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

BFB-Bericht, 61 15 - 20 Illmitz,1986

ÜBER URSACHEN UND ABWEHRMÖGLICHKEITEN DER EUTROPHIERUNG DES PLATTENSEES MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES ZALA-FLUSSES

JOO Otto

Einführung

Der Balaton ist der größte See Mitteleuropas. Seine heutige Oberfläche beträgt 600 km². Früher (im 13.-18. Jahrundert) war die Oberfläche fast doppelt so groß. Das Wasservolumen beträgt 2 km³, die Durchschnittstiefe 3 m. Vor Jahrhunderten konnte man noch mit 6 - 8 m rechnen. Der See ist 76 km lang. Die Breite variiert zwischen 1,5 und 15 km. Der kleinere Teil der 236 km langen Ufer wird mit Stein und Beton, der größere durch den 13 km² großen Schilfgürtel gegen die 1 - 1,5 m hohen Wellen geschützt. Das Einzugsgebiet beträgt ohne Seefläche 5200 km². Die Seehöhe dieses Gebietes liegt zwischen 105 und 400 m. Das nördliche und südliche Einzugsgebiet bildet die Hälfte des gesamten. Der wichtigste und größte Zufluß ist der Zala-Fluß, der die Wassermengen des westlichen, 2622 km² großen Einzugsgebietes südlich von Keszthely bei Fenekpuszta in den seichtesten Teil des Sees führt. Hier findet man nur 4 % der gesamten Wassermenge. Das Wasser des Balatons tauscht sich in 2-3 Jahren vollständig aus. Ein Drittel stammt direkt vom Niederschlag (378 Millionen m³). Zwei Drittel - 573 Millionen m³ - werden vom Oberflächenabfluß durch Gewässer zugeführt. Die jährliche Verdunstung liegt bei 900 mm. Bei hochsommerlichen Temperaturen überschreitet die tägliche Verdunstung 10 Millionen m³. Jährlich werden 400 Millionen m³ Wasser durch die Schleuse bei Siofok, die eine Kapazität von 80 m³/s hat, in den Sio-Kanal geführt, der bei Szekszard in die Donau mündet. Die Sio-Schleuse ermöglicht, das Wasserniveau zwischen 104,8 - 105,1 m Seehöhe zu regeln. Früher waren die Wasserstandsschwankungen größer. Heute betragen sie nur 30 cm. Am sandigen, südlichen Ufer kann man kilometerweit im Wasser laufen, ohne zu versinken. Die Wassertemperaturen liegen im Sommer zwischen 20 und 25 C°. Bis vor kurzer Zeit hatte das Seewasser Trinkwasserqualität. Das Wasser ist durch biogene Kalkbildung opal-durchsichtig.

Der Balaton ist ein bekanntes und bevorzugtes Urlaubsgebiet, dessen Ufer mit einer fast ununterbrochenen Reihe von Siedlungen umgeben ist. Die Einwohnerzahl hat sich in den letzten 50 Jahren verdoppelt. Heute rechnet man mit 125.000. Die durchschnittliche Urlauberzahl ist dreimal so hoch. Bei Spitzenbelastung kann man mit mehr als 800 000 Einwohnern und Urlaubern rechnen. Das Einkommen vom Fremdenverkehr am Plattensee ergibt 1 % des Nationaleinkommens.

Die Nachrichten über die Verschlechterung der Wasserqualität des Balaton beschäftigen nicht nur die Fachleute, sondern auch unsere ganze Gesellschaft. Einige suchen die Schuld bei der Regulierung des Zala-Flusses und der Trockenlegung des an der Zala-Mündung liegenden Klein-Balaton-Gebietes. Andere beschuldigen die landwirtschaftlichen Großbetriebe, die Chemisierung der Landwirtschaft, die Erosion. Es gibt andere, die den Fremdenverkehr, die Urbanisation oder die Wasser- und Luftverschmutzung als Ursache betrachten. Man muß aber den Ursachen des Unheils nachgehen, um es bewältigen zu können.

