unzugänglichem Gebiet Meßpunkte in hoher Präzision abzusetzen, erfordert spezielle Methoden der Datenerfassung und -verarbeitung. Nach Aufbau einer digitalen Datenbasis sind hoch auflösende Geländemodelle des Reliefs der Schlammoberfläche und der Oberfläche des festen Untergrundes die Grundlage zur Berechnung von Höhenlinien in Intervallen von 10 cm, von Profilen und Perspektivansichten. Zentrale Bedeutung für hydrologische und limnologische Fragestellungen kommt der durch Differenzbildung zweier Geländemodelle mit unterschiedlichen Bezugsflächen möglichen Modellierung und Analyse von Lage und Mächtigkeit der Schlammsedimente zu. Die Simulation von Wasserstandsschwankungen einschließlich der resultierenden Verlandungstendenzen sowie die Kalkulation von Flächen- und Inhaltsdiagrammen in Funktion unterschiedlicher Pegelstände dienen als unentbehrliche Grundlage für Analysen des Wasserhaushaltes. Eine digitale Geländehöhendatenbank des Seebeckens muß zentraler Bestandteil von Konzepten zum Aufbau operationeller geographischer Informationssysteme für Erfassung, Analyse und Modellierung limnischer Ökosysteme sein.

Abstract

The digital terrain models (DTMs) of the bottom of Lake Fertö (Neusiedler See) cover a region of about 321 km². Landcover of the region is characterized by open water and a dense reed belt. Research on limnetic ecosystems needs exact informations of the topography of the terrain. DTMs are highly efficient tools for maintaining the data bases needed. Maps of the bottom relief with height contour line intervals of 10 cm, profiles and perspective views of the topography can be provided. The spatial dynamics of sedimentation can be analysed by calculating the difference model of sediment and ground surfaces. These specific digital terrain data are of great value for a better understanding of water-sediment interactions in shallow lakes. Multithematic modelling and simulation of flooded/non-flooded areas is done by virtual variation of water levels and by integrating real or simulated dynamics of sedimentation and patterns of human impact. Thus digital terrain data are fundamental for GIS-based approaches of monitoring and modelling limnetic ecosystems.

1. Einleitung

Der Neusiedler See und sein Umland wurden bereits im Mittelalter ihrer Bedeutung als topographische Landmarken gemäß immer wieder urkundlich genannt und seit dem Zeitalter der deskriptiven humanistisch-naturwissenschaftlichen Forschung als geographische Merkwürdigkeiten beschrieben – dies wohl deshalb, weil der Charakter des Sees und seines östlich anschließenden Umlandes stets Anlaß zu forschender Betrachtung boten. Vor allem die Wasserstandsschwankungen des Sees, die Austrocknung, Versumpfung und Hochwasser mit Überflutung des angrenzenden Tieflandes in stetem Wechsel

folgen ließen, lassen sich bereits in Urkunden des 11., 12. und 13. Jahrhunderts nachweisen [1,2]. Bezeichnungen wie stagnum Ferteu (1074), lacus Fertheu (1317) oder fluvius Ferthew (1324) deuten auf diese Schwankungen hin [3]. Ab dem 18. Jahrhundert bewirkten entscheidende Schritte in Richtung einer geometrisch fundierten regionalen Kartographie auch im Raum des Neusiedler Sees die Herstellung eindrucksvoller Komitatskarten, wie zum Beispiel jene von Hegedüs (1788) für das Ödenburger Komitat belegt [4, 5, 6]. Doch auch spezifische Regionen wurden kartographisch erfaßt, insbesondere dann, wenn ingenieurtechnische Maßnahmen zu planen und auszuführen waren. Dies

gilt, wie zum Beispiel eine Karte von Zinner (1756) zeigt, auch für das in den vergangenen Jahrhunderten stets mehr oder weniger versumpfte, östlich bis südöstlich des Sees gelegene Umland, das auch heute noch als Waasen bzw. als Hanság bezeichnet wird [7]. Die immer wiederkehrenden Überflutungen führten zu Bestrebungen, den See zu regulieren bzw. trocken-zulegen. Diese Gedanken wurden durch die euphorische Technikgläubigkeit der ersten Industrialisierungswellen des 19. Jahrhunderts genährt und fanden ihren Niederschlag in einer Vielzahl von Projekten, die auch zur ersten dokumentierten Erfassung der Tiefenstruktur des Seebodens durch Godinger (1835) führten [8]. Glücklicherweise konnte der See den einseitig ökonomisch ausgerichteten Aktivitäten trotzen, indem er wohl von 1865-1870 vollkommen austrocknete, dann jedoch sehr schnell an Wasservolumen gewann und damit auch die Pläne der 1873 gegründeten Raab-Regulierungsgesellschaft zunichte machte, wiewohl Tiefstände an den Pegeln ab 1885 ein neuerliches Aufkommen der Diskussionen um die Trockenlegung des Sees bewirkten. Letztendlich kam es jedoch nur mehr zu dem Versuch einer über Kanäle gedachten Entwässerung des Sees, der in der Anbindung des sogenannten Einserkanals an den See sowie der Errichtung einer Schleuse bei Pamhagen in den Jahren 1908-1910 endete. Ein neuerlicher Tiefstand des Wasserspiegels zu Anfang des 20. Jahrhunderts bewog die Fertö-Kommission, eine Auslotung des Seebodens sowie – darauf aufbauend – die Schaffung einer Höhenlinienkarte des Seebeckens zu veranlassen [9].

Pläne während der Krisenzeiten der Zwischenkriegsjahre, durch Teilregulierung neues Ackerland zu gewinnen, standen in Widerspruch zu eindeutig negativen Gutachten der Bodenqualität [10, 11].

