

Studien an Höhle und Thermalteich von Tapolca am Plattensee in Ungarn¹⁾.

Von **FRITZ GEYER** und **HANS MANN**.

(Aus dem Ungarischen Biologischen Forschungsinstitut Tihany und der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser-Wilhelm Gesellschaft Plön.)

Mit 10 Abbildungen im Text, auf Taf. X und XI und auf 2 Textbeilagen
sowie 10 Tabellen im Text.

	Seite
I. Einleitung	359
II. Lage von Höhle und Teich	360
III. Morphometrie der Höhle	361
IV. Licht, Lufttemperatur und Feuchtigkeit der Höhle	362
V. Physikalisch-chemische Daten des Wassers der Höhle und des Thermalteiches	363
VI. Einige biologische Beobachtungen	369
VII. Vergleich der Elritzen der Höhlen- und Oberflächenwässer	371
VIII. Zusammenfassung	384
IX. Literatur	384

I. Einleitung.

Gelegentlich eines Besuches der Höhle von Tapolca, von der bisher unseres Wissens noch keine Veröffentlichungen vorliegen, war es uns möglich, einige Beobachtungen zu sammeln, die deshalb von besonderem Interesse sind, weil sich einige Vergleiche anstellen ließen zwischen den biologischen Verhältnissen der Höhle und einem nicht weit entfernten Thermalteich, der mit den Gewässern in der Höhle in Verbindung stehen soll. Unsere Beobachtungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da die Höhle nur zweimal, und zwar am 29. IX. und am 5. XII. 1938, besucht werden konnte. Neben einigen allgemeinen Höhlenbeobachtungen beschränkten wir uns auf die Erfassung der physiographischen und biologischen Gegebenheiten der Gewässer. Im besonderen wurden die sowohl in der Höhle als auch im Teich lebenden Elritzen (*Phoxinus laevis* Ag.) einer eingehenderen Untersuchung in Hinsicht auf möglicherweise bestehende Unterschiede unterzogen. Nach der Mitteilungen des Führers der Höhle sollen die Elritzen nämlich

¹⁾ Im Rahmen des deutsch-ungarischen Kulturaustausches und mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

aus dem Teich in die Höhle einwandern und daran zu erkennen sein, daß sie Augen haben. In der Höhle „geborene“ seien blind (?). Das örtliche Nebeneinander von Populationen der gleichen Art macht einen Vergleich besonders wertvoll, weil möglicherweise bestehende Unterschiede mit der stark voneinander abweichenden Physiographie des Lebensraumes in Verbindung gebracht werden müssen und die Kausalzusammenhänge zwischen Milieu und Ausprägungsform des Organismus leichter erkennbar sind.

Im Rahmen auch dieser Untersuchungen genossen wir ständig größte Hilfsbereitschaft und aufrichtiges Entgegenkommen der Herren Direktoren und aller Damen und Herren des Ungarischen Biologischen Forschungsinstitutes, wofür wir auch an dieser Stelle unseren tiefempfundenen Dank aussprechen möchten. Zu besonderem Dank verpflichtet sind wir Herrn BERGER in Tapolca, der sich um die Erschließung der Höhle große Verdienste erworben hat. In großzügiger Weise unterstützte er uns mit seinen Erfahrungen bei unseren Untersuchungen. Weiterhin sind wir ihm dankbar für Überlassung einer Handschrift des Herrn Direktors der Aggteleker Tropfsteinhöhle, Herr HUBERT KESSLER, über die Tapolcaer Höhle. In dankenswerter Weise stellte uns Herr Spitaldirektor, Oberarzt Dr. vitéz nemes PÉCZELY BÉLA, Tapolca, Pläne der Höhle zur Verfügung, die von ihm gemeinsam mit Herrn Direktor KESSLER angefertigt wurden. Nach diesen Plänen sind die beigegebenen Kartenskizzen (Abb. 1 u. 2) gezeichnet. Für die Bestimmung und Nachprüfung einiger Tier- und Pflanzenarten danken wir

Frl. Dr. E. KOL, Szeged (Algen),
Herrn Prof. Dr. F. LENZ, Plön (Chironomiden),
Herrn Dr. H. ROLL, Plön (Phanerogamen),
Herrn Dr. J. SZENT-IVÁNY, Budapest (Apterygoten).

II. Lage von Höhle und Teich.

Die Höhle wurde durch Zufall entdeckt bei der Bohrung eines Brunnens und in ausdauernder Arbeit erschlossen, ausgebaut und dem Besuch zugänglich gemacht. Der Zugang zur Höhle befindet sich in der Kisfaludystraße im Ort Tapolca. Lage und Verlauf werden aus Abb. 1 deutlich. Der Hauptarm der Höhle erstreckt sich in SW—NO-Richtung, biegt nach einer Länge von etwa 70 m in einem spitzen Winkel um und verläuft noch einmal 60—70 m in OW-Richtung. Auf Einzelheiten in der Morphometrie der Höhle kommen wir später zurück. Neben dieser „Tavas-Barlang“ (Teichhöhle) gibt es in Tapolca noch eine weitere Höhle, die sich auf dem Grundstück des Krankenhauses befindet. Letztere haben wir nicht besucht, ihre Erschließung soll noch nicht vollständig durchgeführt sein, auch soll sie kein Wasser führen. Der obenerwähnte Thermalteich, mit dem die Teichhöhle in Verbindung steht, liegt etwa 300 m von dieser entfernt und hat einen Abfluß in einem schnellfließenden Mühlenbach, der durch das Mühlenwehr regulierbar ist. Der Teich hat eine Flächenausdehnung von schätzungsweise 2000 qm und ist ringsum von Häusern bzw. Gärten umgeben. Seine

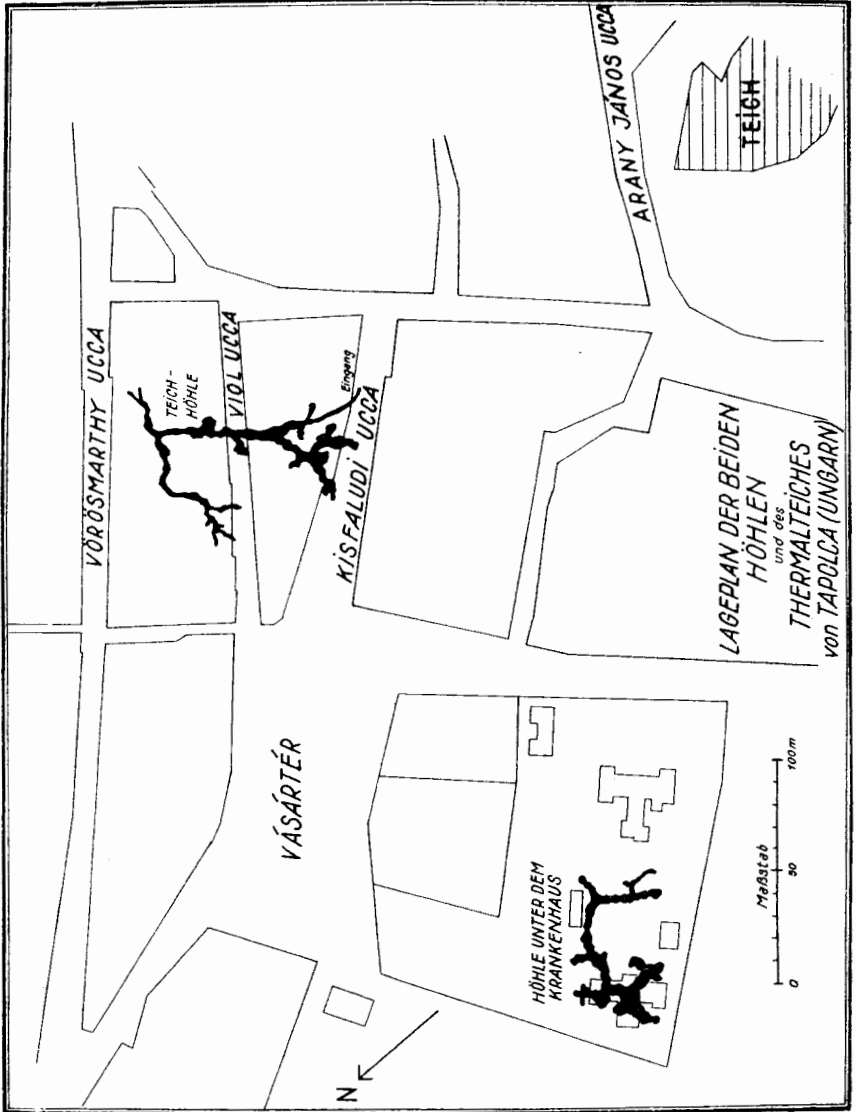


Abb. 1.

Tiefe beträgt im Durchschnitt 1,5 m. In der Mitte befindet sich eine kleine künstliche Insel mit Zementfassung. Eine offene Verbindung besteht nach den Feststellungen KESSLER's zwischen Teich und Höhle nicht, dagegen kann durch Veränderung des Teichspiegels der Wasserstand in der Höhle beeinflußt werden. Im Februar 1937 bestand ein Niveauunterschied zwischen Teichspiegel und Wasseroberfläche in der Höhle von 2,52 m, wobei der Teich tiefer liegt. Bei Absenkung des Teichspiegels konnte KESSLER nur ein sehr langsames Nachsinken des Höhlenwassers feststellen und schloß daraus, daß nur ganz enge Verbindungen zwischen beiden bestehen. Nach den Angaben von Lóczy (CHOLNOKY 1920) soll die Wasserführung der Höhle erst entstanden sein, als die Thermalquelle in Form des heutigen Teiches gefaßt und angestaut wurde. Die Anschauung KESSLER's über die Art der Verbindung von Teich und Höhle wird dadurch nicht beeinträchtigt.

III. Morphometrie der Höhle.

Abb. 2.

Die Höhle liegt etwa 19 m unter der Erdoberfläche und stellt eine Auswaschungshöhle in sarmatischen Kalken dar. Von der Straße aus führt eine gemauerte Treppe hinunter, die in einer kleinen Vorhalle endet. Gleich rechts davon befindet sich der Brunnen, der zur Entdeckung der Höhle führte und heute noch in Betrieb ist. Dann verengt sich der Raum etwas, um sich gleich danach zum größten „Saal“, dem Lóczy-Saal zu erweitern. Dieser hat eine Länge von 12 m, seine Breite beträgt 4,3—5 m, seine Höhe 5,5 m. An der Decke sind die Auswaschungsformen besonders deutlich sichtbar. Nach einer abermaligen geringen Verengung folgt nochmals eine saalartige Erweiterung, die besonders nach links herausgeschoben ist. Die Höhe beträgt hier 3,10 m. Von hier an beginnt die Höhle Wasser zu führen (auf Abb. 2 schraffiert). Der Gang der Höhle setzt sich fast geradlinig in der gleichen Richtung fort, nur auf der rechten Seite findet sich noch einmal eine kuppelartige Erweiterung. Dann biegt er scharf um, und sein Verlauf erscheint durch die beiderseitigen Erweiterungen nicht mehr so regelmäßig. Nachdem das zusammenhängende Wasser aufgehört hat, steigt der Boden der Höhle steil an, um nachher wiederum abzufallen. In der Fortsetzung teilt sich der bisher einheitliche Gang mehrfach in kleinere unbedeutende Gänge auf, die schließlich kaum noch zu begehen sind und blind enden.

