©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Zur Ätiologie der Gasblasenkrankheit der Fische von Warmbad Villach

Von Erika Reithofer-Jandl

INHALT:

1. Einleitung 68
2. Material und Technik 70
3. Ökologische Verhältnisse 73
4. Beobachtungen 78
5. Experimenteller Nachweis der Krankheitsursache 80
6. Ergebnisse der Gasanalysen 84
7. Physiologie 86
8. Anatomie und Histologie 87
9. Diskussion 91
10. Zusammenfassung 92

1) Einleitung

Neben anderen, zum Teil thermophilen Organismen leben in den Thermen von Warmbad Villach folgende Fische:

1) autochthon:
Gobio gobio L., Gründling
Squalius cephalus L., Aitel
Esox lucius L., Hecht

2) allochthon:
Barbus plebejus BONAP., Tiberbarbe
(vermutlich durch die Römer eingeführt.)

Neben den genannten Arten kommen noch die von Herrn Winkler in der Zierfischanlage gezüchteten vor, von denen sich besonders *Lebistes reticulatus* PETERS enorm vermehrt und stark verbreitet hat.

An diesen Fischen kann man regelmäßig zur Zeit der Quellschüttung der nicht ständig fließenden Quellen (Frühjahr und Herbst) eine Krankheit beobachten, die sich darin äußert, daß einerseits das Abdomen durch Gasfüllung der Schwimmblase stark aufgetrieben ist, andererseits ein von Gasabscheidung begleiteter Exophthalmus auftritt und zwar in so hohem Maße, daß bei manchen Tieren das Auge aus der Augenhöhle heraustritt (Abb. 1, Abb. 2). Hin und wieder kommt es auch vor, daß sich unter der Epidermis, vor allem im Kopfbereich, Gasödeme bilden, oder im Anschluß an den Exophthalmus sekundäre Schäden (Abb. 3) auftreten.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

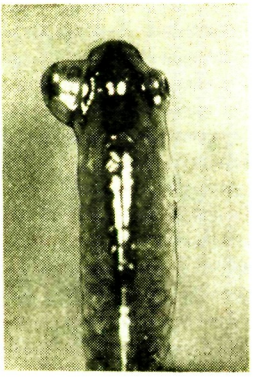


Abb. 1

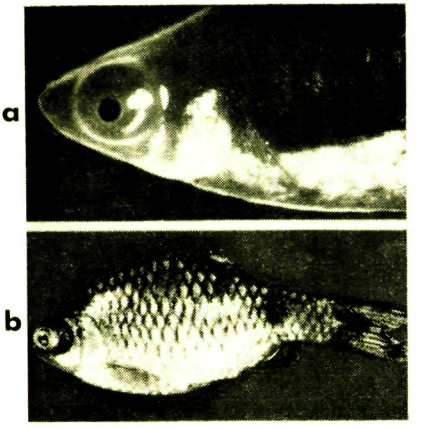


Abb. 2

Abb. 1: *Xiphophorus helleri* HECKEL, erkrankt; Exophthalmus beiderseits, besonders stark am linken Auge. Gefangen am 20. 1. 1961 in der Zierfischanlage.

Abb. 2: a) *Xiphophorus*, erkrankt; starker Exophthalmus. Gefangen am 20. 4. 1961 in der Zierfischanlage an der Bahnquelle.
b) *Barbus conchonius HAM.*, erkrankt; starker Exophthalmus. Gefangen am 9. 5. 1962 in der Zierfischanlage an der Bahnquelle.

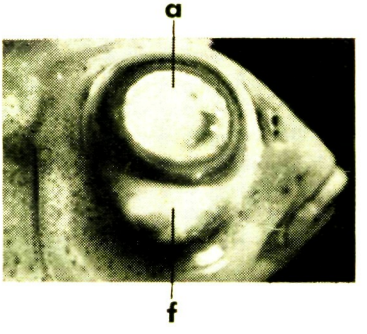


Abb. 3: *Barbus conchonius* HAM., erkrankt; im Bereich des exophthalmatischen Auges (a) hat sich ein Fibrom (f) gebildet. Fixiert.

Selten wies ein Individuum zwei oder sogar alle drei Symptome auf. — Die Fische mit dem aufgetriebenen Abdomen, durchwegs Physoclisten, waren in ihrer Fortbewegung stark behindert; sie zappelten an der Wasseroberfläche, teilweise ragten sie sogar bis zur Hälfte aus dem Wasser, so daß es am Rücken durch Austrocknung zu nekroseähnlichen Veränderungen kam.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Der Exophthalmus wurde bereits 1934 von STROUHAL an Aiteln beschrieben und als chemische Schädigung durch Einleitung von gechlortem Wasser und Kupfersulfat aus dem Badebassin gedeutet.

Nach Anlage einer Wasserpflanzen- und Zierfischzüchterei im Bereich der Bahnquelle (Tschamerquelle) fiel die Krankheit wieder auf, wobei die von STROUHAL (1934) genannten Ursachen ausscheiden, da es ausgeschlossen ist, daß Chlorkalk oder Kupfersulfat in das Wasser der Bahnquelle gelangen können.

Die bei den Fischen auftretenden Krankheitssymptome mußten demnach durch das natürliche Thermalwasser ausgelöst werden, ein pathogener Effekt, dem in Hinblick auf die erwiesene therapeutische, in ihrem Mechanismus noch keineswegs geklärte Wirksamkeit des Villacher Thermalwassers auf den Menschen, möglicherweise eine allgemeine Bedeutung zukommen könnte. Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, den oder die Faktoren festzustellen, welche die Krankheit auslösen und sie womöglich experimentell zu reproduzieren, was nicht zuletzt dank der wirksamen Unterstützung durch die Direktorin der Villacher Thermen (Frau Doktor Lukeschitsch) erreicht werden konnte.

Ihr, Herrn Univ.-Prof. Kahler und Herrn Winkler, dem Inhaber der Zierfischzüchterei, sei für ihr Entgegenkommen herzlichst gedankt.

Herrn Prof. Dr. E. Reisinger danke ich für die Überlassung des Themas und fachliche Hilfe.

2) Material und Technik

a) Material

Aus Villach wurden verwendet:
Lebistes reticulatus PETERS
Xiphophorus helleri HECKEL
Barbus conchonius HAM.

Alle Tiere aus Villach waren erkrankt. Sie wurden entweder sofort nach dem Fangen zur Gasentnahme verwendet oder fixiert oder lebend in Kannen ins Zoologische Institut der Universität Graz transportiert.

Im Institut wurde mit folgenden Arten experimentell gearbeitet:
Gambusia affinis BAIRD et. GIRARD,
aus dem Palû südlich von Rovinj (Jugoslawien),
auf künstlichen Einsatz durch SELLA zurückgehend.
Lebistes reticulatus PETERS
Barbus conchonius HAM.
Macropodus viridi-auratus LACÉP.

Letztere wurden aus institutseigener Nachzucht im Spätherbst 1961 in ein Becken der Villacher Anlagen eingesetzt. Bereits im darauffolgenden Frühjahr zeigten sie einen starken Krankheitsbefall.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

b) Einbetten und Fixieren:

Als Fixierungsmittel wurde Bouin verwendet; vor der Fixierung wurden die Tiere in Urethanlösung betäubt. Die Einbettung erfolgte in Paraffin vom Schmelzpunkt 56° C—58° C über Alkohol, Methylbenzoat, Benzol, Benzol-Paraffin. Zur Entkalkung wurden dem 70%igen Alkohol einige Tropfen Salpetersäure beigeben und das Objekt, je nach Größe, 6—21 Tage in dem Gemisch belassen.

Bei den weiblichen Individuen mußten die Ovarien vor dem Einbetten entfernt werden, da diese wegen ihrer Härte das Schneiden behindert hätten.

Die Objekte wurden in Schnitte von 10 μ zerlegt. Zur Färbung wurde Hämatoxylin nach Ehrlich und Eosin verwendet; das Hämatoxylin wurde fallweise durch Gallocyanin ersetzt. Ausgezeichnete Ergebnisse ergab auch die Kernechtrot-Mallory-Färbung nach REISINGER.

c) Apparatur und Technik der Gasanalysen

Methode:

Nach eingehender Besprechung mit Dr. BERGER von der Biologischen Station Lunz/See und einschlägigen Voruntersuchungen*), wurde für die mikroskopische Gasanlyse die von SCHWARZ (1935) ausgearbeitete Methode verwendet, die sich vorzüglich bewährt hat, bei der jedoch einige Änderungen notwendig waren.

*) Die im medizinisch-chemischen Institut der Universität und in den chemischen Universitätsinstituten üblichen Routine-Methoden erfordern so große Gasmengen, daß sie technisch undurchführbar waren.

Apparatur:

Ein Mikroskop mit schwacher Vergrößerung ist mit einem Okular-Mikrometer zur Messung der Luftblasengröße versehen. Auf einem Blockschälchen wird ein hohlgeschliffener Objektträger so angebracht, daß man von beiden Seiten mit einer Absorptionspipette an die darunter liegende Gasblase heran kann. Der Raum unter dem Objektträger wird von SCHWARZ als Analysenbrücke bezeichnet und ist der Ort zur Aufnahme des Analysengases.

