

<b>Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich - Ungarn</b>			<b>A 20 éves magyar-osztrák földtani együttműködés jubileumi kötete</b>		
Redaktion: Harald Lobitzer, Géza Császár & Albert Daurer			Szerkesztette: Lobitzer Harald, Császár Géza & Daurer Albert		
Teil 2	S. 419-435	Wien, November 1994	2. rész	pp. 419-435	Bécs, 1994. november
ISBN 3-900312-92-3					

## Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe von Geochemie und Geophysik

Von SÁNDOR BARANYI, JÓZSEF DEÁK, JORGE DREHER, HEINRICH MAHLER,  
PÁL MAJOR, FERENC NEPPEL, WOLFGANG PAPESCH, VINZENZ RAJNER, DIETER RANK,  
JOHANN REITINGER & ROLAND SCHMALFUSS\*)

Mit 11 Abbildungen, 2 Tabellen und 1 Tafel (Beilage)

Österreich  
Ungarn  
Burgenland  
Neusiedlersee  
Leithagebirge  
Parndorfer Platte  
Seewinkel  
Hanság  
Ikvatal  
Ödenburger Hügelland  
Ruster Hügelland  
Wulkatal  
Wasserhaushalt  
Grundwasser  
Unterirdische Speicherung  
Tritium  
Sauerstoff-18  
Kohlenstoff-14

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 77, 78, 79, 108, 109

### Inhalt

Zusammenfassung .....	420
Összefoglalás .....	420
Abstract .....	420
1. Einleitung .....	421
2. Methodik .....	422
2.1. „Klassische“ hydrologische Methoden .....	422
2.2. Isotopenhydrologische Methoden .....	423
3. Ergebnisse (Stand Ende 1989) .....	424
3.1. Einzugsgebiet östlich des Neusiedlersees (Parndorfer Platte, Seewinkel, Hanság) .....	424
3.2. Einzugsgebiet südwestlich des Neusiedlersees .....	429
3.3. Wulkatal .....	431
3.4. Leithagebirge .....	432
4. Schlußfolgerungen .....	434
4.1. Wasserhaushalt des Neusiedlersees .....	434
4.2. Methodische Erkenntnisse .....	434
Dank .....	435
Literatur .....	435

\*) Anschriften der Verfasser: Dipl.-Ing. Dr. SÁNDOR BARANYI, Dipl.-Geophys. JÓZSEF DEÁK, Dipl.-Ing. PÁL MAJOR, Dipl.-Geol. FERENC NEPPEL, Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI), Pf. 27, H-1453 Budapest; Dipl.-Ing. JORGE DREHER, Dipl.-Ing. Dr. JOHANN REITINGER, Dipl.-Ing. ROLAND SCHMALFUSS, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Karlsplatz 13, A-1040 Wien; Dipl.-Ing. Dr. WOLFGANG PAPESCH, Ing. VINZENZ RAJNER, Dipl.-Ing. Dr. DIETER RANK, Geotechnisches Institut, Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Pf. 8, A-1031 Wien.

## Zusammenfassung

Der Wasserhaushalt des Neusiedlersees, eines am Übergang von den Ostalpen zur pannonischen Tiefebene gelegenen Steppensees, wird überwiegend von dem auf die Seefläche fallenden Niederschlag und durch die Verdunstung von der Seeoberfläche bestimmt; oberirdischer Zu- und Abfluß spielen eine untergeordnete Rolle. Der unterirdische Zu- und Abfluß ist das – wohl als Folge der komplizierten geologischen Verhältnisse – am wenigsten erforschte Glied der Wasserhaushaltsgleichung. Die nähere Erforschung des Grundwasserhaushaltes im Einzugsgebiet des Neusiedlersees ist Ziel eines im Jahre 1980 begonnenen Forschungsprojektes von Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal (Wien), Technischer Universität (Wien), VITUKI (Budapest) und Umweltschutz- und Wasserwirtschaftsdirection Győr. Eine wichtige Grundlage des Projektes ist der Einsatz von Isotopenmethoden zur Bestimmung von Verweilzeit und Herkunft von Grund- und Quellwässern. Zusammen mit umfangreichen hydrologischen und geologischen Untersuchungen hat dies zu einheitlichen und widerspruchsfreien Aussagen geführt, die die Vorstellungen über den Wasserhaushalt des Neusiedlersee-Gebietes und über den unterirdischen Zufluß zum Neusiedlersee wesentlich verbessert haben und als Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen dienen können.

Die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsprojektes – Stand Ende 1989 – sind, daß in der näheren Umgebung des Sees nicht mit bedeutenderen zusammenhängenden Grundwasserhorizonten zu rechnen ist, daß vor allem im Osten des Sees eine stockwerkartige Gliederung vorliegt und daß die Wasser des zweiten Stockwerkes hohe Verweilzeiten – bis einige 10.000 Jahre – aufweisen. Zusammen mit der starken Verdunstung und dem im Nahbereich des Sees vorherrschenden feinkörnigen, geringdurchlässigen geologischen Material bedeutet dies, daß die Horizontalbewegung der Grundwasser außerordentlich gering ist und daß demnach keine für die Wasserbilanz des Neusiedlersees bedeutenden Wassermengen den See erreichen. Auch die an der Westseite des Neusiedlersees über die wasserführenden Leithakalke und Ruster Schotter bis in die Nähe des Sees gelangenden Wasser dürften nur zu einem geringen Teil den See auf unterirdischem Weg erreichen.

Das Projekt wurde 1990 abgeschlossen und hat eine allgemeine Übersicht über den Grundwasserhaushalt im Neusiedlersee-Gebiet gebracht. Auf ihr können für wasserwirtschaftliche Maßnahmen notwendige Einzeluntersuchungen aufbauen.

## Tanulmány a Fertő-tó vízháztartásáról a geokémia és a geofizika segítségével

### Összefoglalás

A Keleti Alpok és a Pannon-medence átmenetében fekvő Fertő-tó, mint sztyepp-tó – vízháztartását elsősorban a tó felületére hulló csapadék és a tófelszín párolgása határozza meg. A bonyolult geológiai felépítés következtében a felszínalatti hozzá- és elfolyás a vízmérleg legkevésbé felderített tagja. A bécsi Bundesversuchs- und Forschungsanstalt és a Technische Universität, valamint a budapesti VITUKI és a győri Északdunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság által 1980-ban megkezdett kutatási program célja a Fertő-tó vízgyűjtő területe felszínalatti vízháztartásának részletes kutatása. A kutatás alapja a felszínalatti és forrásvizek tartózkodási idejének és származásának meghatározása izotópvizsgálati módszerekkel. Ezek a széleskörű hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálatokkal együtt egységes és ellentmondásmentes következtetésekhez vezettek, amelyek a Fertő-környék vízháztartásáról alkotott elképzeléseket lényegesen pontosították és vízgazdálkodási döntések alapjául szolgálhatnak.

A kutatási program legfontosabb eredményei 1989 nyaráig:

A tó közvetlen környezetében nem kell számolni jelentős összefüggő vízvezető zónákkal; a felszínalatti vizek többszintes tagolódása mutatható ki, főleg a tótól keletre. A talajvíztartó alatti első rétegvízirtó vizeinek is már igen magas a tartózkodási ideje, amely néhány tízezer évet is elér. Ezek az eredmények – a nagymértékű párolgást és a tó közelebbi környezetében előforduló finomszemű, gyenge átteresztőképességű földtani képződményeket is figyelembe véve – azt jelentik, hogy a felszínalatti vizek horizontális mozgása rendkívül csekély mértékű, és így a tavat nem éri el a felszín alatt a tó vízmérlege szempontjából jelentős vízmennyiség. Még a Fertő-tó nyugati oldalán a vízvezető lajtamészakóban és ruszti kavicsban egészen a tó közeléig eljutó vizeknek is csak jelentéktelen része éri el felszínalatti úton a tavat.

Az 1990-ben záródó program általános áttekintést eredményezett a Fertő-tó vízháztartásáról, amelyre alapozva további részletes vizsgálatok végezhetők a különböző vízgazdálkodási kérdések megoldásához.

## Study of the Hydrological Regime of the Neusiedlersee with the Aid of Geochemistry and Geophysics

### Abstract

The Neusiedlersee is a steppe lake situated where the outlying hills of the Eastern Alps slope into the Pannonian plain. The water balance of the lake is primarily determined by precipitation and evaporation to and from the water surface. Surface inflow and surface outflow play a minor role. Only insufficient information is available about subterranean inflow and outflow, because of the complicated geological relationships. A closer examination of the groundwater in the catchment area of Neusiedlersee is the goal of a research project started in 1980, by the Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal (Vienna); the Technical University (Vienna), VITUKI (Budapest), and the North-Transdanubian District Environment and Water Authority, Győr. The project includes the use of isotope methods to determine the residence times and origin of ground and spring waters. The isotope methods, together with extensive hydrological and geological investigations, provided uniform and consistent evidence that greatly improved the conceptions about the water balance in the Neusiedlersee area and about the subterranean inflow to Neusiedlersee. These results can also serve as a basis for decisions concerning water resources management.

The most important results of the research project – status as of summer, 1989 – are that in the areas most closely surrounding the lake, no important continuous aquifers can be expected; that above all, in the eastern area of the lake multi-layered aquifer systems exist; and that the waters in the second aquifer system have very high residence times – up to several 10,000's of years. These results, when considered together with the high evaporation and the fine-grained, slightly permeable geological material in the area near the lake, indicate that the horizontal groundwater transport is exceptionally minor, and that therefore no amounts of water reach the lake that can significantly affect the water balance. Also, only a small part of the groundwater that reaches the western side of Neusiedlersee through the water-bearing Leitha Limestone and Rust Gravel enter the lake as subterranean inflow.

The project was completed in 1990, and has provided a general survey of the groundwater regime in the Neusiedlersee area. Individual investigations necessary for water resource management can be based upon the results from this project.

## 1. Einleitung

Weinbau, Fremdenverkehr und Naturschutzgebiete prägen die Neusiedlersee-Landschaft, alles untrennbar verbunden mit dem See und seinem klimatischen Einfluß. Maßnahmen zur Erhaltung dieser Natur- und Kulturlandschaft in ihrem derzeitigen Zustand setzen eine genaue Kenntnis des Wasserhaushaltes des Gebietes und aller Faktoren voraus, die darauf Einfluß haben. Mit der näheren Erforschung der Grundwasserverhältnisse im Neusiedlersee-Gebiet und des unterirdischen Zuflusses zum Neu-

siedlersee befaßt sich seit 1980 ein gemeinsames österreichisch-ungarisches Forschungsprojekt mit dem Arbeitstitel „Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geochemie und Geophysik“. Die Studie baut auf dem Einsatz von Isotopenmethoden auf, der zusammen mit klassischen geohydrologischen Untersuchungen zu einem besseren Verständnis der hydrologischen Vorgänge und Zusammenhänge führen soll. Die Literatur über frühere Arbeiten im Neusiedlersee-Gebiet ist im Ab-