Erst im Jahre 1963 erfolgte auf Betreiben der Österreichisch-Ungarischen Gewässerkommission eine neuerliche Aufnahme des Seebodens, diesmal – neuerlich begünstigt durch niedrigen Wasserstand – in Form von Nivellementprofilen [12, 13]. Die Ergebnisse auf österreichischer Seite liegen in Form von Höhenlinienkarten des festen Untergrundes und der Schlammoberfläche mit einem Höhenlinienabstand von 10 cm vor. Doch bereits 1984 war der Bedarf an exakten Höheninformationen neuerlich manifest. Nicht nur die hydrologischen Probleme der Wasserstandsregelung, sondern auch die Neubewertung der Bedeutung ökologischer Forschungsiniciativen und des Naturschutzes erfor-

dernten die möglichst genaue Kenntnis des Reliefs des Seebodens. Auf Grundlage der technologischen Möglichkeiten der Zeit wurden mit Hilfe speziell adaptierter Methoden der trigonometrischen Höhenmessung hochgenaue raumbezogene Datenbestände zur Berechnung digitaler Höhenmodelle des österreichischen Seebodens geschaffen [14].

In einem Folgeprojekt konnte während der Jahre 1991–1995 das Bodenrelief des ungarischen See-Anteiles erfaßt, bearbeitet und nach Verknüpfung mit den österreichischen Rastermodellen zu einem einheitlichen digitalen 3D-Datenbestand zusammengeführt werden [15]. Als Begrenzung des Arbeitsgebietes war – soweit möglich – die Höhenschichtlinie 116.50 m ü.A. bestimmt worden.

2. Methodik

Das Ziel, ein für die Interpolation eines digitalen Rastermodells möglichst repräsentatives Meßpunktfeld aufzubauen, wird durch die spezifischen Charakteristika des Terrains – offene Seeflächen und heterogen strukturierte Schilfbereiche – determiniert. Die Befahrbarkeit des Geländes ist nur in beschränktem Ausmaß und unter entsprechend aufwendigem Einsatz technischer Infrastruktur möglich. Das Absetzen der Punkte in situ kann nur von Booten und Schilfschneidemaschinen respektive speziell adaptierten Raupenfahrzeugen vorgenommen werden. Die Beschaffenheit des Untergrundes – unterschiedlich kompakte Sedimentlagen auf quartärem Untergrund, die im Bereich des Schilfwaldes von dichten Wurzelsystemen (Rhizome) durchzogen sind – ließ keinen Zweifel aufkommen, daß eine berührungsfreie Messung der Sedimentoberfläche und der Oberfläche des festen Untergrundes mittels Echolot-Verfahren zu keinem homogenen Ergebnis führen würde. Methoden der trigonometrischen Höhenmessung mit hochgenauer Zenitdistanzmessung einschließlich Messungen zur möglichst weitreichenden Korrektur der Refraktion sowie mit hochgenauer elektro-optischer Schrägdistanzmessung zu den Meßpunkten, an denen mittels Präzisionslatten mit Schlammteiler die Vertikalmessungen zu den Bezugsflächen abgesetzt wurden, zeigten größtmögliche Zuverlässigkeit.

Unter Berücksichtigung der bei flachen Visuren zulässigen Näherungsformel, vgl. [16]

$$h = s \cos z + ((s \sin z)^2 / 2R)(1 - k)$$

und den jeweiligen mittleren Fehlern

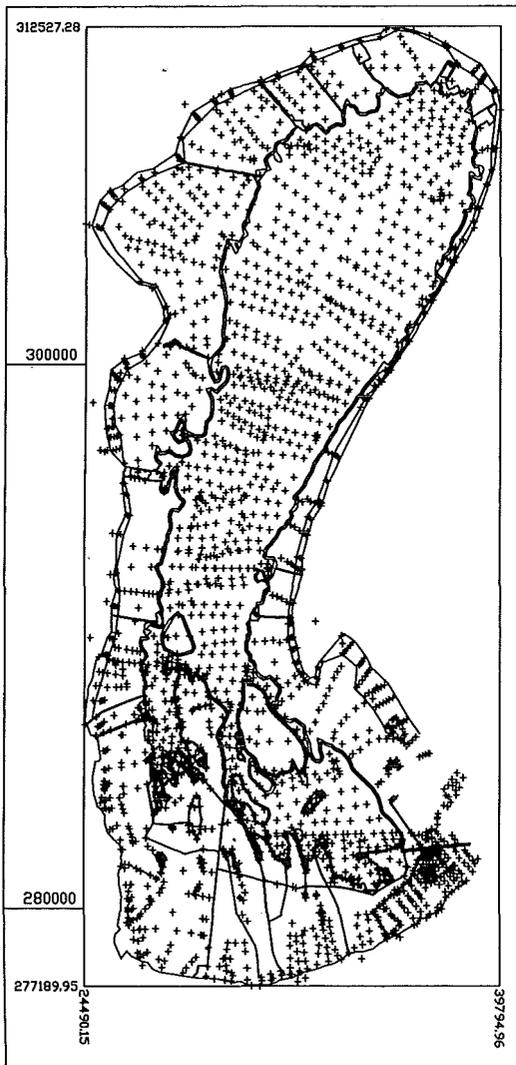


Abb. 1: Verteilung der für die Berechnung der digitalen Geländemodelle des Neusiedler See-Beckens verwendeten Punkt- und Liniendaten, $M = \text{ca. } 1:280.000$

$$h(\cdot) = \pm d$$

$$h(s) = \pm s \sin z$$

$$h(k) = \pm (d^2/2R) k$$

folgt für

$$s = (1 \text{ km}, 2 \text{ km}, 3 \text{ km}, 4 \text{ km})$$

$$h = (\pm 3 \text{ mm}, \pm 10 \text{ mm}, \pm 22 \text{ mm}, \pm 39 \text{ mm}).$$

