



Sonderdruck

aus

„Archiv für Fischereiwissenschaft“

3. Jahrg. 1951

3./4. Heft

*Aus dem Institut für Küsten- und Binnenfischerei der Bundesanstalt für Fischerei, Hamburg
(Dir.: Dr. phil. habil. P. F. Meyer)*

Chemische Untersuchungen über Knochenweiche bei Karpfen

Von

H a n s M a n n

Mit 5 Tafeln

A. Einleitung

Knochenweiche und nachfolgende Wirbelsäulenverkrümmung als Folgeerscheinungen von Krankheiten werden bei Karpfen in Teichwirtschaften häufig beobachtet. Die erkrankten Fische fallen meistens bei der Abfischung dadurch auf, daß sie sich ganz weich wie ein „Lederlappen“ (W u n d e r 21, 22) anfühlen. Während bei einem normalen Karpfen sich Schwanz und Kopf niemals nähern lassen, ist es bei diesen Tieren ein Leichtes, die Wirbelsäule umzubiegen, so daß sich die beiden Körperenden mehr oder weniger berühren. Ebenso wie diese weichen Tiere auffallen, beobachtet man stets eine Reihe von Tieren mit Wirbelsäulenverkrümmungen. W u n d e r (21, 22) hat diese Erscheinung bereits an pockenkranken Karpfen ausführlich beschrieben, wobei er auch auf die morphologischen und anatomischen Veränderungen an der Wirbelsäule derartig erkrankter Tiere hingewiesen hat. S c h ä p e r c l a u s und M a n n (18) fanden gleichartige Erscheinungen bei Karpfen, die an Bauchwassersucht erkrankt waren. Chemische Analysen (11) an den Wirbeln von Fischen, die die Bauchwassersucht durchgemacht hatten, ergaben, daß der Kalk- und Phosphorgehalt in diesen weitgehend gegenüber normalen vermindert war. Als in den Jahren 1950 und 1951 uns wiederum eine größere Anzahl weicher und verkrümmter Karpfen in die Hände kamen, sollten die chemischen Untersuchungen wieder aufgenommen werden. Die Ergebnisse sind insofern interessant, als es sich diesmal um Fische handelte, die von der Pockenkrankheit befallen waren. Gleichzeitig sollte auch versucht werden, durch weitere chemische, besonders fermentchemische Untersuchungen einen Einblick in den Mechanismus des Mineralstoffwechsels des Karpfens zu bekommen.

B. Methodik

Bei unseren teichwirtschaftlichen Untersuchungen in verschiedenen Betrieben Niederdeutschlands wurden Karpfen mit ausgesprochener weicher Wirbelsäule und solche mit Verkrümmungen aller Art gesammelt. Selbstverständlich wurden aus jedem Bestand auch gesunde, einwandfreie Fische des gleichen Jahrgangs und möglichst aus dem gleichen Teich untersucht. Daneben wurden auch Wirbelsäulen solcher Fische gesammelt, die äußerlich normal erschienen, die aber mit Pocken befallen waren. Bei den ausgewählten Fischen wurden die Wirbelsäulen herauspräpariert und von allen Fleischteilen befreit. Dann wurden aus jeder Wirbelsäule je drei Wirbel der Brust-, Lenden- und Schwanzregion ausgewählt, getrocknet und verascht. Ähnlich wie bei den früheren Untersuchungen wurde in dem Glührückstand der Gehalt an Ca und P bestimmt. Außerdem wurde die Menge des gesamten Glührückstandes festgestellt. Neben diesen Bestimmungen der Mineralsalze wurde versucht, den Fermentgehalt der Wirbel zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden wiederum je drei frisch herauspräparierte Wirbel aus den drei Regionen in Glycerin gelegt und auf ihren Gehalt an Proteasen und Phosphatasen geprüft. Die Proteolyse der Wirbelkörper wurde nach der Methode von Anson-Duspiva mit dem Stufenphotometer verfolgt. In üblicher Weise wurde eine Caseinlösung als Substrat und ein Citrat-Phosphat-Ammoniak-Gemisch nach Grassmann und Wilstätter als Puffer benutzt. Die Ansätze standen 24 Stunden bei 37° C im Brutschrank. Danach wurde das nicht gelöste Eiweiß mit Trichloressigsäure gefällt und im Filtrat Thyrosin und Thryptophan bestimmt. Es wurde die Proteolyse bei pH 4,2 untersucht, um die Menge des Kathepsin im Wirbelkörper zu erfassen. Die Bestimmung der alkalischen Phosphatasen geschah nach der von King (7) angegebenen Methode, die darauf beruht, daß der Glycerinextrakt auf einem Substrat angesetzt wird, das Phenylphosphat enthält. Als Maß der Wirkung der Phosphatasen wird dann die in Freiheit gesetzte Menge Phenol gemessen. Wir benutzen in unserem Falle Diphenylphosphat als Substrat und eine Natriumcarbonat-Bicarbonat-Lösung als Puffer, wobei ein pH -Wert von 9,5—10 innegehalten wurde. Die Ansätze standen $\frac{1}{2}$ Stunde bei 37° C. Die Bestimmung wurde im Photometer unter Benutzung einer Standardlösung vorgenommen.