Im letzten Jahrzehnt ist eine großräumige komplexe Forschungsarbeit angelaufen, um die Ursachen zu finden und eine wirkungsvolle Therapie einsetzen zu können. Die Regierung hat deshalb, unter Einbeziehung von Wissenschaftlern und Fachleuten, die notwendigen Maßnahmen im Jahre 1983 in einem Beschluß festgelegt.

Die Verschlechterung der Wasserqualität des Balatons.

Eine bedeutende Verschlechterung der Wasserqualität des Balatons begann nach den Ergebnissen eindringlicher wissenschaftlicher Untersuchungen in den 70-er Jahren. Seit Mitte des Jahrhunderts findet man in der Fachliteratur Informationen über die Eutrophierung von mehreren hundert Seen. Diese Krankheit der Gewässer ergibt sich aus der großen Menge von Nährstoffen, hauptsächlich Phosphor und Stickstoff, die ins Wasser geraten. Der Balaton erleidet das gleiche Schicksal wie der Neusiedler See, der Bodensee, Washington-See, die Großen Seen in Kanada usw.

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

Die Nährstoffe beschleunigen die biologischen Vorgänge im Wasser, Seegras und Algen vermehren sich. Die "Biomasse" beträgt im Balaton zeitweise 2-300 tausend Tonnen. Jährlich sind 2-3 solche Erträge möglich. Die blaue Farbe des Wassers wird grün von den Chlorophyll-Molekülen der Algen. Wenn deren Menge die 200 mg /m^3-Grenze überschreitet, wird das Wasser - je nach Sorte der Algen - grün und von Badegästen nur noch ungern angenommen. Solche Vorfälle konnten wir im September 1966 und im August 1982 in der Keszthelyer Bucht beobachtet. Den Balaton-Raum und die Chlorophyllverhältnisse zeigen wir auf unseren Abbildungen.

Die chemischen Untersuchungen des Wassers zeigen zum Glück noch keine bedeutende Änderung. Der Nitratgehalt und die chemische Reaktion (pH) sind seit 50 Jahren unverändert. Zur Sommerzeit konzentrieren sich im ufernahen Wasserbereich die gelösten Substanzen, die organischen Stoffe abbauenden Bakterien und der biologisch verwertbare Phosphor. Die Stickstoff- und Phosphorbelastung des Seewassers wuchs bedeutend. Doch bis heute fördern die im Ostbecken des Sees befindlichen Wasserwerke jährlich ungestört 10-15 Millionen m^3 Wasser vom Balaton.

Messungen,Untersuchungen

Die erste Tabelle zeigt die wichtigsten Meßergebnisse der letzten 10 Jahre. Diese stammen vom Forschungszentrum für Wasserwirtschaft in Budapest. Daraus erkennt man, daß jährlich rund 300 Tonnen Phosphor und 3000 Tonnen Stickstoff in den Balaton gelangen. Ein Drittel des Phosphors und ein Sechstel des Stickstoffs stammen vom Abwasser. Ein Drittel bis ein Viertel des Gesamtphosphors ist biologisch verwertbar. Der größere Teil des Stickstoffs gelangt über Gewässer in den See. Diese befördern auch jährlich bis 30.000 Tonnen Schwebstoffe.

Die Mitarbeiter meiner Arbeitsstelle, der Direktion für Wasserwesen in Szombathely führen seit 10 Jahren Untersuchungen auf breiter Basis durch, um zu bestimmen, welche Art und Mengen von Schadstoffen der Fluß Zala in den Balaton führt. Wir suchen auch nach deren Herkunft und nach notwendigen Maßnahmen zur Sanierung. Ab 1975 wurden täglich die Wasserführung, der Schwebstoff-, Gesamtphosphor- und Stickstoffgehalt bei Fenekpuszta und ab 1977 Zalaapati gemessen. Bei diesen Meßstellen sowie bei Zalaber und Zalaegerszeg werden wöchentlich bzw. zweiwöchentlich an 32 Parametern wasserchemische,zeitweise auch biologische und andere Untersuchungen durchgeführt. Dasselbe bezieht sich auf den Esztergaly-Bach, wo es keine industrielle oder kommunale Schadstoffquelle gibt. Für das Einzugsgebiet liegen noch eine Menge anderer Untersuchungen vor.