Die Absorptionspipette ist eine gewöhnliche 2 ccm Injektionsspritze (Rekordspritze), an die statt der Nadel ein fein ausgezogenes, an der Spitze rechtwinklig gebogenes Glasröhrchen befestigt ist.

Zur Füllung des Blockschälchens wird ein Gemisch von 200 ccm Glyzerin mit einem Tropfen Normalsalzsäure verwendet, welches gut durchgeschüttelt und mit Atmosphärenluft abgesättigt werden muß.

Zur Kohlensäureabsorption dient eine starke Kalilauge (etwa 25 Gewichtsprozent enthaltende Lauge), die vor dem Einfüllen in die Absorptionspipette mit Rosolsäure intensiv rot gefärbt wird.

Die Sauerstoffabsorptionsflüssigkeit wird folgendermaßen hergestellt: ein mit Kalilauge gefülltes Schälchen wird durch eine Paraffinölschicht vor Luftzutritt geschützt. Sodann werden einige Pyrogallolkristalle unter die Paraffinölschicht in die Kalilauge gebracht. Sobald sich

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

die Pyrogallolkristalle gelöst haben (dies zeigt sich durch eine schwache Braunfärbung der Lösung), kann die Flüssigkeit in die Absorptionspipette aufgezogen werden. Wichtig ist, daß die Außenwand der Absorptionsspritze nach dem Füllen sorgfältig mit Filterpapier abgewischt wird, damit kein Paraffinöl in die Analysenflüssigkeit eingebracht werden kann.

Gang der Analyse

Das zu untersuchende Gas wird mittels einer Pipette unter den Objektträger gebracht. Die Gasblase wird in die Mitte des Gesichtsfeldes eingestellt und der Größendurchmesser mit dem Okkularmikrometer gemessen. Während dieser Beobachtung darf sich die Gasblase nicht bewegen. Ist dies der Fall, steht die Analysenbrücke nicht vollkommen horizontal.

Zur Kohlensäurebestimmung wird die mit der entsprechenden Flüssigkeit gefüllte Spritze an die Gasblase herangebracht und etwas von der Flüssigkeit ausgepreßt.

Die Absorption ist nach ca. einer Minute abgeschlossen. Die Farbe der Flüssigkeit ermöglicht die Feststellung, ob die Gasblase mit der Absorptionsflüssigkeit in entsprechende Berührung gekommen ist. Nach Beendigung der Kohlensäureabsorption wird neuerdings der Durchmesser der Gasblase festgestellt.

Zur Sauerstoffabsorption wird Pyrogallol zugesetzt. Die Reaktion des Pyrogallols mit dem Sauerstoff zeigt sich durch einen dunkelbraunen, die Gasblase umgebenden Ring. Mit Verschwinden des Sauerstoffs verblaßt der Ring. Die Absorption ist dann beendet und es kann eine neuerliche Messung der Gasblasengröße vorgenommen werden. Bei allen Messungen während der Analyse darf die Vertikaleinstellung des Mikroskops nicht verändert werden.

Zur Berechnung der Analysenresultate gilt nach SCHWARZ (1935) folgende Gleichung:

$$\% \, CO_2 = \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^3} \cdot 100$$

$$\% \, O_2 = \frac{D_2^3 - D_3^3}{D_1^3} \cdot 100$$

D_2 = Durchmesser der Gasblase nach der Kohlensäureabsorption.
setzt wurde.
D_2 = Durchmesser der Gasblase nach der Kohlensäureabsorption.
D_3 = Durchmesser der Gasblase nach der Sauerstoffabsorption.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Voruntersuchungen wurden mit atmosphärischer Luft durchgeführt, wobei sich eine Fehlerquelle von höchstens 1% ergab.

Das Auffangen des Gases

In einem mit Glyzerin gefüllten Glasbehälter wird eine Eprouvette, die zur Gänze mit Glyzerin gefüllt ist, mit der Öffnung nach unten eingetaucht. Es muß streng darauf geachtet werden, daß sich in der Eprouvette keine Luftblase befindet, die das Versuchsergebnis beeinflußt.

Nachdem die Eprouvette mittels einer Blechspange fixiert ist, wird der zu untersuchende Fisch mit einer Pinzette hinter dem Kopf gefaßt und getötet. Nun wird er so unter die Eprouvette gebracht, daß sich die gaserfüllte Stelle (Abdomen, Augenhöhle) unter der Eprouvettenöffnung befindet. Durch Anstechen der betreffenden Stelle mit einer Präpariernadel wird das Gas in Freiheit gesetzt und von der darüber liegenden Eprouvette aufgefangen. Diese wird nach dem Auffangen des Gases mit einem Gummistopfen verschlossen und in Behältern, die mit Glyzerin gefüllt sind, aufbewahrt, falls eine sofortige Untersuchung des Gases nicht möglich ist. Trotz dieser Maßnahme kann das aufbewahrte Gas nicht vollkommen vor Luftzutritt geschützt werden, weshalb die sofortige Untersuchung vorzuziehen ist.

3) Ökologische Verhältnisse

a) Lage der Quellen

(vergl. STROUHAL, 1934)

Bahnquelle (Tschamerquelle):

Die Bahnquelle ist eine kleine Quelle, die derzeit etwa 100 Schritte südlich des Kurortes, auf der Wiese zwischen der Bundesstraße und der Bahn, neben dem Bahndamm entspringt. Der letzte Teil des unterirdischen Laufes der Quelle, vom Damm der Straße an, liegt unmittelbar unter dem Wiesengrund, was an dem Streifen üppigeren Pflanzenwuchses, der von der Straße bis zum Quellaustritt zieht, leicht zu erkennen ist. Die Quelle ist eine Limnokrene oder Tümpelquelle. Das Quellwasser füllt ein Becken, welches als Wassergarten zur Aufzucht tropischer Wasserpflanzen und für die Zierfischzucht (exotische Fische) verwendet wird. Die Zuchtanlage besteht aus betonierten Gräben; der Boden des Beckens ist sandig-schlammig, das Becken selbst weist reichlich Pflanzenwuchs auf.

Meereshöhe des Austrittes der Bahnquelle: ca. 492,5 m. pH des Quellwassers: 7—8.

Schwimmschulquelle:

Der Ursprung dieser Therme liegt am Südende der Kuranlage, unmittelbar am Westrand der Bundesstraße, wo der Treppenweg zur

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Napoleonwiese abzweigt. Die Quelle ist in einem Betonschacht gefaßt. Der Abfluß des Schachtes unterfließt die Straße und tritt am Ostrande derselben, in der Gartenanlage, zutage. Hier wird das Wasser gestaut und durch ein Rohr in das offene Badebassin geleitet. Ein Teil des Wassers rinnt über zwei künstlich aus Steinen errichtete Terrassen ab und fließt in den gemeinsamen Abfluß der Urquellen und des Schwimmbades (und der periodischen Quellen).

In der kälteren Jahreszeit, während der das ungedeckte Bad nicht in Benützung steht, wird auf diesem Wege das gesamte Wasser der Schwimmschulquelle abgeleitet. Der teilweise steinige, teilweise sandige Untergrund des Abflusses besitzt eine sehr reichliche Wasserpflanzenvegetation.

Wenige Schritte östlich des Abflusses der Schwimmschulquelle mündet in den Abfluß der Urquellen (und der periodischen Quellen) der Überlauf des offenen Schwimmbades.

Meereshöhe des ungestauten Wasserspiegels der Schwimmschulquelle: 495 m.

pH des vereinigten Thermenabflusses: 8.

Die Zierfischbecken im Hallenbad werden von der Schwimmschulquelle versorgt.

b) Geologie

Die Warmquellen scheiden sich in zwei Gruppen: in ständig fließende und in aussetzende; die warmen und die lauen Quellen verteilen sich auf eine Linie von rund 1000 m Länge.

Die Schwimmschulquelle und die Bahnquelle gehören zu den ständig fließenden Quellen. Die höchste Wasserspende aller fließenden Quellen beträgt 200 l/sec.; aus ihrer Vereinigung entsteht der sogenannte Warmbach.

Während der Schneeschmelze und nach ausgiebigen Niederschlägen sprudelt auch noch an anderen Stellen Warmwasser hervor (Walterhofquelle und an der Straßenböschung knapp südlich der Schwimmschulquelle). Weitere Austritte stellen z. B. zahlreiche Warmwässer dar, die durch ihre Vereinigung das sogenannte Maibachl bilden; dieses mündet unweit der Walterhofquelle in den Warmbach ein.

