

W. Wieser, S. Hinterleitner und H. Quintern

Institut für Zoologie (Abteilung Zoophysiologie) der Universität Innsbruck und
Institut für Fischforschung, Thaur

Serumenzymne bei Fischen als Indikatoren der Gewässergüte

In der Humanmedizin werden seit vielen Jahrzehnten die Aktivitäten von Enzymen im Serum als diagnostische Hilfsmittel verwendet, da bei Krankheiten und Stoffwechselstörungen bestimmte Enzyme aus Geweben in das Blut austreten können. Die Abweichungen der Aktivitäten dieser Enzyme von den jeweiligen Normalwerten liefern Hinweise auf Art und Ausmaß der Störung.

Bei Fischen sind experimentell herbeigeführte Schädigungen, Vergiftungen und Streßwirkungen ebenfalls verantwortlich für den Austritt von Enzymen in das Blut (BELL 1968, RACICOT et al 1975, SAUER and HAIDER 1977, 1979). Es kann somit angenommen werden, daß deren Aktivitäten auch in natürlichen Populationen den Allgemeinzustand der Tiere anzeigen. Da dieser Allgemeinzustand aber von der Qualität des Wohngewässers abhängt, sollte es enge Beziehungen zwischen den Aktivitäten ausgewählter Serumenzyme und der Gewässergüte geben. Nur wenige Untersuchungen haben sich bisher mit dieser Frage beschäftigt (MORGAN et al 1973, OIKARI and SOIVIO 1977), und die Verwendung der Aktivität von Serumenzymen als ein allgemeines diagnostisches Hilfsmittel zur Beurteilung der Wassergüte scheint überhaupt noch nicht in Erwägung gezogen worden zu sein.

Wir haben es uns deshalb zur Aufgabe gestellt, die Brauchbarkeit serumdiagnostischer Methoden in der angewandten Limnologie an einem Beispiel zu testen. Es sollte geprüft werden, ob Enzymaktivitäten im Serum von Fischen, die im Bereich der Einmündung eines Klärwerkes gefangen werden, mit der Entfernung vom Klärwerkeinrinn und mit anderen Parametern der Wasserqualität am Fangplatz korreliert sind. Die Untersuchungen wurden an Regenbogenforellen durchgeführt, die um den Einrinn des (mechanischen) Klärwerkes Hall in Tirol in den Inn gefangen wurden. Als Testenzyme dienten die Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT; Enzymnummer 2.6.1.1.) und die Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT; Enzymnummer 2.6.1.2.), die wie bei Säugetieren vor allem Störungen des Leberstoffwechsels anzuzeigen scheinen (RACICOT et al 1975).

Die Tiere wurden mit der Angel gefangen und in belüfteten Behältern in das Laboratorium in Innsbruck gebracht. Dort wurden sie getötet und Blut durch Herzpunktion entnommen. Die Bestimmung der Enzymaktivität erfolgte wie üblich auf photometrische Weise (BERGMEYER 1974), wobei die in der Humanmedizin üblichen Testansätze geringfügig verändert wurden (WIESER and HINTERLEITNER 1980). Alle Messungen erfolgten bei 20°C. Durch Vorversuche (Blutentnahme unmittelbar nach dem Fang) war festgestellt worden, daß der Transport vom Fangplatz in das Institut keine signifikanten Veränderungen

in den Aktivitäten der beiden Serumenzyme zur Folge hatte. Weiters wurden an den Fangstellen Wasserproben entnommen und an diesen mittels eines Cenco-Autoanalysators Gesamt-Ammoniak sowie die Summe aus Nitrat und Nitrit bestimmt. In der Untersuchungsperiode variierte die Wassertemperatur von 3,7 bis 10°C, der pH-Wert von 7,5 bis 8,4.

