© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

BFB-Bericht, 58 101 - 108 Illmitz,1986

ENTWICKLUNG DER WASSERWIRTSCHAFTLICHEN MODELLIERUNG DES BALATON-EINZUGSGEBIETES; EIN VORBILD FÜR DIE MODELLIERUNG DES NEUSIEDLERSEES

DOMOKOS M., GILYEN-HOFER A.

Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI)
Budapest, Ungarn

In einer früheren Studie (BARANYI, DOMOKOS 1984) wurde vorgeschlagen, die Wasserstandsregelung des Neusiedlersees, unter Verwendung eines Simulationsmodells für die Wasservorratsbewirtschaftung seines ganzen Einzugsgebiets, kritisch zu untersuchen und möglicherweise zu verbessern. Es wurde auch darauf eingegangen, wie die vom Simulationsmodell benötigten Eingabedaten, insbesondere unter Heranziehung der Ergebnisse des seit 1980 laufenden gemeinsamen österreichisch-ungarischen Forschungsvorhabens (NEPPEL 1984; RAJNER, RANK 1981), zur Verfügung gestellt werden könnten.

In der vorliegenden Studie werden kurz die Entwicklungsstufen der - u.a. ebenfalls die Optimierung der Wasserstandsregelung bezweckenden - Simulationsmodellierung eines anderen, gleichfalls in Transdanubien befindlichen, vom Neusiedlersee südöstlich etwa 100 km entfernt liegenden See-Einzugsgebiets beschrieben. Wir sind nämlich der Meinung, daß die bei der wasserwirtschaftlichen Modellierung des Balaton-Einzugsgebiets gewonnenen Erfahrungen auch bei einer solchen Untersuchung des Neusiedlersees - bei Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen den beiden Gebieten Rechnung tragend - gut verwertet werden könnten, also die Wirksamkeit einer ähnlichen Untersuchung des Neusiedlersees erhöhen könnten.

Die erste und zweite Modell-Variante wird im folgenden nur kurz, die dritte, also entwickelteste Modell-Variante aber etwas ausführlicher beschrieben.

1. Probleme im Balaton-Einzugsgebiet

Der 590 km² große, 70 km lange, 6 bis 10 km breite Balaton ist der größte See Mitteleuropas. Seinen Ruf verdankt er dennoch nicht so sehr seiner Größe, sondern seinen Naturschönheiten und seiner Eignung für Erholungszwecke. Der durchschnittlich nur 3,30 m tiefe See nimmt schnell die Lufttemperatur an, und das südliche Ufer bildet einen idealen feinsandigen Strand. An den Hügeln des Nordufers wachsen kostbare Weine. Der altbekannte Badeort Balatonfüred ist wegen seiner postvulkanischen kohlensäurehältigen Quellen berühmt. Inolge ihrer eigenartigen Flora und Fauna ist die historische Halbinsel Tihany zum Naturschutzgebiet erklärt worden. Das Anfang dieses Jahrhunderts teilweise ausgetrocknete Sumpfgebiet Klein-Balaton an der Mündung des Hauptzuflusses Zala ist noch immer ein Vogelreservat.

Das Überschußwasser des Sees wird über die Regulierungsschleuse bei Siofok und den Silo-Kanal in die Donau geleitet.Die Schleuse soll den Seewasserspiegel - mit Rücksicht auf den Hochwasserschutz der Siedlungen und die Belange des Erholungswesens sowie der Wasservorratswirtschaft - zwischen vorgeschriebenen monatlich veränderlichen Regelwasserständen halten (BARANYI 1978).

Die - denjenigen des Neusiedlersees ähnlich, doch bereits verschärfteren - quantitativen und qualitativen Probleme des 5774 km² großen Balaton-Einzugsgebietes (Bild 1)standen in den letzten Jahrzehnten im Vordergrund des Interesses und der Tätigkeit nicht nur der ungarischen Wasserwirtschaft, sondern auch der verschiedensten Zweige der gesamten Volkswirtschaft. Die Ursachen hierfür sind die eingangs geschilderte hohe Bedeutung des Sees und seiner unmittelbaren Umgebung für das Erholungswesen und den Fremdenverkehr sowie die Vermehrung der teilweise daraus erwachsenden, teilweise aber der allgemeinen Entwicklung zuzuschreibenden Probleme, insbesondere zunehmender Wasserbedarf im ganzen Einzugsgebiet und Chemisierung der Landwirtschaft.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