Seit einem Jahrzehnt untersuchen wir jährlich 2-15 mal die größeren Kläranlagen (15-20Stück). Wenn diese den gesetzlich festgelegten Verschmutzungsgrad überschreiten, müssen sie Strafe bezahlen. Es werden 90 % des gesamten Abwassers überprüft. Die Abwassermenge wuchs von 1975 bis 1984 von 8 Millionen m^3/Jahr auf 12 Millionen m^3/Jahr. In den Jahren 1982-83 haben wir dreimal eine Woche lang mit zweistündig genommenen Proben die zweifach überlastete Kläranlage von Zalaegerszeg (Abwasser 15000 m^3/Tag, Einwohner: 65000) geprüft, um die Herkunft der Phosphorbelastung besser kennenzulernen. Über die Niederschlagsverhältnisse sind wir durch die Daten von 34 Stationen informiert.

Die Schwebstoffe werden mit Membranfiltern, die Gesamtstickstoffe mit Photometrie, die Nitrat-Ionen mit Natriumsalizilat, der Gesamtphosphor und die gelösten unorganischen Ortophosphat-Ionen durch die kolorimetrische Methode ermittelt. Der Stickstoffverbrauch wird mit Kaliumbichromat aus derselben Probe bestimmt. Die Werte der Salpeterstickstoffe und des Phosphatphosphors erhält man durch Multiplikation der Ionenwerte mit den Atomgewichten.

Auswertung der Zala-Messungen.

Der Zala-Fluß führt jährlich 250-300 Millionen m^3 Wasser, 5-15 tausend Tonnen Schwebstoffe, 1-1,5 tausend Tonnen Stickstoff und 90-110 Tonnen Phosphor zum Balaton. Das ist die Hälfte bis ein Drittel der gesamten Belastung des Sees.

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

Im vergangenen Jahrzehnt gelangten aus den überlasteten, zweistufigen Kläranlagen jährlich 32-55 Tonnen Gesamtphosphor und 220-320 Tonnen Stickstoff in die Gewässer. Das ist mind. ein Drittel der gesamten, sogenannten konzentrierten Belastung des Balatons. 80 % der Abwassermenge des westlichen Einzugsgebietes stammen aus der Umgebung von Zalaegerszeg und Keszthely. Zalaegerszeg ist die größte konzentrierte Bealstungsquelle des gesamten Einzugsgebietes. Im Raum Keszthely sind jetzt schon seit zwei Jahren Phosphorfällungsanlagen im Betrieb. In Zalaegerszeg werden sie erst 1986 anlaufen.

