Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 55 (1963)

Heft: 6

Artikel: Die Verunreinigung der Reuss zwischen Luzern und der Mündung in die Aare

Autor: Eschmann, K.H. / Ammann, E. / Thomas, E.A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921534

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

DIE VERUNREINIGUNG DER REUSS ZWISCHEN LUZERN UND DER MÜNDUNG IN DIE AARE

Bericht über die limnologischen Untersuchungen vom 5./6. September 1962

von K. H. Eschmann, Kantonschemiker, Zug
unter Mitarbeit von E. Ammann (Zürich), E. A. Thomas (Zürich), J. Wicki (Luzern), P. Zimmermann (Aarau)

DK. 628.31

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung
B. Zweck der Untersuchung
C. Untersuchungsprogramm und Organisation
D. Untersuchungsmethodik
E. Durchführung der Untersuchung
F. Wetterverhältnisse und Wasserführung
G. Chemische Analysenergebnisse
H. Biologische Untersuchungen
I. Fischereiwirtschaftliche Entwicklung
K. Nährstoffbilanzen
L. Zusammenfassung
M. Schlussfolgerungen
N. Literatur

A. EINLEITUNG

Die Gedankenassoziation fügt es, dass man beim Wortklang «Reuss» unwillkürlich an die wilden Wasser im Lande Wilhelm Tells, an Orte wie Attinghausen, Göschenen, Hospental denkt und vor dem geistigen Auge Kollers Gotthardpost aufsteigt. Die vorliegende Arbeit befasst sich jedoch einmal nicht mit der Urner-Reuss, sondern im Gegensatz zu den dortigen schäumenden Wassern, mit der ruhigen, jedoch geballten Kraft des Mittellandstromes zwischen dem Vierwaldstättersee und der Aare. Hier herrscht eine ganz andere Welt. Während der Fluss im Oberlauf sich einen Weg durch das Urgestein der Alpenwelt frass und ungestüm von Stein zu Stein sprang, wird er im unteren Teil zu einem nordwärts ziehenden Wasserlauf begleitet von Wäldern und Auen.

Dieser beginnt in Luzern mit dem Ausfluss aus dem See, zieht erst 1,5 km westwärts, dann nach Norden, wo sich ihm bei Emmenbrücke die aus dem Entlebuch kommende Kleine Emme zugesellt, um sich dann während rund 11 km ständig in nord-östlicher Richtung bis nach Gisikon zu bewegen. Auf dieser Strecke fliessen ihm die kleinen Gewässer des Rotbaches und der Ron zu. In den folgenden 18 km ist der Weg ein genau nördlicher, wobei zwischen Mühlau und Obfelden unser Fluss mit der Lorze das Wasser aus dem Zugersee aufnimmt. Vom Zürcher Dorf Ottenbach an ist der Weg nun ein nord-nord-westlicher bis zum Einfluss in die Aare bei Windisch-Gebenstorf. Unterwegs fliesst allerdings noch die Jonen zu, die das Abwasser einer Reihe von zürcherischen Gemeinden (z. B. Affoltern a. A.) mit sich führt. Die gesamte Strecke misst 68 km und liegt zwischen den Koordinaten 664/674 und 211/261. Auf diesem uns interessierenden Teilstück werden die Kantone Luzern, Zug, Zürich und Aargau berührt oder durchschnitten. Das gesamte Einzugsgebiet der Reuss misst laut Hydrographischem Jahrbuch 3382 km².

Das Reusstal zwischen Luzern und Windisch-Gebenstorf ist von Natur aus stark gekammert. Der rund 68 km lange Lauf des Flusses stellt keine Einheit dar, sondern gliedert sich in drei Abschnitte, die durch zwei Zungenbecken des einstigen Reussgletschers und eine anschliessende Schotterebene natürlicherweise vorgezeichnet sind. Die eigentliche Reussebene beginnt gleich nach dem Durchbruch des Flusses durch das Burdigalien des Sonnenberges, mit dem Zusammenfluss von Kleiner Emme und Reuss bei Emmenbrücke. Die Gletschermoräne wird im Osten und Westen bis etwa auf die Höhe von Hünenberg vom Tortonien, also oberer Süsswassermolasse, begleitet, anschliessend bis Rottenschwil mehrheitlich von fluvioglazialem Schotter. Südlich von Bremgarten queren Moräne und Moränendecken des ersten Rückzugsstadiums das Tal. Die Reuss durchschneidet sie im steilgeböschten Durchbruchtal zwischen Hermetschwil und Bremgarten. Hier beginnt der zweite Abschnitt. Er besteht in der fluvio- glazialen Aufschüttungsebene der Würmzeit, in welche der Fluss sein Tal geschnitten hat. Links und rechts wird es von bedeutenden Moränenwällen begleitet. Nördlich Mellingen beginnt der dritte Abschnitt, der sich zuerst durch ein gewaltiges Moränentheater auszeichnet. Zwischen Mülligen und Birmenstorf beginnt dann der Durchbruch durch den Jura in einem Einschnitt, in dem sowohl Lias, Dogger und Malm und sogar Partien von Buntsandstein und Muschelkalk, also untere und mittlere Triasschichten, erkennbar sind.

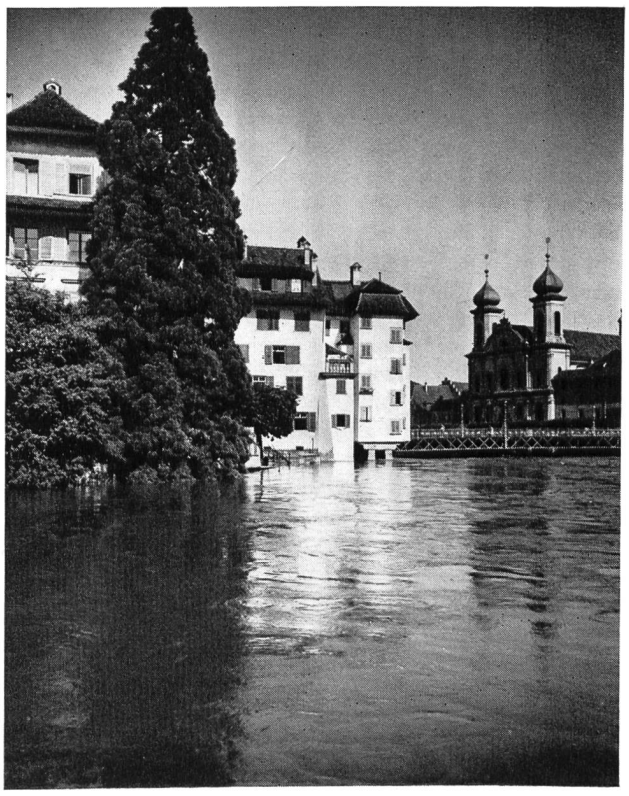


Fig. 1 Die Reuss nach dem Ausfluss aus dem Vierwaldstättersee, beim «Zöpfli» in Luzern

Fig. 2 Die Reuss unterhalb Rathausen

Die Schönheit des gesamten Flusslaufes wird durch die grosse Ruhe und die heute noch herrschende Unberührtheit seiner Natur unterstrichen. Wohl beginnt sich auch hier die Industrie in den Siedlungen auszudehnen, wohl beherrschen bereits riesige elektrische Freileitungsmasten an einzelnen Orten das Landschaftsbild. Interessanterweise ist das Tal trotz seiner günstigen Nord-Süd-Lage bis heute ohne Schienenstrang geblieben, und auch die den Fluss auf einigen kurzen Strecken begleitende Autostrasse ist nur von sekundärer Bedeutung. Nebst den grossen Weiden und Kornfeldern sowie den langgezogenen Laubwäldern zeichnet sich jedoch das Reusstal vor allem durch seine seltene Tier- und Pflanzenwelt aus. Hier finden wir ungezählte Riedwiesen und Flachmoore mit Dutzenden von Carex-Arten und Felder mit tausenden von blauen «Ilgen», der Iris sibirica, durchsetzt mit der gelben Iris pseudacorus. Zu dieser Vegetation tritt besonders im «Reusspitz» — gebildet durch den Zufluss der Lorze — eine ausserordentlich reichhaltige Tierwelt. Sechs Dutzend Vogelarten sollen in diesem Gebiet nach einer Zusammenstellung von A. Graf in Obfelden ihre Brutstätte haben. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn sich der Natur- und Heimatschutz dieser einmaligen Schönheit eines Flusslaufes angenommen hat und durch eine Taleraktion versuchte, diese Landschaft vor dem Zugriff durch die Technik zu bewahren.

Beim Austritt aus dem Vierwaldstättersee liegt gleich die grösste Agglomeration mit einer Reihe verschiedenster gewerblicher und industrieller Betriebe. In Emmenbrücke werden der Reuss mit der Kleinen Emme auch die Abwasser der Viscose-Fabrik zugeführt. Die Papierfabrik Perlen liegt an einem künstlichen Kanal der Reuss, der bei Root dem Fluss wieder zufliesst. 200 m weiter kommt der Einlauf der Ron mit dem Wasser aus dem Rotsee, dem Abwasser aus dem Nordteil der Stadt Luzern, sowie aus Ebikon mit den Schindlerschen Aufzugswerken als grösste Industrie. In Cham wird die grösste Verschmutzung der Lorze durch die Papierfabrik hervorgerufen.

Ein Teil der Abwässer von Maschwanden gelangt in den Haselbach, einem Zufluss der Lorze; dieses Gebiet hat landwirtschaftlichen Charakter. Die Abwässer von Obfelden fliessen erst nach biologischer Reinigung in die Reuss. In der Gemeinde Ottenbach finden sich ausser landwirtschaftlichen Betrieben einige gewerbliche. Die Jonen hat die biologisch gereinigten Abwässer von Affoltern, Zwillikon und Hedingen aufzunehmen und ist besonders im Herbst durch Mostereiabwässer belastet.

Das aargauische Reusstal ist weder stark besiedelt noch industrialisiert. Als wichtigere Industrieabwasser-Lieferanten sind zu nennen: die Salpetersäure- und Kunststoff-Fabrik der Lonzawerke in Sins, ein Obstverwertungsbetrieb in Mellingen und eine Kartonfabrik in Bremgarten sowie ein Textilbetrieb in Gebenstorf.

EINWOHNERZAHLEN IM EINZUGSGEBIET DER REUSS ZWISCHEN VIERWALDSTÄTTERSEE UND AARE AM 1. DEZEMBER 1960

Einzugsgebiet	Einwohnerzahl
Luzern bis Rathausen	95 000
Rathausen bis Gisikon	28 300
Gisikon bis Mühlau	8 400
Cham bis Frauental (Lorze)	6 500
Mühlau bis Ottenbach (ohne Lorze)	5 600
Ottenbach bis Zufikon	14 100
Zufikon bis Gnadental	8 400
Gnadental bis Reussmündung	16 100
Total	182 400

B. ZWECK DER UNTERSUCHUNG

Auf Einladung des Aarg. Gewässerschutzamtes fand am 8. Juni 1960 in Bremgarten eine Zusammenkunft von Vertretern der Laboratorien und Gewässerschutzämter der an die Reuss anstossenden Kantone statt, an der dem Wunsch nach einer vollständigen Untersuchung des Flusses zwischen Luzern und der Mündung in die Aare Ausdruck gegeben wurde. Bei einer früheren Analyse der Limmat wurde die Einmündung der Reuss in die Aare miterfasst. Dabei stellte man fest, dass rund die Hälfte der Verunreinigung der Aare aus der Limmat und der Rest aus der Reuss und der Aare oberhalb Brugg stammte. Einige der grössten Verschmutzungsherde an der Reuss waren mehr oder weniger bekannt. So kann auch der Laie von blossem Auge die Cellulosefetzen und Detritusklumpen aus den Papierfabriken

Perlen, Cham und Bremgarten feststellen. Die Abwasser der Stadt Luzern erfahren keine biologische und nur zu einem geringen Teil (Maihof, Wesemlin) eine mechanische Klärung. Seit Jahren beschweren sich die Anwohner und Fischer über den misslichen Zustand der Lorze, die einen solchen Verschmutzungsgrad erreichte, dass das Freibad der zürcherischen Gemeinde Maschwanden aus gesundheitspolizeilichen Gründen geschlossen werden musste. Im Kanton Aargau mehrten sich die Klagen über die zunehmende Verschmutzung, nicht zuletzt aus fischereilichen Kreisen. Es galt also ganz allgemein abzuklären, in welcher Weise und wo sich diese Verschmutzungen auswirken.

Im Prinzip war vorgesehen, diese Untersuchung während eines Niederwasserstandes im Frühjahr oder Herbst 1961 durchzuführen. Aus einer Reihe von technischen Gründen musste jedoch die Ausführung auf den Herbst 1962 verschoben werden.

C. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM UND ORGANISATION

Anlässlich der Sitzung und anschliessendem Augenschein vom 10. April 1962 wurden von den kantonalen Fachstellen für Gewässerschutz und den kantonalen Laboratorien die Probenahmestellen nach folgenden Gesichtspunkten festgelegt:

Stelle Nr. 1: ABFLUSS DES VIERWALDSTÄTTERSEES BEI LUZERN (Seebrücke). Erfassen des Nährstoffabflusses aus dem Vierwaldstättersee vor der Verschmutzung durch die Stadt Luzern.

Stelle Nr. 2: RATHAUSEN, BRÜCKE NACH EMMEN, mit sämtlichem Abwasser der Stadt Luzern, von Kriens, Littau und Emmenbrücke.

Stelle Nr. 3: GISIKON, BRÜCKE NACH INWIL, LINKE SEITE, durch die Abwässer der Papierfabrik Perlen und die Ron noch kaum beeinflusst infolge ungenügender Durchmischung auf einer Strecke von erst 1150 m. Einfluss durch Rotbach und der Abwässer von Emmen.

Stelle Nr. 4: GISIKON, BRÜCKE NACH INWIL, RECHTE SEITE: Erfassen der Verschmutzung durch die Abwässer der Papierfabrik Perlen und durch die Ron (700 m) mit den Gemeinden Ebikon, Dierikon, Buchrain, Root und zirka 10 000 Einwohner der Stadt Luzern.

Stelle Nr. 5: MÜHLAU, BRÜCKE NACH MASCHWANDEN, nach 13 km Selbstreinigungsstrecke der Reuss; Kenntnis des Verschmutzungsgrades vor Einfluss der Lorze in die Reuss.

Stelle Nr. 6: CHAM, ABFLUSS DES ZUGERSEES BEIM BOOTSSTEG: Erfassung des Nährstoffabflusses aus dem Zugersee und Kenntnis des Reinheitsgrades vor dem Einfluss der Abwässer der galvanischen Anstalten, der Papierfabrik und der Gemeinde.

Stelle Nr. 7: FRAUENTAL: Lorze belastet durch sämtliche industriellen und landwirtschaftlichen Betriebe im Raume Cham – Hagendorn – Rumentikon.

Stelle Nr. 8: OTTENBACH, BRÜCKE NACH BIRRI, LINKE SEITE: 4 km nach Einlauf der Lorze in die Reuss.

Stelle Nr. 9: OTTENBACH, BRÜCKE NACH BIRRI, RECHTE SEITE: Erfassen des Einflusses der Nährstoffzufuhr der Lorze. Erkennen, ob Durchmischung der Reuss mit dem Lorzewasser bereits vollständig.

Stelle Nr. 10: ZUFIKON: Oberwasser des Kraftwerkes nach 8 km langer Selbstreinigungsstrecke, mit Einfluss der Jonen, jedoch vor Beeinflussung durch das Gebiet Bremgarten/Mutschellen.

Stelle Nr. 11: GNADENTAL, BRÜCKE NACH STETTEN: mit rund 10 km Selbstreinigungsstrecke nach Bremgarten.

Stelle Nr. 12: WINDISCH–GEBENSTORF, EISENBAHNBRÜCKE: Kurz vor der Einmündung der Reuss in die Aare. Erfassen der Belastung durch Mellingen, Birmenstorf, Mülligen, eines Teiles von Windisch und von Gebenstorf.

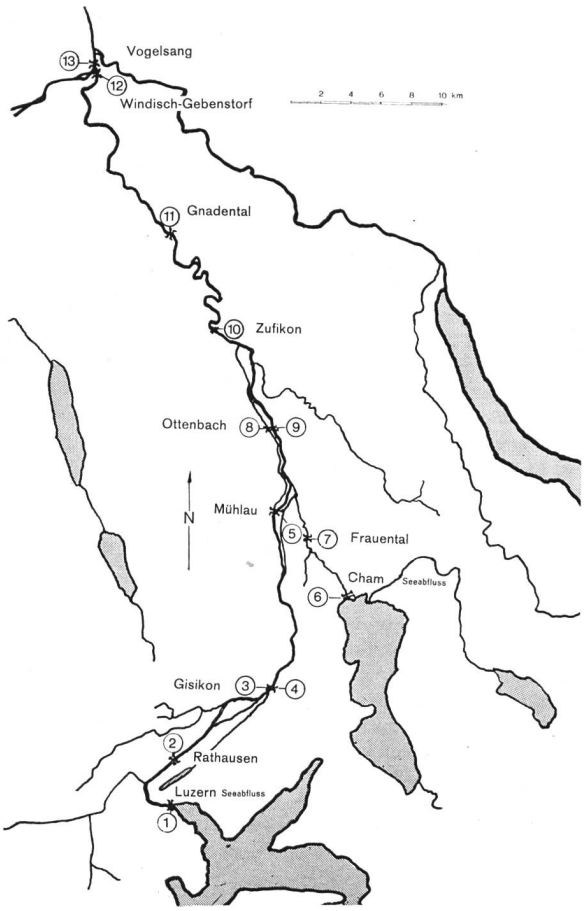
Stelle Nr. 13: VOGELSANG, BRÜCKE NACH LAUFFOHR: aus der Aare nach dem Zufluss der Reuss, jedoch vor der Limmatmündung.