Die geologische Erforschung des Gebietes um Warmbad Villach (STROUHAL, 1934 und STINY, 1938) hat gezeigt, daß alle Wasser aus dem triassischen Wettersteinkalk entspringen, welcher die Villacher Alpe und ihre Ausläufer aufbaut. Bei vielen Übersprüngen kann man sogar beobachten, wie sie aus Felsspalten hervorsprudeln. Beim Hungerloche aber bedeckt junges Konglomerat, bei vielen anderen, ständig und aussetzend fließenden Warmquellen eiszeitlicher oder noch jüngerer Schotter die unmittelbaren Austrittsstellen aus dem Kalkfels.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Das Heilwasser kommt in großen Mengen in der Richtung vom Gaisrücken herunter; es fließt in seinem unterirdischen Gerinne und seinen Nebenästen teilweise unter Druck, also in Druckröhren von annähernd rundlichem Querschnitt, teils im freien Schweregefälle und in Hohlräumen von beliebiger Gestalt.

Wie die Wärme des Heilwassers zustande kommt, ist noch strittig. STINY (1938) meint, daß am ehesten das Hochsteigen von Dämpfen oder Heißwässern im Karbonatgestein der Villacher Alpe dafür verantwortlich gemacht werden kann.

Im Gaisrücken oder weiter westlich davon steigen also vermutlich auf irgend eine Weise die Heilwässer hoch. Der Strom des Heilwassers findet in den Höhlenschläuchen des Wettersteinkalkes in Trockenzeiten genug Raum, um größtenteils unsichtbar unter Tag in das Grundwasser der Gailtalaue einmünden zu können. Nur der Überschuß, der selbst unter dem herrschenden Überdruck nicht mehr imstande ist, ins Grundwasser zu entweichen, steigt hoch und speist die ständig fließenden Quellen; je niedriger der Grundwasserspiegel liegt, desto mehr Warmwasser kann unterirdisch abfließen und desto geringer wird die Schüttung der Heilquellen.

Wenn der Schnee schmilzt oder über den Ausläufern der Villacher Alpe heftige und lang andauernde Niederschläge fallen, dringt viel kaltes Bergwasser gegen die Talaue vor. Seine Fäden sammeln sich zu Adern, diese vereinigen sich unterirdisch wieder zu größeren Bächlein und ergießen sich in die Höhlenschläuche, die sie vorfinden. Der große Wärmeunterschied von 20° C und mehr macht sie viel schwerer als die Heilwässer, die an dem Orte, wo sie unterirdisch hochsteigen und in die Höhlenschläuche einfließen, sicherlich um einiges wärmer sind als 30° C. Die Kaltwässer verdrängen also, rasch gegen Osten vorstoßend, die Warmwässer aus den tieferen Teilen der Höhlengerinne und treiben sie in die höheren, welche in Trockenzeiten leer oder nur teilweise gefüllt waren. Der Schwall des Kaltwassers kann unter Umständen, zum Beispiel bei Wolkenbrüchen, nahezu stoßartig kommen; er treibt das Warmwasser vor sich her und es ist so leicht denkbar, daß dann die Übersprünge beim Anspringen die größte Wärme zeigen, eben die Wärme des noch weniger vermischten Heilwassers. Die Schläuche, welche die unteren Quellen speisen, werden nun prall gefüllt; die Urquelle steht unter solchem Drucke, daß sie sich alles Fremdwassers erwehrt und wärmer wird; die Wäscherquelle und die Bahnquelle schwellen auch gewaltig an, sie empfangen aber, den ebenfalls stark angewachsenen Kaltwasserzuflüssen näher gelegen, immer mehr kalten Zustrom und kühlen umso mehr ab, je länger die Niederschläge andauern und je ergiebiger sie sind. Nach einiger Zeit stellt sich auch die stauende Wirkung des ansteigenden Augrundwassers ein.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

c) Chemismus

Die warmen Quellen von Warmbad Villach sind Akratothermen (geringer Gehalt an gelösten Mineralstoffen). Auf 1 kg Wasser kommen rund 570 mg gelöste feste Stoffe, darunter rund 560 mg/kg an Elektrolyten; unter diesen treten die Calcium- und Magnesium-Ionen, sowie die Hydrogencarbonat-Ionen mit mehr als 20 Millivalprozent hervor.

Die chemische Zusammensetzung des vadosen Quellwassers steht in enger Beziehung zu jenen Gesteinen, welche das Infiltrations- und Bodenwasser durchfließen und in welchen es sich mineralisiert. Wie die Temperatur, so wird auch der Gehalt an mineralischen Bestandteilen des Wassers solcher Quellen von der Menge des Infiltrationswassers beeinflußt; dringt mehr Infiltrationswasser ein, dann sind die Mineralisatoren (Kohlen- und organische Säuren) prozentuell in geringer Menge vorhanden und es wird das Wasser weniger mineralisiert werden.

Eines der biologisch wichtigsten Charakteristika der Quellen ist die Stabilität der Wasserstoffionenkonzentration, die nur ganz geringen Schwankungen unterliegt. Das Quellwasser ist also ein stenoiones Wasser.

Der O_2-Gehalt wurde bereits von STROUHAL (1934) nach der WINKLER'schen Methode bestimmt. Den niedrigsten O_2-Gehalt weist die Bahnquelle auf, der die Versuchsfische entnommen wurden.

	ccm O_2 im Liter Wasser (bei 0° und 760 mm)
Bahnquelle:	3,937
Schwimmschulquelle:	4,351

Größere Abweichungen sind in den verflossenen drei Jahrzehnten nicht eingetreten.

Die physikalischen und chemischen Daten wurden mir von der Thermalbaddirektion dankenswerter Weise zur freien Verfügung gestellt und sind einer nicht veröffentlichten Analyse von SCHEMINZKY entnommen:

An physikalischen Eigenschaften wurden festgestellt:

Wassertemp. i. Quellenbecken	27,5° C
Luftdruck:	723,3 mg Hg
Wasserstoffexponent: pH =	6,6 elektrom. bei Quelltemp.
Elektrolyt. Leitfähigkeit:	$54{,}36.10^{-5}$ Ohm^{-1}. cm^{-1} b. 20° C
Dichte (d_{200}):	0,99867
Trockenrückstand (105° C):	364,8 mg/kg
Radioaktive Spurenelemente:	
Uran:	$0{,}55.10^{-6}$ g/kg
Radiumelement:	
kleiner als	$0{,}1.10^{-12}$ c/kg
Radon:	$0{,}36.10^{-9}$ c/kg

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die chemische Untersuchung ergab:

	in 1 kg des Wassers sind enthalten: mg/kg	Millival %
Kationen:		
Kalium-Ion ($K^{\cdot}$)	1,25	0,45
Natrium-Ion ($Na^{\cdot}$)	4,6	2,80
Calcium-Ion ($Ca^{\cdot\cdot}$)	109,4	76,35
Magnesium-Ion ($Mg^{\cdot\cdot}$)	17,71	20,37
Ferro-Ion ($Fe^{\cdot\cdot}$)	0,04	0,02
Mangan-Ion ($Mn^{\cdot\cdot}$) Spuren unter	0,01	
		99,99

	mg/kg	Millival %
Anionen:		
Chlor-Ion (Cl')	6,8	2,69
Sulfat-Ion (SO_4'')	16,7	4,87
Hydrogencarbonat-Ion (HCO_3')	403,3	92,44
	559,80	100,00
Meta-Kieselsäure (H_2SiO_3)	10,6	
	570,40	

		mmol	ml
Freies Kohlendioxyd (CO_2)	36	0,818	18,21
Sauerstoff (O_2)	4,49	0,140	3,14
Stickstoff (N_2) und Edelgase	27,89	0,990	21,39
	638,78		

Spuren von Ammoniak, Nitraten und Nitriten waren chemisch, von Aluminum, Barium und Strontium spektographisch nachweisbar.

d) Temperatur

Die Thermen von Warmbad Villach sind lauwarme Thermen. Ihre Temperaturen liegen zwischen 20,9° und 29,2°. Die Schwankungen der Quelltemperatur werden durch die Sonnenbestrahlung, Lufttemperatur und Bodenwärme, vor allem aber durch die einsinkenden atmosphärischen Niederschläge hervorgerufen. Schon nach einer kurzen Regenzeit (einige Stunden) sinkt die Temperatur der Schwimmschulquelle, und zwar erfolgt das Sinken der Temperatur rascher als das nach Aufhören des Regens wieder eintretende Steigen derselben.

Die Bahnquelle, deren Wasser im letzten Teil ihres unterirdischen Laufes, von der Bundesstraße bis zum Austritt, nur in ganz geringer Tiefe liegt, hat von den permanenten Thermen die größten Schwankungen in der Temperatur: 5,1°. Bei der Schwimmschulquelle beträgt die Differenz: 2,55°.

Eine von mir am 9. Mai 1962 in der Zierfischanlage durchgeführte Messung zeigte, daß auch innerhalb der Anlage Temperaturschwankungen auftreten, die allerdings witterungsbedingt sind. Es ist jedoch ziemlich ausgeschlossen, daß diese Schwankung innerhalb der Anlage irgendeinen Einfluß auf die Krankheit haben könnte, schon allein deshalb, weil ein Temperaturunterschied von 1° C kaum eine Auswirkung auf den Gasdruck hat.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

4) Beobachtungen

a) Fischarten, an denen Krankheitssymptome festgestellt wurden:

autochthon	allochthon
CYPRINIDAE:	CYPRINODONTAE:
Squalius cephalus L.	*Lebistes reticulatus* PETERS
Gobio gobio L.	*Xiphophorus helleri* HECKEL
	Platypoecilus maculatus GTHR.
	CYPRINIDAE:
	Barbus conchonius HAM.
	ANABANTIDAE:
	Macropodus viridi-auratus LACEP.
	CICHLIDAE:
	Cichlosoma sp.

