

STANISŁAW WRÓBEL

**Badania chemiczne niektórych stawów województwa kieleckiego —  
Chemische Untersuchungen von Fischteichen  
in der Woiwodschaft Kielce**

Mémoire présenté le 4 mars 1962 dans sur la séance de la Commission Biologique de l'Académie Polonaise des Sciences, Cracovie

Die chemische Zusammensetzung von Teichwasser und Teichgrund ist in grossem Masse abhängig von der Qualität des Zuflusses; die Beschaffenheit desselben wird jedoch vor allem durch die geologischen Formationen und den Bodenbelag des Flussgebietes beeinflusst, aus welchem das Speisewasser der Teiche zufliesst. Der Verfasser beschäftigte sich bisher mit der Untersuchung des Chemismus von Teichen, die in dem oberen Flussgebiete der Wisła (Weichsel) gelegen sind. Charakteristisch für dieses Gebiet ist ein geringer oder mittlerer Kalkgehalt (20—40 mg/l Ca) und ein geringer Gehalt an Nährstoffen im Speisewasser dieser Teiche. Daher weist hier der Teichboden gewöhnlich saure Reaktion (pH 4—5) auf und die alljährliche Kalkung mit ca 5 q/ha trägt nicht zur Verbesserung der physikalisch-chemischen Beschaffenheit bei.

Zum Vergleich dieses chemischen Zustandes von Teichwasser und -Boden mit kalkreichen Zuflüssen wurden im Jahre 1961 Untersuchungen an einigen Teichen der kleinpolnischen Hochebene (Wyżyna Małopolska) unternommen. Dieselben erstreckten sich auf zwei Zuflüsse und 11 Teiche des Staatlichen Teichwirtschaft Wójcza, in den Teichkomplexen: Wójcza, Biechów-Dolne, Słupia und Sieragi. Der Chemismus des Wassers wurde dreimal während der Vegetationsperiode, am 15. V, 12. VII, 29. IX untersucht. Die Bodenproben wurden einmal im Herbst nach den Teichabfischungen oder aber unter Wasser entnommen, falls die Teiche im Herbst nicht gefischt wurden (Teiche: „Pod Majorem“ und „Jan Duży“). Aus grösseren Teichen („Średni“, „Kogut“ und „Słupia III“) wurden je zwei Wasserproben entnommen, aber infolge geringen Abweichungen das Mittel aus denselben in den Tabellen angegeben. Gleichzeitig wurden aus denselben Teichen die Planktonproben von Krzeczowska (1963) entnommen.

Folgende Methoden wurden für die chemischen Bestimmungen angewandt: die organische Substanz wurde aus dem Gehalt an organischen

Kohlenstoff, nach der modifizierten Methode von Knopp, ermittelt; allgemeiner Stickstoff wurde nach der Methode von Kiejdahl und die Karbonate vermittelst der Wägemethode mit dem Apparat zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffes festgestellt; zur chemischen Bestimmung des Wassers wurde die Methode nach Haase (1954) und Just, Hermanowicz (1955) verwendet; das Kali wurde vermittelst des Flammen-Photometers bestimmt.

Die Ergebnisse werden nach Teichkomplexen getrennt besprochen, da sich grosse Unterschiede unter denselben ergaben.

### Komplex Wójcza

Die Teiche dieses Komplexes liegen am südlichen Rande der kleinpolnischen Hochebene, an dem s.g. Höhenzug Pińczów-Wójcza (Flis 1956). Derselbe wird von Kreideformation gebildet, auf denen miocönische Kalke gelagert sind. Die hier auftretenden Bodenarten bestehen aus Löss und aus von denselben hervorgegangener Schwarzerde. Im Westen von den Quellen des Wójczka-Baches, in dessen Tal diese kleine Teichgruppe liegt, treten lehmige Sandböden auf. Die geologischen Gebilde dieses Gebietes haben ausschlaggebenden Einfluss auf die chemische Beschaffenheit des Bachwassers, mit welchen die Teiche hier gespeist werden.

Die chemische Zusammensetzung des Quellwassers des Wójczka-Baches weist einen hohen Gehalt an Kalzium und Magnesium (Tab. I),

Tab. I

Chemische Zusammensetzung des Wassers vom Zuleiter und der Teiche im Komplex Wójcza

Faktor	Teich Datum	Quelle Wójczka		Zuleiter Wójcza		Pod Majorem		Jan Duży
		12.VII	29.IX	12.VII	29.IX	12.VII	29.IX	29.IX
Temperatur des Wassers	°C	10,6	10,3	11,6	10,0	16,6	13,0	13,6
pH-Wert		6,9	6,9	7,6	7,5	7,7	7,3	7,4
Kohlensäure freie	CO <sub>2</sub> mg/l	27,0	18,0	11,0	6,2	7,8	9,0	8,3
Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	9,12	3,84	9,92	9,50	15,68	8,96	8,32
Sauerstoffsättigung	%	81	34	90	84	159	84	79
Gesamthärte	°d	17,4	17,2	17,9	19,5	16,3	16,8	15,4
Alkalität	Millival	5,55	5,50	5,75	5,75	4,90	5,40	5,15
Kalzium	Ca mg/l	102,2	101,5	107,2	115,8	93,6	97,9	85,8
Magnesium	Mg mg/l	13,0	12,8	12,6	14,0	13,0	13,4	14,5
Eisen	Fe mg/l	0,02	0,0	0,10	0,04	0,05	0,04	0,04
Chlorid	Cl mg/l	11,2	10,2	11,2	10,2	11,2	11,2	14,2
Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,0	0,0	0,02	0,04	0,07	0,03	0,04
Nitrit	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0,002	0,0	0,008	0,001	0,002	0,0	0,0
Nitrat	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,30	0,45	0,30	0,35	0,10	0,08	0,08
Phosphat	PO <sub>4</sub> mg/l	0,0	0,0	0,10	0,20	0,05	0,25	1,70
Kalium	K mg/l	2,1	2,1	4,2	3,2	3,2	3,6	6,6
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	1,8	1,5	3,7	13,1	2,6	4,3	8,6
Farbe		0	0	15	15	10	17	40

