

POLSKA AKADEMIA NAUK
ZAKŁAD BIOLOGII I WÓD

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
LABORATORY OF WATER BIOLOGY

ACTA HYDROBIOLOGICA

Vol. 1

Fasc. 2

KRAKÓW 1959

TREŚĆ — CONTENTS

	Str.
Wróbel S.: Wstęp do badań lizymetrycznych dna stawowego — Einführung in die lysimetriscchen Teichboden-Untersuchungen . . .	87—107
Czeczuga M.: O minimum i maksimum tlenowym w metalimnionie Jezior Rajgrodzkich — On oxygen minimum and maximum in the metalimnion of Rajgród Lakes	109—122
Włodek J. M.: Ilość samców i samic w populacjach karpia — Die Zahl der Milchner und Rogener in Karpfenpopulationen . . .	123—137
Łysak A.: Obserwacje hematologiczne nad sielawą (<i>Coregonus albula</i> L.) i krzyżówką sielawy z sieją ($\text{♂ } C. albula \text{ L.} \times \text{♀ } C. lavaretus \text{ maraenoides}$ Poljakov) — Haematologic observations on the small whitefish (<i>Coregonus albula</i> L.) and on the hybrids of small whitefish \times whitefish ($\text{♂ } C. albula \text{ L.} \times \text{♀ } C. lavaretus \text{ maraenoides}$ Poljakov)	139—147

POLSKA AKADEMIA NAUK
ZAKŁAD BIOLOGII WÓD

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
LABORATORY OF WATER BIOLOGY

ACTA HYDROBIOLOGICA

Vol. 1

Fasc. 2

KRAKÓW 1959

ACTA HYDROBIOLOGICA

Wydawnictwo poświęcone pracom z dziedziny biologii wód. Wychodzi w 4 zeszytach rocznie. — Journal devoted to works in the field of water biology. Issued four times every year.

Redaktor naczelny — Chief Editor
Karol Starmach

Redaktorzy działowi — Section Editors
Włodzimierz Czubak, Jadwiga Siemińska
Sekretariat redakcji — Assistant Editors
Roman Jasiński, Janusz Wiltowski

Adres redakcji i administracji — Address of Editorial and Managing Office:
Zakład Biologii Wód Polskiej Akademii Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17, Poland

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W KRAKOWIE

Wydanie I. Nakład 1000+150 egzemplarzy. Ark. wyd. 5. Ark. druk. 4 + 3 wkl.
Papier druk. sat. kl. IV 80 g 70 × 100. Oddano do składania 17. IV. 1959 r.
Podpisano do druku 20. XI. 1959 r. Druk ukończono w listopadzie 1959 r.
Zam. nr 583. M-21 Cena zł 15.—

DRUKARNIA TECHNICZNA. BYTOM, UL. PRZEMYSŁOWA 2

STANISŁAW WRÓBEL

Wstęp do badań lizymetrycznych dna stawowego — Einführung in die lysimetrischen Teichboden-Untersuchungen

Wpłynęło dnia 12 stycznia 1959

Untersuchungen vermittels Lysimeter bezwecken neben einer allgemeinen Erfassung der Wasserbilanz im Boden die Feststellung, welche chemische Bestandteile durch den Boden zurückgehalten werden und welche der Auswaschung unterliegen. Solche Untersuchungen werden weitestgehend in der Landwirtschaft angewandt und bilden die Grundlage für die Lehre der Bodendüngung und der Ernährung der Pflanzen. Die Anwendung des Lysimeters ist jedoch bei Teichboden-Untersuchungen bisher nicht bekannt. Der Teichboden, insbesondere die unmittelbar dem Wasser angrenzende Schicht, spielt eine besondere Rolle bei dem Austausch der Ionen und zwar infolge des hohen Gehaltes an mineralischen und organischen Kolloiden. Ungewiss ist jedoch, ob diese sog. biologische Schicht imstande ist, einer völligen Auswaschung der Nährstoffe aus dem Teichboden entgegenzuwirken.

Die zwanzigjährigen Ackerboden-Untersuchungen mit Lysimeter in Oerlikon bei Zürich (Geering, 1943) und die zehnjährigen Untersuchungen, ausgeführt von Demolon (1942) in Versailles bei Paris, erweisen, dass vor allem Kalkverbindungen der Auswaschung unterliegen, ferner Nitrate und in geringerer Masse Amonverbindungen. Der Verlust an Kalk kann im Verlaufe eines Jahres auf nicht angebautem Ackerboden 550 kg pro 1 ha erreichen. Derselbe, jedoch bebaute Boden, verliert infolge Auswaschens ca 300 kg/ha (Demolon), wobei reiche Kalkböden mehr verlieren als saure Böden (Geering). Nach Stoklasa (1911) hängt der Verlust an CaCO_3 von der durch den Boden produzierten Kohlendioxidmenge sowie vom Gehalt an CaCO_3 ab. So verlor z. B. ein Boden mit einem CaO-Gehalt von 0,32%, der 14,3 mg CO_2 /kg produzierte (Atmungsprozess der Mikroorganismen) im Verlaufe eines Jahres 218,35 kg pro ha CaCO_3 ; dagegen der Verlust an CaCO_3

in einem Boden mit 3,73% CaO und 38,6 mg CO₂/kg betrug 1032,96 kg pro ha. Nach den oben angeführten Verfassern findet ein Verlust an Phosphor und Kali infolge Auswaschens praktisch eigentlich nicht statt. Untersuchungen von Rieger (nach Stoklasa) bewiesen, dass grössere Verluste an Phosphor nur dann eintreten, wenn unmittelbar nach der Düngung grosse Niederschläge erfolgen.

Der Teichboden befindet sich in einem völlig anderem Feuchtigkeitsverhältnis als der Ackerboden. Bei jenem wirkt das Wasser im Verlaufe von sieben manchmal von neunzehn Monaten (je nach dem Wirtschaftssystem) ununterbrochen auf den Teichgrund ein. Die Auswirkung ist eine vielseitige, neben der chemischen ist auch die physikalische Wirkung besonders gross, so der Druck der Wassersäule und die Wassertemperatur; wahrscheinlich ist der Einfluss der biologischen Tätigkeit von Boden- und Wasser-Organismen noch grösser.

Die Laboratoriumsuntersuchungen von Kiesel (1919) hatten zum Zwecke, das Ausspülen und das Verhalten der im Wasser gelösten Salze zu prüfen, wobei die Lösungen durch eine 10 cm Schicht des Teichbodens von Sachsenhausen durchsickerten. Das zu diesem Versuche verwendete Flusswasser löste scheinbar grosse Mengen an Bestandteilen, doch kann man hier nicht vom Auswaschen der Salze sprechen, da Kiesel nur die verbliebene Trockensubstanz sowie den Glührest berücksichtigte, wobei es sich hier wohl auch um ausgespülte Bodenteilchen und nicht nur um durchgedrungene Salze handeln konnte. Bei Auswaschung desselben Bodens mit KNO₃ bzw. mit einer Lösung (NH₄)₂SO₄ stellte Kiesel in den ersten drei Filtraten sehr wenig Nitrate bzw. Ammonformen des Stickstoffes fest. Erst bei mehrmaligen Filtrieren waren die Mengen grösser, nie jedoch reichten sie an die verabfolgten Mengen heran. Kiesel fand nach dem Auswässern des auf solche Art mit Lösungen behandelten Bodens grosse Mengen von Nitraten oder Ammonverbindungen und deutete dies mit dem Zurückhalten der NO₃ — oder NH₄ — Ione durch den Boden, oder mit ihrer Zerlegung zu Beginn und späterer Synthese im Verlaufe der Untersuchungen. Kiesel bespricht nicht eingehend das Verhalten von Phosphor, erwähnt nur das bedeutende Durchsickern desselben. Breest (1925) kommt auf Grund seiner Untersuchungen des reziproken Einwirkens vom Teichboden und Teichwasser zu dem Schlusse, dass es gleichgültig ist, ob Kalichlorat in den Bodenuntergrund, oder die obere Schicht des Teichbodens respektive in das Wasser, verabfolgt wurde, denn immer fand eine Aufteilung in der Weise statt, dass sich ungefähr 25% des verabfolgten Salzes im Untergrunde, 50% in der oberen Bodenschicht und ca 25% im Wasser vorfanden. Breest hat diese Untersuchungen in Gefässen ohne Wasserabfluss durchgeführt. Diese Versuche sind jedoch

auch aus diesem Grunde ungenau, weil das Verhalten des Kali nur auf Grund der Chlormenge beurteilt wurde, Kali jedoch nicht unmittelbar ermittelt war.

