

Erich Kainz und Norbert Kramberger

Aus dem Bundesinstitut für Gewässerforschung und Fischereiwirtschaft in Scharfling/Mondsee, Österreich

## Zum Problem des Einsatzes von Kupfersulfat in der Teichwirtschaft und der Kupferanreicherung in Teichböden

### 1. Einleitung

Kupfersulfat oder genauer Kupfervitriol ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) findet in der Karpfenteichwirtschaft seit mehreren Jahrzehnten Verwendung gegen unerwünschte Massenentwicklungen von Algen sowie beim Auftreten von Kiemenfäule; weiters auch in der Brutaufzucht (insbesondere bei Forellen) als therapeutisches Mittel gegen einzellige Außenparasiten. In allen genannten Fällen wird es auch prophylaktisch eingesetzt, also um von vornherein die Entwicklung von Algenblüten bzw. das Auftreten von Kiemenfäule, Kiemenschwellung etc. zu verhindern.

Probleme bei der Anwendung von Kupfersulfat, das auch im Obst- und Weinbau vielfach Verwendung gefunden hatte, ergeben sich aus mehreren Gründen:

1. Kupfersulfat ist in höherer Konzentration stark fischtoxisch und außerdem in seiner Wirkung auf tierische Organismen in hohem Maße von der chemischen Beschaffenheit des Wassers, vor allem seiner Karbonathärte (3, 13, 14, 19, 21, 29) abhängig.
2. Nicht nur die einzelnen Fischarten, sondern auch die einzelnen Größenklassen zeigen eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Kupfer.
3. Wie allgemein bei Schwermetallen und auch anderen persistenten Wasserbekämpfungsmitteln, z. B. dem Karmex (19), besteht auch bei Kupfer die Möglichkeit der Anreicherung im Teichboden und Fisch.

Im folgenden werden Versuche zur Wirkung von Kupfersulfat auf Planktonalgen, Fadenalgen und Regenbogenforellen-Vorstreckbrut beschrieben, sowie über die Anreicherung von Kupfer in österreichischen Karpfenteichen und Fischen berichtet und mit den aus der Literatur bekannten Untersuchungsergebnissen verglichen.

### 2. Zur Anwendung von Kupfersulfat in Karpfenteichen

#### a) Wirkung auf das Phytoplankton (Planktonalgen)

In fruchtbaren Karpfenteichen können Planktonalgen bei massivem Auftreten starke Sauerstoff- ( $\text{O}_2$ )-Schwankungen bewirken und dadurch den Fischbestand gefährden. Darüber hinaus kann es nach dem teilweisen Absterben der Algen infolge der dabei auftretenden hohen organischen Belastung zu einer mit großen Verlusten verbundenen Kiemenfäule kommen. In manchen Karpfenteichen, vor allem im Süden Österreichs, tritt *Ceratium hirundinella*, eine Panzergeißelalge, oft während der Sommermonate massenhaft auf. Dies bewirkt eine mechanische Reizung der Kiemen der Fische, die dann die Futteraufnahme einstellen. Dadurch kann es besonders in Abwachsteichen zu großen Ertragseinbußen kommen. Daher kommt der zeitgerechten Hemmung einer zu starken Algenentwicklung in Teichen große Bedeutung zu. Als billiges und überall erhältliches Mittel gegen unerwünschte Algenblüten wird vielfach das Kupfersulfat empfohlen (26).

Da das Kupfersulfat in höheren Konzentrationen fischtoxisch wirkt, wurden Versuche zur Ermittlung der geringsten, gegen Planktonalgen noch wirksamen Kupfersulfatdosis bei Teichwasser mit definierter Planktonalgenzusammensetzung durchgeführt. Dazu wurden 200-l-Aquarien mit Teichwasser gefüllt, im Freien aufgestellt und mit Kupfersulfat versetzt. Die Versuche haben folgendes ergeben:

Bei einem Anfangs-SBV von 2,4 und einem Phytoplanktongehalt von 56.000 Zellen/ml (über 95% *Staurastrum sp.*) und einer Temperatur von  $27 \pm 3^\circ\text{C}$ , zeigten bereits geringe Kupfervitriol-

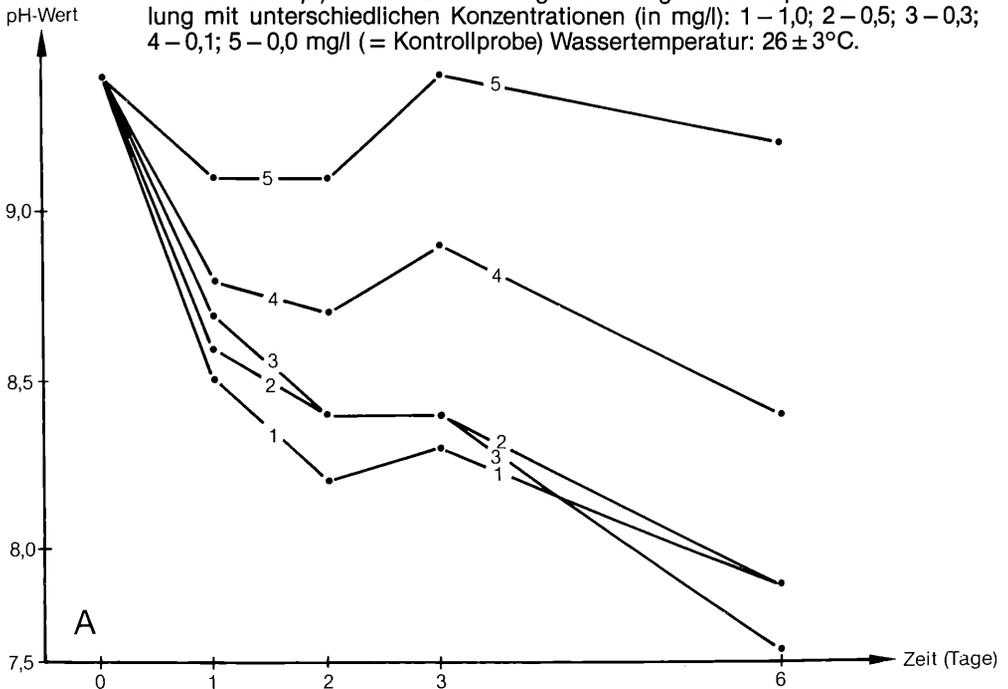
Konzentrationen einen Effekt. So bewirkten innerhalb von 24 Stunden 0,025 – 0,075 mg Cu/1<sup>1)</sup> bereits eine Abnahme der Algenzahl um rund 1/3 und 0,125 mg/l um 2/5, während in der Kontrollprobe im selben Zeitraum die Zellenzahl nur um 9% abnahm. Dies führte zusammen mit einer gewissen Schädigung der überlebenden Algen zu einer Herabsetzung der Assimilationsleistung und in der Folge zu Änderungen im Wasserchemismus im Vergleich zur Kontrollprobe (siehe Abb. 1). In den behandelten Becken waren die eindeutig erniedrigten pH-Werte und O<sub>2</sub>-Gehalte sowie das Gleichbleiben der Alkalinität, welche in der Kontrollprobe infolge des Ca-Bikarbonatverbrauches eine deutliche Absenkung erfuhr, augenscheinlich.

