

SONDERDRUCK AUS DER



P. 199

ZEITSCHRIFT FÜR

# FISCHEREI

UND DEREN

HILFSWISSENSCHAFTEN

BAND I N. F. · HEFT 1/2 · JULI 1952

NEUMANN VERLAG · RADEBEUL UND BERLIN



Veröffentlicht unter der Lizenz Nr. 1161  
des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik  
Neumann Verlag . Radebeul 1 . Dr.-Schmincke-Allee 19  
Druck VEB Landesdruckerei Sachsen Werk II Königsbrück . III-17-2





# Pufferungskurven und Fischerträge in Teichen

Von

Heinrich Küh l und Hans M a n n

Die Einführung von Elektrotitrationskurven in der Limnologie geht auf Ulehla zurück, der versucht hatte, mit Hilfe der gewonnenen Pufferungskurven eine Typologie der Gewässer aufzustellen. Er titrierte Wasserproben aus verschiedenen Gewässern durch Zugabe von steigenden Mengen HCl und stellte jeweils den neugewonnenen pH-Wert fest. Aus den pH-Werten und den zugegebenen Mengen Säure gewann er eine Titrationskurve, wie man sie aus der analytischen Chemie (Kordatzki) zu Genüge kennt. Mit dieser ersten Titration wurden die Karbonate vernichtet. Gab er nun, wenn z. B.  $\text{pH} = 3$  erreicht war, wiederum NaOH hinzu und titrierte mit HCl ein zweites Mal, so ergab sich eine zweite Titrationskurve. Je nach der Form und Länge der Pufferungszone unterschied Ulehla drei Gruppen von Gewässern. Die erste umfaßte Gewässer mit geringem Pufferungsvermögen, die zweite solche mit normalem Gehalt an Ca und Mg als Puffer und in der dritten fanden sich Gewässer, zumeist Mineralquellen, mit hohem Überschuß von Karbonaten oder organischen Stoffen, die ein großes Pufferungsvermögen besitzen. Die Erfahrungen haben aber gezeigt, daß die meisten unserer Oberflächengewässer nur in die zweite Gruppe hineingehören, also sein System keine allgemeine Anwendung finden konnte. Spätere Untersucher (P r a t und R e t o w s k i) erweiterten die Methode Ulehla's dahin, daß sie NaOH bzw. HCl in Wasserproben zusetzten und den pH-Wert in gewissen Zeitabständen nach dem Zusatz bestimmten. Hiermit konnten sie auch das zeitliche Einwirken der Reagenzien prüfen. Allerdings stellten sie ihre Versuche nur mit Meerwasser an.

In jüngster Zeit hat W e i s e r versucht, die Pufferungskurve von Gewässern mit ihrem Trophiegrad in Beziehung zu bringen. Er untersuchte Wasserproben von verschiedenen Gewässern Böhmens, in denen er je 10 ccm Wasser mit steigenden Mengen  $n/10$  NaOH bzw.  $n/10$  HCl versetzte und sofort den pH-Wert ablas. Bei dem Vergleich der Kurven zeigte sich, daß es eigentlich nur 2 Typen gab. Die eutrophen Gewässer zeigten ziemlich gleichmäßig verlaufende schräge Kurven, die in drei schwachen Wellen verliefen. Die Kurven der oligotrophen und dystrophen Gewässer zeichneten sich dadurch aus, daß sie zwei scharfe Knicke in ihrem mittleren Verlauf aufwiesen, während sie am Anfang und Ende fast waagrecht verliefen. Übergangsformen zwischen eutrophen und oligotrophen Gewässern zeigten auch Übergangsformen in ihren Pufferungskurven. Um dystrophe und oligotrophe Gewässer voneinander zu unterscheiden, unterwarf W e i s e r seine Wasserproben einer zweiten Titration und gewann so eine zweite Kurve. Diese verlief bei eutrophen und dystrophen Gewässern über der ersten Kurve, bei oligotrophen unter der ersten. Diesen Unterschied im Verlauf erklärte W e i s e r damit, daß in eutrophen und dystrophen Gewässern neben den Karbonaten von Ca und Mg bzw. Fe und Mn, die bei der ersten Titration verbraucht werden, auch noch Phosphate und Silikate als Puffer wirkten. Aus seinen Untersuchungen ging also hervor, daß mit einer einfachen Titration einer Wasserprobe die Möglichkeit gegeben war, Gewässer nach ihrem Trophiegrad ohne eine gründliche Analyse zu beurteilen.



