

# JAHRESBERICHT

der Limnologischen Flußstation Freudenthal

Außenstelle der Hydrobiologischen Anstalt

der Max-Planck-Gesellschaft

1949

7-14

V o r w o r t.

=====

Mit dem vorliegenden Jahresbericht gibt die Limnologische Flussstation Freudenthal die erste Übersicht über ihre bisher geleistete wissenschaftliche Arbeit und sonstige Tätigkeit heraus.

Diese Veröffentlichung soll der Beginn einer Folge von jährlich erscheinenden Berichten sein, die wir allen an unserer Arbeit interessierten Stellen zusenden wollen. Sie trägt die Bezeichnung "Jahresbericht" nicht ganz zu Recht, da hier die Arbeit dargestellt wird, die seit Gründung unserer Station, also während mehrerer Jahre (1947-49) geleistet worden ist.

Wir wollen diesem Vorhaben keine grossen Worte voransetzen, sondern die Darstellungen selbst sprechen lassen.

Hingegen möchten wir an dieser Stelle allen denen, die uns diese Arbeit ermöglicht haben, ganz besonders Seiner Erlaucht, dem Grafen von Schlitz gen.von Görtz und dem Grafen Hubertus von Berlepsch, unseren grosszügigen Gönnern bei der Gründung der Station, den allerherzlichsten Dank sagen.

Wir werden uns stets bemühen, dass in uns gesetzte Vertrauen nicht zu enttäuschen und den an uns gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

Plön, den 15.1.1950  
Hydrobiologische Anstalt  
der Max-Planck-Gesellschaft

Martin Scheele  
Organisatorischer Leiter  
der Flußstation.

## Das Fischsterben in der Werra.

von Wolfgang Schmitz und Karl Müller.

In der Werra trat Mitte Juli 1949 ein Fischsterben von ungewöhnlichem Ausmass ein, wobei gerade der wertvollere Teil des Fischbestandes stark betroffen wurde. Im Folgenden soll nun unter Zusammenfassung verschiedener Untersuchungsergebnisse (Reg.Fischereirat Dr. Loßwartz, Dr. Seifert v.d. Flussüberwachungsstelle Gerstungen und Limnol.Flusstation) der Stand unseres Wissens über das Fischsterben referiert werden. Eine schematische Übersicht über die Einzelercheinungen, die dabei eine Rolle spielten, gibt Abb. 1. Diese Vorgänge seien nun im Einzelnen näher besprochen.

### 1. Die Versalzung der Werrawasser.

Seit dem Beginn dieses Jahrhunderts wird die Werra in immer steigendem Masse durch die Einleitung der hochkonzentrierten Endlaugen der Kalisalzindustrie bei Gerstungen und Vacha in ihrem Mittel- und Unterlauf versalzen. Dies geht aus den Daten über den durchschnittlichen Ionengehalt des Werrawassers bei Hann. Münden hervor:

	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Na	Ca	Mg	K	mg/l
Aug. 1913	550	210	-	-	100	55	-	
Sept. 1917	570	270	190	240	120	55	-	
Aug. 1918	695	280	220	390	130	75	-	
Juli 1928	1030	270	240	530	110	100	-	
Sommer-Herbst 1947/49	2000	500	180	1000	200	300	15	

Zum Vergleich mögen die Werte der unversalzenen oberen Werra und der unteren Fulda dienen:

Fulda Okt.1949	34	137	128	60	42	12	-	
Obere Werra	56	-	-	-	85	16,5	-	

Im allgemeinen sind die Salzkonzentrationen im Werrawasser im Spätsommer bis Herbst am höchsten, entsprechend dem niedrigen Wasserstand. Der Cl-Gehalt unterliegt im Laufe des Jahres Schwankungen in der Grössenordnung von mehreren hundert bis über 1000 mg/l (zur Hochwasserzeit).