Parallel zum Lóczy-Saal hinter dem Eingang befindet sich ein weiterer Gang, der von der saalartigen Erweiterung ausgeht, wo die Wasserführung der Höhle beginnt und der durch enge Verbindungsgänge oder Löcher mit dem Lóczy-Saal in Verbindung steht. Er setzt

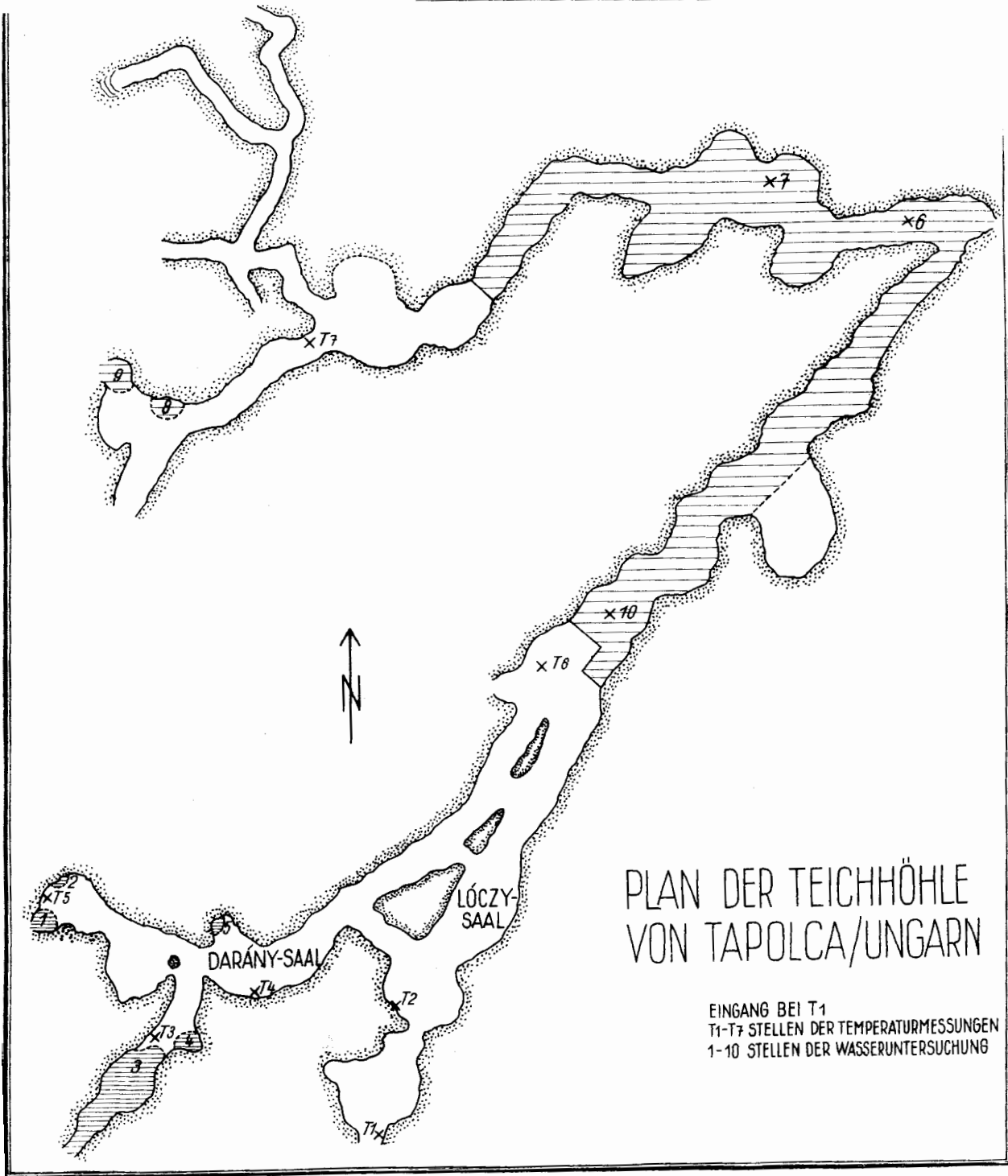


Abb. 2.

sich nach rückwärts nach einer Verengerung in den etwa 4 m langen, 2,20 m breiten und 5 m hohen DARÁNY-Saal fort. Nach diesem verzweigt sich die Höhle in einen linken Arm, der bald sehr niedrig wird und in seinem weiteren Verlauf unbekannt ist und in einen rechten, der im wesentlichen aus zwei weiteren saalartigen Erweiterungen besteht. Am Ende dieses Ganges sind die Wände sehr klüftig, eine offene Fortsetzung besteht jedoch nicht.

Außer der größeren zusammenhängenden Wasseransammlung im größten Teil der Höhle fanden sich noch kleinere Wasserlachen an folgenden Stellen. Sie sind in der Abb. 2 ebenfalls schraffiert und fortlaufend entsprechend den späteren Wasserproben mit Nummern versehen. Eine kleine Wassermenge fand sich in einer Nische am DARÁNY-Saal (Nr. 5). Eine weitere kleine Wasseransammlung birgt eine Nische in dem Gang, der hinter dem DARÁNY-Saal links abzweigt (Nr. 4), am Ende dieses Ganges ist eine etwas größere Wassermenge vorhanden (Nr. 3). Der rechte Arm hat an seinem hinteren Ende zwei Wasseransammlungen von geringerer Ausdehnung (Nr. 1 und 2). Zwei weitere kleine Wasserlöcher befanden sich am anderen Ende der Höhle (Nr. 8 und 9). Die nichtschraffierten Teile der Höhle sind wasserfrei. Zu der Abbildung sei weiterhin bemerkt, daß an den mit T 1—T 7 bezeichneten Stellen Lufttemperatur- bzw. Feuchtigkeitsmessungen vorgenommen wurden. Die arabischen Ziffern bezeichnen die Stellen, an denen für die chemische Analyse Wasserproben entnommen wurden.

IV. Licht, Lufttemperatur und Feuchtigkeit der Höhle.

Tab. 1.

Da eine „offene“ Verbindung der Höhle mit der Außenwelt mit Ausnahme des oben erwähnten Brunnenschachtes, des ständig verschlossenen künstlichen Zuganges und einer Öffnung in einem der Seitenarme hinter dem DARÁNY-Saal nicht vorhanden ist und damit auch keine Möglichkeit für den Eintritt von Licht besteht, herrscht in der Höhle Dunkelheit. Genaue Lichtmessungen konnten nicht vorgenommen werden.

Tabelle 1.

Lufttemperatur und Feuchtigkeit der Höhle.

Ort der Messung	Lufttemperatur ° C	Relative Feuchtigkeit %
T 1	15,0	95
T 2	15,1	98
T 3	16,3	99
T 4	17,05	100
T 5	18,0	98
T 6	17,0	95
T 7	22,5	83

Die Lufttemperatur zeigte zur Zeit des Besuches am 5. XII. 1938 an verschiedenen Stellen Unterschiede. Die niedrigste Temperatur von 15,0° C wurde in der Nähe des Einganges gemessen (T 1), wo die Außenluft noch Zutritt hatte. Im Lóczy-Saal (T 2) war sie schon auf 15,1° C gestiegen. Im DARÁNY-Saal (T 4) betrug die Lufttemperatur 17,05° C, in dem Raum, wo das große Wasser beginnt (T 6) 17,0° C. In dem bereits mehrfach erwähnten linken Seitenarm hinter dem DARÁNY-Saal, an dessen Ende ein Lichtschein beobachtet wurde, betrug die Temperatur 16,3° C (T 3). Am Ende des rechten Seitenarmes des DARÁNY-Saales (T 5) wurde 18° C gemessen, ganz im Inneren der Höhle (T 7) 22,5° C. Aus diesen Zahlen geht der Einfluß der winterlichen Kaltluft der Erdoberfläche auf die Lufttemperatur in der Höhle hervor. Überall dort, wo eine Verbindung mit der Außenwelt besteht, macht sich also der Einfluß dieser in einer Erniedrigung der Temperatur bemerkbar, im Sommer, bei hohen Außentemperaturen, wird eine Erhöhung der Temperatur an den gleichen Stellen zu beobachten sein.

Als relative Feuchtigkeit wurden Werte von 83—100% beobachtet. Gesättigt war die Atmosphäre im DARÁNY-Saal, im allgemeinen liegt der Sättigungsgrad über 95%, der niedrigste Wert wurde ganz im Inneren der Höhle gemessen. Inwieweit dies mit dem dort fehlenden Wasser in Verbindung zu bringen ist, entzieht sich unserer Kenntnis.

V. Physikalisch-chemische Daten des Wassers der Höhle und des Thermalteiches.

Am 29. IX. 1938 wurden zunächst orientierende Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Wassers aus dem Teich im Vergleich zur Höhle vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tab. 2

Tabelle 2.
Chemische Daten von Höhle und Teich am 29. IX. 1938.

	Teich	Höhle
Temperatur	19,5° C	18,0° C
O ₂ mg/l	12,50	5,70
PH	7,3	7,0
Alkalinität	6,6	6,6
CaO mg/l	180	116,2
MgO mg/l	84,5	116,7
P ₂ O ₅ mg/l	0,033	0,017
NH ₄ mg/l	0,1	0,1
NO ₃ mg/l	0,2	0,2
Cl mg/l	21,0	25,0
SiO ₂ mg/l	8,0	16,0
KMnO ₄ Verbrauch mg/l . . .	63,2	6,3

gegenübergestellt. Bei dem Teichwasser handelt es sich um Oberflächenwasser, die Probe aus der Höhle wurde am Bootssteg in dem Raum entnommen, wo das zusammenhängende Wasser beginnt. Der Sauerstoffgehalt im Teich, verglichen mit dem der Höhle, war beträchtlich hoch, was durch die assimilatorische Tätigkeit der Algenmassen in dem Teich zu erklären ist. Auffällig hoch ist der Kalkgehalt des Teiches, wenn man den der Höhle gegenüberhält, während die Alkalinität in beiden Gewässern den gleichen Wert aufwies. Der hohe Kalkgehalt des Teichwassers findet vermutlich seine Erklärung einmal darin, daß ein Kalkentzug aus dem Wasser durch biogene Entkalkung nicht mehr stattfindet, da zu dem Zeitpunkt der Untersuchung die pflanzliche Vegetation bereits ihren Höhepunkt überschritten hatte. Auch der Zufluß des kalkreichen Sickerwassers mag ebenfalls dafür verantwortlich zu machen sein. Im Magnesiumgehalt verhalten sich Teich und Höhle gerade umgekehrt wie in den Kalkverhältnissen, wie weit sich hier die größere Löslichkeit der Magnesiumsalze gegenüber den Calciumsalzen bemerkbar macht, sei dahingestellt, da unsere Kenntnisse über das Verhalten des Magnesiums im Stoffwechsel der Gewässer noch verhältnismäßig lückenhaft sind (vgl. GEYER-MANN 1939c). Eine Erwähnung verdienen die Zahlen über den Phosphorgehalt, stellt doch der Phosphor einen Faktor im Haushalt der Gewässer dar, der die Produktion von ausschlaggebender Bedeutung zu beeinflussen vermag. Auffällig ist das Vorkommen von Nitrat sowohl in dem Wasser der Höhle als auch im Teich, konnte doch sonst in den Gewässern der Umgebung des Balaton, die wir einer Untersuchung unterzogen, niemals Stickstoff in der Form des Nitrates gefunden werden. Eine Ausnahme stellten die dem Balaton zufließenden Bäche dar, die Nitrate in wechselnden Mengen enthielten. In den sonstigen Daten unterscheiden sich Höhle und Teich bei dieser stichprobenartigen Untersuchung nicht, lediglich die Zahlen über Permanganatverbrauch — der Permanganatverbrauch stellt ein Maß für die Menge der im Wasser gelösten organischen Stoffe dar — unterscheiden sich, was aber verständlich ist, da der Teich einen normalen Lebensraum darstellt, in dem organische Stoffe, wie abgestorbene Tier- und Pflanzenteile usw. immer in wechselnden Mengen vorhanden sind, während in der Höhle lediglich eingeschwemmter organischer Detritus enthalten sein kann.