Die chemischen Laboratorien der vier beteiligten Anstösserkantone haben sich wie folgt in die Untersuchung geteilt:

1. Kantonales Laboratorium Luzern: Kantonschemiker Dr. F. Adam, vertreten durch Adjunkt Dr. J. Wicki. Stellen Luzern bis Gisikon (1–4).
2. Kantonales Laboratorium Zug: Kantonschemiker K. H. Eschmann. Stellen Mühlau bis Frauental (5–7).
3. Kantonales Laboratorium Zürich: Kantonschemiker Dr. M. Staub, Leiter der limnologischen Abteilung PD Dr. E. A. Thomas. Stellen Ottenbach (8+9).
4. Kantonales Laboratorium Aargau: Kantonschemiker Dr. C. Mosca, Leiter des Wasserlaboratoriums Dr. P. Zimmermann. Stellen Zufikon bis Vogelsang (10 bis 13).

An den Probestellen 2–5 und 7–13 schöpfte man während 24 Stunden alle zehn Minuten Wasserproben aus dem Fluss. Das Sammelwasser aus je zwölf Einzelproben ergab zweistündige Mischproben, die sogleich in die entsprechenden Laboratorien transportiert wurden. Luft- und Wassertemperaturmessungen erfolgten stündlich. An den Ausläufen der

Fig. 3 Probenahmestellen an der Reuss und an der Lorze für die limnologischen Untersuchungen vom 5./6. September 1962



beiden Seen (Vierwaldstättersee = Stelle 1 und Zugersee = Stelle 6) begnügte man sich mit dem Erheben von einer Probe alle sechs Stunden, da keine grossen Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung zu erwarten waren.

D. UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Die Bereinigung der Methoden erfolgte an zwei Sitzungen in Luzern, am 17. Mai und 12. Juli 1962, sowie durch zwei Vergleichsanalysen an von Zug aus versandten Abwässern. Das Aargauer Laboratorium stellte die entsprechenden Testlösungen zur Verfügung, und Zürich lieferte den standardisierten Selenkatalysator.

Die Analyse umfasste folgende Komponenten:

1. Temperatur der Luft und des Wassers in Grad Celsius, auf 1/10 Grad genau an Ort und Stelle gemessen.
2. pH-Wert, potentiometrisch im Labor, nach Eichung der Geräte mit einer Merck-Pufferlösung Nr. 9888 auf pH 8.
3. Sauerstoffgehalt in Einzelproben, unter Verwendung von Manganchlorid-Tabletten und Natriumhydroxyd-Plätzchen (1+5). Zur Eliminierung der Nitrite wurde pro 100 ml Wasser 1 Tropfen einer 10prozentigen Natriumazidlösung zugefügt.
4. Sauerstoffsättigung, Berechnung mit der Sauerstoffscheibe nach Burkard.
5. Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen an Originalproben oder nach Verdünnung. Die Berechnung erfolgte nach der Formel von Bach [1][1].
6. Kaliumpermanganatverbrauch (Oxydierbarkeit) nach LMB [2], im Rohwasser.
7. Kaliumpermanganatverbrauch im filtrierten Wasser; Filtration durch Co-5-Filter nach vorherigem Auswaschen der Filter mit ½ Liter destilliertem Wasser.
8. Ammonium, mit Nessler-Reagens [2] und photometrischer Messung bei 420 mμ; Resultatangabe: mg N/l.
9. Nitrit, Diazomethode nach Griess-Ilosvay-Lunge [2] nach Vorfiltration des Wassers durch Co-5-Filter und photometrischer Messung bei 510 mμ. Resultatangabe: mg N/l.
10. Nitrat, Natriumsalicylatmethode [3] nach Vorfiltration des Wassers durch Co-5-Filter und photometrischer Messung bei 420 mμ. Resultatangabe: mg N/l.
11. Kjeldahl-Stickstoff [4], in 6stündigen Mischproben nach Aufschluss mit standardisiertem Selen-Katalysator und Nesslerisierung. Resultatangabe: mg N/l.
12. Gesamt-Stickstoff, berechnet aus Kjeldahlstickstoff plus Nitrit- und Nitrat-Stickstoff. Resultatangabe: mg N/l.
13. Anorganische Phosphate, nach Wattenberg und Kalle [5] nach Vorfiltration durch Co-5-Filter und photometrischer Messung. Resultatangabe: mg P/l.
14. Gesamt-Phosphor, nach modifizierter Methode des kantonalen Laboratoriums Zürich in 6stündigen Mischproben. Resultatangabe mg P/l.
15. Chloride, nach Methode Ambühl [6], modifiziert nach Zimmermann mit Mohr'schem Salz.
16. Karbonathärte, nach LMB in frz. H°.
17. Cyanide, nach Asmus und Garschagen [7], in 6stündigen Mischproben.
18. Eisen, mit o-Phenanthrolin [8] und photometrischer Messung bei 520 mμ in 6stündigen Mischproben.
19. Chrom, nach DEV [9], modifiziert mit Diphenylcarbazid in 6-stündigen Mischproben.
20. Kupfer, mit Neocuproin [10] in 6stündigen Mischproben.
21. Sulfit, nach DEV, in je einer Tages- und Nacht-Mischprobe, für alle Laboratorien durch Zug ausgeführt.
22. Keimzahlbestimmung auf BBL-Standard-Methods-Agar 01-632, Bebrütung 5 Tage bei 20 °C.
23. Escherichia Coli, als Gusskulturen bei 45 °C auf Endo-Agar (bei den Seeausflüssen Membranfiltermethode).
24. Mikroskopische Prüfung in je einer Tages- und Nacht-Mischprobe, für alle Laboratorien durch Zürich ausgeführt.

[1] Literaturangaben [ ] am Schluss dieses Berichtes.

E. DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG

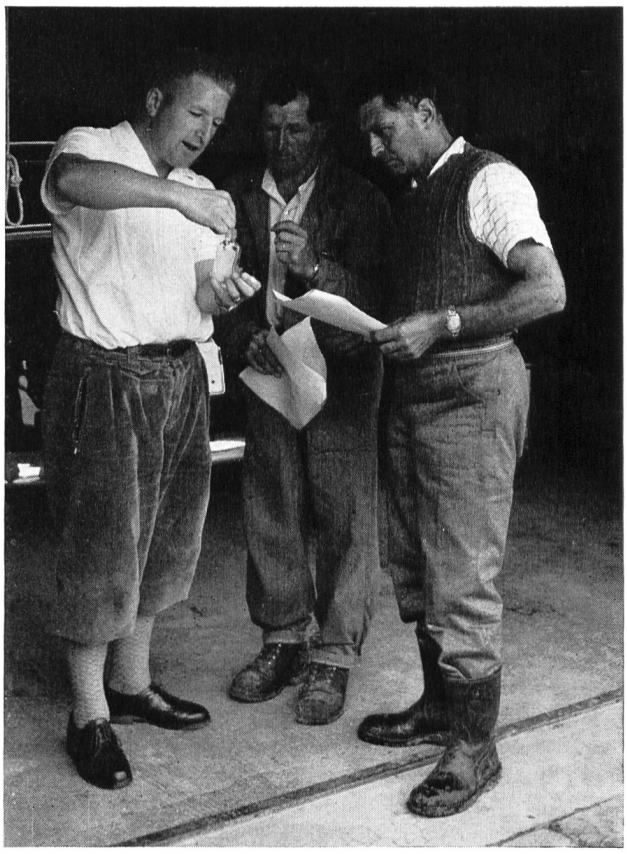
Für die Entnahme der Proben und ihren Transport in die kantonalen Laboratorien waren die nachstehenden Amtsstellen besorgt:

Luzern:	Gewässerschutzamt; Vorsteher: Dipl. Ing. G. Weilenmann
Zug:	Kantonales Bauamt; Vorsteher: Dipl. Ing. E. Rupper
Zürich:	Abteilung Wasserbau und Wasserrecht; Vorsteher: Dipl. Ing. H. Bachofner
Aargau:	Gewässerschutzamt; Vorsteher: Dipl. Ing. F. Baldinger

Die Gerätschaften zur Probenerhebung wurden durch die zuständigen Amtsstellen beschafft und zum Teil in den kantonalen Zeughäusern ausgeliehen. Für jede Probenahmestelle waren mindestens vier Mann notwendig, die sich in einem bestimmten Turnus in Zweiergruppen ablösten. Diese Mitarbeiter rekrutierten sich aus dem Personal kantonaler und kommunaler Amtsstellen sowie zuverlässigen Leuten der Anliegergemeinden. Kurz vor der Durchführung der Untersuchung erhielt dieses Personal an den Probenahmestellen Erläuterungen über seine Aufgaben und über die Handhabung der Geräte. Jeder Posten musste über seine Tätigkeit Protokoll führen und wurde im Verlaufe der 24 Stunden von den Leitern der Untersuchung mehrmals besucht.

Anlässlich der verschiedenen Vorbesprechungen hatte man als Durchführungsdatum Mittwoch und Donnerstag, den 5. und 6. September 1962 festgelegt. Nachdem im ganzen Spätsommer eine lange Trockenperiode geherrscht hatte, erwies sich dieses Datum in jeder Beziehung als ideal. Ob-

Fig. 4 Instruktion vor der Probenahme



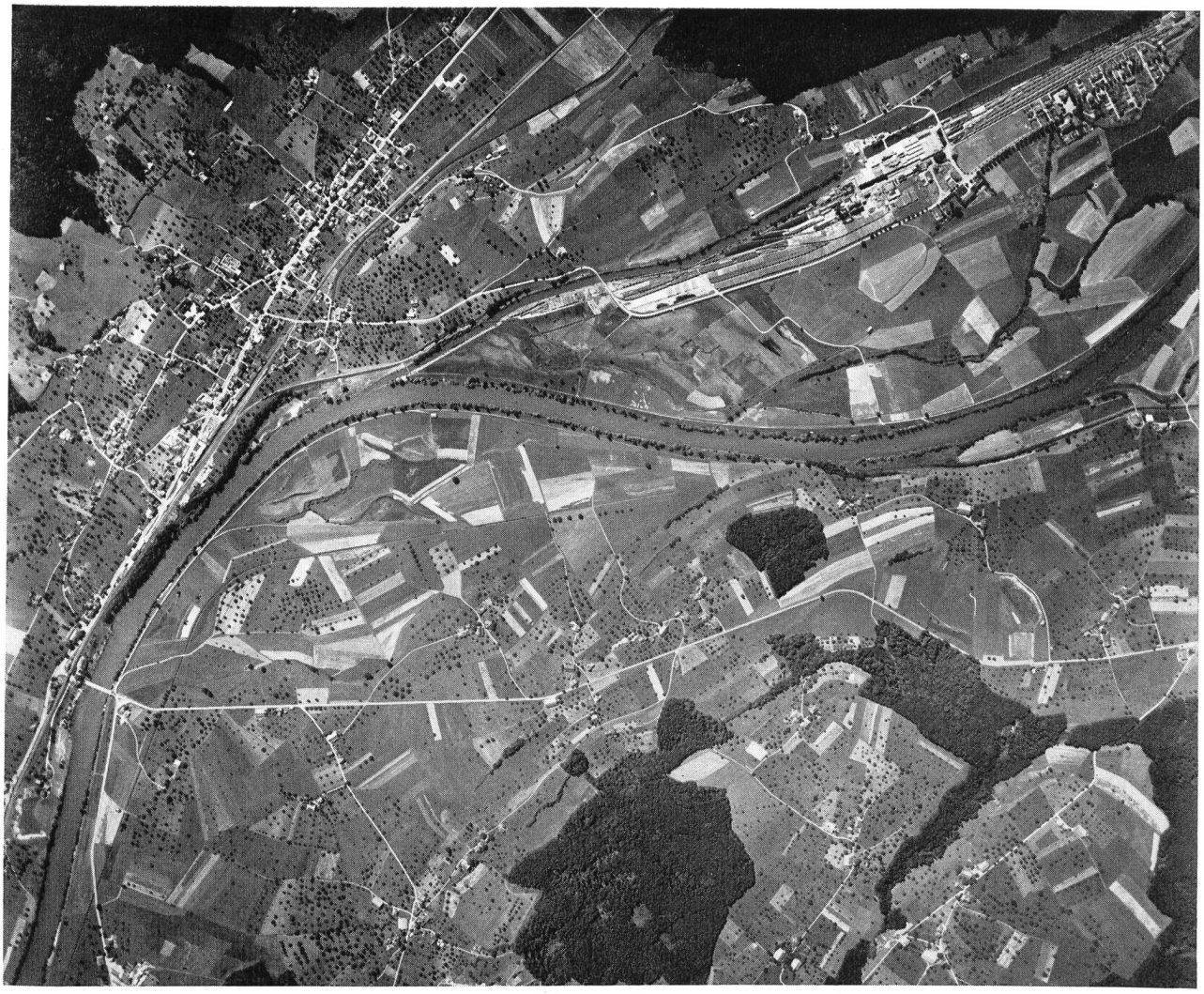


Fig. 5 Die Reuss bei Gisikon mit Perlenkanal und Ron (Photo Eidg. Landestopographie, Bern)

schon zwei Tage vor diesem Zeitpunkt eine starke Bewölkung eintrat und die Gefahr von Gewitterstörung bestand, gab das Gewässerschutzamt Aargau nach Rücksprache mit der Meteorologischen Zentralanstalt (MZA) in Zürich Weisung zur Durchführung des geplanten Unternehmens. Wie wir im nächsten Abschnitt noch belegen werden, war die Daueruntersuchung vom Wetter begünstigt.

Die an vereinzelten Orten aufgetretenen Gewitter hatten auf das Reusstal und das umliegende Einzugsgebiet keinen Einfluss. Die Probenerhebungen konnten ungestört und ohne den geringsten Unfall durchgeführt werden. Sowohl die Beteiligten im Freien, als auch das in den Laboratorien beschäftigte Personal hat mit grossem Einsatz zum Teil bis zu 30 Stunden ausgeharrt und somit zum guten Gelingen der Sache beigetragen.

Die in den vier Laboratorien ermittelten Ergebnisse wurden in den darauffolgenden Wochen auf vorgedruckten Resultatbogen zusammengestellt und dem Kantonschemiker von Zug zur Gesamtzusammenstellung eingesandt. Dieser hatte sich in der Zwischenzeit durch die Meteorologische Zentralanstalt in Zürich Angaben über die Wetter- und Niederschlagsverhältnisse von sieben Messtationen zwischen Rigi und Beznau für die erste Septemberhälfte geben lassen und das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (EAWW) in Bern um die Messergebnisse der Pegelstände an der Reuss, der Kleinen Emme, der Lorze und der Aare gebeten. Diesen beiden Aemtern sei hier für ihr freundliches Entgegenkommen bestens gedankt.

F. WETTERVERHÄLTNISSE UND WASSERFÜHRUNG

Da der Daueruntersuchung eine mehrwöchige Trockenzeit voranging, waren wir auf die genauen Angaben sowohl der MZA als auch des EAWW angewiesen, um bei eventuellen Gewitterstörungen einen Einfluss auf Wasserführung und Verschmutzungsgrad feststellen zu können. Die MZA hat uns folgende täglichen Beobachtungen gemeldet:

NIEDERSCHLÄGE in mm — Tabelle 1

Meßstation	1./2./3. 9.	4. 9.	5. 9.	6. 9.	7. 9.
Rigi-Kulm	0	5.0	23.2	1.9	0
Luzern	0	0	6.2	0	0.4
Zürich	0	0.1	23.5	0.9	2.8
Muri	0	0	12.0	0	2.8
Ennetbaden	0	0.6	3.4	1.6	12.3
Aarau	0	1.8	8.6	0.8	5.0
Beznau	0	0.7	3.5	5.2	7.4

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, fielen in einer weiteren Umgebung des Reusstales während kurzen, meist halbstündigen Perioden einige Niederschläge. Die überall ausgetrocknete Erde vermochte diese jedoch mit Leichtigkeit aufzufangen und zu absorbieren. Wie Tabelle 2 über die Wasserführung zeigt, haben sich diese wenigen Regenfälle keineswegs auf die Reuss und ihre Zuflüsse ausgewirkt.

Laut den Messtreifen der Limnigraphenstationen erreichten die Wasserstände am 5. und 6. September sogar ihr absolutes Minimum.

Die Daueruntersuchung fiel somit in eine für die Untersuchung günstige Niederwasser-Periode. Im Entlebuch hatte die Trockenheit ein Absinken der Wasserführung der Kleinen Emme auf einen Sechstel des normalen Standes zur Folge. Auch die Lorze brachte nur Dreifünftel des normalen Wasseranfalles, während uns leider vom Rotbach, der Ron und der Jonen keine Resultate bekannt sind.