Wenn man aus den bei der Zala-Mündung gemessenen Gesamtphosphor- und Stickstoffwerten die aus den Kläranlagen stammenden abzieht, bekommt man die untere Grenze der Diffusbelastung. Die macht bei Phosphor 50 Tonnen/Jahr und bei Stickstoff 700-1200, durchschnittlich 1000 Tonnen/Jahr aus. Dementsprechend sind in diesem Einzugsgebiet in diesem Zeitraum die Hälfte des Phosphors und drei Viertel des Stickstoffes diffusen Ursprungs. Wir fanden weiters, daß 80 % der Schwebstoffe, die Hälfte des Phosphors und der Wassermenge und zwei Drittel des Stickstoffes in nur einem Drittel der gesamten Zeit durch kleinere und größere Hochwasserwellen in den Balaton gelangen. Die Hälfte des Gesamtphosphors bei der Mündung fanden wir an Schwebstoffe gebunden. Die Fördermengen (g/s) bei Phosphor, Gesamtstickstoff, Phosphatphosphor sowie Salpeterstickstoff werden stark, die Konzentrationen (g/m^3) geringer durch die Hochwässer erhöht. Die mittlere tägliche Fördermenge bei Hochwasser ist bei Schwebstoffen 10-15 mal, Phosphor 3-8 mal, Phosphatphosphor 1,5 - 2 mal und Stickstoff 3-4 mal so groß als bei Niedrigwasser. Die Extremwerte sind nach obiger Reihenfolge 50, 30, 5, 15 mal so hoch. Die Ganglinien der Nährstoffe richten sich, Phosphatphosphor ausgenommen, nach der Wasserführung. Dasselbe gilt für den kleinen Esztergaly-Bach, in dem es nur Nährstoffbelastung landwirtschaftlichen und atmosphärischen Ursprungs gibt. In den Jahren 1982-83 erreichte nur ein Drittel der aus der Kläranlage von Zalaegerszeg in den Zala-Fluß geleiteten Phosphormenge den Balaton. Das zeigt die vorhandene Selbstreinigungsfähigkeit des Zala-Flusses und eine weitere Steigerung der Nährstoffbelastung diffuser Herkunft.

Es ist unmöglich, unser umfangreiches Datenmaterial hier vorzustellen. Doch werde ich die allerwichtigsten Schlußfolgerungen aufzählen, die wir schon im Jahre 1976 abgefaßt haben. Die wachsende Eutrophierung des Balatons kann man am wirkungsvollsten bremsen, wenn man die Nährstoffe des Zala-Flusses in einem Speicher zurückhält. Dadurch gewinnen wir die nötige Zeit für alle Maßnahmen, die es ermöglichen, die Schadstoffe zurückzuhalten. Es ist anzustreben, die Wasserqualität der 60-er Jahre wieder herzustellen. Inzwischen darf es aber zu keiner ernsten Verschlechterung der Wasserqualität kommen. Vor der Einmündung des Zala-Flusses findet man ein sumpfiges Gebiet: Den ehemaligen Klein-Balaton. Dort ergibt sich die Möglichkeit, einen großen Speicher zu errichten mit einer Oberfläche von 70 km^2 und 100 Millionen m^3 Wassermenge. Die erste Konzeption haben wir schon im Jahre 1976 fertiggestellt. Über die Einzelheiten wird Sie mein Kollege, Dipl.Ing.Julius Lotz informieren.

Die Ursachen der Eutrophierung und deren Bekämpfung.

Es wurde untersucht, wie sich die Nutzung des Einzugsgebietes des Zala-Flusses in den letzten 50 Jahren verändert hat (Tabelle 2). Man hat jene Parameter der Jahre 1935, 1960 und 1985 unter die Lupe genommen, die mit der Eutrophierung in Zusammenhang stehen könnten. Wir fanden, daß die Acker- und Wiesenflächen geschrumpft sind. Die Einwohnerzahl und der Viehbestand sind gleichgeblieben. Die Waldflächen, die Anzahl der Stadtbewohner, die Konzentration der landwirtschaftlichen Großbetriebe, die Chemisierung der Landwirtschaft, die Wasserversorgung und die Abwassermengen haben stark zugenommen. Der Verbrauch von Kunstdüngermitteln in Ungarn ist zwischen 1960 und 80 auf das Fünffache (260 kg/ha/Jahr), in unserem Einzugsgebiet auf das Zehnfache angewachsen. Die Abwasserreinigung hat mit der Wasserversorgung nicht Schritt gehalten. Die Phosphorentfernung in den Abwässern wird erst jetzt in Angriff genommen.
Diese sind also die wichtigsten, eigentlichen Ursachen der Eutrophierung, nicht die Regulierung des Zala-Flusses u.s.w.