Die Eigenart des Terrains und die multidisziplinären Anforderungen an die Qualität der Geländemodelle determinieren die anzustrebenden Genauigkeiten in der Höherfassung. Bei maximalen Zielweiten um 3 km resultiert ein maximaler mittlerer Fehler der Höhenbestimmung von $h = \pm 22 \text{ mm}$. Auf Grundlage dieser Richtwerte

wurde ein Netz von Beobachtungsstationen aufgebaut. Durch Messung zu möglichst gleichmäßig, bei markanten Geländekanten nach dem Prinzip eines progressive sampling in entsprechend größerer Dichte angeordneten Punkten konnten digitale Rasterhöhenmodelle generiert werden, deren Höhengenaugigkeit die angestrebte Interpolation von Höhenlinienkarten in Intervallen von $h=10 \text{ cm}$ möglich machen sollte (Abb. 1).

Der Aufbau des reliefbeschreibenden Datenbestandes wurde mit Hilfe des zur Berechnung, Verwaltung und Analyse digitaler Geländemodelle konzipierten Programmsystems SCOP am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien durchgeführt [17]. Dabei konnte auf in etwa 3000 originäre Meßpunkte, nach Punktverdichtung entlang markanter Geländekanten auf nahezu 10000 Datensätze zugegriffen werden. Die ungarischen Messungen mußten jedoch noch einer Transformation von stereographischem in das Gauß-Krüger-Koordinatensystem unterzogen werden [18]. Weiters war zufolge der unterschiedlichen Höhenbezüge ein Korrekturfaktor von $h=-9 \text{ cm}$ an die auf ungarischer Seite gemessenen Höhen anzubringen. Der nunmehr homogenisierte Bestand von je zwei Koordinatentriplets pro Meßpunkt – einerseits für den Höhenbezug Sedimentoberfläche, andererseits für den Höhenbezug Oberfläche des festen Untergrundes – diente letztendlich der Interpolation der rasterförmigen Höhenmodelle in einer Maschenweite von 70 m.

Ein Blick auf die erreichbaren Positionsgenauigkeiten p der zu interpolierenden Höhenlinien nach der Beziehung

$$p = h \cdot hH / h$$

mit

$$hH \text{ – Horizontalabstand der Höhenlinien}$$

$$h \text{ – Höhenlinienabstand (10 cm)}$$

zeigt, daß der spezifische Charakter des zu dokumentierenden Terrains relativ ungenaue Höhenlinienverläufe in den nahezu ebenen Bereichen des Seebodens und im Schilfgürtel bewirkt.

Für $h = \pm 2.2 \text{ cm}$ und $h = 10 \text{ cm}$ folgt bei einer Variation der Horizontalabstand zwischen benachbarten Höhenlinien von $hH = (1 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 10 \text{ mm})$, daß die Positionsgenauigkeit p für $M = 1:25.000$ mit $p = (\pm 5.5 \text{ m}, \pm 27.5 \text{ m}, \pm 55 \text{ m})$ angegeben werden kann.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen können Höhenlinien interpoliert und als Isolinienkarten oder Höhenstufenkarten in Raster-