WASSERFÜHRUNG (Tagesmittelwerte in m³/s) Tabelle 2

Limnigraphen	5. 9.	6. 9.	Mittel 5./6. 9.	Mittel letzte 26 Jahre	in % gegenüber 26-Jahr-Mittel
Reuss b. Luzern	82.2	81.4	81.8	111.0	74.6
Emme b. Malters	2.58	2.38	2.48	14.5	17.1
Reuss b. Mühlau	85.0	85.0	85.0	131.0	64.9
Lorze b. Frauental	4.1	4.05	4.08	6.95	58.7
Reuss b. Mellingen	90.3	89.7	90.0	141.0	63.8
Aare b. Stilli	332.0	332.0	332.0	557.0	59.6

G. CHEMISCHE ANALYSENERGEBNISSE

1. Temperaturen und pH-Werte:

Tabelle 3

Probenahmestelle	Lufttemperatur °C			Wassertemperatur °C			pH-Wert		
	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel
1. Luzern	17.5	22.0	20.1	16.0	18.5	17.6	8.35	8.75	8.56
2. Rathausen	15.0	22.0	17.9	18.0	19.0	18.4	8.30	8.65	8.40
3. Gisikon, links	15.8	21.7	18.2	17.4	20.0	18.4	8.15	8.55	8.42
4. Gisikon, rechts	15.9	20.8	18.0	17.5	19.7	18.5	7.95	8.30	8.07
5. Mühlau	15.8	21.6	18.3	18.0	20.4	19.0	7.60	8.00	7.89
6. Cham, Lorze	16.7	21.0	18.8	21.0	22.2	21.7	8.45	8.50	8.49
7. Frauental, Lorze	16.7	23.0	19.3	20.3	22.9	21.7	7.45	7.65	7.54
8. Ottenbach, links	16.4	23.0	19.0	18.0	20.5	18.9	7.60	7.80	7.72
9. Ottenbach, rechts	16.3	23.0	18.7	18.0	20.5	19.0	7.50	7.80	7.60
10. Zufikon	17.5	23.0	19.7	18.2	20.6	19.3	7.65	8.05	7.90
11. Gnadental	16.8	21.5	19.1	18.1	20.2	19.4	7.85	8.15	8.00
12. Windisch-Gebenstorf	16.0	20.0	17.9	18.8	20.3	19.6	7.80	8.10	7.97
13. Vogelsang, Aare	16.0	21.5	18.3	16.5	19.2	18.0	7.60	7.80	7.70

a) LUFTTEMPERATUREN:

Die Temperaturmaxima wurden im Oberlauf (bis zum Einfluss der Lorze) um 14 Uhr, im Unterlauf um 16 Uhr, die Minima im Oberlauf um 06 Uhr, Richtung Aare immer früher zwischen 06–02 Uhr gemessen. Den grössten Temperaturunterschied stellten wir mit 7 Grad Celsius in Rathausen, den kleinsten mit 4 Grad Celsius in Windisch–Gebenstorf fest.

b) WASSERTEMPERATUREN:

Das Wasser des Vierwaldstättersees weist eine deutlich tiefere Temperatur als dasjenige des Zugersees auf. Auch erreicht die Differenz zwischen Maxima und Minima im Zugersee mit 1,2 Grad Celsius nur die Hälfte des Unterschiedes in Luzern. In der Reuss bleibt das Temperaturmaximum zwischen Gisikon und der Mündung innerhalb einer Spanne von 0,9 Grad Celsius konstant, die Durchschnittswerte differieren auf der ganzen Flusslänge nur um 2,2 Grad Celsius. Wie aus der Kurve Nr. 1 von Fig. 2 deutlich hervorgeht, sinken die Wassertemperaturen nach 17 Uhr ab, ohne am Vormittag des 6. 9. 62 ihre Vortageswerte wieder zu erreichen.

Fig. 6 Die Reuss bei der Brücke Mühlau am Tage der Probenerhebung

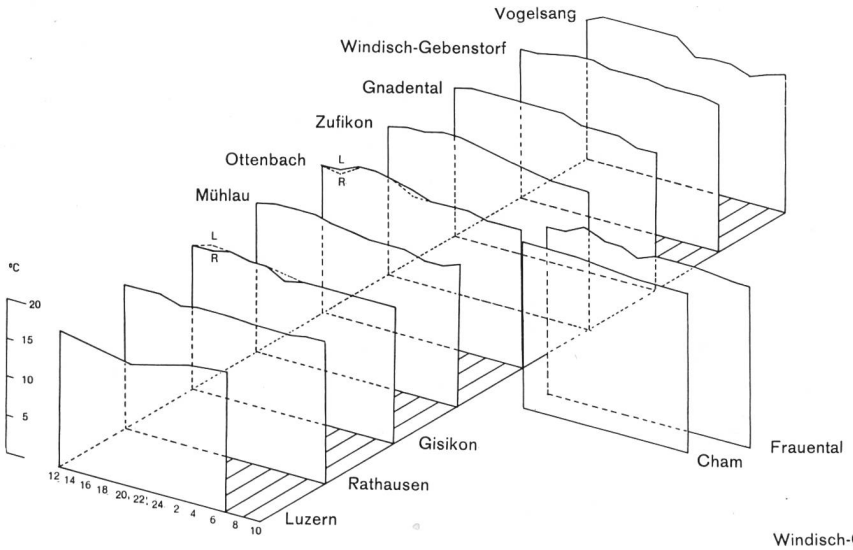


Fig. 7 Wassertemperaturen in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

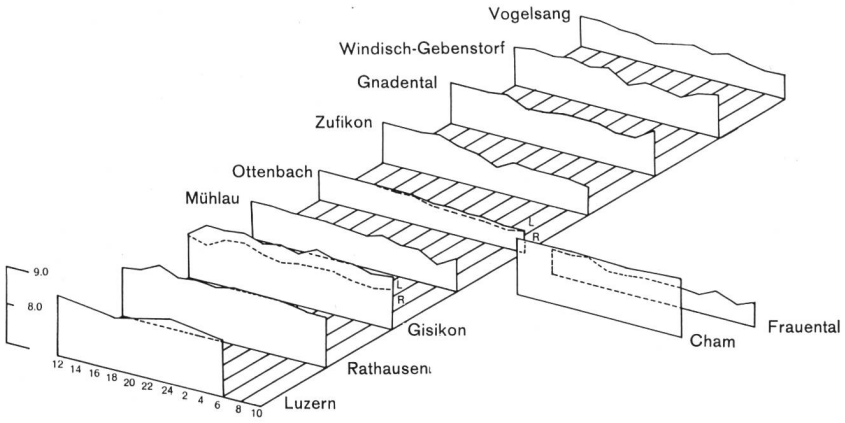


Fig. 8 pH-Werte von Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

c) pH-Werte:

Die pH-Werte der beiden Seeausläufe decken sich weitgehend, wobei allerdings in Luzern grössere Schwankungen (0,4 Einheiten) zwischen Minimum und Maximum als in Cham (0,05 E) festzustellen waren. Sehr starke pH-Erniedrigungen ergaben sich durch die Abwässer der beiden Papierfabriken. In Gisikon rechts sinkt das Mittel um 0,35, in Frauental sogar um 0,95 Einheiten. Diese auffällige Erscheinung ist auf die in Perlen und Cham abgelassene Sulfitlauge zurückzuführen, die zwar analytisch an diesen Stellen nicht mehr nachgewiesen werden konnte, die sich aber, wie wir noch sehen werden, auch im Sauerstoffgehalt, BSB_5 und in der Oxydierbarkeit äussert. In Ottenbach macht sich das niedrige pH der Lorze noch schwach bemerkbar, wobei das Mittel auf der rechten Seite leicht unter demjenigen des linken Ufers liegt. Wenn diese Erniedrigung zahlenmässig auch klein ist, muss sie doch in der Relation zu den Werten von Mühlau als gegeben erachtet werden:

Differenz pH	
Mühlau–Frauental	0,35 E
Mühlau–Ottenbach links	0,18 E
Mühlau–Ottenbach rechts	0,15 E

Im Unterlauf steigt das pH wiederum an, ohne allerdings die Werte des Oberlaufes nochmals zu erreichen.

2. Sauerstoffkonzentration und biochemischer Sauerstoffbedarf:

Die Sauerstoffgehalte der Stationen 10–13 vom 5./6. September fehlen, da sich infolge langer Lagerung die Manganchloridtabletten zersetzten und der anfänglich braune Niederschlag nach mehrtägigem Stehenlassen weiss wurde. Aus diesem Grunde wurden vom Aargauer Laboratorium am 11. September 1962 nochmals Proben erhoben und deren Resultate mit denjenigen früherer wöchentlicher Untersuchungen verglichen. Somit liegen immerhin Durchschnittswerte fest, die zeigen, dass nach der ständigen Sauerstoffabnahme von Luzern bis Ottenbach, im Unterlauf wiederum eine leichte Besserung eintritt.

Auffallend in den erhaltenen Werten ist der deutlich niedrigere Sauerstoffgehalt bei gleichzeitig doppelt so grossem biochemischem Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen in Gisikon rechts (Nr. 4). Hier macht sich einerseits das Abwasser der Papierfabrik Perlen eindeutig bemerkbar, anderseits dürfte jedoch die durch das Maihofgebiet von Luzern und der Gemeinde Ebikon stark belastete Ron nicht ohne Einfluss auf die Reuss bleiben. Interessanterweise nimmt die Sauerstoffsättigung unter leicht zunehmendem BSB_5 bis nach Mühlau nochmals weiter ab. Unter dem Vorbehalt, dass der Sauerstoffgehalt wohl von der Strömung und der Assimilation abhängig ist, kann gefolgert werden, dass die vorgenannte Belastung der Reuss und die später zukommenden Abwässer auf dem 13,2 km langen Lauf zwischen Gisikon und Mühlau nicht aufgearbeitet werden.

Der verheerende Einfluss von Papierfabrikabwasser auf einen Vorfluter zeigt sich jedoch am allerdeutlichsten in der Lorze bei Frauental. Der Sauerstoffgehalt wird durch das stetige Ablassen von Sulfitablauge zu wiederholten Malen auf 2 mg pro Liter gesenkt, ein Gehalt, der sogar für Ruchfische ungenügend ist. Die niedrigsten Werte wurden nachts gemessen. Abgesehen davon, dass in der Dunkelheit keine Assimilation stattfindet, liegt die Vermutung nahe, dass die Abwasserdosierung zur Lorze ungleichmässig erfolgt. Dieser Schluss zeigt sich aus den tageszeitlichen Schwankungen: Zwischen den 16- und 18-Uhr-Proben, Abfall von 4,7

Stelle	Sauerstoffgehalt mg/lt			Sauerstoffsättigung in %			Sauerstoffmenge		BSB_5 mg/lt			BSB_5	
	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Mittel kg/h	Tonne/Tag	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	Tonne/Tag
1	10.7	11.0	10.9	121.6	126.5	124.2	3209.8	77.0	3.0	4.7	3.7	1089.6	26.1
2	10.0	10.9	10.4	114.6	126.5	119.6	3155.4	75.7	1.9	4.2	3.1	940.6	22.5
3	8.9	10.1	9.4	101.0	118.7	107.9	1426.0	34.2**	2.4	4.1	3.3	500.6	12.0
4	6.7	9.0	8.4	78.7	104.3	96.8	1274.3	30.6**	5.4	8.0	6.8	1031.6	24.8
							2700.3	64.8				1532.2	36.8
5	7.0	8.4	7.8	80.0	99.5	90.7	2386.8	57.3	5.9	8.2	6.9	2111.4	50.7
6	8.6	9.7	9.1	103.3	120.0	111.8	133.7	3.2	4.6	5.5	5.0	73.4	1.8
7	2.0	4.7	3.1	24.3	57.5	38.2	45.5	1.1	5.9	27.2	13.5	198.3	4.8
8	7.0	11.5	8.0	80.0	134.0	93.7	1282.7	30.8**	2.2	5.5	3.3	529.1	12.7
9	6.6	8.9	7.6	77.0	105.0	89.5	1218.6	29.2**	1.7	4.0	2.8	448.9	10.8
							2501.3	60.0				978.0	23.5
10	–	–	7.8*	–	–	89.0	2501.4	60.0	1.2	10.9	3.6	1154.5	27.7
11	–	–	8.0*	–	–	93.0	2565.5	61.6	1.1	8.6	3.8	1218.6	29.2
12	–	–	8.4*	–	–	95.0	2721.6	65.3	0.4	2.9	1.7	550.8	13.2
13	–	–	9.0*	–	–	99.0	10756.8	258.2	1.4	6.1	4.1	4900.3	117.6

* Werte vom 11. 9. 1962
** Die Doppelstellen wurden nur je mit der halben Wassermenge berechnet

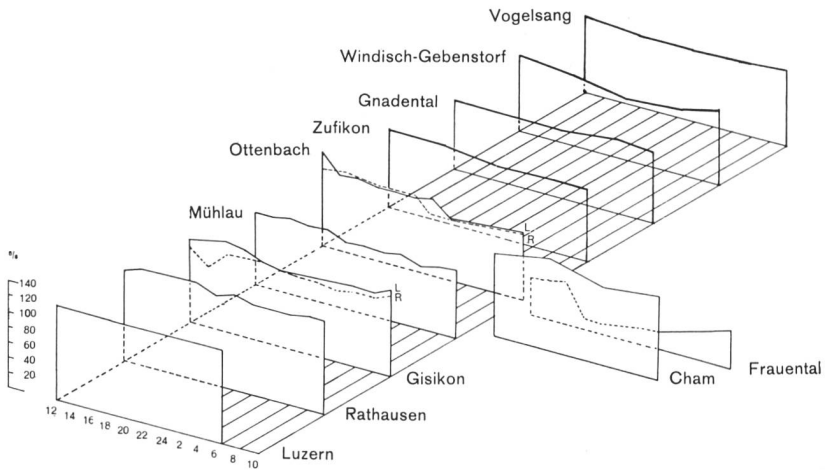


Fig. 9 Sauerstoffsättigung in % in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. Sept. bzw. 11. Sept. 1962

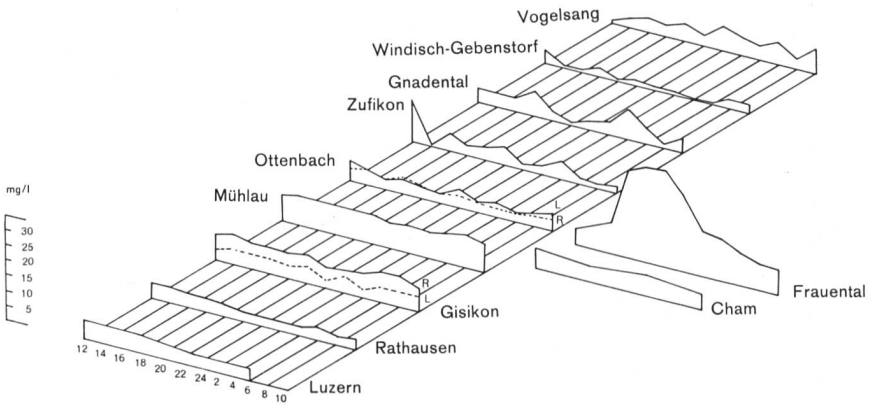


Fig. 10 BSB_5 in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

auf 2,1 mg O_2/l; zwischen den 04- und 06-Uhr-Proben Zunahme von 2,4 auf 3,0 mg $O/_2$l.

Die BSB_5-Zahlen steigen und fallen genau im gleichen Zeitbereich.

Die hier dargelegten Erscheinungen laufen parallel zu unseren pH-Resultaten. Es sei der Vollständigkeit wegen noch beigefügt, dass wir bei früheren Untersuchungen in der Lorze gelegentlich schon absolute Null-Werte im Sauerstoffgehalt und pH-Werte zwischen 4 und 5 gefunden haben.

In Ottenbach rechts (Nr. 9) macht sich das sauerstoffarme Lorzewasser noch deutlich bemerkbar, während eigenartigerweise der biochemische Sauerstoffbedarf kleiner ist, als erwartet werden konnte. Die BSB_5-Zahlen im Unterlauf zeigen parallel zur Zunahme des Sauerstoffgehaltes, dass bis Gnadental keine und bis zur Mündung nur eine kleine Selbstreinigung des Flusses eintritt.

3. Kaliumpermanganatverbrauch und Chloridkonzentration:

Die Kaliumpermanganat-Oxydierbarkeit wurde sowohl im Rohwasser als auch nach Filtration durch ausgewaschene Co-5-Filter ausgeführt. Damit wollte eine grössere Sicherheit erreicht werden, so dass nicht Extremwerte infolge grösserer Feststoff-Klumpen entstehen. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, liegen die beiden Resultate nur wenig aus-

einander, wobei die Differenz im Mittel um 2 mg/l beträgt. Dass dieser Unterschied bei der sichtbaren Verunreinigung der Reuss unterhalb Perlen und der Lorze nach Cham nicht bedeutend grösser ist, kann sicherlich auf den ausserordentlich niederen Wasserstand der Flüsse zurückgeführt werden. Die reichhaltigen Schwebestoffe wie Cellulosefetzen, Detritusklumpen, usw. vermochten sich bei diesem Pegelstand zu sedimentieren und wurden nur gelegentlich in einer Wasserprobe erfasst.

Im Vergleich zur bereits erwähnten Linth–Limmat–Untersuchung [11] fällt auf, dass die Oxydierbarkeit und die Chloridkonzentration in der Reuss höher sind als im Gewässersystem oberhalb von Zürich. Der Permanganatverbrauch verfünffacht sich in Gisikon rechts (Nr. 4) gegenüber links (Nr. 3), und in der Lorze steigt er sogar um das Achtfache an. In Ottenbach macht sich rechts (Nr. 9) der Einfluss der Lorze nur mit der Hälfte des erwarteten Wertes bemerkbar. Abgesehen von analytischen Unzulänglichkeiten, die in dieser Bestimmungsmethode enthalten sind, ist selbstverständlich eine minimale Durchmischung auf der 4 Kilometer langen Fliesstrecke zwischen dem Lorzelauf und der Probenahmestelle Ottenbach gegeben.