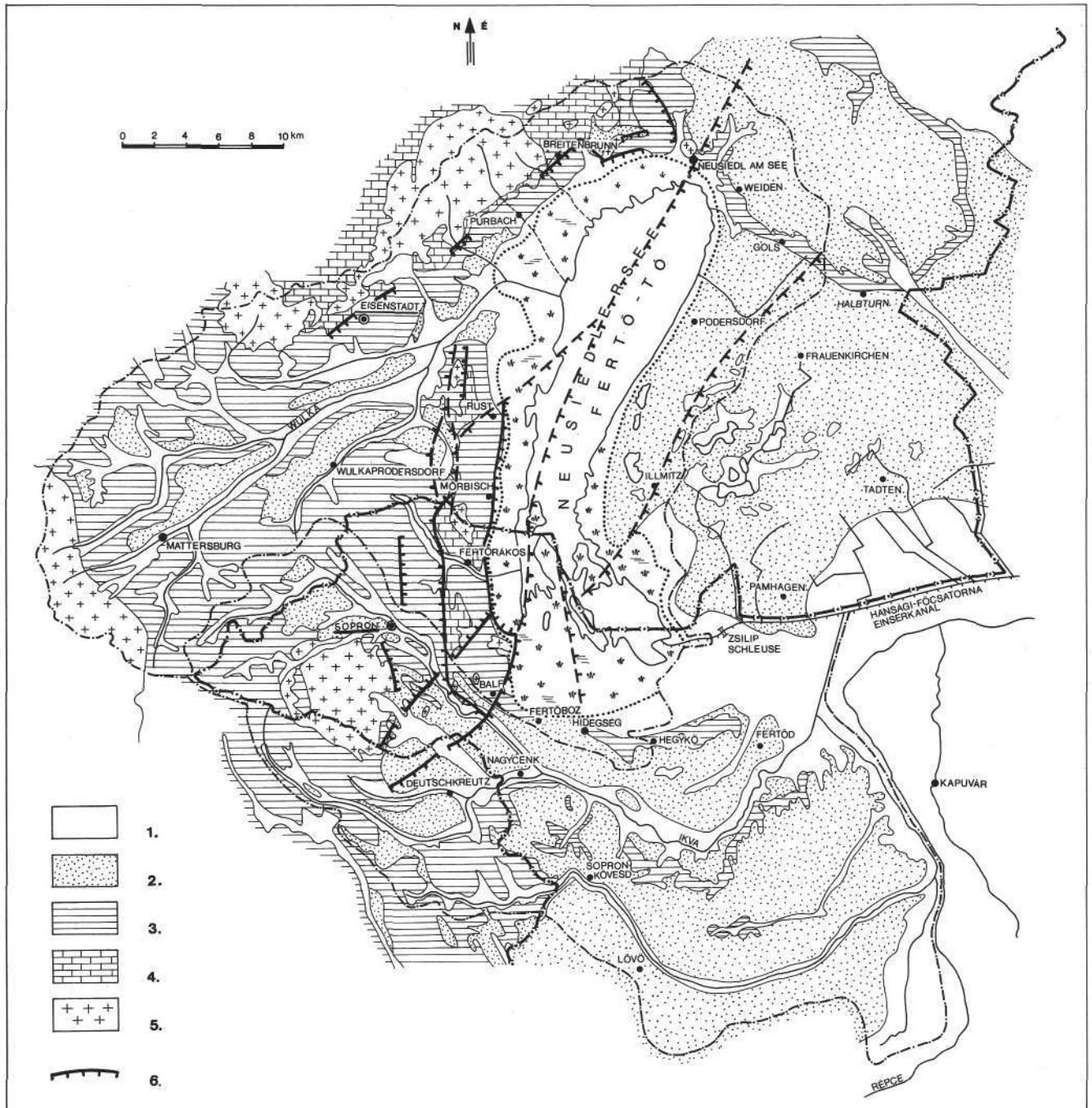


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte des Einzugsgebietes des Neusiedlersees.

- 1) Holozän (fluviatile Ablagerungen).
- 2) Pleistozän (Löss und fluviatile Ablagerungen).
- 3) Neogen ohne Leithakalk (vorwiegend Miozän; Ton, Tonmergel, Sand, Kies).
- 4) Verkarstungsfähige Gesteine (vorwiegend Leithakalk).
- 5) Grundgebirge (vorwiegend kristalline Schiefer).

- 1) Holocén (folyóvízi képződmények).
- 2) Pleisztocén (löss és folyóvízi képződmények).
- 3) Neogén, lajtamészko nélkül (főleg miocén; agyag, agyagmárga, homok, kavics).
- 4) Karsztosodó képződmények (főleg lajtamészko).
- 5) Alaphegységi képződmények (főleg kristályos palák).

schlußbericht zur ersten Projektphase dieser Studie zusammengestellt (S. BARANYI et al., 1985), die jüngste Zusammenfassung der hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet des Neusiedlersees enthält T. GATTINGER (1979).

Der Neusiedlersee liegt an der Grenze zweier geologischer Großeinheiten, im Westen die noch in Horsten vorhandenen Reste des vorwiegend aus kristallinen Schiefern bestehenden Grundgebirges des alpin-karpatischen Gebirgsbogens (Leithagebirge, Ruster Höhenzug, Rosaliengebirge), im Osten die großen pannonen Beckensysteme mit der „Kleinen Ungarischen Tiefebene“ als ihrem westlichsten Teil (Abb. 1). Das abgesunkene Grundgebirge ist von mächtigen neogenen Sedimenten bedeckt, westlich des Sees Breccien, Konglomerate, Tone, Sande, Schotter, Kalksandsteine und Kalke, im östlichen Bereich des Neusiedlerseebeckens vorwiegend Sande und Schotter. Zwischengelagerte tonige Horizonte bewirken die Ausbildung von Grundwasserstockwerken. Teils durch Tektonik, teils durch Erosion entstanden verschiedene terrassenförmige Gebiete, die den See von der Kleinen Ungarischen Tiefebene her umrahmen (Parndorfer Platte, Seewinkel, „Südufer-Platte“). Der See als einheitliches stehendes Gewässer wurde nach den Ablagerungen der Seewinkelschotter gebildet, frühestens Ende Würm, wahrscheinlich aber im Alt-Holozän. Die Seespiegellagen schwankten entsprechend den klimatischen Bedingungen. Es kamen wesentlich höhere Seespiegellagen als heute vor, aber auch die vollkommene Austrocknung des Sees wurde beobachtet.

Der Steppenseecharakter spiegelt sich deutlich in den hydrologischen Grunddaten des Neusiedlersees wider (Tab. 1). Das Einzugsgebiet des Sees ist nur ungefähr dreimal so groß wie die Seefläche selbst, die Verdunstung von der Seeoberfläche übertrifft den auf sie fallenden Niederschlag erheblich. Als Folge der hydrogeologischen Bedingungen ist der oberirdische Zufluß zum See sehr gering und der Einfluß ausgeprägter Schwankungen in den Witterungsverhältnissen auf die Lage des Seewasserspiegels entsprechend groß. Eine Reihe von aufeinanderfolgen-

den niederschlagsarmen Jahren kann – wie die Geschichte zeigt – sogar zum vollständigen Austrocknen des Sees führen. Aus diesem Grunde kommt der Bedienungsvorschrift für die Schleuse im Einserkanal – dem künstlichen Abfluß aus dem See – eine besondere Bedeutung für die Stabilisierung des Seewasserspiegels zu. Diese Bedienungsvorschrift beruht auf den Ergebnissen von einer Reihe von Wasserhaushaltsstudien für den Neusiedlersee. In allen diesen Studien wurde der unterirdische Zu- und Abfluß als Restglied der Wasserhaushaltsgleichung errechnet, entsprechend unterschiedlich sind die ermittelten Werte. Ein Ziel des in dieser Arbeit beschriebenen Projektes ist es, über eine genauere Erforschung der Grundwasserverhältnisse im Seebecken und in dessen Umgebung zu einer näheren Eingrenzung dieser am wenigsten bekannten Komponente des Wasserhaushaltes des Neusiedlersees zu kommen.

## 2. Methodik

### 2.1. „Klassische“ hydrogeologische Methoden

In allen untersuchten Teileinzugsgebieten lagen bereits gewisse hydrographische Daten vor. Auf österreichischer Seite waren dies hauptsächlich Daten des Hydrographischen Dienstes, die zum Teil auch auf Datenträgern zur Verfügung standen. Neben den Niederschlagssummen wurden in erster Linie die Grundwasserstandsdaten ausgewertet. An der Südostabdachung des Leithagebirges war jedoch nur eine amtliche Grundwassermeßstelle vorhanden, weshalb es notwendig war, für die Dauer von zwei Jahren ein Sondermeßnetz einzurichten. Ebenso mußte in diesem Teil des Untersuchungsgebietes ein Durchflußmeßnetz an kleinen Oberflächengewässern eingerichtet werden.

In enger Kooperation mit Vertretern der Geologischen Bundesanstalt in Wien sowie mit ungarischen Geologen erfolgten in Detailuntersuchungsgebieten zahlreiche geohydrologische Untersuchungen. Am östlichen Ufer des Neusiedlersees zwischen Neusiedl und Podersdorf, im Wulkatal um Schützen am Gebirge sowie im ungarischen Teil des Untersuchungsgebietes wurde eine Reihe von Bohrungen und Sondierungen abgeteuft; die gewonnenen Bodenproben wurden entsprechend den geohydrologischen Erfordernissen analysiert. Eine Interpolation der Untergrundverhältnisse zwischen den Bohrungen am Ostufer des Sees ermöglichten geoelektrische Sondierungen. Eine wesentliche Erweiterung der so erhaltenen lokal begrenzten Angaben über die Untergrundverhältnisse konnte durch die Auswertung des Archives der Geologischen Bundesanstalt erreicht werden.

Kurzpumpversuche in den neuen Bohrungen sowie in zahlreichen Grundwassermeßstellen des Hydrographischen Dienstes und im Sondermeßnetz erlaubten gewisse Abschätzungen des Transportvermögens des Aquifers (Abb. 2). Eine näherungsweise Auswertung erfolgte für die instationäre Phase der Kurzpumpversuche nach THEIS-JACOB.

Die Grundwasserstandsdaten wurden mit Verfahren der multivariaten Statistik analysiert, es kamen Algorithmen der Faktoren- und der Clusteranalyse zur Anwendung. Das Ziel dabei war, Gebiete mit ähnlichen Schwankungen des Grundwasserstandes herauszufinden. So konnten einerseits die Ergebnisse der Detailuntersuchungsgebiete auf andere Gebietsteile extrapoliert werden und andererseits Gebiete mit unterschiedlichen sai-

Tabelle 1.  
Grunddaten des Neusiedlersees.  
Höhenangaben beziehen sich auf österreichische Höhenkoten über Adria; Bezugswasserstand 116,00 m ü.A.

1. Flächenverhältnisse			
Einzugsgebiet		894 km <sup>2</sup>	
Neusiedlersee		317 km <sup>2</sup> , davon Schilffläche: 181 km <sup>2</sup> (1989)	
österr. Teil		242 km <sup>2</sup> , davon Schilffläche: 118 km <sup>2</sup> (1989)	
ung. Teil		75 km <sup>2</sup> , davon Schilffläche: 63 km <sup>2</sup> (1989)	
2. Hydrologische Grunddaten			
Niederschlag	See	$h_N$	580 mm Gebietsmittel aus seenahehen Stationen 1967–1983)
	Land	$h_N$	612 mm (Apetlon 1923–1983)
		$h_N$	592 mm (Apetlon 1965–1983)
		$h_{N,max}$	889 mm (Apetlon 1936)
		$h_{N,min}$	365 mm (Apetlon 1932)
Verdunstung	See		660 mm (1965–1983)
Lufttemperatur			10°C (Gebietsmittel)
3. Seedaten			
Oberirdischer Zufluß	$MQ_{Z,gesamt}$	47	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> /a (1967–1984)
	$MQ_{Z,Wulka}$	33	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> /a (1967–1984)
Oberirdischer Abfluß	$MQ_A$	25	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> /a (1967–1984)
	$MQ_A$	106	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> /a (1967)
	$MQ_A$	10,5	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup> /a (1979)
Mittlerer Seewasserstand		115,45	m ü.A. (1965–1983)
Zugehöriger Seeinhalt		248	$\cdot 10^6$ m <sup>3</sup>
Zugehörige Seefläche		287	km <sup>2</sup>

Abb. 2.  
Kurzpumpversuch bei einem Brunnen mit Entnahme von Wasserproben für Isotopenbestimmungen.  
Apetlon, Paulhof, Brunnen 123.



sonalen Schwankungen sowie längerfristigen Tendenzen herausgeschält werden. Die für einzelne Teilgebiete charakteristischen Ganglinien des Grundwasserstandes wurden einer Zeitreihenanalyse unterzogen. Unter Einbeziehung von Grundwasserschichten-, Differenzen- und Flurabstandsplänen war es möglich, wesentliche Merkmale des Grundwasserhaushaltes in den Bearbeitungsgebieten zu erfassen.