Alle Forscher (Czensny 1919, Breest 1925, Demoll 1925, Ohle 1935, Weimann 1935, Wunder 1935, Schäperclaus 1955), die sich mit Untersuchungen des Teichbodens oder Teichdüngung befassen, stimmen darin überein, dass die aktive Bodenschicht im Teiche das Ausspülen der Nährsalze verhindert. In neuangelegten Teichen mit Sandboden jedoch, wie dies in Sachsenhausen der Fall war, kommt es zu grossen Wasserverlusten infolge des Einsickerns. Czensny (1919) schlägt vor, die Düngergaben auf zwei oder mehrere Partien zu verteilen, um den Verlusten durch Einsickern entgegenzuwirken. Demoll (1925) gibt an, dass in Teichen das Auswaschen der Nährsalze geringer ist als im Ackerboden. Als Beweis führt er die Ergebnisse der Untersuchungen bei Irrigationsfeldern an, bei denen der Phosphor nur bis zu einer bestimmten Tiefe eindringt. Wiesner (1934) führt Beobachtungen hinsichtlich des Auslaugens des Kalkes in den Wintermonaten an. Danach war im Teichboden nach winterlicher Trockenlegung fast 50% weniger Kalk als im Herbst. Schäperclaus (1955) weist auch auf das Auslaugen des Teichbodens aber nur in den winterlichen Monaten hin, nicht während der Vegetationsperiode; er bespricht das ständige Anreichern des Bodens mit Kalk, weil der Zuschuss grösser ist als die Abnahme, als Beweis hierfür soll der grössere Kalkgehalt in alten Teichen gegenüber neuangelegten dienen. Für die grosse Adsorbierbarkeit des Phosphors und für das geringe Eindringen desselben in tiefere Bodenschichten sprechen die Folgeerscheinungen des Superphosphatdüngens, was nach Schäperclaus eine Produktionssteigerung um 75% gegenüber dem Vorjahre bewirken soll.

Der Vergleich der lysimetrischen Ackerboden-Untersuchungen und der Ansichten über das Zurückhalten der Nährstoffe durch den Teichboden führt zu interessanten Schlüssen. Die Landwirte behaupten, dass im Boden starkes Auswaschen der Nährstoffe ausser Kali und Phosphor erfolgt, obgleich die Einwirkungen der Niederschläge nur sporadisch sind. Die Teichwirte hingegen sind der Meinung, dass die Nährstoffe aus dem Teichboden nicht ausgewaschen werden, obwohl die Wassersäule ständig einige Monate lang auf den Teichgrund einwirkt.

Zweck vorliegender Arbeit ist zu untersuchen, inwieweit bei gegebenen natürlichen Verhältnissen die Ansichten des Zurückhaltens von Nährstoffen durch den Teichboden richtig sind, sowie die Tatsache, wie gross die Wasserverluste durch das Einsickern sind. Diese Untersuchungen wurden im Jahre 1957 in der Versuchsteichwirtschaft Golysz der Polnischen Akademie der Wissenschaften in zwei Karpfenteichen, Wysz-

ni IV und Wyszni VI durchgeführt. Den Teichboden bildet in beiden Teichen Lehm. Wyszni IV wurde seit dem Jahre 1952 mit 2 q/ha Superphosphat und 3 q/ha Kalk gedüngt. Im Jahre 1956 erhielt der Teich kein Superphosphat, im Jahre 1957 wurde Superphosphat und schwefelsaures Ammoniak (1,5 q/ha) verabfolgt. Wyszni VI erhielt ausschliesslich Kalkung (2,25 q/ha).

Versuchsmethode

Zum Auffangen des während der Bespannungsperiode durch den Teichboden sickern den Wassers hat der Verfasser einen einfachen Apparat konstruiert, den er Teichlysimeter nennt. Derselbe ist aus 1 mm starken Zinkblech hergestellt und besteht aus zwei Teilen: aus einer zylindrischen Walze „a“ (Abb. 1) und aus einem unteren Auffanggefässe „b“; an dieses letztere sind im oberen Teil und am Gefässboden zwei Kupferrohre angelötet, auf die Gummischläuche aufgesetzt werden,

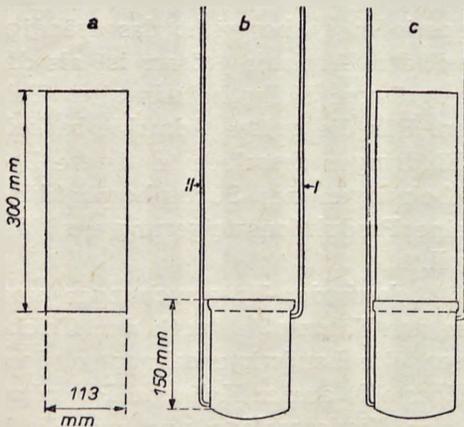


Abb. I. Schema des Lysimeters
a — zylindrische Walze; b — Auffanggefäss; c — Auffanggefäss mit aufgesetzter Walze; I, II — Rohre

die über den Wasserspiegel reichen. Der obere Teil des Lysimeters wurde mit dem Boden- Erdmaterial angefüllt ohne Verletzung seiner Struktur. Zu diesem Zwecke wurde der Zylinder in den trockenen Teichgrund eingestossen, hierauf vorsichtig herausgezogen und nach Aufsetzen auf das untere Auffanggefäss in den Teichboden in gleicher Höhe mit dem Teichgrunde eingegraben. Um dem Abbröckeln der Erde beim Einsickern des Wassers entgegenzuwirken wurde im oberen Teile des

Tabelle I

Chemische Zusammensetzung des Lysimeterwassers während der Vegetationsperiode 1957

Faktor	Teich	Wyszni IV beim Ablauf					Wyszni VI beim Ablauf					Wyszni VI Teichmitte										
	Datum	21-VI	3-VII	12-VIII	26-VIII	26-IX	19-X	17-VI	23-VI	3-VII	11-VII	12-VIII	26-VIII	26-IX	19-X	17-VI	23-VI	3-VII	12-VIII	26-VIII	26-IX	19-X
Temperatur °C		20,6	21,2	20,6	18,0	12,3	12,3	20,0	20,7	21,5	22,5	20,9	18,3	12,6	13,2	20,0	20,7	21,6	20,6	18,1	12,4	12,9
pH-Wert		6,9	7,0	6,7	6,8	6,9	7,0	6,8	6,9	6,7	6,8	6,6	6,8	6,9	6,9	6,8	6,9	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0
Alkalität CaCO ₃	mg/l	80,0	330	414	458	255	520	54	170	115	114	126	114	119	122	55	172	164	166	126	54	182
Kohlensäure CO ₂	mg/l	60,7	77,9	104,3	103,8	53,9	88,0	20,7	27,1	58,7	71,3	67,8	69,5	46,2	55,1	39,6	99,4	105,6	99,4	88,0	61,6	122,8
Sauerstoff O ₂	mg/l	3,04	2,78	2,56	2,30	2,56	2,88	3,04	4,26	2,40	3,36	3,20	3,92	3,84	2,24	3,23	3,60	2,72	3,07	4,42	4,67	4,14
N-NH ₄	mg/l	0,06	0,12	0,14	0,16	0,12	0,12	5,60	1,00	0,36	0,06	0,10	0,06	0,08	0,06	0,30	0,04	0,10	0,32	0,12	0,14	0,10
N-NO ₂	mg/l	0,001	Sp*	Sp	0	0	0	0,001	0,004	Sp	Sp	Sp	0	0	0	0,006	Sp	0	Sp	0	0	0
N-NO ₃	mg/l	0	0,150	0,060	0,075	0,100	0	0,050	0,050	0,075	0,025	0,020	0,035	0,050	0	0,075	0,050	0,350	0,085	0,125	0,150	0,100
Phosphat PO ₄ ^{'''}	mg/l	0,100	Sp	0,020	0,060	0	0	0,014	0	0,040	0,020	Sp	0,100	0,028	Sp	0,016	Sp	Sp	0	0,010	0	0
Chlorid Cl'	mg/l	47,48	17,78	12,59	11,11	6,68	6,00	70,55	32,63	17,29	11,11	11,11	10,37	9,63	8,89	80,97	33,37	12,59	9,63	8,14	8,89	5,21
Kalzium Ca	mg/l	53,7	112,0	153,1	153,9	91,6	156,3	45,7	36,1	42,5	39,3	44,9	36,1	52,10	33,7	54,1	51,3	56,1	48,1	36,1	30,5	34,9
K ₂ O	mg/l	2,70	1,70	3,90	3,00	5,00	1,90	6,90	3,60	3,20	1,90	2,20	2,00	2,50	2,10	3,20	1,04	1,00	1,90	1,00	3,20	1,60
Sauerstoffverbrauch O ₂	mg/l	8,80	8,96	9,76	9,60	8,16	8,32	9,78	21,44	8,64	11,20	8,80	8,32	6,88	6,24	17,20	14,40	13,92	13,60	14,00	8,32	10,88
Farbe		10	5	17	22	25	25	—	5	15	10	10	20	25	20	—	6	—	20	50	50	40
Durchsichtigkeit in cm		35	29	36	32	40	37	—	85	21	17	50	33	40	38	—	85	17	19	26	36	34
Eisen Fe	mg/l	0,300	0,175	1,100	0,800	0,800	0,960	0,075	0,075	0,350	0,300	0,325	0,425	0,560	0,720	0,050	0,175	0,250	0,375	0,275	0,300	0,320

