

ÖSTERREICHS FISCHEREI HEFT 3/4, 1964

ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE WIRTSCHAFTS- UND SPORTFISCHEREI
FÜR GEWÄSSERKUNDLICHE UND FISCHEREIWISSENSCHAFTLICHE FRAGEN,

AUS DEM BUNDESINSTITUT FÜR GEWÄSSERFORSCHUNG
UND FISCHEREIWIRTSCHAFT, SCHARFLING AM MONDSEE, O.-Ö:

DR. WILHELM EINSELE

Die exakt dosierte Anwendung von Hydratkalk —
ein neues Heilverfahren bei Fischerkrankungen

Funktionen und Wechselwirkungen der fischereiwirtschaftlich und
produktionsbiologisch bedeutungsvollen Kalkverbindungen
und der Kohlensäure

DR. ELISABETH DANECKER

Die Jauchevergiftung von Fischen — eine Ammoniakvergiftung

DR. ERICH BRUSCHEK

Elektrofischerei und Gewässerleitvermögen in Österreich

Dr. W. Einsele

Funktionen und Wechselwirkungen der fischereiwirtschaftlich und produktionsbiologisch bedeutungsvollen Kalkverbindungen und der Kohlensäure

Inhaltsübersicht

	Seite
A) Die Wirkungen und Wechselbeziehungen verschiedener „Kalkarten“	46
1. Das Calciumbikarbonat und das Wesen des Säurebindungsvermögens	46
2. Über das Laugebindungsvermögen des Calciumbikarbonats	46
3. Diskussion der Fälle, in welchen in einem Gewässer neben Karbonat freie CO ₂ oder CaCO ₃ gelöst sind	47
4. Diskussion negativ-produktionsbiologischer, biophysikalischer und fischtherapeutischer Effekte bei der durch Hydratkalk bewirkten Ausfällung von Monokarbonat	48
B) Zur speziellen Physiologie hoher pH-Werte	49

Mit den nachfolgenden Ausführungen ist beabsichtigt

1. die im Thema genannten Fragen allgemein zu behandeln und
2. die zum vollen Verständnis des vorausgehenden Aufsatzes notwendigen wissenschaftlichen Ergänzungen zu geben.

Einleitend seien zunächst einige jedem Biologen vertraute Grundlagen rekapituliert. Wir gehen dabei vom kohlen-sauren Kalk aus. Er ist bekanntlich neben dem Granit und dessen Verwandten das wichtigste gesteins- und gebirgsbildende Mineral. Seinem chemischen Wesen nach stellt der kohlen-saure Kalk ein Neutralsalz dar, d. h.: er ist aus einem basischen und einem sauren Anteil, die zur Gänze neutralisiert sind, zusammengefügt. Seine chemische Zusammensetzung wird bekanntlich durch die Summenformel CaCO₃ wiedergegeben. Was die Struktur des Kalkmoleküls angeht, so vermittelt die Aufteilung seiner Formel in ihren basischen und ihren sauren Teil bereits eine aufschlußreiche Vorstellung. So gesehen wäre die Formel: CaO CO₂ zu schreiben.

Ein uraltes Verfahren, den Kalk in seine Komponenten zu zerlegen, stellt das Kalkbrennen dar, d. h. die Erhitzung des kohlen-

sauren Kalkes auf etwa 1000⁰. Bei dieser Temperatur zerfällt er in seine beiden Grundbestandteile, in CaO und CO₂. Das CO₂, kurz Kohlensäure genannt, ist gasförmig und entweicht; was zurückbleibt ist der sogenannte Branntkalk, der sich bei Zusatz von Wasser in Ca(OH)₂, Calciumhydroxyd (Hydratkalk) umwandelt.

In reinem Wasser ist kohlen-saurer Kalk wenig löslich, relativ gut hingegen in kohlen-säurehaltigem. Kohlensäurehaltig wird das in den Boden eingedrungene Wasser vor allem durch Aufnahme der Kohlensäure, die sich im Boden infolge der Zersetzung von organischem Material bildet. So kommt es, daß in Gebieten mit kalkreichen Böden das zutage tretende Wasser besonders reich an gelöstem Kalk ist. Bei der Lösung von Gesteinskalk entsteht bekanntlich Calciumbikarbonat (Ca(HCO₃)₂).

Calciumbikarbonat ist ein Stoff mit höchst merkwürdigen Eigenschaften. Bekannt ist vor allem, daß es über die Fähigkeit verfügt, Säuren zu „binden“, wie der gebräuchliche, aber wie sich zeigen wird, wenig glückliche Ausdruck lautet. Das sogenannte Säurebindungsvermögen (SBV) des Ca(HCO₃)₂ wird bekanntlich geradezu benutzt, um seine Konzentration in natürlichem Wasser quantitativ auszudrücken: „Ein SBV“ entspricht

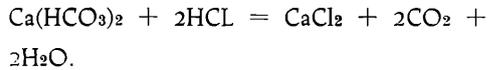
dem Vermögen eines Liters natürlichen Wassers, 1 cm³ Normalsäure „binden“ zu können.