Bei Untersuchungen in der Lüneburger Heide im Herbst 1949 hatten wir Gelegenheit, einige Teichwässer nach der gleichen Methode zu untersuchen, wobei wir gleichzeitig den Fischertrag dieser Teichgewässer zum Vergleich heranziehen konnten. Die Teiche waren uns hinsichtlich ihrer Produktionskraft als Fischteiche über mehrere Jahre bekannt. Außerdem wurde von jedem Wasser neben dem normalen pH-Wert das Säurebindungsvermögen und der Kalkgehalt bestimmt, bei einigen auch der Gehalt an organischen Stoffen, wie  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Die Aufstellung der Titrationskurven geschah in der Weise, daß zu 10 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  steigende Mengen von  $n/10$  NaOH bzw.  $n/10$  HCl in Stufen von 0,01 bis 0,5 ccm zugetropft und jeder zugehörige pH-Wert mit den Indikatorpapieren von Bayer bzw. mit dem Czerny-Indikator gemessen wurde. Wir wählten die stärkeren  $n/10$ -Lösungen der Säure und Lauge, um nicht unnötig große Mengen von Flüssigkeiten dem Untersuchungswasser zuzuführen. Die Einzelheiten über die Teiche, d. h. Größe, Bewirtschaftungsgrad, Düngermenge usw. und die chemischen Daten, sind in der Tabelle zusammengestellt. Mit Ausnahme des Sphagnummoores und des Badegrabens in Holte-Spangen bei Cuxhaven wurden die Gewässer als Karpfenteiche benutzt, d. h. sie werden alljährlich abgelassen und mit Zulaufwasser wieder aufgestaut. Außerdem wurden sämtliche Teiche mit Handelsdünger behandelt, und zwar teils mit Kalkmergel und Rhenania-Phosphat bzw. Superphosphat gedüngt, teils erhielten sie Kalkmergel und Moordünger. Bei letzterem handelt es sich um ein weicherdiges Rohphosphat (Algierphosphat), das neben 31 % Phosphorsäure 50 % Kalk enthält. Die dem Wasser durch den Dünger zugeführten Mengen von Kalk und Phosphor spielen sicher eine gewisse Rolle bei der Ausbildung der Pufferwirkung, worauf noch einmal zurückzukommen sein wird. Die Hektarerträge der Teiche wurden in der üblichen Weise errechnet, wobei zum Vergleich die Erträge von 1948 und 1949 angegeben wurden. Es sei betont, daß es sich bei den Hektarerträgen um den Gesamtertrag des Teiches handelt, der also Naturalertrag und Mehrertrag durch die Düngung erfaßt. Es wurde nirgends gefüttert. Bei den Teichen  $G_2$ ,  $G_3$  und  $G_4$  kann man annehmen, daß die Erträge von 1948 die Naturalerträge darstellen, da sie bis dahin weder gedüngt noch sonst teichwirtschaftlich behandelt waren. Für die Teiche  $B_2$ ,  $B_3$  und  $B_4$  können wir nach den Erfahrungen und Ergebnissen früherer Jahre einen Naturalertrag von 80 kg/ha annehmen. Der gegenüber 1948 verhältnismäßig niedrige Ertrag von 1949 in  $B_2$  und  $B_3$  war dadurch entstanden, daß in diesem Jahr unter den einsömmrigen Karpfen ein hoher Verlust aufgetreten war. Setzt man dagegen den normalen Verlust ein und errechnet dann den Gesamtertrag, so ergibt sich ein Ertrag von rund 200 kg/ha für diese Teiche. Den Mehrertrag gegenüber den Naturalerträgen müssen wir in allen Teichen auf Kosten der Düngewirkung rechnen.