Wie aus dieser Aufstellung zu ersehen ist, tritt die Krankheit vollkommen unabhängig von der systematischen Zugehörigkeit der einzelnen Arten auf.

b) Auftreten und Dauer der Krankheitssymptome:

Am stärksten tritt die Krankheit zur Zeit der Quellschüttung der aussetzenden Quellen auf. Sobald der Gasgehalt des Wassers geringer wird, geht sie zurück; es dürfte dies damit zusammenhängen, daß das Quellwasser zu dieser Zeit vermutlich eine starke Gasübersättigung zeigt, die zu ständiger Entgasung im Quellbereich führt, was sich am laufenden Aufsteigen großer Gasblasen äußert. So sind die Fische in den Sommer- und Wintermonaten vollkommen gesund. Sie müssen sich ungefähr vier Wochen im stark gashältigen Wasser befinden, damit die Symptome auftreten, wodurch ein Zusammenhang zwischen dem Gasgehalt des Wassers und den Krankheitssymptomen wahrscheinlich gemacht wird. Diese Zeitdauer stimmt auch mit der des experimentellen Nachweises der Krankheitsursache überein.

Sobald die Tiere in normales Aquariumwasser gebracht werden, verschwinden die Symptome. Ein kleiner Teil der kranken Fische war bereits nach 24 Stunden geheilt, der restliche Teil nach höchstens drei Tagen. Es kam auch vor, daß der Exophthalmus bei ein oder dem anderen Fisch nicht zurückging, was darauf zurückzuführen ist, daß sich in der Augenhöhle bereits Bindegewebe gebildet hat.

Wurden die Fische in den Villacher Thermen belassen, so „zer-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

platzten" sie einerseits, anderseits wurden sie, wie schon erwähnt, mit dem Versiegen der aussetzenden Quellen und dem vermutlich damit zusammenhängenden Rückgang der Gasübersättigung gesund.

Erkrankte Fische wurden in folgenden Quellen beobachtet:

Bahnquelle.
Schwimmschulquelle.
Wäscherquelle.
Zierfischbecken des Hallenbades.

c) Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Symptome und der Strömung des Wassers in der Zierfischanlage:

Da sich die erkrankten Fische immer an bestimmten Stellen der Zierfischanlage ansammelten, wurde untersucht, ob innerhalb der Anlage ein Zusammenhang zwischen einem bestimmten Raum und dem Auftreten der Symptome besteht.

Eine am 9. und 10. Mai 1962 durchgeführte Untersuchung zeigte, daß gut 70% der Fische befallen waren. Es wurde untersucht, welchen Grund die Tatsache, daß sich die erkrankten Fische an manchen Stellen ansammelten, während andere Stellen völlig frei davon waren, haben könnte.

Zu diesem Zweck wurde zuerst die Strömungsrichtung des Wassers festgestellt. Dann wurden einzelne Bezirke von 1 m^2 eingehend beobachtet, wobei sich herausstellte, daß der Prozentsatz der befallenen Fische umso größer war, je näher sie sich beim Quelleintritt befanden.

Es wurde außerdem festgestellt, daß im Bereich der Strömung der Krankheitsbefall größer war, als im ruhenden Wasser. Das kann nur so erklärt werden, daß im Strömungsbereich ständig frisches, gasangereichertes Wasser herangeführt wird, während im stehenden Wasser der Gasgehalt durch Gasabgabe an die Luft bereits verringert ist.

Es kann dies als ein Hinweis dafür angesehen werden, daß tatsächlich, wie bereits vermutet, zwischen dem Gasgehalt des Wassers und dem Auftreten der Krankheitssymptome ein ursächlicher Zusammenhang besteht.

Beobachtungen innerhalb der einzelnen Bezirke der Zierfischanlage konnten deshalb ziemlich genau durchgeführt werden, weil dieselben Fische sich stets in einem Bereich von 1—2 m^2 bewegten.

Im Bereich des Quelleintrittes in die Anlage fanden sich nach der lichtdichten Abdeckung des Einlaufes mit Brettern überhaupt keine Fische, in dem darauf folgenden Bezirk zeigten 70% markante Krankheitserscheinungen, ein während der Dauer der gesteigerten Quellschüttung recht konstanter Anteil, der gegen den Ausfluß zu nach und nach bis auf zehn Prozent zurückzugehen pflegte, als sichtbarer Ausdruck der beim Durchlauf durch die Becken nach und nach vor sich gehenden Entgasung des Wassers. Unverständlich bleibt, weshalb die

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Fische nicht die für sie kritischen Gebiete verlassen oder meiden; offenbar haben sie keine Rezeptoren zur Wahrnehmung des wechselnden Gasgehaltes.

5) Experimenteller Nachweis der Krankheitsursache

a) Apparatur:

Um nachzuweisen, daß die Gasübersättigung des Wassers die Krankheitssymptome verursacht, wurde versucht, ähnliche Gasverhältnisse experimentell im Aquarium herzustellen, wie sie sich aus der Analyse des Wassers der Villacher Thermen ergaben.

Da das Wasser der Villacher Thermen durch eine starke N_2-Anreicherung gekennzeichnet ist, war der Grundgedanke des ersten Versuchs, diese Anreicherung durch einen N_2-Überdruck im Aquarium zu erhalten.

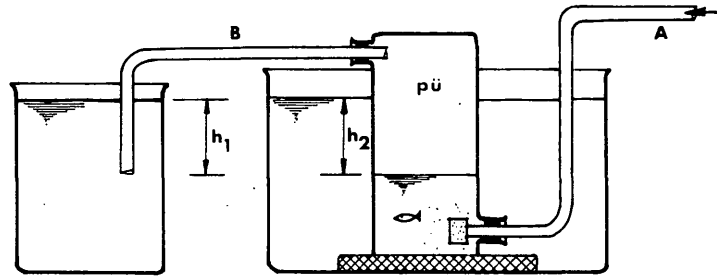


Abb. 4: Überdruckversuch: pü = $y \cdot h_1 = y \cdot h_2$

Dies wurde dadurch erreicht, daß in ein mit Leitungswasser gefülltes Aquarium ein Glasbehälter, mit der Öffnung nach unten, auf ein Drahtgitter gestellt wurde. Dadurch war die Möglichkeit eines Druckausgleiches zwischen Aquarium und Glasbehälter gegeben. Der Glasbehälter war oben und unten mit einer Öffnung versehen, sodaß jederseits ein Schlauch (A und B) in das Gefäß eingebracht werden konnte (Abb. 4).

Nun wurde der Glasbehälter durch den Schlauch B mit Wasser gefüllt, während der Schlauch A an eine handelsübliche Stickstoffbombe angeschlossen wurde. Infolge des Druckausgleichs war in beiden Gefäßen der Wasserspiegel gleich hoch ($h_1 = 0$). Anschließend wurde der Fisch in den Glasbehälter gebracht und der Schlauch B in ein neben dem Aquarium stehendes Gefäß, das ebenfalls mit Wasser gefüllt war, geleitet. Nach Öffnen der Stickstoffbombe sank infolge der Druckzunahme im Glasbehälter der Wasserspiegel so lange, bis die Wasserspiegeldifferenz h_1 der Eintauchtiefe des Schlauches B (= h_2) entsprach.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Im Glasbehälter herrschte somit ein Überdruck pü gegenüber dem normalen Luftdruck, der der statischen Druckhöhe einer Wassersäule h_1 (pü = y . h_1) entsprach.

Bei weiterer N_2-Zufuhr steigert sich der Druck im Glasbehälter über pü und es entweicht daher das vorhandene Gas über den Schlauch B. Da N_2 ein größeres spez. Gewicht hat als Luft, kann angenommen werden, daß der zulaufende N_2 die Luft aus dem Gefäß über den Schlauch B verdrängt, bis letztlich der vorhandene Restraum mit reinem N_2 gefüllt ist.

Wenn mit k das Verhältnis zwischen dem im Glasbehälter herrschenden Überdruck (pü) zum normalen atmosphärischen Luftdruck (pa bezeichnet wird ($K = \frac{Pü}{Pa}$), so steigt infolge der Dalton'schen Gleichung der Sättigungsgrad des Wassers im gleichen Verhältnis. Mit anderen Worten: Wenn man mit Sa den Sättigungsgrad des Wassers bei normalem Luftdruck bezeichnet, so beträgt Sü im Glasbehälter: $S_ü = K . S$.

Für den Fisch ergab sich somit zwar das gewünschte N_2 angereicherte Wasser, jedoch war der Restraum zu schnell mit N_2 gefüllt, sodaß der Fisch nach 1—3 Stunden an Sauerstoffmangel zugrunde ging, ohne daß sich die gewünschten Symptome eingestellt hätten.