Eine eingehende Untersuchung der chemischen und physikalischen Verhältnisse der Gewässer wurde am 5. XII. 1938 vorgenommen, als die Höhle gründlicher untersucht wurde. Diesmal wurden von allen oben erwähnten Wasseransammlungen in der Höhle Proben entnommen. Im Teich wurde wiederum eine Probe vom Ufer aus geschöpft. Bei dieser Untersuchung wurden neben der Temperatur sofort folgende chemische

Daten bestimmt: pH, CO₂, Alkalinität. Alle anderen Bestimmungen wurden später im Laboratorium vorgenommen. Es wurde die gleiche Methodik bei den Analysen angewandt, wie in früheren Untersuchungen (GFYER-MANN 1939c), so daß sich ein näheres Eingehen erübrigt.

Tabelle 3.

Sauerstoff und Kohlensäure in Teich und Höhle am 5. XII. 1938.

	Temperatur	O ₂ mg/l	O ₂ % Sättigung	freie CO ₂ mg/l	Bikarbonat CO ₂ mg/l	gebundene CO ₂ mg/l	aggressive CO ₂ mg/l	Alkalinität	P H
Teich an der Brücke	18,0	4,75	46,1	26	310	155	—	7,05	7,2
Probestelle									
Nr. 4	17,0	6,6	65,5	34	223	111,5	—	5,05	7,0
„ 3	18,5	6,6	63,5	70	303	151,5	22,1	6,85	7,0
„ 5	17,0	5,6	55,5	16	214	107	—	4,85	7,0
„ 1	19,2	5,75	55	78	286	143	3	6,5	7,0
„ 2	19,0	5,28	50,5	46	292	146	—	6,65	7,1
„ 6	19,0	7,85	75	44	292	146	—	6,65	7,0
„ 7 Oberfläche .	19,0	6,45	61,5	36	292	146	—	6,65	—
„ 7 1 m tief . .	19,0	8,3	79	50	292	146	—	6,65	—
„ 7 2,5 m tief .	19,0	6,58	63	52	292	146	—	6,65	7,0
„ 10	19,0	5,2	49,5	70	297	148,5	—	6,75	7,0
„ 8	19,1	6,45	62	78	325	162,5	—	7,4	7,0
„ 9	20,8	5,8	54	67	297	148,5	—	6,75	7,0

Zunächst sei kurz auf die Temperaturen in den verschiedenen Wasseransammlungen eingegangen. Der größere zusammenhängende Wassergraben (Probe 6, 7, 10) hat eine gleichmäßige Temperatur von 19,0° C, es bestehen auch keine Unterschiede zwischen Oberfläche und Tiefe, wie verschiedene Messungen ergaben, so daß also das Wasser in seiner Gesamtheit gleichmäßig temperiert ist. Nicht viel in ihrer Temperatur unterschieden sich die Löcher 1, 2 und 8, die Wassertemperaturen von 19,0—19,2° C aufwiesen. Etwas tiefere Temperaturen zeigen die Wasserlachen 3, 4 und 5, da sich hier vermutlich der Einfluß der kälteren Außenluft bemerkbar macht, wie schon oben bei der Besprechung der Ergebnisse über die Lufttemperaturmessungen dargelegt wurde; denn Wasserstelle 3 und 4 liegen in dem Arm, der nach unserer Vermutung Verbindung nach außen besitzt, während die Lache 5 sowohl von dieser Seite, als auch von dem künstlichen Eingang beeinflusst werden kann. Die höchste Temperatur wurde im Innern der Höhle gemessen (Probestelle 9).

Durch den ständigen Zufluß des Thermalwassers hatte das Teichwasser eine Temperatur von 18,0° C.

Angaben über den Sauerstoffgehalt von Höhlengewässern sind bisher nur wenig bekannt, so hat z. B. E. DUDICH (1932) in den Wässern des Aggteleker Höhlensystems einen O_2 -Gehalt von 9—11 mg/l gefunden, das entsprach bei Wassertemperaturen von 9—10° C einer Sättigung von 80% und mehr. Dagegen sind die von uns gefundenen Zahlen in der Teichhöhle äußerst niedrig, entsprechen doch die Sauerstoffwerte einer Sättigung von 50—60%, nur im großen Wasser wurden etwas höhere Werte gefunden. Auch in dem Thermalteich ist der O_2 -Gehalt zur Zeit der Untersuchung sehr niedrig, während im Herbst am 29. IX. 1938 sogar eine Übersättigung von 118% festgestellt wurde. Die Erklärung hierfür ist darin zu suchen, daß die Algenmassen ihre assimilatorische Tätigkeit stark eingeschränkt hatten. In dem Höhlengewässer waren im Gegensatz dazu die Verhältnisse die gleichen geblieben, betrug doch der O_2 -Gehalt im September 5,7 mg/l, was einer Sättigung von 55,5% entsprach, während jetzt an der gleichen Stelle (10) 5,2 mg/l gleich 49,5% Sättigung gemessen wurde. Diese gleichbleibend niedrigen Sauerstoffgehalte der Höhle gegenüber dem hohen Sauerstoffgehalt vom Frühjahr bis Herbst im Teich werden später bei den Untersuchungen über die Fische noch besondere Erwähnung verdienen. Von großem Interesse sind die Kohlensäureverhältnisse in der Höhle. Es wurde — wie bereits oben erwähnt — an Ort und Stelle die Menge der „freien“ Kohlensäure und gleichzeitig die Alkalinität bestimmt, aus der sich die Menge der „Bikarbonatkohlensäure“ errechnen läßt. Mit Hilfe dieser ist auch die Menge der gebundenen und halbgebundenen Kohlensäure bekannt. Eine bekannte Tatsache ist es, daß sich die im Wasser gelöste freie Kohlensäure in einem bestimmten Zustande des Gleichgewichts mit der Bikarbonatkohlensäure (als Alkalinität bestimmt) befindet. Dies bedeutet, es entspricht jeder Menge an Bikarbonatkohlensäure eine ganz bestimmte Menge der im Gleichgewicht sich befindenden oder normalen freien Kohlensäure. Vergrößert sich die Menge der Bikarbonatkohlensäure, so wächst auch die Quantität jener. In natürlichen Gewässern jedoch findet sich selten die der Normalquantität entsprechende Menge freie CO_2 , die bei der bekannten Menge der Bikarbonatkohlensäure entsprechen würde. Ist die Menge der freien CO_2 größer, als nach dem Verhältnis der Mengen zueinander normalerweise zu erwarten wäre, so hat die überschüssige CO_2 die Möglichkeit, vorhandene Monokarbonate in Lösung zu bringen, die dann als Bikarbonate sich in Lösung befinden, bis das normale Verhältnis von freier Kohlensäure zu Bikarbonatkohlensäure hergestellt ist, also Gleichgewicht herrscht. Solche überschüssige Kohlensäure wird allgemein in der Limnologie als „aggressive CO_2 “ bezeichnet. Die Menge dieser in unseren Höhlengewässern zu kennen, ist also deshalb von Interesse, weil sie die

Fähigkeit hat, über die schon in Lösung sich befindende Menge an Bikarbonaten, die in der chemischen Analyse quantitativ erfaßt werden, hinaus noch weitere Mengen von Monokarbonat zu lösen, d. h. hier also, den Kalk des Bodens und der Wände in Lösung zu bringen. Aus dem Dargelegten geht hervor, daß die Kohlensäure einerseits und die Mengen des Calciums und wahrscheinlich auch des Magnesiums andererseits stets in einem labilen Gleichgewicht sich befinden, das sich nach der einen sowie nach der anderen Seite verschieben kann, je nach den positiven oder negativen Veränderungen der Größe der Komponenten. Daraus ergibt sich aber auch weiter, wenn die Menge der in Lösung sich befindenden Kohlensäure den Mengen des Ca^{++} und Mg^{++} nicht mehr dem Gleichgewicht entspricht — bei der Lösung dieser hat sie ihnen entsprechen —, daß dann Calciumkarbonat sich aus der Lösung ausscheiden wird. Das war in der Höhle dort der Fall, wo die Oberfläche der Wasseransammlungen mit einem dünnen Oberflächenhäutchen von Calciumkarbonat bedeckt war wie wir es an einigen Stellen beobachten konnten.

Da die Werte der freien und gebundenen Kohlensäure durch die Analyse bekannt waren, konnte aus diesen auf Grund der bekannten Methode von LEHMANN und REUSS die Menge der „aggressiven“ Kohlensäure errechnet werden. Bei der Untersuchung am 5. XII. 1938 konnte lediglich an 2 Stellen „aggressive“ Kohlensäure gefunden werden, und zwar an Probestelle 1 und 3, wohingegen freie Kohlensäure überall, allerdings in wechselnden Mengen, auftrat. Am niedrigsten aber war der Gehalt an Probestelle 5, wo nur 16 mg/l gefunden wurden, der höchste Wert an Probestelle 8 betrug 78 mg/l. Im großen Wasser konnte eine gewisse Schichtung festgestellt werden, betrug doch an der Oberfläche der Gehalt 36 mg/l, während dicht über dem Boden 52 mg/l und in 1 m Tiefe 50 mg/l gemessen wurden. Hieraus geht auch deutlich die Bedeutung der Kohlensäure für die Lösung des Kalkes bzw. für die Herstellung und Erhaltung des Gleichgewichtes im Kohlensäure-Kalksystem hervor.

Somit ist es auch verständlich, daß die Wässer der Teichhöhle große Mengen von Kalk in der Form von Monokarbonat in Lösung halten. Die gefundenen Mengen sind z. T. erstaunlich hoch, so betrug z. B. der höchste Wert 210 mg/l (Probestelle 10), dem die kleinste Menge von noch 140 mg/l gegenübersteht. Im Durchschnitt enthält das Wasser der Höhle und des Teiches 170—180 mg/l Calcium, als CaO angegeben. Der hohe Gehalt des Teichwassers verdient im Vergleich mit dem der Höhle vielleicht besondere Erwähnung, da hier die Menge der freien Kohlensäure, verglichen mit der Höhle, geringer war.