Tabelle 1: Die Aktivitäten der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase und der Glutamat-Pyruvat-Transaminase im Serum von Regenbogenforellen aus dem Inn, die in verschiedenen Entfernungen vom Einrinn des Klärwerkes Hall in Tirol gefangen worden waren (– = stromaufwärts; + = stromabwärts). Fangperiode: 13. Dezember 1978 – 15. Juni 1979. An den Fangplätzen wurden auch Ammoniak und Nitrat + Nitrit bestimmt.

Fisch Nr.	Gewicht (g)	SGOT (mU/ml)	SGPT (mU/ml)	E NH ₃ (µg/l)	NO ₃ +NO ₂ (µg/l)	Entfernung vom Einrinn (m)
1	300	100	12,5			
2	690	147	12,8	60	910	
3	477	204	13,4			
4	163	330	–	60	988	–300
5	196	195	–			
6	224	200	–			
7	446	524	30,9	68	1112	– 20
8	249	564	53,7	7260	2255	– 10
9	325	1290	80,6	11000	2064	0
10	964	1532	107,5	10560	1870	+ 29
11	320	866	–	10780	1958	+ 58
12	245	887	–	10560	2035	+ 87
13	520	1048	53,7	11110	2200	+116
14	119	913	67,2			
15	710	443	20,8	643	930	+249
16	936	255	32,2	490	890	+379
17	370	248	–	450	900	+404
18	614	188	20,2	475	870	+424
19	2700	125	18,7			
20	561	160	–	450	905	+444

Die in der Tabelle und in Abbildung 1 zusammengefaßten Ergebnisse zeigen, daß die Aktivitäten der beiden untersuchten Enzyme in eindeutiger Beziehung einerseits zur Entfernung des Fangplatzes vom Klärwassereinrinn, andererseits zum Verschmutzungsgrad des Flußwassers (ausgedrückt durch dessen Gehalt an Stickstoffverbindungen) stehen.

Bei Regenbogenforellen liegen die normalen Serumwerte für die GOT zwischen 150 und 250, für die GPT zwischen 10 und 20 mU/ml Serum (SAUER and HAIDER 1977, 1979). Fische, die etwa 300 m stromaufwärts des Klärwerkeinrins gefangen worden waren, wiesen GOT- und GPT-Aktivitäten in diesem Normalbereich auf, was deshalb signifikant ist, weil ca. 5 km weiter stromaufwärts der Vorfluter des Klärwerkes der Stadt Innsbruck in den Inn mündet. Die Belastung des Flusses durch dieses Klärwerk muß somit als so gering bezeichnet werden, daß sie 5 km weiter stromabwärts weder an den Ammoniakwerten noch an den Enzymaktivitäten im Serum der Regenbogenforellen abgelesen werden kann. Im unmittelbaren Bereich des Klärwerkeinrins der Stadt Hall steigen dann sowohl die Stickstoffkonzentrationen des Flußwassers wie die Enzymaktivitäten der dort gefangenen Fische