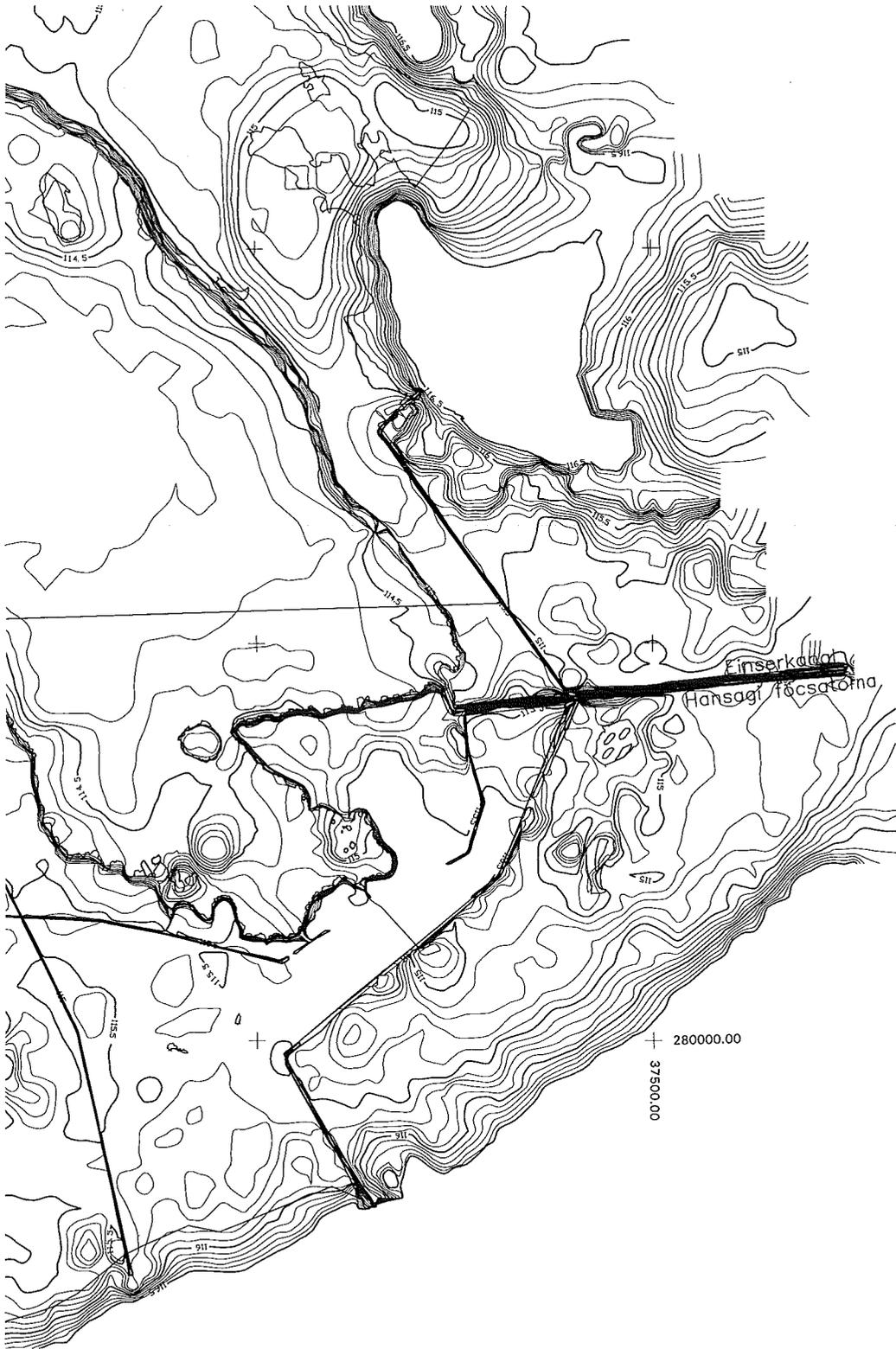


Abb.2: Ausschnitt aus der Höhenlinienkarte der Sedimentoberfläche im südöstlichen Seebecken, M = 1:50.000

graphik ausgegeben werden. Die Integration von aus Farbinfrarot-Luftbildinterpretation gewonnenen Informationen wie Schilf-See- und Schilf-Land-Grenzlinien, Aufschüttungen im Schilfbereich (Dämme und Seebäder) und Lage der Schilfinseln verbessern die Lesbarkeit der Höhenlinienkarten [19, 20, 21, 22].

Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt des Höhenlinienbildes im südöstlichen Seebecken, der von zentraler Bedeutung für die Diskussion immanenter hydrologischer und ökologischer Fragestellungen ist. Ohne an dieser Stelle auf die weitreichenden Möglichkeiten weiterführender Untersuchungen des Datenmaterials einzugehen, soll an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß sich die Seewanne in diesem Bereich ab Höhenlagen von 115.20 m nach dem östlich gelegenen Tiefland des Hanság öffnet. Nur durch Dämme, die ähnlich den Haupt-Schilfkanälen im Höhenlinienbild als markante, maßstabsbedingt nahezu linienförmig erscheinende Scharen von Höhenlinien dargestellt werden und nördlich des Einserkanals von SO nach NW bzw. südlich des Einserkanals von NO nach SW verlaufen, wird eine Überschwemmung des angrenzenden Landes bei Pegelständen höher 115.20 m verhindert.

Weitere Produkte, die für Planungen und angewandte Forschungen am Neusiedler See von Bedeutung sind und aus dem digitalen Datenbestand gewonnen werden, sind Profile und Perspektivansichten [15].

Auf den quantitativen Aspekt spezieller Simulationen von trockenfallenden und von Wasser bedeckten Bereichen des Seebeckens in Abhängigkeit von variierenden Pegelständen wird in diesem Beitrag an späterer Stelle noch gesondert eingegangen werden.

Vorerst wird jedoch einem Produkt von herausragender Bedeutung für hydrographisch-hydrologische, aber auch limnologische und hydrobiologische Folgeuntersuchungen breiterer Raum gewidmet - dem Differenzmodell aus Sedimentoberfläche und Oberfläche des festen Untergrundes.

3. Sedimentmodelle des Seebeckens

SCOP.INT verschneidet unterschiedliche vektor- und/oder rasterstrukturierte Datensätze und berechnet relevante Flächen und Volumina. Ebenso können zwei Rastermodelle verknüpft und deren Differenzmodell berechnet werden. Im konkreten Fall entspricht das resultierende Volumen der Kubatur der im Seebecken abgelagerten

Sedimente. Einem Wert von 316.87 Mill.m³ für das Gesamtmodell stehen Ergebnisse für den ungarischen Teil von 53 Mill.m³ und für den österreichischen Teil von 150.17 Mill.m³ gegenüber [14, 23]. Nach Zusammenführung der Datensätze entlang der ungarisch-österreichischen Staatsgrenze ergibt sich somit eine äußerst geringe Differenz der Volumina von etwa 1.7% des Bezugswertes. Damit wird bewiesen, mit welcher hohen Präzision die verknüpfende Interpolation der beiden solitären Datensätze bewerkstelligt werden konnte.