Auch optisch war die Wirkung geringster Kupfersulfatmengen bereits sehr auffällig: schon einen Tag nach der Kupferung zeigte sich in den Aquarien ab einer Konzentration von 0,075 mg Cu/l eine deutliche Aufhellung und ab 0,125 mg/l eine Verfärbung von hellgrün zu hellgrau, und am zweiten Tag war auch bei 0,025 mg/l eine Aufhellung erkennbar.

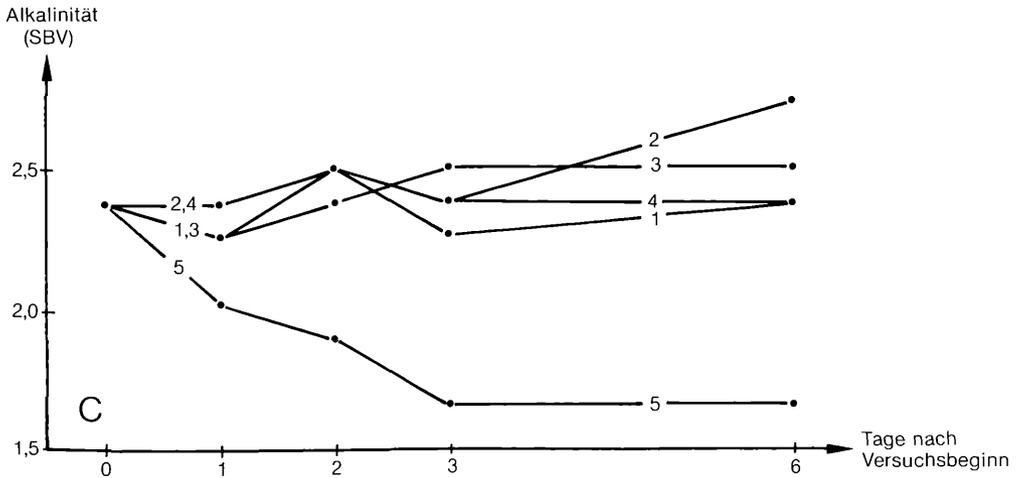
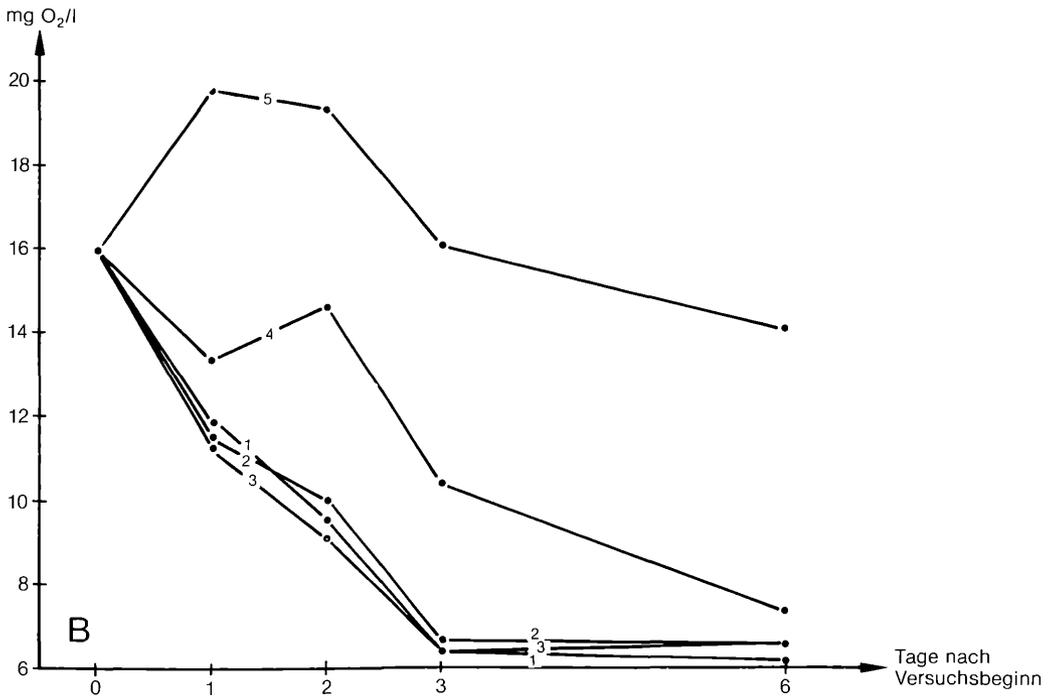
Die Tatsache, daß selbst geringste Cu-Mengen bei Planktonalgen zu Schädigungen führen können, wurde anhand von Laboruntersuchungen von mehreren Autoren bestätigt, die bei *Aphanizomenon* und *Anabaena* mit 0,005 – 0,01 mg Cu/l bereits eine Hemmung der Stickstoff-Fixierung und Photosynthese nachweisen konnten (10).

Daß mit der von SCHÄPERCLAUS (26) empfohlenen Anwendungskonzentration von 2 – 3 kg Kupfersulfat/ha auch in Teichen mit einem sehr verschiedenartigen Phytoplankton meist gute Erfolge gegen Algenblüten erzielt worden sind, wurde in der Praxis vielfach bestätigt. Auch gegen *Ceratium hirundinella* wurde nach Mitteilung mehrerer Teichwirte bei einem SBV von 1,5 – 2,0 mit 3 kg/ha – auf die behandelte Fläche bezogen – ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt. Bei geringerer Dosierung allerdings war es oft nach wenigen Tagen wieder zu einer Massenentwicklung dieser Panzergeißelalgen gekommen.

**Abbildung 1:** Physikalisch-chemische Änderungen (A – pH-Wert, B – Sauerstoffgehalt, C – Alkalinität) in einem Teichwasser (300.000 Algenzellen/ml, zu über 95% *Staurastrum sp.*) innerhalb von 6 Tagen als Folge einer Kupfersulfat-Behandlung mit unterschiedlichen Konzentrationen (in mg/l): 1 – 1,0; 2 – 0,5; 3 – 0,3; 4 – 0,1; 5 – 0,0 mg/l (= Kontrollprobe) Wassertemperatur: 26 ± 3°C.



1) Da das Kupfer (Cu) die wirksame Substanz darstellt, wird, wie in der Literatur üblich, auch im folgenden meist nur der Cu-Gehalt angegeben. Dabei gilt, da das Molekulargewicht für Kupfervitriol 254,20 und das Atomgewicht für Cu 63,55 beträgt, annähernd der Umrechnungsfaktor Kupfervitriol:Kupfer = 4:1.