Zahlreiche Abflußmessungen sollten Aufschluß über die Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern geben. Im Seewinkelgebiet konnten damit die Frachten der Entwässerungskanäle abgeschätzt werden. Im Gewässersystem der Wulka waren aufwendige simultane Durchflußmessungen zur Bestimmung der Grundwasserexfiltration im Beckengebiet zwischen Wulkaprodorsdorf und Schützen am Gebirge notwendig. Während eines mehr als zweijährigen Zeitraumes erfolgten monatliche simultane Abflußmessungen in den Gräben des Leithagebirges. Sie ermöglichen eine Ermittlung der Abflußfrachten aus den höhergelegenen kristallinen Bereichen und eine Bilanzierung der Versickerungsfrachten in die Kalkformationen.

Auf ungarischer Seite erfolgten spezielle Messungen von Temperatur und Leitfähigkeit in Oberflächengewässern, aus denen Rückschlüsse auf Grundwasserexfiltrationen gezogen werden sollten.

## 2.2. Isotopenhydrologische Methoden

Die hydrologische Anwendung von Isotopenverhältnismessungen beruht auf den in natürlichen Wässern auftretenden Häufigkeitsschwankungen von  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$  und  $^{18}\text{O}$ . Für die Konzentrationsschwankungen der stabilen Isotope  $^2\text{H}$  und  $^{18}\text{O}$  sind hauptsächlich Isotopentrennprozesse bei Phasenumwandlungen verantwortlich. Beispielsweise

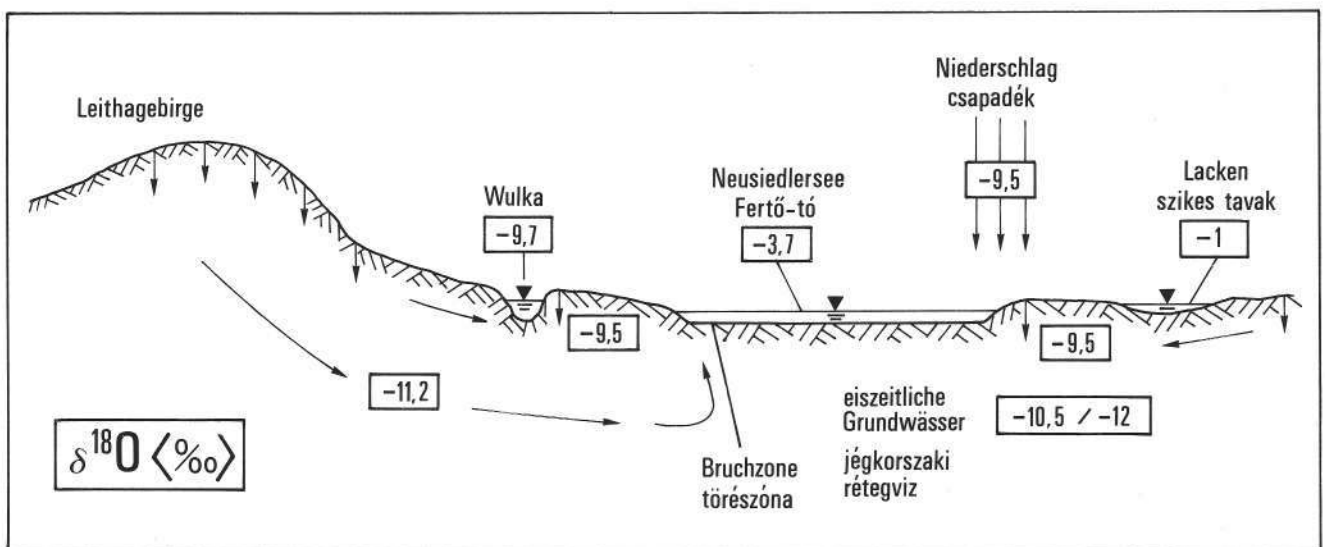


Abb. 3.  
 $^{18}\text{O}$ -Gehalte des Niederschlags, der Oberflächengewässer und Grundwasser im Gebiet des Neusiedlersees (Jahresmittel, D. RANK 1986).  
Der  $^{18}\text{O}$ -Gehalt wird als Relativwert zu einem Standard – V-SMOW, mittleres Meerwasser – angegeben:

$$\delta^{18}\text{O} = (R_{\text{Probe}} - R_{\text{Standard}}) / R_{\text{Standard}} \times 1000 [\text{‰}]$$

$R_{\text{Probe}}$  und  $R_{\text{Standard}}$  sind darin die Isotopenverhältnisse [ $^{18}\text{O}$ ] : [ $^{16}\text{O}$ ] in Probe und Standard.



kommt es beim Verdampfen und Kondensieren zu einer Anreicherung der schweren Moleküle in der flüssigen und zu einer Abreicherung in der gasförmigen Phase. Das Ausmaß der Isotopenfraktionierung ist dabei umso größer, je niedriger die Temperatur bei der Phasenumwandlung ist. Diese Temperaturabhängigkeit führt zu einer Abhängigkeit des  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehaltes der Niederschläge von den allgemeinen klimatischen Bedingungen, von der Jahreszeit und der orographischen Höhe. Der Jahresgang zeigt im allgemeinen ein Maximum im Sommer und ein Minimum im Winter. Als Folge der Schwankungen der Isotopenverhältnisse in den Niederschlägen treten auch in den Oberflächen- und Grundwässern mehr oder weniger ausgeprägte Schwankungen auf, die sich für hydrologische Interpretationen eignen. Beispielsweise weisen Grundwässer, bei denen kein unmittelbarer Einfluß des Niederschlags vorliegt, keine jahreszeitlichen Schwankungen im Isotopengehalt auf. Wegen der hohen Verdunstungsrate sowie der geringen Wassertiefe des Neusiedlersees und der Lacken unterscheiden sich die Isotopenverhältnisse dieser stehenden Oberflächengewässer sehr deutlich von denen der übrigen ober- und unterirdischen Wässer des Neusiedlersee-Gebietes (Abb. 3).

Der  $^3\text{H}$ -Gehalt der Niederschläge wird seit 1952 durch die bei den Kernwaffenversuchen freigesetzten  $^3\text{H}$ -Mengen bestimmt. Das Jahresmittel stieg dadurch im Jahr 1963 bis auf das 1000fache des natürlichen  $^3\text{H}$ -Gehaltes an und liegt derzeit (1989) noch etwa um den Faktor 2 über dem natürlichen Gehalt. Auch der  $^3\text{H}$ -Gehalt der Niederschläge zeigt jahreszeitliche Schwankungen. Diese sind im wesentlichen nicht wie bei  $^2\text{H}$  und  $^{18}\text{O}$  auf Isotopenfraktionierungseffekte, sondern auf den jahreszeitlich unterschiedlichen Luftmassenaustausch zwischen Stratosphäre ( $^3\text{H}$ -Reservoir) und Troposphäre zurückzuführen. Der Jahresgang der Monatsmittel weist ein Maximum im späten Frühjahr und ein Minimum im Spätherbst auf. Der  $^3\text{H}$ -Gehalt liefert durch den radioaktiven Zerfall des  $^3\text{H}$  – 12,43 Jahre Halbwertszeit – zusätzlich eine Altersinformation, die bei Grundwässern Aufschlüsse über die Verweilzeit des Wassers im Untergrund geben kann.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Entwicklung des  $^3\text{H}$ -Gehaltes in den Wässern des Neusiedlersee-Gebietes. Der  $^3\text{H}$ -Gehalt des Neusiedlersees folgt dem allgemeinen Rückgang des  $^3\text{H}$ -Gehaltes im Niederschlag. Die Entwicklung des  $^3\text{H}$ -Gehaltes der Grundwässer ist unterschiedlich. Der  $^3\text{H}$ -Gehalt von Grundwassermeßstelle N 1 hat seit 1965 zugenommen und lag 1984 fünfmal so hoch wie der damalige  $^3\text{H}$ -Gehalt des Niederschlags, im Gegensatz dazu führen die Bohrungen P 3 und I 10 nach wie vor überwiegend Wasser, das von Niederschlägen aus der Zeit vor Beginn der Kernwaffenversuche stammt, mit nur geringfügigen jüngeren Anteilen. Der  $^3\text{H}$ -Gehalt der Grundwasser-

Tabelle 2.  
Entwicklung des  $^3\text{H}$ -Gehaltes (TE) in den Wässern des Neusiedlersee-Gebietes.  
1 TE (Tritiumeinheit, TU) entspricht einer Konzentration von einem  $^3\text{H}$ -Atom in  $10^{18}$  Wasserstoffatomen bzw. 0,118 Bq/kg für Wasser.

	1965	1969	1980	1984	1988
Niederschlag (Jahresmittel)	880	215	40	23	17
Neusiedlersee (Jahresmittel)	930	255	58	34	23
Bohrloch N 1 (Neusiedl)	10–22 <sup>*)</sup>	33–96	111	116	64
Bohrloch P 3 (Podersdorf)	9–30	1–25	2	0,5	—
Bohrloch I 10 (Apetlon)	3–12	0–74	0,3	1,5	—
Grundwasseraustritte im Schilf (Purbach)	—	12–28 <sup>*)</sup>	25–35	21–33	19–28
	<sup>*)</sup> 1966	<sup>*)</sup> 1970			

austritte im Schilfgürtel bei Purbach weist auf einen hohen Anteil von Wasser aus der Zeit vor 1952 hin, ein unmittelbarer Einfluß des Niederschlags ist hier kaum anzunehmen.

Die Isotopenverhältnisse im Wasser werden im Gegensatz zu chemischen Parametern vom durchflossenen Medium im allgemeinen nicht beeinflusst. Beim Neusiedlersee-Gebiet sprechen noch weitere Gründe für die Anwendung von Isotopenmethoden: Durch die stark ausgeprägten Uneinheitlichkeiten der Untergrundverhältnisse sowohl der Fläche als auch der Tiefe nach ist es kaum möglich, mit den üblichen geohydrologischen Untersuchungsmethoden zu allgemein gültigen Aussagen zu gelangen. Weiters erleichtert die schon erwähnte starke Isotopenfraktionierung durch Verdunstungseinflüsse in den stehenden Oberflächengewässern das Studium von Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwässern.

Ältere Grundwässer sind  $^3\text{H}$ -frei. Sie können durch Messung des Radiokohlenstoff- ( $^{14}\text{C}$ )-Gehaltes datiert werden. Der Datierungszeitraum reicht von ca. 1.000 bis zu ca. 40.000 Jahren. Die besonderen Verhältnisse im Seewinkel erlauben auch bis zu einem gewissen Grad eine indirekte Datierung dieser alten Wässer über den  $^{18}\text{O}$ -Gehalt. Ermöglicht wird dies durch die geringen Höhenunterschiede im Seewinkel, als deren Folge Höheneffekte für die Isotopenverhältnisse der Niederschläge keine Rolle spielen. Somit hängt der  $^{18}\text{O}$ -Gehalt der Niederschläge und der aus ihnen gebildeten Grundwässer im wesentlichen von der mittleren Jahrestemperatur ab. In den  $^{18}\text{O}$ -Gehalten der älteren Wässer müssen sich demnach die starken Klimaschwankungen an der Wende Pleistozän-Holozän abgebildet haben.

### 3. Ergebnisse (Stand Ende 1989)

Die Datenauswertung ist noch im Gange; die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Ergebnisse entsprechen dem Stand von Ende 1989. Ein Abschlußbericht mit einer Zusammenfassung aller Ergebnisse der Studie ist vorgezogen.