Die errechnete Tagessumme ist interessanterweise in Mühlau und in Ottenbach gleich gross, wobei nach Gisikon parallel zum BSB_5 noch ein leichter Anstieg festzustellen ist. Diese Erscheinung ist in der Weise zu interpretieren, dass nach Mühlau vorerst ein Abbau der oxydierbaren Substanzen eintritt, dass die starke Lorzeverunreinigung jedoch anschliessend den Permanganatverbrauch wieder erhöht. Dieser Verbrauch senkt sich auf der restlichen Fliesstrecke nur wenig. Der Zufluss der Jonen einerseits

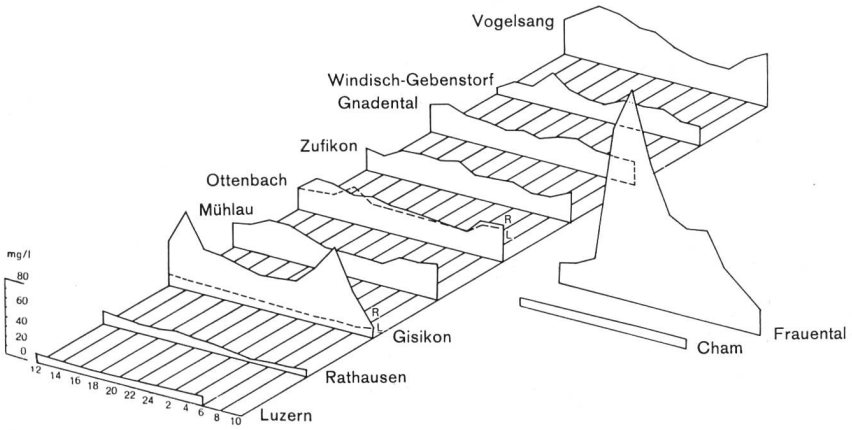


Fig. 11 Kaliumpermanganat-Verbrauch in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

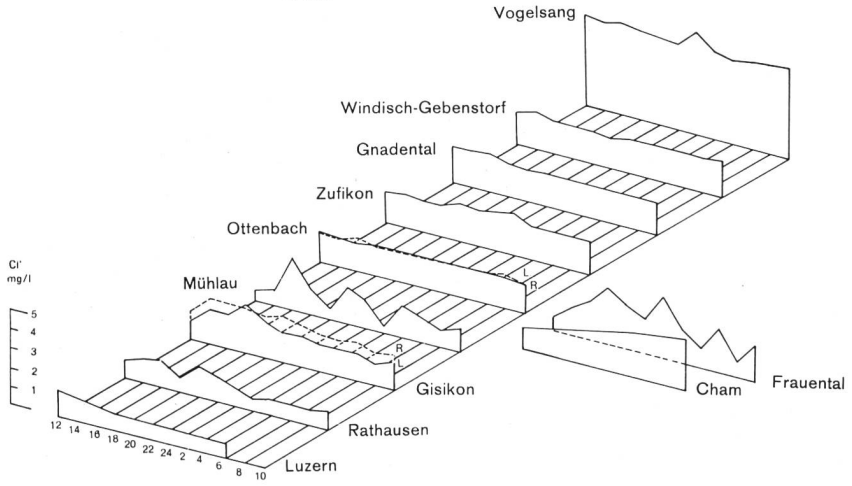


Fig. 12 Chlorid-Gehalt von Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

KALIUMPERMANGANATVERBRAUCH UND CHLORIDKONZENTRATION — Tabelle 5

Stelle	$KMnO_4$ mg/lt Roh			$KMnO_4$		$KMnO_4$ mg/lt filtriert			Chloride mg/lt			Chloride	
	Minimum	Maximum	Mittel	Mittel kg/h	Tonne/Tag	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Mittel kg/h	Tonne/Tag
1	5.4	8.2	6.8	2002.5	48.1	4.0	7.6	5.6	0.8	0.9	0.9	265.0	6.4
2	4.7	10.4	6.6	2002.5	48.1	3.8	7.9	5.2	0.7	1.6	1.1	333.7	8.0
3	6.8	12.0	9.0	1365.3	32.8	6.0	10.0	7.5	1.0	2.6	1.6	242.7	5.8
4	19.0	85.3	49.7	7539.7	180.9	15.8	74.3	43.5	1.6	2.4	2.1	318.6	7.6
				8905.0	213.7							561.3	13.4
5	24.3	43.0	32.7	10006.2	240.1	21.2	40.5	30.0	0.4	2.7	1.3	397.8	9.5
6	9.9	12.0	10.7	157.2	3.8	9.2	11.7	10.2	1.1	2.7	2.0	29.4	0.7
7	25.5	224.0	89.5	1314.6	31.5	25.2	218.0	86.3	0.6	3.0	1.8	26.4	0.6
8	24.0	40.6	30.3	4858.4	116.6	20.8	38.2	28.0	1.5	1.7	1.6	256.5	6.2
9	25.0	40.4	32.1	5147.0	123.5	20.2	35.7	28.9	1.5	1.8	1.7	272.6	6.5
				10005.4	240.1							529.1	12.7
10	22.6	35.2	28.1	9011.3	216.3	20.8	33.2	25.9	1.7	2.2	1.9	609.3	14.6
11	23.0	36.8	28.6	9171.7	220.1	19.6	33.2	25.9	1.7	2.1	1.9	609.3	14.6
12	18.8	36.2	26.8	8683.2	208.4	17.2	33.6	25.0	1.7	2.0	1.9	615.6	14.8
13	28.4	58.8	44.3	52947.4	1270.7	22.4	52.0	38.8	4.3	5.3	4.7	5617.4	134.8

und die Masse der Schwebestoffe aus Perlen und Cham andererseits lassen auf diesem Sektor scheinbar keine Selbtsreinigung zu. Alle diese Werte laufen meist parallel zu den BSB_5-Resultaten und zeigen die relativ starke Belastung der Reuss in ihrem Unterlauf.

Der Chloridgehalt des Flusses nimmt erwartungsgemäss von oben nach unten zu, wobei allerdings das Vierwaldstätterseewasser den bedeutend niedrigeren Gehalt als das Zugerseewasser aufweist. In letzterem schwanken ausserdem die Gehalte sehr stark. Werte bis zu 4 mg/l bilden in unseren jahrelangen Untersuchungen keine Seltenheit! Angenommen, das gesamte Chlorid würde von Kochsalz stammen, würden wir nachstehendes Tagestotal erhalten.

Zum Wert von Gisikon ist zu bemerken, dass die Uferzonen noch stark ins Gewicht fallen und die Proben nicht repräsentativ für die ganze Flusshälfte sind:

	Tagestotal in Tonnen
Luzern	11.6
Rathausen	12.6
Gisikon	21.8
Mühlau	15.2
Cham	1.0
Frauental	1.0
Ottenbach	21.2
Zufikon	23.6
Gnadental	24.3
Windisch-Gebenstorf	23.8
Vogelsang	221.4

4. Stickstoffkomponenten:

Auffallend in unserer Zusammenstellung ist der viel höhere Gehalt an Stickstoff im Vierwaldstättersee-Ausfluss als im Zugerseeausfluss. Letzterer ist Nitrit- und Nitrat-frei und weist im Durchschnitt die gleiche Konzentration an Ammonium wie der Ausfluss bei Luzern auf. Dies stimmt auch mit unseren langjährigen Beobachtungen im Zugersee überein. Nitrit konnte nur in Ausnahmefällen, Nitrat nur in kleinsten Mengen gefunden werden.

Die Ammoniakmenge steigt dann bei Gisikon rechts (Nr. 4) sehr stark an, während gleichzeitig Nitrit- und Nitrat-Konzentrationen abfallen. Dies bewirkt, dass der Ge-

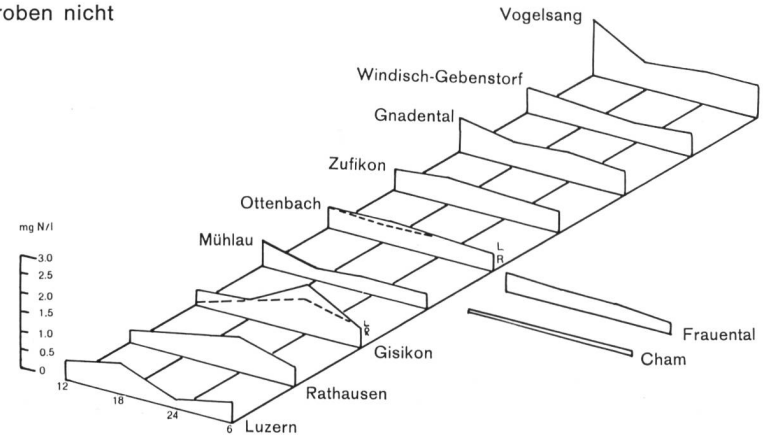


Fig. 13 Kjeldahl-Stickstoff in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

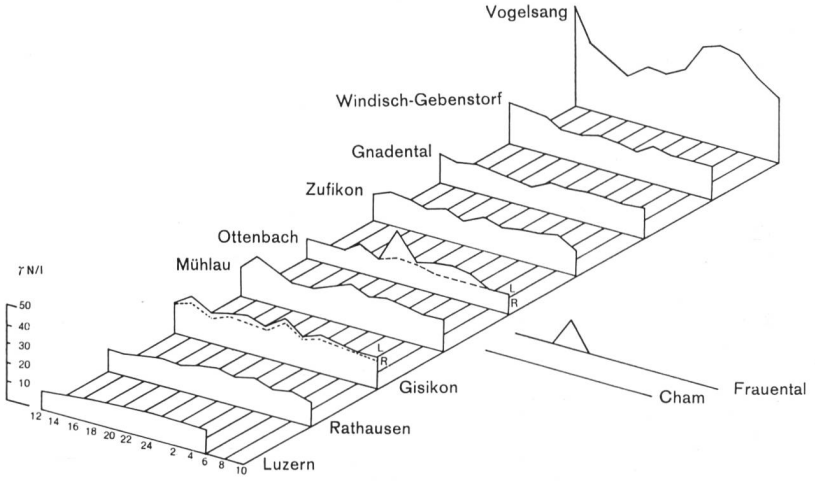


Fig. 14 Nitrat-N in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

AMMONIUM-STICKSTOFF UND ORGANISCHE STICKSTOFFVERBINDUNGEN — Tabelle 6

Stelle	Ammonium – N mg/lt			Ammonium – N		Kjeldahl – N mg/lt			Kjeldahl – N		Gesamt-Stickstoff		
	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	To/Tag	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	To/Tag	mg/lt	kg/h	To/Tag
1	0	0.20	0.06	17.7	0.4	0.30	0.81	0.52	153.1	3.7	0.646	190.2	4.54
2	0.04	0.28	0.14	42.5	1.0	0.34	0.90	0.58	176.0	4.2	0.732	222.1	5.29
3	0.15	0.28	0.20	30.3	0.7	0.40	1.38	0.70	106.2	2.5	0.911	138.2	3.28
4	0.25	0.64	0.44	66.7	1.6	0.12	0.90	0.51	77.4	1.8	0.667	102.7	2.36
				97.0	2.3				183.6	4.3		240.9	5.64
5	0.04	0.33	0.19	58.1	1.4	0.35	0.71	0.49	149.9	3.6	0.701	214.5	5.18
6	0.05	0.07	0.06	0.9	0.02	0.08	0.11	0.09	1.3	0.03	0.090	1.32	0.03
7	0.08	0.43	0.27	4.0	0.09	0.32	0.48	0.42	6.2	0.1	0.431	6.31	0.10
8	0.09	0.26	0.15	24.0	0.6	0.48	0.58	0.54	86.6	2.1	0.689	110.4	2.63
9	0.10	0.22	0.14	22.4	0.5	0.38	0.48	0.42	67.3	1.6	0.549	87.9	2.03
				46.4	1.1				153.9	3.7		198.3	4.66
10	0.02	0.12	0.05	16.0	0.4	0.58	0.67	0.63	202.0	4.8	0.802	257.1	6.09
11	0.02	0.07	0.03	9.6	0.2	0.61	0.93	0.71	227.7	5.5	0.869	278.7	6.67
12	0.02	0.09	0.04	13.0	0.3	0.54	0.70	0.61	197.6	4.7	0.799	258.8	6.17
13	0.04	0.15	0.09	107.6	2.6	0.77	1.57	0.99	1183.2	28.4	1.462	1747.3	41.9

ANORGANISCHE STICKSTOFFVERBINDUNGEN Tabelle 7

Stelle	Nitrit-N mg/lt			Nitrite		Nitrat-N mg/lt			Nitrate	
	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	Tonne/Tag	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	Tonne/Tag
1	0.004	0.007	0.006	1.8	0.04	0.10	0.13	0.12	35.3	0.8
2	0.007	0.032	0.012	3.6	0.09	0.11	0.18	0.14	42.5	1.0
3	0.013	0.049	0.021	3.2	0.08	0.16	0.23	0.19	28.8	0.7
4	0.011	0.041	0.017	2.6	0.06	0.11	0.17	0.15	22.7	0.5
				5.8	0.14				51.5	1.2
5	0.005	0.015	0.011	3.4	0.08	0.14	0.32	0.20	61.2	1.5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0.006	0.001	0.01	0.0002	0	0.14	0.01	0.1	0.002
8	0.008	0.011	0.009	1.4	0.03	0.11	0.28	0.14	22.4	0.5
9	0.007	0.012	0.009	1.4	0.03	0.11	0.16	0.12	19.2	0.4
				2.8	0.06				41.6	0.9
10	0.009	0.015	0.012	3.8	0.09	0.13	0.19	0.16	51.3	1.2
11	0.007	0.011	0.009	2.9	0.07	0.12	0.16	0.15	48.1	1.1
12	0.006	0.013	0.009	2.9	0.07	0.15	0.22	0.18	58.3	1.4
13	0.028	0.037	0.032	38.2	0.9	0.34	0.55	0.44	525.9	12.6

samtstickstoffgehalt an der Probenahmestelle 4 gegenüber 3 niedriger ist. Der gleiche Abfall ist ebenfalls in Ottenbach rechts (Nr. 9) gegenüber links (Nr. 8) zu beobachten. Da die Abwässer der Papierfabriken meist wenig Stickstoffverbindungen enthalten, ist diese Erscheinung nicht verwunderlich.

Nachfolgend beobachten wir einen leichten Anstieg des Gesamtstickstoffes bis Mühlau und eine starke Vermehrung im Unterlauf nach Ottenbach. In diesem Teilstück nehmen der Kjeldahlstickstoff und der Nitratgehalt zu, während die Nitrite gleich bleiben und sich der Ammonium-Stickstoff vermindert.

5. Phosphate:

Das Verhältnis des anorganischen zu den Gesamt-Phosphaten, das im Vierwaldstättersee noch 1:10 beträgt, sinkt bei Gisikon auf 2:3, um auf der restlichen Flusstrecke im Mittel 1:5 zu bleiben. Es fällt ausserdem auf, dass die Durchschnitte der Doppelposten in Gisikon und Ottenbach gleiche Werte beim anorganischen Phosphor und nur minimale Differenzen beim Gesamtphosphat ergeben. Zudem zeigt sich deutlich, dass Gehalt und Schwankungen des Luzerner-Wassers 5–6 mal kleiner sind als beim Zugersee.

Dass der Zugersee hohe Gehalte aufweist, ist uns seit langem bekannt. Hier wird nun aber auch deutlich, um wieviel stärker eutroph er ist als der Vierwaldstättersee. Die

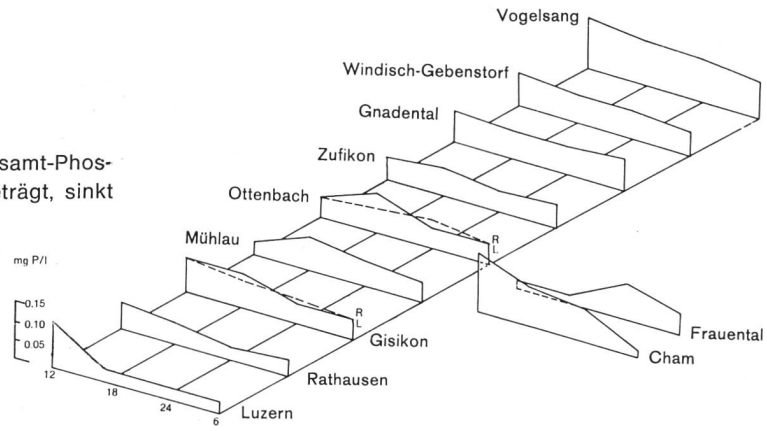


Fig. 15 Gesamt-Phosphat in Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

PHOSPHATVERBINDUNGEN UND KARBONATHÄRTE Tabelle 8

Stelle	Anorganischer P mg/l			P		Gesamtphosphor-P mg/l			Gesamt-P		Karbonathärte fr. H°		
	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	To/Tag	Minimum	Maximum	Mittel	kg/h	To/Tag	Minimum	Maximum	Mittel
1	0.001	0.006	0.004	1.2	0.02	0.030	0.030	0.030	8.8	0.21	7.5	7.5	7.5
2	0.010	0.090	0.037	11.2	0.3	0.036	0.072	0.051	15.5	0.37	7.8	8.0	7.9
3	0.052	0.076	0.058	8.8	0.2	0.050	0.096	0.073	11.1	0.27	8.3	8.5	8.5
4	0.034	0.076	0.058	8.8	0.2	0.058	0.090	0.069	10.5	0.25	8.0	8.2	8.05
				17.6	0.4				21.6	0.52			
5	0.001	0.039	0.012	3.7	0.08	0.033	0.085	0.056	17.1	0.41	8.15	8.6	8.4
6	0.006	0.039	0.024	0.3	0.007	0.012	0.104	0.068	1.0	0.024	10.35	10.6	10.4
7	0	0	0	0	0	0.026	0.078	0.044	0.6	0.010	10.2	10.8	10.4
8	0.007	0.030	0.012	1.9	0.05	0.052	0.078	0.062	9.9	0.24	8.25	8.5	8.4
9	0.007	0.030	0.012	1.9	0.05	0.052	0.104	0.067	10.7	0.26	8.5	8.75	8.6
				3.8	0.1				20.6	0.50			
10	0.005	0.033	0.016	5.1	0.1	0.059	0.078	0.067	21.5	0.52	8.4	8.7	8.6
11	0.007	0.028	0.016	5.1	0.1	0.075	0.080	0.076	24.4	0.58	8.6	8.8	8.7
12	0.009	0.036	0.022	7.1	0.2	0.065	0.094	0.076	24.6	0.59	8.8	9.0	8.9
13	0.042	0.086	0.059	70.5	1.7	0.097	0.132	0.116	138.6	3.33	12.4	12.8	12.6

Tabelle 8 zeigt, dass wir in der Lorze bei Frauental Nullwerte beim anorganischen Phosphor erhalten haben. Da die Molybdänblaumethode jedoch bereits auf Spuren anspricht, muss diese Erscheinung entweder durch eine uns unbekannte Störkomponente verursacht worden sein, oder durch eine rasche Phosphorabnahme durch Speicherung im überaus Sphaerotilus- und Algen-reichen Lorzebett zu suchen sein. Für die zweite Auffassung spricht unter anderem die Tatsache, dass das Mittel der gefundenen Gesamtphosphate nur ²/₃ derjenigen des Seeabflusses entspricht.