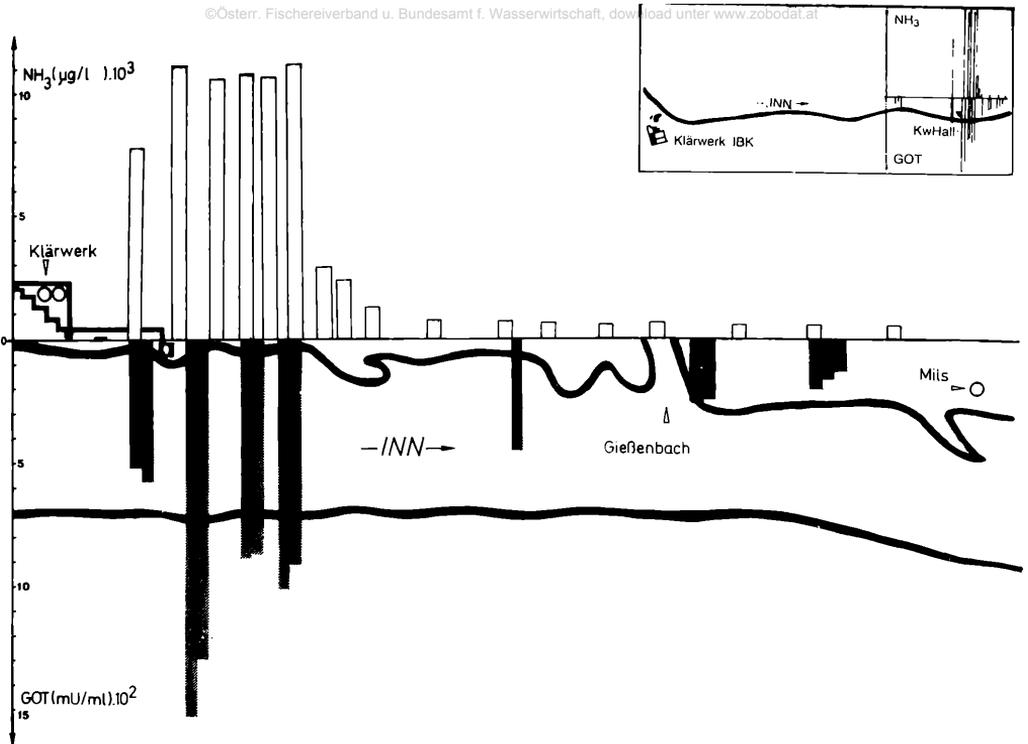


Abb. 1: Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen der Aktivität der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) im Serum von Regenbogenforellen, dem Gesamtammoniakgehalt im Wasser und der Entfernung des Fangplatzes vom Einrinn des Klärwerkes Hall in den Inn. Die Höhe der Säulen gibt die Ammoniakkonzentrationen (in $\mu\text{g/l}$) bzw. die Enzymaktivitäten (in mU/ml) an. Das eingesetzte Diagramm im kleineren Maßstab stellt die Beziehung zwischen den Meßergebnissen und der Entfernung vom Klärwerk Innsbruck (etwa 5 km stromaufwärts des Klärwerkes Hall) her.

sehr stark an. Letztere geben somit die organische Belastung des Wassers mit einiger Genauigkeit wieder.

Es ist jedoch auffällig, daß bereits etwa 400 m stromabwärts die Aktivitäten der Serumenzyme wieder auf die Normalwerte gesunken sind, obwohl dort die Ammoniakkonzentrationen gegenüber den am weitesten stromaufwärts gelegenen Fangplätzen noch um einen Faktor von 10 erhöht sind. Dies kann so interpretiert werden, daß innerhalb eines halben Kilometers die organische Belastung des Inns durch den Vorfluter des Haller Klärwerkes zumindest soweit verdünnt ist, daß sie zwar chemisch noch nachweisbar ist, den Leberstoffwechsel der Regenbogenforelle jedoch nicht mehr beeinflusst.

Besonders sei auf die in der Tabelle zum Ausdruck gebrachte Tatsache hingewiesen, daß in unmittelbarer Nähe des Einrins (Abb. 2) Gesamtammoniakkonzentrationen gemessen wurden, die je nach Temperatur und pH-Wert 2–20 mal höher liegen als die Konzentrationen, bei denen sich 0,025 mg nichtionisierter Ammoniak im Liter Wasser finden (Tabelle 2). Dieser Wert ist von der EIFAC (1970) als für Regenbogenforellen langfristig gerade noch tolerierbarer Grenzwert festgestellt worden. Die in diesem höchst belasteten Wasser gefangenen Fische weisen denn auch im Serum Enzymaktivitäten auf, wie wir sie von mit Tetrachlorkohlenstoff (RACICOT et al 1975) oder Fenitrothion (LOCKHART et al 1973) vergifteten Forellen kennen. Wir müssen also auf eine extreme Störung des Leberstoffwechsels