Auf den Gehalt an Magnesia sei hier nur hingewiesen. Im allgemeinen ist das Verhältnis von Magnesium zu Calcium in diesen Gewässern

wie 4 bzw. 3:1. Bei allen Probestellen wurde auch die Wasserstoffionenkonzentration mit Hilfe des verbesserten Universalindikators von MERCK bestimmt. Diese Untersuchung ergab nur, daß die Gewässer neutral reagieren, lediglich das Teichwasser war schwach alkalisch.

Tabelle 4.

Chemische Untersuchungen an Teich und Höhle von Tapolca am 5. XII. 1938.

	CaO mg/l	MgO mg/l	P ₂ O ₅ mg/l	NH ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	SiO ₂ mg/l	K MnO ₄ Ver- brauch mg/l
Teich an der Brücke	175	44,8	0	0	0	21,3	50	0	63,8
Probestelle									
Nr. 4	165	69,0	0,015	0	2,0	21,3	100	0	12,6
„ 3	185	65,0	0	0	0,8	21,3	80	0	12,6
„ 5	140	53,0	0	0	0,2	21,3	80	0	12,6
„ 1	185	61,0	0,029	0	1,6	21,3	80	0	15,8
„ 2	185	57,0	0,011	0	1,2	21,3	60	0	—
„ 6	170	49,0	0	0	6,0	21,3	170	0	19,0
„ 7 Oberfläche .	170	49,0	0	0	—	21,3	—	0	—
„ 7 2,5 m tief .	185	53,0	0	0	1,6	21,3	200	0	12,6
„ 10	210	73,0	0	0	0,8	21,3	200	0	12,6
„ 8	180	59,0	0,015	0	0,8	21,3	80	0	12,6
„ 9	185	69,0	0	0	1,6	21,3	180	0	12,6

Im Zusammenhang mit dem Gehalt an Ca⁺⁺ und Mg⁺⁺ sei auch auf das Vorkommen und die Menge des Sulfations in den Teich- und Höhlenwässern eingegangen. Im großen Wasser wurden 170—200 mg/l gefunden, und zwar war der höhere Gehalt über dem Boden festzustellen. Ähnlich große Mengen wurden in einigen Ansammlungen beobachtet, andere wiederum hatten verhältnismäßig geringe Mengen (60—80 mg/l) gelöst. Diese verschiedenen Mengen sind auf Unterschiede in den geologischen Verhältnissen der Höhle zurückzuführen. Auffällig gering ist der Sulfatgehalt des Teichwassers, wofür auf Grund der kurzen Untersuchung keine Erklärung zu geben ist.

Neben diesen anorganischen gelösten Salzen, die den Charakter des Wassers als Lebensraum bestimmen, sind von gleicher Bedeutung die Mengen der „organischen Substanz“, die als Gesamtes durch die Bestimmung des Kaliumpermanganatverbrauches erfaßt werden. Die Untersuchungen ergaben, daß die Wasser in der Höhle nur geringe Mengen gelöster organischer Stoffe enthalten, im Teichwasser dagegen wurde etwa die fünffache Menge festgestellt, die absolut betrachtet der Größenordnung nach den normalen Verhältnissen ähnlicher Gewässer entspricht.

Wir beschränkten uns aber nicht auf diese mehr summarische Bestimmung, sondern es wurde auch mengenmäßig der Gehalt an NH₄,

NO_3 und NO_2 ebenso wie des Phosphats bestimmt. Ammoniak und Nitrite konnten nirgends sowohl in der Höhle wie im Teich mit den uns zur Verfügung stehenden Methoden nachgewiesen werden. Auffällig dagegen ist der hohe Gehalt an Nitraten in dem Höhlenwasser. Eine ähnliche Beobachtung hatte bereits DUDICH (1932) (vgl. MAUCHA 1932) gemacht, der in der Aggteleker Höhle ebenfalls auffällig viel Nitrate nachweisen konnte. Auch wies bereits DUDICH (l. c.) darauf hin, daß sich diese großen Mengen nur ansammeln konnten, weil in den Höhlen keine Konsumenten vorhanden sind, die das Nitrat für ihren Stoffwechselbedarf verwenden würden. Das Entstehen der Nitrate bei einem Fehlen von NH_4 und NO_2 führt DUDICH auf das möglicherweise Vorhandensein von nitrifizierenden Bakterien zurück, was aber nur durch systematische bakterielle Untersuchungen nachgewiesen werden könnte. Daß das Vorkommen der Nitrate tatsächlich auf das „biologische Negativum der Höhlenlebewelt“ (DUDICH, l. c.) zurückzuführen ist, ergibt sich aus dem Befund in dem Wasser des Teiches, wo sich kein Nitrat nachweisen ließ, während Konsumenten (Algen) in großen Mengen vorhanden waren.

Phosphate fanden sich, wenn sie vorhanden waren, in den für den Balaton und seine Umgebung üblichen Mengen.

Insgesamt haben die chemischen Untersuchungen gezeigt, daß die Höhlengewässer in ihrer Zusammensetzung ziemlich gleichartig sind, Unterschiede in größeren Ausmaßen finden sich lediglich im Kohlensäure-Kalksystem. Aber die Wässer der Höhle insgesamt unterscheiden sich in ihrem Chemismus von dem natürlichen Oberflächenwasser im Teich. Für die spätere Beurteilung in bezug auf die Fische wird von besonderer Bedeutung der Umstand sein, daß die Höhlenwässer in ihrer Zusammensetzung sich nur wenig im Laufe eines Jahres verändern werden, während der Thermalteich dem üblichen Jahreszyklus unterworfen ist.

VI. Einige biologische Beobachtungen.

Die Vegetation des Teiches war im September 1938 ziemlich üppig. Wenig waren vertreten höhere Pflanzen, die nur in einzelnen Büscheln und sehr verstreut zu finden waren. Es handelte sich dabei um *Myriophyllum verticillatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton crispus* var. *serrulatus* RCHB., *P. trichoides* CH. et. CHOL. Nicht häufiger als die genannten Phanerogamen war *Nitella opaca* Ag. An der Einfassung der eingangs erwähnten Insel wuchs in dichten Polstern *Fontinalis*. Die Hauptmasse der Vegetation stellten Fadenalgen dar, von denen mehrere *Spirogyra*-Arten quantitativ im Vordergrund standen. Daneben war *Phormidium ambiguum* GOM. und wenig *Cladophora* und *Vaucheria* (Spezies nicht bestimmt) vertreten. Der ganze Boden des

Teiches war von einem Algenrasen bedeckt, so daß von dem Sediment nichts zu sehen war. Große Algenwatten trieben zur Oberfläche auf, so daß auch die Wassermasse stark mit Algen angefüllt war. In den Algenwatten fielen runde, nestartige Stellen von leuchtend blauvioletter Farbe auf. Die Nester hatten einen Durchmesser von schätzungsweise 30—40 cm, ihre Ränder trugen meist einen weißlich bis grauen Farbton. Die blauvioletten Massen erwiesen sich als *Merismopedia trollei* BACHMANN und *M. tenuissima* LEMM., von denen die erstere Art dominiert. Diese Blaualgen schienen die grünen Fadenalgen zu überwuchern, denn die Nester stellten mehr oder weniger ausgeprägte Löcher in den Algenwatten dar. Auf diese Annahme deuten auch größere Mengen von „*Spirogyra*-Gebröse“ hin, das besonders am Rande der Nester zu beobachten war und den grauweißen Farbton verursachte.

Umfassende Untersuchungen über die Tierwelt konnten in der kurzen Zeit nicht durchgeführt werden. Zur biologischen Charakterisierung seien aber einige aus Stichproben gewonnene Beobachtungen angeführt. Der Boden bestand aus einem sandigen, steinigen Sediment, das von einem bräunlichen, lockeren Zellosoeschlamm überlagert war. In diesem Sediment wurden makroskopische Tiere überhaupt nicht gefunden, es enthielt lediglich große Massen toter Schalen von *Bithynia tentaculata* L. und *Valvata cristata* MÜLL. Außerordentlich reich besiedelt waren die *Fontinalis*-Rasen an der künstlichen Insel. Zahlenmäßig an erster Stelle standen die Chironomiden, bei denen es sich vor allem um Larven der *Paratanytarsus lauterborni*-Gruppe und um eine *Orthocladine* handelte. Sehr häufig war weiterhin *Carinogammarus roeseli* GERVAIS und Ostracoden.

Die wesentlichsten Elemente an dieser Stelle waren vor allem die Prosobranchier *Viviparus viviparus* L. und *Bithynia tentaculata* L. Fast die gleiche tierische Besiedlung wiesen die Algen- und Quellmoosrasen an den Uferpfählen auf, hinzu kamen nur noch einige Ephemeridenlarven. Den Hauptanteil der tierischen Besiedlung des Teiches stellte nach unseren Beobachtungen die Elritze (*Phoxinus laevis* AG.). Die Fischchen waren in solchen Massen vorhanden, daß sie leicht mit einem Senknetz in großer Zahl gefangen werden konnten. Ebenso zahlreich besiedelten die Elritzen den aus dem Teich abfließenden Mühlbach. Die Besiedlung des Teiches mit Tieren und Pflanzen war an den untersuchten Stellen zahlreich und normal. Es ist natürlich, daß dem gegenüber in der Höhle eine viel geringere und naturgemäß andere Besiedlung erwartet werden mußte, was besonderes Interesse erhält durch die Vergleichsmöglichkeit dieser beiden verschiedenartigen, im Zusammenhang stehenden Lebensräume. In den Wässern der Höhle wurden planktische, feinfädige *Cyano-phyceen* gefischt, die meist knäuelig zusammengeballt waren. Mit dem Planktonnetz wurde weiterhin ein Nematode, ein Tardigrad und ein

toter, nicht bestimmbarer Copepode gefangen. Die Wasseroberfläche war besiedelt von Apterygoten, wobei es sich um die blinden, weißen Höhlenformen *Folsomia fimetaria* (L.) TULLBERG und *Sinella coeca* SCHÖTT handelte. Die letztere scheint die häufigere zu sein. Beide Arten wurden bereits 1926 von den Herren Professoren DUDICH und HANKÓ in der Tapolcaer Höhle gefunden; *Sinella coeca* SCHÖTT ist in Ungarn nur aus Tapolca bekannt (STACH 1928, S. 287, 300). Besonders zahlreich waren diese auf den Wasserlöchern ganz im Inneren der Höhle (Probestelle 8 und 9). An den Felswänden, besonders dort, wo das große Wasser beginnt, konnten wir recht zahlreich *Asellus aquaticus cavernicola* sammeln. Die Tiere hatten sämtliche wohlausgebildete Augen, in der Färbung waren sie recht variabel. Alle Tiere waren im Vergleich zu normalen oberflächenwässerbewohnenden Asseln stark aufgehellt. Jedoch kamen alle Übergänge zwischen vollständig weißen Tieren und solchen mit einem braunen Zeichnungsmuster vor. Ganz im Inneren der Höhle (Probestelle 9) wurde eine Ptychopteridenlarve gefunden. Auf die terrestrische Tierwelt wurde weniger geachtet. In großer Anzahl fanden sich *Phoxinus laevis* AG. in dem großen zusammenhängenden Wasser, die damit den Hauptanteil der Tierwelt in der Höhle darstellten. Es wurde bereits oben angedeutet, daß ein Vergleich der Elritzen der Höhle und der der Oberflächenwässer (Teich und Bach) von besonderem Interesse war, da sie voneinander abweichen und diese Unterschiede auf engem Raum in den Milieuvorschiedenheiten ihre Erklärung finden konnten. Im folgenden sei ein solcher Vergleich zwischen den Elritzen der Höhle und denen des Teiches bzw. des Baches durchgeführt. Der Vergleich erstreckt sich auf Wachstumsverhältnisse, Form- und Farbverschiedenheiten und physiologisches Verhalten.