Unter Berücksichtigung der Beziehung, vgl. [24]

$$V = 2 \cdot (n_x \cdot n_y - 3(n_x + n_y)/2 + 9/4) \cdot 1/2 \cdot f_Q \cdot h$$

mit

n_x, n_y – Anzahl der Rasterlinien in x- bzw. y-Richtung

f_Q – Fläche eines Rasterelementes in der Horizontalebene

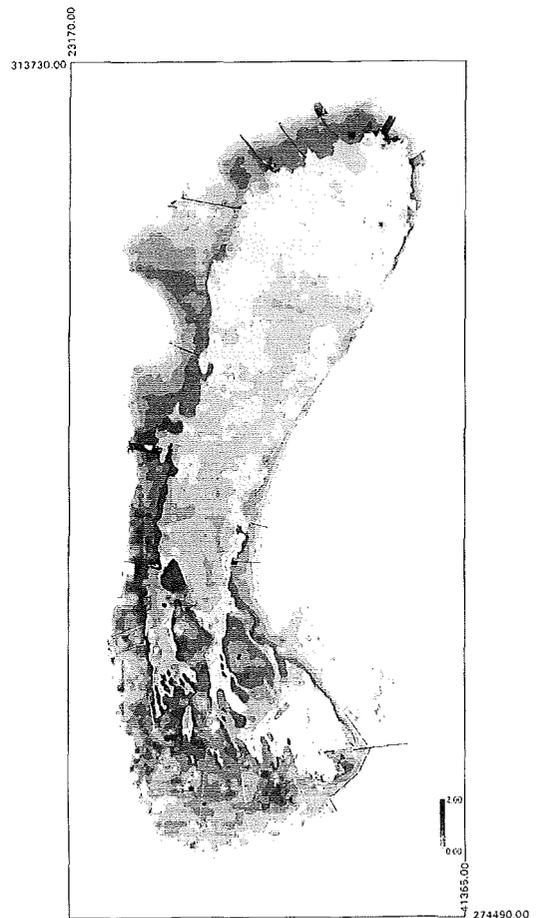


Abb.3: Karte der Sedimentablagerungen im Neusiedler See-Becken, Höhenstufen $h=20$ cm, $M = ca. 1:270.000$

h – mittlerer Höhenfehler
 V – mittlerer Fehler der Volumsdifferenz

ergibt sich für den mittleren Fehler der Volumsberechnung ein Betrag von $V = \pm 34700 \text{ m}^3$ – das entspricht 0.01% des Gesamtvolumens.

Gleichermaßen ist nun auf Basis des Rastermodells der Höhendifferenzen die Interpolation von Isolinien – hier Isolinien gleicher Sedimentmächtigkeit – möglich. Neben einer Karte der Sedimentablagerungen im Seebecken im Maßstab 1:50.000 mit einem Isolinienabstand von $h = 25 \text{ cm}$ kann mit Hilfe eines rastergraphischen Ausgabemodus eine anschauliche Darstellung der heterogenen Sedimentlagen in Grauwertstufen von $h = 20 \text{ cm}$ erreicht werden (Abb. 3).

Die Diskussion der lokal bis regional stark unterschiedlichen Sedimentmächtigkeiten steht in engem Zusammenhang mit den Strömungsmustern im offenen Seeteil, die wiederum in Funk-

tion der vorherrschenden Windrichtungen von NW respektive SO, der Schilf-See-Grenzlinien und der stellenweise über viele Kilometer reichenden Schilfbereiche unterschiedlicher Dichte stehen. In diesem Zusammenhang kann auf den großen Dokumentationswert der von den Autoren im Raum Neusiedler See in anderen thematischen Zusammenhängen genutzten hochauflösenden russischen Weltraumphotographien des Aufnahmesystems KFA-3000 hingewiesen werden. Ein für NW-Windrichtung markantes Strömungsbild wird durch klar erkennbare Verläufe der Sedimentwolken im offenen See weitestgehend nachgezeichnet [25] (Abb. 4).

Abb. 3 dokumentiert weite Bereiche des Seebodens im nordöstlichen und südöstlichen offenen Seeteil als nahezu sedimentfrei, während Zonen im mittleren Seeteil an einigen Stellen bis zu über 50 cm mächtige bzw. entlang der nordwestlichen, westlichen und südwestlichen Schilf-See-Grenzlinie bis zu 70 cm mächtige Sedimentlagen aufweisen. Die Schilf-See-Grenzen sind natürliche Begrenzungen des frei zirkulierenden Seewassers mit hohem anorganischem und organischem Schwebstoffgehalt. An diesen Grenzen in die Schilfbereiche eintretendes Wasser erfährt eine nahezu vollkommene Aufhebung der Turbidität – die transportierten Schwebstoffe werden daher rasch sedimentieren und zum Aufbau von in Abhängigkeit des vorherrschenden Strömungsbildes mehr oder weniger ausgeprägten Sedimentwällen in den seenahen Schilfbereichen führen, die stellenweise mehr als 1 m Mächtigkeit aufweisen. Diese Wälle sind in Rastergraphik in dunklen Grautönen dargestellt und können vor allem am Nordwest-, West- und Südwestufer des offenen Sees klar erkannt werden (vgl. Abb. 3).

Die genaue Dokumentation der Lage dieser Wälle ist von zentraler Bedeutung für sämtliche Untersuchungen zum Austauschverhalten von Schilf- und Seewasser in Abhängigkeit variierende Pegelstände. Ab gewissen Wasser-Niedrigständen kommt es zur Abkoppelung des Schilfsystems vom System des offenen Sees, da die Wälle dann eine Zirkulation des Wassers verhindern. Neben diesen in Nähe des offenen Sees wirksamen Sedimentationsvorgängen werden in den zentralen Schilfbereichen durch geringe Durchströmung und hohen Input von abgestorbenem organischem Material der einjährigen Schilfpflanzen ähnlich massive Sedimentationsdynamismen bewirkt [26]. Der an dieser Stelle nur in kurzen Zügen skizzierte Dokumentationswert