A) DIE WIRKUNGEN UND WECHSEL-
BEZIEHUNGEN VERSCHIEDENER
„KALKARTEN“

1. Das Calciumbikarbonat und das
Wesen des Säurebindungsvermögens

Sieht man sich das innere chemische Wesen dieser „Reaktion“ näher an, so zeigt sich, daß es sich bei der „Bindung“ von Säuren durch Calciumbikarbonat nicht um eine echte Bindung (jedenfalls nicht im chemischen Sinne des Wortes) handelt: Das Calciumbikarbonat hat nämlich, wie aus seiner Bildung, seiner Zusammensetzung und damit seinen Eigenschaften hervorgeht, seinerseits Säurecharakter! Wie also kann es Säuren binden? Und faktisch handelt es sich bei der Reaktion von Calciumbikarbonat mit Salzsäure oder Schwefelsäure auch nicht — oder doch höchstens technisch — um eine Säurebindung, sondern um die Verdrängung der schwachen Kohlensäure durch sog. starke Säuren. Man beschreibt den Vorgang richtiger nicht als Säurebindung, sondern als Attacke (nämlich einer starken Säure) und Flucht (nämlich der Kohlensäure aus ihrer Verbindung) also als

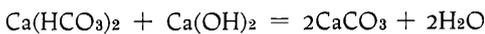
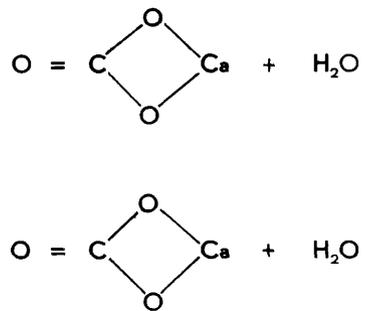
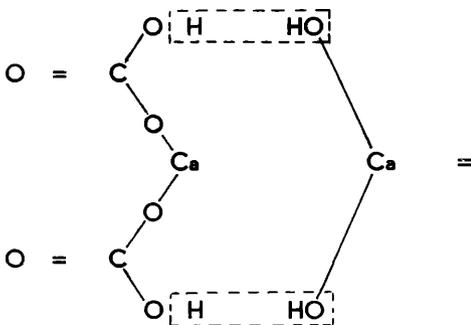
Säureverdrängung. Summarisch ausgedrückt lautet die Gleichung dieses Verdrängungsvorgangs:



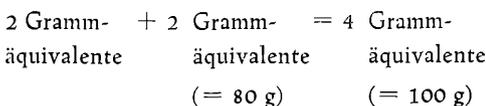
2. Über das Laugebindungsvermögen
des Calciumbikarbonats

Das Calciumbikarbonat ist, wie wir schon sagten, das saure Salz der Kohlensäure, also ein Stoff, der chemisch als Säure aufzutreten vermag. Die hervorstechendste Eigenschaft einer Säure ist nun aber ihr Vermögen Laugen zu neutralisieren, und diesen Vorgang könnte man, gemäß seinem chemischen Charakter, auch als Lauge**bin**dung bezeichnen. Und eben dieses Laugebindungsvermögen (der Begriff ist chemisch ebenso korrekt wie technisch wesensstreffend) des Calciumbikarbonats spielt bei der Anwendung von Hydratkalk als Heilmittel von Fischkrankheiten eine höchst bedeutsame Rolle.

Die Gleichung, welche die Reaktion des Calciumbikarbonats mit Calciumhydroxyd, also seine Fähigkeit Laugen zu binden, beschreibt, hätte (anschaulich in Strukturformeln ausgedrückt) zu lauten:



oder:



Betrachten wir zunächst die quantitative Seite dieses Vorgangs. Zur Neutralisation von einem Äquivalent Bikarbonat wird, wie die Gleichung zeigt, ein Äquivalent Calciumhydroxyd benötigt. Ein Grammäquivalent Hydratkalk sind 37 g. Da ein SBV einem Milli-Äquivalent entspricht, werden zu seiner Neutralisation 37 mg (= 1 Milli-Äquivalent) Hydratkalk benötigt. (Weil man mit einem gewissen Feuchtigkeitsgehalt und Verunreinigungen rechnen muß, nehmen wir der Einfachheit halber ein Milli-Äquivalent $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zu 40 mg an. Die quantitative Analyse des käuflichen (technischen) Hydratkalks ergab, daß man so recht genau die richtige Menge trifft.

Aus den eben betrachteten Zahlen folgt, daß man zur Neutralisation des sauren Bikarbonats pro SBV und cbm 40 g Hydratkalk benötigt. Wie aus der Reaktionsgleichung zu ersehen ist, wandeln sich das Bikarbonat und das Hydroxyd in Karbonat um, und zwar entstehen aus einem Äquivalent Hydroxyd und einem Äquivalent Bikarbonat 2 Äquivalente (= 100 g) Calciumkarbonat. (Das Äquivalentgewicht des kohlen-sauren Kalkes beträgt 50.)

Nichts nun als die Tatsache, daß man bei Zugabe von Branntkalk ganz bedeutende Mengen kohlen-sauren Kalk aus dem Wasser ausscheidet, könnte deutlicher demonstrieren, wie grund-verschieden der kohlen-saure Kalk (bzw. das Calciumbikarbonat) vom Hydratkalk ist. Calciumhydroxyd (Hydratkalk) ist eine starke Lauge mit den Eigenschaften, die dieser Stoffgruppe eignen, sicher jedenfalls ist es kein „Kalk“ Daß das Laugenprinzip dabei mit Calcium und nicht mit einem anderen Alkali oder Erdalkali verbunden ist, ist nebensächlich. Hydratkalk wirkt, wie alle Laugen, neutralisierend auf Säuren (wobei er selbst auch neutralisiert wird.) Würde man hingegen kohlen-sauren Kalk einem Wasser, das Calciumbikarbonat enthält, zufügen, so würde keinerlei Reaktion erfolgen, vielmehr würde der kohlen-saure Kalk unverändert zu Boden sinken.