Um ein tatsächliches Bild über die Menge der im Wasser enthaltenen Puffermengen und ihren Ursprung zu gewinnen, müßte auch der Untergrund der Gewässer herangezogen werden. Der als Sphagnummoor bezeichnete Teich lag zwischen sauren Moorzweiden. Büttners Badegraben in Holte-Spangen bei Cuxhaven war ein kleiner Bach zwischen sauren Wiesen, der von dem Geestrücken bei Cuxhaven in die Wettern floß. Die Teiche  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$  und H hatten einen teils humosen, teils sandigen Untergrund, während die Teiche  $B_2$ ,  $B_3$  und  $B_4$  auf sandigem, teils auch mit Lehm untermischten Boden standen.

Betrachten wir nun die Kurven der verschiedenen Gewässer, so zeigen sich ähnlich wie bei Weiser zwei Typen: einmal der Typ des Sphagnummoores (Abb. 1 und 8), der dadurch charakterisiert ist, daß die Kurve rechts und links vom Neutralpunkt schon durch geringen Zusatz von HCl und NaOH sofort stark in ihrer Richtung verändert wird. Diese Form gleicht dem von Weiser beschriebenen Typ des oligotrophen Gewässers. Kurven dieser Art weisen das Sphagnummoor (Abb. 8) und der Graben Holte-Spangen (Abb. 1) auf, auch der Zufluß von Teich  $B_4$  (Abb. 7) hat den gleichen charakteristischen Verlauf. Ein ganz anderes Bild da-



Pufferungskurven

Teich	Untersuchungs- tag	pH	Alka- lität	Ca	1949 Ertrag kg/ha	1948 Ertrag kg/ha	Bewirt- schaftet mit	Düngung	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Holte-Spangen Badegraben	11. 11.	5,6	0,05	10,06	—	—	—	—	0	0,01	0	30 $\mu$
Sphagnum- moor	13. 10.	6,0	0,2	4,02	—	—	—	—	3	0	0	5 $\mu$
B <sub>2</sub>	13. 10.	6,2	0,9	22,13	98	141	K <sub>2</sub> K <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	Kalkmergel Superphosphat	—	—	—	—
B <sub>3</sub>	13. 10.	6,2	0,9	22,13	98	141	K <sub>2</sub> K <sub>3</sub> S <sub>3</sub> u. Hecht	Kalkmergel Rhenaniaphosphat	—	—	—	—
B <sub>4</sub>	3. 11.	6,5	0,8	28,17	125	99	K <sub>1</sub> K <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Rhenaniaphosphat Kalkmergel	—	—	—	—
G <sub>1</sub>	5. 11.	5,8	1,35	10,06	312	244	K <sub>2</sub> K <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	Moordünger Kalk	0,7	0	0	10 $\mu$
G <sub>2</sub>	5. 11.	5,9	0,4	16,04	100	64	K <sub>2</sub>	Moordünger Kalk	0,1	0	0	10 $\mu$
G <sub>3</sub>	5. 11.	6,4	0,3	4,02	100	60	K <sub>2</sub> K <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	Moordünger Kalk	0,1	0	0	5 $\mu$
G <sub>4</sub>	5. 11.	5,9	0,3	10,06	130	54	K <sub>2</sub> K <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	Moordünger Kalk	0,1	0	0	2 $\mu$
H	30. 1.	5,8	0,2	6,76	112	—	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Moordünger	—	—	—	—