In einem weiteren Versuch, bei dem eine gleichbleibende Kupfersulfat-Konzentration (0,1 mg/l) auf Teichwasser (Anfangs-SBV =  $3,5 \pm 0,3$ ;  $t = 22,4 \pm 2,6^\circ\text{C}$ ) mit unterschiedlicher Algenkonzentration (75.000 – 300.000 Zellen/ml, fast ausnahmslos *Staurastrum sp.*) einwirkte, konnte eine Abhängigkeit der Stärke der Cu-Einwirkung auf Planktonalgen von der Phytoplanktonmasse nicht eindeutig nachgewiesen werden. Dazu muß allerdings bemerkt werden, daß die wechselnde Algenkonzentration unterschiedliche Veränderungen im Chemismus des Teichwassers verursachte, die den Effekt der wechselnden Algenmasse überlagerten und so das Ergebnis verwischten. Daß die Algen ebenfalls einen Einfluß auf die Cu-Konzentration im Wasser ausübten, zeigte sich durch die unterschiedliche „Ausfällung“ von Cu in den einzelnen Aquarien in Abhängigkeit von der Algen-

dichte: so fiel der Cu-Gehalt bei einer *Staurastrum-Konzentration* von 300.000, 150.000 und 75.000 Zellen/ml von ursprünglich 0,25 mg/l innerhalb von 24 Stunden auf 0,10, 0,15 und 0,18 mg/l im Filtrat ab<sup>2)</sup>.

Auch nach WAGNER und BOHL (28) sowie BOHL (4) kam es – allerdings in stärker durchströmten Fischteichen – innerhalb von 24 Stunden nach einer Kupfersulfat-Behandlung zu einem Abfall des Cu-Gehaltes im Wasser auf 10 – 15% der theoretischen Ausgangskonzentration. Sie führten diese Tatsache allerdings einerseits auf die relativ starke Durchströmung der Teiche und andererseits auf die Reaktion des Wassers mit den Härtebildnern (Karbonaten und Hydrogenkarbonaten) sowie auf die Adsorption an suspendierte Stoffe zurück.

#### **b) Wirkung von Kupfersulfat auf Zooplankton**

Dazu wurden keine eigenen Untersuchungen durchgeführt. Die bei den angestellten Versuchen gemachten Beobachtungen zeigten aber deutlich, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen (SBV = 2,4, Temp. = ca. 26°C) bei einer Kupfersulfat-Anfangskonzentration von 0,1 mg/l nach 24 Stunden die Zooplankter weitgehend und nach 48 Stunden zur Gänze abgetötet waren; bei 0,3 mg/l dagegen war bereits nach 24 Stunden das gesamte Zooplankton abgetötet. In der Kontrollprobe dagegen war bis zum Versuchsende reichlich Zooplankton vorhanden.

Das deckt sich auch mit den Ergebnissen eines anderen Untersuchers, der für *Daphnia pulex* bei einer Temperatur von 21°C und einer Karbonathärte von 215 mg CaCO<sub>3</sub> (entspricht etwa einem SBV von 4) 0,05 – 0,1 mg Cu/l als 48-h-LC 50 (= Konzentration, die innerhalb von 48 Stunden 50% der Individuen abtötet), angegeben hatte (11).

Nach WINNER and PARRELL (30) sind die großen Daphnien-Arten (*D. magna* und *D. pulex*) gegenüber Cu etwas weniger empfindlich als die kleineren (*D. parvula* und *D. ambigua*).

#### **c) Wirkung von Kupfersulfat auf Fische**

Wie erwähnt, ist die Giftigkeit des Kupfers gegenüber tierischen Organismen in hohem Maße abhängig vom Wasserchemismus. Beim Kupfer ist vor allem die Form, in welcher es vorliegt, für die Fischtoxizität entscheidend. In natürlichen Gewässern wird es weitgehend von Karbonaten und Hydroxyd-Ionen in komplexer Form gebunden. Diese komplexe Form bestimmt auch die Konzentration von Kupferverbindungen im Wasser mit. Auf Fische giftig wirkt in erster Linie das Cu(II), das in seiner Konzentration vor allem von der Alkalinität kontrolliert wird. Dieser kommt daher im Hinblick auf die Toxizität von Cu-Verbindungen eine entscheidende Bedeutung zu (21).

Dies wird auch durch Versuche mit kleinen Karpfen (*Cyprinus carpio*) bestätigt: 0,075 mg Cu/l bewirkten in Aquarienversuchen bei einem SBV von 0,5 und einer Temperatur von etwa 20°C Ausfälle bis zu 90%, ab einem SBV von 1,0 dagegen keine Verluste. 0,125 mg/l führten bei einem SBV von 0,5, 1,0, 1,5 und 2,0 zu einer Mortalitätsrate von 100, 70, 65 und 54% (13).

Daß die älteren und größeren Stadien der Fische im allgemeinen gegen Cu etwas weniger empfindlich sind, haben mehrere Untersucher unter anderem an Elritzen und Bachsaiblingen festgestellt (21, 15).

### **3. Die Anwendung von Kupfersulfat in der Forellenteichwirtschaft**

#### **a) Wirkung von Kupfersulfat auf Fadenalgen**

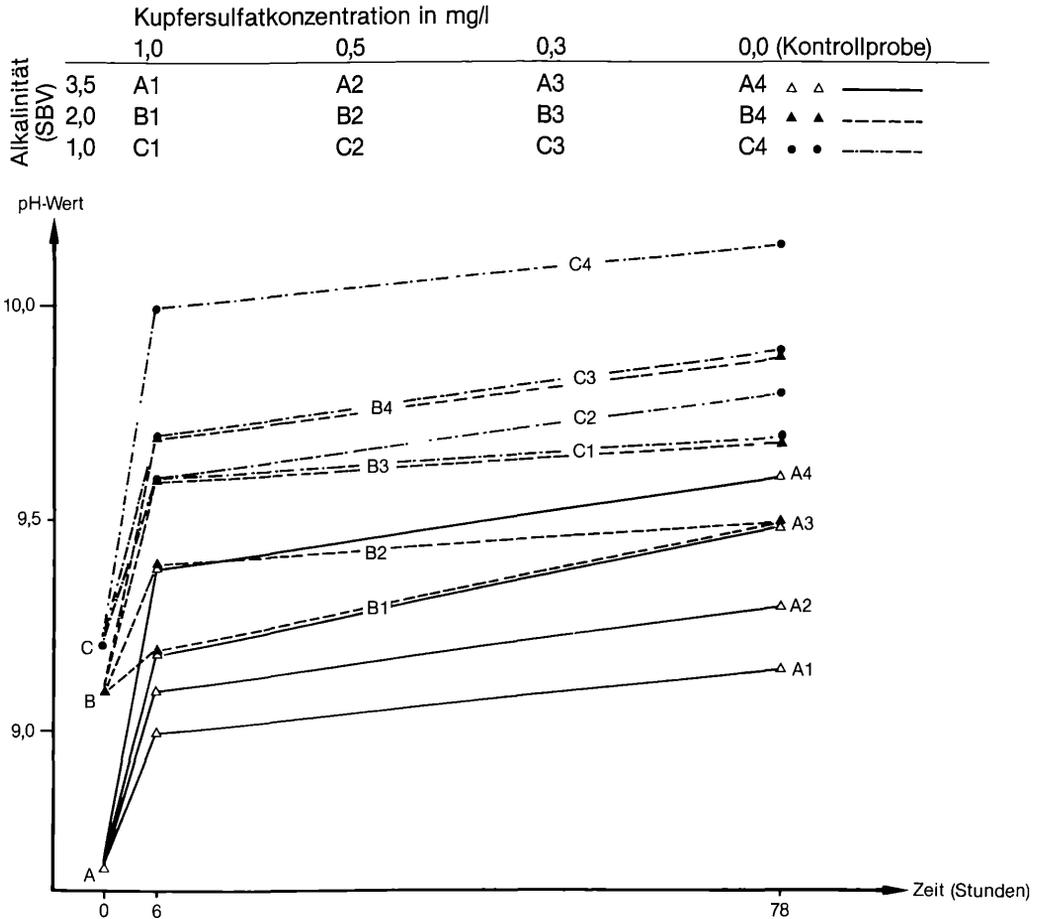
Während Fadenalgen in Karpfenteichen normalerweise keine allzu große Bedeutung erlangen, außer in Brutvorstreckteichen, wo sie mitunter auch sehr unangenehm werden können, treten sie in wenig durchströmten Forellenteichen und in nicht abgedeckten Becken häufig auf. Sie führen bei Massenentwicklungen oft zu starken O<sub>2</sub>- und pH-Wert-Schwankungen und können Gasblasenkrankheit verursachen. Außerdem hemmen sie die Fische in ihrer Bewegung und erschweren das Abfischen der Jungfische. Da sie schwer zu bekämpfen sind, müssen sie im allgemeinen als die unangenehmsten Pflanzen in Forellenteichen bezeichnet werden.