* — Spuren

Auffanggefäßes ein Sieb aus demselben Blech und mit 2 mm Lochweite eingesetzt. Die Entnahme des Sickerwassers während der Beanspruchungsperiode wurde durch Lufteinpressen vermittels der Rohre Nr I (Abb. 1) durchgeführt, wobei das Wasser mit dem Rohre Nr II ohne Schwierigkeiten über dem Wasserspiegel aufgefangen werden konnte.

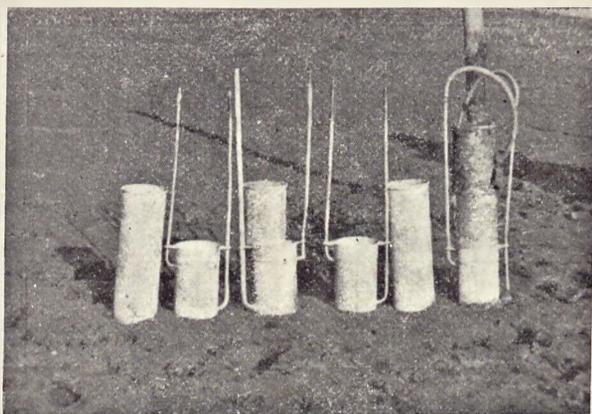


Abb. 2. Lysimeter vor dem Einsetzen in den Teichboden

In jedem der beiden Teiche wurden zwei Lysimeter eingegraben, der eine vor dem Teichablauf, der andere in der Teichmitte. Im Wyszni IV wurde das Sickerwasser nur aus dem Lysimeter beim Ablauf entnommen, weil im zweiten Apparat bei der Auffüllung mit der Bodenerde der Zylinder nicht vollständig bis an die inneren Wände angefüllt worden war und deshalb das Wasser nicht durch die Erdschicht, sondern längs der Wände absickerte.

Zur chemischen Analyse wurde das Sickerwasser mehrmals während der Saison entnommen. Ausserdem wurden in diesen und einigen benachbarten Teichen Untersuchungen über mineralische Düngung durchgeführt und zu diesem Zwecke die Teichwasserproben in zehntägigen Abständen zur Analyse entnommen.

In diesen Wasserproben wurden untersucht: die Temperatur, Reaktion — kolorimetrisch nach Yamada (nach Just 1955), Alkalität, freie CO_2 , aufgelöster O_2 , NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 , Cl , Fe , Ca , K_2O , Sauerstoffverbrauch (in saurem Milieu), die Farbe und die Durchsichtigkeit. Kolorimetrisch wurden festgestellt: die Ammonform des Stickstoffes, Nitrite, Nitrate, Phosphate, Gesamteisen; Ca wurde manganometrisch, K_2O vermittelst Flammenphotometers bestimmt. Die Wasserfarbe wurde

nach der Skala mit Kobalt (II)—sulfat und Kaliumdichromat (Przyłęcki 1954), die Durchsichtigkeit in einem Glaszylinder, auf dessen Boden eine weiße Scheibe mit schwarzem Kreuz von 1 mm Arm-Dicke gelegt wurde, festgestellt. Die Wasseranalysen aus den Lysimetern sind in Tabelle I angeführt.

Nach Ablassen der Teiche wurde am 19. X. die letzte Wasserprobe aus den Lysimetern und die Erde aus den ausgegrabenen Zylindern zur Bestimmung einiger Elemente entnommen. Gleichzeitig wurden auch Bodenproben neben den Lysimetern genommen, um festzustellen, ob die Auswaschungen im Lysimeter in gleicher Weise erfolgt sind, wie im

Tabelle II

**Chemische Zusammensetzung des Lysimeterwassers während der winterlichen
Trockenlegung der Teiche**

Faktor	Teich	Wyzni IV beim Ablauf		Wyzni IV Teichmitte		Wyzni VI beim Ablauf		Wyzni VI Teichmitte			
		Datum		11. XII 1957	9. IV 1958	11. XII 1957	9. IV 1958	11. XII 1957	9. IV 1958	11. XII 1957	9. IV 1958
		Temperatur		2,3	3,6	2,2	4,2	2,5	3,5	2,4	3,7
pH-Wert		6,8	6,9	6,6	6,6	6,5	7,2	6,8	6,9		
Alkalität CaCO ₃ mg/l		110,0	123,0	60,0	118,0	42,0	52,0	120,0	120,0		
Kohlensäure CO ₂ mg/l		52,9	57,5	16,5	51,8	7,7	4,0	73,9	52,0		
Sauerstoff O ₂ mg/l		8,64	2,24	12,0	6,91	12,64	4,35	9,76	2,43		
N-NH ₄ mg/l		0,040	0,010	0,160	0,800	0,036	0,034	Sp	0,040		
N-NO ₂ mg/l		0,100	0,010	0,070	0,800	Sp	0,034	Sp	0,040		
N-NO ₃ mg/l		0,150	0	1,000	0,500	0,300	0,250	0,100	0		
Phosphat PO ₄ ^{'''} mg/l		0,150	0	0,100	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020		
Chlorid Cl' mg/l		11,11	8,25	8,89	8,25	8,14	6,48	7,40	6,48		
Eisen Fe mg/l		0,010	0,060	0,010	0,040	0,013	0,080	0,013	0,060		
Kalzium Ca mg/l		56,91	52,10	42,28	50,28	52,91	54,11	54,51	52,10		
K ₂ O mg/l		2,00	1,50	2,10	1,45	2,15	1,62	2,25	1,52		
Sauerstoffverbrauch O ₂ mg/l		6,08	7,12	29,08	7,86	6,08	5,52	7,08	6,48		
Farbe		5	10	6	12	7	10	7	7		

unberührten Teichboden. Diese Probe wurde wie für die Lysimeter aus einer 30 cm Erdschicht entnommen und dieselbe in zwei Hälften „A“ und „B“ zu je 15 cm geteilt. In diesen Bodenproben wurde pH in Aufschwemmung n/l KCl und die Summe der Austauschbasen nach Kappen festgestellt; in demselben Abzug (n/10 HCl) wurde K_2O , Ca und P_2O_5 bestimmt. Phosphor und Kali wurden ausserdem noch nach der Methode von Egner festgestellt, um Fehler bei der Beurteilung der Ergebnisse zu vermeiden. In den beiden Proben wurden ferner der organische Kohlenstoff nach der modifizierten Methode von Knopp (Górski 1952) sowie Humusverbindungen nach Czerny (1953) ermittelt. In der Tab. III sind diese Analysen der Bodenproben zusammengestellt.

Nach Austrocknen des Teichgrundes (26. X.) wurden die Lysimeter in denselben Teichen und in der Nähe der sommerlichen Stellen eingegraben, um festzustellen, wie gross die Verluste während der winterlichen Trockenlegung der Teiche sind. Im Dezember 1957 und im März 1958 wurde das Sickerwasser den Lysimetern entzogen und auf gleiche Weise wie in den Sommermonaten die Elemente festgestellt.