C. Ergebnisse

Betrachten wir zunächst die Ergebnisse der Bestimmung des Glührückstandes. Durch die Bestimmung des Glührückstandes in den Wirbeln werden sämtliche Aschebestandteile erfaßt. Nach den Untersuchungen an anderen Wirbeltieren (2) bestehen die Mineralsubstanzen des Knochens zum großen Teil aus Ca, P und Carbonationen neben geringen Mengen von Mg und Cl, in salzmäßiger Verbindung handelt es sich wohl hauptsächlich um tertiäre Kalkphosphate und sekundäre Kalkcarbonate. Vorausgeschickt sei, daß die Analysenzahlen von Fischen aus drei verschiedenen Teichwirtschaften stammen, die sich in dem Kalkgehalt der Zuflüsse und Teichwässer untereinander unterscheiden. So ist es auch nicht erstaunlich, daß die Zahlen der Glührückstände Unterschiede zeigen, wenn man Fische mit verschiedener Herkunft miteinander vergleicht. Reuß (12, 13) hatte bereits darauf hingewiesen, daß stets gewisse Unterschiede im Kalkgehalt der Knochensubstanz je nach der Herkunft der Fische bestehen. Einheitlich sind die Ergebnisse innerhalb einer Wirtschaft, auch wenn verschiedene Altersstufen der Karpfen miteinander verglichen werden. Die Erscheinung, daß bei älteren Tieren die Knochen stets reicher an Aschebestandteilen sind als die von jungen Tieren, konnte hier nicht beobachtet werden. Vermutlich ist dies damit zu erklären, daß der Altersunterschied zwischen einem Karpfen vom 1. bzw. 2. oder 3. Jahr biologisch gesehen für die Stärke der Verkalkung noch keine Bedeutung hat. Veränderungen im Knochensystem würde man wahrscheinlich erst bei noch älteren Tieren finden. Der durchschnittliche Gehalt beträgt bei Fischen aus der Wirtschaft A 43—46 %, in der Wirtschaft S liegt er bei 49—51 % und in Br zwischen 46 und 49 %.



Tafel I
Der Glührückstand in den Wirbeln normaler Karpfen

	Teichwirtschaft A		Teichwirtschaft S		Teichwirtschaft Br
	K ₂	K ₃	K ₂	K ₃	K ₃
Rückenwirbel ..	45—46%	44—46%	49—50%	49—51%	46—48%
Lendenwirbel ..	43—46%	44—46%	49—50%	49—51%	47—48%
Schwanzwirbel .	43—46%	43—46%	49—50%	49—51%	46—49%

Vergleicht man die Wirbel der drei untersuchten Regionen, Brust-, Lenden- und Schwanzregion des Fisches untereinander, so zeigen sich keine großen Unterschiede. Dieses Ergebnis wurde bestätigt, als bei mehreren Fischen jeder Wirbel einzeln untersucht wurde. Aus der Reihe fallen lediglich der 1. Halswirbel und das fächerförmige Endstück der Wirbelsäule, die einen etwas erhöhten Kalkgehalt (48% bzw. 50,5% gegenüber 43—46%) aufwiesen.