Ob und in welchem Maße die Vernichtung der Fadenalgen mit Kupfersulfat in mit Forellen besetzten Teichen möglich ist, ohne den Fischbestand zu gefährden, sollte in Versuchen überprüft werden. Dazu wurden 10-l-Glasaquarien mit Wasser von unterschiedlichen SBV gefüllt. Nachdem jedes Becken mit derselben Menge an Fadenalgen (2,5 g) und einer unterschiedlichen Menge von Kupfersulfat versetzt worden war, wurde die Cu-Wirkung anhand der Änderungen im Wasserchemismus

2) Die Cu-Bestimmung erfolgte fotometrisch.

getestet. Wie aus Abb. 2 zu entnehmen ist, bewirkten bereits 0,3 mg Kupfersulfat/l sowohl in vhm. weichem Wasser (SBV = 1), wie auch in härterem (SBV = 3,6) ein im Vergleich zu den Kontrollproben noch deutliches Absinken des pH-Wertes, das bei höheren Cu-Konzentrationen erwartungsgemäß noch augenscheinlicher war. (Auf die Darstellung der O<sub>2</sub>- und SBV-Werte wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in Abb. 2 verzichtet.)

**Abbildung 2:** Wirkung unterschiedlicher Kupfersulfatkonzentrationen auf Fadenalgen in Wasser unterschiedlicher Karbonathärte, dargestellt an den pH-Wert-Änderungen des Wassers; Wassertemperatur 16,5 – 17,7°C.



Eine Herabsetzung der Wirksamkeit des Cu gegenüber Fadenalgen bei höherer Alkalinität infolge teilweiser Ausfällung des Cu als Kupferkarbonat konnte nicht nachgewiesen werden, obwohl man nach BANK (3) in der Praxis in hartem Wasser höhere Kupfersulfatmengen benötigt als in weichem (1,5 – 2 g gegenüber 0,5 – 1,0 g Kupfersulfat/m<sup>3</sup> Wasser). Vermutlich haben aber auch in diesem Falle, wie in einem ähnlichen Versuch mit Planktonalgen, andere Effekte, wie z. B. bessere Assimilationsbedingungen in den Becken mit hartem Wasser die chemisch-physikalischen Änderungen so stark mitbeeinflusst, daß der Effekt der Karbonathärte auf die Kupferwirkung verdeckt wurde. Daß Cu in großem Maße von Pflanzen aufgenommen und gespeichert wird, haben WAGNER und BOHL (28) in praxisbezogenen Teichversuchen in Wielenbach (BRD) nachgewiesen, die für Pflanzen Anreicherungs-werte von 10 – 30 festgestellt hatten.

#### 4. Kupfersulfat gegen Krankheitserreger

Kupfersulfat wird schon seit Jahrzehnten zur Bekämpfung von Fischparasiten verwendet. Es ist besonders wirksam gegen *Costia* und *Gyrodactylus* (SCHÄPERCLAUS 1979), sowie *Trichodina* (RYDLO 1979). Von SCHÄPERCLAUS wird in erster Linie seine Anwendung in Form eines Dauerbades empfohlen (1,5 g/m<sup>3</sup> Wasser). Manche Forellenzüchter verabreichen Kupfersulfat prophylaktisch in Brutrinnen gegen Kiemenerkrankungen bei Salmonidenbrut. Dabei wird in der Regel zur „Reinigung der Kiemen“ dem Zufließwasser während der Vorstreckphase täglich einmal soviel Kupfersulfat zugesetzt, daß für 5 – 10 Minuten in den Rinnen eine Konzentration von 1g/100 l vorherrscht.

Auch manche Karpfenteichwirte wenden Kupfersulfat regelmäßig in Brutvorstreckteichen an. Daß bereits geringste Cu-Mengen gegen Außenparasiten sehr wirksam sind, hat auch RYDLO an Hand von stark mit *Trichodina* befallenen Karpfen nachgewiesen (25): Bei einer Wassertemperatur von 13 – 15°C, einem pH-Wert von 7,4 und einem SBV = 3,5 konnten nach einem 24-h-Dauerbad bei einer Kupfersulfat-Konzentration von 1 g/1000 l keine lebenden Parasiten auf den Fischen festgestellt werden. Es war auch unter den Fischen zu keinen Ausfällen gekommen, obwohl, wie auch RYDLO ausführt, die in diesem Fall angewandte Konzentration im allgemeinen für eine Dauerbehandlung zweifellos zu hoch ist.

Zu beachten bei allen Kupfersulfat-Behandlungen ist die hohe Toxizität gegenüber Fischen, wie sie in Tab. 1 für vorgestreckte Regenbogenforellen (RBF) dargestellt ist. Daraus geht hervor, daß die Giftigkeit von Cu auf RBF-Brut bei einem gleichbleibenden Verhältnis Kupfersulfat : SBV annähernd gleich bleibt bzw. die Giftigkeit von Cu auf RBF-Brut grob gesagt proportional mit der Karbonathärte (= SBV) des Wassers abnimmt. Die dabei festgestellten Grenzwerte stimmen auch einigermaßen mit den Ergebnissen von BROWN und DALTON (5) sowie LEIT u. a. (18) überein, welche in hartem Wasser eine 48-h-LD-50<sup>3)</sup> von 0,65 – 0,84 bzw. eine 96-h-LC-50<sup>4)</sup> von 0,25 – 0,68 mg/l festgestellt hatten.