Das Ausmaß der landwirtschaftlichen Belastung des Balatons wird stark diskutiert. Genaue Messungen stehen uns nicht zur Verfügung. Die Landwirtschaft kennt nur 25 % der gesamten Phosphorbelastung an. Im Jahre 1984 entstand ein Generalplan für die Melioration des ganzen Einzugsgebietes des Balatons. Das Ziel ist, die Verschmutzung des Sees und das Maß der Erosion zu vermindern und die Landwirtschaft weiter zu entwickeln. Das würde eine Investition von 15 - 20 Milliarden Forint bei den heutigen Preisen bedeuten. Die Ausführung sollte 20 - 30 Jahre lang dauern.

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

Bei der Planung haben wir die aus der Landwirtschaft durch den Zala-Fluß kommende Gesamtphosphormenge auf 40 - 60 Tonnen/Jahr, also auf die Hälfte der Gesamtbelastung geschätzt. Davon können 10 - 20 Tonnen/ Jahr aus der Viehzucht der Großbetriebe stammen. Das wären 1 - 2 % des gesamten Phosphors, der sich dort bildet. Die Fischteiche mit insgesamt 326 ha Oberfläche sowie die Aalzucht in Heviz produzieren jährlich 5 Tonnen Phosphoremission. Die Belastung aus den Düngemitteln, gerechnet mit einem Verlust von 0,5 %, macht 6 Tonnen/Jahr aus. Durch Erosion können also 24 Tonnen/Jahr eingetragen werden. Die Erosion ist übrigens, laut unseren Meßergebnissen, auf der Nord-Südstrecke des Zala-Flusses am stärksten.

Unser Plan hat die Regulierung aller Bäche vorgesehen. Zum Schutz der Trinkwasserversorgungsgebiete haben wir Regeln aufgestellt. Auch die Viehzucht in Großbetrieben muß saniert werden. Man muß die Flüssigdüngung verwirklichen, um den Verlust von Nährstoffen einzustellen. Durch die Erosionsbekämpfung können wir mit Recht erwarten, daß der an die Schwebstoffe gebundene Phosphor auf ein Drittel schrumpft. Die Abwasserproduktion steigt jetzt kräftig. Ohne Phosphorentfernung könnte sie im Jahre 2000 bald 200 Tonnen erreichen. Die Phosphorbelastung dieser Art soll auf 43 Tonnen/Jahr vermindert werden. Heute sind es 55 Tonnen/Jahr. Das Schutzsystem des Klein-Balaton spielt auch eine große Rolle bei der Verminderung der Phosphorbelastung. Sein erster Abschnitt wurde im Jahre 1985 in Betrieb genommen. Er soll die Phosphorbelastung bis 1990 um 20 Tonnen/Jahr, der zweite Abschnitt bis 2000 um weitere 20-30 Tonnen/Jahr senken. Das ist nur dann erreichbar, wenn (auch laut Regierungserlaß) nicht mehr als 6 Tonnen/Jahr biologisch verwertbaren Phosphors in das Keszthelyer Becken des Balatons gelangen. Das ist die Voraussetzung für eine Verbesserung der Wasserqualität der Bucht von Keszthely. Daß diese Reinigung funktionieren könnte, lassen Berechnungen der Nährstoffaufnahme von Sumpf- und Wasserpflanzen (KARPATI, 1980), die Fachliteratur, die auf dem Versuchgelände in Badacsony gemessenen Reinigungswerte und die im Schutzsystem des Klein-Balatons bisher durchgeführten Messungen vermuten.

Um die Wasserqualität des Balatons zu verbessern, haben wir die notwendigen Maßnahmen in drei Stufen geordnet.Es soll der Faulprozess gestoppt werden (A). Dann kommt die stufenweise Überholung (B) und am Ende soll die Wasserqualität der 60-er Jahre erreicht werden (C).