Und nochmals: bei der Vernichtung von Säuren durch das Calciumbikarbonat handelt es sich nicht um eine echte Säurebindung, sondern um die Verdrängung einer schwachen

Säure durch eine starke: die starke Säure setzt sich im entstehenden Salz an die Stelle der schwachen, wobei sie ihren Charakter als Säure einbüßt.

Damit keine Zweifel und keine Verwirrungen entstehen: Das Laugebindungsvermögen kommt unter den „Kalken“ nur dem doppelt-kohlensauen Kalk zu, nicht aber dem kohlen-sauren. Würde man zu kohlen-saurem Kalk Hydratkalk fügen, so würde (siehe oben) keinerlei chemische Reaktionen erfolgen. Die Verdrängungsreaktion hingegen, d. h. die Vernichtung [„Bindung“] starker Säuren wird natürlich vom kohlen-sauren Kalk in genau dem gleichen Maße bewirkt, wie vom doppelt-kohlensauen.

3. Diskussion der Fälle, in welchen in einem Gewässer neben Karbonat freie CO_2 oder CaCO_3 gelöst sind

Wenn Hydratkalk nach dem pH-10-Verfahren (vgl. S. 40) als therapeutisches Mittel eingesetzt werden soll, so muß jedenfalls streng darauf geachtet werden, daß der im Wasser gelöste Kalk praktisch zur Gänze als Bikarbonat vorliegt, denn nur dann können die entscheidenden Vorgänge des Heilverfahrens sich „richtig“ entfalten; das heißt: nur dann wird nach der Zugabe der Lauge zunächst ein pH-Wert von im Mittel 10,2 erreicht, der notwendig ist, die Krankheitskeime abzutöten und nur dann wird innerhalb einer viertel bis einer halben Stunde (über die sich vollziehende Neutralisierung des Calciumhydroxyds durch das Bikarbonat) das Bade- bzw. Teichwasser wieder entgiftet. Gerade die zuletzt genannte für die „pH-10-Therapie“ entscheidende Reaktion bleibt ganz oder teilweise aus, wenn der gelöste Kalk ganz oder teilweise als Karbonat vorliegt. Wie wir oben bemerkten, findet zwischen Hydratkalk und kohlen-saurem Kalk überhaupt keine Reaktion statt. Bei Hydratkalkzugabe zu einem Wasser, das nur CaCO_3 enthält, würde also nur (je nach der $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Menge, die man zuführt) eine größere oder geringere pH-Wert-Erhöhung eintreten. Sie bliebe solange auf der vollen Höhe bestehen, als sie nicht durch hinzutretende Säuren gesenkt würde. Eine solche Senkung könnte (in der Regel würde sie jedoch viel zu spät oder zu

langsam eintreten) über die Bildung von Atmungs- und Zersetzungskohlensäure erfolgen.

Denkbar (und praktisch häufig vorkommend) ist auch der umgekehrte Fall, nämlich daß Wasser (neben Bikarbonat) freie Kohlensäure enthält. Auch diese „Konstellation“ ist bei der pH-10-Therapie wohl zu berücksichtigen. Die freie Kohlensäure würde ja ebenfalls Calciumhydroxyd binden, nach folgender Gleichung:



Bei einem Überschuß an Hydroxyd würde sich schließlich CaCO_3 bilden. Zur Bildung von Calciumbikarbonat würde pro 44 mg Kohlensäure 40 mg Kalkhydrat benötigt. Ginge die Reaktion bis zum Calciumkarbonat, so könnten 44 g Kohlensäure 80 (74) g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ binden.

Ob in einem Wasser freie CO_2 vorhanden ist oder ob ein Teil des gelösten Kalkes als Karbonat vorliegt, kann man mit Hilfe des pH-Wertes des Wassers beurteilen. Lösungen von praktisch reinem Calciumbikarbonat haben einen pH-Wert von 8–8,4. Bei höheren Werten liegt ein Gemisch von Calciumkarbonat und Calciumbikarbonat vor, bei niedrigeren findet sich neben Bikarbonat freie Kohlensäure. Die Menge der freien Kohlensäure kann man aus dem pH-Wert nach der Formel von Kolthoff-Tillmanns wie folgt berechnen:

$$\text{mg/l freie CO}_2 = \frac{10^{-\text{pH}} \text{ Bik. CO}_2 \text{ (mg/l)}}{3 \cdot 10^{-7}}$$

Auch das Verhältnis, in welchem kohlen-saurer Kalk und Bikarbonat im Wasser gelöst sind, läßt sich aus dem pH-Wert errechnen. Hier nur einige orientierende Zahlen: Bei pH 9 ist ein Drittel des Kalkes als Karbonat gelöst, bei 9,6 die Hälfte, bei 10 nähern wir uns der 100-%-Grenze (s. dazu Einsele 1944).

