

KAZIMIERZ PASTERNAK

Skład chemiczny wody stawów zanieczyszczonych ściekami kopalni węgla kamiennego

Chemische Zusammensetzung eines Teichwassers, welches durch Abwässer von Kohlengruben verunreinigt ist

Wpłynęło 5 października 1964 r.

In der Teichwirtschaft Wielikąt (260 ha) wird ein Teil der Teiche von einem Bach bewässert, der beträchtliche Mengen von Grubengrundwässern und Abwässer aufnimmt. Diese Wirtschaft befindet sich im Tal der Oder im Bezirk Wodzisław Śl. und der Syrynka-Bach führt die Abwässer der Kohlengrube „Anna“ in Pszów. Den Grossteil bilden die Grubenwässer, welche bei normalem Betrieb der Kohlengrube abfließen müssen. Die Zusammensetzung und die Menge dieser Grundwässer kann sehr verschieden sein und wird vor allem bedingt von den geologischen Verhältnissen der Grube (Marchacz 1960, Koziorowski und Kucharski 1964).

Die vorliegende Abhandlung hat zum Zweck, den durch die Grubenwässer bedingten Chemismus des Wassers vom Zuleiter und von den Teichen in Wielikąt darzustellen.

Die Wasserproben wurden aus dem Zuleiter und aus den Teichen Świerkłoć (38 ha) und Lubomski II (32 ha) im Frühjahr und Sommer 1962 entnommen. Die Wasseranalysen wurden nach der Methode von Just und Hermanowicz (1955) sowie nach der Standard Methods (1955) durchgeführt. Der Teich Świerkłoć wird unmittelbar vom Zuleiter bewässert, er ist tief (im Mittel 1,3 m) und schwach mit Oberwasserpflanzen bewachsen. Der Teich Lubomski II ist flach (mitt. Tiefe 0,6 m), er wird von einem zweiten Teich bewässert und zeigt sehr starken Bewuchs mit Unterwasserpflanzen, vor allem mit *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton trichoides*.

Zum Unterschied von den normalen Oberflächenwässern, mit denen Teiche gespeist werden, ist das Wasser des Zuleiters in Wielikąt stark getrübt, er enthält bedeutende Mengen an freier CO₂ und ist verhältnismässig schwach mit Sauerstoff gesättigt (Tabelle I); es besitzt eine er-

höhte Oxidierbarkeit und enthält, neben einer grossen Menge von mineralischen Stickstoffverbindungen, auch viele Nitrate.

Tabelle I

Einige physikalisch-chemische Merkmale des Wassers
aus dem Zuleiter und Teichen der Teichwirtschaft Wielikąt
im Jahre 1962

Faktor	Zuleiter		Teich Świerkloch		Teich Lubomski II		
	25.V	15.VII	25.V	15.VII	25.V	15.VII	
Wassertemperatur	°C	9.5	22.0	10.0	24.7	15.0	26.5
Sauerstoff	O ₂ mg/l	8.70	4.64	11.40	8.16	11.20	12.32
Sauerstoffsättigung	O ₂ %	76	52	97	97	108	151
Freie Kohlensäure	CO ₂ mg/l	5.5	7.0	1.0	3.0	0.0	0.0
pH-Wert		7.4	7.4	7.7	7.8	9.0	8.6
Gesamthärte	°d	18.60	24.40	17.48	25.50	14.55	18.75
Eisen	Fe mg/l	0.40	0.2	0.20	0.20	0.08	Spuren
Ammonium	N-NH ₄ mg/l	0.45	0.09	0.20	0.10	0.07	0.08
Nitrite	N-NO ₂ mg/l	0.078	0.120	0.032	0.0	0.0	0.0
Nitrate	N-NO ₃ mg/l	1.60	1.25	0.10	0.13	0.02	0.10
Phosphate	PO ₄ mg/l	0.08	0.04	0.02	0.02	0.02	Spuren
Farbe	Pt mg/l	30	35	25	60	15	25
Trübung	SiO ₂ mg/l	165	245	58	64	5	42
KMnO ₄ -Verbrauch	O ₂ mg/l	11.8	14.7	10.14	13.10	6.70	12.4