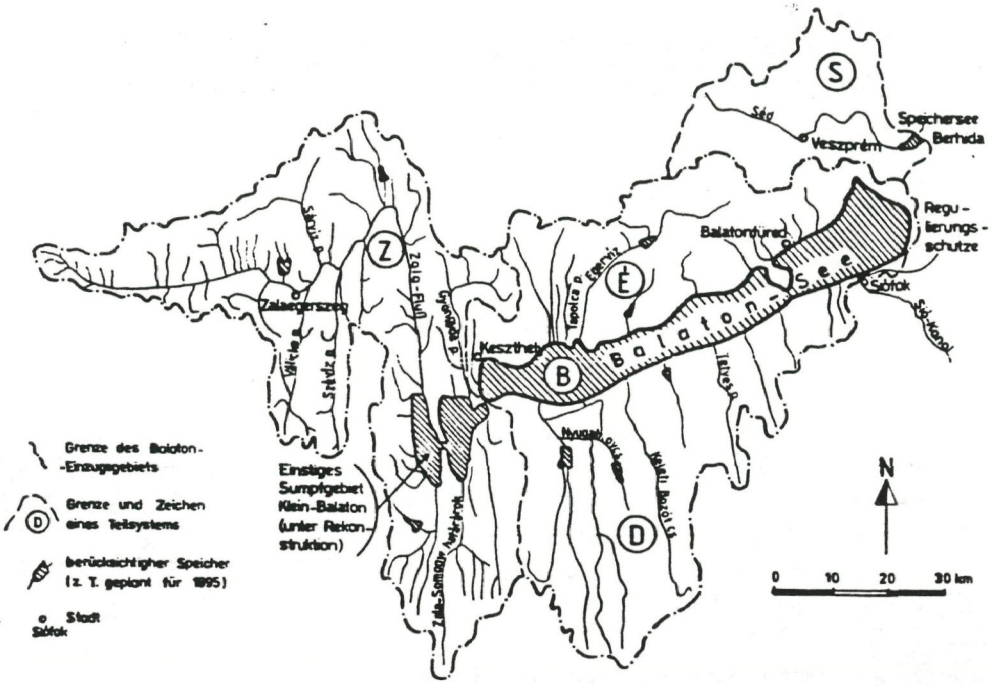

Bild 1: Lageskizze des mit dem Speicher von Berhida erweiterten Balaton-Einzugsgebietes.

2. Die ersten zwei Modelle für das Balaton-Einzugsgebiet

Als unentbehrliche Arbeitsmittel zur Lösung der aufgezählten Probleme wurden bisher drei - allmählich kompliziertere, d.h. die Realität allmählich feiner nachbildende - Modelle zur Simulation des gesteuerten Wasserumsatzes innerhalb des Wasserwirtschaftssystemes entwickelt.