4. Diskussion negativ produktionsbiologischer, biophysikalischer und fischtherapeutischer Effekte bei der durch Hydratkalk bewirkten Ausfällung von Monokarbonat

Ehe wir uns wieder der Frage der Anwendung des Hydratkalkes in der Fischmedizin zuwenden, sei hier noch einmal nachdrücklich

auf die produktionsbiologisch negativen Folgen der Zugabe von Brannt- oder Hydratkalk hingewiesen: Beide setzen nicht nur den pH-Wert des Wassers in die Höhe — sondern entfernen zunächst einmal die freie Kohlensäure und wenn diese gebunden ist, die im Calciumkarbonat enthaltene. Damit wird aber der Bestand des wichtigsten Pflanzennährstoffes, die Kohlensäure, reduziert und möglicherweise kann so die Eigenproduktion eines Teiches überhaupt ins Stocken geraten.

Bekanntlich nun darf man dem ausgeschiedenen Kalk auch bestimmte, mehr mechanisch bedingte Heilwirkungen zuschreiben.

Die Kalkmengen, die aus einem Teich durch Zusatz von Branntkalk ausgeschieden werden können, sind sehr bedeutend. Wie sich leicht berechnen läßt, vermögen 300 kg Branntkalk 1000 kg Calciumkarbonat auszufällen. Man darf nun als sicher annehmen, daß der kohlen-saure Kalk in feiner Verteilung ausgeschieden wird.

Die Teilchengrößen dürften in der Hauptsache zwischen 2 und 10μ liegen. Berechnen wir die Teilchen als Würfel, so hätten die kleineren ein Volumen von rund 10, die größeren von rund $1000\mu^3$. Da wir nun annehmen dürfen, daß 1 kg des ausgeschiedenen Kalkes ein Gesamtvolumen von etwa 300 cm^3 ($= 3 \cdot 10^{14} \mu^3$) haben wird, so folgt, daß jedes kg ausgeschiedener Kalk aus $3 \cdot 10^{11}$ bis $3 \cdot 10^{13}$, größenordnungsmäßig also mindestens aus 10^{12} Teilchen bestehen wird. Nun ist es ohne weiteres denkbar, daß 1 kg Kalk unter 1 m^2 Teichfläche ausgeschieden wird. Man kann sich vorstellen, welche mechanischen Wirkungen (sicher auch noch unterstützt durch die Oberflächenkräfte der Kalkpartikelchen) von dieser Billion Teilchen ausgehen. Jedenfalls kann man von diesen Aspekten her leicht verstehen, daß bei der Ausscheidung und Sedimentierung 1 kg Kalk pro Kubikmeter Wasser, Detritus, Bakterien, z. T. auch einzellige Algen occludiert und mitsedimentiert werden.

Um die Zahlenbeziehungen noch etwas anschaulicher zu machen: In 1 m^3 sind 1 Million cm^3 Wasser enthalten, und wenn pro m^3 Wasser 10^{12} Teilchen ausgeschieden werden, so entfallen auf 1 cm^3 1 Million. Andererseits: Sind 10.000 einzellige Algen oder 100.000

Bakterien im cm^3 Wasser vorhanden, so darf man solche Zahlen bereits als erheblich über dem Mittel liegend bezeichnen. Aber selbst wenn ein solcher Fall bei einem Teich gegeben wäre, so würden auf eine Algenzelle bzw. ein Bakterium noch 10 bis 100 oder mehr Kalkteilchen entfallen.

Allgemein kann man sagen, daß pro 100 kg Branntkalk (= rund 130 kg Hydratkalk) 300 kg kohlensaurer Kalk aus dem Wasser ausgeschieden werden. Wenn man also keine besonderen Gründe hat, so wird man einem Teich nie Calciumhydroxyd zusetzen. Solche besonderen Gründe gibt es nun aber sehr trifftige. Einmal kann nur mit Ätzkalk eine wirksame Teichdesinfektion bzw. Fischheilung durchgeführt werden, zum anderen kann am bespannten Teich durch eine Kalkhydratzugabe, über die Ausscheidung von Karbonatkalk, eine Klärung überproduzierenden oder stark mit organischen Stoffen beladenen Teichwassers erfolgen. Und schließlich wirkt Calciumhydroxyd auf alte organische Materialien (etwa Torf) quellend und schließt damit diese Stoffe soweit auf, daß sie dem Angriff von Bakterien und anderen Zersetzungsorganismen zugänglich werden.

B) ZUR SPEZIELLEN PHYSIOLOGIE HOHER pH-WERTE

Einleitung

Wie sich von selbst versteht, liegen den bisher vorgebrachten Überlegungen und den daraus abgeleiteten praktischen Anweisungen eine große Zahl von Versuchen zugrunde. Bei diesen Versuchen wurden nicht nur die verschiedensten natürlichen Wässer auf ihre Reaktionen und deren zeitlichen Ablauf nach wechselnden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Zugaben verfolgt, parallel damit wurden zahlreiche Experimente mit Fischen und niederen Wasserorganismen angestellt: Soweit die *therapeutische Seite des pH 10-Bades* zur Debatte steht, sind die erhaltenen Ergebnisse voll ausreichend und gesichert. Dies kann nicht in gleichem Maß von den Folgerungen gesagt werden, die z. B. bezüglich der pH-Abhängigkeit der Lebensdauer von verschiedenem Crustaceen-Plankton oder von Algen abgeleitet wurden. Wie kompliziert hier schon die Versuchsvoraus-