Der Phosphatgehalt nimmt im Ganzen gesehen von Luzern bis zur Mündung regelmässig zu, indem bei Mühlau bereits die doppelte, vor dem Einfluss in die Aare die dreifache Tagessumme gegenüber dem Vierwaldstättersee erreicht wird.

6. Karbonat-Härte:

Die Härte steigt auf der ganzen Länge des Flusses langsam, von 7,5 H° bei Luzern um 1,4 H° auf 8,9 H° bei der Mündung an. Dazu sind folgende Punkte festzuhalten: Das Wasser beider Seen wies z. Z. der Probenahme eine um rund 3 H° niedrigere Härte auf, als im Frühjahr und zur Sommerszeit. Die mittlere Härte im Zugersee betrug Anfang August 1962 noch 13,8 H°. Gegen den Herbst hin sinkt die Karbonathärte infolge der biogenen Entkalkung in beiden Seen deutlich ab. An der Probenahmestelle 4 konnte eine Abnahme der Karbonathärte gegenüber Stelle 3 festgestellt werden. Bei Ottenbach rechts wäre durch den Lorze-Einlauf theoretisch eine Härte von 8,9 H° statt 8,6 H° zu erwarten. Es gilt hier deshalb die gleiche Ueberlegung in Bezug auf die Durchmischung der Reuss, wie sie bereits in der Oxydierbarkeit dargelegt worden ist.

Nach G. Klust und H. Mann [12] ist der im Wasser gelöste Kalk für den Celluloseabbau von besonderer Bedeutung, denn je mehr Kalk enthalten ist, desto schneller erfolgt die Zersetzung. Wenn man das vollständig verschlickte Flussbett der Lorze und der Reuss unterhalb Gisikon betrachtet, wäre es sicherlich von Interesse gewesen, neben der Karbonathärte auch die Gesamt- und Calciumhärte zu bestimmen. Der Personalmangel in unseren Laboratorien liess aber eine Erweiterung des Untersuchungsprogrammes unmöglich zu.

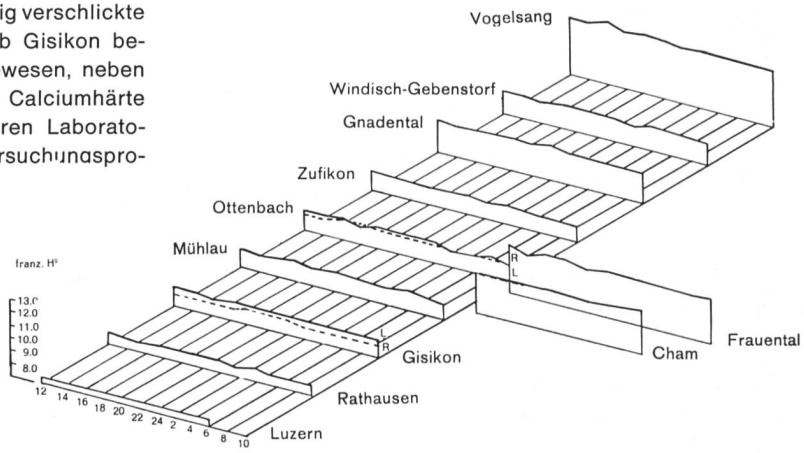


Fig. 16 Karbonathärte von Reuss, Lorze und Aare am 5./6. September 1962

7. Eisen, sowie diverse Komponenten von Industrieabwässern:

Der Zugersee enthält nur in seiner grössten Tiefe kleine Mengen von Eisen. Somit sind die negativen Werte bei Cham als absolut normal zu bezeichnen. Die Gehaltszahlen steigen vom Vierwaldstättersee bis Mühlau ständig an, um dann im Unterlauf nur noch halb so grosse Werte aufzuzeigen.

Da sowohl bei Cham als auch im Raume Luzern eine Reihe galvanischer Anstalten und metallurgischer Betriebe ihren Sitz haben, wurden die Wasserproben auf Kupfer, Chrom und Cyanide kontrolliert. Dies war umso berechtigter, als man sowohl in der Reuss als auch in der Lorze in früheren Jahren Fischsterben feststellen musste, die auf solche Betriebsabwässer zurückzuführen waren. Interessanterweise konnten anlässlich der Daueruntersuchung vom 5./6. 9. 62 solche Komponenten in keiner Probe nachgewiesen werden.

Es ist uns bekannt, dass die Papierfabrik Cham stetig 60 Prozent ihrer gesamten Sulfitablauge der Lorze übergibt, die restlichen 40 Prozent werden in der warmen Jahreszeit auf den Schotterstrassen verspritzt. Solange diese Zugabe erfolgt, werden wir wohl eine negative Sauerstoffbilanz, eine hohe Oxydierbarkeit und hohe BSB_5-Werte feststellen, jedoch nach 4,5 km (bis Frauental) die Sulfite kaum mehr analytisch erfassen können. Offenbar wurden die Sulfite zu SO_4^{2-} oxydiert und wären durch eine Sulfatbestimmung vielleicht besser erfasst worden.

Tabelle 9

Stelle	Eisen mg/lt Minimum	Maximum	Mittel	Kupfer, Chrom Cyanide, Sulfite
1	0.018	0.022	0.020	0
2	0.026	0.074	0.043	0
3	0.046	0.066	0.058	0
4	0.054	0.088	0.071	0
5	0.030	0.160	0.088	0
6	0	0	0	0
7	0.020	0.110	0.062	0
8	0.030	0.035	0.031	0
9	0.030	0.030	0.030	0
10	0.031	0.070	0.045	0
11	0.039	0.054	0.046	0
12	0.041	0.042	0.041	0
13	0.042	0.051	0.046	0

H. BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die vorstehenden chemischen Analysen geben uns wohl Anhaltspunkte über den momentanen Zustand des Reuss- und des Lorzewassers. Die Beurteilung eines Biotops ohne biologische Untersuchungen wäre vollkommen ungenügend. Aus diesem Grunde wurden die Wässer gleichzeitig einer bakteriologischen und einer biologischen Analyse unterzogen. Wenn uns die erhaltenen Werte auch einen tieferen Einblick in die Zusammensetzung und Verschmutzung des Wassers vermitteln, so muss trotzdem festgehalten werden, dass sie nur relativ sind. Ein Fliessgewässer

wie die Reuss sieht von Auge gesehen schlimmer verschmutzt aus, als es die Wasseranalyse aufzeigt. Dies wird durch die unzähligen Schwebe- und Sedimentstoffe bedingt, die nur kleinenteils in der chemischen Untersuchung erfasst werden. Zur genauen Beurteilung der Situation müsste deshalb die Mikrobenwelt der benthischen Biozönosen methodisch mitberücksichtigt werden. Grundsätzlich wäre deshalb die Lebensgemeinschaft der Schlamm-Wasser-Kontaktzone einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Da diese Aufgabe jedoch das Verarbeitungsvermögen unserer Laboratorien übersteigt, waren wir gezwungen, uns auf die hier vorliegenden Arbeiten zu beschränken.

1. Gesamtkeimzahl:

Die Zahl der Bakterien in einem Fliessgewässer ist von einer Reihe von Zufälligkeiten und Faktoren abhängig, so dass eine hygienische Beurteilung mehr als eine Stichprobe bedingt. Aus diesem Grund müssen die 6stündigen bakteriologischen Durchschnittsproben als absolutes Minimum betrachtet werden. Somit ist nicht weiter verwunderlich, wenn Minima- und Maximagehaltszahlen um 3–500 Prozent differieren.

Einmal mehr zeigt sich die absolut grössere Reinheit des Vierwaldstätterseewassers gegenüber demjenigen des Zugersees. Zu unserer Ueberraschung ist diese Diskrepanz nicht noch grösser, da wir in den während des Sommerhalbjahres alle 10 Tage durchgeführten bakteriologischen Untersuchungen im Zugerseeausfluss durchwegs 3000–6000 Keime pro ml fanden.

Die Keimzahl erhöht sich von Luzern nach Rathausen um das Hundertfache, um anschliessend bei Gisikon rechts (Nr. 4) nochmals um 50 Prozent zuzunehmen. Hier läuft die Erhöhung parallel zum gemessenen Ammonium-Stickstoff, so dass einmal mehr angenommen werden kann, dass die Ron einen bedeutenden Anteil an häuslichem Abwasser der Reuss zuführt. Nach Mühlau hinunter nimmt die Gesamtkeimzahl nochmals um das Dreifache zu, obwohl der Ammoniakgehalt zurückgeht. Wie aus der mikroskopischen Analyse jedoch hervorgeht, sind Sphaerotilusfäden, Detritusklumpen und Fasern in Mühlau ziemlich regelmässig verteilt, so dass die Zunahme der Bakterienzahl wohl in erster Linie auf diese Stoffe als Trägersubstanz ganzer Bakterienkolonien zurückgeführt werden darf. Die Lorze wird von Cham aus durch die häuslichen Abwässer ebenfalls stark belastet und hat bei Frauental eine 45fache Zunahme der Keimzahl zu verzeichnen. Die absolute Spitze im ganzen Flusslauf liegt bei Ottenbach links, ebenfalls in Uebereinstimmung mit dem Gehalt an Sphaerotilusfäden und Detritusklumpen. Die restlichen 36 km Flusstrecke gaben bei allerdings sehr starken Schwankungen Durchschnittsgehalte von 70 000 Keimen pro Milliliter. Keimzahlen dieser Grössenordnung müssen für einen Fluss wie die Reuss bereits als sehr hoch bezeichnet werden.

2. Coliforme Keime:

Die Colibakterien als spezifische Darmbewohner dienen uns als Indikator der fäkalen Verunreinigung des Wassers. Somit war von vornherein zu erwarten, dass die Seeausläufe nur einen kleinen Gehalt aufweisen würden. Wie wir aus Tabelle 10 sehen, steigt der Coligehalt bei Rathausen bereits auf über 300 pro ml. Gleich wie bei der Gesamtkeimzahl folgt auf Gisikon zu eine weitere Vermehrung. In Gisikon macht sich rechts wiederum die Ron deutlich bemerkbar.

GESAMTKEIMZAHL UND COLIFORME KEIME — Tabelle 10

Stelle	Gesamtkeimzahl pro ml			Coli pro ml		
	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel
1	150	310	235	0	3	2
2	8 300	44 000	22 770	95	680	337
3	21 400	42 000	28 420	42	620	253
4	15 700	58 000	31 580	120	1100	409
5	54 000	144 000	96 000	90	310	228
6	780	2 300	1 520	1	4	2
7	35 000	156 000	70 580	30	230	113
8	58 500	195 000	146 130	*	*	*
9	114 000	139 500	125 380	*	*	*
10	37 000	116 000	77 750	23	320	152
11	43 000	78 000	64 500	6	160	90
12	16 000	114 000	74 500	14	240	115
13	34 000	88 000	68 000	48	580	206

* Versuch nicht geglückt

Die Resultate der Lorze, die auf den ersten Blick «normal» aussehen, waren in früheren Jahren höher. Das Wasser der Lorze ist durch die industriellen Giftstoffe zu einem leichten Desinfiziens geworden, so dass mit einer 50 prozentigen Absterberate der Coli zu rechnen ist. Von Ottenbach liegen leider keine Resultate vor. Im aargauischen Unterlauf tritt eine leichte Verminderung des Coligehaltes ein. Somit wird in dieser Flusstrecke eine Selbstreinigung wirksam, da auch der Zufluss häuslicher Abwässer insgesamt kleiner ist als im Oberlauf. Gesamthaft müssen wir jedoch auf die ausserordentlich grossen Schwankungen innerhalb der zwölf Proben, die pro Erhebungsstelle analysiert wurden, hinweisen. Die Maxima liegen oft 10 bis 15 mal höher als die Minima. Interessant ist auch die Beobachtung, dass die grössten Coligehalte durchwegs zwischen 12 und 16 Uhr erhalten wurden, während die Minimumwerte meist auf die Zeit zwischen 06 und 10 Uhr vormittags fallen.

3. Mikroskopische Untersuchung:

Wie bereits erwähnt, zeigt heute die Reuss eine von blossem Auge sichtbare Verschmutzung. Um diese einigermassen zu erfassen, wurde eine Tages- und eine Nachtmischprobe unter dem Mikroskop ausgezählt. Tabelle 11 zeigt dabei, dass jeder ml Wasser eine oder mehrere Papierfasern enthält; es erstaunt auch nicht, dass die Lorze in dieser Beziehung einen Rekord aufstellt, ist doch das Lorzewasser nach der Papierfabrik einem kolloidalen System vergleichbar. Mehr überrascht die Tatsache, dass sich dieses Bild in Ottenbach bereits wieder ändert. Unsere anfänglich dargelegte Theorie, dass durch das Niederwasser die Sedimentation beschleunigt wird, scheint sich hier zu bestätigen.

Um so deutlicher machte sich das Fadenbakterium Sphaerotilus natans nach den Papierfabriken bemerkbar. Das Flussbett der Lorze zum Beispiel ist damit vollständig überzogen. Die erhaltenen Zahlen geben zudem ihr regelmässig starkes Vorkommen bis nach Windisch–Gebenstorf hinunter an. Es zeigt mit dieser Massenvermehrung als biologischer Indikator der α-meso- bis polysaproben Zone eine erhebliche Störung des biologischen Gleichgewichtes an und lässt eine unzulässig hohe Belastung des Vorfluters erkennen. Durch das starke Auftreten der Fadenbakterie bis zum Eintritt der Reuss in die Aare ist mit schädlichen Auswirkungen auf die normale Fauna und Flora des Flusses zu rechnen. Hievon wird sicher unmittelbar die fi-

	Luzern		Rathausen		Gisikon L		Gisikon R		Mühlau		Cham, Lorze		Frauenthal, Lorze		Ottenbach L		Ottenbach R		Zufikon		Gnadental		Windisch-Gebenstorf		Vogelsang. Aare	
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
Papierfasern	1	1	2		3	7	7	1	2	5	2	1	71	89	1	1	1	2	1		5	2		1		
Sphaerotilus	1		10	2	1	1	60	92	24	24	2	1	19	50	43	32	36	67		11	11	66	3	31	1	
Eisenbakterien	1	1	1		2		3	1	3	3	2	1	30	7				1		1		7	1	1		
Detritusklumpen	15	11	56	24	5	24	22	19	25	35	9	16	30	23	60	45	19	38	4	48	61	7	46	26	13	3
Dinobryon	2																									
Asterionella form.	1																									
Ceratium hirundinella		2	2	2		2		3																		
Oscillatoria rubescens			1																							
Fragilaria crotonensis				1	1	2	2	1		3						1								1	4	1
Euglena						1			1																	
Insektenteile									1	1						1	1									
Cymatopleura solea									1																	
Cosmarium spez.											1															
Schwefelbakterien												1														
Synedra											1							1								
Vorticella													1													1
Rädertiere															2	1				1	1	1	2		2	1
Notholca																	1									
Eudorina elegans																									14	2
Staurastrum																									9	8
Pediastrum duplex																									6	5
Coelastrum																										2

T = Tagesmischprobe N = Nachtmischprobe

schereiliche Nutzung betroffen, da über die arten- und zahlenmässige Veränderung der Fischnährtiere sowohl die Ertragshöhe als auch die Qualität des Fischbestandes ungünstig beeinflusst wird.

J. FISCHEREIWIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG

Der fischereiwirtschaftliche Wert von Flussrevieren hängt neben der Qualität des Wassers unter anderem vom Sohlengefälle, der Gestaltung der Ufer, dann von der den Fluss begleitenden Ufervegetation, von der Zahl und fischereilichen Qualität der Nebenbäche und Gräben ab, die den Fischen als Fortpflanzungs- und Aufwuchsstätten dienen. Wo die freie Fischwanderung aus den Flussunterläufen nach den Oberläufen nicht unterbunden ist, erfährt der autochthone Fischbestand alljährlich beträchtliche Bereicherungen durch die ausgesprochenen Wanderer unter den Fischarten (Flussforellen, Barben, Alet, Nasen, Aale usw.). Zu den fischereilich ertragsreichsten Flüssen zählen diejenigen, die den Abfluss unserer Alpenrandseen in sich aufnehmen. Sie gewährleisten eine ausgeglichenere, stets gute Wasserführung. Sie sind reich an Kleinlebewesen, die als Nährtiere der wirtschaftlich wichtigen Fischarten die Höhe und den Wert des Fischertrages bestimmen. Eine besonders wichtige Rolle kommt dabei dem periodisch aus den Seen abgeschwemmten tierischen Plankton zu. Flüsse, wie der Rhein unterhalb Stein a. Rhein, die Glatt am Ausfluss des Greifensees, der Linthkanal am Ausfluss des Walensees, die Limmat unterhalb des Zürichsees, die Aare am Ausfluss des Thuner-, bzw. des Bielersees und somit auch die Reuss am Ausfluss des Vierwaldstättersees, die Lorze aus dem Zugersee, zeichnen sich einerseits durch ihren Fischartenreichtum aus, anderseits durch ihre ausgesprochen hohe Produktionsfähigkeit. Die durchschnittlich erzielten Jahresfangerträge bewegen sich, je nach dem Zusammentreffen besonders günstiger Faktoren zwischen 100 bis 150 kg der verschiedensten Fischarten pro Hektar Wasserfläche. Davon können bei entsprechenden Jungfischeinsätzen gegen 100 kg pro ha Wasserfläche auf die Vertreter der Edelfische (vorwiegend Forellen und Aeschen) entfallen.