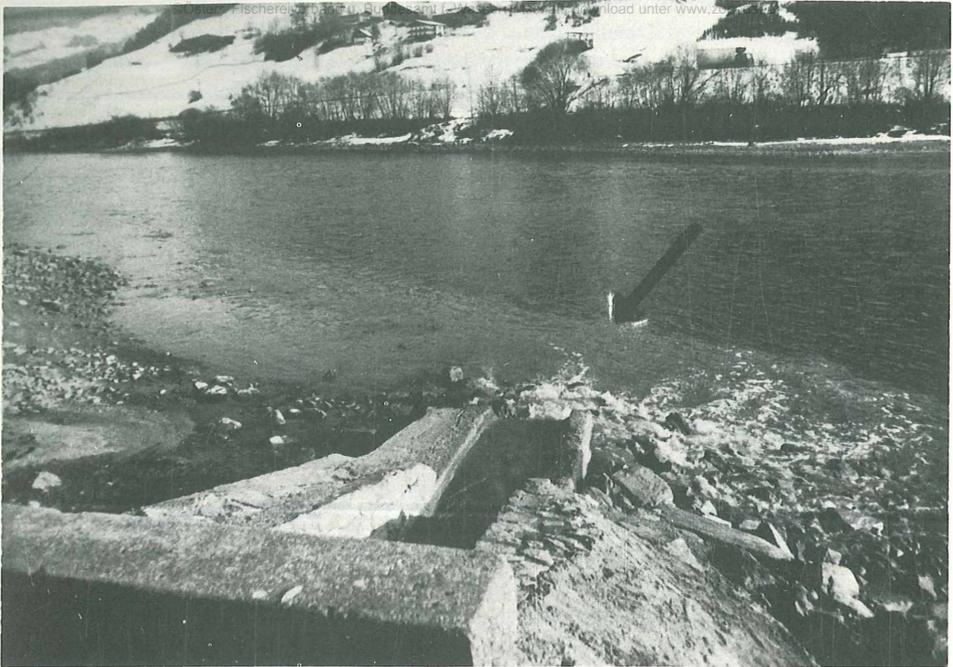


Abb. 2: Der Einrinn des Klärwerkes Hall in Tirol in den Inn. Blick von der Nordseite des Inn stromabwärts. Die Grenzlinie zwischen Flußwasser und Klärwasser ist deutlich zu sehen (Pfeil). Auch in diesem Bereich wurden immer wieder Regenbogenforellen gefangen.

Tabelle 2: Konzentrationen von Gesamtammoniak ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), die bei verschiedenen Temperaturen und pH-Werten 0,025 mg nicht-ionisierten Ammoniak pro Liter enthalten. (Aus EIFAC 1970).

Temperatur °C	ph-Werte			
	7,0	7,5	8,0	8,5
5	19,6	6,3	2,0	0,65
10	13,4	4,3	1,37	0,45
15	9,1	2,9	0,93	0,31

schließen, die sich aber äußerlich nicht durch pathologische Erscheinungen bemerkbar macht und die die Fische nicht daran zu hindern scheint, immer wieder in das verschmutzte Wasser hineinzuschwimmen, wahrscheinlich weil sie dort günstige Ernährungsbedingungen vorfinden. Aus diesen Befunden kann jedenfalls der Schluß gezogen werden, daß Regenbogenforellen – anders als in experimentellen Situationen – in natürlichen Gewässern extreme organische Belastung tolerieren können, entweder, indem sie zwischen verschmutztem und weniger verschmutztem Wasser ständig hin und her wechseln, oder indem sie ihre Widerstandsfähigkeit durch Anpassung steigern können. Anpassung an hohe NH_3 -Konzentrationen hat bei Regenbogenforellen auch SCHULZE-WIEHENBRAUCK (1976) feststellen können.

Aus dieser ersten Analyse lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Regenbogenforellen eignen sich in besonderem Maße für serumdiagnostische Untersuchungen, da die Aktivitäten von Serumenzymen (zumindest der GOT und der GPT)

über einen weiten Bereich variieren können und da auch extrem hohe Werte das Normalverhalten der Fische nicht wesentlich zu beeinflussen scheinen.