sehr niedrigen Gehalt an Eisen und Nährstoffen, vor allem an P-Verbindungen und an der Amonform von Stickstoff, auf; nur Nitrate fanden

sich in mittlerer Menge vor. Im Vergleich zum Kalkgehalt war Kali nur in geringen Mengen festzustellen. Das Wasser des Baches, der durch zwei Dörfer fließt (Gehöftabflüsse, zahlreiches Wassergeflügel) reichert sich vor allem mit Phosphorverbindungen und Kali an und vergrößert seinen Kalkgehalt.

In diesem Komplex befinden sich, ausser den neuerbauten Laich- und Brut-Vorstreckteichen, auch Brutstreckteiche, die erst in nächsten Frühjahr abgefischt werden. Dies verursacht bei diesen Teichen starken Bewuchs mit untergetauchten Pflanzen, besonders mit *Polygonum amphibium* und *Potamogeton natans*. Hier in Wójcza wurden zwei Teiche, Pod Majorem und Jan Duży, untersucht; aus diesem letzteren Teich wurde bloß eine Probe entnommen, da er spät bespannt worden war. Der Teich war besonders stark mit Unterwasser-Pflanzen bewachsen, worauf ohne Zweifel Kalidüngung Einfluss hatte.

Die Teiche dieser Gruppe zeichnen sich besonders durch hohen Gehalt an Karbonaten (Tab. II) und durch neutrale Reaktion des Teichgrundes aus. Gut zersetzte organische Materie war in mittleren Mengen vorhanden, dies bezieht sich auch auf den Gehalt an allgemeinem Stickstoff.

Einige Faktoren im Teichboden in Wójcza

Tab. II

Komplex	Teich	Schicht	Organische Substanz %	Organischer Kohlenstoff %	Gesamtstickstoff %	C : N	pH/KCl/	pH/H <sub>2</sub> O/	Karbonate CaCO <sub>3</sub> %
Wójcza	Pod Majorem	0 - 10	7,31	4,24	0,433	9,79	7,0	7,1	27,5
	Jan Duży	0 - 10	8,76	5,08	0,505	10,05	7,0	7,2	24,3
Biechów-Dołna	Duża Buda	0 - 10	13,05	7,57	0,632	11,98	6,7	7,0	3,4
	Średni	0 - 10	16,84	9,77	0,940	10,39	6,7	6,9	5,4
		15 - 25	9,19	5,33	0,521	10,23	5,4	6,1	-
	Kogut-Oberteil	50 - 60	1,60	0,93	0,940	9,89	4,2	5,2	-
		0 - 10	6,43	3,73	0,378	9,87	6,9	7,1	1,0
		0 - 10	4,10	2,38	0,231	10,30	6,7	7,0	-
Unterteil	40 - 50	4,05	2,35	0,131	17,98	4,8	5,4	-	
Słupia	Słupia I	0 - 10	4,53	2,63	0,251	10,48	7,2	7,2	6,0
		10 - 20	1,55	0,90	0,078	11,54	7,0	7,2	-
	Słupia III Oberteil	0 - 10	8,03	4,66	0,501	9,31	6,8	7,2	1,2
		40 - 50	2,65	1,54	0,160	9,62	5,6	6,4	-
		0 - 10	8,90	5,16	0,547	9,43	6,8	7,2	1,7
Unterteil	40 - 50	1,55	0,90	0,061	14,75	6,1	7,0	-	
Sieragi	Nr 7	0 - 10	1,76	1,03	0,094	10,96	7,3	7,4	4,3
		Mul	19,62	11,38	0,914	12,45	7,0	7,1	14,9
	Nr 9	0 - 5	3,52	2,04	0,183	11,14	7,3	7,3	3,6
		20 - 25	0,29	0,17	0,022	7,73	6,4	6,9	-
	obere Sandschicht	0 - 10	0,46	0,27	0,019	14,21	6,6	7,1	-
		Mul	17,55	10,18	0,942	10,81	7,0	7,0	20,7
Nr 4	0 - 10	3,74	2,17	0,238	9,12	7,1	7,4	5,1	
	20 - 30	0,57	0,33	0,042	7,86	6,8	7,3	-	
	50 - 60	0	0	0		7,4	7,6	-	

- Karbonate fehlen

Mul = Schlamm

Der hohe Gehalt an Karbonaten im Teichgrund wird verursacht durch das Ausfällen von Kalziumcarbonat bei der Photosynthese der Wasserpflanzen. Die Kalkmenge im Teichwasser war geringer als im Wasser des Zuflusses, während der Magnesiumgehalt fast keinen Unterschied aufweist. Vor allem muss der geringe Gehalt an mineralischen Stickstoffverbindungen hervorgehoben werden. Die am 12. VII. im Teich Pod Majorem festgestellte Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff muss der starken Entwicklung der Wasserflora zugeschrieben werden. Die Oxydierbarkeit des Teichwassers war äusserst gering. Aus diesen Analysen ist zu entnehmen, dass vor allem die höheren Wasserpflanzen und nicht das Phytoplankton Einfluss auf den Chemismus des Wassers ausüben.