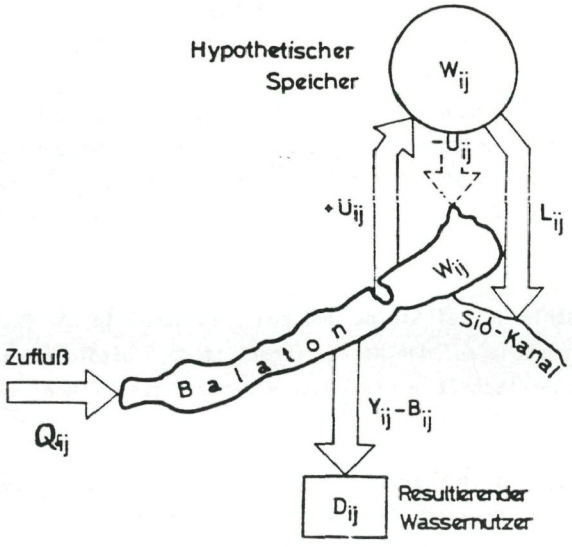

Bild 2 * : Erste Variante des Bewirtschaftungsmodells des mit einem hypothetischen Speicher ergänzten Balaton-Einzugsgebiets.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die erste Variante des Modells (DOMOKOS, GILYEN-HOFER 1983) hatte vor allem den Zweck, überschlägige Berechnungen für das Einzugsgebiet erforderliche Speichersystem zu begründen. In dieser einfachsten Variante des Bewirtschaftungsmodells wurde die Gesamtheit der im Einzugsgebiet zu errichtenden Nutzspeicher mit einem einzigen hypothetischen Speicher ersetzt (Bild 2). Es wurden Beziehungen ermittelt zwischen dem - als freie Variable behandelten - Inhalt des hypothetischen Speichers und den verschiedenen Kennzahlen der Effektivitt des Systems.

Diese erste, einfachste Modellkonzeption wurde bald wesentlich weiterentwickelt (DOMOKOS, GILYEN-HOFER 1985). Außer dem hypothetischem Nutzspeicher wurden auch die für den Wassergüteschutz des Balaton zu errichtenden Röhrichtteiche, insbesondere das Schutzsystem Klein-Balaton, berücksichtigt (Bild 3). Als Eingabedaten wurden, außer den beobachteten Wasservorrats- und bedarfsdaten auch deren künstlich (aber aufeinander abgestimmt) erzeugte Varianten angewandt.

Als Endergebnis dieser Untersuchung konnten somit die Verteilungsfunktionen der Effektivitäts-Kennzahlen der Systembewirtschaftung ermittelt werden.

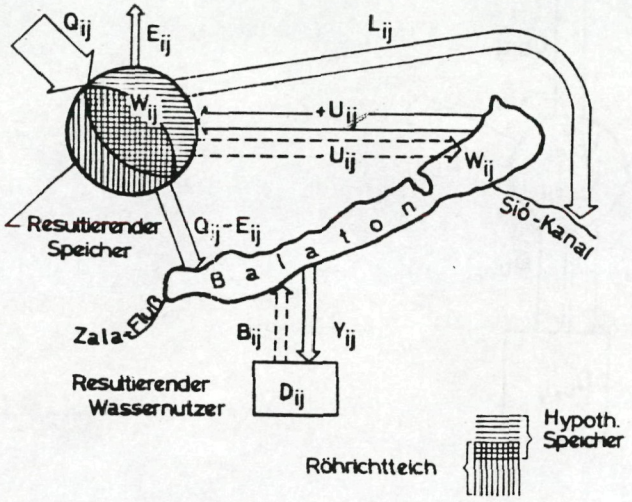

Bild 3 * : Zweite Variante des Bewirtschaftungsmodells des mit einem hypothetischem Speicher und einem Röhrichtteich ergänzten Balaton-Einzugsgebiets.

* Symbole in Bild 2 bis 4: Q: resultierend Zufluss; + Q: Wasservorratsänderung durch Bergbau: V , V : zum unteren bzw. oberen Regelwasserstand gehörende Wassermengen; W: Speicherfüllung; P: Niederschlag auf den Balaton; E: Verdunstung vom resultierenden Speicher; D: Summe des Wasserbedarfs der Siedlungen, der Industrie und der Landwirtschaft; D : Wasserbedarf für Spülung des Sio-Kanals; D : Wasserbedarf der Schiffahrt am Sio-Kanal und des Aalfanges; Y: gedeckter Teil des Wasserbedarfs; L: Wasserableitung; B: Summe der zurückgeleiteten Abwässer der Siedlungen und der Indutrie; U: Wasserüberleitung aus dem Balaton in den Berhida-Speicher;
B,E,D,S,Z: Symbole für die Teilsysteme; i: Jahr, j:Monat.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