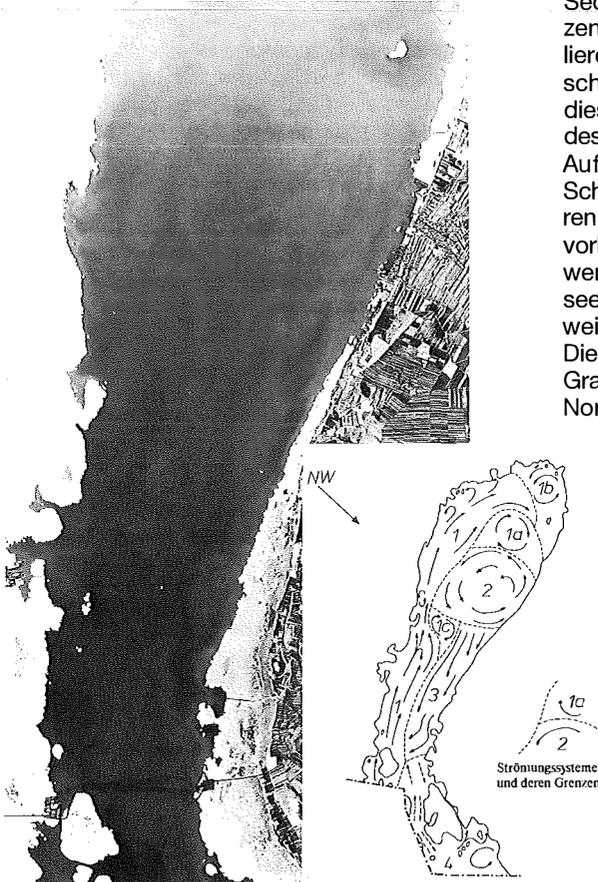


Abb. 4: Ausschnitt aus einer Weltraumphotographie des russischen Aufnahmesystems KFA-3000 (SW-Negativ, $M=1:150.000$), Strömungsbild im offenen See für NW-Wind-Wetterlage [19, 25]

des Sedimentmodelles des Neusiedler See-Beckens läßt erahnen, welche weitreichende Bedeutung diese Ergebnisse als Grundlagendaten für sämtliche limnologisch-hydrobiologischen Forschungen am Neusiedler See haben.

4. Flächen- und Inhaltsdiagramme des Seebeckens

Eine weitere Variante der Anwendung des Intersect-Moduls SCOPINT ist die bereits erwähnte Möglichkeit der Verschneidung respektive der Differenzbildung zwischen beliebigen Horizontalebene und dem Höhenmodell der Sedimentoberfläche. Die nicht koordinativ zugeordneten, rein kumulativen Ergebnisse dieser Kalkulationen entsprechen den bei simulierten Pegelständen (Horizontalebene) von Wasser bedeckten Flächen des Seebeckens respektive den zugeordneten Wasservolumina. Die Berechnung dieser Werte in Funktion der Variation des Pegelstandes in Höhenschritten von 20 cm ergibt ein relevantes Flächen- und Inhaltsdiagramm des Seebeckens (Abb. 5).

Die Diskussion des Diagrammes der Wasservolumina zeigt näherungsweise logarithmischen Anstieg der Kurve mit leichtem Knick im Höhenintervall 115.30 m bis 115.50 m im Sinne einer Verlangsamung der Volumszunahme und zunehmende Verflachung bei Pegelhöhen von ca. 155.70 m bis 116.30 m. Somit lassen sich der Sedimentsockel der Schilfbereiche mit Hö-

hen von 115.30 m bis 115.50 m sowie der Anstieg des Seebeckens an der Schilf-Land-Grenze von 115.50 m bis zur Höhenlinie 116.30 m ablesen.

Der Anstieg der Flächenkurve nimmt bis zu einem Wendepunkt bei Pegelhöhe 114.20 m ab, dann aber bis 114.80 m zu, um anschließend bis 115.40 m neuerlich abzunehmen. Ab dieser Pegelhöhe erfolgt vorerst unterproportionaler, dann exponentiell zunehmender Anstieg der Kurve bis zum Beckrand 116.50 m. Der große Anteil an Schlammflächen in Höhenlagen von 115.30 m bis 115.50 m in den auflandenden Schilfgebieten des Seebeckens führt zu signifikanter Verflachung der Flächenkurve, die auf überproportionale Flächenzunahme in Funktion gering ansteigenden Wasserspiegels zurückzuführen ist. Ab Pegelstand 115.70 m folgt die Kurve einem der Form des Beckenrandes entsprechenden, steil ansteigenden, durch stark unterproportionale Flächenzunahme in Relation zu dem (simulierten) Anstieg des Wasserstandes geprägten Verlauf. Ähnliche Überlegungen gelten für die Tiefenwanne des Seebeckens, deren Ränder Höhen von 114.20 m bis 114.30 m aufweisen. Ab diesen Lagen steigen die Profile mit stetig zunehmendem Gradienten bis zur seeseitigen Sockelhöhe der Sedimentstufe am Schilf-See-Rand bei ca. 114.80 m an.

Ein Vergleich der für mittlere Pegelstände von 115.30 m respektive 115.50 m berechneten Wasser- und Sedimentvolumina ergibt ein Verhältnis von 45:55 respektive 51:49, d.h. bei normalen Wasserständen ist das Seebecken zur Hälfte mit Sediment und zur Hälfte mit Wasser gefüllt.