### 2. Der Salzgehalt als ökologischer Faktor für die Wasserorganismen.

Eine allgemein lebensschädigende Wirkung übt der Salzgehalt in der Werra nicht aus. Viele Organismen, besonders Fische und Bodentiere, werden überhaupt nicht direkt beeinflusst. Zweifellos bewirkt aber die Milieuveränderung durch den Salzgehalt gewisse Veränderungen in den Lebensgemeinschaften. Auffällig ist z.B. das häufige Auftreten der Grünalgen *Enteromorpha intestinalis* sowie der Schnecken

*Theodoxus fluviatilis* und *Potamopyrgus crystallinus carinatus*, die bisher in der Fulda nicht nachgewiesen wurden (S. Fittkau im gleichen Jahresbericht). Am einschneidendsten sind die Veränderungen der Kieselalgenflora. Im Plankton, Mikrobenthos und Aufwuchs findet man salzliebende Charakterarten, dominierend das ganze Jahr hindurch *Thalassiosira fluviatilis* Hust.

Die Kieselalgen, die im Meer, Brackwasser und Süßwasser in grosser Artenfülle vorkommen und vielfach an Individuenzahl im Plankton und Mikrobenthos vorherrschen, zeigen oft eine strenge Bindung an den Salzgehalt des Biotopes. Kolbe analysierte diese Erscheinung näher im Gebiet von Sperenberg (Mark Brandenbg.), wo verschiedene noch nicht allzulange durch Solen versalzene Seen miteinander in Verbindung stehen. Es zeigten sich hier charakteristische Unterschiede in der Verbreitung und Häufigkeitsverteilung der Diatomeen in den einzelnen Gewässerteilen, die Kolbe in der Hauptsache auf den unterschiedlichen  $\text{Cl}^-$ -Gehalt zurückführt. Er stellte ein Halobiensystem auf, in dem die Diatomeen nach der Abhängigkeit ihrer Entwicklung und ihres Auftretens von Salz- ( $\text{Cl}^-$ )-Gehalt in mehrere distinkte Gruppen eingeteilt werden (Abb. 2). In den Sperenberger Gewässern bestand eine deutliche Abhängigkeit der qualitativen und quantitativen Entwicklung von halophilen, mesohaloben und indifferenten oligohaloben Diatomeenarten von  $\text{Cl}^-$ -Gehalt des Wassers (Abb. 3). Das Kolbesche System hat sich soweit als brauchbar erwiesen, wenngleich unsere Kenntnis der ökologischen  $\text{Cl}^-$ -Valenzen vieler Arten noch manche Ergänzung erfahren dürfte. Über die Art der Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeen hat man nur wenig Anhalt. Es liegen Anzeichen dafür vor, dass der Gesamtsalzgehalt ausschlaggebend ist. U. a. enthalten viele Binnensalzwässer anstelle einer dem  $\text{Cl}^-$  äquivalenten Menge  $\text{Na}^+$  reichlich  $\text{Mg}^{++}$ . Die Diatomeenflora scheint sich in diesem Fall nur nach dem  $\text{Cl}^-$ -Gehalt zu richten. Abhängigkeit von der Gesamtkonzentration deutet auf osmotische Wirkungen. Andererseits darf aber die Möglichkeit einer Wirkung der relativen Konzentrationen der einzelnen Ionen und ihrer evtl. Veränderungen nicht abgestritten werden. Aus physiologischen Gründen sollte man gerade auf die Konzentrationsveränderungen der Kationen  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{Mg}^{++}$  im Wasser sein Augenmerk richten. Die Besiedlung der frisch versalzene Gewässer verläuft sehr rasch. Die Reihenfolge der Ansiedlung der einzelnen Arten ist natürlich zufällig (im Thienemannschen Sinne). Der Vergleich dreier Binnenland-Salzwässer, der Werra, der Sperenberger-Gewässer und der Lippe (untersucht von Budde) zeigt, dass von 22 mesohaloben und halophilen Arten, die Kolbe und Tiegs in der