1 \*



gegen weisen die Kurven der verschiedenen Teiche (Abb. 2 bis 8) auf. Hier finden wir nicht die steilen Anstiege nach dem Zusatz der Reagenzien wieder, sondern die Kurven bilden mehr oder weniger wellenförmige Geraden, die schräg zur Abszisse verlaufen. Bemerkenswert ist, daß auch die Kurven der Teiche untereinander sich in ihrem Bild unterscheiden: Kurve 2 und 3 (Teich B<sub>3</sub> und H) erinnern noch in manchen Zügen an die Kurve des Sphagnummooses. Die Kurven 4 und 5 zeigen schon einen anderen Verlauf. Bei den besten Teichen G<sub>1</sub> und G<sub>4</sub> (Hektarerträge 130 bzw 312 kg) verlaufen sie dann ganz flach. Der unterschiedliche Verlauf bedeutet also, daß die Teiche B<sub>3</sub> und H nur schwach gepuffert sind, während G<sub>3</sub> und G<sub>4</sub> ein wesentlich besseres Pufferungsvermögen aufweisen. Fischereilich gesehen besagt dies, daß wir einen höheren Fischertrag jeweils im stärker gepufferten Gewässer zu erwarten haben. Erinnern wir uns nun daran, daß die Pufferung auf dem Vorhandensein von Karbonaten und Bikarbonaten beruht, die in gewissen Grenzen von Ca und Mg gebildet werden, so haben wir hier wiederum eine Bestätigung der bekannten Erfahrungstatsache, daß Kalkgehalt und Produktionskraft eines Gewässers in engster Beziehung stehen. Wie stark ein Wasser chemisch durch die Düngung verändert wird, zeigt die Abb. 7, in der Abflußwasser und Teichwasser des gleichen Teiches, in diesem Fall Teich B<sub>4</sub>, dargestellt sind. Durch die Düngesalze, den Kalk im besonderen, wird das Pufferungsvermögen wesentlich erhöht.

Leider war es bisher noch nicht möglich, die Veränderungen der Pufferungsfähigkeit eines Wassers im Laufe des Jahres in ihrer Abhängigkeit von der Planktonproduktion zu untersuchen. Denn es würden sich sicher daraus wertvolle Rückschlüsse über das Kalkangebot bzw. Kalkbedarf und Kalkverbrauch eines Teiches ziehen lassen. Alle Proben wurden zur Zeit der Abfischung, bevor der Teich abgelassen wurde, entnommen. Daß sich bei einer laufenden Untersuchung über ein ganzes Jahr hinweg sicher noch recht interessante Ergebnisse herausstellen werden, zeigt die Gegenüberstellung des Zulaufwassers und Teichwassers in Abb. 7, in der sich der Zulauf wie ein oligotrophes Gewässer verhält, und das gedüngte Teichwasser dagegen gut gepuffert ist. Die Versuche haben aber ergeben, daß durch Feststellung des Pufferungsvermögens und die Aufstellung der Titrationskurve dem Untersucher eine Möglichkeit in die Hand gegeben ist, ein ungefähres Bild über die Ertragsmöglichkeit eines Gewässers zu gewinnen, ohne eine eingehende chemische Untersuchung vornehmen zu müssen.

**Zusammenfassung:** Es wird eine Methode angegeben, an Hand von Pufferungskurven die Ertragsfähigkeit eines Gewässers abzuschätzen.

### Literatur

- Ulehla, V. (1937): „Ann. Tschechoslow.“ (Tschechisch, deutsche Zusammenfassung). Akad. Landw. 12.
- Prat, S., und Retowski, R. (1939): „Les courbes de titrages colorimétriques de l'eau de mer“. Bull. Soc. Chimie biol. 21, 4.
- Weiser, J. (1948): „Pufferungskurven der Gewässer in der Typologie“. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie. Bd. 11, S. 65—71.
- Kordatzki, W. (1938): „Taschenbuch der praktischen pH-Messung“. München.