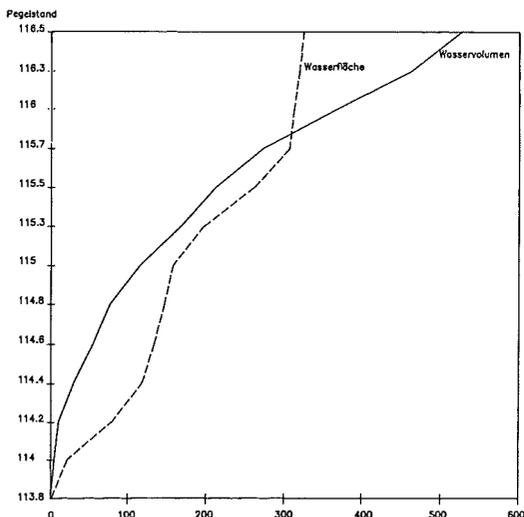


Abb. 5: Flächen- und Inhaltsdiagramm des Neusiedler See-Beckens, Simulation der Pegelstände [m] in Seehöhe über Adria, Fläche [km²], Volumina [106 m³]

5. Ausblick

Auf Basis der mit Beginn der Projektarbeiten um 1985 aktuellen geodätischen Technologien wurde ein exaktes digitales Geländemodell des Neusiedler Seebeckens geschaffen. Aus heutiger Sicht liegen Überlegungen nahe, diese aufwendigen Meßanordnungen durch GPS-gestützte Methoden zu ersetzen, um damit auf die eine oder andere Weise von Master-Stationen unabhängig Meßpunkte absetzen zu können. Die Integration von Echolot- und/oder Laser-Messungen in Bereichen homogener Sedimentlagen des offenen Seebeckens liegt nahe. Damit bietet sich das Konzept eines multisensoralen Ansatzes an, der in Form eines progressive sampling den Aufbau eines Basisdatensatzes in unterschiedlichen Punktdichten in Funktion der Unruhe des Reliefs begünstigt.

Der aktuelle Datenbestand der digitalen Geländemodelle des Seebeckens hat dennoch ungebrochen hohe Bedeutung, wie zum Beispiel die intensive Nutzung dieser Grundlagendaten im Rahmen rezenter Forschungsvorhaben zur Erstellung von Strömungsmodellen für den Bereich des offenen Sees belegt. Dadurch werden Strömungsvektoren nach Intensität und Richtung in Funktion von Windrichtung und Windstärke für jeden Ort der Seefläche berechenbar, simulierbar und visualisierbar.

Selektive Punktverdichtung in lokal begrenzten Untersuchungsgebieten auf Basis der für das gesamte Seebecken vorliegenden Datenbestände ermöglicht die Berechnung spezifischer digitaler Reliefmodelle, wie sie vor allem aus fischereibiologischer, ornithologischer und hydrobiologischer Sicht gefordert werden [27]. Die Struktur der Datenverwaltung erlaubt die Integration von Meßwerten unterschiedlichster Provenienz und die Neuberechnung des Geländemodells unter Einbeziehung dieser Informationen. Der Dynamik der Sedimentation gemäß und unter Berücksichtigung der nunmehr teilweise bereits mehr als 10 Jahre alten Ausgangsdaten gewinnen jedoch auch Überlegungen zur neuerlichen Konzeption einer Geländeaufnahme des Seebeckens an Bedeutung. Gleichermaßen sind die auf Farbinfrarot-Luftbildinterpretation beruhenden Kartierungen der flächenhaften Ausbreitung der Schilfbestände sowie der luftbildlesbaren qualitativen Parameter der Schilfbestände bereits nahezu 20 Jahre alt und erfordern gezielte Planung für dringend erforderliche Auswertungen aktuellen Luft- und Satellitenbildmaterials [25, 28, 29].

Die Integration der Interpretationsergebnisse in ein GIS-Konzept, das digitale Geländemodelle und Klassifikation der Landbedeckung respektive Landnutzung gleichermaßen berücksichtigt, ist von grundlegender aktueller Bedeutung.

Dank

Die Projektförderung für die Bearbeitung des österreichischen Projektgebietes wurde von den Bundesministerien für Wissenschaft und Forschung bzw. für Landwirtschaft sowie vom Land Burgenland unter Koordination der damaligen Arbeitsgemeinschaft Gesamtkonzept Neusiedler See im Zeitraum 1985–1988 getragen. Die Förderung durch das damalige Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (Geschäftszahl 45.103/2-III/a/4/90) und die Ungarische Akademie der Wissenschaften (OTKA-I/3 2518.sz.) im Zeitraum 1990–1995 ermöglichte die Durchführung der Arbeiten auf ungarischer Seite und die Zusammenführung der Daten respektive den Aufbau der Geländemodelle für das gesamte Seebecken tiefer 116.50 m. Die Zusammenarbeit mit den ungarischen Kollegen, insbesondere mit dem Leiter des ungarischen Projektes Univ. Prof. Dr. László Bácsatyai und dem hauptverantwortlichen Mitar-

beiter Univ.-Doz. Dr. Istvan Márkus, war von tiefem wissenschaftlichem Verständnis und herzlicher Freundschaft getragen.