VII. Vergleich der Elritzen der Höhlen- und Oberflächenwässer.

Die Elritzen bewohnen unter normalen Verhältnissen Oberflächenwässer, sie sind jedoch bereits des öfteren in Höhlengewässern gefunden worden, vor allem Arten der Gattung *Paraphoxinus*. CHAPPUIS (1927) erwähnt dies besonders für die „Wasserschlinger des Karstes“, die in unmittelbarer Verbindung mit der Erdoberfläche stehen. Von diesen Höhlen-Elritzen sagt er (S. 103): „Sie sind nur gelegentliche Gäste unterirdischer Gewässer und bilden in ihnen keine Kolonien.“ Daß gelegentlich aber doch solche Oberflächenfische durch das Höhlenleben eine Veränderung erfahren können, beweist die von CHAPPUIS (l. c. S. 103) angeführte *Nemachilus*-(*Cobitidae*-) Art, bei der das Auge etwas kleiner als bei den oberflächenbewohnenden Artgenossen und die Pigmentierung zurückgegangen war.

Bei unseren Elritzen aus Höhle und Oberflächenwässern, die im Zusammenhang stehen, fiel als Unterschied, der am meisten in die Augen sprang, zunächst die Pigmentierung auf, was den eigentlichen Anlaß zur weiteren Untersuchung gab. Während die Fische des Teiches und des Baches das bekannte dunkle Farbenkleid der Elritzen trugen, in dem die besonders dunklen Querbinden deutlich hervortraten, waren die Elritzen der Höhle hell, die Zeichnung war — wenn überhaupt vorhanden — nur angedeutet und sehr verschwommen. Diese Färbungsverschiedenheiten haben wir in Abb. 3 (Taf. I) festzuhalten versucht, die Unterschiede sind etwas verstärkt durch weiße und schwarze Unterlage. Die Tiere auf weißem Grund sind aus dem Teich (unten), die auf schwarzem aus der Höhle (oben). Besonders deutlich wird der Unterschied im Zeichnungsmuster. Um festzustellen, ob diese Färbungsunterschiede lediglich in dem entsprechenden Milieu bestehen oder auch erhalten bleiben, wenn man z. B. Höhlen-Elritzen längere Zeit im Licht hält, hielten wir Tiere aus Teich und Höhle getrennt während 5 Monaten in gleichartigen Aquarien. Während dieser Zeit wurden die Tiere aus dem Teich deutlich heller, die Querbinden verschwanden etwas und ein messingfarbener Längsstreifen trat mehr oder weniger deutlich hervor. Bei den Tieren aus der Höhle aber wurde die Pigmentierung intensiver, auch hier trat der erwähnte Längsstreif auf. Die Veränderungen bei den Elritzen aus Teich und Höhle gingen jedoch nicht so weit, daß ihre Färbung am Ende des Versuches vollkommen gleich war, die Tiere aus der Höhle erschienen immer noch um eine Nuance heller als die Oberflächenfische, ohne daß die Unterschiede photographisch hätten festgehalten werden können. Der nach Aufenthalt im Licht fortbestehende — wenn auch geringe — Unterschied in Hinsicht auf die Intensität der Pigmentierung ist bedeutsam, da es sich bei der Elritze um ein Tier handelt, das wegen seiner Farb- bzw. Helligkeitsanpassung bekannt ist (vgl. WUNDER 1936). Die Unterschiede können deshalb wahrscheinlich nicht allein auf der augenblicklichen Wirksamkeit von Milieufaktoren beruhen, sondern müssen z. T. auch tiefer liegen. Inwieweit für letztere eine „Anpassung“ anzunehmen ist, ist schwer zu entscheiden, wäre aber u. U. experimentell nachzuprüfen. Viel eher finden wir eine Erklärung für die augenblickliche Wirkung der Umweltfaktoren auf die Höhlentiere und damit für die Verblässung. Nach v. FRISCH (WUNDER 1936) spielt ein „Hemmungszentrum“ im Zwischenhirn für den Farbwechsel eine Rolle. Bei Beleuchtung dieses Zentrums werden die Tiere dunkler, wird es verdunkelt, so hellen die Tiere auf. Daß diese Wirkungen lediglich auf verschiedene Belichtung des genannten Zentrums zurückgehen, ohne daß die Augen, also der Gesichtssinn dabei von Bedeutung ist, beweisen die gleichen Ergebnisse mit geblendeten bzw.

blinden Fischen. Da unsere Höhlen-Elritzen, die also im Dunkeln leben, blinden Fischen physiologisch sehr ähnlich sein dürften, so geht damit der größere Anteil des Aufhellungsgrades wahrscheinlich auf die gleiche Ursache zurück.

Um die Elritzen verschiedener Herkunft auch in ihrem Wachstum miteinander zu vergleichen, wurden am 29. IX. 1938 aus dem Teich 38 Tiere, aus dem Bach 40 und aus der Höhle 39 Tiere untersucht. Weitere 50 Tiere kamen am 5. XII. 1938 aus dem Bach zur Untersuchung. Im September wurden in Teich und Höhle nur Tiere der 0-Gruppe gefangen, von den 40 Tieren des Baches gehörte nur eines zur I-Gruppe. Im Dezember waren mit Ausnahme von 6 Weibchen, die der I-Gruppe angehörten, sämtliche Tiere im ersten Sommer. Die Altersbestimmung erfolgte nach den Schuppen, die bei den Elritzen sehr klein sind und die in der Mitte des Körpers entnommen wurden (s. GEYER 1939). Als wichtigste Kriterien für die Altersbestimmung sind auch bei der Elritze neben der Verengung der Zwischenräume der einzelnen Striae die abgebrochenen Striae am Ende einer Wachstumsperiode anzusehen. Abb. 4 (Taf. I) gibt die Schuppe einer zweisömrigen Ellritze im Dezember aus dem Teich. Auf die Verhältnisse zwischen Schuppen- und Körperwachstum wird später eingegangen werden.

Die Ergebnisse der Wachstumsuntersuchungen seien zunächst in Tab. 5 dargestellt.

Tabelle 5.

Längenwachstum der Ellritzen in cm. Die Zahlen sind Mittelwerte, die eingeklammerten Zahlen geben die jeweilig untersuchte Anzahl an. Die römischen Zahlen bedeuten Altersgruppen.

	0-Gruppe			I-Gruppe	
	♂	♀	Gesamt	♂	♀
Höhle 29. IX. 1938	4,1 (34)	4,4 (2)	4,1 (39)	—	—
Bach 29. IX. 1938	4,2 (16)	4,7 (20)	4,3 (39)	—	8,0 (1)
Teich 29. IX. 1938	4,4 (8)	4,4 (25)	4,4 (38)	—	—
Teich 5. XII. 1938	4,6 (7)	5,4 (37)	5,3 (44)	—	7,1 (6)

Daraus geht hervor, daß am 29. IX. — nur Tiere der gleichen Untersuchungszeit sind miteinander vergleichbar — kaum Größenunterschiede zwischen den einzelnen Populationen zu beobachten sind. Es hat allerdings den Anschein, als ob die Höhlentiere etwas geringeres Wachstum aufweisen, doch ist dabei zu berücksichtigen, daß die überwiegende Anzahl der Höhlentiere Männchen waren und nicht bekannt ist, wie sich Weibchen und Männchen in ihrer Wachstumsleistung zueinander verhalten. Aus vorliegendem Material kann dieses auch nicht

etwas weniger rasch zu wachsen. Außerdem erschwert noch eine Erscheinung das Erkennen der wahren Wachstumsverhältnisse, wodurch diese weniger kontrollierbar werden. In Teich und Bach glauben wir das Alter der Tiere richtig erkannt zu haben, denn es wurden auch zweisömmerige Tiere gefunden, so daß die Tiere ohne deutliche Jahreszone auf den Schuppen mit Sicherheit als einsömmerige angesprochen werden konnten. Nicht so klar liegen dagegen die Verhältnisse bei den Höhlentieren, dort fanden wir nur solche, die keine Wachstumsunterbrechung auf den Schuppen erkennen ließen und deshalb in unserer Tab. 5 als 0-Gruppe erscheinen. Wir möchten diese nicht so unbedingt als 0-Gruppe ansprechen, da in der Höhle das Wasser das ganze Jahr hindurch mehr oder weniger gleiche Temperatur hat und aus diesem Grunde eine Zonierung auf den Schuppen unterbleiben kann. Geringe jahreszeitliche Temperaturunterschiede bestehen auch nur in den Oberflächengewässern von Tapolca, da es sich — wie eingangs erwähnt — um einen Thermalteich handelt, dessen Temperatur aber immerhin jahreszeitlich beeinflussbar ist. Daß eine Zonierung auf den Schuppen bei fehlenden Temperaturschwankungen unterbleiben kann, konnten wir bereits früher für Forellen hervorheben, die in einem gleichmäßig temperierten Quellteich lebten (GEYER 1939). Klar wäre diese Frage nur experimentell zu entscheiden. Die Größenunterschiede zwischen den Elritzen des Teiches vom 29. IX. und 5. XII. 1938 sind durch den Unterschied im Untersuchungstermin zu erklären, da die später untersuchten Fische in der Zwischenzeit natürlich gewachsen sind.

Tabelle 6.

Gewichte der einzelnen Populationen in Beziehung zu Körper- (la) und Gesamtlänge (lc). k = Längengewichtskonstante. Längenangaben in cm.

	Mittel aus Anzahl	la	lc	Gewicht in g	k
Teich 29. IX. 1938	20	3,44	4,08	0,75	1,10
	10	3,89	4,59	1,20	1,24
	8	4,18	5,03	1,80	1,42
Bach 29. IX. 1938	10	2,70	3,18	0,30	0,93
	10	3,44	4,05	0,80	1,20
	10	4,00	4,70	1,30	1,25
Höhle 29. IX. 1938	19	3,13	3,67	0,50	1,01
	10	3,53	4,25	0,75	0,978
	10	3,88	4,60	1,00	1,02

Neben dem Längenwachstum verdient Beachtung das Gewichtswachstum der Elritzen verschiedener Herkunft. Wir haben die Gewichte der Tiere so festgestellt, daß wir jeweils 8–20 Tiere etwa gleicher Größe

auf einer Briefwaage wogen und daraus das Mittel nahmen. Die Gewichte sind auf die Körper- und Gesamtlänge der Tiere bezogen. Tab. 6 gibt die Daten.