Die Ergebnisse der Herbst- und Frühjahrs-Analysen wurden nicht mit denen aus der Vegetationsperiode verglichen, weil jene ein anderes Problem darstellen. Der Auswaschvorgang während des Sommers verläuft wahrscheinlich ganz anders als im Winter. Die Auswaschung der Bodenelemente verläuft während der winterlichen Monate weit ähnlicher den Prozessen, wie sie im Ackerboden eintreten.

Besprechung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bodenanalysen aus den Lysimetern und aus den Bodenproben neben denselben (Tab. III) zeigen, dass das Eindringen in den Lysimetern intensiver als im unberührten Teichboden erfolgte. Die Kalimenge war in den Bodenproben des Lysimeters geringer als daneben; auch war eine gewisse Verminderung des organischen Kohlenstoffes bemerkbar. Dies kann nur durch intensiveres Durchsickern des Wassers in den Lysimetern erklärt werden. Schwierig hingegen ist die Beantwortung der Frage, warum die Summe der Austauschbasen, der Kalk- und Phosphorgehalt in den Bodenproben der Lysimeter grösser sind als im unberührten Teichboden. Für eine raschere Infiltration in den Lysimetern spricht auch die Menge der Humusverbindungen. Diese war in der „A“ Schicht der Lysimetererde geringer als im natürlichen Boden; in der „B“ Schicht dagegen war das Verhältnis umgekehrt, sodass die Mittel der Summe aus beiden Schichten im Lysimeter sowie im Teichboden daneben gleich waren.

Wiewohl die Infiltrierung des Wassers im Lysimeter grösser war infolge des bestehenden leeren Hohlraumes und der hierdurch eintretenden zusätzlichen Saugwirkung, so muss doch angenommen werden, dass das Teichwasser eng verbunden ist mit der Grundwasserbewegung und dass hierdurch Wasserverluste sowie Auswaschungen der gelösten Nährstoffe eintreten. Aus der teichwirtschaftlichen Praxis ist ja bekannt, dass gesömmerte Teiche, die in der Nachbarschaft von gefüllten Teichen liegen, ständig unterschwemmt sind; dies ist auch bei den an Teichen anliegenden Ackerböden zu beobachten. Diese Unterschwemmung ist die Folge nicht nur des Durchsickerns des Wassers durch die Dämme sondern vor allem des Einsickerns in den Teichgrund.

Das erste Mal wurde das Wasser den Lysimetern zwei Monate nach der Teichbespannung (vom 15. IV. ab) entnommen. Im Anfang war das Durchsickern sehr gering. Ende August erfolgte die Füllung des unteren Gefässes von 1300 ml Inhalt nach 5 bis 6 Tagen. Im Wyzni VI war das Durchsickern am grössten beim Teichablass, wo die Wassertiefe die grösste war (120 cm), geringer war das Durchsickern in der Mitte des Teiches bei einer Wassertiefe von 80 bis 90 cm.

Im Wyzni IV verlief das Durchsickern ähnlich wie in der Mitte von Wyzni VI, obwohl die Wassertiefe dort grösser war (100 cm). Massgebend für das schwächere Durchsickern war die mechanische Zusammensetzung des Bodens, denn die abschlämbaren Teile waren im Wyzni IV um 8% zahlreicher. Die Sickergeschwindigkeit war somit abhängig von der mechanischen Bodenzusammensetzung und von der Höhe der Wassersäule, also von der Teichtiefe.

In Diagramm zu 3 — 9 wird der Gehalt an Elementen angegeben, wie sie im Teichwasser und im Sickerwasser der Lysimeter vorgefunden wurden. Zwischen diesen beiden, zu gleicher Zeit entnommenen, Wasserproben kann jedoch keine Korrelation bestehen, weil die Teichwasser-Analyse das Abbild der Zusammensetzung in einem gegebenen Zeitpunkt erfasst; das Sickerwasser der Lysimeter dagegen sammelte sich im Verlaufe eines längeren Zeitraumes, und die chemische Zusammensetzung spiegelt ein Resultat von verschiedenen Zuständen während der Anfüllungsdauer der Lysimeter wieder.

Im Diagramm 3 sind die Temperaturschwankungen im Teichwasser und in den Lysimetern angegeben. Die Temperatur im Teiche wurde häufiger gemessen als in den Lysimetern. Die Temperatur in den letzteren kann man mit der Wassertemperatur in einer Tiefe von 30 — 40 cm gleichbedeutend annehmen. Die Temperaturkurve für den Teichgrund weist einen langsamen Anstieg bis zu Anfang Juli auf; infolge Temperaturabnahme in der zweiten Julihälfte erfolgt auch hier ein Absinken. Die ziemlich hohe Erwärmung des Teichwassers im August hingegen

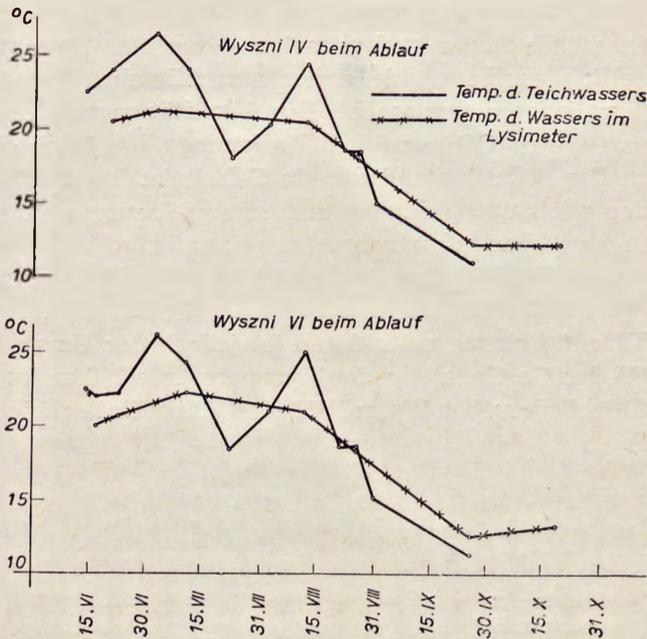


Abb. 3. Temperatur-Schwankungen des Wassers in den Teichen Wyszni IV und Wyszni VI sowie des Wassers in den Lysimetern

hatte keinen Einfluss auf den Verlauf der Temperaturkurve im Lysimeter. Den ganzen September 1957 hindurch herrschte kühle Witterung und die Temperatur des Teichgrundes war am Ende der Vegetationsperiode höher als im Teichwasser. Der Teichgrund bildet somit zu diesem Zeitpunkt ein Wärmereservoir, das im gewissen Sinne den plötzlichen Temperatursenkungen im Teichwasser entgegenwirken kann.

Die Reaktions-Schwankungen des Sickerwassers in den Lysimetern waren unabhängig von pH-Schwankungen des Teichwassers. Bemerkbar ist nur eine schwache Reaktion des Teichbodens auf den pH-Wert des Sickerwassers. Im Wyszni IV waren die pH-Werte des Teichbodens und des Sickerwassers für gewöhnlich etwas höher als im Wyszni VI. Größere Reaktions-Schwankungen wurden im Teichwasser gegenüber dem Sickerwasser der Lysimeter festgestellt. Dies ist verständlich, denn das Wasser im Auffanggefäß des Lysimeters unterliegt infolge der grossen Anreicherung mit saurem Karbonaten stärkerer Pufferung als das Teichwasser. Die Temperatur und die Wasserreaktion in den einzelnen Lysimetern unterschieden sich untereinander kaum.

Die Alkalität des Sickerwassers aus den Lysimetern beider Teiche unterscheidet sich wesentlich voneinander. Während der ganzen Untersuchungsdauer wurde weder im Lysimeter — noch im Teichwasser Alkalität festgestellt; dieselbe wurde daher ausschliesslich durch das Auftreten von Bikarbonaten verursacht. Die Alkalität muss gleichzeitig mit dem Gehalt an freien CO_2 und der Kalkmenge im Teichboden untersucht werden. Die Alkalität und der Ca-Gehalt im Lysimeterwasser des Wyszni IV der mit Superphosphat und schwefelsaurem Ammoniak gedüngt worden war, übertraf manchmal um das vierfache die Alkalität des Sickerwassers aus dem nicht gedüngten Wyszni VI. Die Bodenanalyse des Wyszni IV (Tab. III) weist einen höheren Ca-Gehalt als im Teichboden des Wyszni VI auf. Schwer zu erklären ist jedoch der Umstand, weshalb im Wyszni IV der Ca-Gehalt in der Lysimetererde höher ist als im benachbarten Teichboden; bei Wyszni VI sind diese Unterschiede sehr gering (Abb. 4).

