

Einflüsse physiologischer und chemisch-physikalischer Art auf die Blutzellen bei Knochenfischen.

Von Josef Schlicher.

Über die Zahlenverhältnisse der roten und weissen Blutkörperchen bei den Fischen waren wir bisher nur dürftig unterrichtet. Die wenigen Untersuchungen aber, die bisher vorlagen, liessen schon ahnen, dass die Blutzellen manchen Einflüssen und Schwankungen unterworfen sind, wie solche schon von Zepp und Heesen im Bonner Zoologischen Institut bei Amphibien nachgewiesen werden konnten. Zur Klärung waren umfangreiche Nachforschungen unbedingt erforderlich. Mir war eine doppelte Aufgabe gestellt: einerseits jahreszeitliche Einflüsse, anderseits Einflüsse speziell physiologischer und chemisch-physikalischer Art, nämlich des Alters und Nahrungsmangels, des Salzgehaltes, der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes, nachzuprüfen. Um einemöglichst zuverlässige Übersicht zu gewinnen, musste sowohl Arten- als Individuenzahl auf ein Höchstmass ausgedehnt werden. Insgesamt untersuchte ich 651 Fische aus 17 verschiedenen Arten; die Untersuchung beschränkte sich auf Knochenfische. Die Untersuchungszeit dauerte von Anfang April 1925 bis Ende April 1926.

Auf die Untersuchungsmethoden kann ich nur ganz kurz eingehen. Die Blutentnahme geschah stets aus dem Herzen (meist aus der Herzkammer). Vor dem Töten — durch Aufschlagen auf eine Kante — brachte ich kleinere Tiere in ein Zylinderglas, in dem sich etwas Wasser mit einigen Chloroformtropfen befand. Durch das Chloroform wurde ein Zurücktreten des Blutes aus den Kiemen und so ein Anschwellen des Herzens hervorgerufen. Infolge der überaus leichten Gerinnbarkeit des Fischblutes nahm ich in den ersten Monaten meiner Untersuchungszeit eine Injektion mit $\frac{2}{10}$ ccm 5% iger Ammoniumoxalatlösung vor. Eine merkliche Verdünnung trat dadurch nicht ein. Aber bei der Bachforelle, der Regenbogenforelle und der Groppe (*Cottus gobio*) liess sich ohne Injektion trotz grösster Schnelligkeit bei der Blutentnahme die Gerinnung nicht vermeiden. Worauf die leichte Gerinnbarkeit des Fischblutes beruht, ist mir nicht bekannt. Die Verdünnung des Blutes erfolgte in Hayem'scher Lösung. Die Zählung wurde in der Zeiss-Bürker'schen Zählkammer vorgenommen; zur Zählung der roten Blut-

körperchen wurden in jeder Abteilung der Kammer 80 Quadrate, zur Zählung der weissen je 100 Quadrate ausgezählt. Nach Feststellung des Längen- und Querdurchmessers der Erythrozyten — aus 10 Messungen wurde das Mittel genommen — rechnete ich, indem ich die Zellen als ellipsenförmige Scheiben betrachtete, nach der Formel $2 \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \pi$ die Oberfläche aus. Die Hämoglobinbestimmungen nahm ich mit dem Hämometer nach Sahli vor.

Zunächst will ich in kurzen Zügen auf das Verhalten der Blutzellen im jahreszeitlichen Wechsel eingehen. Um möglichst zuverlässige Zahlen zu erhalten, wurden die Tiere mit verschwindend wenigen Ausnahmen noch am Tag des Fanges untersucht. Es wurden ein ganzes Jahr hindurch untersucht: Karpfen, Karauschen, Schleien und Rotaugen (*Leuciscus erythrophthalmus*) als Cypriniden, Barsche als Stachelflosser. Ich will die Arten nicht einzeln durchsprechen, sondern eine allgemeine Charakteristik geben, dabei aber wesentliche Unterschiede besonders hervorheben. Allgemein findet sich im Frühjahr vor dem Laichen ein Anstieg der roten Blutkörper, wohl in Anpassung an die gesteigerten Lebensprozesse. Ganz deutlich ist sodann mit dem Laichen ein erheblicher Sturz verbunden. Beim Barsch fallen die roten Blutkörperchen z. B. von 1 900 000 auf 900 000. Die Ursache ist wohl die Erschöpfung infolge des Laichgeschäftes. Schnell steigt darauf die Kurve wieder an, um im Herbst etwas zu sinken. Im Winter finden wir hohe Erythrozytenzahlen, bei den Schleien sind sie die höchsten während des Jahreskreislaufes überhaupt. Die hohen Winterzahlen scheinen zunächst unverständlich, wenn man den geringen Stoffwechsel während der kalten Jahreszeit in Erwägung zieht. Es gibt verschiedene Erklärungsmöglichkeiten. Vielleicht nimmt der Wassergehalt ab oder es ist weniger Nahrungsflüssigkeit im Blut. Dagegen spricht jedoch die Tatsache, dass bei Tieren mit und ohne Darminhalt die Zahlen die gleichen waren. Es ist auch nicht auszuschliessen, dass der geringe O₂-Gehalt am Boden oder im Schlamm eine Vermehrung nötig macht — trotz des geringen O₂-Bedarfs bei der Überwinterung. Oder beruht die Zunahme darauf, dass das Hämoglobin bei kälteren Temperaturen vielleicht weniger O₂ bindet?