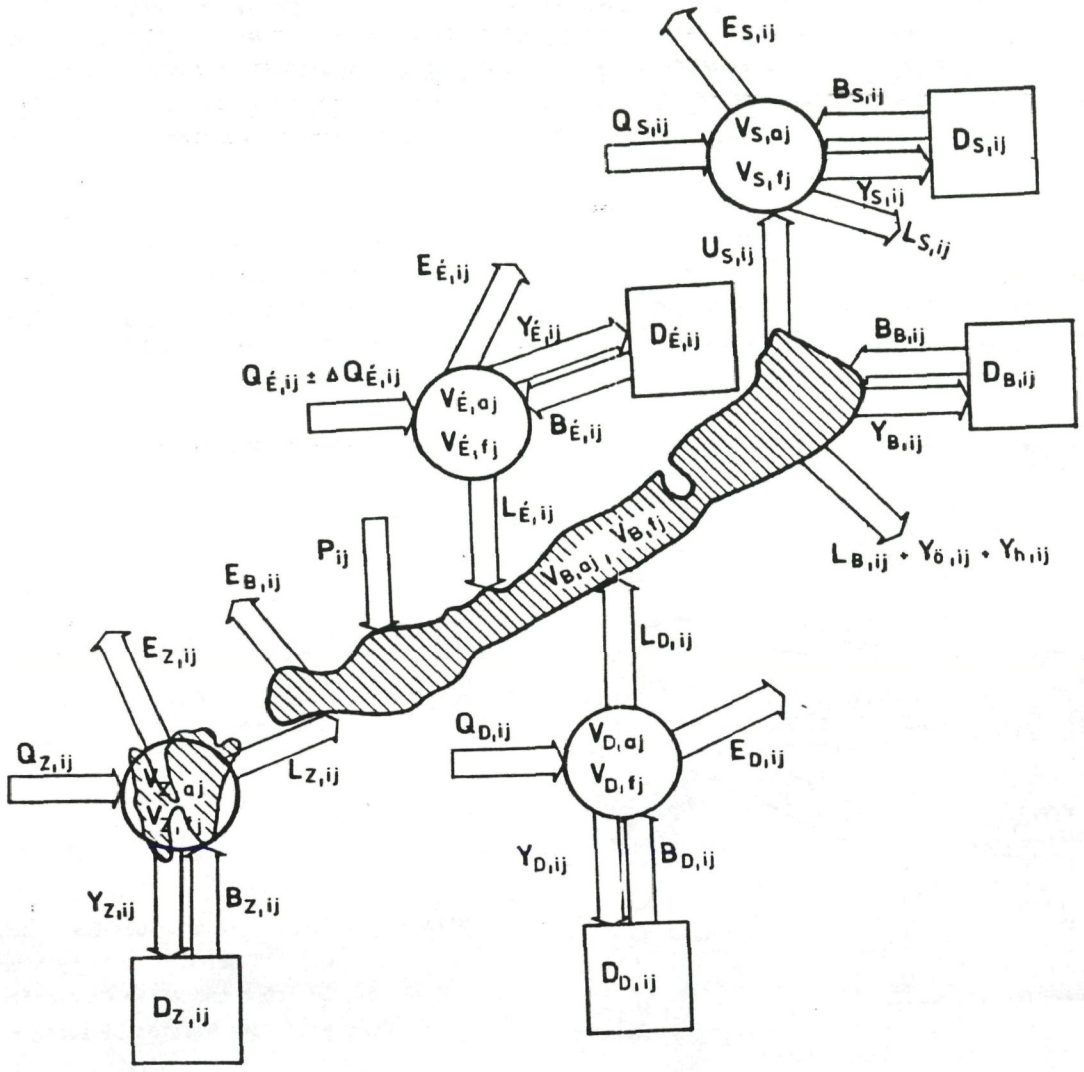

Bild 4 * : Dritte Variante des Bewirtschaftungsmodells des in 4 Teilsysteme aufgeteilten und mit dem System des Berhida-Speichers zusammenarbeitenden Balaton-Einzugsgebiets

Der Algorithmus beider erähnten Simulationsuntersuchungen räumt der Sicherung des vom Erholungswesen erwünschten Regelwasserstandsbereiches (V_a, V_f) absolute Priorität ein (OVH 1979).