Die Stufe "A" erlaubt für das Keszthelyer Becken durchschnittlich 60, max. 100 mg/m^3 Chlorophyll "a" und statt der heute vorhandenen 60 Tonnen verwertbaren Phosphors/Jahr nur 40 Tonnen/Jahr. Das muß bis 1987 mit der Klärung aller Abwässer samt Phosphorentfernung sowie mit Beginn der ersten Stufe des Klein- Balatons erreicht werden. Ähnliche, kleinere Einrichtungen sind an allen in den Balaton mündenden Bächen vor den Mündungen zu bauen. Die Viehzucht muß ihre Verschmutzung abbauen. Man muß die Voraussetzungen für eine umweltfreundliche Agrotechnik schaffen und die Erosion vermindern. Man soll die Badestrände und die Schlammstellen ausbaggern. Die hygienischen Einrichtungen, die Ablagerungsbedingungen für Abwasserschlamm und Abfälle sind zu verbessern. Es sollen Waschmittel mit niedrigem Phosphorgehalt eingeführt werden.

Die Stufe "B" soll bis 1995 mit der Entwicklung der Abwasserreinigung verwirktlicht werden. Der Chemieeinsatz in der Landwirtschaft muß modernisiert werden. Das Einzugsgebiet der Nord-Südstrecke des Zala-Flusses ist zu meliorieren. Es ist notwendig, die Bäche von den Verschmutzungen der Wohngebiete zu reinigen.

Die Stufe "C" kann man nach der Jahrtausendwende mit dem endgültigen Abschluß der Meliorationsarbeiten erreichen.

Bis zu dieser Zeit muß man alle Schad- und Schmutzstoffe zurückhalten.

Die Arbeiten der Stufen "A", "B" und "C" erfordern rund 50 Milliarden Forint. Von deren Verwirklichung ist zu erwarten, daß wir die Wasserqualität des Balatons so verbessern, daß unsere Enkel den See auch genießen werden können. Wir hoffen, daß uns das gelingen wird!

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

Tabelle 1

Phosphor-Stickstoffbelastung im Balaton 1975-84 (Tonnen/Jahr)

	Gesamtphosphor		Gesamtstickstoff	
	1975-80	1981-84	1975-80	1981-1984
1. Aus Gewässern	158	149	1600	1912
2. Aus Abwasser durch Gewässer	78	78	456	326
3. Direkte Abwassereinleitung in den See	32	11	229	72
4. Aus Abwässern durch Fisch u. Schilfteiche	5	7	28	27
5. Aus Siedlungsgebieten	58	55	118	110
6. Diffuse Belastung direkt aus dem Einzugsgebiet des Sees	18	41	200	179
7. Aus der Luft	17	17	590	590
8. Gesamtmenge in den Balaton	288	280	2765	2890
9. Abwasserstammend insgesamt	115	96	703	425
10. Aus dem Einzugsgebiet des Zala insgesamt	92	85	1009	1012

Kapazität der Kläranlagen (I-II. Stufe) des Einzugsgebietes in 1980: 45000 m^3/Tag
in 1984 65000 m^3/Tag

Tabelle 2

Im Zala-Einzugsgebiet vorhandene Faktoren, die mit der Verschlechterung der Wasserqualität in Zusammenhang gebracht werden können.

Benennung	Maßeinheit	1935	1960	1985
1. Acker	km^2	1423	1322	1050
2. Grünland	km^2	494	480	350
3. Wald	km^2	561	578	700
4. Landwirtschaftlich nicht benutzt und Schilf	km^2	144	242	522
5. 1-4. Zusammen	km^2	2622	2622	2622
6. Landwirtschaftliches Anbaugebiet	km^2	1917	1802	1400
7. Großbetrieb in der Landwirtschaft	%	37	79	95
8. Viehbestand	10^3 St	98	85	98
9. Viehzucht in den Großbetrieben	%	18	25	58
10. Düngemittel	10^3 t	0,3	2	20
11. Einwohnerzahl	10^3 E	244	195	200
12. Stadtbewohner	%	8	15	45
13. Wasserversorgung	10^6 m^3	0,1	1,5	17
14. Abwasser	10^6 m^3	-	0,5	12
15. Einwohner mit Wasserleitung	%	2	8	80
16. Einwohner mit Kanalisation	%	-	3	35
17. Unterschied zu 15.v. 16. im Einzugsgebiet	%	2	5	45
18. Unterschied zu 15. v. 16 landesweit	%	2	10	35