Alle hier angezeigten chemischen Zustände des Zuflusswassers steigern sich im Verlaufe des Sommers, wenn der Durchfluss geringer ist. Die starke Wassertrübung wird durch Suspension feiner Schwebestoffe von Kohle und Letten verursacht, welche bei Steinkohlenwäsche entstehen und in den Klärbecken nicht vollständig abgelagert werden. Das Wasser enthält sehr grosse Mengen an Natrium, die grösser sind als alle übrigen Kationen, ferner grosse Mengen Kalzium und Magnesium sowie

Tabelle II

Jonen-Zusammensetzung des Wassers
aus dem Zuleiter und Teichen der Teichwirtschaft Wielikąt

	Datum	Einheit	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Zuleiter	25.V	mg/l	90.97	25.59	143.0	12.95	167.81	336.0	118.0
		me-%	34.42	15.92	47.16	2.50	21.02	53.52	25.46
	15.VII	mg/l	96.5	47.3	240.0	15.64	186.11	477.2	225.0
		me-%	24.65	19.90	53.40	2.05	15.78	51.42	32.80
Teich Świerkloch	25.V	mg/l	88.48	22.12	118.0	12.21	173.91	297.8	87.5
		me-%	37.90	15.60	44.0	2.50	24.74	53.82	21.44
	15.VII	mg/l	98.6	50.70	205.60	15.97	253.23	428.8	180.0
		me-%	26.68	22.62	48.48	2.22	22.85	49.18	27.97
Teich Lubomski II	25.V	mg/l	73.26	18.43	100.0	8.55	79.33	304.5	70.0
		me-%	37.5	15.5	44.7	2.30	13.53	65.97	20.50
	15.VII	mg/l	80.8	32.3	142.4	11.39	109.84	358.3	134.0
		me-%	30.60	20.20	47.00	2.20	13.80	57.21	28.99

mehr Kalium als für gewöhnlich (Tabelle II). Die hohe Gesamthärte wird grösstenteils durch kohlenstofffreie Verbindungen des Kalzium und

Magnesium verursacht (Abb. 1). Von Anionen enthält das Wasser grösstenteils Sulfate, ebenso gross ist auch der Gehalt an Chloriden (Tabelle II); dieselben übertreffen prozentuell die Anione der Karbonatgruppe

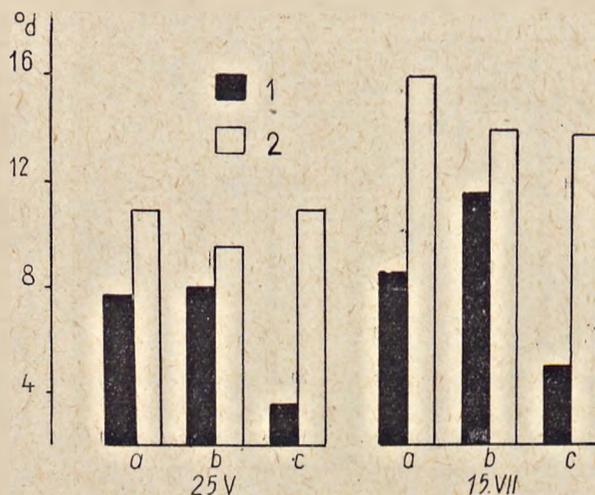


Abb. 1. Karbonathärte (1) und kohlenstofffreie Härte (2) in °d des Wassers von Zulieferer (a) vom Teich Świerkloch (b) und vom Teich Lubomski II (c) in der Teichwirtschaft Wielikąt.

($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3^{2-}$). Dieses Wasser ist daher stärker als andere Oberflächengewässer mineralisiert; in Bezug auf die Ionenzusammensetzung muss dasselbe zu den selten vorkommenden Schwefel-Natrium Typen gezählt werden (Abb. 2). Die Reaktion ist neutral und es finden sich gewisse Mengen von Fenolen, die aus den Abwässern der Kohlenwäschereien stammen, vor; der Anteil derselben beträgt, auf Grund der Analyse des Laboratoriums der staatlichen Untersuchungsstelle in Katowice, bis zu 0,6 mg/l. Das Eisen und Phosphate finden sich in diesem Wasser in normalen Mengen vor.