3. Simultationsmodell für das erweiterte Balaton-Einzugsgebiet

Diese dritte Untersuchung hatte den Zweck, als Hilfsmittel zu den Entscheidungen über Wasserwirtschaft des Balaton-Raumes, mittels Weiterentwicklung der in Abschnitt 2. erörterten einfacheren Modelle, ein Simulationsmodell zu erstellen, welches

- den Wasserumsatz des Balaton-Einzugsgebietes nicht mehr als ein Ganzes, sondern nach Teilsystemen aufgegliedert simuliert
- als eines der Teilsysteme das im Bau begriffene Klein-Balaton-Schutzsystem behandelt und
- als ein außerhalb des natürlichen Balaton-Einzugsgebietes befindliches Teilsystem (als seine "Erweiterung") auch das Einzugsgebiet des geplanten, auch mit Balaton-Wasser speisbaren Speichers von Berhida am Gewässer Sed beinhaltet.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3.1. Teilsysteme

Aufgrund der physikogeographischen Gegebenheiten wurde das weitere Balaton-Einzugsgebiet in folgende fünf Teilsysteme aufgeteilt (Bild 1):

Innerhalb des Balaton-Einzugsgebiets:

"Z" - Einzugsgebiet des Zala-Flusses mit dem Klein-Balaton
"E" - nördliches Teileinzugsgebiet des Balaton
"D" - südliches Teileinzugsgebiet des Balaton
"B" - der Balaton-See selbst

Außerhalb des Balaton-Einzugsgebietes:

"S" - das zum Querschnitt bei Berhida des Gewässers Sed gehörende Einzugsgebiet.

3.2. Systemelemente

Innerhalb jedes Teilsystems wurden die Systemelemente nach Arten gruppiert (Bild 4) und jede solche Gruppe wurde mit ihrer Resultierenden ersetzt.

In jedem der fünf Teilsysteme kann sich also befinden:

- ein resultierender Speicher. Die zu dem im j-ten Monat vorgeschriebenen Regelwasserstands-Grenzwerten gehörenden Speicherfüllungen seien, der Reihe nach, die Wertepaare (V_{Zaj}, V_{Zfj}); (V_{Eaj}, V_{Efj}), usf. In den resultierenden Speichern darf die Füllung V_{ij} im j-ten Monat des i-ten Jahres $V_{aj} \leq V_{ij} \leq V_{fj}$ sein. Bei einigen Teilsystemen bzw. Entwicklungsniveau mag der untere Grenzwert der Speicherfüllung 0, und der obere Grenzwert eine vom Monat unabhängige Konstante sein (falls es im betreffenden Teilsystem nur Versorgungsspeicher, ohne Wassergüteschutz- und Erholungs-Funktion gibt);

- ein resultierender speisender Fluß, dessen im j-ten Monat des i-ten Jahres anfallender natürlicher Abfluß Q_{ij} - nach unserer Arbeitshypothese - zuerst in den obigen resultierenden Speicher des Teilsystems gelangt;

- eine Änderung $\pm\Delta Q_{ij}$ des obigen natürlichen Abflusses infolge Bergwerktätigkeit (mit einem solchen Effekt wird z.Z. lediglich bei dem Teilsystem "E" gerechnet);

- eine resultierende Wasserableitung, welche während des Zeitschrittes (Monats) Δt_{ij} eine Wassermenge L_{ij} ableitet. Für die Ableitung des Überschußwassers des Teilsystems "B" (Balaton-See) sorgt der Sio-Kanal (Bild 1), dessen maximale Leitfähigkeit L_{Bf} beträgt, also $L_{Bij} \leq L_{Bf}$. Für die Wasserableitungen der übrigen Teilsysteme gibt es keine vorgeschriebenen Grenzwerte;

- ein resultierender kommunaler, ein Industrie- und ein landwirtschaftlicher (Bewäserungs- und Fischzucht-)Wassernutzer, der seinen Wasserbedarf, laut Arbeitshypothese, immer aus dem resultierenden Speicher des Teilsystems befriedigt. Jeder der 3 resultierenden Wassernutzer eines Teilsystems wird durch die Datenreihe (D_{kj}, D_{Ij}, D_{mj}) der monatlichen Wasserbedürfnisse, durch die Reihe $(Y_{kij}, Y_{Iij}, Y_{mij}, Y_{ij} \leq D_j)$ der tatsächlich befriedigten Wasserbedürfnisse sowie die Reihe $(B_{ij} = b.Y_{ij}\ ;\ b<1)$ der Wasserrückleitungen (kommunalen und industriellen Ursprungs) gekennzeichnet;