Bei geschlechtsreifen Tieren bestehen geschlechtliche Unterschiede bezüglich der Erythrozytenzahl. Bei den Männchen beträgt sie einige % mehr als bei den Weibchen. Bei den Weibchen sind die Zellen grösser; aber der Unterschied ist nicht so gross, dass dadurch der Zahlenunterschied ausgeglichen wird und so die Gesamtoberfläche in einem cmm Blut die gleiche bei beiden Geschlechtern ist. Die Männchen bleiben also immerhin im Vorteil, sie weisen ein grössere Oberfläche zur O₂-Aufnahme auf.

Die Oberfläche der roten Blutzellen ist einem ganz eigentümlichen und gesetzmässigen Wechsel unterworfen. Im Sommer sind die Zellen kleiner als im Winter. Die noch zu erwähnenden Temperaturversuche zeigen deutlich, dass die wechselnde Oberfläche in unmittelbarem Zusammenhang mit der Wassertemperatur steht. Dafür spricht auch die Tatsache, dass im jahreszeitlichen Wechsel die Übergänge ganz allmähliche sind. Bei den Karauschen ist das Minimum der Oberfläche im Juli—August mit $166,1 \mu^2$, das Maximum im Dezember mit $216,1 \mu^2$; beim Karpfen sind die entsprechenden Zahlen $125,6 \mu^2$ und $166,1 \mu^2$. Vielleicht ermöglicht die grössere Oberfläche im kälteren Wasser eine leichtere O_2 -Bindung, finden sich ja gerade im Winter auch die hohen Erythrozytenzahlen.

Bei den Männchen ist der Hämoglobingehalt um einige % höher als bei den Weibchen.

Ein in mancher Hinsicht abweichendes Verhalten weisen die Karpfen auf. Nun ist zu berücksichtigen, dass, um Einflüsse der Geschlechtsreife auszuschalten, zweisömmerige, nicht geschlechtsreife Tiere untersucht wurden. Bei ihnen sehen wir in der Tat zur Laichzeit (Juni—Juli) keinen Erythrozytensturz. Hinsichtlich der Grösse und des Hämoglobingehaltes konnte ich ebenfalls keine geschlechtlichen Unterschiede wahrnehmen. Im Vergleich zu den übrigen Cypriniden ist die Erythrozytenoberfläche gering; Kontrolluntersuchungen an geschlechtsreifen Karpfen zeigten eine erheblich grössere Oberfläche. Dieser merkwürdige Befund berührt sich mit Untersuchungen von O. Weiss; er fand bei jungen Karpfen kleinere Muskelzellen als bei erwachsenen Tieren. Die Zahl der weissen Blutkörper war sehr hoch. Während die Jahresdurchschnittszahl bei der Karausche 51 000, bei der Schleie 52 000 und beim Barsch 40 000 beträgt, ist sie bei den zweisömmerigen Karpfen 85.000. Die Vergleiche mit grösseren Tieren bestätigten die Vermutung, dass die hohe Leukozytenzahl eine Eigentümlichkeit der jungen Tiere ist.

Für die Zahl der weissen Blutkörperchen erweist sich die Temperatur als der ausschlaggebende Faktor: Minimum im Winter, Maximum im Sommer, so bei der Karausche 25 000 (Dezember) und 80 000 (Juni—August), bei der Schleie 15 000 und 70 000. Der Verlauf der Kurve beim Barsch ist ein anderer als bei den Cypriniden. Bei letzteren bleiben sich die Zahlen während der Sommermonate ziemlich gleich; beim Barsch wird das Maximum (100 000) schon im Mai erreicht, um dann allmählich bis zum Herbst und Winter abzufallen (25 000). Bei den Kaltblütern ist ja die Temperatur von einschneidender Bedeutung für den Stoffwechsel; die infolgedessen jahreszeitlich wechselnden Lebensprozesse mögen auch die Leukozytenzahl beeinflussen. Wie bei einer Reihe anderer Raubfische sind die Zahlen der weissen Blutkörperchen beim Barsch kleiner

als bei den Cypriniden. Vielleicht hängt dieser Unterschied mit der Ernährungsweise zusammen. Das Rotauge, in dessen Darm ich vorwiegend pflanzliche Nahrung fand, erreicht sogar ein Jahresmittel von 120 000. Beim Rotauge fand ich die absolut höchsten Leukozytenzahlen überhaupt (bis zu 225 000).