unteren Werra fanden, 15 auch in der Lippe und 17 bei Sperenberg vorkamen. Vorherrschend war jedoch in der Werra *Thalassiosira fluviatilis*, in der Lippe *Cyclotella Meneghiniana*, bei Sperenberg fand sich massenhaft *Synedra pulchella* und *Diatoma elongatum* (Beide auch jahreszeitlich massenhaft in der Lippe.) *Th. fluviatilis* fand sich nicht bei Sperenberg, sonst waren die Arten den drei Gewässern gemeinsam. Dies Vorherrschend jeweils einer anderen Art mag auf dem Zufall der frühzeitigen Einschleppung beruhen, als die Biocoenosen noch weitgehend ungesättigt waren. Eine einmal dominierende Art ist durch neu hinzutretende, wenn sie unter den herrschenden Bedingungen nicht ein weit besseres Fortkommen finden, nicht zu verdrängen. (*Th. fluviatilis* ist seit mindestens 25 Jahren in der Werra dominierend). Weniger wahrscheinlich ist es u.E. (Kolbe und Tiegs), dass nur wenige Arten den starken Konzentrationsschwankungen der Werra gewachsen seien und dementsprechend nur wenige Arten, wenn sie aus den Gewässern mit ziemlich konstantem Salzgehalt im Kaliindustriegbiet herausgeschwemmt werden, in der unteren Werra noch reichlicher Vermehrung fähig sein würden. Auch in der Lippe schwanken die Salzkonzentrationen erheblich, und *Th. fluviatilis* ist nur selten. Überhaupt sind die Brackwasser im allgemeinen ziemlich Konzentrationsschwankungen ausgesetzt.

### 3. Die Massenentwicklung der Kieselalgen im Werraplankton.

Zum ersten Male wurde man in der Werra im Juli/August 1925 auf die in Flüssen sehr seltene Erscheinung einer durch Planktonmassenvermehrung verursachten Wasserfärbung aufmerksam. Wie Dr. Hustedt feststellte, wurde diese Wasserblüte ausschliesslich durch *Thalassiosira fluviatilis*, eine bis dahin unbekannte Art, hervorgerufen (Abb. 4). Schwächere Wasserverfärbung und auf der Oberfläche treibende Schaummassen, die massenhaft *Th. fluviatilis* enthielten, konnte man in der Folgezeit fast jedes Jahr beobachten. 1949 trat Mitte Juli eine ausserordentlich intensive Wasserblüte ein. Das Wasser war kaffeebraun gefärbt, wobei sich deutlich dunkle "Wolken" in der turbulenten Strömung zusammenballten und wieder auflösten. Die Wasserblüte setzte zuerst im freien Wasser im Unterlauf der Werra ein (entwickelte sich also nicht im Gebiet der höheren Cl Konzentrationen des Kaliindustriegbietes, um dann nur herabgeschwemmt zu werden). Neben der massenhaft auftretenden *Thalassiosira fluviatilis* war diesmal auch *Rhoicosphenia curvata* sehr zahlreich, vereinzelt traten die beiden ebenfalls halophilen Arten *Surirella ovalis* und *Nitzschia apiculata* auf.

Die speziellen Ursachen der Massenentwicklung sind noch unbekannt. Auch das plötzliche Absterben der Kieselalgen, das einige Tage darauf eintrat, ist im Einzelnen noch nicht aufgeklärt. Ganz allgemein gesprochen dürfte es sich dabei um Veränderungen des chemischen Milieus handeln. Diese Probleme sind z.Zt. Gegenstand einer eingehenden Bearbeitung. (Schmitz).

#### 4. Die Veränderung des Wasserchemismus durch die Thalassisira-Massenvermehrung.

Eine bekannte Erscheinung in den Seen ist die Veränderung des Kohlensäure-, Sauerstoff- und Nährstoffgehaltes des Wassers sowie die Veränderung des PH-Wertes durch die Lebenstätigkeit der Plankter und Bakterien. Auch in der Werra hatte die Massenentwicklung der *Th. fluviatilis* eine einschneidende Wandlung des chemischen Milieus zur Folge. Dies ist um so erstaunlicher als durch den im Fluss möglichen intensiven Gasaustausch mit der Luft alle diese Erscheinungen einen ständigen Ausgleich erfahren. Die rapide einsetzende Produktionstätigkeit der Algen äusserte sich in einer 100%igen  $O_2$ -Übersättigung des Wassers (22 mg/l, Temp. über  $20^\circ$ ). Die in gleicher Masse eintretende Herabsetzung des  $H_2CO_3$ ,  $HCO_3^-$  und  $CO_3^{2-}$ -Gehaltes hat eine Erhöhung des PH zur Folge. Abgesehen von der regelmässigen PH-Erhöhung in der euphotischen Zone eutropher Seen auf 8-9 zur Zeit der Planktonhochproduktion hat man in stark verkrauteten Gewässern PH-Werte bis 12 beobachtet. Auch in der Werra erhöhte sich der PH-Wert auf 10. Die Zusammenhänge zwischen Kohlensäureentzug und PH-Erhöhung gehen aus Abb. 5 hervor. Der maximale PH-Wert trat in Bodennähe im Flusswasser auf, während er sich zur Oberfläche infolge ständiger  $CO_2$ -Aufnahme etwas senkte. Mit dem  $H_2CO_3$ -Entzug war eine biogene Entkalkung verbunden (Abb.5). Der Gehalt an gelöstem Ca nahm um etwa 50 mg/l ab.