Dieser starke Mineralisierungsgrad dieses Wassers und seine eigentümliche Ionenzusammensetzung bezeugen, dass der Einfluss der Bergwerkabwässer auf das Wasser des kleinen Syrynia-Baches besonders gross ist. Vor allem sind es die Grubenwässer und die von den Halden abfliessenden Mengen, welche die chemische Beschaffenheit des Bachwassers ändern. Man muss annehmen, dass die Versalzung der Untergrundwässer der Grube „Anna“ besonders stark ist, denn in diesem Gebiet des Kohlenbeckens sammelt sich der Grossteil des Grundwassers in den mittleren myocönischen Schichten des Carbons, in welchem Letenschichten mit Margel-, Gyps- und Steinsalz Einlagerungen auftreten

(Czarnocki 1935, Kolago 1957). Diese Wässer können hier, wie Rosłowski (1933) angibt, in die Carbonlagen in wagrechter Richtung aus den im Süden abgesunkenen miozänischen Schichten sowie auch aus

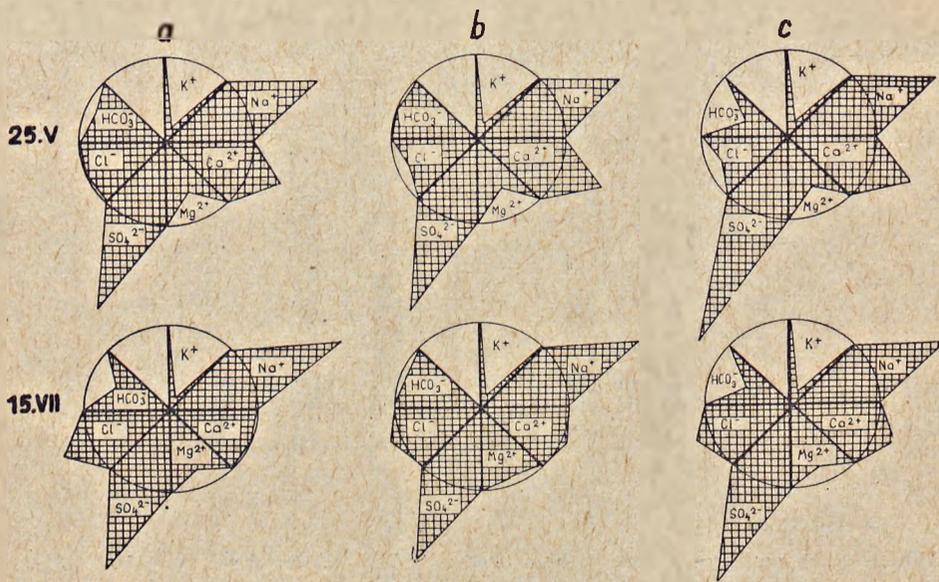


Abb. 2. Äquivalente Ionenzusammensetzung im Chemismus des Wassers vom Zuleiter (a), von den Teichen Swierkloch (b) und Lubomski II (c) in der Teichwirtschaft Wielikąt.

den direkt überlagerten Schichten eindringen. Im Kohlenbecken von Rybnik erreicht, nach Koziorowski und Kucharski (1964), die Anionenkonzentration der Grubenwässer manchmal Werte bis zu 70 g/l. Eine bedeutende Quelle für die Sulfate in den Grubenwässern bildet der, auch in ansehnlichen Mengen vorkommende, Pyrit (Fe_2S), der bei Luftzutritt im Bergwerk sowie in Berührung mit Sauerstoff angereichertem Wasser oxydiert. Das hierbei neben Schwefelsäure frei werdende Eisen tritt ebenso in grossen Mengen in das Grubenwasser über (Sierp 1959). In dem untersuchten Zuleiterwasser war das Eisen jedoch in geringer Menge vorhanden, denn es wird wahrscheinlich in den Klärbecken ausgefällt.