#### 3.1. Einzugsgebiet östlich des Neusiedlersees (Parndorfer Platte, Seewinkel, Hanság)

Die Arbeiten beschränkten sich vorwiegend auf Seewinkel und Hanság; nur in geringerem Umfang wurden auch die hydrologischen und geologischen Verhältnisse der Parndorfer Platte untersucht (S. BARANYI et al., 1985; J. DEAK et al., 1989; P. HAAS et al., 1990; D. RANK, 1986; D. RANK et al., 1986; J. REITINGER, 1990). In den tertiären und quartären Sanden und Schottern – mit zwischengelagerten tonig-schluffigen Horizonten – von Seewinkel und Hanság wurde das Vorhandensein mehrerer – zumindest zweier – Grundwasserstockwerke nachgewiesen, die allerdings häufig geologisch nicht deutlich getrennt sind und die auch nicht im gesamten Untersuchungsgebiet anzutreffen sind.

Das „obere Stockwerk“ enthält junge Grundwässer mit mittleren Verweilzeiten von einigen Jahren bis einigen Jahrzehnten, die mehr oder weniger jahreszeitlichen – meteorologischen – Einflüssen unterliegen. Dieses Stockwerk ist nicht überall vorhanden und zeigt keinen einheitlichen Charakter in den Isotopenverhältnissen (Abb. 4). Im Bereich des Ostufers des Neusiedlersees ist seine Mächtigkeit sehr gering. Es kann nicht von einem zusammenhängenden Grundwasserkörper gesprochen werden, son-

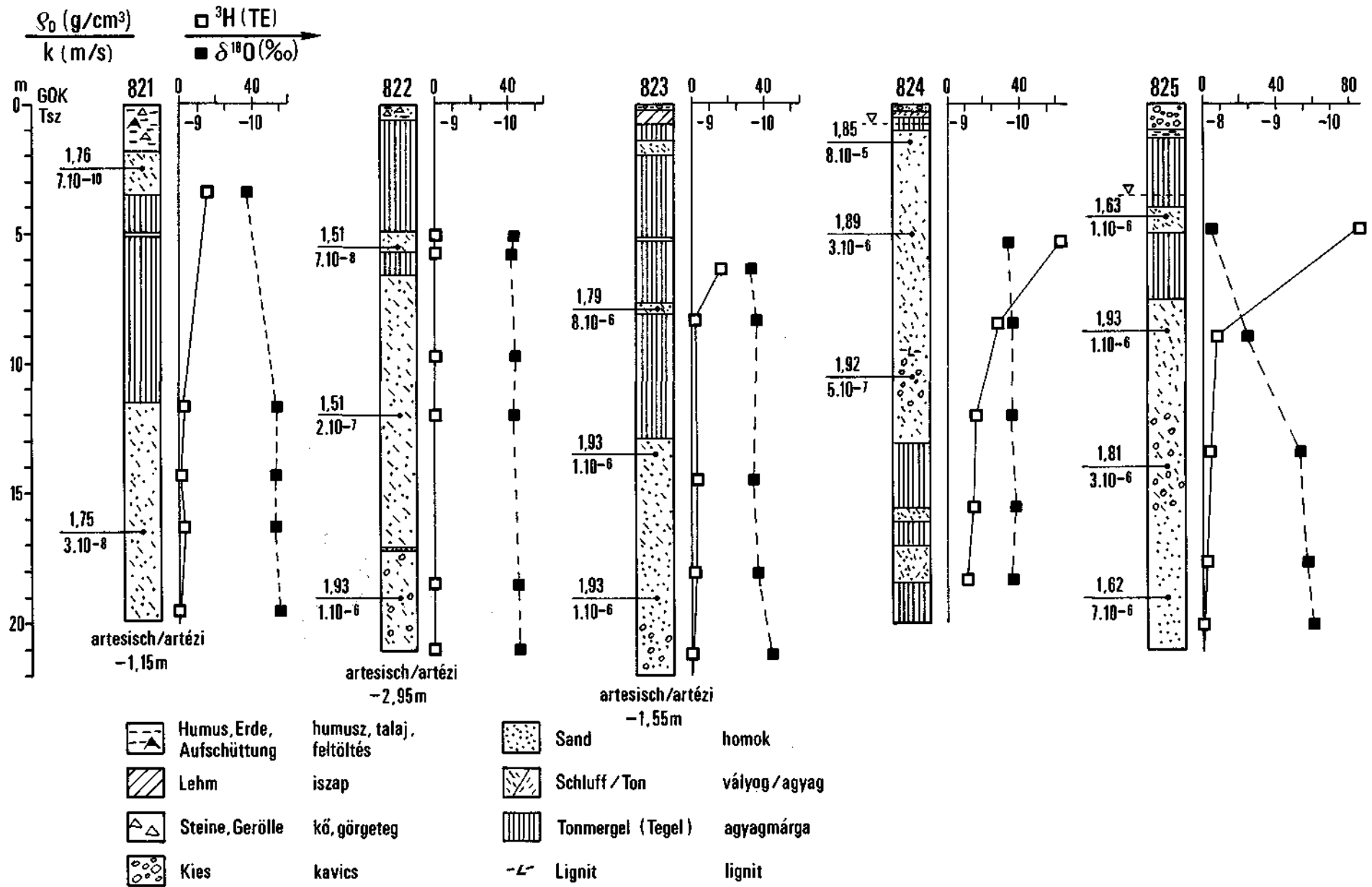


Abb. 4. Geologische Profile der Aufschlußbohrungen 821–825 im Seuferebereich Neusiedl – Podersdorf mit Angabe von bodenmechanischen Kenndaten (Trockendichte  $\rho_0$ , Durchlässigkeitsbeiwert  $k$ ) und Ergebnissen der Isotopenanalysen an den entnommenen Wasserproben (S. BARANYI et al., 1985).

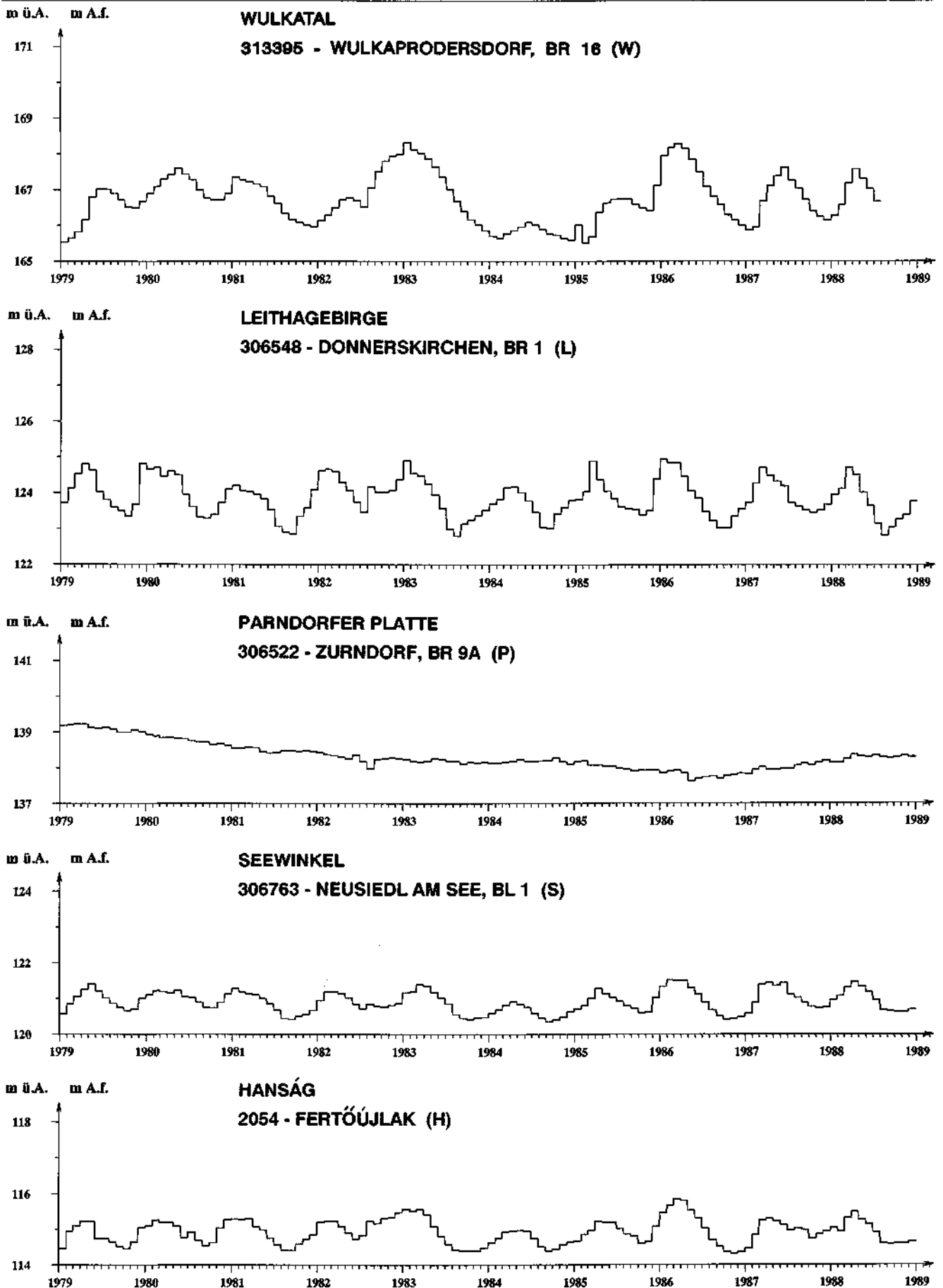


Abb. 5. Typische Ganglinien von Grundwassermeßstellen in der Umgebung des Neusiedlersees (Monatsmittel, Jahresreihe 1979–1988).



den von einem mosaikartigen System von Wasserkörpern geringer horizontaler und vertikaler Ausdehnung, die infolge stark schwankender Durchlässigkeiten auf komplizierte Weise miteinander zusammenhängen und kommunizieren. Die starken örtlichen Schwankungen der Isotopenverhältnisse können nur auf das Fehlen einer nennenswerten Horizontalbewegung des Grundwassers zurückgeführt werden.

Dies steht in einem scheinbaren Widerspruch zum regionalen Hydroisohypsenplan, der zunächst eine gleichmäßige Grundwasserströmung zum Neusiedlersee erwarten läßt (Taf. 1). Ausgenommen ist die Uferstrecke im Bereich des Einserkanals, wo von einem dauernden, äußerst geringfügigen Ausströmen aus dem See auszugehen ist.

Erwartungsgemäß beeinflussen sowohl Niederschlag als auch Verdunstung die Höhenlage des Grundwasserspiegels im Seewinkel und im Hanság (Abb. 5). Im Seewinkel lassen sich dabei zwei Zonen unterscheiden, in denen die meteorologischen Verhältnisse den Grundwasserhaushalt unterschiedlich stark beeinflussen (Abb. 6).

Zone 1 erstreckt sich entlang des gesamten Ostufers und über weite Bereiche des Seewinkels. Neben einer deutlichen Beeinflussung durch den Niederschlag zeigen die Ganglinien, daß – jahreszeitlich unterschiedlich – ein besonders ausgeprägter Verdunstungseinfluß vorliegt. Diese Zone kommt damit nicht als wesentliches Nährgebiet für den Neusiedlersee in Frage.

In Zone 2 – sie umfaßt vor allem das Innere des Seewinkels – ist zwar die Grundwassererneuerung aus örtlichen Niederschlägen nicht sehr groß, aber der Verdunstungseinfluß ist wesentlich kleiner als in Zone 1, so daß es zu einer geringen Speisung der Zone 1 aus Zone 2 kommen kann.

In einer dritten Zone, die sich etwa mit dem Gebiet der Parndorfer Platte deckt, ist der Niederschlagseinfluß noch geringer. Auch dieser Bereich kommt nicht als wesentliches Grundwassernährgebiet in Betracht.