Es ist mit einer weiteren Veränderung im Wasserchemismus zu rechnen, die allerdings nicht beobachtet werden konnte: Wenn in den Nachtstunden die Assimilationstätigkeit aufhört und ausschliesslich  $O_2$ -verbrauchende Prozesse ablaufen, so muss bei einer derartigen Planktondichte und der hohen Wassertemperatur durch die Atmung ein merklicher Sauerstoffschwund (und  $CO_2$ -Produktion) einsetzen. Bekanntlich treten in stark verkrauteten Fischteichen im Hochsommer in den frühen Morgenstunden bisweilen Fischsterben auf, bedingt durch die über Nacht eintretende Sauerstoff-Zehrung. Leider wurden zur Nachtzeit in der Werra keine Wasserproben entnommen. Dennoch wird man u.E. mit dieser Erscheinung rechnen dürfen. Zu einem solchen  $O_2$ -Schwund kam es aber auf jeden Fall, als die Massenentwicklung aufhörte und die

abgestorbenen Kieselalgen einer bakteriellen Zersetzung unterworfen wurden. Zu diesem Zeitpunkt verwandelte sich der Fluss in ein übelriechendes schmutzigbraunes Gewässer.

#### 5. Schädigende Wirkung des veränderten chemischen Milieus auf die Fische.

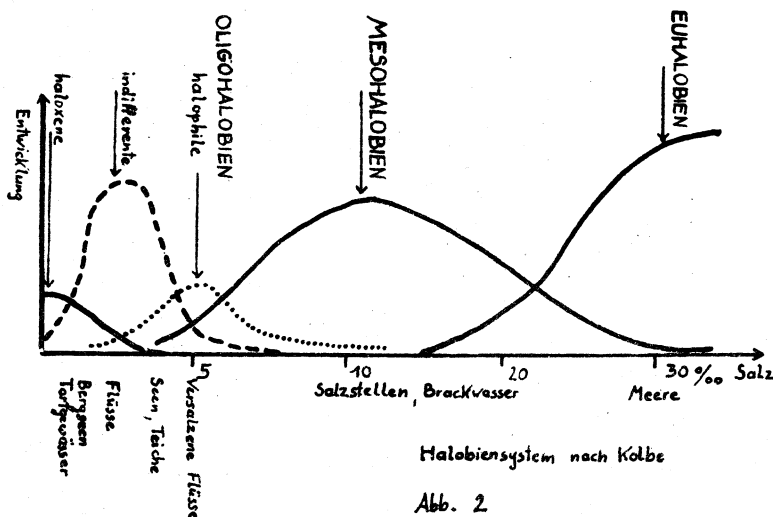
Als wesentliche für das Fischsterben verantwortliche Faktoren kamen also in Betracht: Erhöhung des PH-Wertes und Sauerstoffschwund. Die Fische zeigten während der Wasserblüte alle Anzeichen von Atemnot. Sie schwammen luftschnappend an der Oberfläche, sammelten sich an der Einmündung der Bäche an, zeigten Gleichgewichtsstörungen und trieben schliesslich auf dem Rücken liegend im Wasser. Am widerstandsfähigsten waren offensichtlich die Fischbrut sowie die Aale, von denen viele Exemplare allerdings flussabwärts wanderten. Am Stauwehr "Letzter Heller" zwischen Hedemünden und Hann.Münden sammelte sich eine grosse Menge toter Fische vor dem Turbinenrechen und im Schleusengraben an. Die Untersuchung von 275 hier am 17. Juli gezählten Fischen ergab folgende artenmässige Verteilung