In einer neuen Versuchsserie wurde die Druckflasche eines Hydrobionten bis über die Hälfte mit Leitungswasser gefüllt; sodann mit der Stickstoffbombe verbunden und N_2 mit 5 atü in die Druckflasche eingeleitet. Durch heftiges Schütteln der Flasche sollte eine möglichst gute Durchmischung erzielt werden. Dieses N_2-angereicherte Wasser wurde in ein normales Aquarium gebracht und der Fisch eingesetzt. Zwar ging nach dem Druckablaß der größte Teil des N_2 verloren, doch konnte man an kleinen Glasbläschen, die sich an den Wänden des Gefäßes anhäuften, beobachten, daß ein gewisser Teil N_2 im Wasser zurückbehalten wurde.

Der Versuch wurde eine Woche lang mit täglicher Erneuerung des N_2-angereicherten Wassers durchgeführt, dann jedoch erfolglos abgebrochen.

Das negative Ergebnis der bisherigen Versuche führte zu der Ansicht, daß der Fisch zur Auflösung des Phänomens eines längeren Aufenthaltes in ständig nachströmendem N_2-übersättigten Wassers bedarf; deshalb wurde folgende Versuchsanordnung (Abb. 5) aufgebaut:

In einer druckfesten Metall-„Mischflasche", die vom techn. Offizial des Institutes für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz, Herrn Macher, dankenswerter Weise hergestellt wurde, konnte der Stickstoff mit dem Wasser unter Druck vermengt werden (Abb. 5, M). Die Mischflasche war mit drei Absperrventilen versehen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

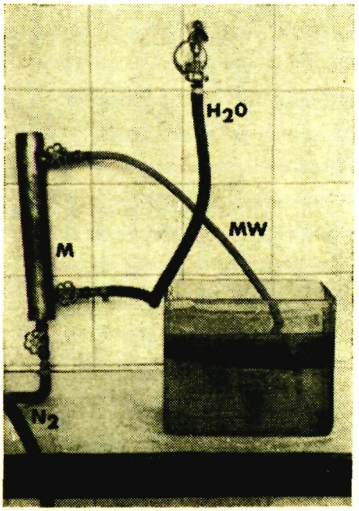


Abb. 5: Metallmischflasche M mit Wasserzuleitung H_2O, Stickstoffdruckschlauch N_2 und Mischwasserableitung MW in ein Versuchsbecken.

Ein Ventil war an die Stickstofflasche angeschlossen, das benachbarte Ventil an die Wasserleitung. Von einem dritten Ventil am entgegengesetzten Ende des Mischzylinders führt ein Schlauch ins Aquarium.

Nachdem die Versuchseinrichtung aufgebaut war, wurde das Auslaßventil der Mischflasche stark gedrosselt, während das Wasserzuleitungsventil offen stand. Durch das dritte Ventil strömte aus der Stickstofflasche Stickstoff mit 3—4 atü ein.

Die Ventile waren so angebracht, daß der Stickstoff unter 90° auf die Wasserzuleitung traf; damit wurde eine möglichst gute Durchmischung erzielt. Durch die Drosselung des Auslaßventiles wurde ein Drucküberschuß in der Mischflasche erzeugt.

Um den Wasserspiegel und damit den hydrostatischen Druck im Aquarium konstant zu halten, wurde das überschüssige Wasser mittels eines Hebers abgesaugt.

Bald zeigte sich, daß die Regulierungsmöglichkeit der Ventile für die erforderliche Einstellung zu grob war und daß der Wasserdruck im Grazer Leitungsnetz stark schwankt, was sich für die Anordnung sehr ungünstig auswirkte; sobald nämlich der Wasserdruck zurückging, war das Druckgleichgewicht gestört und es strömte mehr Stickstoff zu, mitunter konnte sogar durch den Drucküberfluß gar kein Wasser mehr zufließen. Wenn anderseits der Wasserdruck zu stark stieg, war wiederum die Stickstoffzufuhr unterbunden, es bestand sogar Gefahr, daß das Wasser in der Stickstoffleitung eindrang.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Es wäre möglich gewesen, durch entsprechende Ergänzung der Versuchsanordnung mit zusätzlichen Reduzierventilen, im Wasser- und im Gaszulauf, einen annähernd konstanten Wasserdruck zu erzeugen, doch ist es fraglich, ob durch diesen immerhin sehr umfangreichen Aufwand der erwartete Erfolg hätte erreicht werden können.

Es wurde daher bei der Fortsetzung der Versuche auf einen stärkeren Überdruck in der Mischflasche verzichtet. Das Auslaßventil wurde ganz geöffnet, das Wasserzuleitungsventil wurde so weit gedrosselt, daß nur eine geringe Menge Wasser zulief (ca. 0,6 l pro Minute). Auch die Stickstoffzufuhr wurde so gering gehalten, daß nur am unmittelbaren Gasaustritt ein Überdruck und damit eine N_2-Übersättigung eintreten konnte. Eine noch bessere Durchmischung des N_2 mit dem Wasser wurde durch das Senkrechtstellen der Mischflasche erreicht, wodurch der von unten zufließende N_2 praktisch durch die darüberliegende Wassersäule laufen mußte.

Es kann angenommen werden, daß bei diesem Durchlauf das Wasser möglichst viel N_2 an sich binden mußte. So wurde also statt Druckerhöhung in der Mischflasche auf eine möglichst gute Durchmischung des Wassers mit N_2, sowie auf das ständige Nachströmen des mit N_2-angereicherten Wassers geachtet. Da die Temperatur des Wassers durch das unentwegte Fließen zu niedrig war, wurde die Mischflasche in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gestellt, das so stark erhitzt wurde, daß das in das Versuchs-Aquarium geleitete Wasser eine Temperatur von 25°—26° besaß und so eine Angleichung an die thermischen Verhältnisse im Warmbad erfolgte.

Weiters wurde im Aquarium horizontal ein Gitter angebracht, das verhindern sollte, daß die Fische mit dem besser „durchlüfteten" Wasser an der Oberfläche in Berührung kommen konnten. Da festgestellt wurde, daß nicht alle Fische in den Villacher Thermen gleich anfällig sind, wurden zum Versuch Tiere verwendet, die bereits einmal erkrankt, durch Einsetzen in normales Aquariumwasser geheilt worden waren. Dadurch war die Gewähr gegeben, daß anfällige Tiere verwendet wurden, bei denen die Symptome auftreten müssen, falls die Versuchsanordnung richtig gewählt war.

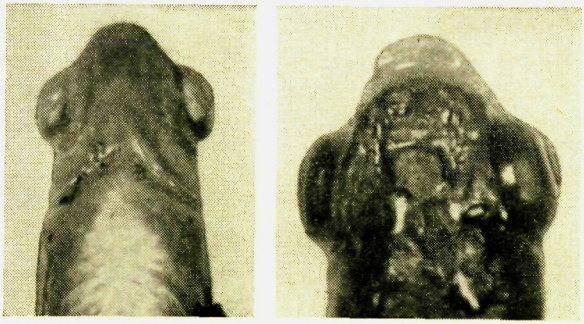
b) Auswertung der Versuche:

Bereits drei Tage, nachdem die Fische in das Aquarium eingesetzt worden waren, konnte ein leichter Auftrieb der Tiere beobachtet werden, der im Verlauf von 18—21 Tagen stark zunahm. Zu diesem Zeitpunkt waren die bekannten Krankheitssymptome (außer dem starken Auftrieb) zwar äußerlich noch nicht wahrnehmbar, jedoch zeigte sich beim Anstechen des Abdomens, daß der Gasgehalt der Schwimmblase den normalen Gasgehalt mengenmäßig überstieg. Das sofort untersuchte Gas zeigte, daß es zu 98%—99% aus N_2 bestand; der Rest war CO_2, O_2 und mögliche Edelgase.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Somit war bewiesen, daß das abgezapfte Gas in seiner Zusammensetzung dem Gas der in Villach erkrankten Fische sehr ähnlich ist.

Nach 27 Tagen konnte eine starker Exophthalmus festgestellt werden (Abb. 6).



a b

Abb. 6: a) *Lebistes reticulatus* PETERS experimentell erkrankt; beiderseitiger Exophthalmus. Im Institut gezüchtet, vom 23. 11. bis 18. 12. 1962 in stark N_2-haltigem Wasser gehalten.
b) *Gambusia affinis* BAIRD et GIRARD, experimentell erkrankt; beiderseitiger Exophthalmus und subepidermoidale Gasödeme. Material aus Rovinj, vom 23. 11. bis 18. 12. 1962 in stark N_2-haltigem Wasser gehalten.

Damit war der experimentelle Nachweis, daß die N_2-Übersättigung die Krankheit verursacht, erbracht.

Bei einer Wiederholung des Versuchs wurden Fische verwendet, die teils im Institut gezüchtet worden waren (*Lebistes reticulatus* PETERS, *Xiphophorus helleri* HECKEL, *Barbus conchonius* HAM., *Macropodus viridi-auratus* LACÉP.), teils aus Rovinj mitgebracht wurden (*Gambusia affinis* BAIRD et. GIRARD), die also noch nie erkrankt waren. Auch bei ihnen verlief der Versuch positiv. Diesmal wurde bereits nach 11 Tagen eine Gasprobe gemacht, wobei das Ergebnis mit den Villacher Tieren bestätigt wurde.