Das „untere Grundwasserstockwerk“ enthält unterschiedlich alte, teilweise artesisch gespannte Wässer mit Verweilzeiten von einigen 100 bis einigen 10.000 Jahren. Auch dieses Stockwerk zeigt keinen einheitlichen Charakter. Herkunft bzw. Alter der angetroffenen Wässer sind örtlich sehr verschieden (Abb. 7), eine Systematik läßt sich aus den derzeit vorliegenden Daten nicht ableiten. Die Wässer dieses Stockwerkes werden in unterschiedlicher Tiefe angetroffen, häufig fehlt die klare Trennung zwischen den beiden Stockwerken.

In Seenähe gibt es Bereiche, in denen bereits das oberste Grundwasser  $^3\text{H}$ -frei ist. In diesen Bereichen findet somit keine für die Grundwasserneubildung bedeutende Versickerung von Niederschlagswasser statt.

Wasserwirtschaftlich bedeuten die Ergebnisse, daß der Grundwasserzufluß aus dem Gebiet Parndorfer Platte/Seewinkel/Hanság zum Neusiedlersee nur sehr gering ist und daß Grundwasserentnahmen nur beschränkt möglich sind.

Jeder geplante Eingriff ins Grundwasser – z. B. der Bau von Kanälen oder Hafenanlagen – sollte daraufhin überprüft werden, ob es nicht durch Anschneiden des zweiten Grundwasserstockwerkes zu irreversiblen Grundwasserableitungen käme. Hinsichtlich der Wasserqualität ist damit zu rechnen, daß ins Grundwasser eingebrachte Schadstoffe im Bereich der Einleitungsstelle bleiben bzw. sich dort anreichern.

### 3.2. Einzugsgebiet südwestlich des Neusiedlersees

Das südliche Ufergebiet ist durch eine sich 30 m bis 50 m über das Niveau des Seebeckens erhebende Tafel gekennzeichnet, die aus geringmächtigen oberpannonen Ton- und Sandschichten aufgebaut ist.

Das Tal der Ikva ist in diese Tafel eingeschnitten. Nach Norden – zum See hin – ist die Tafel durch einen erosionsbedingten steilen Abhang begrenzt. Zwischen diesem Abhang und dem See sind oberflächennah geringdurchlässige tonige Schlammschichten vorhanden, die in geringem Umfang mit Torf vermischt sind. Die Ikva ist in eine schmale holozäne Kiesaufschüttung eingebettet.

Die Tafel entwässert daher größtenteils in die Ikva. Zu einem geringeren Teil dringt Wasser auch in die pannonen Schichten der Tafel ein, im westlichen Teil der Tafel noch weniger als im Osten. Dementsprechend weisen die tieferen Wässer im Westteil ein besonders hohes Alter – mehrere 10.000 Jahre – auf (Abb. 7; S. BARANYI et al., 1985).

Der Verlauf der unterirdischen Wasserscheide in der Tafel ist nicht feststellbar. Entlang des erwähnten erodierten Hanges treten einige Quellen aus, deren Wässer unterschiedliche Alter aufweisen. In sehr geringem Umfang fließt Grundwasser durch die erwähnten Schlammschichten zum See. Zum überwiegenden Teil wird jedoch das geringe Grundwasserangebot durch das Homok-Sarrod-Entwässerungssystem vom See abgehalten und dem Einserkanal zugeführt.

Die Hauptströmungsrichtung der Tiefenwässer des Ikvatales führt südlich am Neusiedlersee vorbei. Die außerordentlich langsame Grundwasserströmung in Richtung See wird auch durch die hohen  $^{14}\text{C}$ -Alter der Brunnenwässer in Seenähe belegt. Die aus den  $^{14}\text{C}$ -Altern folgende Transmissivität ist wesentlich geringer, als es dem in den Bohrungen angetroffenen geologischen Material entspricht, es ist demnach nicht mit zusammenhängenden, gut durchlässigen Schichten zu rechnen (Abb. 8).

Die geologischen Hauptformationen im südlichen Teil des westlichen Ufergebietes (Ödenburger bzw. Ruster Hügelland) bestehen aus kristallinen Schiefen und miozänen Kalksedimenten.

Die Klüftgrundwässer der kristallinen Schiefer sind für den Wasserhaushalt des Sees bedeutungslos. Diese Wässer speisen einige kleinere Quellen, die wenige Meter über dem Seenniveau austreten. Diese Tatsache weist darauf hin, daß die wasserführenden Klüfte der kristallinen Schiefer im Seenniveau kolmatiert sind. Die Quellen enthalten kaum rezente Wässer.

Die kalkhaltigen, kieseligen und sandigen Miozänsedimente sind etwas bessere Grundwasserleiter. Die Wässer aus diesen Schichten speisen mehrere Quellen, deren Wasser früher unmittelbar in den See geflossen ist.

Durch verschiedene Regulierungsmaßnahmen wurde später das Quellwasser über Kanäle abgeleitet. Die Errichtung eines größeren Wasserwerkes brachte Quellen zum Versiegen und führte zum Trockenfallen von Kanälen.

Es sind deutliche Hinweise vorhanden, daß auch die miozänen Schichten nicht auf unterirdischem Weg den Neusiedlersee alimentieren. Einerseits fehlt der entsprechende geologische Kontakt, andererseits verhindert dies der Absenktrichter des Wasserwerkes von Fertőrákos. Das Alter dieser Wässer beträgt einige Jahrzehnte und mehr.

Ein beträchtlicher Teil der in den Wasserwerken geförderten Wassermenge dient der Wasserversorgung der

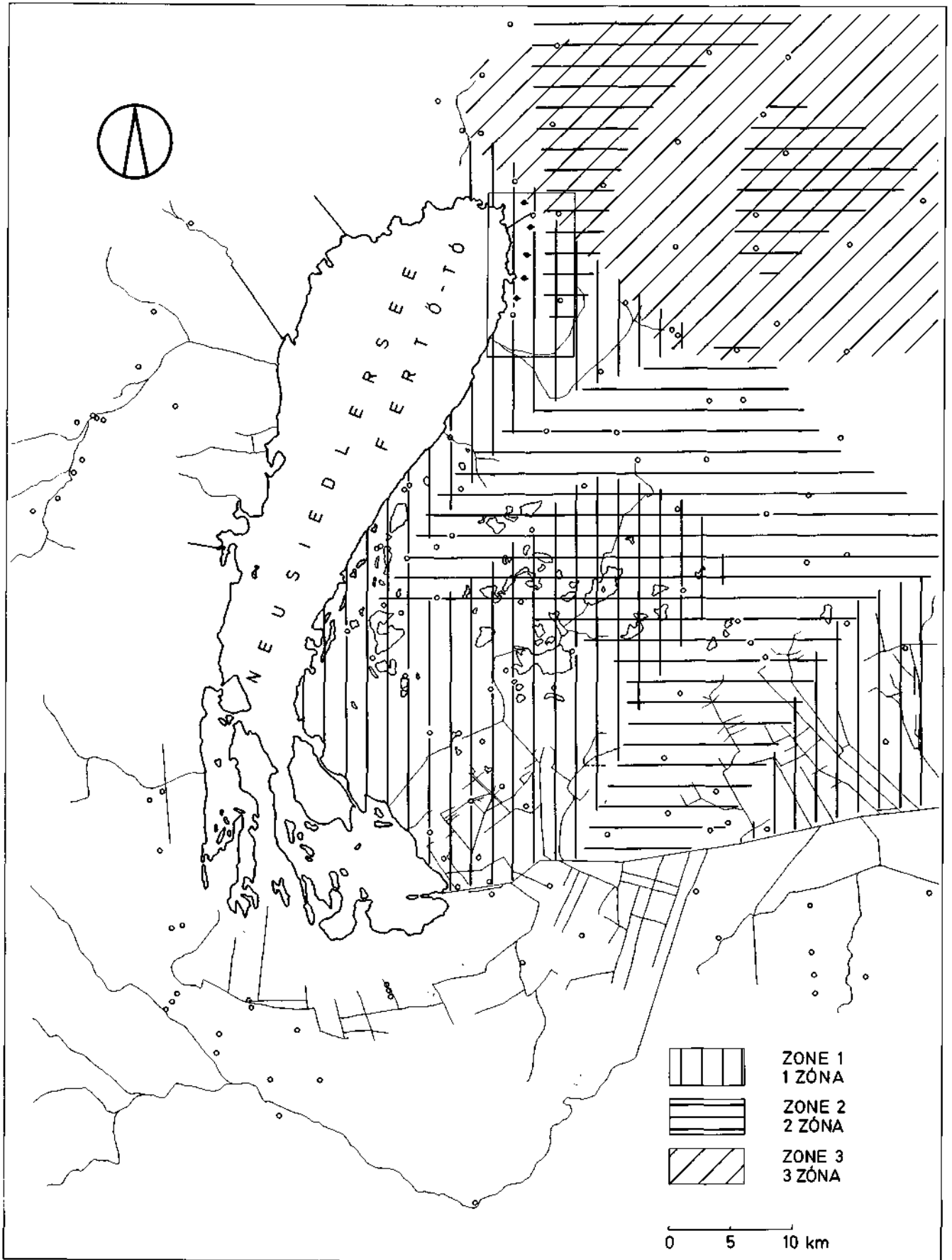


Abb. 6.  
Einteilung des Seewinkels in Grundwasserzonen als Ergebnis der statistischen Analyse der Grundwasserganglinien.  
Faktorenanalyse siehe BARANYI et al. (1985).

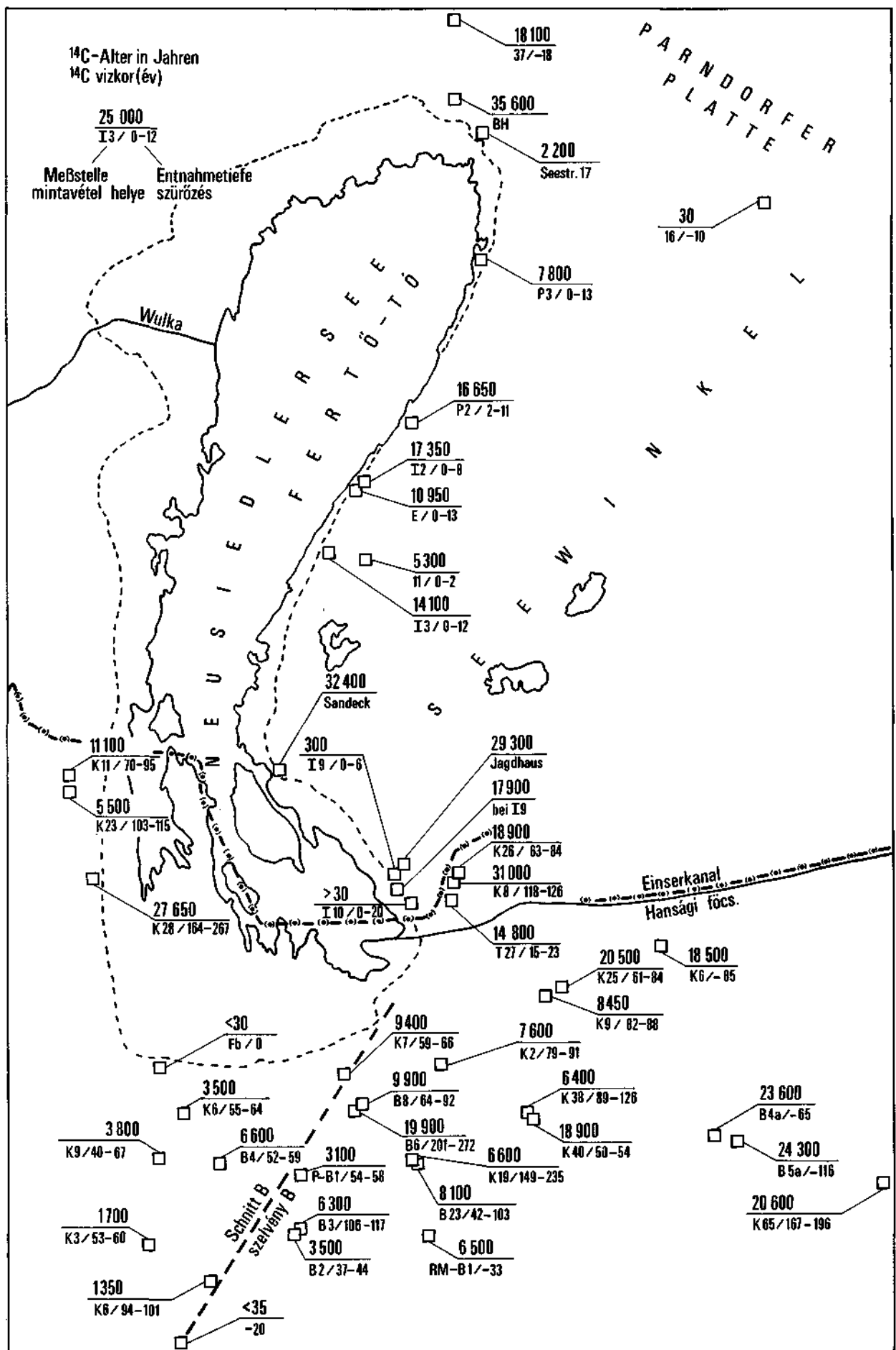


Abb. 7.  
 Ergebnisse der <sup>14</sup>C-Datierung von <sup>3</sup>H-armen Grundwässern (S. BARANYI et al., 1985, ergänzt).  
 Den Werten liegt eine <sup>14</sup>C-Halbwertszeit von 5730 Jahren und eine Anfangsaktivität von 85 % modern zugrunde.