Wie bereits erwähnt, besteht der Knochen der Wirbeltiere aus Kalkphosphaten und Kalkcarbonaten, wobei die Menge der Phosphate stets die der Carbonate übersteigt. Eine Bestimmung von Kalk und Phosphor gibt also einen guten Einblick in die Zusammensetzung des Knochens. Bei normalen und gesunden Karpfen finden wir einen durchschnittlichen Kalkgehalt von 4,2—4,9%, wobei sich wiederum Unterschiede

Tafel 2
Gehalt an Kalk und Phosphor in den Wirbeln normaler Karpfen (K₃) in Prozent der Trockensubstanz

	Teichwirtschaft A		Teichwirtschaft S		Teichwirtschaft Br	
	Ca	P	Ca	P	Ca	P
Rückenwirbel	4,4	0,8—0,9	4,8	0,94	4,18	0,88
Lendenwirbel	4,4	0,8—0,9	4,7	1,1	4,59	1,12
Schwanzwirbel	4,26	0,8—0,9	4,9	0,94	4,49	1,26

zwischen den einzelnen Wirtschaften ergeben, je nachdem wie hoch der Kalkgehalt der Teichwässer war, in denen die untersuchten Fische gelebt hatten. In früheren Untersuchungen (11) an Fischen, die aus wesentlich kalkreicheren Gewässern stammten, lag der Kalkgehalt bei 6,7%. Der P-Gehalt bewegte sich zwischen 0,8 und 1,1%, wobei wiederum Unterschiede zwischen kalkarmen und kalkreichen Gewässern beobachtet werden konnten. Von besonderem Interesse war, das Verhältnis von Ca und P aufzustellen, da man bei höheren Wirbeltieren stets ein annähernd konstantes Verhältnis dieser beiden wesentlichen Mineralbestandteile des Knochens gefunden hat. Nach den Angaben von Lintzel (8) liegt dieses bei höheren Wirbeltieren bei 2,14. Nach unseren früheren Untersuchungen lag es für gesunde Karpfen durchschnittlich bei 5,5. Bereits früher konnte darauf hingewiesen werden, daß der Unterschied in der Zusammensetzung des Fischknochens gegenüber den Knochen anderer Wirbeltiere darin besteht, daß der Kalkgehalt wesentlich höher ist, während der P-Gehalt dem der anderen Wirbeltiere ähnelt. Die Erklärung für den höheren Kalkgehalt bei den Fischen liegt vermutlich darin, daß der Fisch anderen statischen Verhältnissen unterworfen ist als die auf dem Lande lebenden Wirbeltiere. Wenn wir noch einmal zusammenfassen, so enthält der Wirbel eines normalen Karpfens durchschnittlich 45—49% Asche, der Kalkgehalt beträgt 4,2—4,9% und der P-Gehalt 0,8—1,1%.

Stellen wir diesen Zahlen der normalen Fische die der erkrankten gegenüber, wobei natürlich die Fische der einzelnen Wirtschaften auseinandergehalten werden müssen. Aus der Wirtschaft A standen mir pockenranke Karpfen mit weicher normaler Wirbelsäule und solche mit deutlich verkrümmtem Rückgrat zur Verfügung. Die in Tafel 3 angegebenen Zahlen stellen Mittelwerte aus mehreren parallelen Unter-

Tafel 3

Chemische Zusammensetzung der Wirbelerkrankter Fische
aus der Teichwirtschaft A
in Prozent der Trockensubstanz