6) Ergebnisse der Gasanalysen

a) Gas der gesunden Fische:

Für das Schwimmblasengas der gesunden Fische ergab sich ein N_2-Gehalt von 80%—89%. Die CO_2-Analyse verlief negativ; dies bedeutet, daß der CO_2-Gehalt weit unter 1% liegen muß. Der O_2-Gehalt betrug 11%—20%.

b) Gas der Fische aus den Thermen:

Die ersten Analysen wurden im Zoologischen Institut der Univer-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

sität Graz durchgeführt und zwar mit Gas, das den Fischen in Villach abgezapft wurde. Da der O_2-Gehalt des zu untersuchenden Gases ständig zunahm, mußte angenommen werden, daß sich das Gas während der Aufbewahrung durch Abgabe aus dem Glyzerin veränderte.

Aus diesem Grund wurden die nächsten Untersuchungen an Ort und Stelle an *Lebistes, Xiphophorus* und *Barbus* durchgeführt. Das Ergebnis zeigte, daß der O_2-Gehalt 1%—1,7% betrug, während die CO_2-Analyse wieder negativ verlief. Wenn man die Edelgase nicht berücksichtigt, ergibt sich daraus ein N_2-Gehalt von mindestens 98%. Es zeigte sich auch, daß das Gas hinter dem Auge, das den Exophthalmus bewirkt, die gleiche Zusammensetzung hat, wie das Gas des Abdomens.

c) Gas der Versuchsfische:

Die ersten Gasanalysen der Versuchsfische wurden an Tieren durchgeführt, die sich drei Wochen im fließenden, stark N_2-angereicherten Wasser befunden hatten. Das sofort nach dem Abzapfen untersuchte Gas zeigte, daß es sich um wenigstens 99% N_2 handeln müßte.

Da keine Sauerstoffabsorption eingetreten war (was daraus ersichtlich wurde, daß sich um die Gasblase kein brauner Ring bildete), muß der O_2-Gehalt gleich null sein.

Auch die CO_2-Analyse verlief wieder negativ; dies bedeutet, wie schon oben erwähnt, daß der CO_2-Gehalt höchstens 1% beträgt, wahrscheinlich aber weit weniger.

Das Gas der kranken Fische wurde dadurch gewonnen, daß das Abdomen im Bereich der Brustflossen angestochen wurde (hier war es am meisten aufgetrieben), während bei den gesunden Fischen das Gas nur aus dem letzten Körperdrittel (der Schwimmblase) abgezapft werden konnte. Zur Entnahme aus den interorbitalen Gasräumen wurde hinter dem Bulbus eröffnet.

Übersicht der Ergebnisse:

	CO_2	O_2	N_2+Edelg.
Gas der gesunden Fische	< 1%	11%—20%	80%—89%
Gas der Fische aus den Thermen	< 1%	1%—1,7%	> 98%
Gas der Versuchsfische	< 1%	—	> 99%

Beispiel einer Berechnung des Gasgehaltes:
(aufbewahrtes Abdomengas)
D_1 = 2,35
D_2 = 2,35
D_3 = 2,3
% CO_2 = O, da D_1 und D_2 gleich groß sind.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

O_2 = 6% (ergibt sich aus der Berechnung nach der Formel von SCHWARZ)
N_2 = 94% (Rest auf 100%)

7) Physiologie

Nachdem sowohl experimentell als auch analytisch bewiesen ist, daß der erhöhte N_2-Gehalt die Ursache der Krankheitssymptome darstellt, bleibt noch die Frage offen, wie N_2 in die Schwimmblase gelangt und wie man sich das Entstehen des Überdruckes in den Gasödemen erklären kann.

Im Bereich der Kiemenblättchen wird vom Fisch CO_2 abgegeben und das im Wasser gelöste Gas aufgenommen. Über das Blutgefäßsystem wird durch die Gasdrüse (roter Körper) das Gas an die Schwimmblase abgegeben (die Schwimmblasenwandung selbst ist gasundurchlässig) und durch das Oval resorbiert. WITTENBERG (1958) vermutet, das O_2 kleine Bläschen bildet, durch welche die „trägen" Gase (N_2 und Edelgase) in die Schwimmblase gelangen (und zwar zu dem Zeitpunkt, in dem die Bläschen gebildet werden). Während O_2 reabsorbiert wird, verbleibt N_2 in der Schwimmblase. CO_2 kann wegen seines hohen Diffusionsvermögens überhaupt nicht in Betracht kommen.

Die Zusammensetzung der in die Schwimmblase abgeschiedenen Gase ist ähnlich dem Zusammensetzungsverhältnis der im Wasser gelösten Gase und dieses ist wiederum ganz anders als das Verhältnis in der Luft, weil die einzelnen Gase ein verschiedenes Lösungsvermögen besitzen.

Bei den physostomen Süßwasserfischen (von unseren Formen gehört nur BARBUS dazu) enthält die gefüllte Schwimmblase nach KROHN und PIIPER normalerweise über 90% N_2. Nach experimenteller Entnahme des Schwimmblasengases wird die Gasfüllung der Blase durch Luftschlucken ergänzt, die Zusammensetzung der Luft erfährt durch Resorption des O_2 nach mehreren Schluckvorgängen eine immer stärkere Anreicherung mit N_2.

Hindert man den Fisch an der Aufnahme atmosphärischer Luft, dann tritt die Gasdrüse in Tätigkeit, wobei gleichzeitig der O_2-Gehalt der Schwimmblasenluft von 4,1% bis auf über 32% ansteigt. Erfolgt derselbe Versuch bei N_2-Mangel im Wohnwasser, dann unterbleibt die Füllung der Schwimmblase durch die Gasdrüse. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung des Stickstoffs als „Füllgas" und stehen in gutem Einklang mit den bei N_2-Überschuß auftretenden Phaenomenen in den Villacher Thermen.

Auf die gleiche Weise wie N_2 in die Schwimmblase gelangt, wird es auch in den Bereich der Augenhöhlen befördert, wobei die Chorioidealdrüse eine gewisse Rolle spielen dürfte.

Das Entstehen der Symptome kann man sich so vorstellen, als ob die Fische aus großer Tiefe hochgerissen würden: gelangt ein Fisch von der Tiefe an die Oberfläche, muß er aus der Schwimmblase Gas

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

abgeben (entweder durch die Verbindung Schwimmblase-Vorderdarm oder durch das Oval an das Blut).

Wird er zu rasch hochgerissen, kann ein Druckausgleich nicht schnell genug hergestellt werden; durch den Überdruck wird die Schwimmblase gedehnt.

Bei den Fischen in Warmbad Villach kann N_2 nicht so schnell abgegeben werden, als neues nachtransportiert wird, womit druckmäßig analoge Verhältnisse wie oben entstehen.

Mit der Gasabscheidung hinter dem Augenbulbus und der damit verbundenen Entstehung des Exophthalmus verhält es sich ganz gleich.

8) Anatomie und Histologie

Für die mikroskopischen Untersuchungen der Tiere wurde bevorzugt *Lebistes reticulatus* PETERS verwendet, da diese Art ihrer geringen Größe wegen besonders gut geeignet ist; aber auch *Barbus conchonius* HAM., *Xiphophorus helleri* HECKEL, *Gambusia affinis* BAIRD et. GIRARD und *Macropodus viridi-auratus* LACÉP wurden berück-

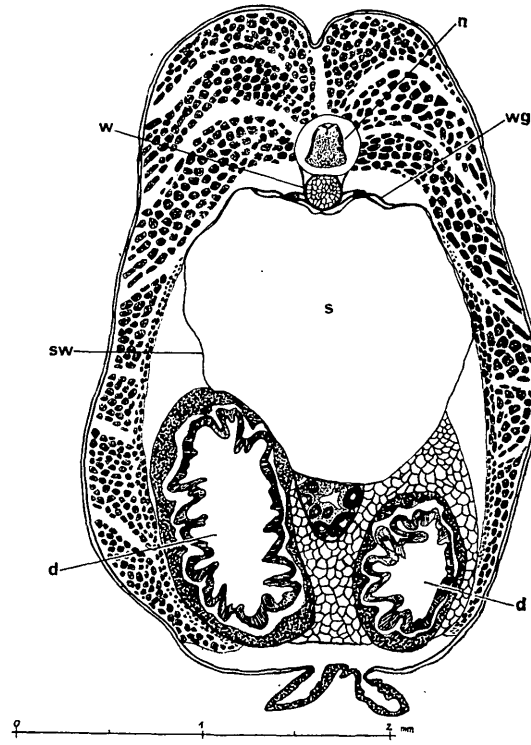


Abb. 7: *Lebistes reticulatus* PETERS, erkrankt; Querschnitt durch die Schwimmblasenregion, starke Komprimierung der Organe. d-Darm, n-Rückenmark s-Innenraum der stark erweiterten Schwimmblase, sw-Schwimmblasenwandung bei der Einbettung etwas geschrumpft, w-Wirbelsäule, wg- durch den Gasdruck der Schwimmblase bandförmig deformierter Urnierengang (Wolff'scher Gang).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