setzungen sind, wird einleuchtend, wenn man bedenkt, daß nicht nur die verschiedenen am Crustaceen-Pankton beteiligten Arten sich verschieden verhalten, sondern auch deren Entwicklungsstadien. Erwachsene Cyclopiden z. B. erweisen sich als besonders resistent — (Zahlen weiter unten). Einem rein wissenschaftlichen Schlußurteil sehr im Weg ist auch der Umstand, daß es recht schwierig ist, bestimmte pH-Werte in natürlichem Wasser über längere Zeit konstant zu halten. Und schließlich zeigt sich noch ein drittes: Im praktischen Versuch mit normalem natürlichen Wasser wird nach einer mittels Calciumhydroxyd bewirkten pH-Erhöhung (wie bereits ausgiebig dargelegt) nach kurzer Zeit ein Absinken des pH-Wertes beobachtet. Dieses Absinken geht nun, je nach dem Verhältnis Bikarbonatgehalt zu zugesetztem Calciumhydroxyd, mehr oder minder rasch vor sich bzw. beginnt auf mehr oder minder hohem Niveau. Die Versuchstiere sind, mit anderen Worten, \pm hoch einsetzenden, dann abfallenden, jedoch jeweils wechselnd lang bestehenbleibenden pH-Bedingungen ausgesetzt. Speziell bei Crustaceen-Plankton kann es aber sein, daß man 24 Stunden nach Beginn eines Versuches noch wenig Verluste konstatiert, während nach 72 Stunden die Unterschiede gegenüber den Kontrollen bedeutend sein können. Dabei ist kein Zweifel, daß es nicht die pH-Werte, die zwischen 24 und 72 Stunden herrschten, waren, welche schließlich tödlich wirkten, vielmehr waren es vorausgegangene höhere Werte, die die Versuchstiere bereits so stark geschädigt hatten, daß schließlich ein Teil, wenn auch erst später, abstarb.

Aus der eben angestellten Betrachtung ergibt sich, daß im *ökologischen Bereich*, also etwa in Teichen, bezüglich des Überlebens des Zooplanktons andere Ergebnisse erzielt werden können als im Laboratoriums-Experiment: Im natürlichen ökologischen Fall können eine ganze Reihe von Momenten verschieden vom Laboratoriumsfall sein. So spielen die Zuflüsse, welche mehr oder minder große Wassererneuerungen zur Folge haben, eine Rolle; eine bedeutungsvollere jedoch kommt sicher den Stoffwechselfvorgängen, vor allem der Atmung und der Assimilation zu.

Man kann dies leicht experimentell demonstrieren. Gibt man im Versuch auf 1 l Wasser (mit erhöhtem pH-Wert) nur je 1 g Fische (eine Durchlüftung ist in diesem Fall nicht nötig) so konstatiert man einen viel rascheren pH-Abfall (der zudem bei beträchtlich niedrigeren Werten ankommt) als im Kontrollversuch ohne Fische: Jedenfalls bedarf das Problem der Abhängigkeit der Reaktion von Wasserorganismen vom pH-Wert noch vieler weiterer Experimente, vor allem bezüglich des Problems der gestuften zeitlichen Exposition, der Reaktion von Entwicklungsstadien usw. Die nachfolgend zusammengestellten experimentellen Ergebnisse können deshalb nur als *Beispiele* gelten. Natürlich wurden sie unter Bedachtnahme, auf die uns hier besonders interessierenden Gesichtspunkte ausgewählt.

Versuche

In der folgenden Tabelle 1 sind zunächst Versuche zusammengestellt, bei welchen zu einem natürlichen Wasser mit einem SBV von 3,5 die in der Tabelle links angegebenen Mengen Calciumhydroxyd zugesetzt wurden. Die Versuche liefen über 10 Stunden. Die Entwicklung der pH-Werte ergibt sich aus der Tabelle.

In den Versuchsbecken befanden sich Äschen, Forellen und Karpfen. Bei den Versuchen, in welchen 40 oder 50 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro SBV und Liter zugegeben worden waren, überlebten alle Fische. Die Tabelle gibt im übrigen die Ergebnisse von Versuchen bei relativ extremen Bedingungen wieder. Hervorhebenswert ist auch hier, daß die pH-Werte sicher nicht so rasch abgefallen wären, ohne die Effekte der von den Fischen abgegebenen Kohlensäure. Im übrigen vermittelt die Tabelle ein eindrucksvolles Bild vom verschiedenen Verhalten verschiedener Fischarten und vom Einfluß des Zeitfaktors. Besonders bemerkenswert erscheint, daß Karpfen leicht das Doppelte an Calciumhydroxyd-Zugabe (bzw. die zehnfache $[\text{OH}^-]$ Ionen-Konzentration) aushalten wie Salmoniden. Daraus folgt, daß man bei der Behandlung von Karpfenteichen längst nicht so vorsichtig zu sein braucht, wie bei der Behandlung von Salmonidenteichen. Freilich kommt

bei Karpfenteichen hinzu, daß das Problem rascher, gleichmäßiger Verteilung viel schwieriger zu meistern ist, als bei Forellenteichen. (Siehe hiezu das weiter unten beschriebene Verhalten des Zooplanktons!) Nun zu den Versuchen:

Versuche mit Äschen, Forellen und Karpfen bei hohen pH-Werten

(Tabelle 1, Seite 51)

Zu jedem Versuch wurden 6 Äschen, 6 Regenbogenforellen und 6 Karpfen von 5 bis 7 cm Länge verwendet.