Bei den Versuchen zur Feststellung der Einflüsse physiologischer und chemisch-physikalischer Art bedurfte es in erster Linie des Experimentes. Dieses ist bei Fischen erheblich zuverlässiger als bei Amphibien. Bei letzteren lassen sich Fehlerquellen, die durch Verdunstung hervorgerufen werden, kaum vermeiden. Bei Fischen kommt eine Eindickung des Blutes infolge Verdunstung nicht in Frage, da man sie in ihrem natürlichen Medium, dem Wasser, belassen kann.

Wir hörten schon, dass nicht geschlechtsreife Karpfen keine geschlechtlichen Unterschiede in Zahl und Grösse der Erythrozyten sowie im Hämoglobingehalt zeigten. Auch war ja die Zahl der Leukozyten bei den jungen Tieren erheblich höher als bei den älteren, geschlechtsreifen. Untersuchungen an jungen Karauschen, Schleien, Hechten und Stichlingen ergaben, dass auch bei ihnen die Zahlen der weissen Blutzellen 200—300% höher sind. Aber diese Unterschiede finden sich nur zur warmen Jahreszeit, im Winter sind die Zahlen bei den verschiedenen Altersstufen ausgeglichen. Erklärlicherweise sind zur kalten Jahreszeit die Stoffwechselprozesse in gleicher Weise zurückgegangen und vor allem die Wachstumsvorgänge eingestellt. Wie bei den jungen Karpfen waren auch bei jungen Karauschen, Goldfischen und Hechten die Erythrozyten kleiner, nicht aber bei den Schleien und Stichlingen.

Zur Feststellung des Einflusses des Nahrungsmangels liess ich Schleien, Goldfische und Barsche 1—3 Wochen hungern, gleichzeitig hielt ich unter sonst gleichen Bedingungen gefütterte Kontrolltiere. Die Wirkung war eine durchaus verschiedene. Während Goldfische und Barsche keine Veränderung der Leukozytenzahlen zeigten, trat bei Schleien schon nach einer Woche Hungerzeit eine erhebliche Verminderung ein. Die Leukozyten sanken bei einem Versuch von 73 000 auf 18 000 (trotz Temperaturerhöhung!). Dagegen hatten Karauschen, die nachweislich von Dezember bis März in gleichmässig temperiertem Wasser ohne Futter blieben, nach dieser Zeit die dreifache Leukozytenzahl erreicht.

Im Zusammenhang hiermit möchte ich einige auffallende pathologische Befunde im Blutbild erwähnen, die mir während der Untersuchungszeit zu Gesicht kamen. Vier Karauschen mit einer bindegewebigen Geschwulst an den vollständig atrophierten Gonaden liessen eine erhebliche Leukopenie erkennen. Krankheitserreger waren weder in frischen Präparaten noch auf Mikrotom-

schnitten zu sehen. Die geringe Leukozytenzahl ist vielleicht daraus zu erklären, dass die Blutkörperchen in Ausübung der Polizeifunktion im Organismus an die kranke Stelle gewandert sind. Die folgende Tabelle zeigt die Zahlenverhältnisse.

Datum	Gewicht g	Gewicht der Ge- schwulst g	Zahl der r. B.	Zahl der w. B.	Monatszahlen der gesunden Tiere
30. 6. 1925	156	3,5	745 000	25 750	900 000, 80 000
26. 8. "	180	6,8	595 000	13 500	1 000 000, 80 000
26. 9. "	327	11,5	315 000	14 500	700 000, 50 000
15. 4. 1926	480	4,5	815 000	17 500	800 000, 50 000

Anämie infolge Infizierung mit *Saprolegnia* konnte ich bei Goldfischen nachweisen. Die Übersicht macht klar, dass bei den kranken Tieren die roten Blutkörperchen auf die Hälfte zurückgegangen sind.