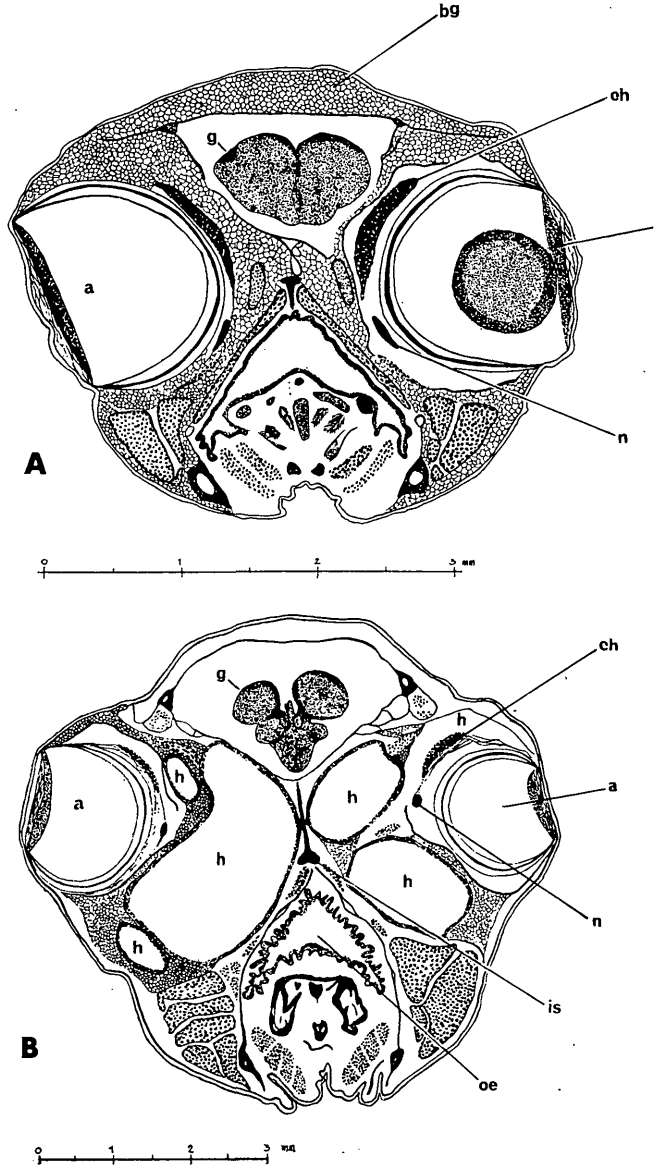


Abb. 8: A: *Barbus conchonius* HAM, gesund; Querschnitt durch den Kopf.
B: *Barbus conchonius* HAM, erkrankt; Querschnitt durch den Kopf.
a-Augen, bg-Bindegewebe, ch-Chorioidealdrüse, g-Gehirn, h-gaserfüllte Höhlen zwischen den Augen und im Bereich der Choroidealdrüse, is-Interorbitalseptum, n-Sehnerv, oe-hinterer Teil der Mundhöhle. Tiere aus der Bahnquelle.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

sichtigt. Es wurden jeweils ein gesunder und ein kranker Fisch derselben Art in Serienschnitte zerlegt, um eine gute Vergleichsmöglichkeit zu erhalten.

Die Schnitte aus dem abdominalen Bereich der erkrankten Fische zeigen eindeutig, daß die Schwimmblase in den gaserfüllten Raum einbezogen ist (Abb. 7). Das Schwimmblasengewebe ist stark gedehnt und legt sich eng an die Organe an. Dies hat in den meisten Fällen eine Verdrängung der Organe gegen die Leibeshöhlenwandlung zur Folge. Damit verbunden ist eine Dehnung der Haut, die so stark sein kann, daß der Fisch, wie schon in der Einleitung erwähnt, „zerplatzt".

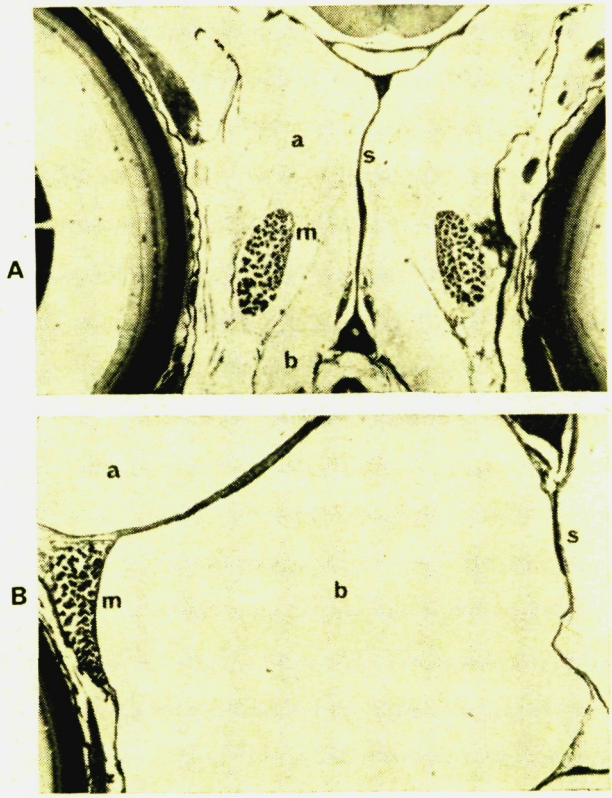


Abb. 9: *Barbus conchonius* HAM., Querschnitt durch die Augenregion.
A: gesund, der Raum zwischen dem Interorbitalseptum und den Augen ist von lockerem Bindegewebe erfüllt.
B: krankes Tier mit starkem Exophthalmus und mächtigen, gaserfüllten Räumen.
a, b: korrespondierende Räume durch ein Bindegewebsseptum unterteilt. m-Augenmuskel, s-Interorbitalseptum. Der Gasdruck hat das Bindegewebe in B völlig verdrängt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Eine weitere Folge der enormen Schwimmblasenvergrößerung ist eine starke Komprimierung der Organe. Dies ist besonders deutlich am Darm und an den Wolff'schen Gängen (Abb. 7, wg.) zu sehen, die ihren ovalen Querschnitt gegen einen langgestreckten eingebüßt haben.

Hand in Hand mit der Komprimierung der Organe und der Dehnung der Epidermis, kommt es auch zu einer Verzerrung der betreffenden Zellen.

An einem Querschnitt durch die Augenregion lassen sich median vom Bulbus mehrere gaserfüllte Räume feststellen (Abb. 8, h.; Abb. 9, h.), in die bei manchen Tieren sekundär Bindegewebe eingewandert ist. In diesem Bereich ist auch zuweilen ein starker Blutaustritt zu beobachten.

Cornea, Sklera, Chorioidea, Linse und Retina sind beim exophthalmatischen Auge vollkommen normal entwickelt; eine Beeinträchtigung des Sinnesorgans kann daher aus dem Feinbau des Bulbus ebensowenig gefolgert werden wie am Nervus opticus. Dies geht deutlich aus den Schnitten hervor. Eine weitere Bestätigung dafür ist die Sicherheit, mit der die Tiere auf optische Reize reagierten und Nahrung aufschnappten, obwohl ein oder beide Augen exophthalmatisch waren.

Eine Schädigung des Auges tritt erst sekundär durch div. Noxen auf, wie etwa Fibrome und Mycosen (Abb. 3, f.). So geht z. B. die von STROUHAL (1934) beobachtete Erblindung am exophthalmatischen Auge von *Squalius cephalus* L. auf derartige sekundäre Verpilzungen zurück.

Als eine pathologisch-anatomische Veränderung des erkrankten Auges kann die Abhebung der Chorioidealdrüse angesehen werden (Abb. 10, ch.). Diese Erscheinung steht mit dem Zustandekommen der gaserfüllten Räume im Kopfbereich in Verbindung. Diese Anomalie nimmt jedoch keinen Einfluß auf das Sehvermögen des Tieres.

Die gleichbleibende Zahl der Hohlräume im Schädelbereich läßt darauf schließen, daß Zahl und Lage der Räume durch Septen im Bindegewebe bereits vorbestimmt sind, wobei das lockere Bindegewebe an die stärkeren Gewebestränge gedrängt wird (Abb. 9, B.).

Die histologische Untersuchung der Epidermis ergab, daß die durch Austrocknung geschädigten Gewebspartien keine Nekrosen i. e. S. darstellen, sondern eher trockene Schwielen. Die Epidermis ist hypertrophiert und an ihrer dicksten Stelle sechs bis zehn Mal so stark als die normale Epidermis. Außerdem ist ein Verhornungsprozeß zu erkennen. — Eine Infiltration durch Leukozyten konnte nicht beobachtet werden, wohl jedoch subepidermoidale Hämatombildung von recht erheblichem Ausmaß.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

9) Diskussion

Auf Grund der Experimente und durch die Analyse des Schwimmblasen- und Augengases der erkrankten Fische konnte festgestellt werden, daß eine Stickstoffübersättigung des Thermalwassers die Ursache der Krankheitssymptome darstellt. Somit hat sich die Auffassung STROUHAL's (1934), derzufolge Verunreinigungen im Wasser den Exophthalmus bewirken, als falsch erwiesen.