Solche Erfahrungen waren schon unseren Vorfahren im Mittelalter bekannt, wurden doch gerade die Klöster jeweils an den besten Fischweiden gegründet, so St. Georgen in Stein a. Rh., Allerheiligen am Rheinfall, Rheinau an der fischreichen Rheinschleife, Fahr und Wettingen an der Limmat, Frauental an der Lorze, Muri in unmittelbarer Nachbarschaft zur Reuss usw.

Die Tatsache, dass noch heute an grossen Flusstrecken der Reuss und der Lorze private Rechte bestehen, die der Befischung durch die Allgemeinheit vorenthalten bleiben, steht im direkten Zusammenhang mit den ehemaligen Fischereirechten der Klöster. So zeigt die Uebersichtsskizze, Fig. 17, dass das Fischereirecht sowohl in der Reuss als in der Lorze nur in sehr beschränktem Masse dem Staate, d. h. den Kantonen, zusteht. Der grösste Anteil an den staatlichen Reussfischenzen kommt dem Kanton Luzern zu, nämlich ungefähr von der Mündung der Kleinen Emme bis zur Kantonsgrenze Luzern-Aargau. Die Kantone Zug und Zürich verfügen dagegen an der Reuss über keine eigenen Staatsfischenzen. Dem Kanton Aargau mit dem längsten Anteil am Reusslauf stehen ebenfalls nur die verhältnismässig kurzen Fischenzen oberhalb und unterhalb der Lorzemündung und oberhalb des Stauwehres bei Windisch zu.

Noch extremer liegen die Rechtsverhältnisse an der Lorze, wo lediglich der Staat Zürich über eine kurze Fischenz von 675 m unterhalb der Brücke bei Maschwanden bis zum Reusspitz verfügt, während der übrige Lorzelauf in fischereilicher Hinsicht Privatrechtsinhabern zustehen. Als Sonderheit sei vermerkt, dass die Fischereirechte im zugerischen Lorzeabschnitt, ausgenommen die Fischenz

des Klosters Frauental, schon frühzeitig von der Papierfabrik Cham im Zusammenhang mit den ihr zustehenden Wasserrechten zu Eigentum erworben wurden.

Es ist nun sicherlich kein Zufall, dass die Klagen über schwindende Fischereierträge vorerst von den Fischereirechtsinhabern des Kantons Zürich aus dem Unterlauf der Lorze laut wurden. Diese Lorzefischenzen, die in engster Wechselbeziehung zu der ausgedehnten Maschwander-Allmend mit ihren zahlreichen Riedgräben stehen, waren schon immer wegen ihres ausserordentlichen Fischreichtums bestens bekannt. Seit 1947 mehrten sich in der Lorze Trübungen und Verfärbungen des Wassers. Der Massenwuchs des sogenannten Abwasserpilzes Sphaerotilus natans über der Flussohle, als Folge der Sulfitlaugenabgänge der Papierfabrik Cham, und das periodisch eintretende Abtreiben von Flocken dieser Bakterienansammlungen gaben im Unterlauf der Lorze und vor den Mündungen der Seitengräben Anlass zu Ablagerungen, zur örtlichen Aufzehrung des Sauerstoffes und damit zu unansehnlichen Faulschlammbildungen. Das schleimige «schnudrige» Geschwemmsel verklebt die Fangreusen und vereitelt ihre Fängigkeit. Dem Angelsport in einem solchen flockigen Abwasser blieb der Ertrag zusehends verwehrt.

Alle bisherigen schriftlichen Eingaben der zürcherischen Behörden an die Papierfabrik in Cham und an die zugerischen Behörden vermochten am gegenwärtigen ungesetzlichen Zustand bis auf den heutigen Tag nichts zu ändern. Ebensowenig gaben die ausgedehnten Fischsterben in den Jahren 1958 und 1959 Anlass zur Verhütung solcher Misstände.

Luzernischerseits musste in der Reuss im Jahre 1955 eine krasse Verunreinigung durch Abgänge von Chlorlauge

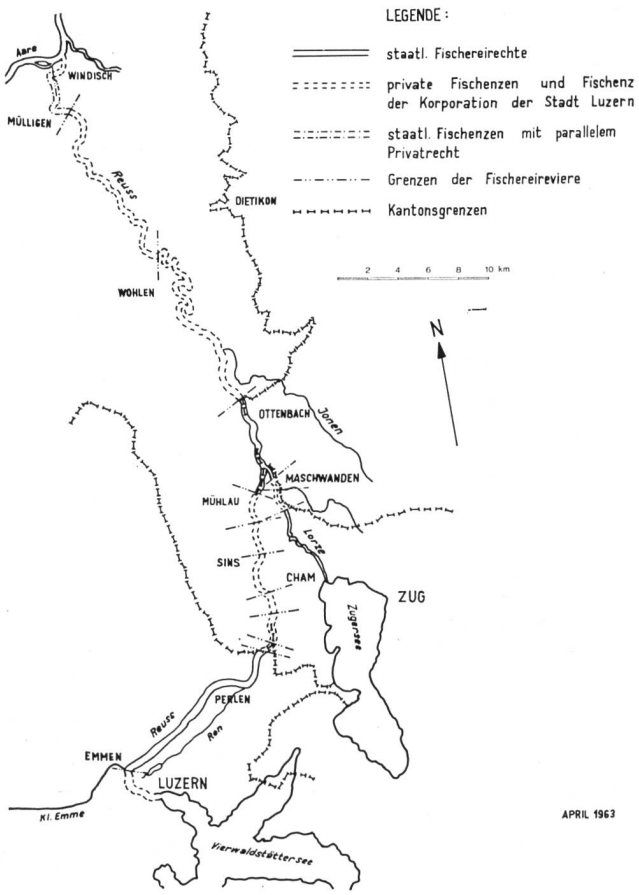


Fig. 17 Fischereirechtliche Verhältnisse in Reuss und Lorze

aus der Papierfabrik Perlen festgestellt werden. Von 1956 bis 1959 folgten alljährlich Abgänge von Schwerölen, die sowohl die Sohle wie die Ufervegetation verschmieren und die Entwicklung von Bodennährtieren wie Insektenlarven, Würmer usw. unterbinden. 1962 ereignete sich dann ein übergewöhnlich grosses Fischsterben, dessen Ursache indessen nicht eindeutig abgeklärt werden konnte.

Angesichts solcher Verhältnisse konnte es nicht ausbleiben, dass sich auch die fischereilichen Verhältnisse in der aargauischen Reuss seit 1952 in aufsehenerregender Weise verschlechterten. Während damals das Kies der Flussohle noch einen blanken sauberen Aspekt bot, wird dieses seither, vor allem während des Niederwasserabflusses, von dunklem, unansehnlichem, stinkendem Schlamm umhüllt. Grössere Fischsterben ereigneten sich am 18. Dezember 1958 im Oberlauf der aargauischen Reuss mit unbekanntem Ursprung. Der Polizeirapport über den Befund vom 19. Dezember 1958 führt wörtlich aus: «Das Reussufer war von toten Fischen buchstäblich übersät. Von neunpfündigen Hechten bis zum Sömmerling waren alle Arten und Grössen unter den an das Land gespülten toten Tieren zu finden.» Die schlimmen Zustände gaben der aargauischen Regierung Anlass zu Botschaften und Schreiben an die zuständigen Luzerner Behörden.

Die Verschlechterung der Reuss- und Lorzeabflüsse musste sich zwangsläufig in einem quantitativen und qualitativen Rückgang der Fischerträge auswirken. Wir verweisen hiezu auf die graphischen Darstellungen der Fangerträge in den einzelnen Reuss- und Lorzeabschnitten. Die Darstellungen zeigen die Jahreserträge aus den Fischereijahren 1952/53 bis 1960/61, umgerechnet auf 1 ha Wasserfläche. Das Zahlenmaterial wurde von den zuständigen kantonalen Fischereiverwaltungen aus den offiziellen Fangstatistiken der Fischereipächter ausgezogen.

Hinsichtlich der Reuss dürfen die Jahresgesamterträge der Korporation Luzern im Abschnitt vom Ausfluss aus dem Vierwaldstättersee bis ungefähr zur Mündung der Kleinen Emme (2.6 km) mit 114.5 bis 155 kg pro ha Wasserfläche noch heute als gut bezeichnet werden, wobei allerdings die Edelfische, wie Forellen und Aeschen, nur noch 13–18 Prozent der Gesamtfänge erreichen, während 81–83 Prozent auf die minderwertigen karpfenartigen Flussfische entfallen.

In den Staatsfischenzen von der Mündung der Kleinen Emme bis zur Kantonsgrenze Luzern/Aargau (12.9 km) erreichen die jährlichen Gesamterträge pro 1 ha Wasserfläche nur noch 57.5 kg im Jahre 1956/57, während sie im Frühjahr 1959/60 sogar auf 15.3 kg zurückfielen. Der Edelfischertrag übersteigt kaum noch 5 kg/ha.

Weitaus am schlimmsten wirkte sich die zunehmende Verunreinigung im 6.9 km langen aargauischen Staatsrevier bei Mühlau, unmittelbar oberhalb und unterhalb der Lorzemündung aus. Während im Mittel der Fangjahre 1946/47 bis 1950/51 noch Gesamtfänge von rund 27 kg pro ha erzielt wurden, fielen die Erträge 1956/57 auf 10 kg und bis 1960/61 sogar auf 3 kg pro ha Wasserfläche zurück. Entsprechende Angaben liegen auch aus der talwärts folgenden 19.8 km langen Privatfischenz der Stadt Bremgarten vor, wo die Erträge seit dem Fangjahr 1957/58 mit rund 15 kg ebenfalls bis zum Fangjahr 1960/61 auf 3 kg pro ha zurückfielen. Dabei entfallen auf Edelfische (Forellen) trotz der stark vermehrten Jungfischeinsätze nur noch Bruchteile eines kg pro ha.

Diese schwerwiegende fischereiliche Entwertung vermag sich reussabwärts bis zur 1.8 km langen Staatsfischenz bei Windisch nicht merklich zu erholen, obschon sich hier ein vermehrter Aufstieg der Wanderfische aus der Aare

Fig. 18 Fischfänge in der Reuss

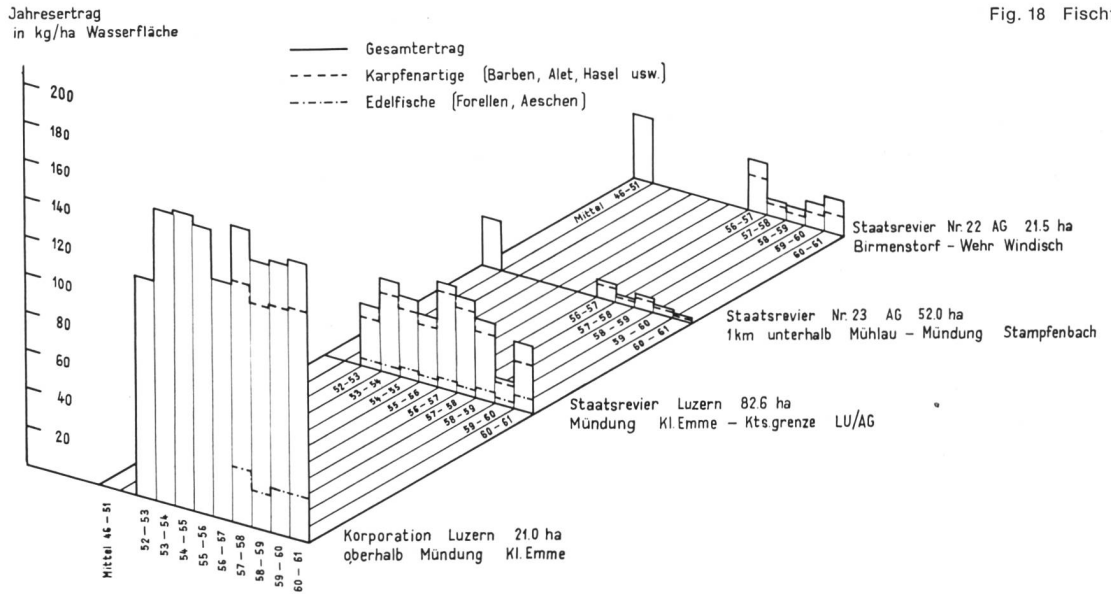
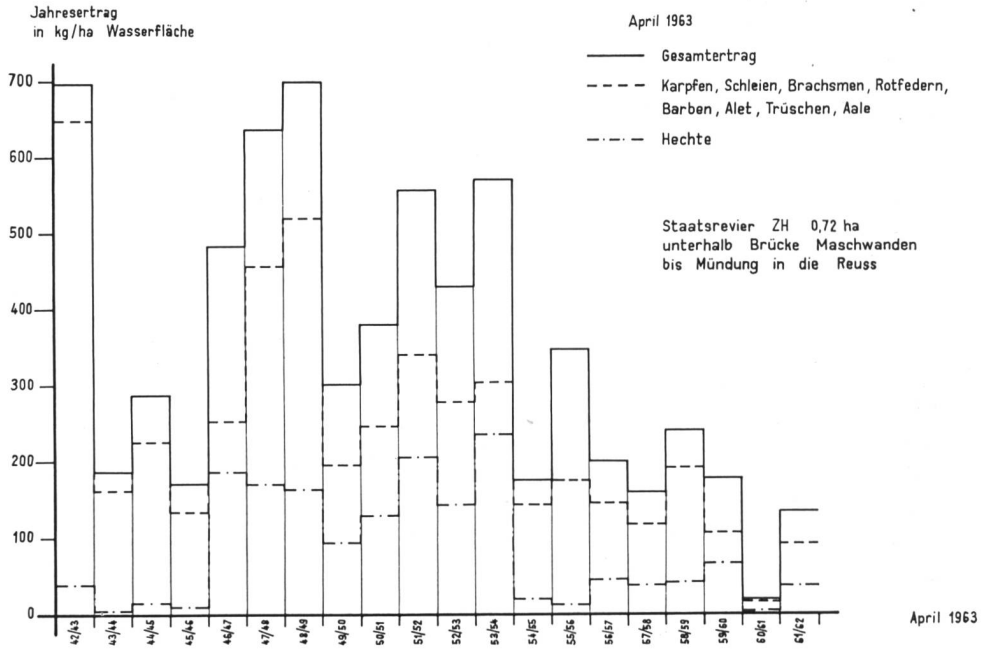


Fig. 19 Fischfänge in der Lorze



geltend machen müsste. Auch hier übersteigen die Jahreserträge seit 1956/57 15 kg/ha nicht.

Eine noch weit krassere Einbusse erlitt die 1.2 km lange zürcherische Staatsfischenz an der Lorze unmittelbar oberhalb deren Mündung in die Reuss (vgl. die graphische Darstellung). Hier fielen die Fischerträge von insgesamt 700 kg pro ha Wasserfläche im Jahre 1948/49 auf rund 20 kg pro ha im Jahre 1960/61. Die zürcherische Fischereiverwaltung versuchte den Rückgang der Forellen nach Möglichkeit durch Einsätze von Hechten auszugleichen. Während der Fangjahre 1946/47 bis 1953/54 stellte sich dann auch ein befriedigender Erfolg ein; seit diesem Jahr vermag sich aber auch diese weit resistentere Fischart unter den verschlechterten Umweltsbedingungen nicht mehr zu behaupten. Die niedrigen Fangangaben aus den Jahren 1943/44 bis 1945/46, kurz nach Einführung der Fangstatistik, dürfte weniger dem damaligen Ertragsvermögen als dem Unwillen eines vergrämten Pächters zuzuschreiben sein.

Die vorstehend aufgeführten Zahlenwerte vermögen wohl anschaulicher als die chemischen Daten darzutun, wie menschliche Nachlässigkeit und Gleichgültigkeit ein Flussystem inmitten einer Landschaft, die von der Bevölkerung mit dem Prädikat «besonders schützenswert» ausgezeichnet wurde, innert weniger Jahrzehnte von einer hochwertigen Fischenz zum unansehnlichen leblosen Abwasserlauf herabgewürdigt wurde. Die auf diese Weise der Allgemeinheit zugemuteten Verluste erreichen allein am Ausfall von Fischfleisch gemessen, bei vorsichtiger Schätzung, den jährlichen Ausfall von rund 200 000 Franken.

K. NÄHRSTOFFBILANZEN

Die die Reuss und ihre Zuflüsse belastenden Abwässer sind sowohl anorganischer als auch organischer Natur. Zu ihrer Erfassung wurden die in den vorstehenden Kapiteln erläuterten Analysen ausgeführt. Es erübrigt sich deshalb, hier nochmals auf Einzelheiten einzutreten. Die in der Folge zusammengestellten Nährstoffbilanzen erstrecken sich auf den Sauerstoff-, den Stickstoff- und Phosphorhaushalt, sowie die Chloridkonzentration. Letztere ist zwar nicht als eigentlicher Nährstoff zu werten, doch ist sie ein Verschmutzungsindikator erster Klasse, da sie keinen chemischen oder biologischen Veränderungen unterworfen ist.