Stellt man die absoluten Gewichte, bezogen auf die Gesamtlänge (lc), graphisch dar (Abb. 5), so ergibt sich im Vergleich mit der Tabelle, daß die Tiere der Höhle bei gleicher Länge leichter sind als die Tiere der Oberflächenwässer. Dieses geht auch aus dem Wert der Längengewichtskonstanten (k) hervor, die sich nach der Formel $p = \frac{k \cdot 100}{l^3}$ errechnen

läßt, wobei p das Gewicht in g, l die Gesamtlänge und k die Längengewichtskonstante ist. Größerer Wert für k bedeutet demnach stärkeres Gewichtswachstum bei gleicher Körperlänge, die Höhlen-Elritzen sind also leichter. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß die Höhlentiere sehr viel mehr Fett in der Leibeshöhle angehäuft hatten, so daß dadurch das geringe Gewicht wenigstens zu einem Teil mit bedingt sein kann.

Es sei auch in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß man in Hinsicht auf Längen- und Gewichtswachstum nur Tiere gleicher Längengruppen miteinander vergleichen kann, da sich das gegenseitige Verhältnis der beiden Wachstumskomponenten mit fortschreitender Fischgröße ändert. Inwieweit dies für alle Fische zutrifft, bedarf einer Nachprüfung.

Für die Wachstumsleistungen können in erster Linie die Nahrungsverhältnisse als Ursache herangezogen werden. Deshalb führten wir an einem großen Teil der Fische Nahrungsuntersuchungen aus, die innerhalb der einzelnen Populationen zu den verschiedenen Untersuchungszeiten ein recht einheitliches Bild boten. Am 29. September 1938 wurden aus dem Teich 31 Fische verschiedener Größe auf ihren Darminhalt untersucht, aus dem Bach 30 und aus der Höhle 21. Weitere Nahrungsuntersuchungen wurden an 31 Fischen aus dem Teich ausgeführt am 5. XII. 1938.

Nach den bisherigen Anschauungen besteht die Nahrung der Elritzen „aus Insektenlarven und Würmern der Bodenfauna und aus über dem Wasser sich tummelnden Insekten“ (HEIN-NITSCHKE-RÖHLER 1932). Auch in BREHM's Tierleben (1925) werden „Würmer und Kerfe“ angegeben, daneben aber vor allem Pflanzenstoffe genannt (S. 202). BADE (1902) gibt Insekten und deren Larven den Vorrang, betont aber, daß die Elritze auch Pflanzenstoffe und tote Tiere der eigenen Art verzehrt.

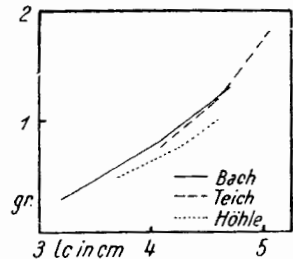


Abb. 5. Beziehung zwischen Gesamtlänge (lc) und Gewicht bei den Elritzen der verschiedenen Populationen.

Aus unseren Untersuchungen ergibt sich folgendes: Im September hatten die Elritzen des Teiches vor allem *Spirogyra* gefressen, der ein bedeutender Detritusanteil mit viel Sand beigemischt war. Der Darminhalt hatte eine grau-grüne Farbe. Reste höherer Pflanzen waren vorhanden, ebenso Diatomeen, jedoch immer ohne große Bedeutung für die Gesamtzusammensetzung der Nahrung. Luftinsekten wurden als Reste bei 4 Tieren gefunden, einzelne *Chironomiden*-Larven und *Chydoriden* neben der Pflanzennahrung bei je einem Tier und in einem weiteren Falle gehörten beschaltete Amöben zur Nahrung. Die tierische Nahrung trat gegenüber der Pflanzenkost verschwindend in den Hintergrund (Abb. 6 u. 7 Taf. II).

Im Bach bestand die Nahrung der Elritzen im September ebenfalls vorwiegend aus *Spirogyra*, der teilweise sehr viel sandiger Detritus beigemischt war. Tierische Bestandteile wurden nur bei 2 Tieren gefunden, und zwar in einem Falle eine *Trichopteren*-Nymphe, in einem anderen eine *Trichopteren*-Larve.

Im Dezember zeigte die Nahrung der Elritzen aus dem Teich eine etwas andere Zusammensetzung als im Herbst, obwohl die Pflanzenbestandteile ebenfalls die Hauptmasse darstellten. Während im September frische Pflanzen aufgenommen worden waren, denen allerdings in nennenswertem Maße Detritus beigemischt sein konnte, bestand die Nahrung jetzt vor allem aus einem Algen-Detritus, also aus Zersetzungsprodukten der Algen. Auch Diatomeen waren stets häufig, die sich auf den absterbenden Algen angesiedelt haben dürften (Abb. 8, Taf. III). Gegenüber dem Herbst waren die tierischen Nahrungsanteile etwas zahlreicher und häufiger, ohne jedoch — mit Ausnahme einzelner Fälle — den wesentlichsten Nahrungsbestandteil zu bilden. Öfters wurden jetzt *Ostracoden* und auch *Chironomiden* gefunden, 2 Tiere hatten lediglich *Carinogammarus roeseli* gefressen. Die größten Tiere hatten vor allem *Cladophora* und Teile von *Myriophyllum* aufgenommen.

Trotz bestehender Unterschiede ist die Zusammensetzung der Nahrung der Oberflächentiere recht gleich, die Unterschiede sind jahreszeitlich bedingt. Demgegenüber stehen die Tiere der Höhle, die allerdings gegenwärtig in dieser Hinsicht unter unnatürlichen Verhältnissen leben, denn sie werden leider gefüttert. Sie erhalten beinahe täglich vom Betreuer der Höhle Maisschrot, das auch eifrig von ihnen aufgenommen wird, denn alle 21 untersuchten Tiere hatten ausschließlich diese Nahrung im Darm, die Stärke zeigte mit Jod noch deutliche Blaufärbung. Nach Mitteilung von Herrn BERGER, der heute die Höhle betreut, sollen jedoch früher, als die Tiere noch nicht gefüttert wurden, nach den Feststellungen von Herrn Prof. Dr. B. HANKÓ diesen vor allem Apterygoten als Nahrung gedient haben, die auch nach unseren Beobachtungen

in der Höhle recht zahlreich vorkommen (s. oben). In der Nahrung der Elritzen konnten jedoch keine tierischen Bestandteile festgestellt werden. Inwieweit die Fütterung mit Maisschrot die oben erwähnte Fettanhäufung in der Leibeshöhle der Höhlentiere bedingt, kann nicht entschieden werden. Vielleicht spielen dabei auch die im Dunkeln anders gearteten Stoffwechselfvorgänge eine Rolle.

Es seien anschließend einige Beobachtungen über die Geschlechter- und Reifeverhältnisse der Tiere mitgeteilt. Wir erwähnen dabei nicht die Tiere, deren Geschlecht nicht bestimmt werden konnte und lassen die wenigen Weibchen der I-Gruppe (s. Tab. 5) weg. Im Teich bestand im September ein Geschlechterverhältnis von 8 Männchen : 24 Weibchen. Bei der Mehrzahl der Tiere waren die Gonaden in einem fast laichfähigen Zustand. Im Bach wurden in der 0-Gruppe 16 Männchen und 20 Weibchen gefunden, also auch hier überwogen die Weibchen, die Mehrzahl der Tiere war reif. Im Dezember waren im Teich alle Tiere reif, es wurden gefunden 37 Weibchen und 7 Männchen. Demgegenüber waren von 36 Tieren der Höhle, deren Geschlecht bestimmt wurde, 34 Männchen und nur 2 Weibchen. Für diese eigenartige Erscheinung fehlt uns bisher jede Erklärungsmöglichkeit.

Bei unseren Untersuchungen richteten wir unser Augenmerk vor allem auf möglicherweise vorhandene Formunterschiede der Fische der verschiedenen Populationen. Aus diesem Grunde haben wir neben den Gewichtsmessungen, in denen bereits die „Form“ zum Ausdruck kommt, noch Messungen einzelner Körperteile ausgeführt, so z. B. die Länge des Kopfes und die der Schwanzflosse. Für die Breite des Kopfes soll der Interorbitalraum als Maßstab dienen. Da ferner bekannt ist, daß die Größe der Augen bei verschiedenen Fischarten in gewisser Beziehung zum Milieu, im besonderen zu dessen Lichtverhältnissen steht (WUNDER 1936), wurde der Augendurchmesser der Fische gemessen, um Aufschluß darüber zu erhalten, ob etwa unter dem Einfluß der Dunkelheit eine Augenreduktion hätte stattgefunden haben können, die im Dunkeln erwartet werden kann. Dazu gab besonders auch Anlaß die Meinung des Führers der Höhle, daß die in der Höhle „geborenen“ Fische blind seien.

Die Messungen sind wieder für einzelne Größengruppen getrennt ausgeführt und so miteinander vergleichbar. Tab. 7 gibt die Daten.

In der Tabelle haben wir das Auge in Prozent der Kopflänge (Auge/Kopf) ausgedrückt, ferner den Interorbitalraum in Prozent der Kopflänge (Int./Kopf), das Auge in Prozent des Interorbitalraumes (Auge/Int.), den Kopf in Prozent der Körperlänge (Kopf/la) und schließlich die Gesamtlänge in Prozent der Körperlänge (lc/la).

Tabelle 7.

Einzelne Körperdimensionen der verschiedenen Populationen. Augendurchmesser (Auge), Interorbitalraum (Int.) und Kopfgröße (Kopf) in mm, Körper- (la) und Gesamtlänge (lc) in cm, n = Anzahl.

	Intervall f. la	n	la	lc	Auge	Int.	Kopf	Auge/Kopf	Int./Kopf	Auge/Int.	Kopf/la	lc/la
Bach	2—2,9	2	2,55	3,05	2,18	2,61	7,01	31,1	37,2	83,5	27,5	119,6
	3—3,9	17	3,54	4,18	2,69	3,48	9,44	28,5	36,9	77,4	26,7	118,2
	4—4,9	21	4,22	5,00	3,03	4,16	11,40	26,3	36,5	72,9	27,0	118,4
Teich	3—3,9	25	3,57	4,21	2,71	3,61	9,63	28,1	37,5	75,1	27,0	117,9
	4—4,9	11	4,16	4,89	2,93	4,13	11,10	26,4	37,1	71,0	26,7	117,6
Höhle	2—2,9	3	2,90	3,50	2,39	3,15	8,35	28,7	37,7	75,9	28,8	120,6
	3—3,9	31	3,42	4,08	2,67	3,35	9,84	28,2	35,3	79,8	27,7	119,3
	4—4,9	5	4,24	4,04	2,91	3,93	11,70	24,9	33,6	74,1	27,6	119,0

Wenn diese Verhältniszahlen auch nicht unbedingt zu näherer Betrachtung herausfordern, weil die Unterschiede teilweise zwischen den einzelnen Populationen sehr gering sind, so geben sie aber doch einige Hinweise auf die Richtung einer u. U. stattgefundenen Beeinflussung der Formverhältnisse seitens des Milieus bei den Höhlentieren.