**Tabelle 1:** Verlauf der Ausfälle bei Regenbogenforellen-Vorstreckbrut durch Kupfersulfat in %. Kupfersulfatkonzentration: 0,5 ppm/SBV; Wassertemperatur = 12,4°C; je 20 Fische mit 0,5 g/Stück in 5-l-Glasaquarien mit Belüftung.

SBV CuSO <sub>4</sub> · 5(H <sub>2</sub> O) in mg/l	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	3,6	0,05 – 1,8 Kontrollproben
	0,05	0,25	0,5	1,0	1,5	1,8	–
nach 12 <sup>h</sup>	–	5	5	–	25	15	–
nach 24 <sup>h</sup>	5	25	35	30	40	20	–
nach 2 <sup>d</sup>	5	25	55	50	55	35	–
nach 3 <sup>d</sup>	20	25	60	50	55	50	–
nach 4 <sup>d</sup> (Versuchsende)	35	35	65	50	55	60	–

#### 5. Anreicherung von Kupfer in Teichböden und in der Fischmuskulatur

Nachdem Kupfersulfat vielfach in Karpfenteichen gegen Massenentwicklungen von Planktonalgen in einer Menge von 2 – 3 kg/ha, oft 4 x/Jahr, verabreicht wird, was einer Menge von 8 – 12 kg/ha und Jahr entspricht (SCHÄPERCLAUS 1961), ist mit einer gewissen Anreicherung von Cu im Teichboden zu rechnen: Bei 10jähriger Anwendung von 8 kg/ha wäre, ohne jegliche Kupferverluste eine Zunahme von 20 kg Cu/ha zu erwarten. Dies bedeutet, eine gleichmäßige Verteilung auf die ganze Teichbodenfläche vorausgesetzt, bei einer durchschnittlichen Schlammdicke von 20 cm eine Konzentrationszunahme von 10 mg/l Schlamm oder etwa 20 mg/kg Teichboden-Trockensubstanz, bei einem Gewichtsverhältnis Schlamm: Trockensubstanz = 2 : 1.

Die meisten Teichwirte ziehen aber nach der Kupferung etwas Tiefenwasser ab, wobei ein Teil der mit Cu angereicherten, abgestorbenen und auf den Teichboden abgesunkenen Algen aus dem Teich hinausgelangt. Außerdem werden bei der alljährlichen Abfischung nicht unerhebliche Schlamm Massen aus dem Teich entfernt, wodurch vorher eingebrachtes, an Schlamm gebundenes Cu ebenfalls teilweise wieder aus dem Teich entfernt wird.

3) 48-h-LD-50 = Dosis, bei der 50% der Versuchstiere innerhalb von 48 Stunden getötet werden.

4) 96-h-LC-50 = Konzentration, bei der 50% der Versuchstiere innerhalb von 96 Stunden getötet werden.

Bei der Beurteilung, ob und in welchem Maße durchgeführte Kupfersulfatbehandlungen in Teichen für das Vorhandensein höherer Cu-Gehalte im Teichschlamm verantwortlich zu machen sind, und ob eine produktionshemmende Wirkung zu befürchten ist, sind zwei Dinge zu beachten: Zum einen die Tatsache, daß der natürliche Cu-Gehalt von Böden in sehr weiten Grenzen schwanken kann – im allgemeinen zwischen 10 und 100 mg Cu/kg Boden – und zum anderen, daß ein bestimmter Cu-Gehalt des Bodens für die Pflanzenentwicklung notwendig ist, da Cu als Spurenelement einen unentbehrlichen Pflanzennährstoff darstellt. Diese Konzentration wird von BUCHNER (7) mit 4 mg/kg angegeben. Zu hohe Cu-Gehalte zeigen allerdings auch eine nachteilige Wirkung und nach Buchner ist in Gartenböden mit über 100 mg Cu/kg mit latenten Schädigungen der Pflanzen zu rechnen, wobei auf Böden mit hohem Kalk- und Tongehalt die Wirkung geringer ist als auf Sandböden. Auch nach RHODE (23) kommt eine Beeinträchtigung durch zu hohe Cu-Gehalte in erster Linie auf sauren Böden vor und kann durch reichliche Kalkgaben verhindert werden. Dies deckt sich auch weitgehend mit den in Teichwirtschaften gemachten Erfahrungen, wonach in kalkreichem Wasser die Giftwirkung von Cu weitaus geringer ist als in kalkarmem (3, 13, 14, 19, 21, 29).

Daß häufige Kupfersulfatgaben zu einer starken Cu-Anreicherung des Bodens führen können, hat sich in Weingärten gezeigt, in denen nach 10 – 15maligen Kupferungen/Vegetationsperiode im Laufe von mehreren Jahren Spitzenwerte bis zu 2000 mg Cu/kg nachgewiesen werden konnten (23). In Teichen dagegen, in denen in der Regel Cu in viel geringerer Menge ausgebracht wird und ein Großteil davon wieder mit dem abfließenden Wasser und vor allem mit dem bei der Abfischung teilweise ausgeschwemmten Schlamm aus dem Teich hinausgelangt, ist die Gefahr einer zu starken Cu-Anreicherung wesentlich geringer, wie auch die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse an einigen österreichischen Karpfenteichen zeigen.