	Karpfen mit weicher Wirbelsäule			Karpfen mit verkrümmter Wirbelsäule		
	Glüh- rückstand	Ca	P	Glüh- rückstand	Ca	P
Rückenwirbel	39	3,4	0,5	44,5	4,3	0,37
Lendenwirbel	38	3,8	0,35	48,8	4,6	0,38
Schwanzwirbel	34	3,4	0,38	45,5	4,2	0,35

suchungen dar. Bei den weichen Karpfen fällt zunächst der geringe Gehalt an Glührückstand und Kalk auf. Noch mehr als diese beiden Bestandteile des Knochens ist der Gehalt an P in den weichen Wirbelsäulen herabgesetzt. So ist es auch nicht verwunderlich, daß das Verhältnis von Ca zu P den Wert 9,6 und mehr gegenüber 5,5 bei normalem annimmt. Bei verkrümmten Wirbelsäulen dagegen sind die Werte des Glührückstandes und Kalkes gegenüber den normalen erhöht. D. h., daß diese Wirbel mehr Kalk enthalten als die gesunden. Dieser chemische Befund stimmt gut mit den Beobachtungen von Wunder (21) überein, der feststellte, daß die verkrümmte Wirbelsäule häufig äußerst brüchig erscheint. Er hatte diese Erscheinung auf eine starke Kalkablagerung in diesen Zonen zurückgeführt, ebenso wie er auch die Knötchenbildung an den Wirbelfortsätzen durch erhöhte Kalkablagerung zu erklären suchte. Auffällig ist, daß bei der Knochenweiche sowohl der Kalk- wie der Phosphorgehalt vermindert ist, aber doch nicht in dem Maße, daß das normale Verhältnis von Kalk zu Phosphor erhalten bleibt. Sondern es geht die Veränderung im Knochen in der Weise vor sich, daß z. B. der Ca-Gehalt von 4,4 auf 3,4 %, das sind um 22,7 % vermindert ist, während der Anteil des Phosphors von 0,8 auf 0,35 %, also um 56 % verringert wird. Mit anderen Worten heißt dies, daß die Verminderung des P größer ist, als die des Kalkes. Ähnliche Beobachtungen hat man auch bei Krankheiten und Schädigungen des menschlichen Skelettsystems gemacht. Man konnte bei rachitischen Erkrankungen des menschlichen Skeletts z. B. feststellen, daß die Phosphorauscheidung meist das für die normale Knochenzusammensetzung gültige Verhältnis von Ca zu P übersteigt, obwohl die Stickstoffbilanz unverändert bleibt (2). Die Folge der erhöhten Phosphorabgabe ist dann der phosphorarme Knochen. Diese Anomalität des Ca-P-Verhältnisses bleibt beim erkrankten Fisch auch im verkrümmten Knochen enthalten, denn, wenn auch eine normale oder sogar eine übernormale Kalkablagerung stattfindet (4,2—4,7 %), so bleibt doch der P-Gehalt im verkrümmten Wirbel geringer (0,35 %). Wir haben dann im verkrümmten Knochen einen überhohen Kalkanteil, der sich in der auffälligen Brüchigkeit und Sprödigkeit des verkrümmten Wirbels bemerkbar macht.

Auf die anatomischen Befunde der Wirbelsäulenverkrümmung sei hier nicht eingegangen, da sie von Wunder (21) ausführlich beschrieben sind, doch soll auf die