Zuerst sei hervorgehoben, daß die Schwanzflosse bei den Elritzen der Höhle am längsten ist. Ebenso besitzen die Höhlentiere den längeren Kopf. Es scheint weiter, daß der Kopf bei den Tieren im Verhältnis zu denen der Oberflächenwässer auch — besonders in den beiden letzten Größengruppen — schmaler ist (Int./Kopf). Die Höhlentiere sind also langköpfiger, schmalköpfiger und haben die längere Schwanzflosse. Es ist zu vermuten, daß diese Abweichungen der Höhlentiere auf die Ernährungsverhältnisse zurückgehen, da ähnliche Beobachtungen an anderen Fischen bisher als Ausdruck einer zum mindesten nicht günstigen Ernährung angesehen wurden. So sprach kürzlich erneut STANGENBERG (1938) für Plötzen die Vermutung aus, daß eiweißarme Nahrung Ausdehnung mancher Körperteile bewirkt, wogegen eiweißreiche Nahrung eine Verkürzung von z. B. Kopf und Schwanzflosse bedingen kann. — Wenn ursprünglich vermutet wurde, daß die Größe der Augen durch das Höhlenleben irgendwie beeinflußt sein konnte, wie das nach CHAPPUIS (1927) bei einer *Nemachilus*-Art beobachtet werden konnte, so zeigen die Zahlenverhältnisse Auge/Int. und Auge/Kopf, daß das nicht der Fall ist. Das Auge scheint zwar im Verhältnis zum Kopf etwas kleiner und in bezug auf den Interorbitalraum bei den Höhlentieren etwas größer zu sein, was aber seine Ursache in der Veränderung dieser

Körperdimensionen haben dürfte. Leider konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nicht der histologische Bau des Auges bzw. seiner Sehelemente berücksichtigt werden, doch wäre es nicht unmöglich, daß Unterschiede zwischen den Höhlen- und Oberflächentieren in dieser Hinsicht bestehen, da wir bei Tieren verschiedenen Lichtmilieus solche Verschiedenheiten kennen (vgl. WUNDER 1936). Auch in bezug auf die leuchtenden Pigmente im Augenhintergrund kennen wir Unterschiede bei Fischen, die klares Wasser, also Helligkeit, und solche, die trübes Wasser — Dunkelheit — bevorzugen bzw. in ihm leben (WUNDER 1930).

Im Zusammenhang mit den Altersbestimmungen der Fische achteten wir auch auf die Größe der Schuppen, da unterschiedliche Schuppensdimensionen bei verschiedenen Populationen von verschiedenen Autoren mit der Wachstumsleistung in Verbindung gebracht wurde. Auf die Verschiedenheit der Beobachtungen bzw. auf ihre Widersprüche haben wir bereits früher hingewiesen (GEYER-MANN 1939 c) und können diesen die vorliegenden Beobachtungen im wesentlichen auch nur anschließen, da die Verhältnisse noch durchaus nicht zu übersehen sind.

Bei den Messungen der Schuppensdimensionen berücksichtigten wir den caudalen Schuppenradius (c), den oralen (o) und den Gesamtlängendurchmesser (F) der Schuppe. Die Schuppensdimensionen wurden wiederum wie in früheren Arbeiten in Prozent der Körperlänge ausgedrückt (c/la, o/la, F/la) und dabei die Tiere der Höhle denen des Teiches und Baches zusammen gegenübergestellt, da sich zwischen den beiden Populationen der Oberflächenwässer keine Unterschiede ergaben. Die Ergebnisse sind in Tab. 8 dargestellt.

Tabelle 8.

Schuppensdimensionen und ihr Verhältnis zur Körperlänge. la = Körperlänge in cm. c = caudaler Schuppenradius, o = oraler Schuppenradius, F = Schuppenlängendurchmesser in mm, n = Anzahl.

	Intervall für la	n	la	c	o	F	c/la	o/la	F/la
Höhle	3—3,9	29	3,38	0,105	0,086	0,191	0,311	0,254	0,565
	4—4,9	4	4,18	0,144	0,111	0,255	0,344	0,266	0,610
Bach + Teich	2—2,9	8	2,55	0,087	0,071	0,158	0,341	0,279	0,620
	3—3,9	40	3,52	0,124	0,100	0,224	0,353	0,284	0,637
	4—4,9	24	4,20	0,160	0,125	0,285	0,381	0,298	0,679
	5—5,9	2	5,80	0,244	0,177	0,421	0,422	0,305	0,726

Das Prozentverhältnis von c/la, o/la und F/la ist graphisch dargestellt in Abb. 9. Daraus geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß die

Schuppen der Elritzen aus der Höhle sowohl in Hinsicht auf ihre einzelnen Dimensionen als auch hinsichtlich ihres Gesamtdurchmessers kleiner sind als die der Elritzen, die die Oberflächengewässer bewohnen. Oben hatten wir gesehen, daß hinsichtlich des Längenwachstums — wenn überhaupt — nur geringe Unterschiede bestehen zwischen Höhlen- und Oberflächenformen, mit der Längenwachstumsintensität war aber bisher die Schuppengröße in Zusammenhang gebracht worden. Wir glauben deshalb nicht fehlzugehen, wenn wir in Anlehnung an die Anschauung über die erhöhte Fettablagerung bei den Höhlenfischen die Ursache der Schuppenverkleinerung in einem in der Dunkelheit geänderten Stoffwechsel suchen zu müssen.

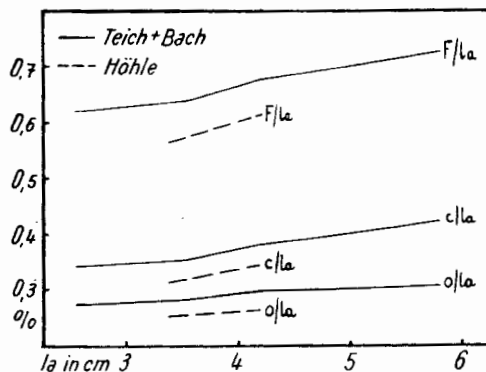


Abb. 9. Schuppen-Längendurchmesser (F), caudaler Schuppenradius (c) und oraler Schuppenradius (o) in Prozent der Körperlänge (la) bei den verschiedenen Populationen der Elritzen.

Um einen Einblick in mögliche Verschiedenheiten der Stoffwechsellagenarten bei den Fischen unterschiedlicher Herkunft zu gewinnen, wurde der Sauerstoffverbrauch der Elritzen aus der Höhle und der des Teiches bestimmt, da dieser als ein Indikator der Stoffwechselvorgänge angesehen werden kann. Die Methodik war die gleiche wie in früheren Untersuchungen über den Sauerstoffverbrauch von Fischen (GEYER-MANN 1939a) und bestand im Prinzip darin, daß in einer Atemkammer an den Fischen ständig Wasser vorbeifloß und aus der Differenz des O_2 -Gehaltes im Wasser vor und nach Passieren der Atemkammer der O_2 -Verbrauch der Tiere bestimmt wurde. Unter Zugrundelegung des Gewichts und der Versuchsdauer wurde wiederum der O_2 -Verbrauch in g O_2 pro kg Körpergewicht in 24 Stunden errechnet. Die Versuche wurden mit jeweils 12 Fischen vom Gesamtgewicht von 30—35 g in der Atemkammer ausgeführt, so daß wir also gleichmäßige Versuchsbedingungen hatten. Als absolute Werte können die gefundenen Zahlen

jedoch nicht gelten, da der Sauerstoffverbrauch von Fischen von der Anzahl der Tiere, die sich in einem Versuchsgefäß befinden, beeinflußt wird (GEYER-MANN 1939b). Als Atemwasser benutzten wir ein solches mit 4,89—5,42 mg O₂/l, was damit den am 5. XII. 1938 in Höhle und Teich vorgefundenen O₂-Verhältnissen genau entsprach (Tab. 3). Die untersuchten Elritzen lebten in der Höhle an Untersuchungsstelle 10 (O₂-Gehalt 5,2 mg/l = 49,5% Sättigung bei 19,0° C). Unsere Versuchstemperatur betrug 18,5° C, womit ebenfalls die natürlichen Verhältnisse erreicht waren.

Da nach Untersuchungen an anderen Fischarten eine Beziehung zwischen Sauerstoffverbrauch und Wasserstoffionenkonzentration des Atemwassers besteht (vgl. LEINER 1938 und unveröffentlichte Versuche von H. MANN), wurde der pH-Wert bei den Atmungsversuchen gewechselt. Die Ergebnisse sind in Tab. 9 dargestellt.

Tabelle 9.

O₂-Verbrauch von Elritzen aus Höhle und Teich am 13. XII. 1938 bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration. (O₂-Verbrauch in g O₂/kg Körpergewicht in 24 Std.)

pH	Teich	Höhle
4,5	Wird von den Tieren nicht vertragen	
6,0	6,29	—
6,5	—	8,93
7,5	—	9,39
8,5	8,90	—
8,7	8,93	—
9,0	—	12,23

Die Zahlenreihen zeigen, daß mit steigendem pH-Wert der O₂-Verbrauch der Elritzen sowohl bei den Tieren aus dem Teich als auch aus der Höhle zunimmt. Dieses soll hier lediglich festgestellt werden, da es nicht in ursächlichem Zusammenhang mit dem hier vorliegenden Fragenkomplex steht. Auf diese Verhältnisse wird im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen in einem weiteren Rahmen eingegangen werden. Hier möchten wir nur die Unterschiede in der Höhe des O₂-Verbrauches zwischen den Elritzen der Höhle und des Teiches hervorheben, da diese im Zusammenhang mit den Einflüssen des Milieus von Interesse sind. Noch besser als die Zahlenreihen in Tab. 9 zeigt die graphische Darstellung (Abb. 10), daß der O₂-Verbrauch der Höhlentiere ständig größer ist als der der Oberflächentiere.

Die Untersuchungsergebnisse wurden aus Versuchen gewonnen, in denen Höhlen- und Teichtiere unter den gleichen Bedingungen standen. Wenn die genannten Unterschiede trotzdem gefunden wurden, so ist die Annahme berechtigt, daß sie auf Milieuverhältnisse zurückgehen und

nicht nur im Augenblick der Wirkung der Umweltfaktoren bestehen, denn die Tiere lebten zur Zeit des Versuches bereits 8 Tage unter anderen Verhältnissen (Aquarium). Es muß also durch das Milieu eine Beeinflussung des Stoffwechsels stattgefunden haben, die zum mindesten nach kurzer Zeit (8 Tage) noch nachweisbar ist. Am nächsten liegt, die verantwortlichen „Milieueinflüsse“ in den Gaspartialdrucken zu suchen. Der Sauerstoffpartialdruck scheidet unseres Erachtens aus, da am Tag der Gewässeruntersuchung (5. Dezember 1938) etwa gleiche Sauerstoff- und Sättigungswerte in beiden Gewässerarten gefunden wurden. Unterschiede dagegen bestanden hinsichtlich der Menge freier Kohlensäure. im Wasser (Teich 26 mg/l, Aufenthaltsort der Höhlenelritzen [Stelle 10] 70 mg/l). Im erhöhten Kohlensäuregehalt des Höhlenwassers ist wahrscheinlich die Ursache für den erhöhten O_2 -Verbrauch der Höhlentiere zu suchen, da geringe Erhöhung des CO_2 -Druckes im Wasser eine gesteigerte Atmungstätigkeit hervorruft (VAN DAM 1938).