### Kupfergehalte im Bodenschlamm einiger österreichischer Karpfenteiche

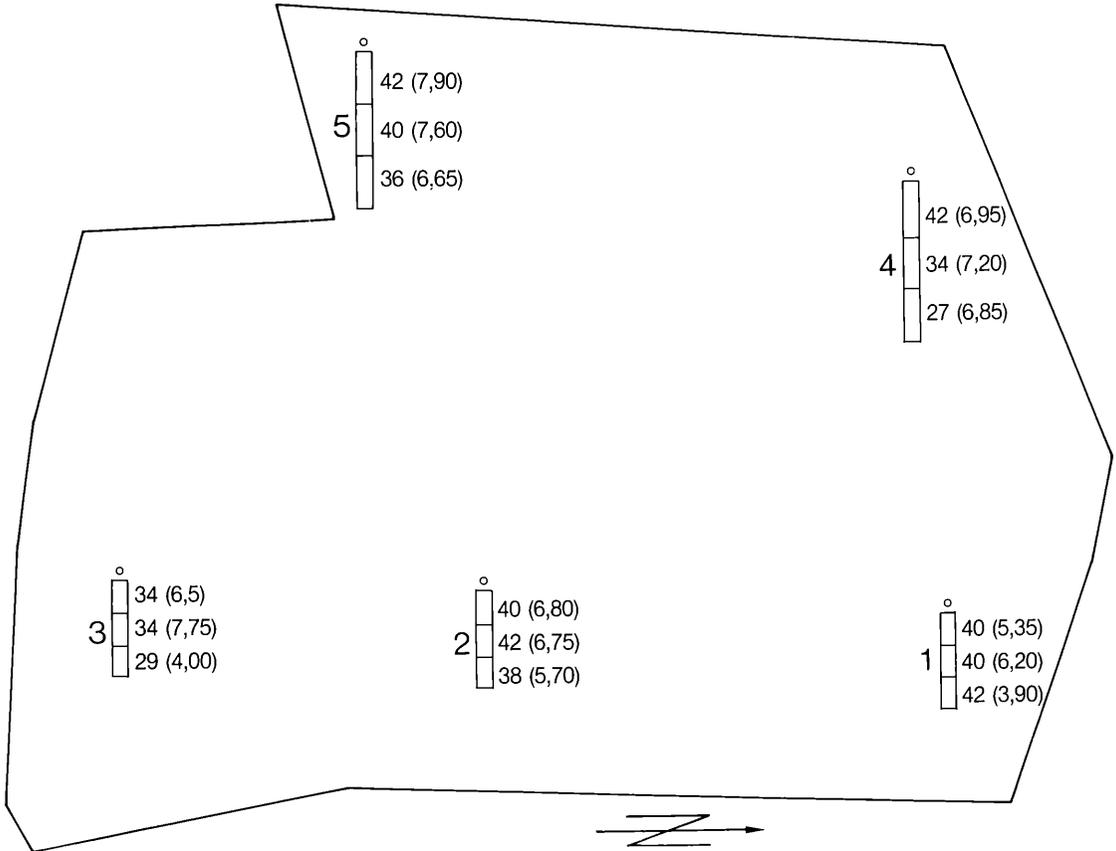
In mehreren Karpfenteichen der südlichen Steiermark, in denen nachweislich viele Jahre, z. T. einige Jahrzehnte hindurch immer wieder gekupfert worden war, betragen die Cu-Konzentrationen 8,2 – 46,7 mg Cu/kg Trockensubstanz (TS). Ähnliche Gehalte wurden auch in Waldviertler Karpfenteichen festgestellt, in denen nach Aussagen der Bewirtschafter nie gekupfert worden war (siehe Tab. 2). Diese Werte sind im Vergleich zu den Cu-Gehalten in Seesedimenten eher niedrig: In einigen europäischen Gewässern wurden 30 – 99 mg/kg TS nachgewiesen (8); im japanischen Biwa-See 40 – 111 mg/kg, auf luftgetrockneten Schlamm bezogen (16).

**Tabelle 2:** Gehalt an Gesamt-Kupfer und löslichem Kupfer in mg/kg TS im Sediment von Karpfenteichen aus verschiedenen Teilen Österreichs (Werte jeweils aus 3 Proben gemittelt).

Ort	Teich-Nr.	ges. Cu	EDTA austauschbares Cu	salpetersäurelösliches Cu	Kupfersulfatbehandlungen im Teich häufig zeitweise nie			
Steiermark	Brunnsee	1	19,8	12	–	+		
		2	46,7	21	–	+		
	Kirchberg/Raab	1	8,2	4	–	+		
		2	–	10	–	+		
	Paldau	1	–	7	–	–	+	
		2	27–42	11–17	–	+	–	
		3	12–40	–	3,9–7,9	–	+	
		4	–	6	–	–	+	
Waldviertel (NÖ)	Altmanns	1	–	4	–	–	+	
		2	–	6	–	–	+	
	Heidenreichstein	1	–	37–41	6–7	–	–	+
		2	–	–	–	–	–	+
Nagelberg	1	–	10	–	–	–	+	

Genauere Untersuchungen über die Verteilung des Cu in der Schlammschicht wurden in einem Karpfenteich im Raum Feldbach (Stmk.) vorgenommen, in dem nachweislich regelmäßig Kupfersulfat-Behandlungen durchgeführt worden waren. Dazu wurden Schlammproben aus verschiedenen Teilen und Tiefen entnommen. Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, unterscheiden sich die festgestellten Cu-Konzentrationen weder in horizontaler noch in vertikaler Richtung wesentlich voneinander. Überraschend war ferner, daß der Cu-Gehalt auch in einem zwei Jahre zuvor neu geschaffenen Teichteil fast gleich hoch war, obwohl auf dieser Fläche nie Kupfersulfat ausgebracht worden war.

**Abbildung 3:** Horizontale und vertikale Verteilung von Gesamt-Kupfer und EDTA-austauschbarem Kupfer im Schlamm eines 13 ha großen Teiches in Saaz bei Paldau (Stmk.). Cu-Konz. in mg Cu/kg TS angegeben, der EDTA-austauschbare Anteil in Klammer gesetzt; Schlammstärke: Probenstelle 1 – 3 – ca. 39 cm; 4 und 5 ca. 24 cm; Cu-Werte jeweils für oberes, mittleres und unteres Drittel der Schlammauflage angegeben.



Neben der Gesamt-Cu-Konzentration wurde auch der Anteil an löslichem Cu gemessen. Dieser betrug 20 – 60% des Gesamt-Cu-Gehaltes, sowohl in den Teichen, wo oft gekupfert wurde, als auch in solchen, in denen nie Kupfersulfatbehandlungen stattgefunden hatten (Abb. 3 u. Tab. 2).

Diese Befunde lassen darauf schließen, daß die Gefahr einer starken Cu-Anreicherung in Karpfenteichen, verbunden mit einer langandauernden Produktionshemmung in Teichen vielfach stark überschätzt wird und von einem sogenannten „Totkupfern“ in Teichen wohl kaum gesprochen werden kann. Die in der Teichwirtschaft normalerweise angewendeten Cu-Konzentrationen sind nämlich im Vergleich zu jenen, die früher im Obst- und Weinbau üblich waren, sehr gering. Nichts-

destoweniger kann es natürlich nach stärkeren Cu-Gaben *vorübergehend* zu einer Produktionshemmung in Teichen kommen.

Die Untersuchung auf Gesamt-Cu erfolgte so, daß nach Trocknung des Schlammes ein Aufschluß mit umgekehrtem Königswasser erfolgte und die Cu-Konzentration am Atomabsorptionsspektrometer abgelesen wurde. Als löslicher Anteil wurde der nach Glühen des getrockneten Schlammes (zum Entfernen der organischen Substanz) mit Salpetersäure ausgelaugte oder der mit EDTA austauschbare Anteil bezeichnet.

### Zur Kupferanreicherung in Fischen

Im Gegensatz zum Sediment wird Cu von Fischen nur in geringem Maße angereichert (4, 18, 28), was auch die Ergebnisse aus österreichischen Teichwirtschaften bestätigen: So lag die Cu-Konzentration in der Muskulatur von Karpfen zwischen 0,14 und 0,53 ppm, wobei kein Unterschied bestand, ob es sich um Fische aus Teichen handelte, in denen nie oder in denen regelmäßig Kupfersulfat-Behandlungen durchgeführt worden waren. Diese Werte sind etwas niedriger als jene, die PORTMANN (22) für Dorsche und Schollen aus der Nordsee mit 0,45 – 0,85 ppm angegeben hatte. Im Vergleich dazu ist übrigens der Cu-Gehalt von Kulturpflanzen mit 1,5 – 25 ppm (23) wesentlich höher, was darauf zurückzuführen ist, daß Cu, wie erwähnt von Pflanzen auch stark angereichert wird (28).