### Teichkomplex Biechów-Dolne

Diese Teiche liegen im Wisła-Tal (in der Ebene von Sandomierz) am Fusse des Höhenzuges Pińczów — Wójcza. Das Wisła-Tal wird von Aluvialböden der Quartärformation gebildet; es sind meistens schwere Lehm Böden an einigen Stellen mit Sandbeimischungen. Die Teiche werden hier teilweise durch das Wasser des vorher beschriebenen Baches gespeist, der westliche Teil des Komplexes bezieht das Wasser aus einem Bach, der im Dorfe Piestrzec entspringt; das Wasser dieses Zuleiters wurde nicht untersucht. Die Teiche liegen hier kettenförmig hintereinander und werden jeweils vom oberen bewässert. Die zur Verfügung stehende Wassermenge ist nicht ausreichend. Hier wurden drei Teiche untersucht: Duża Buda (nicht gedüngt), Średni und Kogut (mit Stickstoff — und Phosphordüngung). Teich Średni war am stärksten verwachsen, vor allem mit *Batrachium aquatile*.

Das Bodenprofil der untersuchten Teiche ist charakteristisch für Alluvialböden. In den Teichen Średni und Duża Buda wird die oberste 10—20 cm dicke Schicht von schwarzem Schlamm gebildet, der in rostfarbenen Lehm übergeht. Unterhalb 25 cm Tiefe befindet sich undurchlässiger Letten und darunter, 80 cm von der Oberfläche, tritt gebleichter, grobkörniger Sand auf. Das Bodenprofil des Teiches Kogut weist insofern Änderungen auf, als in der obersten Partie schmale, sandige Lehmschichten auftreten, welche auf undurchlässigem Letten gelagert sind. Der grobkörnige Sand tritt in einer Tiefe von 50—60 cm auf.

Die 10 cm dicke obere Bodenschicht der Teiche Duża Buda und Średni besitzt einen verhältnismässig hohen Gehalt an organischer Substanz, was als Folge des üppigen Pflanzenwuchses und der Ablagerung von gut zersetzter Materie zustande kommt. Im Teich Średni tritt dieser Zustand nur in der obersten Bodenschicht auf. Dagegen ist im Teich Kogut der Gehalt an organischer Materie niedriger als in den beiden anderen Teichen. In der unteren Bodenschicht des Teiches war dieser Gehalt viel

niedriger als in der oberen, was als normale Erscheinung nicht nur bei grösseren Teichen, wie Teich Kogut, sondern auch bei kleineren anzu-  
sehen ist. Die Teiche Duża Buda und Średni unterscheiden sich noch vom Teich Kogut im Gehalt an Karbonaten, welche im letzteren in geringen Mengen (1%) und nur im oberen Teil des Teiches auftreten. Die untere Bodenschicht war stark versauert. Der geringe Gehalt an Karbonaten im Boden des Teiches Kogut wird verursacht infolge der weiteren Entfernung vom Einlauf des Bachwassers bei der kettenförmigen Anlage dieser Teichgruppe. Bei dieser Art der Wasserspeisung werden im Verlauf der Kette die Karbonate ausgeschieden und zu dem untersten Teich, wie beim Teich Kogut, gelangt ein kalkärmeres Wasser. In grösseren Teichen kommen solche Unterschiede auch innerhalb ihres Flächenbereiches vor.

Das Wasser des Zuleiters (Tab. III), der von dem vorher beschriebenen Bach stammt, weist einen grösseren Gehalt an Phosphaten

Chemische Zusammensetzung des Teichwassers im Komplex Biechów-Dolne

Tab. III

Faktor	Teich Datum	Zuleiter			Duża Buda			Średni			Kogut		
		29.IX	15.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX		
Temperatur des Wassers	°C	13,0	12,4	18,3	15,3	12,0	18,7	15,4	11,8	19,7	16,0		
pH-Wert		7,8	9,5	7,3	7,7	9,5	7,4	7,6	8,6	8,4	7,4		
Kohlensäure freie	CO <sub>2</sub> mg/l	6,5	0	7,9	8,0	0	7,2	11,0	0	0	9,0		
Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	8,80	12,54	4,80	8,06	12,00	3,76	7,20	12,08	12,80	3,55		
Sauerstoffsättigung	%	83	116	50	80	110	40	71	107	138	36		
Gesamthärte	°d	18,0	9,5	11,8	16,7	8,5	13,3	15,0	9,6	9,4	11,8		
Alkalität	Millival	6,05	1,12	3,15	4,87	1,10	3,40	4,80	2,60	2,72	4,20		
Kalzium	Ca mg/l	103,6	44,7	62,2	83,6	40,4	72,9	81,0	47,2	44,6	58,5		
Magnesium	Mg mg/l	15,6	14,1	13,4	18,6	12,1	13,4	15,6	13,3	13,4	16,2		
Eisen	Fe mg/l	0,20	0,10	0,20	0,60	0,05	0,30	0,20	0,35	0,65	1,05		
Chlorid	Cl mg/l	15,2	-	16,2	18,2	-	15,2	14,2	-	16,2	19,2		
Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,20	0,02	0,07	0,08	0,02	0,16	0,08	0,03	0,05	3,00		
Nitrit	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0,020	0	0	0	0	0,002	0	0	0,004	0,011		
Nitrat	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,20	0,10	0,08	0,25	0,10	0,12	0,20	0,10	0,11	0,18		
Phosphat	PO <sub>4</sub> mg/l	1,00	0,02	0,10	0,02	0	1,25	0,60	0,02	0,08	0,16		
Kalium	K mg/l	7,4	4,3	7,7	10,7	3,0	6,8	8,0	6,2	7,6	10,2		
MnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	9,0	10,0	14,2	21,4	9,7	17,0	23,4	9,1	27,2	25,3		
Farbe		30	20	30	80	20	55	100	25	90	80		