Datum	Zahl der r. B.	Zahl der w. B.
Gesunde Tiere:		
11. 3. 1926	1 830 000	32 000
"	2 150 000	24 000
"	1 630 000	26 500
Mit <i>Saprolegnia</i> infizierte Tiere:		
11. 3. 1926	690 000	28 500
12. 3. "	965 000	26 250
16. 3. "	850 000	37 750

Anämien unbekannter Ursache stellte ich bei einem Barsch, einer Schleie und vier Karpfen fest. Am 30. 6. 1925 untersuchte ich einen zweiseimigeren weiblichen Karpfen mit ganz blassen Kiemen, das Blut war weisslich trüb. Selbst im unverdünnten Blut war kein einziges rotes Blutkörperchen zu finden. Die Leukozytenzahl weicht wenig von dem Monatsmittel der normalen Tiere ab. Wir haben hier das unglaubliche Beispiel, dass ein Fisch ohne Hämoglobin lebt und atmet! Über die weiteren Befunde gibt die folgende Vergleichsübersicht Auskunft.

Barsch:	5. Sept. 1925	182 000 (1 000 000)
Schleie:	14. Juli "	65 000 (1 250 000)
Karpfen:	11. Jan. 1926	340 000 (1 200 000)
	8. Febr. "	225 000 (1 250 000)
	15. März "	85 000 (1 450 000)

Nun habe ich die Einflüsse des Mediums zu besprechen, es handelt sich um den Salzgehalt, die Temperatur und den Sauerstoffgehalt. Was die Prüfung des Einflusses des Salzgehaltes angeht, so kamen zur Untersuchung nur Arten in Frage, die sowohl im Salz- als im Süßwasser vorkommen, wie der Aal und der Stichling. Zum mindesten mussten es nah verwandte Arten sein wie die *Cottus*-Arten. Im August 1925 konnte ich an der Biologischen Anstalt Helgoland Aale, Stichlinge, *Cottus scorpius* und *Cottus bubalis* untersuchen. Kurz vorher oder kurz nachher fanden in Bonn die Kontrolluntersuchungen an Süßwassertieren statt. Ausserdem setzte ich im Frühjahr 1926 Stichlinge und Barsche experimentell verschieden hohen Salzkonzentrationen aus. Alle Resultate waren eindeutig. Sowohl Zahl als Grösse der roten Blutkörperchen sind nur sehr geringen Schwankungen unterworfen, dasselbe gilt für den Hämoglobingehalt. Die Zahl der weissen Blutkörperchen ist nur bei den *Cottus*-Arten abweichend; als Süßwasserform wurde *Cottus gobio* untersucht. Wir können also schliessen, dass das Meerwasser, das sonst von einschneidendem Einfluss auf die Wasserbewohner ist, auf die Blutbeschaffenheit der Fische, die sich einmal dem Leben im Süß- und Salzwasser angepasst haben, weniger grossen Einfluss ausübt.

Die Temperaturversuche sollten für manche Erscheinungen, die bei Verfolgung der Blutverhältnisse im Jahreskreislauf auftraten, eine Erklärung geben. Die Versuchstiere wurden jeweils verschieden hohen Temperaturen ausgesetzt. Blieben die Tiere (Goldfische und Barsche) 8–14 Tage in einer Temperatur von 25° bzw. 12 – 15° , so betrug am Ende des Versuches die Unterschiede in der Leukozytenzahl 50–100% mehr zugunsten der Tiere im warmen Wasser. Aber auch die Grösse der roten Blutkörper erlitt eine Beeinflussung; im wärmeren Wasser waren die Blutzellen stets kleiner, die Unterschiede sind 5–20% zugunsten der Oberfläche im kälteren Wasser. Die Leukozyten nehmen unabhängig vom Nahrungsmangel zu (nicht bei Schleien!). Bei den roten Blutkörperchen ist keine Zahlenabänderung ersichtlich; es ist nicht ausgeschlossen, dass doch längerer Aufenthalt in kälterem oder wärmerem Wasser eine Änderung mit sich bringt. Fragen wir uns, worauf die Leukozytenzunahme beruht, so darf man wohl annehmen, dass infolge der Temperaturerhöhung ein stärkerer Stoffwechsel stattfindet und daher eine Zunahme der weissen Blutkörper notwendig wird. Doch wie kommt die Oberflächenveränderung zustande? Sie kann wohl kaum durch Neubildung der Blutkörperchen stattfinden; in 10–14 Tagen dürfte unmöglich eine Regeneration der Leukozyten eintreten. Ich halte daher den Oberflächenwechsel für eine Quellungserscheinung. Es war noch nachzuprüfen, binnen welcher Zeit sich die genannten