170 Barben ( <i>Barbus fluviatilis</i> )	8 Barsche ( <i>Perca fluviatilis</i> )
40 Brassen ( <i>Abramis brama</i> )	8 Zährten ( <i>Abramis vimba</i> )
28 Hechte ( <i>Esox lucius</i> )	5 Kaulbarsche ( <i>Acerina cernua</i> )
12 Ucklei ( <i>Alburnus lucidus</i> )	5 Plötzen ( <i>Leuciscus rutilus</i> )
10 Döbel ( <i>Squalius cephalus</i> )	

Die wertvollsten Speisefische der Werra wurden also am stärksten betroffen. Nach Aussagen der Fischer ist der Barben- und Hechtbestand weitgehend vernichtet, während Plötze, Döbel und Rotfeder noch in grösseren Exemplaren gefangen werden und auch die Aalfänge nicht beeinträchtigt sind. Auf Grund der Atemnoterscheinungen lag es nahe, eine Schädigung der Fische durch Sauerstoffmangel anzunehmen. Nach den Mitteilungen der Fischer und Flussanwohner erreichte das Fischsterben auch erst sein volles Ausmass vom 16.-18.7., als also die Möglichkeiten für O<sub>2</sub>-Schwund gegeben waren. Andererseits zeigten sich aber auch schon Atemnoterscheinungen als noch eine O<sub>2</sub>-Übersättigung im Wasser herrschte. Hier ist deshalb mit einer Kiemenschädigung zu rechnen, durch die die Atmung beeinträchtigt wurde. Es erwies sich die Erhöhung des PH als schädigend. Das war schon nach den Ergebnissen der Untersuchungen Bandts zu erwarten. Bandt gibt als tödlichen PH-Wert für einsömmerige Fische bei 12-18° an: Bach- und Regenbogenforelle, Barsch und Kaulbarsch 9,2 Plötze 10,4, Hecht 10,7, Karpfen und Schleie 10,8. Auch von den Verf. wurde das Verhalten verschiedener Fischarten gegenüber PH-Erhöhung im Experiment geprüft. Um die natürlichen Bedingungen beim Fischsterben in der Werra möglichst zu reproduzieren, erfolgte die Erhöhung des PH durch allmähliches

Zusetzen einer  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lsg. Auf diese Weise wurde der PH (entsprechend den Verhältnissen in der Werra) allmählich (im Verlauf von 16 Stunden) von 6,8 auf 10,4 heraufgesetzt. Das Aquarium wurde mit  $\text{CO}_2$  freier Luft belüftet. Die Ergebnisse sind in Tabelle Abb.6 zusammengestellt. Danach stimmt die Resistenz der einzelnen Arten im Experiment mit dem Werrafischsterben überein. Auch der Hecht gehört nach diesen Befunden (wenigstens relativ raschen PH-Änderungen gegenüber) zu den empfindlicheren Fischen, während er nach Bandt ziemlich widerstandsfähig ist. Nach Bandt sollen auch grössere Fische widerstandsfähiger sein als kleine. Sowohl unser Experiment als auch die Beobachtungen in der Werra legen die gegenteilige Ansicht nahe. Demnach dürfte der in der Werra erfolgte PH-Anstieg hinreichend gewesen sein, die empfindlicheren Fische zu töten oder zum mindesten schwer zu schädigen. Die Schädigung erstreckt sich, wie schon die Atemnoterscheinungen zeigten, auf die Kiemen. Auch beim Experiment wurden dieselben Erscheinungen (Atemnot, Gleichgewichtsstörungen) beobachtet. Es tritt eine zellphysiologisch bedingte Veränderung des Kiemenepithels durch die hohe OH-Ionenkonzentration ein, die sich im histologischen Präparat in einer Gewebequellung bemerkbar macht. (Von Bandt als Kollikation bezeichnet.) Dieser Befund Bandts liess sich an den im Experiment verendeten Fischen bestätigen.

Infolge der kiemenschädigenden Wirkung der PH-Erhöhung ist aber ausserdem zu erwarten, dass die Fische, selbst wenn sie hierdurch noch nicht getötet werden, gegen Herabsetzung des  $\text{O}_2$ -Gehaltes im Wasser besonders empfindlich sind und so infolge des Sauerstoffschwundes beim Absterben der Wasserblüte ums Leben kamen.