Literatur

- [1] *Wendelberger, G.*, 1951. Die Wasserstandsschwankungen des Neusiedler Sees. *Natur und Land* 37(6).
- [2] *Sauerzopf, F.*, 1959. Die Wasserstandsschwankungen des Sees. In: Bgld.Landesmuseum, (ed.), *Landschaft Neusiedler See*. Eisenstadt, S. 92–101 (Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Bd. 23).
- [3] *Winkler, A.*, 1923. Die Zisterzienser am Neusiedler See und die Geschichte dieses Sees. *Missionsdruckerei St. Gabriel, Mödling*.
- [4] *Hegedüs, J.N.*, 1788. *Mappa Situationem Inclyti Comitatus Soproniensis.. ca. 1:113000, Széchenyi-KS/Ta211*.
- [5] *Ambrus-Fallenbüchl, Z.*, 1965. Beiträge zur Geschichte der kartographischen Arbeiten des 18.Jahrhunderts im burgenländisch-westungarischen Raum. *Burgenländische Heimatblätter* 27(3/4), S. 118–130.
- [6] *Csaplovics, E.*, 1995. Time series of historical maps for analysing landscape structures at a regional level – a case study of the region of Lake Fertő (Neusiedler See) (Austria, Hungary). *Proceedings of the 16th International Conference on the History of Cartography, Vienna*, pp. 16–17.
- [7] *Zinner, F.*, 1756. *Plan des Honsagh. 1:90000, Magyar Országos Levéltár ET.V.19*.
- [8] *Godinger, C.*, 1835. *Hydrotechnischer Plan zur Entwässerung des Neusiedler Sees und der Hanság Sümpfe.. 1:14400. Österreichische Nationalbibliothek, KS/Alb.B2*.
- [9] *Szonthag, T.*, 1902. *Untersuchungsbericht der Gemischten Fertő-Kommission. Budapest*.
- [10] *Moser, I.*, 1866. *Der abgetrocknete Boden des Neusiedler Sees. Jahrbuch K. u. K. Geologische Reichsanstalt, Band 16, S. 338–345*.
- [11] *Szonthag, T.*, 1903. *A Fertő-Tó geológiai és mezőgazdasági viszonyainak tanulmányozására kiküldött bizottság jelentése. Pallas Részvénytársaság Nyomdája, Budapest*.
- [12] *Kopf, F.*, 1964. *Höhenaufnahme des Neusiedler Sees (österreichischer Teil). Projekt i.A.Neusiedler See-Planungsgesellschaft, Wien*.
- [13] *Kováts, Z.*, 1982. *A Fertő Tó medervizonyai*. In: Kováts, Z., Kozmán, E., (eds.). *A Fertő Tó természeti adottságai. Országos Meteorológiai Szolgálat - Északdunántúli Vízügyi Igazgatóság, Budapest, S. 13ff*.
- [14] *Csaplovics, E.*, 1989. *Die geodätische Aufnahme des Bodens des Neusiedler Sees. Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt (Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Bd.84)*.
- [15] *Csaplovics, E., Bácsatyai, L., Márkus, I., Sindhuber, A.*, 1997. *Digitale Geländemodelle des Neusiedler See-Bekens. Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt (Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Bd.97)*
- [16] *Jordan, W., Eggert, E., Kneissl, E.*, (eds.), 1956. *Handbuch der Vermessungskunde. Bd. 3, Höhenmessung und Tachymetrie, Metzler, Stuttgart*.
- [17] *IPF-TUW*, 1996. *SCOP-Produktinformation des Institutes für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien*.
- [18] *Bácsatyai, L.*, 1995a. *Umwandlung der Budapester stereographischen Koordinaten in österreichische Gauß-Krüger-Koordinaten. Vermessung und Geoinformation* 83(4), S. 227–233.

- [19] *Csaplovics, E.*, 1982. Interpretation von Farbinfrarotbildern. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Bd. 23, TU Wien.
- [20] *Csaplovics, E.*, 1984. A practical application of CIR-image interpretation – the classification of the reed of Lake Neusiedl (Austria). International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXV/A7, pp. 143–153.
- [21] *Csaplovics, E.*, 1987. Fernerkundung am Neusiedler See. Geowissenschaften in unserer Zeit 5(4), S. 129–136.
- [22] *Márkus, I.*, 1986. Die Fernerkundung im Dienste der umweltbiologischen Untersuchung des Neusiedler See-Biosphärenreservates mittels Photointerpretation. Bericht der Biologischen Forschungsstation Burgenland, Bd. 58, S. 87–95.
- [23] *Bácsatyai, L.*, 1995b. A Fertő Tó feltöltődési folyamatainak vizsgálata. OTKA i/3 2518.sz. Kutatási zárójelentés 1991–1994, Sopron.
- [24] *Kraus, K.*, Photogrammetrie. Bd. 2, Theorie und Praxis der Auswertesysteme. Dümmler, Bonn.
- [25] *Csaplovics, E., Herbig, U., Sindhuber, A.*, 1996. High-resolution space photography for landuse interpretation and thematic update of large-scale orthophotos. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXI/B4, pp. 200–204.
- [26] *Weisser P.* (1970) Die Vegetationsverhältnisse des Neusiedler Sees – pflanzensoziologische und ökologische Studien. Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt (Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Bd. 45).
- [27] *Csaplovics, E., Kanonier, J.*, 1993. DTM-Neusiedler See – Detailprojekt Schilfbucht Rust-Nord. Studie i.A. Burgenländische Landesregierung, Abt. Wasserbau, IPF, TU Wien.
- [28] *Csaplovics, E.*, 1996a. Russian space photography for low-cost large-scale orthophotomaps. GIM International Journal for Geomatics 10(5), pp. 52–55.
- [29] *Csaplovics, E.*, 1996b. Hochauflösende Weltraumphotographien für die Herstellung und Nachführung großmaßstäbiger Orthobildkarten. Vermessungswesen und Raumordnung 58(5/6), S. 285–292.

Anschrift der Autoren:

Univ.-Prof. (Univ.-Doz. TU Wien) Dipl.-Ing. Dr. techn. Elmar Csaplovics: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Dresden, Mommsenstraße 13, D-0162 Dresden, (csaplovi@rcs.urz.tu-dresden.de)

Dipl.-Ing. Adele Sindhuber: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien, (as@ipf.tuwien.ac.at)