Zu stärkeren Cu-Anreicherungen kann es dagegen in den Kiemen und Nieren und besonders in der Leber von Fischen kommen, wo 10 – 20 x höhere Werte als in der Muskulatur nachgewiesen wurden (6,24). Die relativ hohen Cu-Gehalte von Jungspotten und Jungheringen aus dem Oslofjord mit bis zu 8,5 mg Cu/kg TS(1), was einer Cu-Konzentration von etwa 1,5 mg/kg NG entspricht, sind auch so zu erklären, daß bei diesen bei der Untersuchung auf Cu keine Auftrennung in einzelne Organe erfolgte und daraus die genannten Cu-Werte resultieren.

BRUNGS u. a. (6) schreiben, daß hinsichtlich des Cu-Gehaltes in verschiedenen Geweben kaum Unterschiede zwischen Fischen bestehen, die bei subletalen Cu-Konzentrationen gehalten wurden und solchen, die an einer akuten Cu-Vergiftung eingegangen waren. Dies wird damit begründet, daß der Cu-Abwehrmechanismus bis zu einer bestimmten Cu-Konzentration im Wasser funktioniert, abhängig vom Wasserchemismus, Fischart und Fischgröße. Erst wenn diese Grenze überschritten wird, kommt es zu einer Überforderung des Ausscheidungsmechanismus für Cu und zum Tod der Fische. Die Gefahr, daß beim Genuß von Fischen aus mit Kupfersulfat behandelten Teichen gesundheitsschädigende Cu-Mengen aufgenommen werden, ist daher nicht gegeben, zumal der für erwachsene Menschen angegebene tägliche Cu-Bedarf mit 2 – 5 mg angegeben (17) wird.

## 6. Diskussion

Die Tatsache, daß bereits mit geringen Mengen an Kupfersulfat eine wirksame Kontrolle des Phytoplanktons möglich ist, wird von vielen Autoren bestätigt. Kupfer wird sowohl von Algen als auch von höheren Wasserpflanzen in hohem Maße absorbiert und in diesen angereichert (28), zu einer letalen Schädigung kommt es allerdings bei niedrigen Konzentrationen nur bei Planktonalgen (10).

Die Bekämpfung von Fadenalgen mit Kupfersulfat dagegen ist problematisch. Die von JAHN (12) erfolgreich eingesetzte Menge von 1 g/1000 l Wasser ist nur in Gewässern mit hoher Alkalinität möglich, wie auch der Autor selbst ausführt. Kupfersulfat wirkt nämlich in den für eine wirksame Bekämpfung von fädigen Algen notwendigen Konzentration in weichem Wasser fischtoxisch. BANK (3) empfiehlt daher wegen der Gefahr für Fische bei der Anwendung von Kupfersulfat zur Bekämpfung von Fadenalgen andere Kupferverbindungen wie Grünkupfermittel und organische Fungizide. Auch HORVATH u. a. (9) ziehen zur Bekämpfung exoparasitischer Ciliaten (*Trochodina*, *Costia*) in Brutvorstreckteichen dem Kupfersulfat, das gegen diese Parasiten ebenfalls sehr wirksam ist (25), wegen dessen Fischgefährlichkeit das weniger toxische Kupferoxychlorid vor, mit dem in einer Menge von 4 mg/l gute Erfolge erzielt werden konnten.

Zum Problem der Anreicherung von Cu im Sediment von Gewässern durch das Ausbringen von Kupfersulfat ist zu sagen, daß es durch die in Karpfenteichen normalerweise üblichen extensiven Kupferungen kaum zu größeren Cu-Anreicherungen im Teichschlamm kommt, wie die Untersuchungsergebnisse aus österreichischen Teichwirtschaften gezeigt haben. Anders dagegen ist die Situation in Forellenreichen, in welchen häufig Kupferungen gegen Fadenalgen durchgeführt werden. So berichten BOHL u. a. (4) von Anreicherungen bis zu 2400 mg Cu/kg TS in einem Forellenteich, in welchem allerdings unvergleichlich größere Kupfersulfat-Mengen ausgebracht worden waren (insgesamt 55 g Cu/1000 l Wasser in einem Zeitraum von 7 Monaten).

Unterschiedliche Ergebnisse liegen hinsichtlich des Einflusses subletaler Cu-Konzentration auf Fische vor: Während LEIT u. a. (18) schreiben, daß sich subletale Cu-Mengen bei Regenbogenforellen weder auf den Appetit der Fische noch auf deren Wachstum und deren Körperzusammensetzung auswirkten, kommen WAIWOOD und BEAMON (29) zu gegenteiligen Resultaten. Auch BOHL u. a. (4) schreiben, daß bei Regenbogenforellen, die zeitweise subletalen Cu-Konzentrationen ausgesetzt waren, sowohl Änderungen im Blutbild als auch histologische Veränderungen an Niere und Leber nachgewiesen werden konnten.

## 7. Zusammenfassung

Es wurden Versuche zur Bekämpfung von Planktonalgen und Fadenalgen mittels Kupfersulfat sowie Versuche hinsichtlich der Fischtoxizität von Kupfersulfat beschrieben und die Ergebnisse mit denen aus der Literatur bekannten verglichen. Weiters wurden die Ergebnisse von Sediment- und Fischuntersuchungen bezüglich des Cu-Gehaltes aus mehreren österreichischen Teichwirtschaften dargelegt und diskutiert.

Es zeigte sich, daß sich Kupfersulfat in einer Anwendungskonzentration von 0,15 mg/m<sup>3</sup> Wasser und SBV, was einer Menge von 1,5 kg/SBV und ha bei einer mittleren Teichtiefe von 1 m entspricht, gut zur Bekämpfung von Planktonalgen in Karpfenteichen eignet. Es kann ebenfalls in der Jungfischaufzucht prophylaktisch in Brutrinnen gegen ectoparasitische Ciliaten erfolgreich eingesetzt werden. In allen anderen Fällen (Fadenalgenbekämpfung, Bekämpfung von parasitischen Ciliaten in Aufzuchtteichen) ist der Einsatz von Kupfersulfat infolge seiner hohen Fischtoxizität nur bedingt möglich, und es sollten besser andere, weniger gefährliche Mittel (Kupferoxychlorid etc.) dafür herangezogen werden.

### Dank:

Für die Untersuchung der Sedimentproben und der Fische auf den Cu-Gehalt sei an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. AICHBERGER, Landwirtschaftlich-chemische Bundesversuchsanstalt Linz, und Herrn Dr. RAUTER, Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung in Salzburg, bestens gedankt.

## To the problem of using coppersulfate in pond management and of copper-enrichment in pondsediments.

### Abstract

Experiments for controlling planctonic and filamentous algae with coppersulfate and the toxicity of coppersulfate to fishes are described and the results are compared with those known from the literature. It was indicated that Coppersulfate is well suited for controlling planctonic algae in carp ponds in a concentration of 0,15 g/m<sup>3</sup> water and Alkalinity which is equivalent to a dosis of 1,5 kg/ha and Alkalinity at a mean depth of 1 m. It can also be used prophylactically against ectoparasitic Ciliates in rearing young fish in small tanks.