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

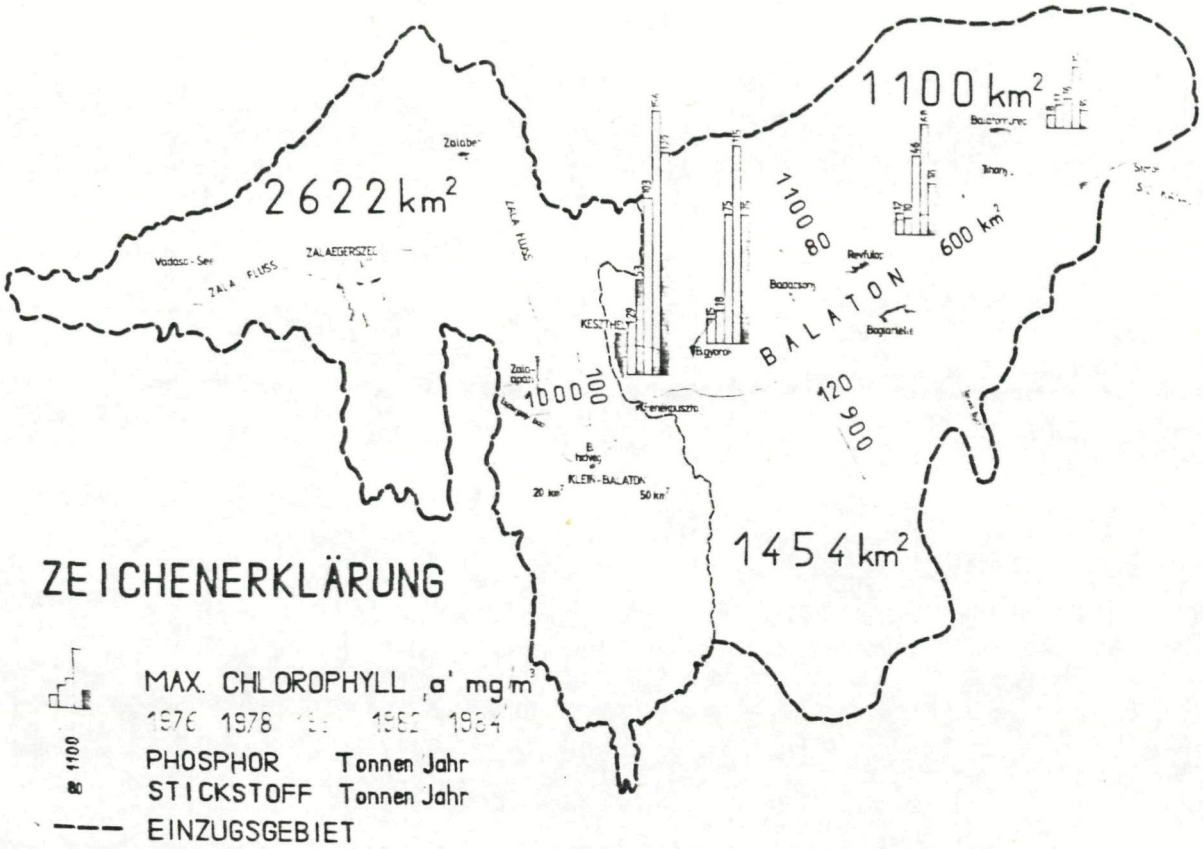

Abb. 1 Der Balaton und sein Einzugsgebiet

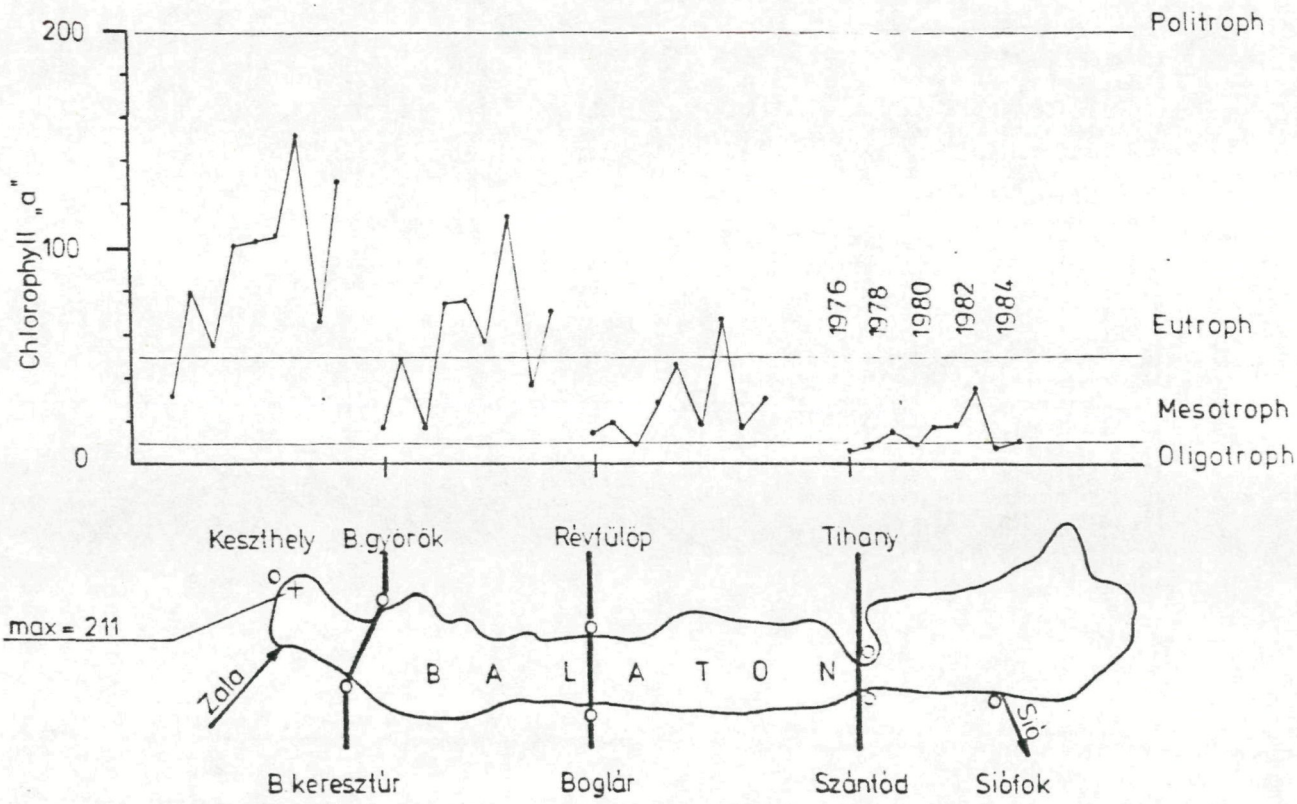

Abb.2 Maximaler Chlorophyll-a-Gehalt des Balaton (mg/m³) 1976-1984

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: 61

Autor(en)/Author(s): Joo Otto

Artikel/Article: Über Ursachen und Abwehrmöglichkeiten der Eutrophierung des Plattensees mit besonderer Berücksichtigung des Zala-Flusses 15-20