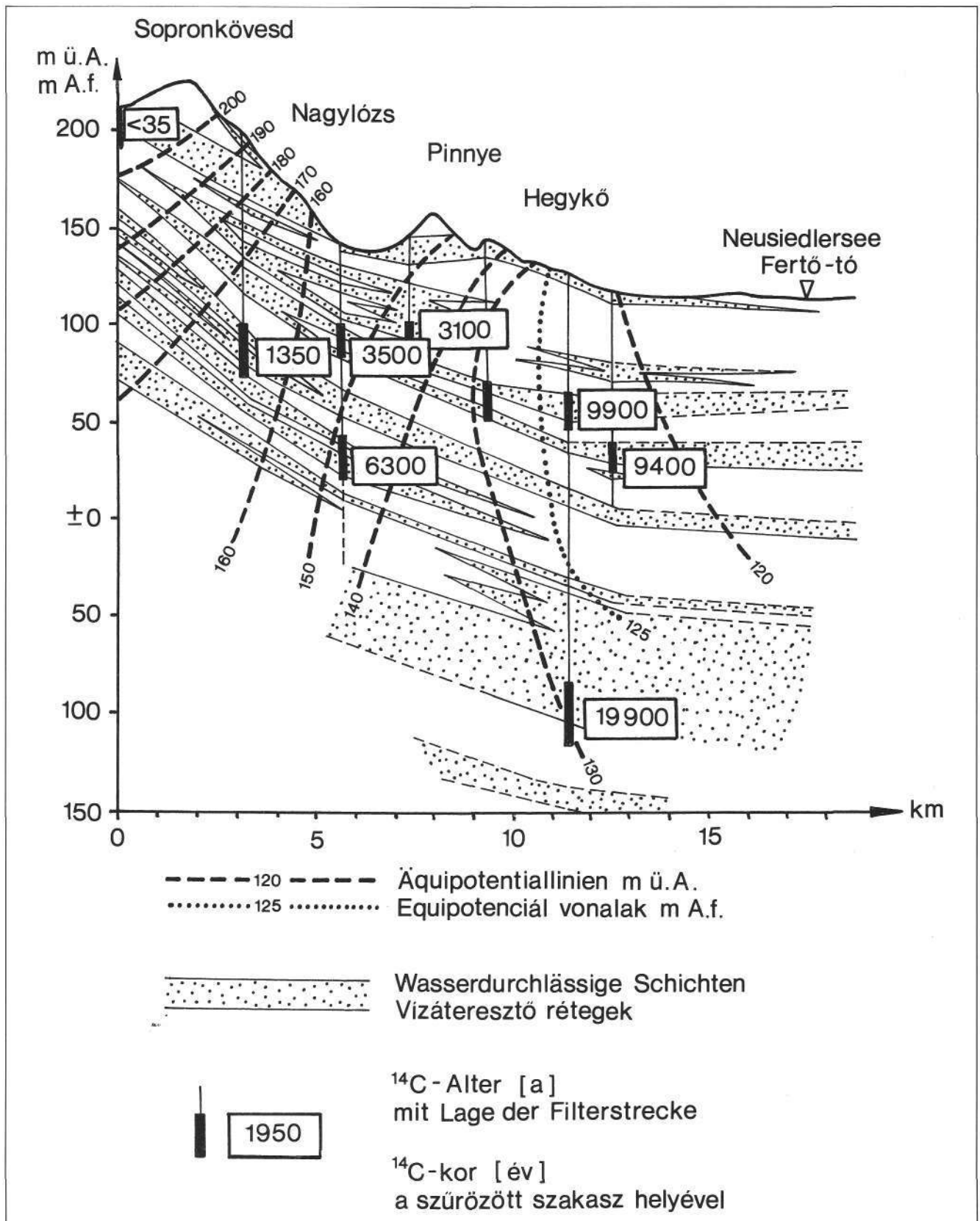


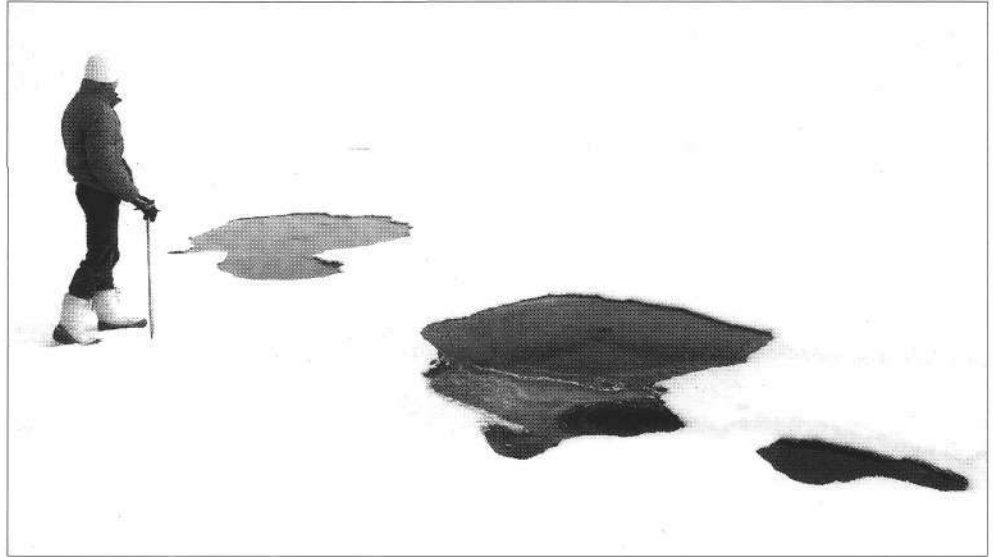
Abb. 8. Geohydrologischer Schnitt für den Raum Sopronkövesd-Hegykő mit Angabe von  $^{14}\text{C}$ -Wasseraltern. Die Alter beziehen sich auf eine Anfangsaktivität von 85 % modern. Die Lage des Schnittes ist aus Abb. 7 bzw. Taf. 1 (Schnitt B – B) zu entnehmen.

Stadt Ödenburg und wird aus dem Einzugsgebiet des Neusiedlersees abgeleitet.

Bereits etwa 25 Jahre zurückliegende geophysikalische Messungen erbrachten den Nachweis eines Mineralwas-

serhorizontes in mehreren zehn Metern Tiefe unter der Beckenoberfläche südlich der Linie Apetlon – Rust. Diese Tatsache weist in Übereinstimmung mit den übrigen Forschungsergebnissen ebenfalls auf eine kaum vorhandene

Abb. 9.  
Die „Kochbrunnen“ im Neusiedlersee bei Rust am 17. 1. 1985.  
Das aufsteigende Gas, hauptsächlich Methan, hält diese Stellen auch bei Eisdicken von 30 cm noch offen. Grundwasser tritt hier nicht aus (D. RANK et al., 1985).



Dotierung des Neusiedlersees aus tieferliegenden Formationen hin.

Auch die Suche nach unterseeischen Grundwasseraustritten mit Hilfe von Temperatur-, Leitfähigkeits- und Isotopenmessungen brachte keine Hinweise, die auf einen für die Wasserbilanz des Sees

bedeutsamen unterirdischen Zufluß schließen lassen. Die bekannten „Ruster Kochbrunnen“ (Abb. 9) erwiesen sich als reine Gasaustritte – vorwiegend Methan – ohne Beteiligung von Grundwasser.

Eine Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse für den südwestlichen Uferabschnitt des Neusiedlersees führt zu dem Schluß, daß in diesem Bereich mit keinem für die Wasserbilanz des Sees maßgeblichen unterirdischen Zufluß zu rechnen ist.

### 3.3. Wulkatal

Im Westen des Neusiedlersees liegt das den Wasserhaushalt des Sees am stärksten beeinflussende Teilgebiet mit dem Hauptvorfluter Wulka, das etwa ein Drittel des gesamten Einzugsgebietes des Neusiedlersees umfaßt. Der mittlere und nordöstliche Bereich des Wulkaeinzugsgebietes wird von einem großen Beckengebiet eingenommen. Über einen etwas engeren Talabschnitt bei Schützen entwässert es in Richtung Nordosten zum Neusiedlersee. Im Norden begrenzt das Leithagebirge das Becken. Westlich schließt eine hügelige Landschaft an, die sich ringförmig um das Beckengebiet bis zum Ruster Höhenzug im Osten erstreckt und auch Teile des Rosaliengebirges mit den höchsten Erhebungen des Einzugsgebietes umfaßt. Geologisch besteht der Großteil des Einzugsgebiets aus zum Teil mit Löß überlagerten tertiären und altpleistozänen Sedimenten. Im tiefer liegenden Bereich des Beckens überwiegen alluviale Talfüllungen. Das vorwiegend aus kristallinen Schiefen bestehende Grundgebirge reicht im Leithagebirge, im Ruster Höhenzug und in der Rosalia bis an die Oberfläche. An den Flanken des Leithagebirges finden sich verkarstete tertiäre Kalkserien (T. GATTINGER, 1975).

Je nach Höhenlage liegt die mittlere Jahressumme des Niederschlags zwischen 670 und 760 mm. Davon fallen etwa 85 % wieder der Verdunstung anheim. Im Hinblick auf den unterirdischen Wasserhaushalt läßt sich das Wulkaeinzugsgebiet generell in zwei Großgebiete unterteilen, in das Beckengebiet und das etwas höher gelegene obere Wulkagebiet. In beiden Gebieten ist ein bescheidenes unterirdisches Wasserdargebot vorhanden, dessen Erneuerung fast ausschließlich durch die Winterniederschläge erfolgt. Der gesamte unterirdische Durchfluß beider Gebiete tritt spätestens bis Schützen in Oberflächengewässer aus. Im Talquerschnitt bei Schützen wurden nur ge-

ringmächtige wasserführende Quartärschichten angetroffen, das in der Aufschlußbohrung W 314 nach Durchörterung von 28 m mächtigen Schluff- und Tonschichten angetroffene Wasser weist ein Alter von mehr als 30.000 Jahren auf (Abb. 10). Das bedeutet, daß ab dieser Talenge kein wesentlicher unterirdischer Zufluß in Richtung Neusiedlersee vorhanden ist.