Weitere Kommentare zur Tabelle erscheinen nicht notwendig; vielleicht darf zu dem Verhalten der Äschen ergänzend bemerkt werden, daß sich Äschen nicht nur hohen pH-Werten, sondern auch Sauerstoffmangel und Giften gegenüber als besonders empfindlich erweisen.

Versuche mit verschiedenen Salmonidenbrütlingen

(Tabelle 2, Seite 52)

Nachfolgend sind Versuche zusammengefaßt, die mit Dottersackbrut, mit freßfähiger und mit kurz angefügter Forellenbrut; weiterhin mit frisch geschlüpfter und mit freßfähiger (aber nicht gefütterter) Renkenbrut angestellt wurden.

Bei diesen Versuchen wurden pro Liter Versuchswasser und SBV zwischen 20 und 40 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zugesetzt, also, wenn wir die Zugabe beim pH 10-Bad als Norm annehmen, die Hälfte bis zur vollen für das pH 10-Bad notwendigen Menge.

Aus der folgenden Tabelle kann die Entwicklung der pH-Werte in ihrem zeitlichen Ablauf entnommen werden; das Verhalten der verschiedenen Brütlinge ist im anschließenden Text beschrieben.

Zu den Versuchen wurde Mondseewasser, dessen SBV 3,0 betrug, verwendet.

Tabelle 1

Versuch Nr.	Pro SBV und Liter zugegebene Menge Ca(OH) ₂ in mg.	pH-Wert zu Beginn	pH-Wert nach Min./Std —			Verhalten der Versuchsfische			Fischart
			30 Min.	60 Min.	4 Std.	10 Std.			
1	80	10,6	9,6	9,5	9,3	9,0			
			alle am Leben	alle am Leben	alle tot			Äschen	
			alle am Leben	alle am Leben	50% tot	50% leben noch		Forellen	
			alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben		Karpfen	
2	90	11,0	10,6	10,4	9,6	9,3			
			50% tot	alle tot	—	—		Äschen	
			alle am Leben	alle am Leben	alle tot	—		Forellen	
			alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben		Karpfen	
3	100	11,2	10,8	10,6	10,0	9,7			
			alle tot	—	—	—		Äschen	
			50% geschädigt (Seitenlage)	alle tot	—	—		Forellen	
			alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben	alle am Leben		Karpfen	

Tabelle 2

Versuch Nr.	Pro SBV und Liter zugegebene Menge Ca(OH) ₂ in mg.	pH-Wert nach Minuten bzw. Stunden:					
		0'	30'	60'	3 h	21 h	72 h
0	(= Kontrolle)	8,0	—	—	—	—	7,7
1	20	9,4	9,3	9,2	8,9	8,5	7,9
2	25	9,4	—	9,1	8,9	8,4	7,7
3	30	9,6	9,2	9,3	9,1	8,7	7,8
4	40	10,1	9,8	9,7	9,6	9,1	7,9

Ergebnisse der Versuche

Bei der angefütterten Forellenbrut wurden in keinem Versuch Verluste verzeichnet. Die Forellen-Dottersackbrut verhielt sich ungleichmäßig. In Versuch 1 überlebten zwar alle, bereits aber im Versuch 2 und 3 gab es Verluste (im Mittel ein Drittel). Im Versuch 4 waren nach 72 Stunden 70% der Brut tot; die ersten 30% waren bereits nach 4 Stunden tot. Im Kontrollversuch überlebten sämtliche Brütlinge verlustlos. Aus den Versuchen kann gefolgert werden, daß man das pH 10-Bad sowohl bei freßfähiger als bei gefütterter Forellenbrut unbesorgt anwenden kann. Eine Anwendung empfiehlt sich jedoch nicht bei Dottersackbrut.

Was die Renkenbrut anlangt, so gab es Verluste bei allen Versuchen, doch waren sie im Versuch 4 nicht höher als bei den übrigen, d. h. sie bewegten sich in allen Versuchen regellos zwischen 10 und 30%.

Hier auch noch ein Wort zu der höchst wichtigen Frage: Wie verhalten sich

Salmonideneier während der Entwicklung

gegenüber dem pH 10-Bad. Dieser Frage wurden reichlich Versuche gewidmet, doch ist ein abschließendes Urteil trotzdem noch nicht möglich; auch praktische Anweisungen können nur mit Vorbehalt gegeben werden. — Soviel scheint sicher zu sein: Wenn man Forellen-Augenpunkteier — für Äschen gilt dies in noch stärkerem Maße — dem normalen pH 10-Bad aussetzt, so gehen sie großenteils zugrunde.

Erschwert wird das Urteil bei Forelleneiern durch die Tatsache, daß Eier verschiedener Herkünfte sich beträchtlich verschieden verhalten können: Bisweilen platzen die Eier oft noch viele Stunden nach der Behandlung zu relativ hohen Prozentsätzen, in anderen Fällen nicht. — Was die Äscheneier anlangt, so sterben sie, falls sie im normalen pH 10-Bad exponiert bleiben, fast in allen Versuchen zu 100% ab. Exponiert man sie hingegen nach Ansetzen des Bades nur kurze Zeit, nämlich 5 bis 10 Minuten, und gibt sie dann in Frischwasser zurück, so scheinen sie keinen Schaden genommen zu haben, während man andererseits günstige Effekte auf die Entwicklung von Pilzen beobachtet. Leider können keine verbindliche Angaben darüber gemacht werden, wie oft solche Kurzbäder wiederholt werden müssen, um die gewünschten Effekte (das heißt die Pilzvernichtung) zu garantieren. Eine eingehende Analyse des Verhaltens von Salmonideneiern erhöhten pH-Werten gegenüber ist im Gange. Es darf jedenfalls damit gerechnet werden, daß nach Abschluß dieser Versuche, das heißt im Herbst, zu der Frage des Verhaltens sich entwickelnder Fischeier gegenüber erhöhten pH-Werten Definitives gesagt werden kann.