- Die Aktivitäten der GOT und der GPT im Serum der Fische sind sehr genau mit der Entfernung des Fangplatzes vom Zentrum der Schadstoffbelastung korreliert (Abb. 1) und können damit als Indikatoren dieses Vektors angesehen werden. Etwas weniger gut ist die Korrelation mit den Konzentrationen von NH_3 , NO_3 und NO_2 , doch liefern die Aktivitäten der GOT und der GPT wenigstens größenordnungsmäßig ein gutes Bild auch der Stickstoffbelastung des Gewässers.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß die Aktivitäten von Enzymen den Allgemeinzustand eines Tieres während eines mehr oder minder langen Zeitraumes und während seines Aufenthaltes in einem mehr oder minder großen Areal anzeigen. Sie sagen dementsprechend über die Lebensumstände des Tieres mehr aus als irgendein chemischer Parameter, der in einer räumlich und zeitlich eng begrenzten Wasserprobe gemessen wurde. Dieser Indikatormethode für die Beurteilung der Gewässergüte sollte deshalb neben konventionellen Methoden erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Diese Arbeit wurde vom „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich“, Projekt Nr. 3307 sowie durch einen Förderungsbeitrag der Universität Innsbruck unterstützt. Wir danken Herrn Toni Brugger für die Stickstoffbestimmungen.

LITERATUR:

- BELL, G. R.: Distribution of transaminases (aminotransferases) in the tissue of Pacific salmon (*Oncorhynchus*) with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxalacetic transaminase. J. Fish. Res. Bd. Can. 25, 1247 - 1268, 1968.
- BERGMAYER, H. U.: Methoden der enzymatischen Analyse. Band 1, 3. Auflage. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, 1974.
- EIFAC: Water Quality Criteria for European Freshwater Fish. Report on Ammonia and Inland Fisheries. EIFAC Technical Paper No. 11, 1 - 12. Food and Agricultural Organization of the UN, Rome, 1970.
- LOCKHART, W. L., METNER, D. A., GRIFT, N.: Biochemical and residue studies on rainbow trout *Salmo gairdneri* following field and laboratory exposures to fenitrothion. Man. Entomol. 7, 26 - 36, 1973.
- MORGAN, R. P., FLEMING, R. F., RASIN, V. J., HEINLE, D. R.: Sublethal effects of Baltimore harbour water on the white perch, *Morone americana*, and the hogchoker, *Trinectes maculatus*. Chesapeake Sci. 14, 17 - 27, 1973.
- OIKARI, A., SOIVIO, A.: Physiological condition of fish exposed to water containing pulp and paper industry wastes and sewage. In: Biological monitoring of inland fisheries. (Alabaster, J. S., ed.) Applied Science Publishers, London, 1977.
- RACICOT, J. G., GAUDET, M., LERAY, C.: Blood and liver enzymes in rainbow trout *Salmo gairdneri* with emphasis on their diagnostic use study of carbon tetra chloride toxicity and a case of *Aeromonas liquefaciens* infection. J. Fish Biol. 7 (6), 825 - 835, 1975.
- SAUER, D. M., HAIDER, G.: Enzyme activities in the serum of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson; the effects of water temperature. J. Fish. Biol. 11, 605 - 612, 1977.
- SAUER, D. M., HAIDER, G.: Enzyme activities in the plasma of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson; the effects of nutritional status and salinity. J. Fish Biol. 14, 407 - 412, 1979.
- SCHULZE-WIEHENBRAUCK, H.: Effects of sublethal ammonia concentrations on metabolism in juvenile rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Ber. dt. wiss. Komm. Meeresforsch. 24, 234 - 250, 1976.
- WIESER, W., HINTERLEITNER, S.: Serum enzyme in rainbow trout as tools in the diagnosis of water quality. Bull. Environm. Contam. Toxicol., 1980 (im Druck).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Wieser W.

Artikel/Article: [Serumenzymne bei Fischen als Indikatoren der Gewässergüte 177-181](#)