und Kali auf als im Bache selbst. Dies wird teilweise verursacht durch Abflüsse der Molkerei in Wójcza und durch Abwässer der Bauernhöfe des Dorfes Biechów. Die chemische Zusammensetzung des Wassers dieser untersuchten Teiche bestätigt die bereits besprochene Erscheinung betreffs des Gehaltes an Karbonaten im Teichgrund. Im Wasser des Teiches Kogut war der Kalkgehalt niedriger als in den beiden anderen Teichen. Dies trat bei den Untersuchungen im letzten Termin auf, der hierfür am massgebendsten ist, weil da der pH-Wert am niedrigsten und in allen Teichen Kohlendioxyd vorhanden war; somit befand sich der Kalkgehalt im Wasser im Gleichgewicht mit demselben im Teichgrund. Im ersten Termin der Untersuchungen war der Kalkgehalt des Wassers in den Teichen Duża Buda und Średni am niedrigsten, was durch üppiges

Wachsen der weichen Wasserflora und durch das biologische Entkalken begründet war. Zu diesem Zeitpunkt wurde ein hoher pH-Wert und Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff bei niedrigster Oxydierbarkeit festgestellt. Im zweiten Untersuchungstermin wurde in den beschriebenen Teichen starkes Absinken des Sauerstoffgehaltes und des pH-Wertes ermittelt, während im Teich Kogut der  $O_2$ -Gehalt am höchsten war (Die Proben wurden in den Mittagsstunden unternommen). Diese Änderungen waren verbunden mit dem Absterben der höheren Pflanzenwelt und dem grösseren  $O_2$ -Verbrauch in den Teichen Duża Buda und Średni, sowie mit starkem Auftreten von Wasserblüte des Phytoplanktons im Teich Kogut. Bei der letzten Probeentnahme konnte im Teich Kogut starke Zersetzung der Algen beobachtet werden (hoher  $N-NH_4$  Wert und niedriger  $O_2$ -Gehalt). Der Gehalt an Kali war zu Beginn der Vegetationsperiode am niedrigsten und wuchs bis zum Herbst an, was mit einem grösseren Kaliverbrauch im Frühjahr und fortschreitenden Auslaugung desselben in späteren Terminen erklärt werden kann. Der P-Gehalt war in dem nicht gedüngten Teich Duża Buda niedrig, in den beiden gedüngten Teichen hingegen war das Tempo des Schwindens der Phosphate ungleichmässig. Die Untersuchungen am 12. VII wurden drei Wochen nach der Superphosphat-Düngung unternommen und im Teich Średni konnte noch 1,25 mg/l  $PO_4$  festgestellt werden (bei der Düngung wurden ca 2 mg/l verabfolgt). Im Teich Kogut war der P-Gehalt kaum 0,08 mg/l. Daraus folgt, dass der Schwund der Phosphate vor allem auf biologische Weise vorsichging und nicht durch physikalisch-chemische oder chemische Einflüsse verursacht war. Im Teich Średni war zu diesem Termin der P-Bedarf durch die höhere Pflanzenwelt bereits niedrig und gering war auch die Menge an Phytoplankton; somit war der Gehalt an Phosphaten in diesem Teich weit höher als im Teich, der starke Wasserblüte aufwies.

### Teichkomplex Słupia

Drei Teiche dieser Gruppe — wiewohl sie bloss einige hundert m östlich des vorher beschriebenen Teiches Kogut liegen, — unterscheiden sich doch wesentlich von diesem. Die Teiche liegen am Fuss desselben Höhenzuges und sind Himmelteiche, bei denen der Wasserzufluss von Aussen gewöhnlich im Mai aufhört. Der Teichboden wird durch schwere, undurchlässige Alluvialformationen gebildet, nur im Teich Słupia I befindet sich in 15 cm Tiefe eine dünne Sandschicht. Der Teichgrund enthält mittlere Mengen an organischer Materie (Tab. II), im Teich I war dieselbe niedriger als im Teich III. Der Gehalt an Karbonaten war grösser im Teich I als im III, also ähnlich, wie dies in den Teichen des vorher beschriebenen Komplexes der Fall war. In den tieferen Schichten des Teichbodens wurden keine Karbonate festgestellt.

Im Frühjahr gelangt in die Teiche das Schmelzwasser aus den Dörfern Niegosławice und Pacanów nach vorübergehender Durchfliessung zweier kleiner Teiche im Dorf Słupia. Es sind dies Abflüsse der Meliorationsgräben, welche die vorher beim Komplex Wójcza beschriebenen Schwarzerde-Formationen durchschneiden. Im Frühjahr, Anfang Mai, enthält das Wasser grosse Mengen Kali (15,5 mg/l K) und Natrium (46 mg/l Na) sowie Magnesium (22,6 mg/l Mg). Der Kalkgehalt beträgt 88 mg/l Ca und an Phosphaten 0,18 mg/l  $PO_4$ . Der hohe Gehalt an Kali und Natrium zeugt von Verunreinigungen durch die Abwässer.