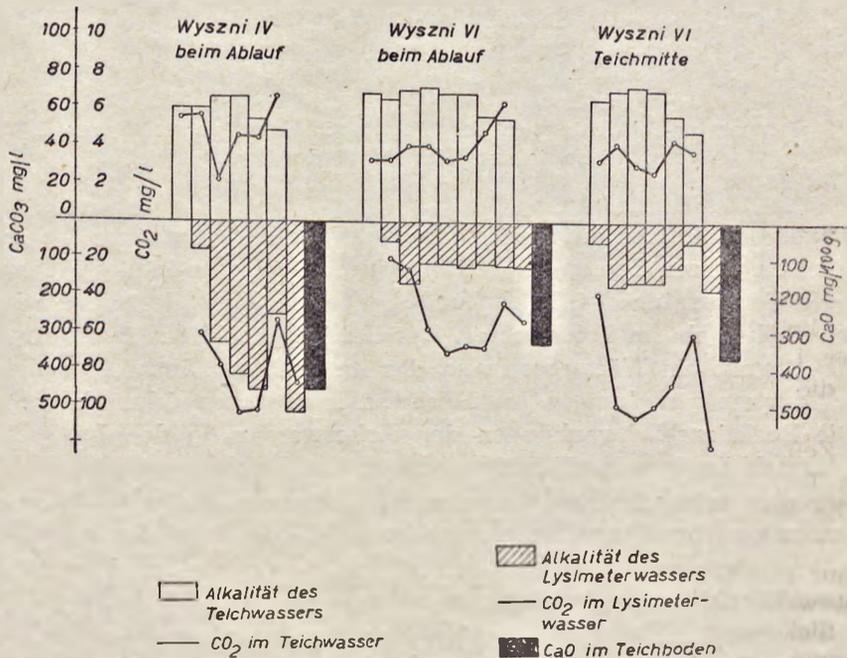


Abb. 4. Alkalität des Wassers und CO_2 -Gehalt in dem Teichwasser und Lysimeterwasser sowie CaO -Gehalt im Teichboden

Der Gehalt an CO_2 im Lysimeterwasser war von der organischen Materie des Teichgrundes sowie von der Temperatur des Teichwassers abhängig. Bei Wyszni IV konnte auch die mineralische Düngung darauf ihren Einfluss ausüben, denn die Unterschiede im Gehalt an organischem Kohlenstoff zwischen dem Teichboden des Wyszni IV und dem des Wyszni VI beim Teichablauf unbedeutend sind, im Gehalt an CO_2 jedoch erreichen sie 30 mg/l. Dies könnte man damit erklären, dass die Düngung die Tätigkeit der Bakterien erhöht, dass die Mineralisierungsvorgänge schneller stattfinden und daher auch der Gehalt an CO_2 grösser ist. Die Schnelligkeit der Mineralisierung der organischen Materie im Teichgrunde ist auch von der Temperatur abhängig und somit gemäss dem Gesetze Van't Hoff (Weimann 1935) bei höheren Temperaturen auch grösser. Die Erhöhung der CO_2 -Produktion im Teiche verursacht auch ein intensiveres Auswaschen des Kalkes. Dieser Prozess verläuft in ähnlicher Weise wie im Ackerboden und auf dessen Intensivierung hat auch der Gehalt an Kalk im Teichboden Einfluss. Diese Feststellung hat grosse praktische Bedeutung, weil mineralische Teichdüngung Hand in Hand mit starker Kalkung vorgenommen werden muss.

Der Sauerstoff-Gehalt im Lysimeterwasser, der in Tab. I angegeben ist, kann nicht als massgebend angenommen werden, denn der faktische Gehalt muss bei weitem geringer gewesen sein. Das Wasser wurde aus den Lysimetern — wie bereits angegeben — durch Luftdruck herausgefördert, somit konnte es zur Vermischung von Luft und Wasser kommen. Zu solchen Untersuchungen sollte man Lysimeter mit Unterdruck im Auffanggefäss verwenden.

Beim Ackerboden wird angenommen, dass Phosphor nicht ausgespült wird. Der P-Gehalt des Wassers im gedüngten Wyszni IV erreicht im Anfang 1 mg/l, zu Ende der Vegetationsperiode fiel derselbe bis auf 0,2 mg/l PO_4 . Im nicht gedüngten Wyszni VI wurde P im Wasser nur in geringen Spuren festgestellt. Im Lysimeterwasser wurde P sehr ungleichmässig angetroffen. Es ist schwierig zu erklären, wovon dies abhängig ist, da der Vergleich der P-Menge mit den anderen untersuchten Elementen diesbezüglich keine Aufklärung gibt. Die Analysen der Erde aus den Lysimetern weisen fast immer einen höheren Gehalt an P als im benachbarten Teichgrunde auf. Wahrscheinlich fand hier eine zusätzliche Mobilisierung des P infolge schnellerer Mineralisierung statt. Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse kann angenommen werden, dass P aus dem Teichboden während der Bespannungsperiode nicht ausgewaschen wird. Diese Mengen sind geringer als die aus dem Ackerboden ausgelaugten. Demolon fand im Lysimeterwasser des Ackerbodens

0,07 — 0,19 mg/ P_2O_5 , während die Menge im Lysimeterwasser des Teichbodens nie 0,1 mg/l P_2O_5 übertraf (Abb. 5).

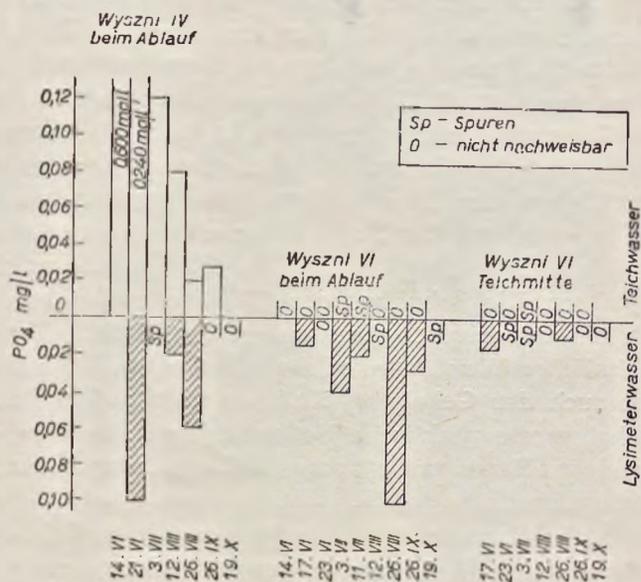


Abb. 5. Phosphorgehalt (PO_4) im Teichwasser und im Lysimeterwasser

Ganz anders verhält sich Kali; der Gehalt desselben steigt im Teichwasser während des Vegetationszeitraumes. Dies ist mit der Mobilisierung des Kali und seinem intensiven Übertritt in das Teichwasser verbunden und zwar erfolgt dies nicht nur in das Wasser knapp am Teichgrunde sondern auch in die Tiefe. Aus diesem Grunde wurde in den Lysimetern mehr K vorgefunden als im Teichwasser. Das Verhalten des Kali war nicht gleichartig in allen Lysimetern. In dem des Wyszni IV steigt der K-Gehalt gegen Ende der Versuchsdauer an. Im Wyszni VI gestalten sich die Verhältnisse verschieden an den beiden untersuchten Stellen. Im Lysimeter beim Ablauf war das Auslaugen des K am Anfang stärker, der Gehalt an K_2O begann im Lysimeterwasser schnell zu sinken und erst von der vierten Probeentnahme angefangen beginnt eine steigende Tendenz. Im Lysimeter aus der Teichmitte des Wyszni VI war der Gehalt an K sehr ungleichmässig, wahrscheinlich war dies die Folge des grösseren Gehaltes an organischer Substanz und einer grösseren Sorptionskapazität. Dieses verschiedene Verhalten des K in den beiden Teichen könnte man auch mit seinen verschiedenen Formen, in denen