- als zusätzlicher Wasserbedarf, nur bei dem Teilsystem "B", der Bedarf $D_{öj}$ für die Bettspülung des Sio-Kanales, sowie die Wassermenge D_{hj}, die für den Schifftransport und den Aalfang im Kanal über $D_{öj}$ hinaus benötigt wird.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3.3. Präferenz-Reihenfolgen

Der Wasserumsatz innerhalb des Systems wird für eine Reihe 1-monatiger Zeiteinheiten, aus den Wasserhaushaltskomponenten der einzelnen Teilsysteme ausgehend, deterministisch simuliert, so daß innerhalb jedes Teilsystems die - mit der Wasserstandshaltung, Wasserbedarfsdeckung und Wasserabgabe zusammenhängenden- gesellschaftlichen Anforderungen womöglich restlos befriedigt werden. Sollte das in irgendeiner Zeiteinheit nicht möglich sein, so schränkt das Modell die Bedarfsbefriedigung unter Berücksichtigung der folgenden, vorgegebenen Präferenz-Reihenfolge ein:

1. Befriedigung des Trinkwasserbedarfes der Siedlungen
2. Gewährleistung des für den Balaton-See vorgeschriebenen unteren Regelwasserstandes
3. Befriedigung des Spülwasserbedarfs für den Sio-Kanal
4. Befriedigung des Industriewasserbedarfs
5. Befriedigung des Wasserbedarfs der Landwirtschaft (Bewässerung und Fischzucht)
6. Gewährleistung der für den Sio-Kanal zwecks Schiffstransport und Aalfang geforderten Wasserabgabe
7. Sicherung des für den Verhida-Speicher benötigten Zuschußwassers.

Diese Präferenz-Reihenfolge wird im Simulationsmodell des untersuchten wasserwirtschaftlichen Systems in jeder Zeiteinheit in 3 Iterationsschritten berücksichtigt:

- Im ersten Schritt wird der Wasserbedarf womöglich in jedem Teilsystem gedeckt, werden die (hypothetischen) Speicher gefüllt und das eventuelle Überschusswasser wird am Balaton oder - falls dessen oberer Regelwasserstand überschritten würde - dem Sio-Kanal zugeleitet.

- Der zweite Iterationsschritt wird nur benötigt, wenn im ersten die Gewährleistung des unteren Regelwasserstandes im Balaton nicht gelungen ist: die zu dessen Erreichung benötigte Wassermenge wird vom Modell - unter Berücksichtigung der vorgegebenen Präferenz-Reihenfolge - den Speichern und Wassernutzern der Teilsysteme "Z", "E" und "D" entzogen.

- Der dritte Iterationsschritt simuliert den Wasserumsatz des am Ende der Präferenz-Reihenfolge stehenden Teilsystems "S" (d.h. des Berhida-Speichers).

Wird das Modell mit genügend langen (50 bis 60-jährigen) Datenreihen betätigt, ergeben sich für jedes Teilsystem die Erwartungswerte der Befriedigungssicherheit der verschiedenen Wassernutzungen. Diese Effektivitätsindizes sind die folgenden:

a) Relatives Volumen und relative Dauer des gedeckten Wasserbedarfs
b) Relative Dauer der Gewährleistung der unteren Regelwasserstände des Balaton und der Speicher
c) Relative Dauer der die Ableitungskapazität des Sio-Kanals nicht überschreitenden Wasserabgabe.

4. Ergebnisse

Das in Abschnitt 3. beschriebene und für einen Rechner R10 programmierte Simulationsmodell wurde, jeweils mit der 60-jährigen (von 1921 bis 1980 beobachteten bzw. rekonstruierten) natürlichen hydrologischen (Niederschlags-, Verdunstungs- und Abfluß-) Reihen des untersuchten Systems und den etwa für das Entwicklungsniveau von 1995 vorgesehene Daten der Wassernutzungen und der Speicher, auf die folgenden 5 sog. Entscheidungsvarianten angewandt:

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

1. Variante: Gegenwärtig gültige Regelwasserstände des Balaton, Berücksichtigung der für Schiffstransport und Aalfang geforderten Wasserabgabe D_{hj} an den Sio-Kanal sowie des Zuschußwasserbedarf für den Berhida-Speicher, angenommen, daß der Bergbau dem Sed-Bach kein gepumptes Wasser zuleitet (Bild 5).