Das Teichwasser des Komplexes Słupia besitzt alkalische Reaktion, wobei der Kalkgehalt niedriger war als in den beiden vorher beschriebenen Teichkomplexen (Tab. IV). Auch hier wurde dieselbe Erscheinung

Tab.IV  
Chemische Zusammensetzung des Teichwassers im Komplex Słupia

Faktor	Teich Datum	Słupia I			Słupia III		
		15.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX
Temperatur des Wassers	°C	13,5	21,7	17,7	12,8	21,9	17,3
pH-Wert		8,4	7,6	7,6	9,0	7,9	7,4
Kohlensäure freie	CO <sub>2</sub> mg/l	0	5,8	6,2	0	2,8	8,9
Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	10,88	9,28	9,60	12,64	9,12	14,48
Sauerstoffsättigung	%	104	104	100	118	103	149
Gesamthärte	°d	10,2	9,7	9,8	7,1	7,7	9,5
Alkalität	Millival	3,75	4,45	4,20	2,42	3,15	4,27
Kalzium	Ca mg/l	41,8	40,7	43,6	28,2	32,5	44,3
Magnesium	Mg mg/l	19,1	16,5	16,0	13,7	13,6	14,1
Eisen	Fe mg/l	0,20	0,60	0,50	0,65	0,55	2,75
Chlorid	Cl mg/l	-	49,0	45,1	-	37,1	45,1
Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,04	0,10	0,06	0,04	0,04	0,08
Nitrit	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0	0	0,016	0	0	0,005
Nitrat	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,10	0,10	0,20	0,10	0,11	0,25
Phosphat	PO <sub>3</sub> mg/l	0,12	0,30	0,06	0,05	0,05	0,06
Kalium	K mg/l	17,3	19,5	28,0	10,5	13,6	14,7
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	10,0	15,9	19,5	10,4	18,4	35,4
Farbe		30	60	80	35	85	160

festgestellt, dass nämlich der Kalkgehalt im oberen Teich Słupia I höher war als in dem untersten Słupia III. Während der drei Untersuchungs-termine war das Wasser gut mit Sauerstoff gesättigt, im letzten Termin trat sogar starke Übersättigung auf (149%). Dies beweist, dass die Entwicklung des Phytoplankton während der ganzen Vegetationsperiode gleichmässig verlief, trotzdem dass diese Teiche nicht gedüngt waren. Im letzten Herbsttermin enthielt das Wasser des Teiches Słupia III grosse Mengen von Eisen.

Der Gehalt an mineralischen N-Verbindungen im Wasser war eher niedrig, nur im Herbst fanden sich grössere Mengen von Nitraten vor. Im Teich Słupia I waren Phosphate in mittlerer Menge vorhanden (0,30 mg/l), im zweiten Teich dagegen war der Gehalt gering. Nur das Kali fand sich in grösseren Mengen vor, besonders im Teich Słupia I (bis

zu 28 mg/l K). Einen hohen  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch des Wassers konnte man im Herbsttermin beim Teich Słupia III feststellen.

### Teichkomplex Sieragi

Die Teiche dieser Wirtschaft liegen in der Senke von Połaniec am linken Ufer des Flusses Wschodnia. Dieses Flusstal, von 55 km Länge und 1525 km<sup>2</sup> Niederschlagsgebiet, wird ebenso wie beim Nebenfluss Sanica von miocönischen Letten und Sanden, die durch Formationen der Quartärperiode bedeckt sind, gebildet. Westlich der Senke von Połaniec befindet sich die Hochfläche von Szaniec, aus der Sanica-Bach entspringt und die von weichen, tertiären Kalken gebildet wird. Diese geologischen Formationen sind bestimmend für den hohen Kalkgehalt im Wasser des Flusses Wschodnia, welcher diese Teiche bewässert. In der Senke von Połaniec treten vor allem aus Sanden gebildete Bleicherden, ferner Sumpf- und Schlammböden auf.

Die Teiche von Sieragi liegen auf sandigen Waldböden und wurden in den Jahren 1928—29 gebaut. Die Teiche besitzen direkten Zufluss und genügende Wassermengen. In denselben werden Besatzkarpfen gezogen. Hier wurden 4 Teiche untersucht: 2 Brutstreckteiche, Nr 4 und 6, die mit Superphosphat gedüngt wurden, und 2 Streckteiche Nr 7 und 9, mit Superphosphat und schwefelsaurem Ammonium gedüngt.

Das Profil des Teichbodens hier ist typisch für Podsolböden an denen der grosse Einfluss der teichwirtschaftlichen Verwendung ersichtlich ist. Unter einer 10—15 cm starken, schwarz gefärbten Sandschicht (1,76—3,74% organische Materie) befindet sich die eluviale Bodenschicht, die in die illuviale übergeht. In 40—50 cm Tiefe tritt weisser, vollkommen ausgewaschener, grobkörniger Sand auf. Die teichwirtschaftliche Nutzung dieser sandigen Waldböden führte zur Bildung eines schwarzgrauen Schlammes, der den Teichgrund in Schichten von einigen mm bis zu einigen 15 cm bedeckt und alle Bodenunebenheiten voll ausgefüllt. Dieser Schlamm ist reich an organischer Materie (17,55—19,62%) und an Karbonaten (14,9—20,7%). An Stellen, wo der Mutterboden nicht mit dem Schlamm bedeckt wird, ist der Gehalt an Karbonaten gering (3,6—5,1%).

Die chemische Zusammensetzung des Flusswassers der Wschodnia gibt Aufschluss für das Auftreten der Karbonate in diesem sandigen Teichboden (Tab V). Dieses Wasser ist schwach alkalisch und von mittlerer Härte, wobei sich der Kalkgehalt während der Vegetationsperiode wenig verändert. Im Frühjahr enthielt das Zuflusswasser grosse Mengen von Stickstoff in Form von Nitraten (3,75 mg/l  $\text{N-NO}_3$ ), was wahrscheinlich durch die Abflüsse der bestellten landwirtschaftlichen Ländereien der Umgebung verursacht wird. Die für Flusswasser hohe Oxydierbarkeit wurde veranlasst durch die Anreicherung mit organischer Materie während des Flusslaufes längs der Waldungen.