# DAS FISCHSTERBEN IN DER WERRA

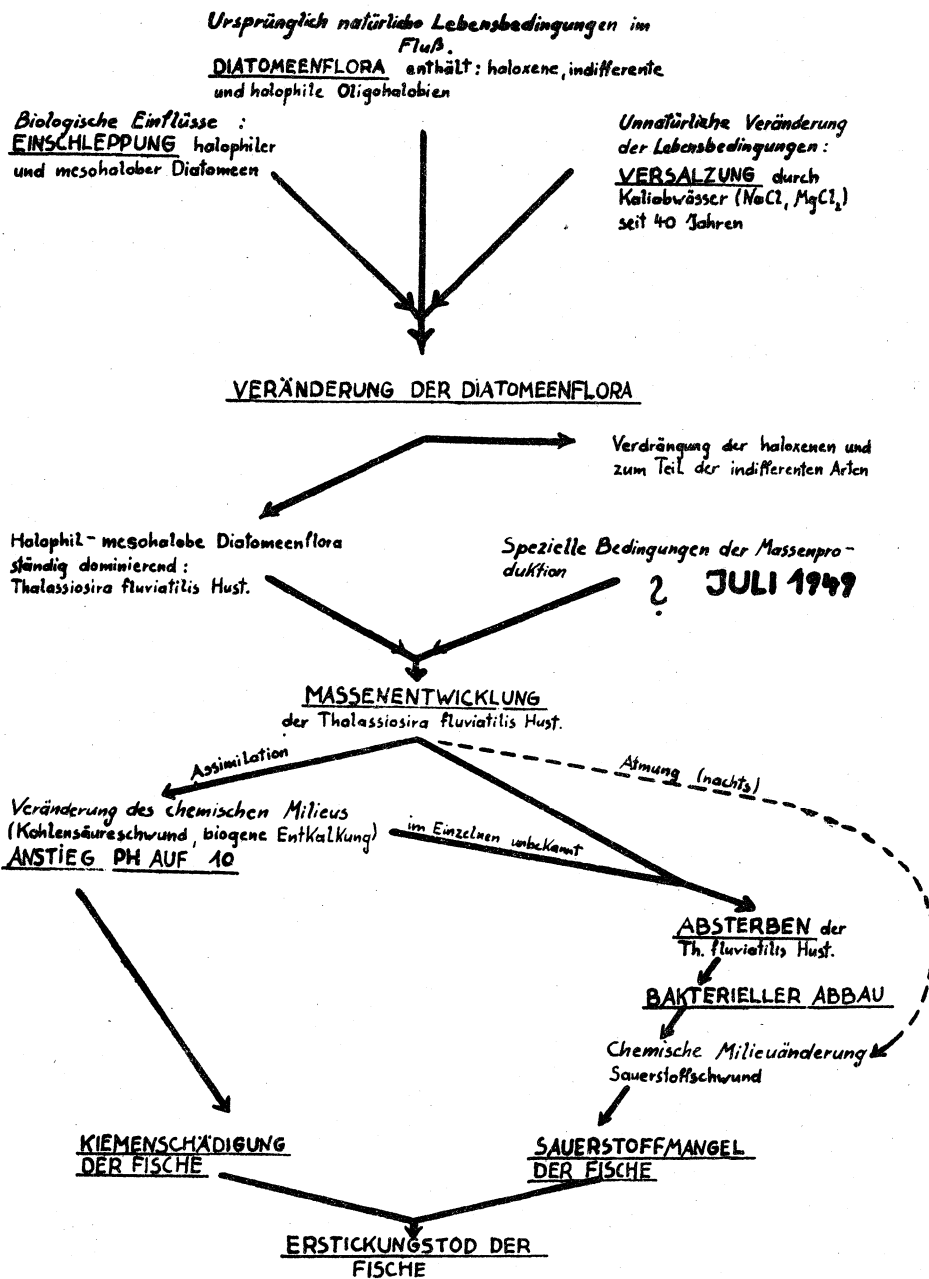
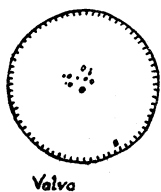