merkwürdige Erscheinung der „herdförmigen Skoliose“, wie es Eckardt (1) genannt hat, hingewiesen werden. Im allgemeinen wurden die Verkrümmungen in dem hinteren Teil der Lendenregion oder in der Schwanzregion beobachtet, in seltenen Fällen in der Brustregion. War die Wirbelsäule nach einer Richtung hin verbogen, so wurde diese Richtungsänderung sofort in den nächsten folgenden Wirbeln wieder rückgängig gemacht, so daß die gesamte Verkrümmung meist auf kurze Bezirke innerhalb einer Wirbelregion beschränkt blieb. Hier in diesen Wirbeln wurde dann auch stets der erhöhte Kalkgehalt gefunden. Als wir ebenso wie bei den normalen Tieren bei einigen Fischen jeden Wirbel einzeln untersuchten, zeigte sich, daß die Kalkerhöhung manchmal nur auf drei bis vier Wirbel beschränkt blieb. Anders ist es bei der weichen Wirbelsäule, bei der die Erweichung der Knochen sich auf alle Wirbel erstreckt. Fassen wir noch einmal zusammen, so haben die Analysen gezeigt, daß bei den weichen Wirbelsäulen der Kalk-Phosphor-Gehalt herabgesetzt wird. Bei verkrümmten Wirbeln ist der Kalkgehalt wieder normal oder sogar erhöht, während der P-Gehalt weiter vermindert bleibt.

Nach den bisherigen Untersuchungen ist die Knochenweiche und nachfolgende Wirbelsäulenverkrümmung meist bei solchen Fischen beobachtet worden, die entweder die Bauchwassersucht (11, 18) oder die Pockenkrankheit (21) durchgemacht haben. Bei beiden Erkrankungen ist immer wieder darauf hingewiesen worden, daß sie sicher tiefgreifende Stoffwechseleränderungen im Körper des Karpfens hervorrufen, so daß es nicht verwunderlich scheint, wenn auch der Mineralstoffwechsel in Mitleidenschaft gezogen wird. Bei den Untersuchungen über die Knochenweiche nach Bauchwassersucht (11) wurde bereits auf eine gewisse Parallelität zu der Rachitis des Menschen hingewiesen. Auch bei dieser Krankheit ist der Ca-Gehalt im erkrankten Knochen erniedrigt, wie es bei dem Karpfen der Fall ist. Es ergibt sich nun die Frage, wodurch dieses Mißverhältnis in der Zusammensetzung des Knochens hervorgerufen wird. Es besteht die Möglichkeit, daß entweder bei dem Neuaufbau des Knochens nur eine ungenügende Kalkbildung stattfindet, oder aber, daß im Laufe der Erkrankung der Kalk in den bereits ausgebildeten Knochen wieder mobilisiert und dadurch der Knochen weich wird. Den ersten Fall, daß der Knochen sofort in seiner Anlage falsch aufgebaut wird, können wir wohl ausscheiden. Wir müssen vielmehr annehmen, daß der Kalk und Phosphor bei der Erkrankung in wechselnden Mengen vom Körper in Lösung gebracht werden. Ist dies tatsächlich der Fall, so muß sich dieser Prozeß auch in der Fermentchemie des Knochens widerspiegeln. Wir haben deshalb versucht, den Fermentgehalt des gesunden und kranken Knochens zu untersuchen, wobei besonderer Wert auf die Bestimmung der Phosphatase gelegt wurde. Bei diesem Enzym handelt es sich um eine Phosphormonoesterase, deren optimale Wirkung bei pH 9,5 liegt (14). Neben der Monoesterase soll in ungereinigten Knochenpräparaten auch eine Pyrophosphatase vorhanden sein, die bei pH 7,6 optimal spaltet. Bei unseren Untersuchungen wurde nur die alkalische Phosphatase bestimmt, wobei pH -Werte zwischen 9 und 10 innegehalten wurden.

Bei Fischen ist das Vorkommen einer extrazellulären Phosphatase seit längerem bekannt und auch histochemisch im Knochen nachgewiesen (9, 10). Sie ist immer mit der Ossifikation oder Knorpelbildung verbunden. Man hat bisher beobachtet, daß eine Ablagerung von Calciumsalzen im Knochen nur in Anwesenheit von Phosphatasen vor sich geht (10).