Einiges Experimentelle zur Frage des Verhaltens von Crustaceen-Plankton erhöhten pH-Werten gegenüber

Die Versuche erstreckten sich über einen weiten pH-Bereich. Es wurde dem Mondseewasser (SBV 3,0; pH-Wert 8,0) wechselnde

Tabelle 3

Versuch Nr.	Ca(OH) ₂ -Zugabe pro SBV und Liter	pH-Werte nach Minuten bzw. Stunden	Verhalten von gemischtem Krebsplankton aus dem Mondsee
1	20 mg	0 Min.: 9,4 30 Min.: 9,3 60 Min.: 9,2 21 Std.: 8,4 72 Std.: 7,6	Kein Unterschied gegenüber Kontrolle. Kontrolle nach 72 Stunden: nur ganz wenig Plankter tot am Boden; im übrigen Jugendstadien u. ältere Tiere munter
2	30 mg	0 Min.: 9,7 30 Min.: — 60 Min.: 9,2 21 Std.: 8,6 72 Std.: 7,7	
3	40 mg norm. pH=10 Bad	0 Min.: 10,2 30 Min.: 9,5 60 Min.: 9,3 21 Std.: 9,2 72 Std.: 7,8	21 Stunden nach Beginn der Eposition keine Unterschiede gegenüber Kontrolle; hingegen nach 72 Stunden deutlich weniger am Leben als bei Kontrolle.
4	50 mg	0 Min.: 10,6 30 Min.: 9,8 60 Min.: 9,4 21 Std.: 9,3 72 Std.: —	Schon nach einer Stunde waren die Jugendformen größtenteils tot. Nach 3 Stunden waren nur noch relativ wenig Tiere am Leben; nach 21 Stunden waren alle Plankter mit Ausnahme einiger großer Cyclops-Weibchen tot.
5	60 mg	0 Min.: 11,0 30 Min.: — 60 Min.: 9,7 21 Std.: 9,7 72 Std.: —	Bereits nach 30 Minuten war ein großer Teil, nach 60 Minuten fast das gesamte Plankton abgestorben. Nach 3 Stunden, aber auch noch nach 21 Stunden waren zwei erwachsene Cyclops-Weibchen am Leben.
6	80 mg	0 Min.: 11,5 30 Min.: 10,7 60 Min.: 10,5 21 Std.: 9,9 72 Std.: —	Bereits 10 Minuten nach Versuchsbeginn war ein großer Teil der Plankter abgestorben, nach 30 Minuten nahezu alle. Eineinhalb Stunden nach Versuchsbeginn lebten noch einige Cyclops-Weibchen. Nach weiteren eineinhalb Stunden waren alle Tiere tot.

Mengen Calciumhydroxyd zugesetzt. Begonnen wurde mit einem Zusatz von 20 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro Liter und SBV; in weiteren Versuchen wurden 30, 40, 50, 60 und 80 mg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro SBV und Liter zugegeben.

Was zunächst die Ausgangs-pH-Werte der Versuchsreihe angeht, so bewegten sie sich zwischen 9,4 und 11,5 (s. d. Tab.). Auch das Absinken der Werte nach bestimmten Zeitabständen möge der Tabelle entnommen werden.

Was nun die Antwort auf die Hauptfrage dieser Versuchsreihe: das Verhalten des Krebsplanktons verschiedenen pH-Werten gegenüber anlangt, so kann sie wie folgt gegeben werden: Mischt man weniger als 40 g Kalkhydrat pro SBV und Kubikmeter Wasser ein, so hat man mit keinen nennenswerten Schädigungen des Zooplanktons zu rechnen. Auch bei der für das normale pH 10-Bad in Frage kommenden Menge (40 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro SBV und cbm), d. h. bei voller Neutralisation des Bikarbonats, sind die Schädigungen am Zooplankton nicht bedeutend. Wahrscheinlich treten keine Schädigungen ein, wenn der pH-Wert innerhalb eines Tages auf unter 9 zurückgeht. Dies wird dann der Fall sein, wenn in einem Teich nach der Zugabe ein Überschuß von Kohlensäure produziert wird. Damit kann man vor allem bei Nacht rechnen. Es kann aus diesem Grund allgemein empfohlen werden, die Kalkhydratzugaben am Abend vorzunehmen. Messungen werden empfohlen, da der pH-Wert des Wassers nicht unter etwa 7,8 absinken soll, weil sonst beträchtliche Teile des Calciumhydroxyds über die Neutralisation der Kohlensäure verbraucht werden. —

Werden größere Kalkhydratmengen als der pH 10-Bad-Norm entspricht, zu einem Teichwasser gegeben, so muß man mit steigenden Zooplanktonverlusten rechnen. Bereits bei 50 g pro SBV und cbm wird praktisch das gesamte Zooplankton getötet, wenn auch erst nach Stunden. Dasselbe ist natürlich bei noch größeren Zugaben der Fall: Der Tod des Zooplanktons erfolgt dann in immer kürzer werdenden zeitlichen Abständen nach der Zugabe (siehe die Tabelle).