Abb. 1



Valva



Gürtelbandansicht

*Thalassiosira fluviatilis* Hust.  
 (nach Hustedt)

Abb. 4

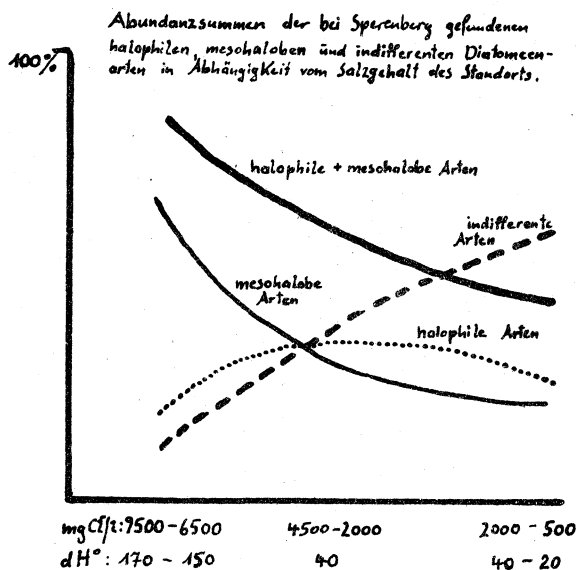


Abb. 3 (nach Kolbe)