In den Teichen ändert sich der physiko-chemische Zustand dieses Wassers in grösserem oder geringerem Masse. Vor allem verliert das Wasser seine mechanischen Verunreinigungen und erlangt wiederum seine gewöhnliche Trübung, die für das normale Eindringen des Lichtes und die damit verbundene Photosynthese der grünen Pflanzenwelt so wichtig ist. Der Sauerstoffgehalt und der pH-Wert werden erhöht, gerin-

ger wird dagegen der Durchschnittsgehalt an freiem CO_2 , an Nitrite und an allen trofischen Bestandteilen, welche durch die Wasserpflanzen ausgenutzt werden (Tabelle I). Geringer wird auch in diesen Teichen die Oxidierbarkeit des Wassers, was im Gegensatz steht zu den Beobachtungen aus Teichen mit reinem Wasser. Im Gegensatz zum Zuflusswasser enthält das Teichwasser weniger Natrium, Eisen, Kali sowie im allgemeinen weniger Kalium und Magnesium, mit Ausnahme der aus dem gekalkten Teich Swierkloch im Juli entnommenen Wasserprobe. Von Anionen verringert sich deutlich der Anteil der Chloride und Sulfate. Der Gehalt an Karbonationen ist unterschiedlich (Tabelle II). In dem seichten, verwachsenen Teich Lubomski II sinkt der Gehalt derselben sehr stark und im Teich Swierkloch dagegen zeigte sich sogar eine geringe ansteigende Tendenz. Die Änderungen in der Zusammensetzung der Ione sind im Teichwasser geringer als im Zuflusswasser (Abb. 2). Bemerkenswert ist jedoch das deutliche prozentuelle Absinken der äquivalenten Karbonationen sowie der Anstieg der Sulfationen im Wasser vom Teich Lubomski II.

Die Intensität der festgestellten Änderungen im Chemismus des untersuchten Teichwassers beweist die deutliche Abhängigkeit vom Zustande des Teichmilieus. Im Teich Swierkloch sind die Änderungen verhältnismässig gering, ausser etwa der fast vollständigen Klärung des Wassers von den mechanischen Schwebestoffen; im Teich Lubomski II dagegen ändert sich das Bild bedeutend. Ausser einer starken Verminderung aller trofischen Bestandteile wurde in diesem Wasser während sonniger Tage der Schwund, bis zum analytischen Nullpunkt, vom freien CO_2 und eine Übersättigung mit Sauerstoff festgestellt (Tabelle I). Zuzufolge dessen tritt eine starke Abnahme der, ohnehin geringen, Karbonathärte (Abb. 1), eine Verminderung des Puffergrades sowie ein, im Vergleich zur Nachtzeit, starker Anstieg des pH-Wertes in alkalischer Richtung. In seichten Teichen, in denen die Masse der Unterwasserpflanzen im Verhältnis zum Sauerstoffgehalt des Wassers besonders gross ist, können in warmen, windfreien Nächten bedeutende Sauerstoffdefizite auftreten (Bernatowicz 1956, Wróbel 1963). Im Teich Lubomski II und in den ähnlich situierten Teichen von Wieliką kann diese Erscheinung besonders stark auftreten, weil, ausser den oben angeführten Ursachen, im Teichwasser und im abgelagerten Kohlenschlamm am Teichboden grosse Mengen von organischer Materie und von akkumulierten Fenolen auftreten. Der Gehalt an Fenol beträgt im Bodenschlamm des Zuleiters beim Einlauf in die Teiche Lubomskie laut Analyse des Laboratoriums der staatlichen Untersuchungsstelle in Katowice vom 13. I. 1962 — 1,36 mg per 1 kg Feuchtsubstanz.

Die im Wasser solcher Teiche auftretenden bedeutenden Schwankungen des pH-Wertes und des Sauerstoffgehaltes sind für das Leben der Fische besonders gefährlich. Die Sauerstoffdefizite können für den Fischbestand umso gefährlicher werden, weil in solchen Fällen günstige Vor-

bedingungen bestehen für das auf biochemischer Reduktion (aus den Sulfaten und organischer Materie) beruhende Auftreten des giftigen Schwefelwasserstoffes. Es hat den Anschein, dass der hohe Salzgehalt des Wassers die üppige Entwicklung der Unterwasserpflanzen an den flachen Teichstellen begünstigt. Nach Polakowska (1960) entsprechen dem im Teich Lubomski II massenweise wachsenden Tausendblatt vor allem an Calcium reiche Gewässer.