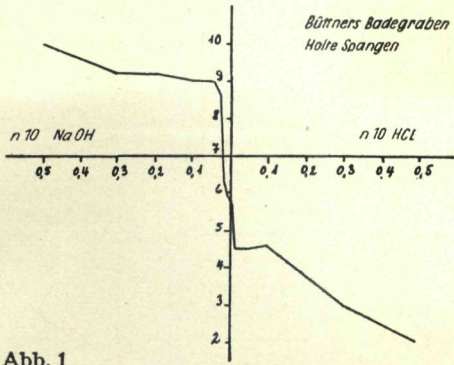


Abb. 1

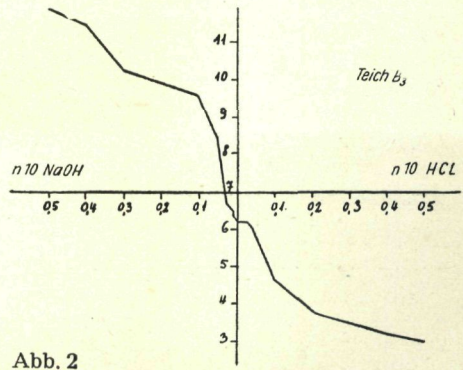


Abb. 2

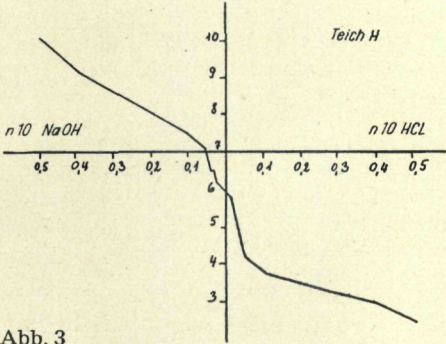


Abb. 3

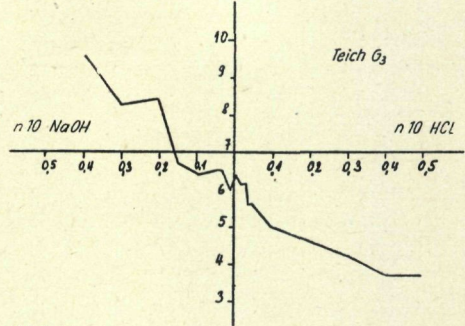


Abb. 4

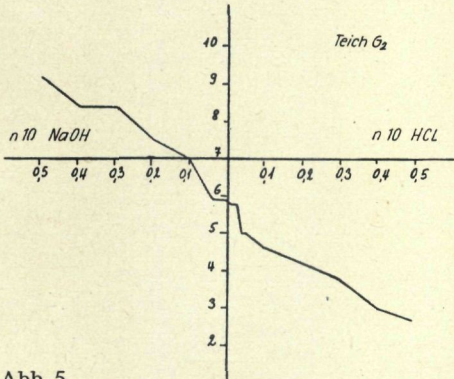


Abb. 5

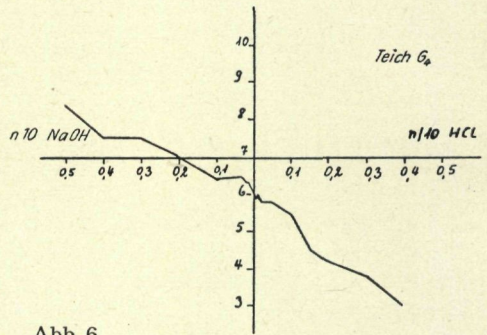


Abb. 6

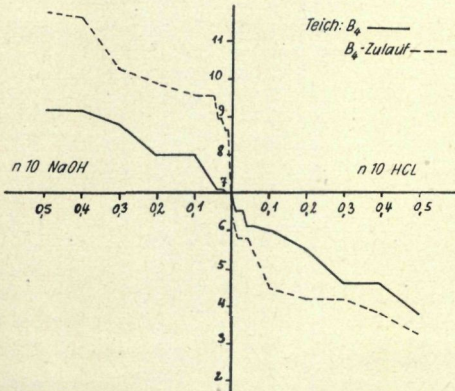


Abb. 7

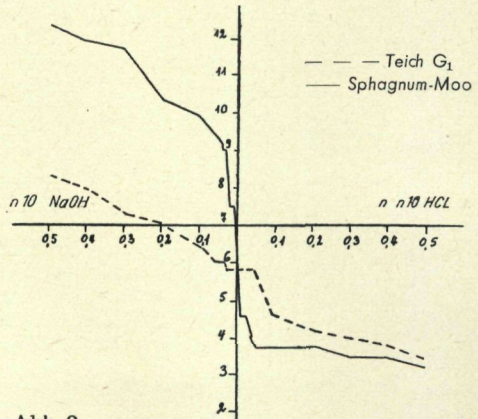


Abb. 8