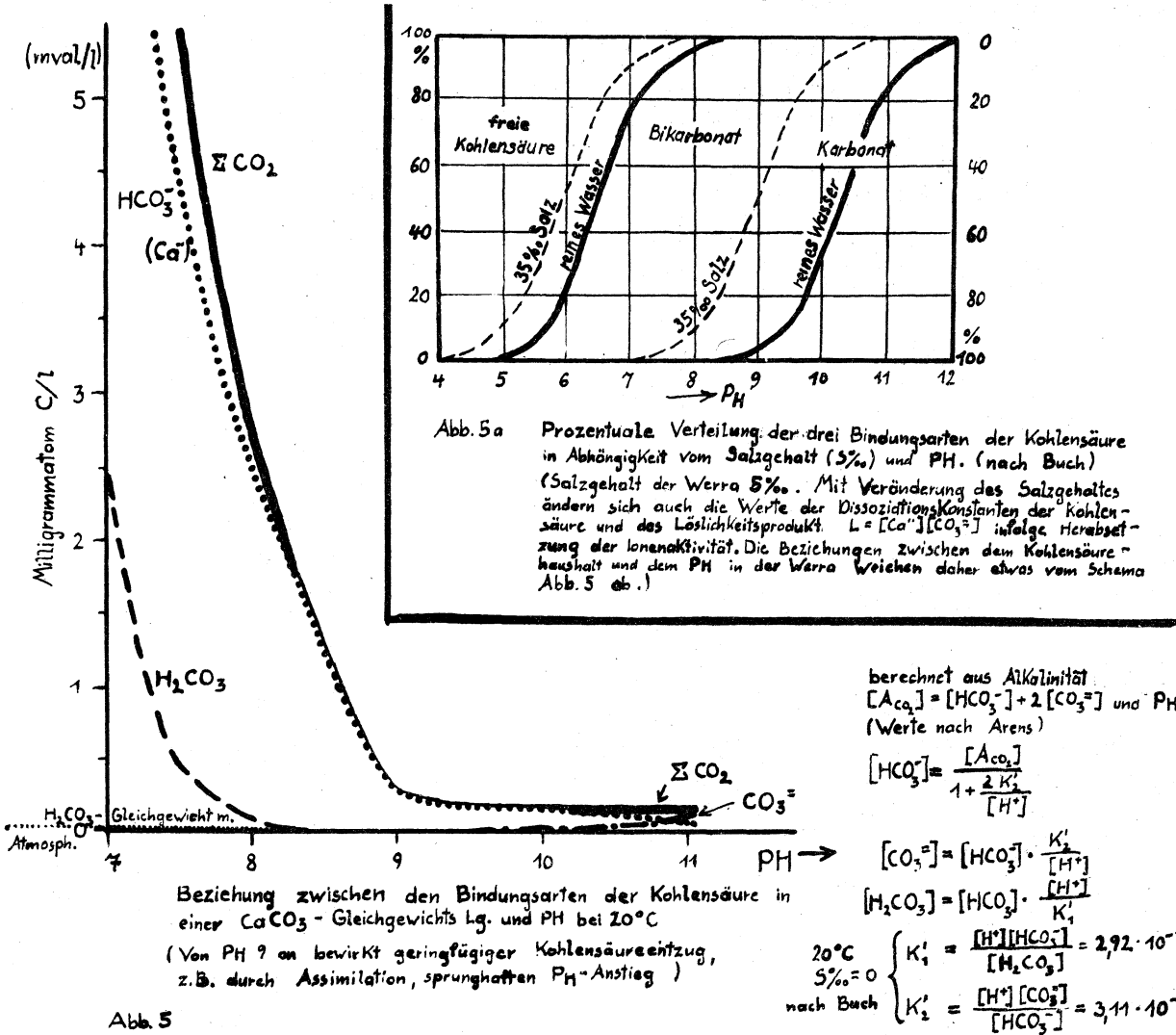
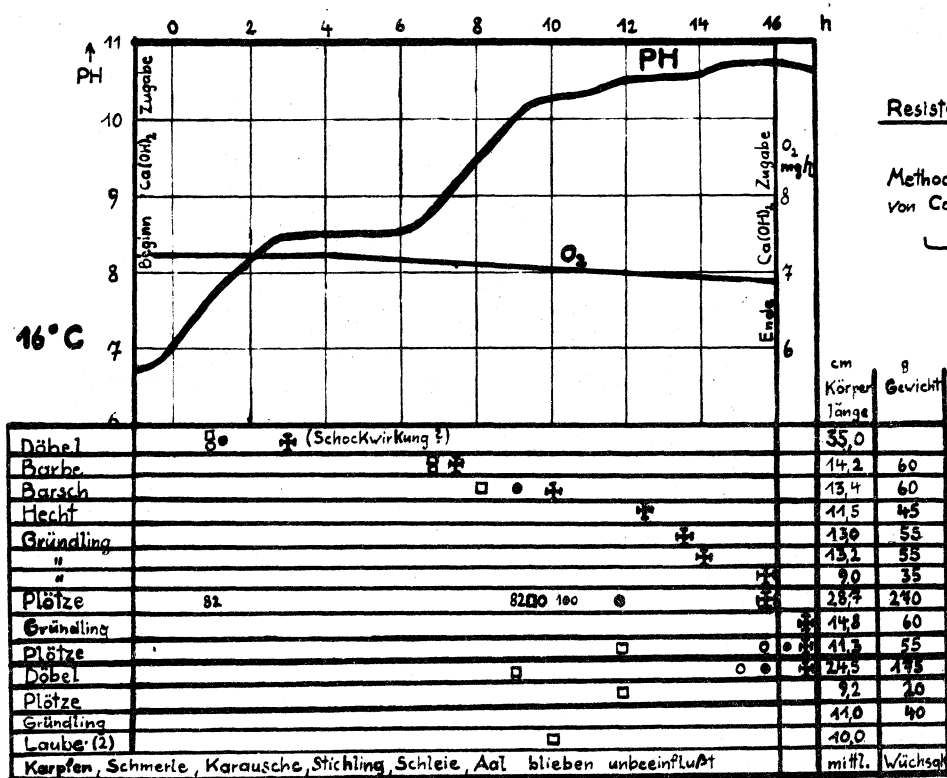
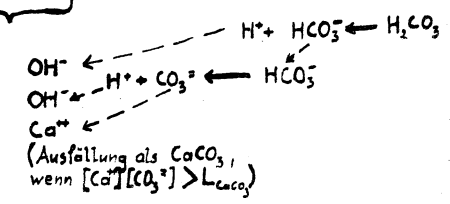


Abb. 5



Resistenz verschiedener Fischarten gegen PH-Erhöhung

Methode der PH-Erhöhung: Langsames Zusetzen von  $Ca(OH)_2$  Lg. verschiebt das Kohlensäure-Gleichgewicht



- verendet
  - Atemnot
  - Gleichgewichtsstörung
  - schwimmt in Rückenlage
- Zahl: Atemfrequenz/min.

Abb. 6