Die geohydrologischen Verhältnisse in den beiden Gebieten sind deutlich unterschiedlich und lassen sich folgendermaßen charakterisieren (P. HAAS et al., 1987a und b):

- Der Anteil der Winterniederschläge, der im Beckengebiet zur Grundwassererneuerung beiträgt, wird verhältnismäßig rasch – teils noch in den Wintermonaten, teils im Frühjahr – an die Wulka abgegeben.
- Im oberen Wulkagebiet führen die Winterniederschläge ebenfalls nicht zu einer großen Grundwassererneuerung, das Wasser wird aber länger – über etliche Jahre – im Untergrund gespeichert und nicht so ungleichmäßig an die Vorfluter abgegeben wie im Beckengebiet (D. RANK et al., 1985).

Insgesamt gesehen ist somit ein gewisses Grundwasserdargebot im Wulkaeinzugsgebiet vorhanden, die Grundwasserleiter sind aber flächenhaft weit ausgedehnt, sodaß eine größere wasserwirtschaftliche Nutzung nicht möglich erscheint.

Die Einflüsse der Wulka auf den See lassen sich in vier Einzelkomponenten teilen, die im Rahmen des Forschungsprojektes auch näherungsweise quantifiziert werden konnten:

- Mehr oder minder gleichmäßiger Basisabfluß aus dem oberen Wulkagebiet, hauptsächlich gespeicherte Winterniederschläge.
- Kürzerfristige Exfiltration des im Beckengebiet gespeicherten Winterniederschlags.
- Direktabfluß als Folge von stärkeren Niederschlägen.
- Fremdwasserzufuhr durch die Wasserwirtschaftskomponente Wasserversorgung-Abwasserbeseitigung.

Das Wulkaeinzugsgebiet liefert im Vergleich zum übrigen Einzugsgebiet des Neusiedlersees bei weitem den größten Beitrag zur positiven Seite der Wasserbilanz des Sees. Im Vergleich zum Gesamtwasserhaushalt des Sees, der von Seeniederschlag und Seeverdunstung dominiert wird, ist der Anteil des Wulkaeinzugsgebietes allerdings eher bescheiden, jedoch keinesfalls unwesentlich (Tab. 1).

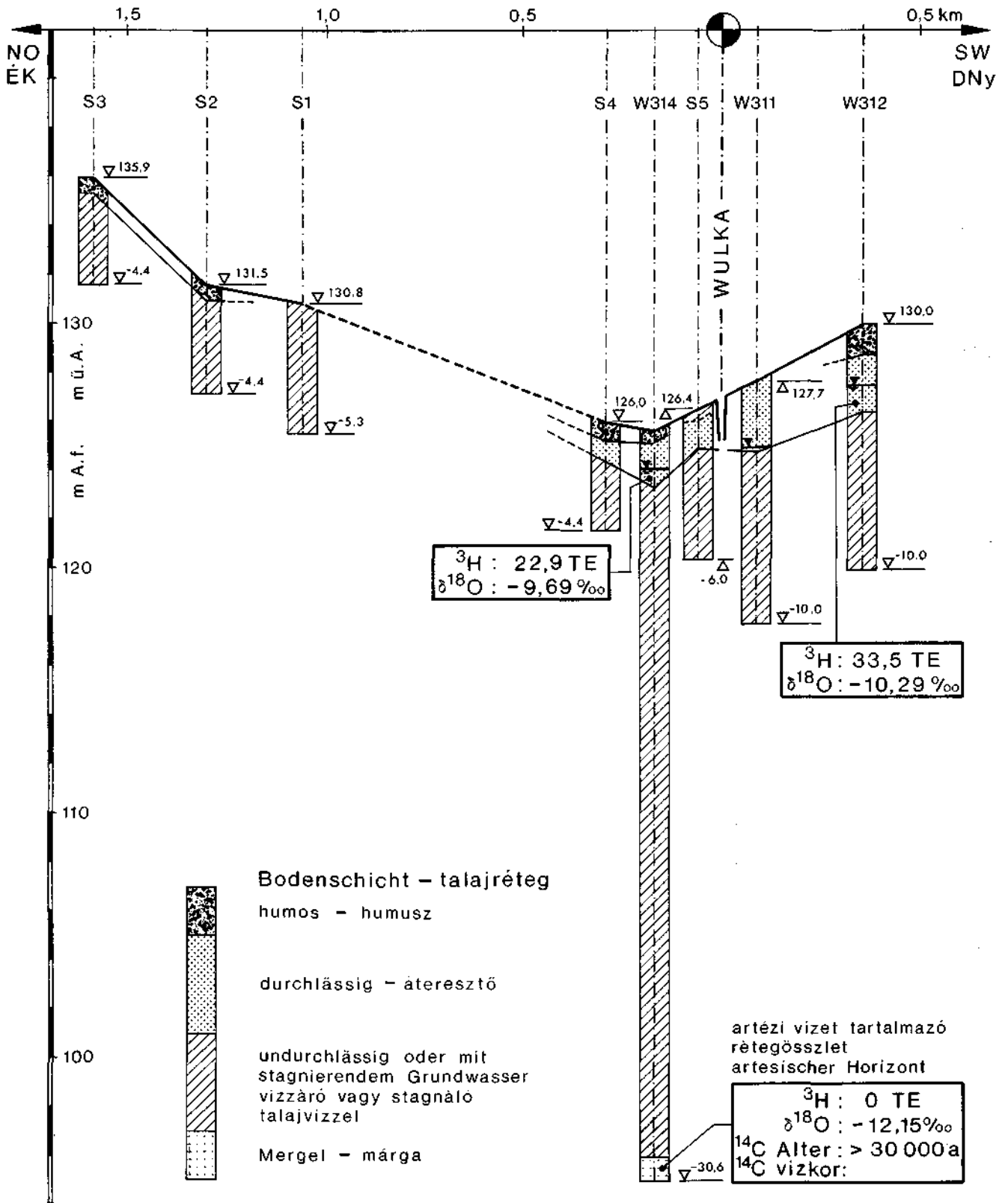


Abb. 10.  
Schematischer geohydrologischer Schnitt (A - A in Taf. 1) durch das Wulkatal im Raum Schützen am Gebirge mit Angabe von Ergebnissen der Isotopenanalysen an den entnommenen Wasserproben.

### 3.4. Leithagebirge

In den höhergelegenen Teilen des Leithagebirges steht kristallines Gestein an. Als Grundwasserspeicher kommen vor allem die Verwitterungsschichten in Betracht, die im Kammbereich des Leithagebirges stellenweise Mächtigkeiten von mehreren Zehner-Metern erreichen (W.

KASPER, 1987), eventuell in geringerem Ausmaß auch geklüfteter Fels.

In den etwas tieferliegenden Zonen des Leithagebirges ist das Kristallin mit Kalken und Kalksandstein überlagert (Abb. 11), die sich im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes nur entlang eines schmalen Streifens bis an die



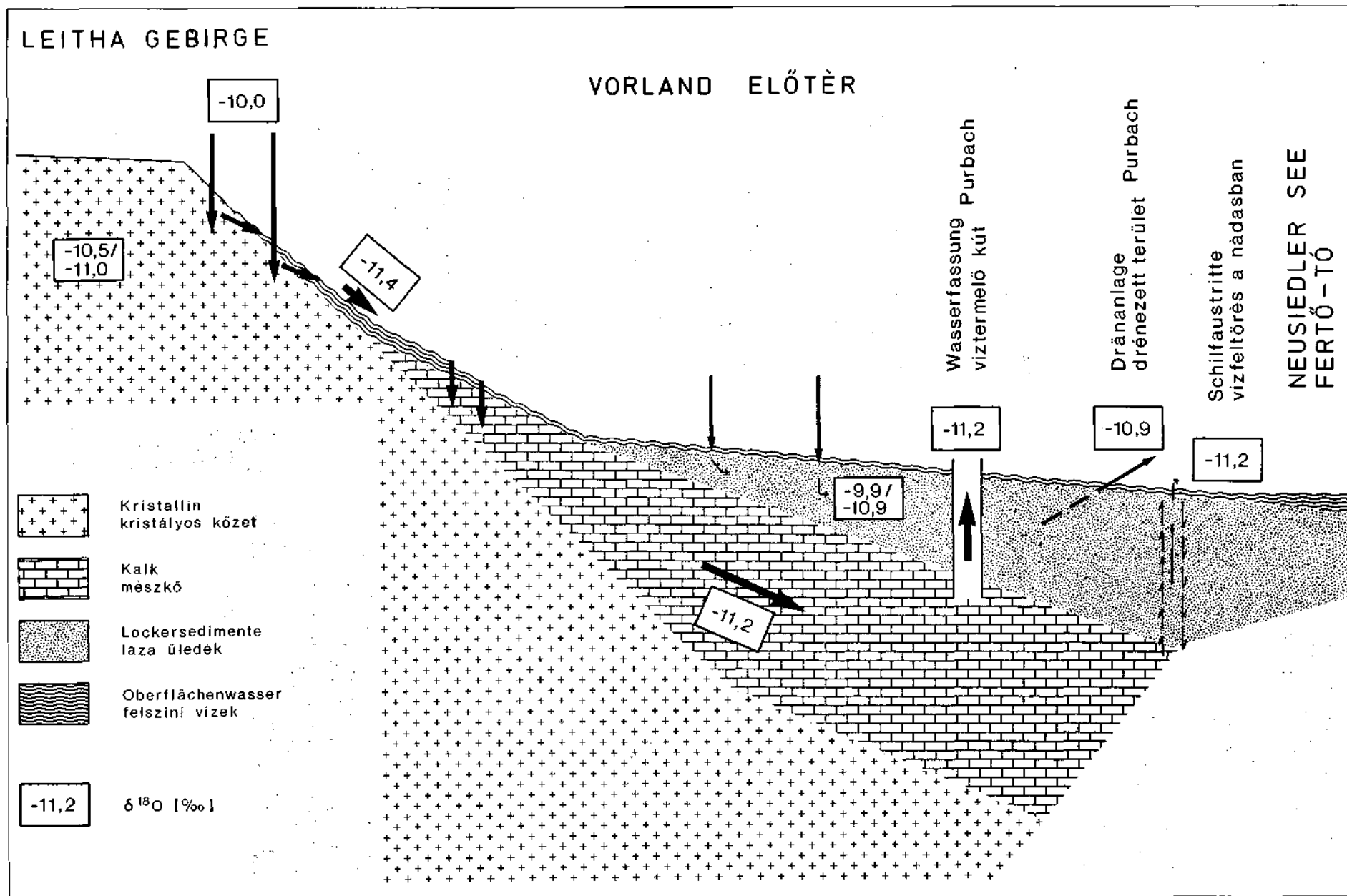


Abb. 11. Schematischer geohydrologischer Schnitt durch die Südostabdachung des Leithagebirges im Raum Purbach mit Angabe von Jahresmittelwerten der Isotopengehalte der verschiedenen Wässer.

Oberfläche erstrecken, während dieser Bereich westlich von Donnerskirchen und nördlich von Breitenbrunn wesentlich großflächiger ausgebildet ist. Die Lockersedimente im Vorland des Leithagebirges, bei denen es sich teilweise um Geschiebe unterschiedlichen Korndurchmessers, vor allem in Seenähe aber überwiegend um schluffig-tonige Materialien mit nur sehr geringer Durchlässigkeit handelt, bilden eine schützende Deckschicht über dem Grundwasserkörper im Kalk. Das Grundwasservorkommen in dieser Deckschicht selbst dürfte aufgrund der kleinen Durchlässigkeiten von eher geringer Bedeutung sein.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten im Leithagebirge führen zu folgenden Schlüssen über den Wasserhaushalt (BOROVICZÉNY et al., 1990; P. HAAS et al., 1988; H. MAHLER et al., 1990; D. RANK et al., 1988; D. RANK & V. RAJNER, 1984):

In den großen bewaldeten Bereichen des Leithagebirges dringt ein Teil der Winterniederschläge in den Untergrund ein, wird dort zurückgehalten und kommt nicht unmittelbar zum Abfluß. In der Vegetationsperiode muß hingegen davon ausgegangen werden, daß in weiten Bereichen nahezu der gesamte Niederschlag wieder der Verdunstung anheimfällt. Die Speicherung der Winterniederschläge erfolgt dabei wahrscheinlich in der Verwitterungsschwarte des anstehenden Kristallins, möglicherweise auch zum Teil im kristallinen Kluftsystem. Die mittlere Verweilzeit des in das Kristallin eingedrungenen Wassers liegt zwischen einem halben und einem Jahr. Das bedeutet, daß im Mittel diese Zeit vergeht, bis der eingedrungene Wassertropfen wieder an die Oberfläche kommt und oberirdisch abfließt. Bedingt durch die gegebenen Untergrundverhältnisse ist im Gegensatz zur Verweilzeit die hydraulische Reaktionszeit des Systems viel kürzer. Bereits etwa einen Monat nach den Winterniederschlägen kommt es zu einem verstärkten Abfluß in den das Leithagebirge entwässernden Gräben. Die Herkunft aus einem höhergelegenen Einzugsgebiet sowie die bevorzugte Neubildung in der kühleren Jahreszeit erklären dabei die verhältnismäßig niedrigen  $^{18}\text{O}$ -Gehalte der Oberflächengewässer (Abb. 11).