Bei gesunden normalen Fischen konnten in unserem Fall meist nur äußerst geringe Mengen von Phosphaten nachgewiesen werden. Im allgemeinen lag der Extinktionswert bei 2—4, in Ausnahmefällen bei 9. Erhöhte Werte dagegen wurden bei Fischen mit weichen Wirbelsäulen, wie auch bei Wirbelsäulenverkrümmungen gefunden. Hier

Tafel 4

Gehalt an alkalischer Phosphatase in den Wirbeln
gesunder und kranker Karpfen

(Die Zahlen geben die Extinktionswerte $\times 100$ an. Bestimmung nach King. Messung im Zeiss-Pulfrichphotometer. Filter S 42, Kammerlänge 1 cm.)

	normale Karpfen	mit weicher Wirbelsäule	mit verkrümmter Wirbelsäule
Rückenwirbel	2—4	6	5
Lendenwirbel	0—2	5	14
Schwanzwirbel	1—3	9	2

bewegten sich die Werte zwischen 6 und 18. Die großen Mengen an Phosphatasen (alle Werte über 12), wurden bei solchen Wirbeln festgestellt, die durch ihre Deformation oder Verkrümmung schon äußerlich besonders aufgefallen waren. Während bei solchen Wirbelsäulen, die insgesamt erweicht waren, in allen Wirbeln der drei Regionen eine gleichmäßige Erhöhung der Phosphatasemenge zu verzeichnen war, fanden wir bei den Verkrümmungen die Erhöhung nur noch in der Region, die von der Verkrümmung betroffen war.

Vergleichen wir diese Befunde mit unseren Erkenntnissen über die rachitischen Erkrankungen bei Warmblütern, so ergeben sich auch hier wieder Parallelen. Es ist bekannt (2), daß die Knochen rachitischer Tiere im Verhältnis zu ihrem Gewicht stets mehr Phosphatasen enthalten als die normaler Tiere von gleichem Alter. Das würde für unsere Fische bedeuten, daß bei der Knochenweiche die Ca-Phosphate, die im Laufe des Wachstums im Knochen abgelagert waren, durch eine Neubildung oder Neuausschüttung von Phosphatasen mobilisiert werden. Bei der Verkrümmung findet dann an den besonders dafür disponierten Stellen eine erhöhte Ablagerung von Ca statt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß in ihr die Phosphatase ebenfalls eine erhöhte Wirksamkeit entwickelt. Wir finden also bei der Ausbildung der Phosphatasen in verkrümmten Wirbeln ebenso eine „herdförmige Begrenzung“, wie sie schon oben bei der erhöhten Ablagerung der Kalksalze in den deformierten Wirbeln beobachtet worden war. Wenn diese Stellen sich durch einen erhöhten Phosphatasegehalt den anderen Wirbeln gegenüber auszeichnen, so müßte sich der erhöhte Stoffwechsel auch in dem sonstigen Fermentgehalt des Wirbels ausprägen. Wir untersuchten daher auch den Gehalt an proteolytischen Fermenten gesunder und kranker Wirbel. In der Tafel 5 sind die Ergebnisse der Prüfung auf den Gehalt an Gewebskathepsin zusammengefaßt,

Tafel 5

Gehalt an Protease in den Wirbeln gesunder
und kranker Karpfen

(Menge des gebildeten Tyrosins, gemessen im Stufenphotometer,
Filter S 72, Kammerlänge 1 cm.)

	normaler Karpfen	mit weicher Wirbelsäule	mit verkrümmter Wirbelsäule
Rückenwirbel	0,8	1,35	0,85
Lendenwirbel	0,6	1,15	0,70
Schwanzwirbel	0,42	0,53	0,65

wobei die Zahlen die Menge des gebildeten Tyrosins im Verdauungsversuch unter den gegebenen Bedingungen darstellen. Wir sehen, daß die Wirbel gesunder und normaler Fische stets einen gewissen Gehalt an proteolytischen Fermenten aufweisen. Erhöht wird diese Menge in den Wirbelsäulen, die von der Knochenweiche befallen sind. In der verkrümmten und wieder verkalkten Wirbelsäule ist dann der Gehalt wieder normal. Diese Befunde geben eine sehr gute Ergänzung zu der Ausbildung der Phosphatasen im gesunden und kranken Wirbel. Beide Untersuchungen zeigen, daß im Zuge der Erkrankung insbesondere auf dem Stadium der Erweichung eine erhöhte Aktivität der Gewebsfermente stattfindet.