Schließlich noch einige Angaben über die **Ausscheidungen von kohlensaurem Kalk bei Zugabe verschiedener Mengen Calciumhydroxyd**

zu Wasser verschiedener Calciumkarbonatgehalte.

(Siehe die untenstehende Tabelle 4)

Man sieht aus diesen Versuchen, daß, falls genau die zur Neutralisation des Calciumkarbonats notwendige Menge Calciumhydroxyd zugeführt wird, immer ein Rest-SBV von etwas über 1 verbleibt. Dabei ist (z. B. im letzten Versuch) zu einem SBV von 2, eine Calciumhydroxydmenge entsprechend einem weiteren SBV von 2, zugegeben worden. Hätte man beide Lösungen getrennt untersucht, so hätten beide (pro l) 2 cm³ Normalsäure verbraucht. Infolge der Neutralisationsreaktion nach der Mischung wurde eine Calciumkarbonatmenge entsprechend rund 3 SBV aus dem Wasser ausgeschieden und sedimentiert; das Rest-SBV war nur noch rund 1.

Tabelle 4

Versuch Nr.	SBV des Versuchswassers	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Zugabe pro SBV und Liter	Rest-SBV nach 24 Stunden	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ ausgefällt: mg (pro Liter)
1	0,5	30 mg (absolut)	0,7	25
2	1,0	40 mg (40 absolut)	1,05	55
3	1,5	40 mg (60 absolut)	1,05	100
4	2	40 mg (80 absolut)	1,05	150

Literatur:

Über den Branntkalk und seine Anwendung als Desinfektionsmittel, auch als mittelbares Düngemittel, gibt es eine größere Zahl von Publikationen. Diese sollen später einmal zusammen mit bestimmten wissenschaftlichen Arbeiten von Ruttner kritisch referiert werden. Gegenwärtig ist dies aus zeitlichen Gründen nicht möglich. So muß es hier genügen, wenn auf die drei in den vorliegenden Aufsätzen zitierten Arbeiten hingewiesen wird, nämlich:

O. Bank: Ein Düngerstreuer für staubfreie

Arbeit. (Allgemeine Fischereizeitung, H. 1/1963, München)

E. Danecker: Die Jauchevergiftung von Fischen — eine Ammoniakvergiftung (dieses Heft, Seite 55)

W. Einsele: Kochsalzbäder zur Heilbehandlung und zur allgemeinen Kräftigung von Fischen. (Österreichs Fischerei, Heft 3/4 — März/April 1963, Seite 50—53.)

W. Einsele: Der Zeller See, ein lehrreicher Fall extremer limnochemischer Verhältnisse. (Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Band 42, Heft 2/3, 1944; Seite 151, ff.)

Dr. Elisabeth Danecker

Die Jauchevergiftung von Fischen — eine Ammoniakvergiftung

	Seite
Einleitung und Inhaltsübersicht	55
1. Die Jauchevergiftung von Fischen — eine Ammoniakvergiftung	59
2. Physiologie der Ammoniakvergiftung	60
3. Die Bedeutung des pH-Wertes und der Karbonathärte (SBV) für die Giftigkeit von Jauche	60
4. Die Giftwirkung von Ammoniak bei verschiedenen Temperaturen	62
5. Die Giftwirkung von Ammoniak bei verschiedenen Sauerstoffgehalten des Wassers	63
6. Die Giftwirkung von Ammoniak auf Forellen, Karpfen und Schleien	65
7. Die Selbsterzeugung von Ammoniak bei Karpfen.	68
Schlußwort	68
Literatur	68

Einleitung und Inhaltsübersicht

In unseren Landgebieten kommen Fischsterben durch Zuleitung von Jauche in Bäche, allen Aufklärungsbemühungen zum Trotz, immer noch häufig vor. Da der kosten- und arbeitsmäßige Aufwand bei der Ausbringung von Jauche gegenüber ihrer Düngewirkung verhältnismäßig groß und ihre Wirkung außerdem oft noch zu wenig spezifisch ist, tritt die Verwendung von Kunstdünger immer mehr in den Vordergrund. Die Jauche wird vielfach zum Abfallstoff, den man mit möglichst wenig Mühe rasch fortschaffen möchte. Nichts ist bequemer, als sie dem nächstgelegenen

bach zuzuführen. Dabei ist mancher Landwirt sicherlich nicht unwissend über die Wirkung der Jauche als Fischgift, wohl aber völlig unwissend bezüglich Maß und Menge der Einleitung, die dem Vorfluter noch zugemutet werden kann, ohne daß Schaden entsteht.

Jauche ist ein Gemisch von im Abbau begriffenen Substanzen organischer Herkunft, welche unter Fäulnis- und Gärungsvorgängen dem mineralischen Zustand zustreben, und verschiedener Mineralsalze. Vor allem die in ihr befindlichen Eiweiße liefern bei ihrer Zersetzung giftige Stoffe, darunter das speziell für Fische giftige Ammoniak.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Einsele Wilhelm

Artikel/Article: [Funktionen und Wechselwirkungen der fischereiwirtschaftlich und produktionsbiologisch bedeutungsvollen Kalkverbindungen und der Kohlensäure 45-55](#)