In all other cases (controlling of filamentous algae in fishstocked waters and of parasitic Ciliata in nursery ponds) the use of coppersulfate is only possible under certain conditions because of its high fish-toxicity. Therefore better other less dangerous chemicals (f. e. copperoxychloride) should be used. Moreover the results of the investigations of sediment and of fish according to the copper-concentration from different Austrian carp ponds are explained and discussed.

### LITERATUR:

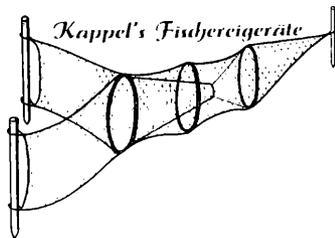
- (1) ANDERSEN, A. T., DOMMASNERS, A., and HESTAGEM, I. H., 1973: Some heavy metals in Sprat and Hering from inner Oslofjord. *Aquaculture*, 2, 17-22.
- (2) BANK, O., 1961: Chemische Mittel (Fungizide) gegen Fadenalgen. *Allg. Fischerei-Ztg.*, Jg. 86, 81-82.
- (3) BANK, O., 1962: Algen, ihre Bekämpfung mit chemischen Mitteln. *Der Fischwirt*, Nr. 9, 260-269.
- (4) BOHL, M., KLEIN, U., NEGELE, D., and WAGNER, H., 1980: Weitere Untersuchungen zur Auswirkung von Kupfersulfat in Fischteichen. *Fisch und Umwelt*, 8/1980, 123-133.
- (5) BROWN, V. M. and DALTON, R. D., 1970: The acute lethal toxicity to rainbow trout of mixtures of copper, phenol, zinc and nickel. *J. Fish Biol.*, 2, 211-216.
- (6) BRUNGS, W. A., LEONARD, E. N. and McKIM, J. M., 1973: Acute and long-term accumulation of copper by the brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*.
- (7) BUCHNER, R., 1971: Beurteilungsprobleme von Kupfergehalt in Böden und Erden verschiedener Nutzungsart. *Kali-Briefe, Fachgeb. 1 (Bodenkunde)*, 11. Folge, 1-6.
- (8) GROTH, P., 1970: Untersuchungen über einige Spurenelemente in Seen. *Arch. Hydrobiol.* 68, 305-375.

- (9) HORVATH, L., LANG, M. and TAMAS, G., 1978: The use of Copperoxychloride during larval growth as preventative measure against the spread of ciliata-exoparasites. *BAMIDGE*, 30 (3), 80-84.
- (10) HORNE, A. E. and GOLDMAN, C. R., nach EIFAC Techn. Paper Nr. 27 (1976): Water Quality Criteria for European Freshwater. Fish Report on copper and freshwater fish.
- (11) IVECOVIC, H. 1932, nach EIFAC Techn. Paper Nr. 27.
- (12) JAHN, F., 1969: Fadenalgenbekämpfung in Forellenteichen. *Allg. Fischerei-Ztg.*, Jg. 94, 354-355.
- (13) KAINZ, E. und SAHIN, Y. 1974: Die Wirkung unterschiedlicher Kupfersulfatkonzentrationen auf Karpenbrut in Abhängigkeit vom Säurebindungsvermögen des Wassers. *Österr. Fischerei*, 27. Jg., 51-56.
- (14) KEITZ, G., 1967: Über den Einfluß der Wasserbeschaffenheit auf den Erfolg der chemischen Pflanzenbekämpfung in Fischteichen. *European Weed Research Council – Ergebn. 2. Int. Wasserpfl. Symp.*, 95-98.
- (15) McKIM, J. and BENOIT, D. A., 1971, nach EIFAC Techn. Paper Nr. 27.
- (16) KOBAYASHI J., MORII, F., MURAMATO, Sh., NAKASHINA, S., TERAOKA, H. and HORIE, Sh., 1976: Distribution of arsenic, cadmium, lead, zinc, copper, manganese and iron contained in the bottom sediment of lake Biwa.
- (17) LEIBETSEDER, J., 1978: Die Forelle als Nahrungsmittel. *Österr. Fischerei*, 31. Jg., 89-96.
- (18) LEIT, P. F., FARMER, G. J. AND BEAMISH, F. W., 1976: Effect of copper and some aspects of the bioenergetics of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. FRBC*, (33), 1335-1342.
- (19) MAAS, G., 1967: Beeinflussung der Fischtoxizität von Herbiziden durch den Härtegrad des Wassers. *European Weed Research Council – Ergebn. 2. Int. Wasserpfl. Symp.*, 181-185.
- (20) MOUNT, D. I. and STEPHAN, C. E., 1969, nach EIFAC Techn. Paper Nr. 27.
- (21) PAGENKOPF, G. K., RUSSO, R. C. and THURSTON, 1974: Effect of complexation on toxicity of copper to fishes. *J. FRBC*, (31), 462-465.
- (22) PORTMANN, J. E., 1972: The levels of certain metals in fish from coastal waters around England and Wales. *Aquaculture*, 1, 91-96.
- (23) RHODE, G., 1973: Schwermetalle – ihre Bedeutung und mögliche Anreicherung im Boden und durch Müll- und Müllklärschlammkomposte. *ANS-Mitteil. Nr. 38, Teil II: Kupfer kein schädliches Schwermetall.*
- (24) ROMERIL, M. G. and DAWIS, M. H. 1976: Trace Metal levels in eels grown in power station cooling waters. *Aquaculture*, 8, 139-149.
- (25) RYDLO, M., 1979: Vergleichende Versuche zur Bekämpfung von *Trichodina sp.* und *Chilodonella cyprini*. *Österr. Fischerei*, 32. Jg., 217-222.
- (26) SCHÄPERCLAUS, W., 1961: Lehrbuch der Teichwirtschaft, P. Parey, Berlin und Hamburg.
- (27) SCHÄPERCLAUS, W., 1979: Fischkrankheiten, Akademie Verlag Berlin.
- (28) WAGNER, H. und BOHL, M., 1978: Auswirkung von Kupfersulfat in einem praxisbezogenen Fischteichversuch. *Münchn. Beitr. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie* 30, Schadstoffe im Oberflächenwasser und Abwasser, 129-141.
- (29) WAIWOOD, K. G. and BEAMISH, F. W., 1978: The effect of copper, hardness and pH on the growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Fish Biol.* 13, 591-598.
- (30) WINNER, R. W. and PARRELL, M. P., 1976: Acute and chronic toxicity of copper to four species of *Daphnia*. *J. FRBC* (33), 1685-1691.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Erich KAINZ, A-5310 Mondsee, Scharfling 18

Mag. Norbert KRAMBERGER, 5310 Mondsee, Viktor-Kaplan-Straße 14.



## *Fischfangnetze aller Art und Größen*

FÜR FLUSS- UND SEENFISCHEREI  
Teichwirtschaften und Forellenzuchtanstalten

RENATE HEBERLE, Netzfabrikation  
D-8966 Altusried/Allgäu (BRD)

Preiliste anfordern

Telefon (0 83 73) 267

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Kainz Engelbert, Kramberger Norbert

Artikel/Article: [Zum Problem des Einsatzes von Kupfersulfat in der Teichwirtschaft und der Kupferanreicherung in Teichböden 230-240](#)