D. Diskussion

Die Knochenweiche tritt fast immer zu gleicher Zeit mit einer Erkrankung der Fische an Bauchwassersucht oder Pocken auf, so daß es nahe liegt, gewisse Zusammenhänge zwischen beiden Erscheinungen anzunehmen. Tomasec (20) war der erste, der die Frage stellte, ob bei dem Karpfen die Knochenweiche eine Folge der Erkrankung an Bauchwassersucht oder Pocken oder nur eine Parallelerscheinung ist. Schließlich ist aber auch daran zu denken, ob nicht die Stoffwechselstörung im Ca-P-Haushalt, die sich als Knochenweiche manifestiert, sogar ein Faktor ist, der das Entstehen der Bauchwassersucht bzw. Pocken positiv beeinflußt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Ca-Mangel die Entstehung und den Ausbruch der Bauchwassersucht begünstigt. Denn ähnliche Erfahrungen sind bei an Ostomalazie erkrankten Warmblütern gemacht, als man hier die Ursache der Knochenweiche in kalkarmer Nahrung und abnormer Säurebildung im Körper infolge eines gestörten und veränderten Stoffwechsels erkannte. Die beschriebenen anatomischen und physiologischen Symptome der Knochenweiche bestehen ebenfalls bei Rachitis als Folge eines Mangels an Calcium bzw. einer Störung des Ca- und P-Austausches im Organismus. Gewisse Hinweise gibt Haempel (3, 4, 5, 6), wenn er z. B. die Pockenkrankheit als eine Inzucht-Degenerationserscheinung ansieht, die durch ungünstige Milieuverhältnisse, u. a. auch durch Mangel an Kalk, begünstigt wird. Auch die Untersuchungen von Roegner-Aust (15), die in Karpfen mit Bauchwassersucht wie auch in solchen mit Pockenkrankheit Virusinfektionen nachweisen konnte, bestätigen die Auffassung, daß die Knochenweiche und die Erkrankungen an Bauchwassersucht und Pocken in ursächlichem Zusammenhang stehen.

E. Zusammenfassung

Die Wirbel gesunder normaler Karpfen enthalten 45—50 % Asche, 4,2—5 % Calcium und 0,8—1,1 % Phosphor.

Bei Knochenweiche wird der Kalk- und Phosphorgehalt im Wirbel herabgesetzt. Im verkrümmten Wirbel ist der Kalkgehalt wieder normal, während der P-Gehalt weiter vermindert bleibt.

Im gesunden Wirbel lassen sich nur geringe Mengen alkalischer Phosphatase nachweisen. Bei Knochenweiche wird der Gehalt in allen Wirbeln erhöht, wogegen bei verkrümmter Wirbelsäule eine Erhöhung nur in der Region nachzuweisen ist, die von der Verkrümmung betroffen ist.

Der Gehalt an proteolytischen Fermenten (Kathepsin) wird in den Wirbeln, die von der Knochenweiche befallen sind, erhöht. Im verkrümmten Wirbel entspricht er dem normaler Wirbel.

Es wird versucht, Zusammenhänge zwischen der Erkrankung an Bauchwassersucht bzw. Pocken und dem Auftreten der Knochenweiche und nachfolgender Wirbelsäulenverkrümmung zu finden.

F. Summary

The vertebra of sound normal carps contain 45 to 50 % ash, 4,2 to 5 % Calcium and 0,8 to 1,1 % Phosphor.

In case of Rachitis the calcium and phosphor content in the vertebra is reduced. In the deformed vertebra the calcium content is normal again, whereas the P-content continues to be reduced.

In the sound vertebra one can only prove small quantities of alcalic phosphatase. With rachitis the content is increasing in all vertebrae, whereas with the crooked backbone an increase can only be found in the deformed region.