1. Sauerstoffgehalt, biochemischer Sauerstoffbedarf und Kaliumpermanganatoxydierbarkeit

Die Reuss weist bis auf die Höhe von Gisikon eine positive Sauerstoffbilanz auf, da die vorhandene Menge ursprünglich gelösten Sauerstoffs die abwasserbedingte Zehrung übertrifft. Nach dem Eintritt des Perlenkanals und der Ron wird die Situation dagegen kritisch. Bei Gisikon werden rechts zur Oxydation der organischen Stoffe bereits 80,6 Prozent, bei Mühlau 88,5 Prozent des vorhandenen Sauerstoffes benötigt. Der Permanganatverbrauch gibt an diesen Stellen sogar einen theoretischen Sauerstoffverbrauch, der den vorhandenen Vorrat um das sechs- resp. vierfache übersteigt. Wesentlich schlimmer wird die Situation in der Lorze, indem wir dort sowohl in Bezug auf den BSB_5 als auch auf die Oxydierbarkeit eine absolut negative Bilanz erhalten. (BSB_5 = 4 x, $KMnO_4$ = 29 x grösser als vorhandener Sauerstoffvorrat). Dank der Adsorption von Luftsauerstoff und der reichlichen Sedimentation organischer, noch nicht mineralisierter Stoffe, sinkt dieses Verhältnis bei Ottenbach um gut die Hälfte gegenüber Mühlau, um allerdings in Zufikon und Gnadental nochmals anzusteigen. Bezeichnend ist für die gesamte Fliesstrecke zwischen Gisikon und Windisch–Gebenstorf, dass das negative Verhältnis im Sauerstoffverbrauch für die Permanganatoxydierbarkeit bestehen bleibt. Zum Glück befindet sich der Fluss durch seine abwärtsfliessende Bewegung ständig in einem Zustand der Vollzirkulation, der ihm gestattet, einen Teil des fehlenden Sauerstoffes laufend zu ersetzen.

Tabelle 12

Probenahmestelle	Vorhandener Sauerstoffvorrat		Biochemischer Sauerstoffbedarf		Kaliumpermang. Oxydierbarkeit
	Tonnen	%	Tonnen	%	Tonnen
1. Luzern	77.0	100	26.1	33.9	48.1
2. Rathausen	75.7	100	22.5	29.8	48.1
3. Gisikon, links	34.2	100	12.0	35.1	32.8
4. Gisikon, rechts	30.6	100	24.8	80.6	180.9
5. Mühlau	57.3	100	50.7	88.5	240.1
6. Cham, Lorze	3.2	100	1.8	58.2	3.8
7. Frauental, Lorze	1.1	100	4.8	436	31.5
8. Ottenbach, links	30.8	100	12.7	41.3	116.6
9. Ottenbach, rechts	29.2	100	10.8	36.8	123.5
10. Zufikon	60.0	100	27.7	46.2	216.3
11. Gnadental	61.6	100	29.2	47.5	220.1
12. Windisch-Gebenstorf	65.3	100	13.2	22.3	208.4
13. Vogelsang, Aare	258.2	100	117.6	45.6	1270.7

2. Stickstoff- und Phosphorverbindungen:

Das Stickstoff-Phosphor-Verhältnis beträgt in Luzern beim Seeabfluss 22:1, in Cham dagegen 1,25:1. Bekanntlich haben häusliche Abwässer ein mittleres N:P-Verhältnis von 5:1. Somit wird in der Folge das in Luzern noch annehmbare Verhältnis bereits in Rathausen gegen die Hälfte reduziert und bleibt im ganzen Reusslauf bis zum Eintritt in die Aare mehr oder weniger konstant. Verglichen mit der im Jahre 1959 durchgeführten Linth-Limmat-Untersuchung haben sowohl die Reuss als auch die Aare (bei allerdings niedrigerem Wasserstand am 5./6. 9. 62) eine deutliche Verschlechterung der Verhältnisse erfahren. Die Resultate sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13

Probenahmestelle	Stickstoff Tonnen	Phosphor Tonnen	N : P
1. Luzern	4.54	0.21	21.6 : 1
2. Rathausen	5.29	0.37	14.3 : 1
3. Gisikon, links	3.28	0.27	12.1 : 1
4. Gisikon, rechts	2.36	0.25	9.5 : 1
5. Mühlau	5.18	0.41	12.6 : 1
6. Cham, Lorze	0.03	0.024	1.25: 1
7. Frauental, Lorze	0.10	0.01	10.0 : 1
8. Ottenbach, links	2.63	0.24	11.0 : 1
9. Ottenbach, rechts	2.03	0.26	7.8 : 1
10. Zufikon	6.09	0.52	11.7 : 1
11. Gnadental	6.67	0.58	11.5 : 1
12. Windisch-Gebenstorf	6.17	0.59	10.5 : 1
13. Vogelsang, Aare	41.9	3.33	12.6 : 1

Um den Abbau des Gesamtstickstoffes über die verschiedenen Oxydationsstufen zu Nitraten zu erfassen, wurde die Relation Gesamtstickstoff zu mineralisiertem Stickstoff berechnet. Dabei zeigt sich, dass in Luzern beim Austritt aus dem See erst ein Drittel (28,5 Prozent) des Gesamtstickstoffes mineralisiert ist, dass sich das Verhältnis aber bis nach Gisikon positiv verändert (64,1 Prozent). Von hier an wird der Prozentsatz bis zum Einlauf der Reuss in die Aare stetig schlechter und zeigt folgende Zahlen:

Mühlau	= 57,2 %;
Ottenbach	= 45,8 %;
Zufikon	= 27,6 %;
Gnadental	= 21,7 %;
Windisch–Gebenstorf	= 18,2 %;
Vogelsang	= 38,4 %

3. Chloride:

Da die Chloride nur in den wenigsten Fällen natürlicher Herkunft sind, in den meisten Fällen hingegen durch häusliche Abwässer in Fluss oder See gelangen, dienen sie uns als Verunreinigungsindikator. Verglichen mit dem Chloridtransport beim Eintritt in die Aare zeigt die Reuss bei Luzern nur einen Gehalt von 48,0 Prozent (chloridarmes Seewasser), der in Rathausen auf 58 Prozent ansteigt und von Ottenbach (91 Prozent) an nur noch wenig unter dem bei der Mündung gemessenen Chloridtransport bleibt. Die Aare selber (Nr. 13) brachte am 5./6. 9. 62 im Verhältnis zur Reuss zweieinhalbmal mehr Chloride als ihrer Wasserführung entsprochen hätte.

4. Berechnung der Nährstoffzufuhr auf Grund der Bevölkerungszahlen:

Den nachstehenden Berechnungen der theoretisch anfallenden Schmutzstoffmengen sind die in der Einleitung aufgeführten Bevölkerungszahlen zu Grunde gelegt worden. Als in gelöster Form weggehender täglicher Abgang dürfen pro Kopf der Bevölkerung folgende Durchschnittswerte angenommen werden:

BSB_5	54 Gramm im Tag pro Einwohner
$KMnO_4$-Verbrauch	125 Gramm
N	12 Gramm
P	3 Gramm
NaCl	40 Gramm

a) BIOCHEMISCHER SAUERSTOFFBEDARF:

In Rathausen war der gemessene BSB_5-Wert, auch wenn man die Selbstreinigung auf der Fliesstrecke nicht berücksichtigt, viel höher als der auf Grund der Einwohnerzahl zu erwartende theoretische Wert. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass bei der Daueruntersuchung der Einfluss der Kleinen Emme nicht erfasst worden ist. Durch die häuslichen und industriellen Abwässer aus den Gemeinden Escholzmatt bis Littau ist der Fluss in seinem Ober- und Mittellauf mit Schmutzstoffen relativ stark belastet. Angesichts seiner damaligen geringen Wasserführung war das Selbstreinigungsvermögen wahrscheinlich schwach, so dass doch mit einem Einfluss auf das Reusswasser bei der Probenahmestelle Rathausen gerechnet werden muss.

In Gisikon steigt der gemessene BSB_5-Wert auf das 24fache gegenüber dem auf Grund der Einwohnerzahl zu erwartenden theoretischen Wert. Dies ist auf die industriellen Abwässer zurückzuführen, deren Einwohnergleichwert uns nicht genau bekannt ist.

Die Lorze in Frauental zeigt ein Verhältnis 1:14 zwischen dem theoretischen und dem gemessenen BSB_5-Wert.

Bis Gnadental verschlechtert sich dieses Verhältnis ziemlich stark. Da jedoch in der unteren Hälfte der Reuss ausser der Jonen und einigen kleineren industriellen Betrieben keine wesentlichen Schmutzwasser-Lieferanten vorhanden sind, wird die Belastung des Flusses durch die oberliegenden Anwohner verdeutlicht.

b) KALIUMPERMANGANAT-VERBRAUCH:

Der gemessene Kaliumpermanganatwert ist auf der gesamten Fliesstrecke bedeutend höher als der theoretische, wobei im Unterlauf keine nennenswerte Verbesserung eintritt.

c) GESAMT-STICKSTOFF:

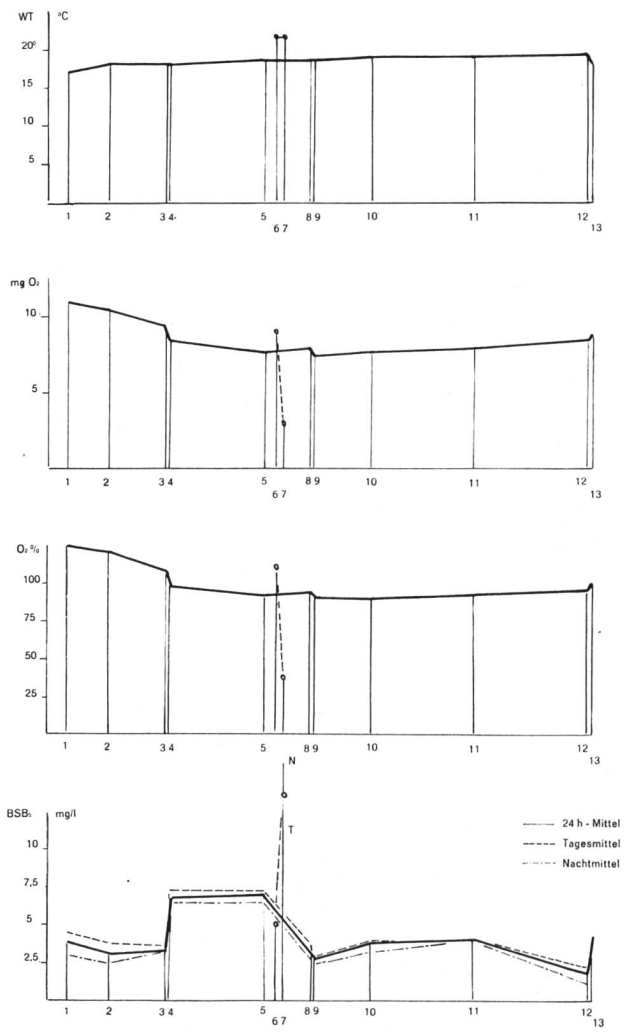
Der gesamte Flusslauf weist eine positive Stickstoffbilanz auf, indem der gemessene Wert überall höher liegt als der theoretische. Insbesondere verschlechtert sich dieses Verhältnis auf der Strecke zwischen Ottenbach und Gnadental.

d) GESAMT-PHOSPHAT:

Die gleiche Feststellung wie bei den bisher besprochenen Komponenten konnte auch beim Gesamtphosphat gemacht werden. Die einzige Ausnahme davon bildet die Lorze in Frauental, indem dort nur die Hälfte an Phosphaten gefunden wurde, als der theoretische Wert erwarten liess.

e) CHLORIDE:

Die Bilanz ist auf der gesamten Gewässerstrecke positiv, d. h. die Kochsalzmengen, die ins Gewässer gelangen, sind grösser als die theoretischen Werte. Da wir als Basiswert 40 g Kochsalz pro Einwohner und Tag festgelegt haben, muss ein Grossteil der abgeführten Chloride aus Industrie und Gewerbe stammen.



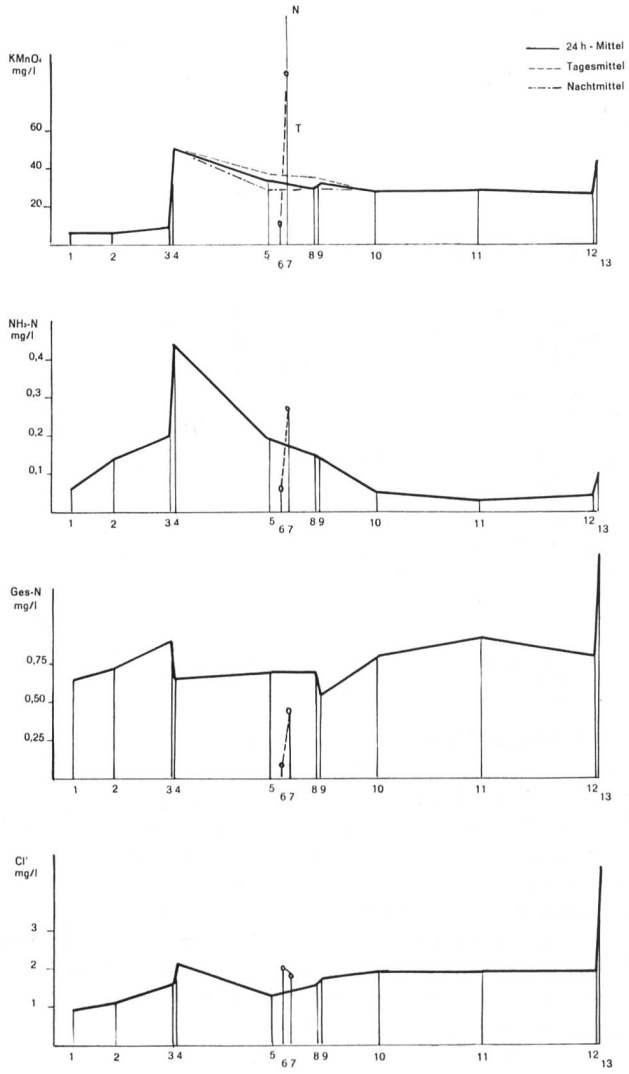


Fig. 20 Tagesmittel der einzelnen Probenahmestellen

L. ZUSAMMENFASSUNG

1. Allgemeines:

Am 5./6. September 1962 wurde die Idee einer Daueruntersuchung der Reuss zwischen Luzern und Turgi durch die vier Kantone Luzern, Zug, Zürich und Aargau realisiert. Die Ergebnisse der limnologischen Untersuchungen liegen dieser Arbeit zugrunde.

Die Wasserführung der Reuss, der Kleinen Emme, der Lorze und der Aare wurde durch die Pegelstationen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft registriert und zeigte für die Untersuchungstage eine minimale Wassermenge. Die Reuss führte eine Wassermenge, die nur Dreivierteln des langjährigen Jahresmittels entsprach, die Kleine Emme sogar nur einem Sechstel, die Lorze drei Fünfteln. Somit konnte die Untersuchung während einer idealen Niederwasserperiode durchgeführt werden.

Trotz einiger kurzer Regenschauer in der weiteren Umgebung der Reuss waren die Niederschläge ohne Einfluss auf die Wasserführung der Flüsse geblieben, da dem Untersuchungsdatum eine längere Schönwetterperiode vorausging.

Für die Berechnung der Schmutzstoffmengen aus den Siedlungen dienten die am 1. Dezember 1960 erhobenen Bevölkerungszahlen. Nicht berücksichtigt wurden die Einwohnergleichswerte der Industrien, da nicht überall konkrete Angaben zur Verfügung standen.

2. Der Zustand der Reuss und der Lorze:

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, den allgemeinen Verunreinigungsgrad der Reuss und deren flussabwärts erfolgenden Veränderungen kennen zu lernen. Aus technischen Gründen musste dabei von vorneherein verzichtet werden, den Einfluss aller die Reuss mit Schmutz belastenden Abwässereinleitungen und Nebenflüsse – mit Ausnahme der Lorze – im einzelnen zu erfassen. So war es zum Beispiel nicht möglich, auf Grund der Untersuchung festzustellen, in welchem Masse die Zuflüsse der Kleinen Emme, des Rotbaches und der Jonen, sowie die Abwässer von Rotkreuz, Sins, Bremgarten und Mellingen am Verschmutzungsgrad teilhaben. Zur Beurteilung der Herkunft der Verschmutzung können somit unsere Untersuchungsergebnisse nur auf einen jeweiligen Abschnitt des Flusses in seiner Gesamheit herangezogen werden.

a) DIE REUSS IM OBERLAUF:

Die Abwässer, die der Reuss nach Rathausen zugeführt werden, verursachen einen deutlichen Anstieg der charakteristischen Schmutzstoffkomponenten wie BSB_5, $KMnO_4$-Verbrauch, usw. Parallel dazu ist dort auch eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes festzustellen. Diese Komponenten verändern sich bis nach Mühlau nur unwesentlich, so dass diese Fliesstrecke nicht als Selbstreinigungsstrecke bewertet werden kann.

Das Flussbett der Reuss ist unterhalb Gisikon deutlich mit Sphaerotilus natans überzogen. Die Beurteilung des Flusses gemäss der Wassergüte-Bewertung nach Richter [13] ergibt in diesem Abschnitt eine mittel–schlechte Vorfluterbewertung.

b) DIE LORZE:

Die Verschmutzung der Lorze muss für eine Dauerbelastung ganz allgemein als unzulässig taxiert werden. Der Verschmutzungsgrad erreicht in Einwohnergleichwerten, berechnet mit dem BSB_5 und dem Gesamtstickstoff, die Einwohnerzahl von 80 000 und würde bezogen auf den $KMnO_4$-Verbrauch noch bedeutend höher liegen. Es scheint, dass die Verschmutzung des Flusses innerhalb von vier Jahren bedeutend zugenommen hat, errechnet doch O. Jaag [14] in seiner Untersuchung von 1958 nur einen Einwohnergleichwert von 30 000 und gibt das Sauerstoff-Sättigungsdefizit der Lorze gegenüber der Reuss nur mit 10 Prozent (heute 45) an.