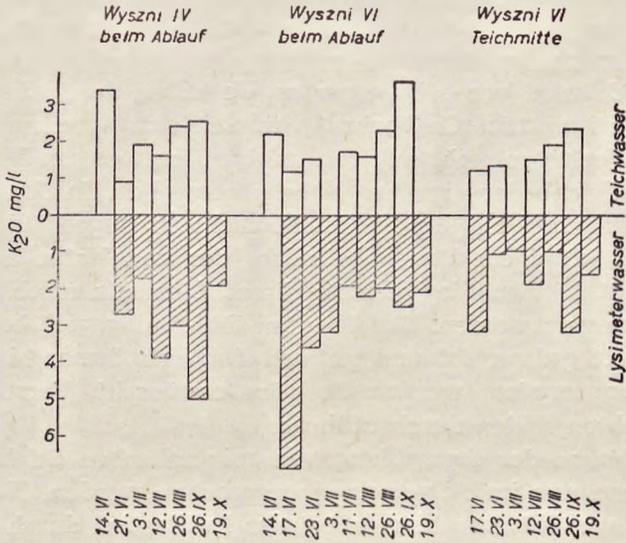


Abb. 6. Kaligehalt (K₂O) im Teichwasser und im Lysimeterwasser

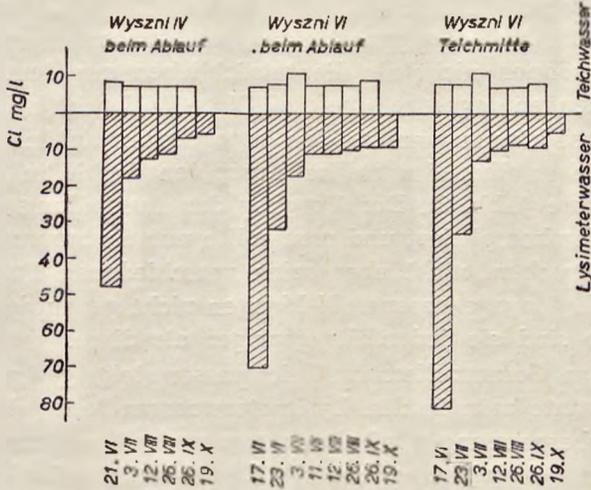


Abb. 7. Chlorid-Iongehalt im Teichwasser und im Lysimeterwasser

er ausgespült wurde, erklären. Im Wyszni IV konnte das K im Beisein von grossen Mengen an CO₂ in Form von Kaliumbikarbonat ausgewaschen werden, da die grossen Kalkmengen das Chlor teilweise binden konnten. Im Teiche Wyszni VI trat K beim Teichablauf in der

Form von Chlorverbindungen auf, dafür würde der ähnliche Verlauf der Kurve für Kali (Abb. 6) und für Chlor (Abb. 7) sprechen. Im Ackerboden unterliegt K rasch der Sorption, ja sogar der Retrogradierung, und aus diesem Grunde wird von sehr geringen Verlusten durch das Ausspülen gesprochen (bis zu 2,5% Ca-Verlust). Im Teich dagegen muss man mit grösseren K-Verlusten rechnen, denn infolge des grösseren Feuchtigkeitsgehaltes des Teichbodens ist hier K sehr beweglich. In den beschriebenen Versuchsteichen ist dies vielleicht nicht so augenfällig, weil sich dieselben auf lehmigem Boden befinden, der von Natur aus reich an Kali ist; somit können die Verluste dieses Elements rasch durch Verwitterung erneuert werden. Auf leichten Böden dagegen, bei denen die Durchlässigkeit grösser ist und an und für sich ärmer sind, muss K durch Düngung ergänzt werden. Es wäre erwünscht, Versuche in Teichen auf leichten Böden durchzuführen.

Die Ergebnisse der Ausspülung von mineralischen Stickstoffverbindungen können nur im Allgemeinen besprochen werden. N-Verbindungen in Form von Nitraten können bei der Infiltration durch eine sauerstoffarme Schicht der teilweisen oder gänzlichen Denitrifikation unterliegen. Nach Stoklasa kann der Denitrifikationsprozess bei Ackerböden überhaupt nicht berücksichtigt werden, im Teiche dagegen spielt dieser Vorgang eine wichtige Rolle (Fischer 1916, Czerny 1919, Willer 1919). Die N-Mengen, die in den Lysimeterwassern festgestellt wurden, können nicht als die tatsächlichen aus dem Teichboden ausgespülten Mengen angesehen werden. Ohne Rücksicht auf die Denitrifizierungsprozesse könnte man aus den angegebenen Zahlen ganz falsche Folgerungen ziehen über das starke Ausspülen des N in Ammonform anstatt als Nitrate (Abb. 8). Der Vorgang der Ausspülung von mineralischen N ist sehr kompliziert und man sollte nur die summarische Menge des N untersuchen, nicht aber seine verschiedenen Formen. Wenn auch die in Abb. 8 ausgewiesenen N-Mengen nicht genau den faktischen entsprechen, so sind sie jedenfalls geringer als diese.

Der Gehalt an Gesamt-Eisen im Teichwasser steigt gegen den Herbst an; dasselbe konnte man in den Lysimeterwassern feststellen. Im Verlaufe der Teichbespannung wird also immer mehr Eisen aus dem Teichboden mobilisiert. Es tritt hier dieselbe Erscheinung auf wie beim Kali. Die Frage der Mobilisierung von Kali und Eisen bzw. ihrer Retrogradierung wurde vom Verfasser näher in der Abhandlung über den Einfluss der winterlichen Trockenlegung der Teiche auf den Chemismus des Teichbodens behandelt (Wróbel 1958). Die grössten Eisenmengen wurden im Lysimeter des gedüngten Teiches vorgefunden; grosse Mengen von CO₂ in diesem Teiche gaben wahrscheinlich den Anlass zum stärkeren Auslaugen des Eisens. Der Eisengehalt im Lysimeterwasser des Wysz-

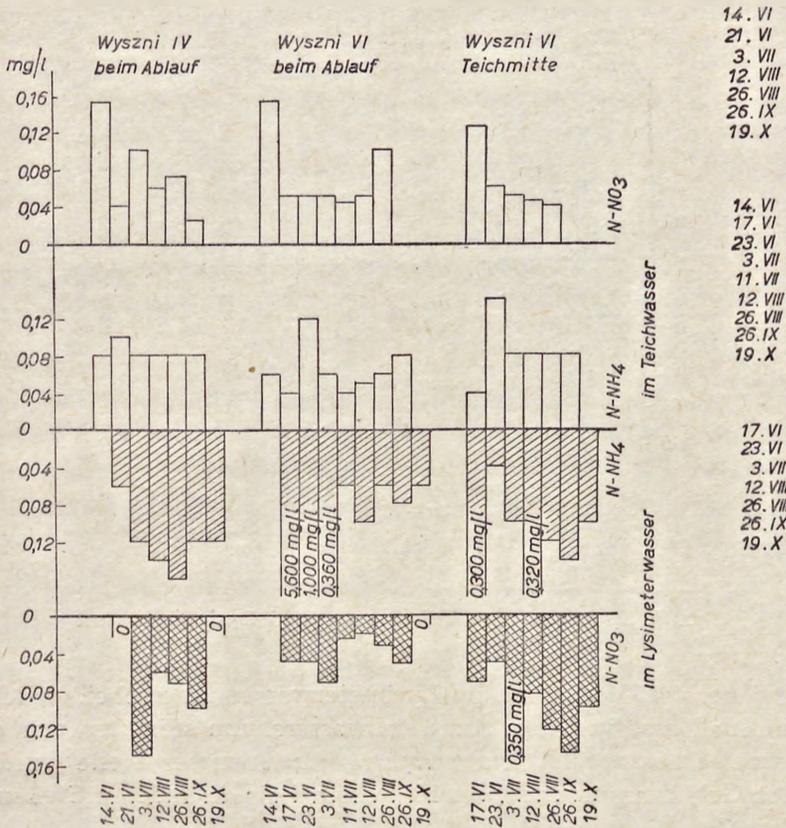


Abb. 8. Ammonium und Nitratgehalt im Teichwasser und Lysimeterwasser

ni VI war geringer, weil hier auch im Teichboden geringere Mengen vorhanden waren. Der Gehalt an in n/10 HCl löslichen Eisens betrug im Teichboden des Wyszni IV ca 35 mg/100 g und im Wyszni VI 27 mg. Das Auslaugen des Eisens muss im allgemeinen nicht besonders stark sein, weil der Boden alter Teiche grosse Mengen Eisen aufweist. Es wäre interessant festzustellen, ob tatsächlich die Düngung Einfluss auf intensivere Ausspülung des Eisens hat. Vom theoretischen Standpunkt aus wäre das wohl möglich, da ja die Düngung die Produktion von CO₂ fördert, wodurch im anaeroben Milieu Bikarbonat-Verbindungen mit dem Eisen entstehen können, welches eben in dieser Form ausgespült werden kann. Die Menge des ausgespülten Eisens ist nicht gross und die Vereitelung des Übertrittes von Eisen aus dem Teichboden in das Wasser kann nur durch rationelle Teichboden-Pflege erreicht werden, und zwar durch Kalkung, genaue Trockenlegung während des Winters und durch Sömmerung der Teiche (Abb. 9).