The content of proteolytic ferments (Kathepsin) is increasing in the vertebrae suffering from rachitis. In the crooked vertebra it corresponds to the normal vertebra.

It is tried to find relations between ascites or epithelioma papulosum and the appearance of rachitis and the succeeding deformation of the vertebral column.

G. Schrifttum

- 1 Eckardt, H.: Wirbelsäulenverkrümmung beim Karpfen und ihre Entstehung, zugleich ein Beitrag zur Theorie der Skolioseentstehung beim Menschen. *Z. orthop. Chir.* 60, 1933.
- 2 György, P.: Umsatz der Erdalkalien und des Phosphats. *Handb. d. norm. u. pathol. Physiologie*, Bd. 16, 2.
- 3 Haempel, O.: Die Pockenkrankheit des Karpfens — eine Avitaminose. *Österr. Fischztg.* 22, 1925.
- 4 Haempel, O.: Die Pockenkrankheit des Karpfens. *Österr. Fischztg.* 26, 1929.
- 5 Haempel, O.: Neue Untersuchungsergebnisse über die Pockenkrankheit der Cypriniden. *Österreichs Fischerei* 3, 1950.
- 6 Haempel, O.: Neue Untersuchungen über die Pockenkrankheit der Fische. *Arch. Fischereiw.* 3, 1951.
- 7 King, E. J.: *Micro-Analysis in Medical Biochemistry*. London 1946.
- 8 Lintzel, W.: Der Mineralstoffwechsel in O. Mangold: *Hdb. d. Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere*. Berlin 1931.
- 9 Lorch, I. J.: The Distribution of Alkaline Phosphatase in Relation to Calcification in *Scyliorhinus canicula*. *Quarterly Journ. Microsc. Science* 90, 2, 1949.
- 10 Lorch, I. J.: The Distribution of Alkaline Phosphatase in the Skull of the Developing Front. *Quarterly Journal. Microsc. Science* 90, 4, 1949.
- 11 Mann, H.: Knochenweiche und Wirbelsäulenverkrümmung bei Karpfen nach Erkrankung an ansteckender Bauchwassersucht. *Zool. Anz.* 131, 1940.
- 12 Reuß, H.: Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Fischkörpers unter dem Einfluß seines Wachstums und des Wassers. 1908.
- 13 Reuß, H.: Die Bedeutung des Kalkes für das Wachstum des Karpfens. *Allg. Fischztg.* 33, 1908.
- 14 Robinson, R.: Die Knochenphosphatase in Baumann-Myrbäck: *Methoden d. Fermentforschung*, Leipzig 1941.
- 15 Roegner, S. u. Schleich, F.: Zur Ätiologie einiger Fischkrankheiten. *Z. f. Naturforschung* 6 b, 1951.
- 16 Schäperclaus, W.: Der Erreger der ansteckenden Bauchwassersucht und seine Begleiter. *Z. f. Fischerei* 37, 1939.
- 17 Schäperclaus, W.: *Fischkrankheiten*. Braunschweig 1941.
- 18 Schäperclaus, W. u. Mann, H.: Das Auftreten von Punctata-Infektionen bei Karpfen in verseuchten und nichtverseuchten Teichwirtschaften und sein Zusammenhang mit dem Ausbruch akuter Bauchwassersucht. *Z. f. Fischerei* 37, 1939.
- 19 Staff u. Sawicki: Die Pockenkrankheit des Karpfens (Epithelioma papulosum) als wachstumshemmender Faktor. *Z. f. Fischerei* 34, 1935.
- 20 Tomasec, J.: *Rib. Jugosl.* 4, 1949. (Nur im Auszug zugänglich.)
- 21 Wunder, W.: Beobachtungen über Knochenerweichung und nachfolgende Wirbelsäulenverkrümmung beim Karpfen (*Cyprinus carpio*). *Z. f. Fischerei* 32, 1934.
- 22 Wunder, W.: *Fortschrittliche Karpfenteichwirtschaft*. Stuttgart 1949.