Reaktionen schon bemerkbar machen. Es fragte sich vor allem, woher die Leukozyten stammen, ob sie aus einem Reservelager in die Blutbahn eintreten (Verschiebungsleukozytose) oder neu gebildet werden. Wenn letzteres der Fall war, musste die Reaktionszeit doch eine gewisse Spanne dauern. Zur Klärung wurden Barsche, die sich vor Beginn des Versuches in 9° warmem Wasser befanden, schon nach einem Aufenthalt von 22—29 Stunden in 15—17° warmem Wasser untersucht. Sie unterschieden sich noch nicht von den Ausgangstieren. Das Ergebnis legt den Schluss nahe, dass sowohl Oberflächenveränderung der Erythrozyten als Zunahme der Leukozyten doch eine gewisse Zeit erfordert.

Über den Einfluss des Sauerstoffmangels auf das Blut des Menschen und der Tiere — ich denke an die Erscheinungen im Höhenklima —, sind wir uns bisher noch nicht ganz klar. Insbesondere gehen die Meinungen darüber auseinander, ob eine wirkliche Vermehrung der roten Blutkörperchen im Hochgebirge eintritt und ob sie tatsächlich auf den verminderten O₂-Druck zurückzuführen ist. Es gibt aber auch andere Erklärungsmöglichkeiten. Die ultravioletten Strahlen sollen eine längere Lebensdauer der roten Blutkörperchen und so eine relative Vermehrung herbeiführen. Andererseits glaubt man, dass bei der peripherischen Blutentnahme vasomotorische Einflüsse mitwirken. Auch dachte man an eine Eindickung des Blutes infolge der stärkeren Verdunstung an höher gelegenen Orten. All diese Faktoren kommen bei O₂-Versuchen an Fischen nicht in Frage, zumal ja auch Kontrolltiere vorhanden waren. Wenn nun wirklich eine Vermehrung festzustellen war, musste man im O₂-Mangel die Ursache sehen. Ich benutzte als Versuchstiere Karauschen, Goldfische und Barsche. Ein Teil der Aquarien (alle Aquarien waren ohne Pflanzen) wurde mittels einer elektrisch betriebenen Luftpumpe ausgiebig durchlüftet, die übrigen Aquarien blieben ohne künstliche Durchlüftung. Die O₂-Bestimmungen wurden nach der Winkler'schen Methode vorgenommen. Während bei Karausche und Goldfisch im O₂-armen Wasser nach 14 Tagen eine bedeutende Erythrozytenzunahme eintrat, waren die Versuche beim Barsch negativ, d. h. es erfolgte keine Zunahme der Blutkörperchen. Bei den Karauschen zeigte sich eine doppelte Anpassungsfähigkeit. Hielt ich die Tiere in 15° warmem Wasser, so stieg die Zahl im O₂-armen Wasser um 50% an; blieben die Versuchstiere in 8—10° warmem, also kühlerem Wasser, dann blieb die Erythrozytenzahl im O₂-armen Wasser unverändert — im Vergleich zu mehreren bei Anfang des Versuches untersuchten Tieren —, die der Fische im O₂-reichen Wasser ging dagegen um 50% zurück. Also eine Anpassung nach „oben“ und „unten“ hin. Bei zwei Goldfischversuchen nahm die Zahl der roten Blutkörperchen im

O₂-armen Wasser um 33% und 37% zu. Wie schon angedeutet war bei den Barschen keine Reaktion ersichtlich, trotzdem die O₂-Bestimmung grosse Unterschiede angibt. Dem Barsch scheint also eine Anpassungsfähigkeit abzugehen, wie ja auch der Barsch empfindlicher gegenüber O₂-armem Wasser ist. Ich glaube durch meine Versuche gezeigt zu haben, dass der tierische Organismus auf O₂-Mangel in ausgleichender Weise durch Zunahme der roten Blutkörperchen zu reagieren vermag. Und so mögen meine Ergebnisse, die sicher noch der Ergänzung bedürfen, auch ein ganz bescheidenes Licht auf die Blutphysiologie des Höhenklimas werfen.

Konnte ich auch nur die Hauptergebnisse streifen, so liessen sie doch schon erkennen, in welchem hohem Grade die Tiere mit wechselwarmem Blut den Einflüssen ihrer Umwelt ausgesetzt sind. Sie zeigten uns zugleich, dass die eigenwarmen Tiere dem Kampf ums Dasein weit besser gewachsen sind.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [83](#)

Autor(en)/Author(s): Schlicher Josef

Artikel/Article: [Einflüsse physiologischer und chemisch-physikalischer Art auf die Blutzellen bei Knochenfischen. A012-A019](#)