Tab.V  
 Chemische Zusammensetzung des Teichwassers im Komplex Sterzgi

Faktor	Teich		Zuleiter				Nr 9			Nr 4			Nr 6			
	45.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX	15.V	12.VII	29.IX	12.VII	29.IX	12.VII	29.IX
Temperatur des Wassers °C	12,6	-	13,4	13,6	-	15,6	12,8	-	15,9	-	16,8	-	-	-	-	-
pH-Wert	7,5	7,6	7,6	8,6	10,0	7,7	7,7	7,7	9,8	7,8	8,0	7,6	7,9	7,6	7,9	7,6
Kohlensäure freie CO <sub>2</sub> mg/l	4,1	6,9	5,5	0	0	2,8	3,5	0	0	3,2	1,2	4,5	2,2	4,5	2,2	4,5
Sauerstoff O <sub>2</sub> mg/l	10,46	7,84	8,16	12,96	13,12	16,16	10,40	10,40	10,72	11,84	10,72	10,56	10,40	7,32	10,40	7,32
Sauerstoffsättigung %	98	-	77	124	-	161	97	97	-	113	-	108	-	75	-	75
Gesamthärte °d	13,6	12,1	12,5	9,4	6,9	11,6	11,0	11,0	6,3	8,6	13,2	9,9	12,2	12,0	12,2	12,0
Alkalität Millival	4,00	3,92	4,05	2,60	1,96	3,67	2,94	2,94	1,77	2,75	3,75	3,07	3,65	3,55	3,65	3,55
Kalzium Ca mg/l	78,6	77,2	77,2	50,0	40,7	77,2	60,7	60,7	36,4	52,2	82,2	60,0	75,6	72,9	75,6	72,9
Magnesium Mg mg/l	11,3	6,1	8,2	9,8	5,2	7,1	9,3	9,3	5,2	5,5	7,4	7,4	7,4	8,0	7,4	8,0
Eisen Fe mg/l	0,34	0,20	0,26	0,16	0,30	0,40	0,20	0,20	0,40	0,40	0,12	0,20	0,12	0,10	0,12	0,10
Chlorid Cl mg/l	-	12,2	12,2	-	12,2	12,2	-	-	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Ammonium N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,02	0,02	0,12	0,08	0,10	0,05	0,03	0,06	0,03	0,06
Nitrit N-NO <sub>2</sub> mg/l	0,002	0,001	0,004	0	0	0,000	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrat N-NO <sub>3</sub> mg/l	3,75	0,25	0,40	0,10	0,12	0,12	0,05	0,05	0,12	0,20	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10
Phosphat PO <sub>4</sub> mg/l	0,05	0	0,02	0	0,16	0,40	0,02	0,02	0,24	0,10	0	0,06	0	0,90	0	0,90
Kalium K mg/l	1,3	3,2	2,9	1,9	3,4	3,5	2,2	2,2	2,6	2,6	5,1	2,6	3,4	2,3	3,4	2,3
HNO <sub>3</sub> -Verbrauch O <sub>2</sub> mg/l	6,9	8,8	6,6	10,8	20,3	27,8	9,7	9,7	15,8	25,3	14,1	8,6	9,3	12,2	14,1	12,2
Farbe	25	40	30	40	80	100	30	30	60	90	60	35	40	50	40	50

Die chemische Beschaffenheit des Wassers im Teich Nr 7 und 9 unterschied sich von dem des Zuflusswassers vor allem durch den Kalkgehalt woraus zu schliessen ist, dass in den Teichen Ausfällen von Karbonaten erfolgt. Das Wasser dieser Teiche war gut mit Sauerstoff gesättigt und die Reaktion war im ersten und zweiten Termin der Untersuchungen stark alkalisch. In den Brutstreckteichen fand kein so starkes Entkalken statt und der pH-Wert überstieg nicht die Ziffer 8. Die Abnahme des Gehaltes an Phosphaten nach der Düngung mit Superphosphat ging nicht so schnell vorsich, wie man dies bei so sandigem Boden und starker Infiltration des Wassers erwarten könnte. Drei Wochen nach der Düngung mit 75 kg/ha Superphosphat wurden noch 0,16—0,24 mg/l  $\text{PO}_4$  und im Teich Nr 7 0,90 mg/l festgestellt. Vor der Düngung jedoch im ersten Termin war die Menge der Phosphate verschwindend gering und gewöhnlich nicht erfassbar. Die am 12. VII. durchgeführten Untersuchungen erfolgten 2 Tage nach der Düngung der Teiche Nr 7 und 9 mit schwefelsaurem Ammonium (50 kg/ha) und ergaben ein Fallen der Amonform von Stickstoff bis auf 0,06—0,12 mg/l  $\text{N-NH}_4$ . Daraus dürfte man entnehmen, dass der Bedarf an Stickstoff dieser Teichgruppe aussergewöhnlich hoch ist. Ein niedriger Gehalt an Kali trat im Mai auf, in späteren Terminen war derselbe mittelmässig. Der  $\text{KMnO}_4$  — Verbrauch der Streckteiche stieg bis zum Herbst an; in den Brutstreckteichen war derselbe viel geringer.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Teichgruppen, welche hier untersucht wurden, unterscheiden sich wesentlich in ihrer Bodenbeschaffenheit, haben aber das Eine gemeinsam, dass sie nämlich mit kalkhaltigem Wasser gespeist werden. Die geologischen Formationen dieses Gebietes hatten entschiedenen Einfluss auf das Vorkommen von Kalk im Zuflusswasser, die Bodenbedeckung ihrerseits auf das Vorhandensein von Nährstoffen. Das Wasser der Teiche war in allen Fällen weniger kalkreich als das der Zuleiter. Zuzufolge der Photosynthese des Phytoplanktons und der untergetauchten höheren Pflanzen trat Ausfällung und Anreicherung im Teichgrund von Calciumkarbonaten ein. Auf diesen Umstand haben schon früher mehrere Autoren hingewiesen (Schäperclaus 1926, 1955, Stangenberg 1938, 1943) und dies als eine regelmässige Erscheinung im Teichwasser angenommen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Anreicherung des Teichgrundes mit Karbonaten nur im Falle grosser Kalkmengen im Zuflusswasser vorsich gehen kann. In Teichen dagegen, die mit kalkarmen Wasser gespeist werden, erfolgt Auslaugung des Kalkes aus den Bodenschichten und keine Ablagerung von Karbonaten sowie eine Versäuerung des Teichgrundes. Dies erhellt aus dem Vergleich der Änderungen im Kalkgehalt der hier beschriebenen Teiche mit denen des oberen Weichselgebietes (Stangenberg 1938, Wróbel 1960, 1962). In diesen letzteren ist ge-