2. Variante: wie die 1. Variante, aber angenommen, daß dem Sed-Bach vom Bergbau Zuschußwasser zugeleitet wird.

3. Variante: wie die 1. Variante, aber ohne Berhida-Speicher.

4.Variante: wie die 1.Variante, aber unter der Annahme von $D_{hj} = 0$, also ohne Wasserabgabe für Schiffstransport und Aalfang an den Sio-Kanal.

5. Variante: wie die 3. Variante, aber unter Annahme von $D_{hj} = 0$.

Die für alle Entscheidungsvarianten erhaltenen Effektivitätsindizes sind in Tafel 1. zusammengefaßt. Laut dieser Ergebnisse würde sich die Speisung des Berhida-Speichers aus dem Balaton auf die Wasserstandshaltungs und Bedarfsbefriedigungs-Sicherheiten der 4 Teilsysteme des Balaton-Einzugsgebiets kaum auswirken. Eine Einschränkung der zwecks Schiffstransport und Aalfang an den Sio-Kanal erfolgenden Wasserabgaben würde dagegen die Chancen der Einhaltung des im Interesse des Erholungswesens vorgeschriebenen Regelwasserstandsbereichs des Balaton-Sees erheblich verbessern.

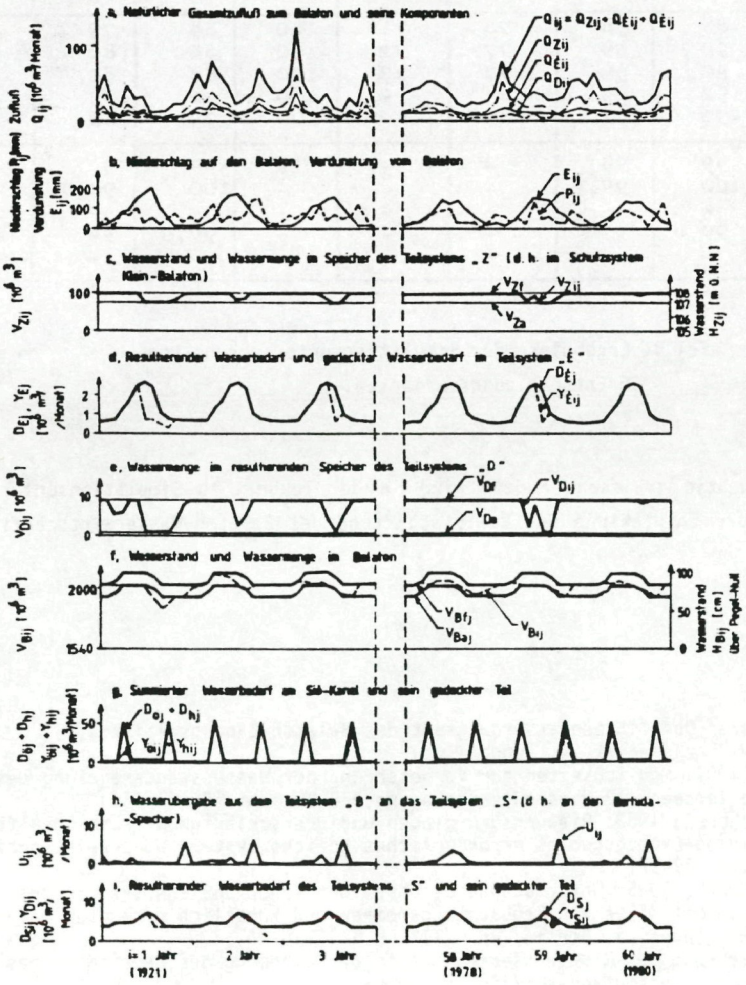

Bild 5: Ausschnitt aus den Ein- und Ausgabedatenreihen für die Simulation der Bewirtschaftung des wasservorratswirtschaftlichen Systems des erweiterten Balaton-Einzugsgebiets.