Als ungünstig muss man auch hier die Ablagerungen grosser Mengen sauer reagierender Kohlsedimente am Grund von Zuleiter und Teichen vermerken. Diese Ablagerungen können nicht nur schädigend auf den Sauerstoffgehalt im Wasser sondern auch nach Sierp (1959) auf den Grad der Selbstreinigung einwirken. Der pH-Wert dieser Ablagerungen in den Teichen von Wielikąt, wo keine stärkere biologische Entkalkung des Wassers erfolgte oder wo der Teichboden nicht gekalkt worden war, schwankte zwischen 3,0—4,4.

Die hier angeführten Ergebnisse der Untersuchungen beweisen, dass sich die physiko-chemischen Vorgänge in solchen Gewässern vorteilhafter in tiefen Teichen gestalten. In flachen Teichen sollte man ein zu starkes Wuchern der Unterwasserpflanzen nicht zulassen, da dieselben einen besonders ungünstigen Verlauf der chemischen Prozesse verursachen. Die mit solchem Wasser gespeisten Teiche verlangen ab und zu eine längere Trockenlegung, um die am Grunde angesammelten organischen Ablagerungen und die auf den Sauerstoffgehalt wirkenden Fenole zu mineralisieren sowie um durch Niederschläge das Ausspülen der im Boden adsorbierten grossen Natronmengen zu bewirken. Die unmittelbar vom Zuleiter gespeisten Teiche sollten besonders stark am trockenen Teichgrund gekalkt werden, um die Entsäuerung und Desinfizierung der angesammelten Ablagerung zu bewirken.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono ukształtowane pod wpływem wód kopalnianych fizyko-chemiczne własności wody donośnika i stawów w gospodarstwie rybackim Wielikąt. Wyniki analiz chemicznych zebrane w tabelach I i II oraz rycinach 1 i 2 wskazują, że są to wody bardziej od przeciętnych wód powierzchniowych zmineralizowane, gorzej natlenione oraz znacznie zanieczyszczone mechanicznie i chemicznie. Mają osobliwy skład jonowy, zaliczają się bowiem do wód typu sodowo-siarczanowego. Z wyjątkiem mechanicznych zanieczyszczeń, zmiany w składzie chemicznym wody w stawach zależą od jakości środowiska stawowego, głównie od morfometrii stawu, sposobu nawadniania i stopnia zarośnięcia przez roślinność naczyniową.

LITERATUR

Bernatowicz S., 1956. Wpływ roślin wodnych na warunki fizyczne i chemiczne zbiornika wodnego. Gospodarka Rybna, 6, 1—2.

- Czarnocki S., 1935. Polskie zagłębie węglowe w świetle badań geologicznych ostatnich lat dwudziestu (1914—1934), Warszawa, Państw. Inst. Geol.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne badania wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa, PZWL.
- Kolago C., 1957. Geologiczne regiony wód mineralnych Polski. Przegląd Geologiczny, 3, 118—121.
- Koziorowski, B., Kucharski J., 1964. Ścieki przemysłowe. Wyd. II, Warszawa, Wydawn. Nauk. Techn.
- Marchacz W., 1960. Hydrogeologia. Warszawa, Wyd. Geol.
- Polakowska M., 1961. Rośliny wodne. Warszawa, PZWS.
- Rosioński R., 1933. Źródła solankowe w Goczalkowicach i Jastrzębiu. Posiedz. Naukowe, PIG, 36.
- Sierp F., 1959. Gewerbliche und industrielle Abwässer, II, Berlin, Springer-Verlag.
- Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes, 1955, New York, Tenth edition APHA.
- Wróbel S., 1963. Stosunki tlenowe w stawach rybnych. Gosp. Rybna, 2, 26—28.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

dr Kazimierz Pasternak

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