Der ganze Flusslauf ist mit dem Abwasserbakterium Sphaerotilus natans stark belegt. Die Sauerstoffverhältnisse müssen als vollständig ungenügend bezeichnet werden. Gemäss der summarischen Wassergütebewertung nach Richter gilt die Lorze als schlechter bis untragbarer Vorfluter.

c) DIE REUSS IM UNTERLAUF:

Bei der Beurteilung des Unterlaufes der Reuss ist in erster Linie zu bedenken, dass das Einzugsgebiet in diesem Teil bedeutend schwächer besiedelt ist und dass mit Ausnahme einiger kleinerer Betriebe keine Belastung mit Abwässern aus der Industrie erfolgt.

Zudem steht fest, dass die Sauerstoffsättigung des Wassers in diesem Unterlauf bis zur Aare nur wenig zunimmt. Der $KMnO_4$-Verbrauch bleibt ziemlich konstant, während der Gesamt-Stickstoff-Gehalt ansteigt. Gemäss dem biochemischen Sauerstoffbedarf findet eine eigentliche Selbstreinigung erst auf der Strecke nach Gnadental statt.

Entgegen dem Bericht von Schmassmann [15] über die Verunreinigung der Aare zwischen Bielersee und Rhein konnten in Bezug auf den BSB_5 nur halb so grosse Werte und bezüglich des Ammoniakgehaltes nur der vierte Teil der von ihm angegebenen Verschmutzung anlässlich unserer Daueruntersuchung für die Reuss beim Einfluss in die Aare gefunden werden. Dagegen stimmen der $KMnO_4$-Verbrauch und der Nitratgehalt mit seinem Bericht ziemlich gut überein.

Am 18. Juni 1958 wurde von der EAWAG unter der Leitung von Prof. Dr. O. Jaag eine einmalige Untersuchung der Reuss von Luzern bis zur Aare durchgeführt, deren Ergebnisse im Sonderheft «Die Reuss» [14] niedergelegt sind. Im Gegensatz zu den damaligen Verhältnissen liegt der $KMnO_4$-Verbrauch anlässlich unserer Daueruntersuchung doppelt so hoch, während der BSB_5 niedriger liegt. Dagegen wurden in beiden Fällen gleichviel Ammonium-Stickstoff und Chloride gefunden. (Die Untersuchung 1958 wurde bei Hochwasser durchgeführt).

M. SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Die Verschmutzung von Reuss und Lorze im Lichte des Bundesgesetzes:

Artikel 2, Abs. 1 des Bundesgesetzes vom 16. März 1955 über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung bestimmt:

> «Gegen die Verunreinigung oder andere schädliche Beeinträchtigung der ober- und unterirdischen Gewässer sind diejenigen Massnahmen zu ergreifen, die notwendig sind
> zum Schutze der Gesundheit von Mensch und Tier,
> zur Verwendung von Grund- und Quellwasser als Trinkwasser,
> zur Aufbereitung von oberirdischen Gewässern zu Trink- und Brauchwasser,
> zur Benützung zu Badezwecken,
> zur Erhaltung von Fischgewässern,
> zum Schutze baulicher Anlagen vor Schädigung und
> zum Schutze des Landschaftsbildes gegen Beeinträchtigung.»

a) SCHUTZ DER GESUNDHEIT VON MENSCH UND TIER:

Seit Robert Koch und D. E. Salmon wissen wir, dass das Wasser Ueberträger pathogener Keime sein kann. Wenn unsere interkantonale Flussuntersuchung aus arbeitstechnischen Gründen auf den Nachweis solcher Krankheitserreger auch verzichten musste, ist deren Abwesenheit keineswegs gewährleistet. Vom hygienischen Standpunkt aus gesehen muss die Möglichkeit des Vorhandenseins von Salmonellen oder Shigellen in einem Gewässer, das Hunderte von coliformen Keimen/ml enthält, als gegeben erachtet werden.

Die an einzelnen Orten neben dem Flusslauf entstandenen Schlammablagerungen, die zum Teil in Faulung übergehen, dienen als Brutstätte für allerlei Insekten, die wiederum zu Ueberträgern von Krankheitskeimen werden können.

Die teilweise verfärbten Wässer der Reuss und der Lorze mit ihren Schmutzstofftreiben müssen deshalb als mögliche Schädlinge direkter oder indirekter Art für die Gesundheit von Mensch und Tier betrachtet werden.

b) SPEISUNG DER GRUNDWASSERVORKOMMEN ENTLANG DES REUSSLAUFES:

Diese Grundwasserträger werden je nach Lage mehr oder weniger durch versickerndes Reusswasser gespiesen. In einer langjährigen Untersuchung des Grundwassers bei Hünenberg konnte man feststellen, dass das ganze Vorkommen aus mehreren unterirdischen Strömen besteht, deren Wasserführung und Wasserqualität eindeutig von derjenigen der Reuss abhängt. So ergaben Analysen während der Hochwasserperiode der Reuss ein starkes Ansteigen des Ammoniak-, Eisen- und Mangangehaltes im betreffenden Grundwasser. Gleiche Feststellungen wurden im Kanton Zürich sowie im Aargau zwischen Mühlau und Rottenschwil im Zusammenhang mit Abklärungen über die Reussebene-Melioration gemacht.

Zum Schutze unserer Trinkwasserversorgung muss deshalb die Verbesserung der Reinheit des Oberflächenwassers kategorisch gefordert werden. Falls ein Aufstau der Reuss durchgeführt würde, müsste beim heutigen Verunreinigungsgrad des Flusses damit gerechnet werden, dass sich das gepumpte Grundwasser nicht mehr für die direkte Verwendung als Trinkwasser eignet. Ein Aufstau der Reuss darf erst in Betracht gezogen werden, wenn die Forderungen des Gewässerschutzes erfüllt sind.

c) DIE NUTZUNG ALS BRAUCHWASSER:

Nur der oberste Teil der Reuss und der Ausfluss aus dem Zugersee sind heute noch so beschaffen, dass ihr Wasser ohne Aufbereitung zu Kühl- und Betriebszwecken verwendet werden kann. Das Wasser der Reuss unterhalb Gisikon und der Lorze unterhalb Cham ist in seinem heutigen Zustand zur Nutzung als Betriebswasser ungeeignet. Sein Gehalt an gelösten und suspendierten Stoffen ist bereits so hoch, dass es bestenfalls noch zu Kühlzwecken verwendet werden kann.

d) BADESPORT:

Wie bereits erwähnt, sollte heute in weiten Teilen der Reuss und der Lorze aus hygienischen Gründen nicht mehr gebadet werden. Obwohl die Anforderungen an einen Fluss als Badegelegenheit in erster Linie bakteriologischer Natur sind, spielen auch die aesthetischen Gesichtspunkte eine wesentliche Rolle. Bei dem heute herrschenden Sphaerotilus-Treiben in der Reuss und in der Lorze kann keinesfalls von einem «Badevergnügen» gesprochen werden. Wenn auch während der Daueruntersuchung keine industriellen Giftstoffe im Wasser festgestellt werden konnten, muss doch damit gerechnet werden, dass solche Verunreinigungen gelegentlich auftreten können. Es wäre dann nicht verwunderlich, wenn bei badenden Personen mit empfindlicher Haut Allergien auftreten würden.

e) FISCHEREILICHE ENTWICKLUNG:

Reuss und Lorze zählen als Seeausflüsse zu den fischereilich ertragsreichsten Wasserläufen, in die die Wanderfische des Rhein-Aare-Systems ohne massgebliche Behinderung durch Kraftwerke alljährlich in grossen Massen einzogen. Seit 1947 machen sich die ertragsvermindernden Abwassereinläufe in steigendem Masse geltend. Sie erreichen zur Zeit einen Grad, bei dem nicht nur die Fortpflanzung der Edelfische, sondern auch diejenige der weit weniger empfindlichen karpfenartigen Fische nicht mehr gewährleistet ist. Der massive Fangrückgang auch der Wanderfische wie Barben, Alet, Nasen, aber auch der Aale beweist, dass diese Fische beim Aufstieg durch die Aare das Flussystem der Reuss und der Lorze für den Aufstieg nicht mehr wie in früherem Masse annehmen.

Diese Feststellungen der Biologen sind durch die Fangstatistiken der Fischereipächter zahlenmässig belegt. Während die Jahresfänge in der Reuss oberhalb der Mündung der Kleinen Emme noch rund 150 kg pro ha Wasserfläche erreichen, fielen sie in den letzten Jahren in den luzernischen Staatsfischenzen auf 15 bis 35 kg pro ha zurück, in der aargauischen Staatsfischenz an der Lorzemündung sogar auf 7 bis 3 kg. Sie erreichen auch im Unterlauf der Reuss beim Stauwehr in Windisch nur noch 6 bis 15 kg pro ha.

Besonders krasse Auswirkungen zeitigte die Verschmutzung der Lorze als Folge der Abwässer der Papierfabrik Cham. Die Verarmung des Fischbestandes dokumentiert sich im Rückgang des Fischertrages aus der zürcherischen Staatsfischenz oberhalb der Lorzemündung in die Reuss von rund 700 kg pro ha Wasserfläche im Fangjahr 1948-49 auf rund 20 kg im Fangjahr 1960-61.

f) SCHUTZ BAULICHER ANLAGEN:

Das verschmutzte Wasser der Reuss und der Lorze bleibt nicht ohne Einfluss auf die Kraftwerke, verursacht es doch unter anderem mehr Arbeit in den Wehranlagen und Schwierigkeiten in den Kühlsystemen. Auch sind solche stark verschmutzte Wässer geeignet, Baustoffe und Anstriche zu schädigen.

g) DAS LANDSCHAFTSBILD:

Zu einer schönen Landschaft gehört ein sauberer Fluss. Unschätzbare Naturschönheiten gehen verloren, wenn diesem Grundsatz zuwidergehandelt wird. Wie bereits zu Beginn dieser Arbeit erwähnt, suchen der Natur- und Heimatschutz das Reusstal in seiner Natürlichkeit zu erhalten. Seine Bemühungen werden jedoch vergebens sein, wenn nicht als Erstes die Reuss und ihre Zuflüsse wieder in einen sauberen Zustand zurückgeführt werden.

Die Hinweise in den Punkten a) bis g) lassen mit Deutlichkeit erkennen, dass der zitierte Artikel 2, Abs. 1 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung heute bei der Reuss und der Lorze wiederholt oder dauernd übertreten wird; ohne wirksame Sanierungsmassnahmen ist dieses Vorgehen strafbar.

2. Generelle Beurteilung der zu treffenden Sanierungsmassnahmen:

Der gegenwärtige Verunreinigungsgrad der Reuss gebietet es, dass sie nicht mehr als Vorfluter für ungenügend gereinigtes Abwasser benützt wird. Wohl lassen eingehende Studien für eine mechanisch-biologische Reinigung der Abwässer im Raume Luzern eine Verwirklichung des Projektes in naher Zukunft erwarten. Dies würde bedeuten, dass die Reuss in ihrem Oberlauf eine merkliche Entlastung in der Grössenordnung von rund 100 000 Einwohnergleichwerten erfahren würde, ein Ziel, dessen Verwirklichung nicht länger aufgeschoben werden darf. Da auch die Kleine Emme besonders bei geringer Wasserführung eine starke Belastung aufweist, müssen in ihrem Einzugsgebiet gleiche Anlagen erstellt werden.

Wie die Daueruntersuchung zeigt, nimmt die Verschmutzung der Reuss bei Gisikon sehr stark zu. Es ist deshalb unumgänglich, dass die Abwässer der oberliegenden Industrien besser gereinigt werden.

Fig. 21 Die Reuss bei Bremgarten (Swissair-Photo AG Zürich)

Die Lorze ist mit Abwässern überlastet und gleicht einem Abwasserkanal. Die Erstellung von Abwasserreinigungsanlagen bei Cham ist dringend notwendig.

Generell lässt sich zu den Abwässerproblemen beider Papierfabriken sagen, dass Studien zur Verbesserung der Verhältnisse im Gange sind. Wenn die Produktion dieser Industrien in der Weise geändert würde, dass keine Sulfitablauge mehr in den Vorfluter gelangt (zum Beispiel durch Uebertragung dieses Produktionsteiles an die Cellulosefabrik Attisholz, die eine Sulfitverbrennungsanlage gebaut hat), wenn eine interne Umorganisation mit Rückgewinnung des Verbrauchswassers und eine bessere Reinigung der Abwässer erfolgen würden, könnte eine wesentliche Verbesserung der Reuss und der Lorze erreicht werden.

Im Kanton Zug wird zur Zeit an einem Grossprojekt zur Sammlung sämtlicher Abwässer des Kantons mit anschliessender biologischer Reinigung gearbeitet.

Im zürcherischen Einzugsgebiet der Reuss stehen die drei mechanisch-biologischen Kläranlagen Zwillikon, Obfelden und Knonau in Betrieb. Ihnen werden die Abwässer aus den Gemeinden Affoltern a. A. und Hedingen, Obfelden bzw. Knonau und Mettmenstetten zugeleitet. Ueber einen allfälligen Anschluss der Abwässer aus Aeugst an die Anlage Zwillikon sind Verhandlungen im Gange, während das allgemeine Bauprojekt der Kläranlage Hausen a. A. demnächst vorliegen wird. In den übrigen vier Gemeinden sind die Vorarbeiten für zentrale Kläranlagen weniger weit fortgeschritten. Immerhin darf festgehalten werden, dass auch dort die Abwässer vor der Abgabe an ein öffentliches Gewässer mindestens Hausklärgruben passieren.

Auch die Abwässer der Regionen Bremgarten und Mellingen bedürfen noch der Sanierung. Die entsprechenden Projekte für mechanisch-biologische Reinigungsanlagen können demnächst den Gemeindeversammlungen zur Beschlussfassung vorgelegt werden. Zur Ausführung beschlossen sind die Kläranlagen von Sins, Rottenschwil und Künten-Sulz.

3. Bestehende Kläranlagen im Einzugsgebiet der Reuss:

Am Rotsee	ca. 10 000 Einwohner mechanische Anlage
Viscose–Emmenbrücke	ca. 200 l/s mechanisch-biologische Anlage mit Neutralisation
Kaserne Emmen	ca. 500 Einwohner mechanisch-biologische Tropfkörperanlage
Zug	ca. 20 000 Einwohner mechanisch-biologisch, Tropfkörperanlage
Steinhausen	ca. 3000 Einwohner mechanische Anlage
Knonau–Mettmenstetten	ca. 2500 Einwohner mechanisch-biologische Tropfkörperanlage
Obfelden	ca. 2000 Einwohner mechanisch-biologische Tropfkörperanlage
Affoltern–Hedingen (mit Mosterei)	ca. 12 000 Einwohner mechanisch-biologisch, mit zweistufiger Tropfkörperanlage
Sins, Lonza-Werk	Klärbecken, Filtrationsanlage, Zerstörung von Nitrit und Neutralisation
Mühlau	ca. 650 Einwohner mechanische Anlage
Merenschwand	ca. 1300 Einwohner mechanische Anlage
Tägerig	ca. 750 Einwohner mechanische Anlage
Windisch	ca. 1500 Einwohner mechanische Anlage
Gebenstorf (Textilbetrieb)	Ausgleichsbecken, Klärbecken, Neutralisation

4. Schlussbemerkungen:

Die vorliegende Untersuchung erfasste den Zustand der Reuss und der Lorze im Herbst 1962. Das dabei gesammelte Daten- und Analysenmaterial kann wohl als Grundlage für die generelle Beurteilung geplanter Sanierungsmassnahmen im Einzugsgebiet dieser Flüsse dienen. Doch wird der besondere Charakter dieser Erhebung bei der Planung von Abwasserreinigungsanlagen zusätzliche örtliche Untersuchungen notwendig machen. Der vorliegende Bericht ersetzt solche Spezialuntersuchungen keineswegs.

Diese interkantonale Flussuntersuchung hat mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass Reuss und Lorze durch Abwässer unzulässig stark belastet sind. Die dortigen Abwasserverhältnisse bedürfen deshalb einer raschen Sanierung. Es wird den zuständigen Amtsstellen empfohlen, die Abwasserverhältnisse der Gemeinden und Industrien laufend zu überwachen und wirksame Massnahmen durchzusetzen.

Allen Mitarbeitern, insbesondere meinen Kollegen in den kantonalen Laboratorien und den Fachleuten der Gewässerschutzämter sowie den Fischereiverwaltungen sei hier nochmals der beste Dank ausgesprochen.

N. LITERATUR

[1] Bach, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung, Verlag Chemie 1954, Seite 115
[2] Schweizerisches Lebensmittelbuch, 4. Auflage 1937
[3] Müller & Widemann, Die Bestimmung des Nitrations in Wasser, «Vom Wasser» Band 22, 1955
[4] Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee 1961
[5] Wattenberg & Kalle, vgl. Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee.
[6] Ambühl, Die Chloridbestimmung in Wasser, Mitt. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 49, 241 (1958)
[7] Asmus & Garschagen, Z. anal. Chem. 138, 414 (1953)
[8] Thiel, Ber. deut. chem. Ges. 70, 2491 (1937)
[9] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung 1954
[10] Smith & McCurdy, Anal. Ch. 24, 371 (1952)
[11] Märki, Die Verunreinigung von Linth und Limmat, «Wasser- und Energiewirtschaft» Nr. 10 (1961)
[12] Klust & Mann, «Vom Wasser» Band 21, 1954
[13] Richter, Chemische Gütezahlen für Vorfluter, «Vom Wasser» Band 26, 1959
[14] Die Reuss, Sonderheft der Schweizerischen Monatsschrift «Wasser- und Energiewirtschaft» Nr. 8/9, 1958
[15] Schmassmann, Die Verunreinigung der Aare zwischen Bielersee und Rhein, «Wasser- und Energiewirtschaft» Nr. 4, 1958

Bildernachweis

Fig. 1 und 2: Photos Schneider, Luzern
Fig. 4 und 6: Photos Kant. Laboratorium Zug
Fig. 5: Photo Eidg. Landestopographie, Bern
Fig. 21: Photo Swissair-Photo AG Zürich