Wesentlich ist der Umstand, daß die aus dem Kristallin kommenden wasserführenden Gräben anschließend die Kalkformationen queren, das Wasser dort größtenteils versickert und somit die Wässer aus dem Kristallin ein zweites Mal in den Untergrund gelangen. Diese Wässer stellen die Hauptkomponente des unterirdischen Wassers auch im Vorland des Leithagebirges dar. Ein gewisser, sicher aber deutlich kleinerer Anteil, der meistechnisch leider nicht erfaßbar ist, dürfte aus den Niederschlägen jener Bereiche stammen, in denen die Kalkformationen bis an die Geländeoberfläche reichen.

Im Bereich Purbach werden die Grundwässer aus den Kalkschichten größtenteils zur Trinkwasserversorgung genutzt. Teilweise gelangen sie auch nach jahrzehntelangen mittleren Verweilzeiten schließlich in Seenähe – vermutlich entlang von geologischen Störungen – durch die darüberlagernden, geringer durchlässigen Lockersedimente wieder an die Oberfläche (Abb. 11). In diesen Sedimenten des Vorlandes selbst dürfte der Wasserhaushalt des dort vorgefundenen unbedeutenden Grundwasservorkommens vor allem durch den Einfluß von örtlichem Niederschlag und örtlicher Verdunstung bestimmt werden.

Insgesamt gesehen kommt es somit innerhalb des breiten bewaldeten Rückens des Leithagebirges zu einem für den Wasserkreislauf des gesamten Gebietes nicht unwesentlichen Rückhalt von Niederschlägen. Das vorhandene

unterirdische Wasserdargebot im Bereich der Südostabdachung wird zum überwiegenden Teil für die Trinkwasserversorgung genutzt. Selbst wenn dies nicht der Fall wäre, käme dem Beitrag dieser Wässer zum Wasserhaushalt des Neusiedlersees nur eine sehr geringe Bedeutung zu.

Für die Erhaltung des beschriebenen Wasserkreislaufes ist es erforderlich, daß der Waldbestand im Leithagebirge in vollem Umfang erhalten bleibt und nur eine sehr vorsichtige Bewirtschaftung erfolgt. Von großer Bedeutung ist weiters, daß der Waldboden unbedingt von Schadstoffen freigehalten werden muß. Schließlich ist zur Erhaltung des Versickerungsvermögens und damit des Wasserkreislaufes der natürliche Zustand der das Leithagebirge entwässernden Gräben unbedingt zu bewahren. Durch Regulierungsmaßnahmen in den Versickerungsstrecken könnte die Grundwasserneubildung in den Kalkschichten stark beeinträchtigt werden.

## 4. Schlußfolgerungen

### 4.1. Wasserhaushalt des Neusiedlersees

Bei den früheren Arbeiten zum Wasserhaushalt des Neusiedlersees wurde der unterirdische Zufluß zumeist als Restglied der Wasserbilanzgleichung errechnet, d.h. als Differenz von teilweise nur mit großen Fehlerbreiten bestimmbaren Größen (Niederschlag, Verdunstung). Meist wurde dabei die Landverdunstung unterschätzt und das Ausmaß der Grundwasserneubildung damit überschätzt. Weiters war wenig über die Durchlässigkeitsverhältnisse im Untergrund des Einzugsgebietes bekannt; man ging von einem zu großen Transportvermögen der vorhandenen Grundwasserleiter aus. Dies alles führte zu einer Überschätzung des unterirdischen Zuflusses zum Neusiedlersee. Die Ergebnisse der jetzigen Studie widerlegen die Annahme, daß unterirdische Wasserzutritte den Wasserhaushalt des Sees maßgeblich beeinflussen. Der Neusiedlersee stellt einen hauptsächlich durch meteorologische Größen – Niederschlag und Verdunstung – beeinflussten Wasserkörper dar. Eine gewisse Bedeutung kommt auch den oberirdischen Zu- und Abflüssen zu.

### 4.2. Methodische Erkenntnisse

Wichtigste methodische Schlußfolgerung ist, daß in Gebieten, in denen mit ausgeprägten Inhomogenitäten im Untergrund zu rechnen ist, nur ein enges Zusammenwirken von „klassischen“ hydrologischen und isotopehydrologischen Methoden zu einem wirklichkeitsnahen Bild der geohydrologischen Verhältnisse führt. So ließen beispielsweise die Isotopenergebnisse der ersten Übersichtsbeprobung im Seewinkel – hohe Wasseralter – das Aufstellen eines mathematischen Strömungsmodelles für den Grundwasserzufluß zum See – eine Zielsetzung des Projektes auf Grund des scheinbar gleichmäßigen Verlaufes der Grundwasserschichtenlinien – von vornherein als aussichtslos erscheinen. Andererseits ermöglichte die eingehende Analyse der Ganglinien der Grundwasserspiegel den gezielten Einsatz von Isotopenuntersuchungen in der ungesättigten Bodenzone zum experimentellen Nachweis der Verdunstung von der Grundwasseroberfläche aus. In einer Reihe von Fällen – wie bei der Entwicklung eines Speicherungsmodells für das Leithagebirge – traten zunächst scheinbare Widersprüche zwischen Schlußfolgerungen aus „klassischen“ bzw. Isotopenmessungen

auf. Die – zum Teil mühsame – Aufklärung der Ursachen für solche scheinbare Widersprüche führte aber insgesamt zu einem in sich konsistenten, widerspruchsfreien Bild der geohydrologischen Verhältnisse des Neusiedlersee-Gebietes. Dieses Bild weist große Unterschiede zu den früheren Vorstellungen auf, die ohne diese Methodenkombination entwickelt worden waren.

### Dank

Für die Bereitstellung der finanziellen Mittel und für die Unterstützung bei den Arbeiten für dieses Projekt danken die Autoren den folgenden Institutionen: Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien; Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien; Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt; Ungarisches Staatsamt für Wasserwesen, Budapest; Hydrographisches Zentralbüro, Wien; Hydrographische Landesabteilung Burgenland, Eisenstadt; Zivilingenieurbüro Plattner, Wien; Esterházysche Güterverwaltung, Eisenstadt; Gemeindeverwaltungen des Untersuchungsgebietes.

### Literatur

- BARANYI, S., BOROVICZÉNY, F., DEÁK, J., DREHER, J., MAJOR, P., NEPEL, F., RAJNER, V., RANK, D. & REITINGER, J.: Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geochemie und der Geophysik. 1980–1984. – Forschungsbericht 6, 80 S., 20 Abb., Wien (Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft) 1985.
- BOROVICZÉNY, F., HAAS, P., HAIDINGER, G., MAHLER, H., RANK, D., REITINGER, J. & SCHMALFUSS, R.: Wasserhaushalt Leithagebirge-Südostabdachung. – Forschungsbericht 13, 51 S., 3 Abb., 24 Taf., 1 Tab., Wien (Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft) 1990.
- DEÁK, J., KURCZ, I., PAPESCH, W., RAJNER, V., RANK, D. & SCHWARZ, U.: Zur Versickerung und Verdunstung im Neusiedler-See-Gebiet. Messung der Isotopenverhältnisse in der ungesättigten Bodenzone. – BFB-Bericht 71, 53–60, 8 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1989.
- GATTINGER, T.: The hydrogeology of Neusiedlersee and its catchment area. – In: Neusiedlersee: The Limnology of a Shallow Lake in Central Europe; herausgegeben von H. LÖFFLER, 22–32, 1 Abb., 1 Taf., Den Haag (Dr. W. Junk bv Publishers) 1979.
- HAAS, P., HAIDINGER, G., MAHLER, H. & REITINGER, J.: Geohydrologie Wulkatal. Raum Schützen am Gebirge. – Forschungsbericht 10, 32 S., 26 Taf., Wien (Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft) 1987a.
- HAAS, P., HAIDINGER, G., MAHLER, H. & REITINGER, J.: Grundwasserhaushalt Wulkaeinzugsgebiet. – Forschungsbericht 9, 85 S., 46 Taf., Wien (Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft) 1987b.
- HAAS, P., MAHLER, H. & REITINGER, J.: Aspekte zum Wasserhaushalt des Leithagebirges. – BFB-Bericht 68, 27–47, 8 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1988.
- HAAS, P., MAHLER, H. & REITINGER, J.: Zur Erforschung des zweiten Grundwasserhorizontes im Seewinkel. – BFB-Bericht 74, 9–16, 4 Abb., 1 Tab., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1990.
- KASPER, W.: Untergrundverhältnisse Standort Nr. 6 a, Süd-Ost Mannersdorf. – Persönliche Mitteilung, Wien 1987.
- MAHLER, H., REITINGER, J. & SCHMALFUSS, R.: Hydrologische Probleme im Leithagebirge. – BFB-Bericht 74, 17–30, 8 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1990.
- RANK, D.: Das neue Bild des Grundwasserhaushaltes im Neusiedlersee-Gebiet: Ergebnisse von Isotopenuntersuchungen. – Wasser und Abwasser, 30, 293–323, 11 Abb., Wien (Bundesanstalt für Wassergüte) 1986.
- RANK, D., PAPESCH, W. & RAJNER, V.: Abflußanalyse für die Wulka auf der Basis von Isotopenmessungen. – BFB-Bericht 55, 83–86, 3 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1985.
- RANK, D., PAPESCH, W. & RAJNER, V.: Verweilzeiten der jungen Grundwässer im Seewinkel (Burgenland). – BFB-Bericht 58, 149–152, 2 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1986.
- RANK, D., PAPESCH, W., RAJNER, V. & STAUDNER, F.: Zur Verweilzeit der Quell- und Grundwässer an der Westseite des Neusiedlersees. – BFB-Bericht 68, 167–171, 3 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1988.
- RANK, D. & RAJNER, V.: Isotopenhydrologische Voruntersuchungen am Westufer des Neusiedlersees. – BFB-Bericht 51, 123–128, 7 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1984.
- RANK, D., TSCHULIK, M., PAPESCH, W. & DOLEZEL, P.: Untersuchungen an den „Kochbrunnen“ im Neusiedlersee bei Rust. – BFB-Bericht 55, 45–49, 4 Abb., Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1985.
- REITINGER, J.: 10 Jahre hydrologische Forschung im Einzugsgebiet des Neusiedlersees (1980–1989). – BFB-Bericht 74, 5–7, Illmitz (Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland) 1990.



# Grundwasserspiegellage talajwassersint helyzete 27.10.1986 (NGW-tv.min)

- Einzugsgebietsgrenze  
 a vizgyűtő terület határa
- ○ ○ ○ näherungsweise Einzugsgebietsgrenze  
 a vizgyűtő terület feltételezett határa
- ausgewählte Grundwassermeßstelle  
 kiválasztott mérőhelyek felszínalatti vezekre

Lageplan – helyszínrajz  
 0 5 10 15 km