wöhnlich der Kalkgehalt des Teichwassers höher als im Wasser der Zuleiter. Das Ausfällen von Kalziumcarbonat im Wasser mit reichlichem Kalkgehalt und andererseits das Ausfällen dieses Elementes aus dem Teichgrund bei kalkarmen Wasser führt zu einem relativen Ausgleich des Kalkgehaltes im Teichwasser desselben klimatischen Gebietes. Wenn man diese beiden entgegengesetzten Prozesse berücksichtigt, kann man die nötige Menge an Kalkgehalt im Wasser des Zuleiters bestimmen, bei welcher der Verlust an Ca im Teich dem Zuwachs gleichen würde. Es hat den Anschein, dass ca 40 mg/l Ca dem entsprechen würde. Bei einem solchen Kalkgehalt in der Teichwirtschaft Landek (Kreis Bielsko, Wróbel 1962) unterschied sich die allgemeine Härte des Wassers, verursacht vor allem durch Karbonatsalze, am wenigsten von der Wasserhärte des Zuleiters und innerhalb der einzelnen Teiche war der Grad der Wasserhärte im Frühjahr dem des Herbstes sehr ähnlich.

Die Erkenntnis dieser Erscheinung ist eng mit der Kalkung der Teiche verbunden. Bei kalkreichem Zuleiter hat die Kalkung der Teiche nur Zweck als Desinfektionsmittel. In diesem Falle tritt starke Anreicherung des Teichgrundes mit Karbonaten, auch bei sauren Bodenarten, ein. Der Gehalt an Karbonaten ist vor allem abhängig von Sorptionsprozessen und von der Durchlässigkeit des Bodens. Dies erhellt deutlich aus der Analyse (Tab. II) des Teichgrundes im Komplex Sieragi. Der Gehalt an Karbonaten erreicht in den neugebildeten, an organischer Materie reichen Schlammschichten 20%, während er in den sandigen Partien ohne Schlamm Bildung nur 3,6—5,1 % beträgt. Bei kalkreichem Wasser erfolgt in jedem Teich das Ausfällen von Karbonaten. Bei kettenförmiger, stufenweiser Anordnung der Teiche verringert sich der Kalkgehalt je weiter der Teich vom Zulauf entfernt ist. Dieser Umstand hat grosse Bedeutung für die praktische Teichwirtschaft, da die Kalkdüngung entsprechend der Lage der Teiche gegenüber dem Zuleiter vorgenommen werden muss. Bei Teichen dagegen, die mit kalkarmen Wasser gespeist werden und in denen eine Auslaugung des Ca aus dem Teichgrund erfolgt, muss der näher dem Zuleiter gelegene Teich stärkere Kalkmengen erhalten als die weiter unten liegenden Teiche.

In den hier besprochenen Untersuchungen, die blos dreimal während einer Saison ausgeführt worden waren, wurde kein deutlicher Unterschied in der chemischen Zusammensetzung des Wassers von Himmelteichen und solchen, mit Flusswasser gespeisten vorgefunden. Dies ist als Folge des verhältnismässigen, kühlen und an Niederschlag reichem Wetters des Sommers 1961 zu betrachten. Die Gestaltung der chemischen und biologischen Zustände in solchen Himmelteichen ist bisher noch wenig untersucht worden. Vor allem fehlt es an eingehenden Studien über die Intensivierung der Produktion solcher Teiche, vor allem durch Düngung derselben. Dieses Problem ist besonders wichtig für die Teichwirtschaften von Mittel-Polen.