Die Krankheit gleicht weitgehend der von AMLACHER (1961) beschriebenen Gasblasenkrankheit:

„Die Gasblasenkrankheit entsteht durch plötzliche Verringerung des Gasdrucks im Wasser. Das Blut der Fische, die bei einem hohen Gasdruck des Wassers geatmet haben, ist entsprechend diesem Gasdruck ebenfalls mit Gas fast gesättigt. Nimmt der Gasdruck durch Sauerstoffverbrauch, Temperaturerniederung oder Zustrom neuen Wassers mit geringerem

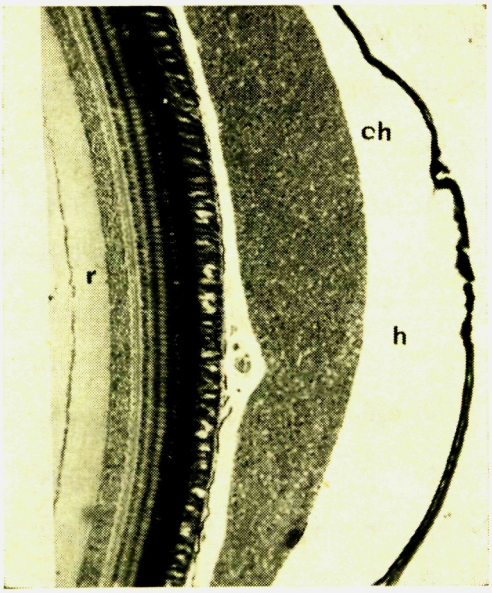


Abb. 10: *Xiphophorus helleri* HECKEL, erkrankt; mäßiger Exophthalmus. Querschnitt eines Bulbusteiles im Gebiet der Chorioidealdrüse. h-gaserfüllter Spalt mit Chorioidealdrüse ch, r-Retina und Pigmentepithel. Kernechtrot-Mallory.

Gasdruck ab, so werden die Blutgase infolge ihres noch vorhandenen hohen Gasdruckes als Gasblasen abgeschieden. Die Gasblasen bestehen überwiegend aus Stickstoff. Die Ansammlung von Gasblasen erfolgt unter der Haut, meist in der Augengegend.

Gasblasenkranke Fische setzt man am besten in normales Wasser um."

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Auch die in Warmbad Villach erkrankten Fische wurden in normalem Wasser sofort gesund. Allerdings liegt die Ursache bei den Fischen von Warmbad Villach im überhöhtem Stickstoffpartialdruck. Das im Überschuß im Wasser gelöste Gas gelangt durch das Blutgefäßsystem in den Körper, bzw. an die Stellen, an denen die Symptome auftreten.

Warum die Krankheitssymptome auftreten, sobald die aussetzenden Quellen zu fließen beginnen, ist nicht bekannt. AMLACHER sagt, daß eine plötzliche Verringerung des Gasdruckes im Wasser, hervorgerufen durch eine Temperaturerniedrigung, die Ursache der Gasblasenkrankheit sein kann. Tatsächlich ist die Temperatur der Quellen geringer, sobald die aussetzenden Quellen zu fließen beginnen. Ein wahrscheinlicherer Grund ist jedoch der, daß der Druck im Berginneren während der Zeit der Quellschüttung der aussetzenden Quellen wesentlich höher ist. Diese Annahme paßt auch zu der Auffassung, daß N_2 vom Wasser über das Blutgefäßsystem an die bestimmten Stellen herangebracht wird.

Das Problem, wo und wie der Stickstoff in das Wasser gelangt, zu klären, ist natürlich Aufgabe der Geologen.

Die eingangs geäußerte Hoffnung, aus der Ätiologie der Gasblasenkrankheit Schlüsse auf den Mechanismus der therapeutischen Wirksamkeit der Villacher Thermen ziehen zu können, hat sich nicht erfüllt. Stickstoff zeigt als inertes Gas eine so geringe physiologische Wirkung auf den Warmblütlerorganismus, daß nicht einmal an eine bescheidene reiztherapeutische Aktivität gedacht werden kann.

10) Zusammenfassung

An den Fischen von Warmbad Villach konnte eine Krankheit beobachtet werden, die einerseits starken Exophthalmus, anderseits eine Auftreibung des Abdomens bewirkt. Da sich die Thermen durch einen hohen N_2-Gehalt auszeichnen, wurde ein Stickstoffüberdruck als Krankheitsursache vermutet.

Auf Grund der mikroskopischen Gasanalyse konnte tatsächlich ein hoher N_2-Gehalt der Gasödeme bzw. der erkrankten Organe festgestellt werden. Das Gas der erkrankten Fische, das dem Abdomen entnommen wurde, bestand zu 98%—100% aus N_2; dasselbe trifft für das Gas hinter den Augen, das den Exophthalmus bewirkt, zu.

Nach dem analytischen Nachweis, daß der N_2-Überdruck das Entstehen der Symptome bewirkt, wurde versucht, eine experimentelle Bestätigung zu erbringen. So wurden im Aquarium ähnliche Gasverhältnisse hergestellt wie in den Villacher Thermen. Auch die Temperatur des Wassers im Versuchsaquarium wurde der Wassertemperatur der Thermen angeglichen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Nach drei Tagen konnte an den behandelten Fischen ein leichter Auftrieb beobachtet werden, der im Verlauf von drei Wochen zunahm. Eine analytische Untersuchung des Abdomengases ergab auch bei diesen „künstlich" erkrankten Fischen einen sehr hohen N_2-Gehalt (98%—99%). Nach 27 Tagen konnte starker Gasblasenexophthalmus festgestellt werden.

Für den Stickstoffüberdruck als Krankheitsursache spricht auch die Tatsache, daß der Krankheitsbefall im Strömungsbereich größer ist, als im ruhenden Wasser. Dies ist dadurch zu erklären, daß im Strömungsbereich ständig frisches, gasangereichertes Wasser herangeführt wird.

Am mikroskopischen Querschnitt der kranken Fische konnte festgestellt werden, daß die Schwimmblase in den gaserfüllten Raum einbezogen ist. Sie ist stark gedehnt und die Organe sind dadurch verdrängt worden. Im Augenbereich haben sich mächtige, gaserfüllte Räume gebildet.

Das Gas gelangt mit dem Blutkreislauf in die Schwimmblase und in den Bereich der Augen. Während O_2 und CO_2 reabsorbiert werden, bzw. diffundieren, bleibt N_2 zurück. Durch den ständigen Gasnachschub kommt die Dehnung zustande.

Die Krankheitssymptome, die zur Zeit der Quellschüttung der aussetzenden Quellen auftreten, gehen zurück, sobald man die Fische in normales Wasser einsetzt. Die Fische müssen sich ungefähr vier Wochen im stark gashältigen Wasser befinden, damit die Krankheit auftritt. Auf Grund der vorliegenden Befunde ist es sicher, daß der Stickstoffüberdruck in den Quellen der auslösende Faktor der Krankheitssymptome ist.

Literatur

AMLACHER, E.: Taschenbuch der Fischkrankheiten, 224—225, (1961).

KROHN, H. und PIIPER, J.: „Gassekretion in die Schwimmblase der Schleie (Tinca tinca L.) in Wasser mit erniedrigtem N_2-Druck." Die Naturwissensch., 49, Jhg., Heft 18, 428—429, (1962).

KUHN, W., RAMEL, A., MARTL, E.: „The filling mechanism of the swimbladder." Experentia, Vol. XIX, Fasc. 10, 497—511, (15. 10. 1963).

JACOBS, W.: „Das Schweben der Wasserorganismen", Ergebnisse der Biologie, XI, 182—195, (1935).

SCHWARZ, H.: Mikrogasanalyse und ihre Anwendung, 71—74, (1935).

STINY, J.: Sonderdruck aus „Internationale Mineralquellen-Zeitung", 1, 2—6, (1938).

STINY, J.: „Zur Geologie der Umgebung von Warmbad Villach". Jb. Geol. Bundesanst., 87, Heft 1, 2, 57—110, (1938).

STROUHAL, H.: „Biol. Untersuchungen an den Thermen von Warmbad Villach", Arch. f. Hydrobiol., 26, 323—385 und 495—583, (1934).

WITTENBERG, J. B.: „The secretion of inert gas into the swim-bladder of fish", Gen. Physiol. 41, 783—804, (1958).

Anschrift d. Verf.: Dr. Erika Reithofer-Jandl, Zoologisches Institut d. Univ. Graz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: 154_74

Autor(en)/Author(s): Reithofer-Jandl Erika

Artikel/Article: Zur Ätiologie der Gasblasenkrankheit der Fische von Warmbad Villach 68-93