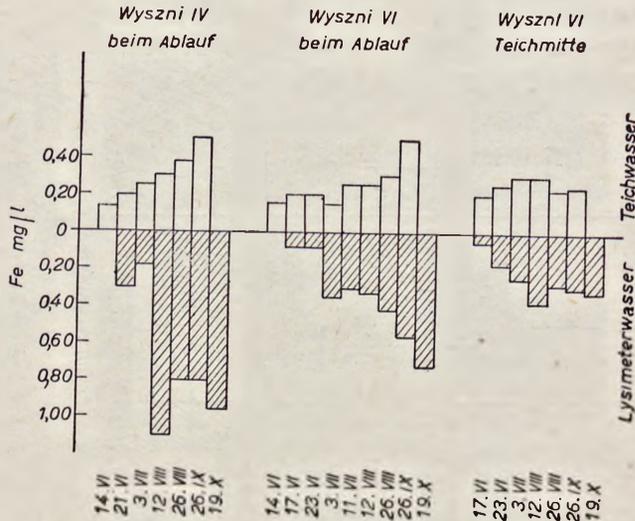


Abb. 9. Eisengehalt im Teichwasser und Lysimeterwasser

Der Sauerstoff-Verbrauch im Lysimeterwasser unterscheidet sich nur in geringem Masse von dem des Teichwassers. Am stärksten war dieser im Lysimeter aus der Mitte des Wyszni VI; an dieser Stelle wurde ein grösserer Gehalt an organischem Kohlenstoff als an anderen Stellen vorgefunden.

Die Feststellung der Farbe und der Durchsichtigkeit, die beim Teichwasser so wichtig sind, hatte bei der Beurteilung des Lysimeterwassers keine grössere Bedeutung.

Das Auslaugen des Teichbodens während der winterlichen Trockenlegung verlief ganz anders als dies während der Sommerbespannung stattfindet (Tab. II). Hier sind die Verhältnisse mehr denen, wie sie im brachliegenden Ackerboden vorkommen, ähnlich.

Während der Wintermonate ist die Bakterientätigkeit durch die niedrige Temperatur eingeschränkt und dadurch auch die Produktion von CO_2 . Dies ist wahrscheinlich bedingt durch die Änderung der Bakterienflora; die im überschwemmten Teichboden lebenden Mikroorganismen werden durch aerobe Bakterien ersetzt.

Im Dezember wurden im Lysimeterwasser grosse Mengen Sauerstoff (bis zu 12 mg/l — O_2) vorgefunden, im Frühjahr hingegen war der O-Gehalt sehr gering. Im Winter war auch der CO_2 -Gehalt im Wasser sowie die Alkalität desselben geringer. Der Gehalt an Kalk gestattet die Annahme, dass das Auswaschen desselben sehr gleichmässig in bei-

Tabelle III
Analyse des Bodens neben den Lysimetern und aus den Lysimetern nach Ablassen der Teiche

Faktor	Wyszni IV (Ablauf)				Wyszni VI (Ablauf)				Wyszni VI (Teichmitte)			
	beim Lysimeter		im Lysimeter		beim Lysimeter		im Lysimeter		beim Lysimeter		im Lysimeter	
	Schicht A	Schicht B	Schicht A	Schicht B	Schicht A	Schicht B	Schicht A	Schicht B	Schicht A	Schicht B	Schicht A	Schicht B
pH in Suspension n/l KCl	5,19	5,05	5,90	5,58	5,13	4,70	5,46	5,38	5,02	5,00	5,22	5,20
Basen mval	9,334	6,000	12,668	7,334	6,668	4,444	7,556	5,556	8,000	6,000	8,222	6,112
Organischer Kohlenstoff in %	2,031	0,890	1,958	0,810	1,890	0,790	1,930	0,700	2,201	1,246	2,108	1,308
Humus in %	1,59	0,62	1,50	0,72	1,31	0,57	1,31	0,22	1,89	1,11	1,68	1,29
K ₂ O im Wasserauszug mg/100 g	5,15	5,37	3,60	5,31	4,10	3,86	4,06	3,83	4,30	—	4,53	—
K ₂ O im Auszug n/10 HCl mg/100 g	8,20	7,70	7,00	5,30	7,90	6,20	7,40	8,80	7,30	4,90	5,50	4,40
K ₂ O nach Egner mg/100 g	7,00	1,50	6,50	0	5,50	5,00	5,50	8,00	7,00	3,00	2,00	0
P ₂ O ₅ im Auszug n/10 HCl mg/100 g	8,97	8,22	11,21	11,66	8,22	11,43	10,84	4,86	8,45	11,51	10,54	10,84
P ₂ O ₅ nach Egner mg/100 g	11,00	7,50	15,00	9,50	5,50	8,50	8,00	4,50	6,00	9,00	7,00	12,00
CaO im Auszug n/10 HCl mg/100 g	491,0	330,3	646,3	377,3	360,7	290,6	375,7	280,6	377,3	300,7	393,3	325,7
Glühverlust bei 450 °C in %	4,52	2,30	4,26	2,17	3,94	2,41	3,60	2,00	5,02	3,08	4,48	3,23

den Teichen verlief, nicht so unterschiedlich, wie dies während des Sommers eintrat.

Verschieden verlief auch das Auswaschen der Stickstoff-Verbindungen. Während des Sommers herrscht im Lysimeterwasser die Ammonform vor, während im Winter die Nitrate überwiegen. Diese werden somit stärker ausgespült, sodass im Frühjahr Stickstoffmangel herrschen kann und aus diesem Grunde ist die Nachwirkung der Superphosphat-Düngung im Teiche sehr wichtig. Mit der Annahme der Theorie von der stimulierenden Wirkung des Phosphors auf Azotobacter kann man die Nachwirkung des Superphosphates nicht mit seinem unmittelbaren Einflusse sondern mit der Anregung der freien Stickstoff assimilierenden Organismen und der Bakterien, die bei der Zersetzung der Stickstoffreichen Algen mitwirken, erklären. Während der Winterzeit stellt sich ein grosser Unterschied bei dem Auswaschen des Phosphors aus gedüngten und ungedüngten Teichböden fest. Der Verlust an P aus dem Boden des Wyzni IV (gedüngt) war sehr gering (0,15 mg/l PO_4), obwohl er jedoch um ein mehrfach grösser war als in dem ungedüngten Wyzni VI.

Der Gehalt an Eisen war im Lysimeterwasser sehr gering (nicht über 0,08 mg/l), was im Einklange mit der Behauptung der Retrogradation des Eisens während der winterlichen Trockenlegung des Teichbodens stände.

Ähnlich wie Eisen verhält sich Kali, obwohl die Unterschiede hier nicht so gross waren wie bei jenem.

Schlussfolgerungen

Aus den angeführten Untersuchungen über das Auslaugen der Nährstoffe aus dem Teichboden während des Sommers und im Verlaufe der winterlichen Trockenlegung der Teiche können nachstehende Folgerungen gezogen werden:

1. Die Schlammschicht, selbst die gut geformte, verhindert nicht die Auswaschung der Nährstoffe aus dem Teichboden.

2. Am stärksten wird Kalk ausgelaugt; hierauf haben Einfluss: der Gehalt an CO_2 , der sich während der Mineralisierungs-Prozesse abscheidet, sowie der Kalk-Gehalt im Teichboden. Zu den Kalkverlusten tragen daher alle Vorgänge bei, die eine vermehrte Produktion von CO_2 bewirken.

3. Der Auswaschung unterliegen auch die mineralischen Stickstoffverbindungen. Im Lysimeterwasser wurden während des Sommers grössere Mengen an Stickstoff in Ammonform als in Nitraten vorgefunden.