In den besprochenen Untersuchungen ist die Formierung des Bodenprofils unter Einfluss der teichwirtschaftlichen Nutzung von Interesse. Dies tritt besonders hervor bei den sandigen Böden und der Bleicherde im Komplex Sieragi auf. Bei undurchlässigen Böden sind die Unterschiede im Bodenprofil gering und der Einfluss der fischereilichen Nutzung beschränkt sich nur auf die Anreicherung der obersten Schicht mit Karbonaten und organischer Materie, besonders im Falle starker Entwicklung der weichen Wasserflora. Auf sandigen, durchlässigen Bodenarten führt teichwirtschaftliche Nutzung zu grosser Differenzierung des Bodenprofils. Auf den höheren Partien des Teichgrundes, von denen der, sich neubildende, Schlamm abgeschwemmt wird, bilden sich in stärkerem Masse Podsolböden als bei landwirtschaftlicher Nutzung aus, da dort der ständige Einfluss der Wassersäule massgebend ist. In Vertiefungen des Teichgrundes lagern sich auf dem Mutterboden ständig neu bildende Schlammschichten ab, die besonders reich an zersetzter organischer Materie und an Karbonaten sind, besonders falls das Speisewasser kalkreich ist. Der Schlamm wird durch Ablagerung allochthonischer Bestandteile und durch abgestorbene pflanzliche und tierische Organismen, die sich im Teich entwickelt hatten, gebildet. Diese Schlammschicht ist mit dem Mutterboden nur schwach verbunden; nach ihrer Austrocknung lösen sich grosse Teile ab. In diesem Falle entsteht ein bei landwirtschaftlicher Nutzung nicht auftretendes Bodenprofil. Bei Mutterböden mit Podsolprofil erfolgt die Schlammablagerung in nicht sichtbar differenzierten Schichten. Mit dem Anwachsen der Schlammschicht, die reich an organischen und mineralischen Kolloiden ist, erfolgt eine Verlangsamung der Podsolierung, ja es verwischen sich die scharfen Grenzen im Profil des Mutterbodens. In Sieragi waren die einzelnen Schichten des Profils unter der Schlammschicht weniger sichtbar als an den Stellen ohne diesen spezifischen Teichgrund.

#### STRESZCZENIE

W r. 1961 przeprowadzono badania chemiczne wody i dna niektórych stawów położonych na Wyżynie Małopolskiej. Badane stawy należą do jednego gospodarstwa PGR Wójcza i są zgrupowane w czterech kompleksach. Badania wody wykonano trzykrotnie w ciągu sezonu (14. V, 12. VII, 24. IX), a próby dna pobrano jednokrotnie po odłowach stawów. Poszczególne kompleksy stawów różniły się pod względem glebowym, kompleks stawów Wójcza położony jest na lessach, kompleksy Biechów-Dolne i Słupia na madach, natomiast stawy kompleksu Sieragi zbudowane zostały na terenie polesnym na glebach piaszczystych.

Stawy kompleksu Biechów-Dolne mają mały dopływ wody, a stawy kompleksu Słupia są typowymi stawami na wodzie opadowej. W obu tych kompleksach stawy są nawadniane paciorkowo.

Wapienne utwory geologiczne Wyżyny Małopolskiej miały zasadniczy wpływ na występowanie wapnia w wodzie dopływającej do stawów; i była to wspólna cecha wszystkich badanych kompleksów stawów.

Przy dopływie wody bogatej w wapń następowało w stawach wytrącanie tego składnika w postaci węglanu; we wszystkich przypadkach woda donośników ma wyższą zawartość wapnia niż woda stawów. Przy paciorkowym nawadnianiu stawów silniejsze wytrącanie wapnia następowało w stawach leżących bliżej bezpośredniego dopływu wody. W stawach bardziej oddalonych ilość wnoszącego z wodą dopływową wapna jest mała; stawy te powinny być intensywniej wapnowane.

Użytkowanie stawowe gleb przyczynia się do zmiany profilu glebowego. Zmiany te są szczególnie widoczne na glebach piaszczystych, silnie zbielicowanych. W miarę upływu lat na glebie pierwotnej pod stawami następuje tworzenie się mułu o dużej zawartości materii organicznej i węglanów. Proces bielicowania ulega pewnemu zahamowaniu, zacierają się przy tym wyraźnie granice pomiędzy poszczególnymi warstwami profilu, charakterystycznego dla gleb bielicowych.

W zakończeniu składam podziękowanie Generalnemu Inspektoratowi Państwowych Gospodarstw Rybackich w Warszawie, a szczególnie Panu inż. Z. Staszkiwiczowi, kierownikowi Państwowego Gospodarstwa Rybackiego w Wójczy za umożliwienie wykonania niniejszej pracy.

#### LITERATURA

- Flis J., 1954. Kras gipsowy Niecki Nidziańskiej. *Prace Geograficzne*, 1, Warszawa, PWN.
- Flis J., 1956. Szkic fizyczno-geograficzny Niecki Nidziańskiej. *Czasopismo Geograficzne*, 27, 123—159.
- Haase L., 1954. *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-Abwasser und Schlammuntersuchung*. Weinheim. Verlag Chemie. GMBH.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. *Fizyczne i chemiczne metody badania wody do picia i potrzeb gospodarczych*. Warszawa, Państw. Zakł. Wyd. Lek.
- Krzeczkowska Ł., 1963. Charakterystyka planktonu niektórych stawów województwa kieleckiego. *Acta Hydrobiol.*, 5, 2—3, 189—214.
- Schäperclaus W., 1926. Die örtliche Schwankungen der Alkalinität und des pH's ihre Ursache, ihre Beziehungen und ihre Bedeutung. *Zeitschr. Fischerei*, 24, 71—95.
- Schäperclaus W., 1955. Bedeutung und Behandlung des Teichbodens in der Karpfenteichwirtschaft. *Deutsche Fischerei, Ztg.*, 7, 212—217.
- Stangerberg M., 1938. Warunki produkcji w stawach. Skład chemiczny wody stawów. *Rozpr. i Sprawozd. Inst. Bad. Lasów Państw.*, 34, A.
- Stangerberg M., 1943. Die Produktionsbedingungen in den Teichen. II. Die chemische Zusammensetzung der Böden unter den Teichen. *Geologie der Meere und Binnengewässer*, 6, 1—64.
- Wróbel S., 1960. Współzależność między dnem i wodą w stawach. *Acta Hydrobiol.*, 2, 2, 69—124.
- Wróbel S., 1962. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody, produkcję pierwotną fitoplanktonu i przyrosty ryb w stawach. *Acta Hydrobiol.*, 4, 2, 151—204.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

dr Stanisław Wróbel

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17