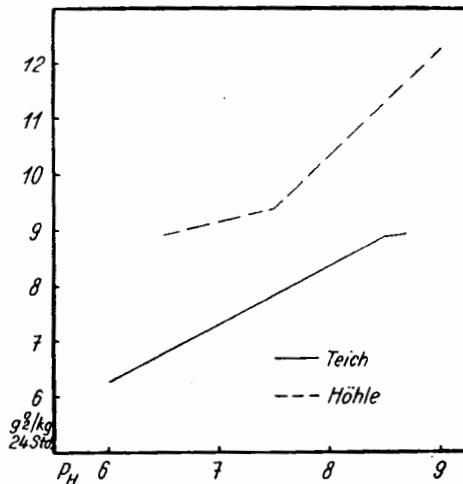


Abb. 10. O_2 -Verbrauch der Elritzen des Teiches und der Höhle bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration.

Die Beobachtung, daß Unterschiede in der Stärke der Atmungstätigkeit noch 8 Tage nach Entfernung aus dem natürlichen Lebensraum bestanden, ließ es wünschenswert erscheinen, festzustellen, ob ein unterschiedliches Verhalten der Elritzen verschiedener Herkunft auch noch nach längerem Aufenthalt in einer Umgebung, die für die Höhlentiere unnatürlich, für beide Tiergruppen aber gleich war (Aquarien), bestehen und somit der Schluß berechtigt ist, daß durch die Milieueinflüsse der Höhle eine tiefgehende Veränderung des Stoffwechsels stattgefunden hat, die auch unter anderen Lebensbedingungen erhalten bleibt.

Zu diesem Zwecke wurden die im Dezember untersuchten Elritzen aus Höhle und Teich $3\frac{1}{2}$ Monate in gleichartigen Aquarien gehalten, wobei gleichzeitig die Farb- und Helligkeitsänderungen beobachtet wurden (s. oben). Nach dieser Zeit wurden die Atmungsversuche unter denselben Versuchsbedingungen wiederholt, jedoch nicht für jeden im Dezember untersuchten pH-Wert, sondern im Bereich 8,7—9,0. Die Versuchsergebnisse sind im Vergleich mit denen aus dem Dezember dargestellt in Tab. 10.

Tabelle 10.

O₂-Verbrauch der Elritzen aus Höhle und Teich im Dezember und im April, $3\frac{1}{2}$ Monate nach Entfernung aus dem natürlichen Lebensraum. O₂-Verbrauch in g O₂/kg Körpergewicht/24 Stunden.

	Teich	Höhle	Mehrverbrauch der Höhlentiere gegenüber denen des Teiches
Dezember	8,93	12,23	39,4%
April	12,80	19,80	54,7%
Steigerung des Verbrauchs gegenüber Dezember	46,2%	61,2%	—

Daraus folgt, daß bei beiden Tiergruppen der O₂-Verbrauch im April gegenüber dem des Dezembers zugenommen hat, und zwar bei den Elritzen des Teiches um 46,2% des Dezember-Verbrauches, bei den Höhlenfischen um 61,6% des Dezember-Verbrauches. Diese Erhöhung ist jahreszeitlich bedingt in Zusammenhang mit der geschlechtlichen Entwicklung, wie aus unveröffentlichten Versuchen an anderen Fischen hervorgeht. Da bei beiden Tiergruppen eine Steigerung im Verbrauch an Sauerstoff zu beobachten ist, wird der im Dezember bestehende Unterschied zwischen Teich- und Höhlentieren durch einen $3\frac{1}{2}$ monatigen Aufenthalt unter gleichartigen Bedingungen nicht ausgeglichen, sondern er bleibt erhalten. Im Dezember betrug der Mehrverbrauch der Höhlentiere gegenüber den Fischen aus dem Teich 39,4%, im April 54,7%. Der Unterschied ist also eher noch größer geworden, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß der Verbrauch der Höhlenelritzen im Frühjahr mehr angestiegen ist (61,6%) als der der Teichtiere (46,2%). Die Ursachen des stärkeren Anstieges sind natürlich nicht zu übersehen.

Damit ist erwiesen, daß eine physiologische Eigenart der Höhlentiere (größerer O₂-Verbrauch) auch in anderen Milieuverhältnissen erhalten bleibt (im Versuch $3\frac{1}{2}$ Monate), was zu der Annahme berechtigt, daß durch das Höhlenleben tiefgreifende Stoffwechselveränderungen hervorgerufen werden. Wir könnten es hier mit der physiologischen Seite

einer etwaigen Rassenbildung zu tun haben, die in morphologischer Hinsicht noch nicht so stark zum Ausdruck kommt, denn die beobachteten geringen morphologischen Unterschiede — ausgenommen die Verschiedenheit der Pigmentierung — können viel eher auf Ernährungsfragen zurückgeführt werden. Nach diesen kurzen Hinweisen scheint es uns deshalb von besonderem Interesse, im Rahmen von Untersuchungen von Rassenbildungen, soweit möglich, stärkeres Gewicht auf die Erfassung physiologischer Verschiedenheiten zu legen, da diese vielleicht eher zutreffende Kriterien für Rasseneigenschaften — weil im Stoffwechsel verankert — sind als ledigliche morphologische Verschiedenheiten.

VIII. Zusammenfassung.

Die Teichhöhle von Tapolca (Tavasbarlang) steht durch Sickerkanäle mit einem Thermalteich in Verbindung. Es handelt sich um eine Auswaschungshöhle von Gangform in sarmatischen Kalken. Zusammenhängend mit Wasser gefüllt ist nur ein Teil der Höhle, daneben sind einige kleinere Wasseransammlungen vorhanden. In der Nähe der Verbindungen mit der Erdoberfläche macht sich der Einfluß der Außenatmosphäre auf Temperatur und Feuchtigkeit bemerkbar. In chemischer Hinsicht bestehen vor allem Unterschiede im Kohlensäure—Kalk-System zwischen den Wässern der Höhle und des Teiches. Die Gewässer der Höhle und des Teiches werden vor allem von Elritzen bewohnt. Die verschiedenen Populationen weisen Unterschiede auf. Die Elritzen der Höhle sind viel heller als die des Teiches, das Zeichnungsmuster ist nur angedeutet und verschwommen. Hinsichtlich des Wachstums bestehen kaum Unterschiede, das Gewicht ist bei den Fischen der Höhle geringer, was ein Ausdruck für die „Form“ ist. Ebenso haben die Elritzen in der Höhle den größeren und schmaleren Kopf, sowie die längere Schwanzflosse, und ihre Schuppen sind kleiner als die der Elritzen der Oberflächengewässer. In physiologischer Hinsicht unterscheiden sich die Elritzen der Höhle durch den höheren O_2 -Verbrauch, eine Eigenschaft, die auch nach längerem Aufenthalt im Oberflächenwasser (Aquarium) erhalten bleibt. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um die Anfänge einer physiologischen Rassenbildung.

IX. Literatur.

- BADE, E., 1902: Die mitteleuropäischen Süßwasserfische. Berlin.
 BREHM's Tierleben, 1925: Fische 3. 4. Aufl.
 CHAPPUIS, P. A., 1927: Die Tierwelt der unterirdischen Gewässer. Die Binnengewässer. 3.
 v. CHOLNOKY, E., 1920: Hydrographie des Balatonsees. Res. wiss. Erforsch. Balatonsees. 1. 2. Wien.

- VAN DAM, L., 1938: On the utilization of oxygen and regulation of breathing in some aquatic animals. Groningen.
- DUDICH, E., 1932: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla“ in Ungarn. Speläol. Monogr. 13. Wien.
- GEYER, F., 1939: Alter und Wachstum der wichtigsten Cypriniden ostholsteinischer Seen. Arch. Hydrobiol. 34. 543—644.
- GEYER F. & H. MANN, 1939a: Beiträge zur Atmung der Fische. I. Die Atmung des ungarischen Hundsfisches (*Umbra lacustris* GROSSINGER). Zool. Anz. 127, 9/10.
- 1939b: Dasselbe. IV. Der Sauerstoffverbrauch im Gruppenversuch. Zs. vgl. Physiol. 27. 3.
- — 1939c: Limnologische und fischereibiologische Untersuchungen am ungarischen Teil des Fertő (Neusiedler See). Arb. ung. biol. Forsch.-Inst. Bd. 11. 1939.
- HEIN, W., H. NITSCHKE u. E. RÖHLER, 1932: Die Süßwasserfische Deutschlands. Verl. Deutsch. Fischereiverein.
- KESSLER, H., 1937: Beszámoló a Tapolca nagykőzsg területén végzett barlangkutatásról. Handschrift.
- LEINER, M., 1938: Die Physiologie der Fischatmung. Leipzig.
- MAUCHA, R., 1930: Az Aggteleki cseppkőbarlang vizeinek chemiai vizsgálata. Hidrológiai Közlöny. 10. 201—207.
- 1931: Chemical analysis of the waters of Cave Aggtelek. Hidrológiai Közlöny. 11. 126—130.
- STACH, I., 1928: Verzeichnis der Apterygogenea Ungarns. Ann. Mus. Nat. Hungarici. 26. 269—312.
- STANGENBERG, M., 1938: Die ökologische Variabilität der Plötze. Inst. de Rech. des Fôrets Domaniales Pologne. Serja A. Nr. 39.
- WUNDER, W., 1930: Bau und Funktion der Netzhaut beim Zander (*Lucioperca sandra*) und einigen anderen im Balatonsee häufigen Fischen. Zs. vgl. Physiol. 6.
- 1936: Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. Handb. Binnenfischerei. 2b.

Teich am Ende des Njuga.

Datum	Wasser- t °C	Wasser- farbe	pH	SBV	Ber. Bikarb. 10 ⁴ K ₁₈	Gef. Gesamt 10 ⁴ K ₁₈
2. VI. 1938	12,5	40	6,1	0,52	0,462	0,376
21. VII. 1937	18,0	13	9,0	1,40	1,245	1,380

Datum	Bikarb. Gesamt Leitfähigk.	Ca	Mg	Fe	Mn	P(PO ₄)	Cl	Si
2. VI. 1938	1,23	6,0	0,44	0,14	0,03	0,0038	0,8	1,1
21. VII. 1937	0,90	22,8	2,7	—	—	—	—	4,1

Moorteich
(nahe dem Turisthotel Abisko).

Datum	Wasser- t °C	Wasser- farbe	pH	SBV	Ber. Bikarb. 10 ⁴ K ₁₈	Gef. Gesamt 10 ⁴ K ₁₈	Bikarb. Gesamt Leitfähigk.
24. V. 1938	13,0	38	5,0	0,28	0,249	0,283	0,88

Datum	Ca	Mg	Fe	Mn	P(PO ₄)	Gesamt P	Cl	Si
24. V. 1938	1,60	0,00	0,12	0,05	0,0030	0,092	3,9	0,9

Mückentümpel
(beim Bahnhof Abisko Turist).

Datum	Wasser- t °C	Wasser- farbe	pH	SBV	Ber. Bikarb. 10 ⁴ K ₁₈	Gef. Gesamt 10 ⁴ K ₁₈	Bikarb. Gesamt Leitfähigk.
1. VI. 1938	13,0	150	5,6	0,50	0,445	0,512	0,87

Datum	Ca	Mg	Fe	Mn	P(PO ₄)	Gesamt P	Cl	Si
1. VI. 1938	3,60	0,00	0,25	0,12	0,103	0,175	3,9	6,5