Da man bei der Infiltrierung des Wassers mit einem teilweise intensiven Denitrifikations-Prozesse rechnen muss, kann nicht angenommen werden, dass die Ammonverbindungen stärker ausgewaschen werden als die Nitrate. Daher sollte man eher den Gesamtstickstoff berücksichtigen, nicht aber seine verschiedenen Formen. Dies bezieht sich auch auf das Teichwasser selbst, denn im Einklang mit der Theorie von Prianišnikov wird der Stickstoff ebenso in der einen wie in der anderen Form ausgenützt, je nach der alkalischen Reaktion. Während der Wintermonate wurden die Ammonverbindungen sehr schwach ausgelaut und die N-Verluste traten vor allem in Form der Nitrate auf.

4. Es kann angenommen werden, dass Phosphor-Verluste durch Infiltrierung praktisch nicht eintreten.

5. Während der Sommerzeit wurde stärkeres Auswaschen von Kali, im Vergleich zum Ackerboden festgestellt, was mit der Aufwässerung der Kolloide und mit der Beweglichkeit von Kali in Verbindung steht; während des Winters waren diese Verluste geringer.

6. Bei einem grösseren Gehalt an CO_2 war im Sommer das Ausspülen des Eisens stärker. Bei Sauerstoff-Zutritt während der winterlichen Trockenlegung der Teiche war das Auslaugen von Eisen geringer.

7. Bei Anwendung des beschriebenen Lysimeters können die durch Infiltrierung im Teichgrund entstehenden Wasserverluste während des Sommers nicht festgestellt werden und somit kann die Höhe der allgemeinen Verluste an Nährstoffen nicht berechnet werden.

8. Lysimeter-Untersuchungen des Teichbodens sollten in verschiedenen Teichwirtschaften und in unterschiedlichen Bodentypen fortgesetzt werden.

STRESZCZENIE

Badania lizymetryczne dna stawowego wykonane zostały w roku 1957 na dwóch stawach w Gospodarstwie Doświadczalnym Zakładu Biologii Wód PAN w Gołyszach (pow. Cieszyn). Celem badań było stwierdzenie, czy warstwa mułu bogata w materię organiczną i koloidy może przeciwdziałać wymywaniu składników pokarmowych z dna w okresie pozostawiania stawów pod wodą i w czasie ich osuszania.

Do przeprowadzenia tych badań skonstruowano lizyometr stawowy, który składał się z dwóch blaszanych części: część górna w kształcie cylindrycznego walca napełniona była gruntem dna bez naruszenia struktury, część dolna „pojemnik” służyła do zbierania przesiąkającej wody. System wmontowanych w część dolną, a wystających nad powierzchnią wody rurek pozwalał na pobieranie wody w czasie napełnienia stawów. Lizymetry zakopano przed zalewem stawów. Wodę z lizymetrów pobrano siedmiokrotnie. Równocześnie z przeprowadzeniem analiz wody z lizymetrów badano wodę stawową. Po spuszczeniu stawów lizymetry zakopano ponownie i badano wodę dwukrotnie: w jesieni 1957 r. i na wiosnę 1958 r.

Z otrzymanych wyników można by wyciągnąć następujące wnioski:

1. Warstwa mułu nawet dobrze wykształconego nie przeciwdziałała wymywaniu składników pokarmowych z dna stawowego.

2. Najbardziej ługowanym z dna stawów był wapń; na straty wapnia miały wpływ ilość dwutlenku węgla wydzielającego się w procesach mineralizacji i zawartość wapnia w dnie stawu. Do strat wapnia przyczyniają się zatem wszystkie czynniki, które powodują zwiększoną produkcję CO_2 .

3. Wymywaniu ulegają także związki mineralne azotu. W wodzie z lizymetrów znaleziono podczas lata większą ilość azotu w formie amonowej niż azotanowej. Ponieważ należy się liczyć przy infiltracji wody z intensywnym procesem denitryfikacji częściowej, nie można przyjmować, że związki amonowe silniej były wymywane niż azotany. Należałoby raczej rozpatrywać sumę azotu mineralnego, a nie poszczególne jego formy. Odnosi się to także do wody stawowej, gdyż zgodnie z teorią Prianiśnikowa azot jest wykorzystywany tak z jednej jak i z drugiej formy zależnie od odczynu. W okresie zimowym związki amonowe były ługowane bardzo słabo, a straty azotu zachodziły przede wszystkim w formie azotanów.

4. Można przyjąć, że straty fosforu przez infiltrację praktycznie nie zachodzą.

5. W okresie letnim stwierdzono większe wymywanie potasu niż w glebach onnych, wiąże się to z uwodnieniem koloidów i ruchliwością potasu; w okresie zimowym straty te były niższe.

6. Przy dużej zawartości CO_2 w okresie letnim następowało silniejsze wymywanie żelaza. Przy dostępie tlenu w czasie zimowego osuszania stawów ługowanie żelaza było minimalne.

7. Za pomocą tego typu lizymetrów nie można badać strat wody przez infiltrację w dno stawowe w okresie letnim i tym samym nie można obliczyć ogólnych strat poszczególnych składników pokarmowych.

8. Badania lizymetryczne dna stawowego winny być kontynuowane, oraz prowadzone w różnych gospodarstwach i na różnych typach gleb.

Literatur

- Breest F., 1925. Über die Beziehungen zwischen Teichwasser, Teichschlamm und Teichuntergrund. Arch. f. Hydrobiol., XV. 422—454.
- Czensny R., 1919. Chemische Untersuchungen des Teichwassers. Zeitschr. f. Fischerei. XX. 60—132.
- Czensny R., 1953. Humusbestimmung im Schlamm. Zeitschr. f. Fischerei u. deren Hilfswiss. I. H. 3/4. 247—252.
- Demoll R., 1925. Teichdüngung, in: Demoll-Maier. Handbuch der Binnenfischerei Mittel-Europas. IV. 53—160.
- Demolon A., Bastisse E. M., 1942. Études lysimétriques appliquées à l'agronomie. Paris. Imprimerie Nationale.
- Fischer H., 1916. Über Denitrifikation in Teichen und ihre praktische Bedeutung. Zeitschr. f. Fischerei. II. 1—50.
- Geering J., 1943. Ergebnisse der Oerlikoner Lysimeterversuche. Ber. d. Schweiz Bot. Ges. LIII A. 221—245.
- Kiesel K., 1919. Über die Veränderung von Wasser und wasserigen Salzlösungen bei der Sickerung durch Sandboden. Zeitschr. f. Fischerei. XX. 38—51.
- Prianiśnikov D. N., 1952. Izbranyje Sočinienia I. Moskva. Gosudar. Izdat. Siel.-choz. Lit.

- Przyłęcki H., 1954. Badanie wody, ścieków, osadów i gazów w zakresie techniki sanitarnej. Warszawa Państw. Wyd. Techn.
- Schäperclaus W., 1955. Bedeutung und Behandlung des Teichbodens in der Karpfenteichwirtschaft. I Die Bedeutung des Teichbodens für die Ertragsfähigkeit. Deutsche Fischerei-Ztg. H. 7. 212—217.
- Starmach K., 1954. Krzywe zbuforowania w zastosowaniu do charakterystyki wód powierzchniowych, a w szczególności stawów. Ekologia Polska. II. 3. 271—288.
- Stoklasa J., 1911. Biochemischer Kreislauf der Phosphat-Ions im Boden. Jena.
- Weimann R., 1935. Chemisch-biologische Untersuchungen an einem Teiche. Arch. f. Hydrobiol. XXVIII 619—659.
- Wiesner E., 1934. Untersuchungen über den Einfluss der winterlichen Trockenlegung der Teiche auf die chemische Beschaffenheit des Teichschlammes. Arch. f. Hydrobiol. XXVII.
- Willer A., 1919. Verhalten des Salpeters in Teichen. Zeitschr. f. Fischerei. XX. 148—156.
- Wróbel S., 1958. Próby wyjaśnienia zmian chemicznych zachodzących w dnie stawów pod wpływem corocznego, zimowego osuszania. Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN. Nr 6. 97—108.
- Wróbel S., 1959. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody stawów, Acta Hydrobiologica. 1. 55—86.
- Wunder W., Utermöhl H., Ohle W., 1935. Untersuchungen über die Wirkung von Superphosphat bei der Düngung grosser Karpfenteiche. Zeitschr. f. Fischerei. XXXIII. 555—613.

Adres autora — Anschrift des Verfassers:

mgr inż. Stanisław Wróbel

Zakład Biologii Wód PAN, Kraków, ul. Sławkowska 17