© Biologische Station Neusiedler See/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Teilsystem	Entscheidungsvariante	Indizies der Bedarfsdeckung, %											
		Rel. Dauer der Gewährleistung des unteren Regelwasserstandes im Balaton	nach der Menge					nach der Dauer					Rel. Dauer der Gewährleistung des oberen Grenzwertes der Wasserableitung im Sió-Kanal
			Siedlungen	Industrie	Landwirtschaft	Spülung des Sió-Kanals	Schiffahrt und Aalfang	Siedlungen	Industrie	Landwirtschaft	Spülung des Sió-Kanals	Schiffahrt und Aalfang	
Z	1	100	-	86	89	-	-	-	88	87	-	-	-
	2	100	-	86	89	-	-	-	88	88	-	-	-
	3	100	-	86	89	-	-	-	88	88	-	-	-
	4	100	-	91	93	-	-	-	92	92	-	-	-
	5	100	-	91	93	-	-	-	92	92	-	-	-
É	1	-	100	88	75	-	-	100	88	87	-	-	-
	2	-	100	88	76	-	-	100	88	88	-	-	-
	3	-	100	88	77	-	-	100	88	88	-	-	-
	4	-	100	92	84	-	-	100	92	92	-	-	-
	5	-	100	92	84	-	-	100	92	92	-	-	-
D	1	100	97	79	94	-	-	99,9	88	87	-	-	-
	2	100	97	80	95	-	-	99,9	88	88	-	-	-
	3	100	97	80	95	-	-	99,9	88	88	-	-	-
	4	100	97	86	96	-	-	99,9	92	92	-	-	-
	5	100	97	86	96	-	-	99,9	92	92	-	-	-
B	1	88	100	88	58	76	71	100	88	79	88	74	99,5
	2	89	100	90	59	77	72	100	88	80	89	75	99,5
	3	89	100	90	59	77	73	100	88	80	89	75	99,5
	4	92	100	92	69	85	-	100	92	85	92	-	99,5
	5	93	100	93	71	85	-	100	93	86	93	-	99,5
S	1	-	-	99	94	-	-	-	99	9	-	-	-
	2	-	-	100	99,9	-	-	-	100	99,7	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	99,8	97	-	-	-	99,9	94	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tafel 1: Ergebnisse der Simulationsuntersuchung von 5 Entscheidungsvarianten.

Das sich als funktionstüchtig erwiesene Modell wird in der Zukunft zu Simulationsuntersuchungen weiterer Entscheidungsvarianten über Entwicklung und Bewirtschaftung des Balaton-Wasserwirtschaftssystems verwendet werden.

L i t e r a t u r

BARANYI, S., 1978: Nutzbares Oberflächenwasserdargebot des Balaton-Einzugsgebietes, Vizügyi Közlemenyek, 4, (ungarisch)

BARANYI, S., M. DOMOKOS, 1984: Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserstandsregelung des Neusiedlersees. 10.Neusiedlerseetagung,BFB-Bericht 55, 61-66.

DOMOKOS, M. u. A. GILYEN-HOFER, 1983: Planungsgrundlagen und überschlägige Berechnungen für ein im Balaton-Einzugsgebiet erforderliches Speichersystem, Wasserwirtschaft, 73, 1, S. 17-22.

DOMOKOS, M. u. A.GILYEN-HOFER, 1985: Untersuchung des hypothetischen Speichersystems des Balaton-Einzugsgebietes mit Hilfe von Beobachtungsreihen und künstlich erzeugten Datensätzen. Acta Hydrophysica, Berlin. Bd. XXIX. H.1. S.15-44.

NEPPEL,F.,1984: Untersuchung des Grundwasserregimes in der Umgebung des Neusiedlersees 10. Neusiedlerseetagung, Illmitz.

OVH (Ung. Staatsamt für Wasserwesen): Wasserwirtschaftliches Entwicklungsprogramm für die Balaton-Region, II. Budapest,

RAJNER, V., D.RANK, 1981: Wasserhaushaltsstudie für den Neusiedlersee mit Hilfe der Geochemie und Geophysik. Teil 2: Isotopenhydrologische Untersuchungen. BVF Arsenal, Bericht Nr. 42. (Manuskript), Wien.

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: 1986

Band/Volume: 58

Autor(en)/Author(s): Domokos Miklos, Gilyen-Hofer A.

Artikel/Article: Entwicklung der wasserwirtschaftlichen Modellierung des Balaton-Einzugsgebietes; ein Vorbild für die Modellierung des Neusiedlersees 101-108